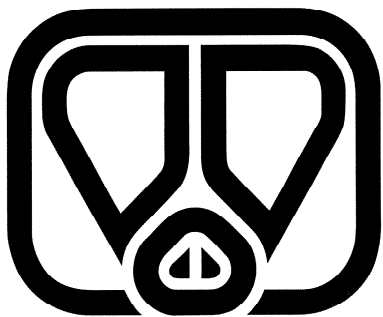


ir. I.A.A.C. Mouwen
ir. P.J.W.M. Geurts
ing. G.P. Binnendijk
ir. C.E.P. van Brakel

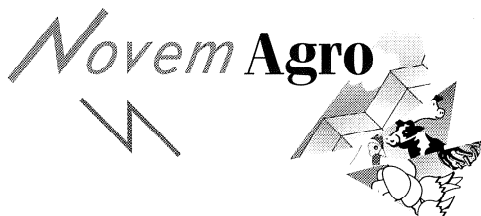
Automatisch geregelde natuurlijke ventilatie bij vleesvarkens

*Automatic controlled
natural ventilation in
finishing pighouses*



Praktijkonderzoek Varkenshouderij

Locatie:
Proefstation voor de
Varkenshouderij
Postbus 83
5240 AB Rosmalen
tel: 073 - 528 65 55



Proefverslag nummer P 1.153
augustus 1996
ISSN 0922 - 8586

INHOUDSOPGAVE

	SAMENVATTING	3
	SUMMARY	4
1	INLEIDING	5
2	MATERIAAL EN METHODE	6
2.1	Proeflocatie en duur van het onderzoek	6
2.2	Klimaat	6
2.2.1	Ventilatiesystemen	6
2.2.2	Verwarming	7
2.2.3	Klimaatregeling	7
2.3	Proefafdelingen	8
2.4	Proefdieren	11
2.5	Verzameling en verwerking van de gegevens	11
3	RESULTATEN	12
3.1	Klimaat	12
3.1.1	Temperatuur	12
3.1.2	Luchtkwaliteit	14
3.1.3	Ventilatie	16
3.2	Diergegevens	20
3.2.1	Technische resultaten	20
3.2.2	Gezondheid	21
3.3	Bevuiling	22
3.4	Energieverbruik	23
3.5	Bedrijfsvoering	25
4	ECONOMISCHE EVALUATIE	26
5	DISCUSSIE EN CONCLUSIES	28
5.1	Klimaat	28
5.2	Technische resultaten	28
5.3	Energieverbruik	29
5.4	Economische betekenis	29
5.5	Conclusies	30
5.6	Technische aanbevelingen	30
	LITERATUUR	32
	BIJLAGEN	33
	1 Analyse temperatuur	33
	2 Analyse CO ₂ -concentratie	34
	3 Analyse ventilatie	35
	4 Bevuiling van het hok en de dieren	36
	5 Energieverbruik per week	37
	6 Berekening extra jaarkosten van de investering	38
	7 Berekening overige exploitatiekosten	39
	REEDSEERDERVERSCHEENENPROEFVERSLAGEN	40

SAMENVATTING

De Nederlandse overheid streeft ernaar om het energieverbruik in de agrarische sector per eenheid productie in het jaar 2000 met 26% te verlagen ten opzichte van 1989. In de varkenshouderij biedt natuurlijke ventilatie goede mogelijkheden om energie te besparen. In Nederland wordt natuurlijke ventilatie niet veel toegepast, omdat er tot nu toe geen goede regeling voor natuurlijke ventilatie op de markt was. In samenwerking met het Praktijkonderzoek Varkenshouderij heeft Agricultural Engineering Maasbree (AEM), met financiële ondersteuning van de Nederlandse Onderneming Voor Energie en Milieu BV (NOVEM) te Sittard, een klimaatregeling ontwikkeld voor natuurlijk geventileerde varkensstallen. Deze klimaatregeling is gebaseerd op temperatuur en CO₂-concentratie. Op het Proefstation voor de Varkenshouderij te Rosmalen is het systeem onderzocht. Bij het onderzoek waren drie afdelingen betrokken: twee natuurlijk geventileerde afdelingen en één mechanisch geventileerde afdeling. De twee natuurlijk geventileerde afdelingen hadden twee inlaatopeningen met contrarotierende kleppen in de zijgevels en één regelbare open nok. De mechanisch geventileerde afdeling had een indirecte luchtinlaat via de centrale gang. De ventilatielucht kwam vervolgens via een ventilatieplafond in de afdeling en werd afgevoerd door twee ventilatoren.

De klimaatregeling heeft in de twee natuurlijk geventileerde afdelingen goed gefunctioneerd. Bij warm weer werd het klimaat in de natuurlijk geventileerde afdelingen als aangenamer ervaren dan in de mechanisch geventileerde afdeling. In de winter werd in de natuurlijk geventileerde afdelingen veel minder geventileerd dan in de mechanisch geventileerde afdeling omdat de minimumventilatie hier veel lager ingesteld kon worden. De technische resultaten van de vleesvar-

kens waren in de natuurlijk geventileerde afdelingen gedurende de proefperiode iets minder goed dan in de mechanisch geventileerde afdeling. Dit werd veroorzaakt door een gebrek aan voorverwarming en de slechte benutting van de ruimteverwarming. In de mechanisch geventileerde afdeling hebben meer dieren een veterinaire behandeling gehad.

In de natuurlijk geventileerde afdelingen is ten opzichte van de mechanisch geventileerde afdeling 39 kWh per vleesvarkensplaats per jaar bespaard op elektrische energie en 83 kWh op verwarmingsenergie. De totale besparing op energieverbruik voor klimaatregeling bedraagt hierdoor 68%. Deze besparing voldoet ruimschoots aan de door de overheid nagestreefde reductie van het energieverbruik. Door de ontwikkelingen op het gebied van minimum ventilatiehoeveelheid bij mechanisch geventileerde systemen zal de besparing op verwarmingsenergie in de toekomst lager zijn.

Het extra investeringsbedrag en de bijbehorende jaarkosten van automatisch geregelde natuurlijke ventilatie bedragen bij nieuwbouw respectievelijk +f 16,20 en +f 1,62 per vleesvarkensplaats per jaar ten opzichte van mechanische ventilatie.

Door toepassing van het natuurlijke ventilatiesysteem is in de gebruikte proefopzet f 11,69 per vleesvarkensplaats per jaar bespaard op de kosten voor gas en elektra. Bij gelijkblijvende technische resultaten zal door deze besparing de terugverdientijd van dit natuurlijk geventileerd systeem 1,4 jaar bedragen.

Gezien de overheidsdoelstellingen voor energieverbruik voor het jaar 2000 en gezien de economische voordelen van automatisch geregelde natuurlijke ventilatie biedt het systeem gunstige perspectieven voor de toekomst.

SUMMARY

The Dutch government aims to reduce energy use per production unit in agriculture in the year 2000 by 26% compared to the energy use in 1989. Natural ventilation offers good possibilities to reduce energy use in pig husbandry. In the Netherlands natural ventilation is rarely used because of a lack of good control systems at present. Agricultural Engineering Maasbree (AEM) developed a climate control system for natural ventilated buildings based on temperature and CO₂-control in the unit in cooperation with the Research Institute for Pig Husbandry and financed by the Netherlands Agency for Energy and the Environment (NOVEM). Three experimental units were used, and these included two naturally ventilated units and one mechanically ventilated unit. The two naturally ventilated units had two side inlets with contra-rotating valves and one adjustable open ridge. The mechanically ventilated unit had negative pressure with an indirect inlet via the central alley. The fresh air passed a ventilation ceiling before entering the unit which contained two fans. The climate control functioned well in the naturally ventilated units. During hot weather it was more pleasant in the naturally ventilated units than in the mechanically ventilated unit. During the winter there was less ventilation in the naturally ventilated units than in

the mechanically ventilated unit. The minimum ventilation control worked better in the naturally ventilated rooms than in the mechanical units, resulting in CO₂-levels closer to the set point.

The performance of the growing-finishing pigs was less good in the naturally ventilated units than in the mechanically ventilated unit during the testing period, mainly due to the location of the room heating elements. In the mechanically ventilated unit more animals needed a veterinary treatment. In the naturally ventilated units 39 kWh on electricity and 83 kWh on heating energy per pig place per year was saved compared to the mechanically ventilated room. The total savings in the naturally ventilated units on energy use for climate control are 68%. The additional investment costs and the annual operating costs for natural ventilation with climate control are + Dfl 16.20 and + Dfl 1.62 per finisher place per year when using mechanical ventilation.

In this experiment natural ventilation resulted in savings of Dfl 11.69 per finisher place per year due to less use of electricity and gas. Because of the aims of the Dutch government for the year 2000 and the above mentioned economical advantages natural ventilation with climate control has positive perspectives for the future.

1 INLEIDING

De overheid streeft naar een reductie van het energieverbruik in de agrarische sector. In het jaar 2000 zou de reductie 26% per eenheid productie ten opzichte van 1989 moeten zijn. In 1993 werd in Nederland per gemiddeld aanwezig vleesvarken 36 kWh per jaar aan elektrische energie verbruikt. Het grootste deel hiervan, zo'n 90%, werd door ventilatoren verbruikt. Per gemiddeld aanwezig vleesvarken werd 115 kWh per jaar aan energie verbruikt voor verwarming. Per gemiddeld aanwezig vleesvarken waren de energiekosten voor verwarming f 6,50 en de elektriciteitskosten f 6,50 (Hoste, 1995). Theoretisch gezien zouden de elektriciteitskosten voor ventilatie door toepassing van natuurlijke ventilatie in plaats van mechanische ventilatie gereduceerd kunnen worden tot bijna nul.

In de Nederlandse varkenshouderij is lange tijd natuurlijke ventilatie toegepast. De laatste decennia kozen de varkenshouders echter massaal voor mechanische ventilatie omdat deze ventilatiesystemen beter regelbaar waren. De agro-industrie heeft zich bij de ontwikkeling van nieuwe systemen en technieken voornamelijk gericht op mechanische ventilatiesystemen. Hierdoor is het verschil in ontwikkeling van technieken voor natuurlijke ventilatie en mechanische ventilatie groter geworden. Voor mechanische ventilatiesystemen zijn veel goede automatische regelingen op de markt gekomen.

Natuurlijke ventilatie is tot nu toe niet automatisch regelbaar. Sinds enige jaren is er wel een temperatuurregeling voor natuurlijke ventilatie op de markt, maar deze regeling heeft nog niet de nauwkeurigheid van de moderne mechanische ventilatiesystemen. Op het Proefstation voor de Varkenshouderij te Rosmalen wordt al ruim tien jaar onder-

zoek gedaan naar systemen voor natuurlijke ventilatie bij verschillende diercategorieën. Van 't Klooster (1993 en 1994) ontwikkelde een automatische regeling voor natuurlijke ventilatie, op basis van technieken zoals deze toegepast worden bij mechanisch geventileerde varkensstallen. In de kraam- en biggenopfokstal van het Proefstation voor de Varkenshouderij is gebleken dat de gemiddelde groeisnelheid van de biggen in de natuurlijk geventileerde afdelingen gelijk is aan de gemiddelde groeisnelheid in de mechanisch geventileerde afdelingen. Het energieverbruik is in de natuurlijk geventileerde afdelingen lager. Natuurlijke ventilatie biedt goede mogelijkheden om energie te besparen in de varkenshouderij. In de biggenopfokafdelingen is een vermindering van het energieverbruik met 15 kWh (elektrische energie) per jaar per dierplaats gerealiseerd. De energiebesparing per vleesvarkensplaats wordt geschat op 25,5 kWh (elektrische energie) per jaar. Voor de gehele sector zou een besparing van 667 TJ per jaar gerealiseerd kunnen worden als alle vleesvarkensbedrijven van mechanische op natuurlijke ventilatie zouden overschakelen (Bens, 1995 en Van 't Klooster, 1993).

In samenwerking met het Proefstation heeft AEM een klimaatregeling ontwikkeld voor natuurlijk geventileerde varkensstallen op basis van temperatuur en CO₂-concentratie. Met financiële ondersteuning van de Nederlandse Onderneming Voor Energie en Milieu BV (NOVEM) te Sittard is op het proefbedrijf te Rosmalen onderzocht wat de mogelijkheden en perspectieven van deze automatisch geregelde natuurlijke ventilatie bij vleesvarkens zijn.

2 MATERIAAL EN METHODE

2.1 Proeflocatie en duur van het onderzoek

Op het Proefbedrijf te Rosmalen is van januari 1994 tot maart 1995 onderzoek gedaan naar de effecten van automatisch geregelde natuurlijke ventilatie bij vleesvarkens. De technische resultaten van de dieren, het energieverbruik en het functioneren van het systeem zijn in het onderzoek beoordeeld. In totaal waren er drie afdelingen in het onderzoek betrokken. In elke afdeling zijn de technische resultaten van de dieren gedurende vier rondes gevolgd. De energetische aspecten zijn drie rondes lang beoordeeld.

2.2 Klimaat

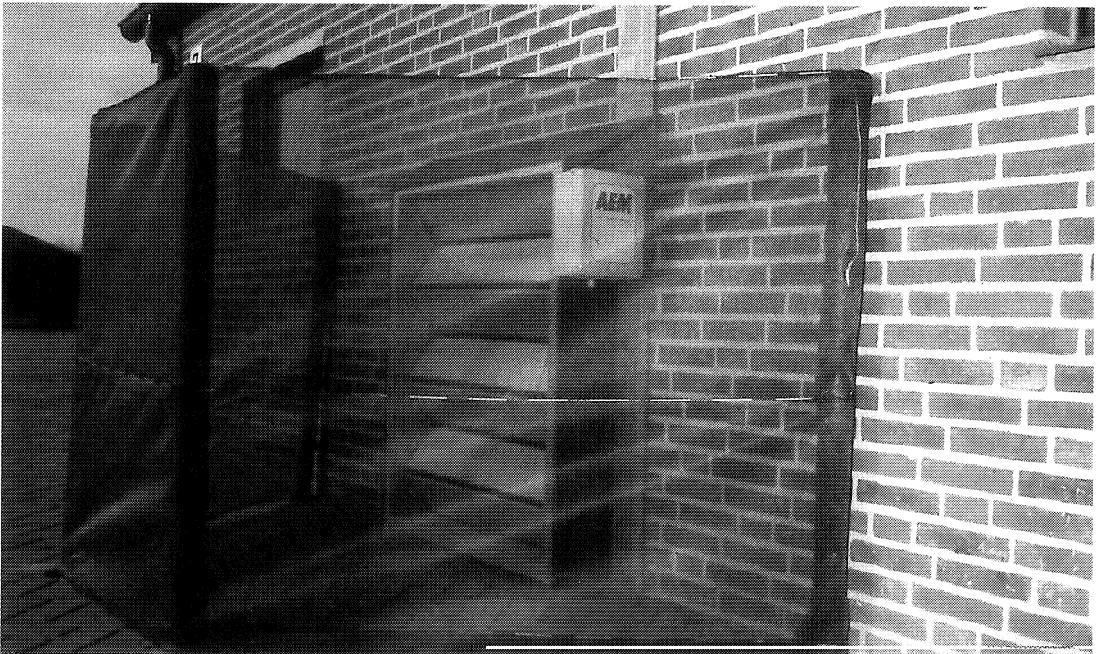
2.2.1 Ventilatiesystemen

Twee van de drie afdelingen in het onderzoek waren voorzien van een automatisch geregeld natuurlijk ventilatiesysteem. De derde afdeling werd mechanisch geventileerd.

De natuurlijk geventileerde afdelingen hadden aan elke zijde van de voergang een inlaatopening in de zijgevel met een afme-

ting van 0,9 m x 1,0 m. Voor de openingen waren contra-roterende kleppen gemon-teerd. Aan de buitenzijde was op circa 1 m afstand van de inlaatopeningen windbreek-gaas bevestigd (zie foto).

De inlaatopeningen aan beide zijden van de stal hadden ieder een maximale capaciteit van 0,8 cm²/m³/uur (totaal 1,6 cm²/m³/uur), uitgaande van een maximumventilatie van 100 m³/uur/dier en 108 dierplaatsen per afdeling. De inlaatopeningen waren kleiner dan de algemeen geldende norm van 2,5 cm²/m³/uur per zijde (Anonymus, 1993a). De contra-roterende kleppen werden met behulp van een elektromotor gestuurd. De open nok in de afdelingen diende als lucht-uitlaat. De nok was 7,6 m lang en kon maxi-maal 30 cm open staan. De uitlaatopening had daardoor een capaciteit van 2,1 cm²/m³/uur, uitgaande van een maximumventila-tie van 100 m³/uur/dier en 108 dierplaatsen. Dit is iets minder dan de algemeen gelden-de norm van 2,5 cm²/m³/uur voor uitlaatope-ningen bij natuurlijk geventileerde varkens-stallen (Anonymus, 1993a). De grootte van



Inlaatopening met contra-roterende klep en windbreekgas.

de opening in de nok werd met behulp van een elektromotor, staalkabel en katrol bestuurd. Zowel de inlaatopeningen als de uitlaatopening zijn bij stroomuitval handmatig te bedienen.

Bij de mechanisch geventileerde afdeling kwam de buitenlucht, wanneer de gemiddelde buitentemperatuur hoger was dan circa 9°C, aan de noordzijde van de stal via een winddrukcap in de centrale gang. Indien de buitenlucht kouder was, werd de lucht via de ruimte tussen de golfplaten en de isolatielaag in de centrale gang gezogen. Dit gebeurde via een handbediende klep in de luchtinlaat. De lucht werd vervolgens via een mineraalwolplafond in de afdeling gezogen. In de afdeling waren twee ventilatoren geïnstalleerd met een doorsnede van 45 cm en een maximum capaciteit van 5.700 m³/uur, bij een onderdruk van 30 Pascal in de afdeling.

2.2.2 Verwarming

In de natuurlijk geventileerde afdelingen was sprake van een directe luchtinlaat, waardoor er geen voorverwarming mogelijk was. Bij de mechanisch geventileerde afdeling werd de binnenkomende lucht indien nodig voorverwarmd tot circa 3°C. Hiertoe waren radiatoren in de centrale gang bevestigd. Voor de ruimteverwarming waren in alle drie de afdelingen verwarmingsbuizen tegen de

muur achter de hokken bevestigd. De eerste buis hing op 1,25 m hoogte en de tweede 20 cm daarboven. In de natuurlijk geventileerde afdelingen waren ook nog twee radiatoren aanwezig aan de kant van de centrale gang, op 1,5 m hoogte. Deze radiatoren waren continu op de stand vorstvrij ingesteld. In alle afdelingen was vloerverwarming in de dichte vloer aanwezig, welke met behulp van een mengklep gevoed werd door de centrale verwarming. De centrale verwarmingsinstallatie met HR-ketels verzorgde tevens de aanvoer van warm water voor de voor- en ruimteverwarming in de afdelingen.

2.2.3 Klimaatregeling

In tabel 1 zijn de belangrijkste klimaatinstellingen van de afdelingen weergegeven. Alle instellingen waren gelijk, met uitzondering van de minimumventilatie. Deze was afhankelijk van het toegepaste ventilatiesysteem.

Bij de instellingen van de ventilatieopeningen in het natuurlijk ventilatiesysteem moet worden opgemerkt dat deze niet automatisch mogen worden vertaald naar een ventilatiepercentage. Zo zal er bij de stand 0% ventilatieopening nog steeds iets worden geventileerd op basis van leklucht. Van 't Klooster (1993) mat bijvoorbeeld een hoeveelheid leklucht van 61 m³/uur in een lege

Tabel 1: Klimaatinstellingen

Klimaatinstellingen	dagnummer			
	0	7	67	989
T _{verw}	23 °C	19 °C	15 °C	15 °C
T _{vent}	25,5 °C	21,5 °C	17,5 °C	17,5 °C
T _{vloer}	32 °C	30 °C	16 °C	16 °C
Vent Opening _{min,nat} *	0 %	0 %	0 %	0 %
Vent opening _{max,nat} *	100 %	100 %	100 %	100 %
Vent _{min,mch} **	25 %	30 %	30 %	30 %
Vent _{max,mch} **	100 %	100 %	100 %	100 %
Band breedte	3,0 °C	3,0 °C	3,0 °C	3,0 °C
Gewenst CO ₂ *	2.000 ppm	2.000 ppm	2.000 ppm	2.000 ppm
Band breedte CO ₂ *	500 ppm	500 ppm	500 ppm	500 ppm

* Alleen van toepassing bij automatisch geregelde natuurlijke ventilatie (Vent opening_{min,nat} = minimumstand ventilatie-opening bij natuurlijke ventilatie).

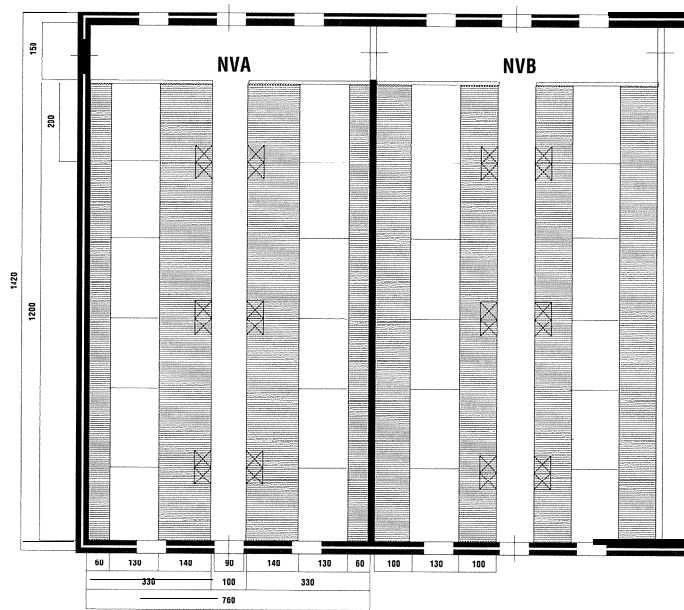
** Alleen van toepassing bij mechanische ventilatie (Vent_{min,mch} = minimum ventilatie bij mechanische ventilatie).

biggenopfokafdeling met dichte ventilatie-openingen. Het werkelijke ventilatiepercentage bij iedere andere stand van de ventilatie-openingen zal afhangen van vele factoren. In de natuurlijk geventileerde afdelingen werd op basis van de afdelingstemperatuur in combinatie met de ventilatietemperatuur een gewenst ventilatiepercentage bepaald. Dit werd weer vertaald in een klepstand (percentage van totale opening) voor de nokklep en de zijkleppen. De neutrale zone is voor de nokklep $2,5^{\circ}\text{C}$, en voor de zijkleppen $3,0^{\circ}\text{C}$. Dit betekent dat de nokklep eerder geopend werd dan de zijkleppen. Om de windinvloed op het binnenklimaat te beperken werden, afhankelijk van de windrichting en -snelheid, de openingen van de zijkleppen hiervoor automatisch gecorrigeerd. Bij een windsnelheid van 0 tot 10 m/s werd de klepopening van de zijkleppen lineair van 0 tot 80% gecorrigeerd. Wanneer de windsnelheid 10 m/s of hoger was, werd de klepopening met de maximaal ingestelde 80 % gecorrigeerd. Bij windstil weer waren beide kleppen evenveel geopend. Bij windsnelheden tussen 0 en 30 m/s werd de benodigde correctie uitgevoerd waarbij de klep aan de loefzijde (windzijde) verder werd gesmoord en de klep aan de lijzijde verder werd geopend. Bij een windsnelheid van 30 m/s was de klep aan de loefzijde geheel gesloten en moest de andere klep de gehele luchtinlaat verzorgen. De klimaatregeling was niet alleen op temperatuur gebaseerd. Ook met de luchtkwaliteit in de afdeling werd rekening gehouden. Als maat voor de luchtkwaliteit kan bijvoorbeeld de concentratie van kooldioxyde of ammoniak worden genomen. Kooldioxydeconcentraties kunnen in vleesvarkensstallen met relatief goedkope meetapparatuur bepaald worden. Daarnaast biedt meting van kooldioxyde betere perspectieven dan meting van ammoniakconcentraties, omdat in de nabije toekomst in het kader van de AMvB Huisvesting en Veehouderij veel stallen aangepast zullen worden om de ammoniakemissie te reduceren. Hierdoor zal de concentratie ammoniak in de varkensstallen steeds lager worden. In de proefopzet is daarom de CO_2 -concentratie in de afdeling gebruikt als maat voor de luchtkwaliteit.

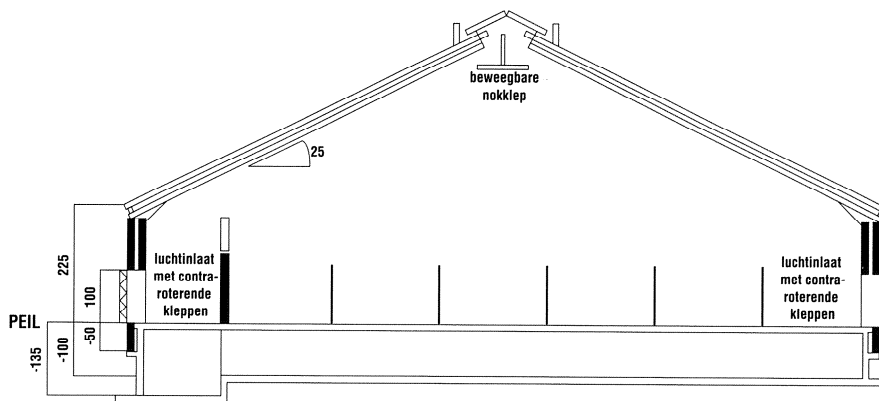
De basisventilatie vindt echter nog steeds plaats op basis van de afdelingstemperatuur. Als de gemeten CO_2 -concentratie in de afdeling echter hoger is dan gewenst kunnen de ventilatie-openingen extra worden geopend om de luchtkwaliteit op peil te houden. Deze extra ventilatie op basis van de CO_2 -concentratie vindt vooral plaats in koude periodes, wanneer er op basis van de afdelingstemperatuur weinig geventileerd wordt. De verhoging van de ventilatie door vergroting van de klepopeningen is onder te verdelen in een maximale vergroting voor de zijklep-openingen en de nokklep-opening. Deze maximale vergroting is 5% voor de zijkleppen en 25% voor de nokklep. Deze onderverdeling is gemaakt om het risico van tochtproblemen te voorkomen. Bij de instellingen volgens tabel 1 betekende dit dat er onder de 2.000 ppm CO_2 geen vergroting, tussen de 2.000 en 2.500 ppm CO_2 een lineaire vergroting van 0 tot maximaal, en boven de 2.500 ppm CO_2 een maximale vergroting van de klepstanden op basis van de CO_2 -concentratie plaatsvindt. De ventilatoren in de mechanisch geventileerde afdeling waren trapsgewijs geschakeld. Indien één ventilator het benodigde ventilatiedebiet kon leveren werd de andere ventilatiekoker afgesloten door middel van een terugslagklep. Wanneer de eerste ventilator de gevraagde ventilatiehoeveelheid niet meer kon leveren werd de tweede ventilator bijgeschakeld. Vanaf dat moment leverden beide ventilatoren dezelfde ventilatiehoeveelheid.

2.3 Proefafdelingen

In het onderzoek zijn drie vleesvarkensafdelingen gebruikt van de vleesvarkensstal op het proefbedrijf. De lengterichting van deze stal ligt op 60 graden van het noorden (= NOO). Van de drie proefafdelingen waren er twee natuurlijk geventileerd en was er één mechanisch geventileerd. De natuurlijk geventileerde afdeling NVA en de mechanisch geventileerde afdeling waren eindafdelingen, en de natuurlijk geventileerde afdeling NVB een tussenafdeling. Alle afdelingen hadden dezelfde afmetingen en indeling, alleen de vloeruitvoering en de hokafscheidingen waren niet gelijk. In het midden van



Figuur 1: Indeling natuurlijk geventileerde afdelingen (NVA en NVB)



Figuur 2: Dwarsdoorsnede natuurlijk geventileerde afdelingen

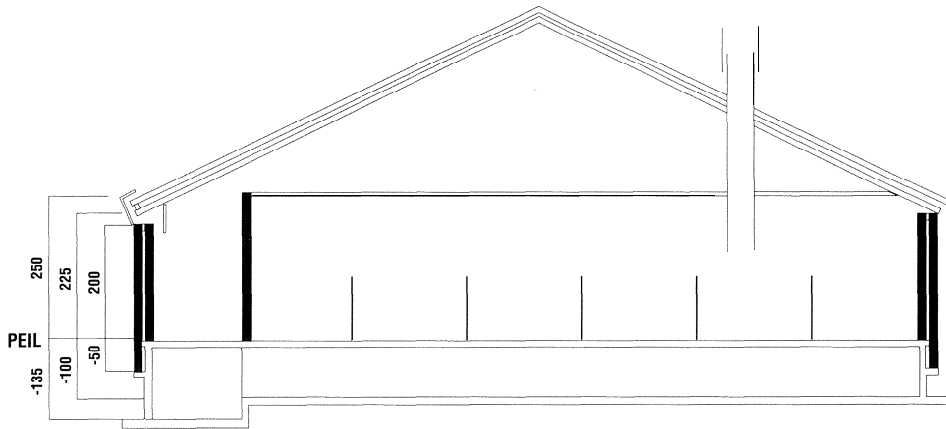
de afdelingen lag een voergang van 1 m breed met aan beide zijden zes hokken voor elk negen dieren.

In de natuurlijk geventileerde afdelingen was de centrale gang alleen van de afdeling gescheiden door een muur van circa 1 m hoogte met hierboven een radiator. In de natuurlijk geventileerde eindafdeling (NVA) was de vloeruitvoering als volgt: voor in het hok 1,40 m betonrooster, vervolgens 1,30 m dichte bolle betonvloer en achter in het hok

0,60 m betonrooster. Alleen boven de roostervloer aan de voergangzijde was een metalen hekwerk als hokafdeling gebruikt. De rest van de hokafdeling bestond uit een dichte massal-plaat. In de andere natuurlijk geventileerde afdeling (NVB) was de vloeruitvoering als volgt: voor in het hok 1,00 m metalen rooster, 1,30 dichte bolle tegelvloer en achter in het hok 0,90 m metalen rooster en een mestsploet van 10 cm. De hokafdeling was van dicht kunststof,



Figuur 3: Indeling mechanisch geventileerde afdeling (MV)



Figuur 4: Dwarsdoorsnede mechanisch geventileerde afdeling

alleen boven de achterste roostervloer werd een metalen hekwerk gebruikt als hokafscheiding. De indeling en de dwarsdoorsnede van de natuurlijk geventileerde afdelingen is weergegeven in de figuren 1 en 2.

In de figuren 3 en 4 zijn de indeling en de dwarsdoorsnede van de mechanisch geventileerde afdeling (MV) weergegeven. In de mechanisch geventileerde afdeling was

de centrale gang volledig gescheiden van de afdeling. De hokindeling was als volgt: voor in het hok een metalen noodrooster van 0,60 m breed, 1,30 m dichte bolle betonvloer, 1,30 m metalen rooster en een mestpleet van 10 cm. De hokafscheiding was van dicht kunststof, alleen boven de achterste roostervloer werd een metalen hekwerk gebruikt als hokafscheiding.

2.4 Proefdieren

In het onderzoek zijn in totaal 1.296 dieren in vier rondes opgelegd. De dieren werden gemengd naar sekse opgelegd op een gemiddeld gewicht van circa 24 kg. Er zijn dieren gebruikt uit de combinatie Groot Yorkshire slachtlijn vaderbeer en rotatiekruisingszeug. De rotatiekruising bestond uit de rassen NL (= Nederlands Landvarken), F (= Fins Landvarken) en Gy, (= Groot Yorkshire zeugenlijn). De afdelingen zijn niet gelijktijdig opgelegd, maar wel zo dicht mogelijk na elkaar. De drie afdelingen zijn altijd binnen vier weken opgelegd.

De dieren werden onbeperkt gevoerd met behulp van één brijbak per hok. In de eerste vijf weken werd startvoer verstrekt en vervolgens werd in één week overgeschakeld op afmestvoer. De dieren konden onbeperkt water opnemen via de drinknippel in de brijbak.

2.5 Verzameling en verwerking van de gegevens

Van december 1993 tot en met maart 1995 zijn drie keer per uur een aantal klimaatparameters vastgelegd door de klimaatregelapparatuur. Een drietal parameters met betrekking tot het buitenklimaat werd met behulp van een meteo-mast bepaald op een hoogte van circa 9 m (3 m boven de nok van de stal). De buitentemperatuur werd met behulp van een temperatuurvoeler gemeten, de windsnelheid met behulp van een anemometer en de windrichting met behulp van een windvaan,

De temperatuur in de drie afdelingen werd op een centrale plaats, op 1,5 m boven de dichte vloer, gemeten met behulp van een temperatuurvoeler. Tevens werd in alle afdelingen met behulp van een temperatuurvoeler de temperatuur van de dichte bolle vloer op een representatieve plaats bepaald. De stand van de zijkleppen en de nok in de natuurlijk geventileerde afdelingen en het ventilatiepercentage in de mechanisch geventileerde afdeling werden geregistreerd. De CO₂-concentratie werd bepaald met behulp van een CO₂-opnemer (0-3.000 ppm) op dezelfde plaats als de temperatuur. De luchtverdeling en -stromingen in de afdelingen werden bepaald door middel van rookproeven. Deze werden verricht bij ver-

schillende omstandigheden van het buitenklimaat.

Het elektrisch energieverbruik van de elektromotoren bij de natuurlijk geventileerde afdelingen en van de ventilatoren bij de mechanisch geventileerde afdeling werd vastgelegd met behulp van kWh-meters die eens per week werden afgelezen. Het energieverbruik van de verwarming werd vastgelegd met behulp van absolute warmtemeters op afdelingsniveau. Op bedrijfsniveau moet rekening worden gehouden met het rendement van de ketel en leidingverliezen. De warmteafgifte van de vloerverwarming en de ruimteverwarming werd apart geregistreerd. Bij de mechanisch geventileerde afdeling is de warmteafgifte van de voorverwarming samen met de warmteafgifte van de ruimteverwarming vastgelegd.

In de proefperiode is één keer per week de mate van bevuilding bepaald in alle hokken in de drie afdelingen. De mate van bevuilding van het rooster voor in het hok, van de dichte bolle vloer, van het rooster achter in het hok en van de dieren is beoordeeld. De bevuilding is uitgedrukt in een score van 0 tot en met 5. Score 0 betekende geen bevuilding, score 5 betekende ernstige bevuilding. De bevuilding is statistisch getoetst met behulp van logistische regressie-analyse op mogelijke verschillen tussen de drie afdelingen. Tijdens het onderzoek zijn de volgende gegevens per vleesvarken verzameld: opleggewicht, eindgewicht, verblijftijd in de afdeling, voeropname, uitval en de slachtgegevens. De technische resultaten zijn op verschillen tussen de behandelingen statistisch getoetst met variantie-analyse, waarbij rekening is gehouden met het percentage borgen in een afdeling, het gemiddelde opleggewicht van een afdeling en de ronde als co-variabelen. De gegevens van dieren die zijn uitgevallen zijn niet meegenomen in de resultaten. Het aantal uitgevallen dieren en het aantal dieren zonder long-leveraandoeningen zijn statistisch getoetst met de chi-kwadraattoets. De type-beoordeling van de karkassen van de vleesvarkens is statistisch getoetst op verschillen met behulp van logistische regressie-analyse.

Gegevens omtrent het functioneren van het natuurlijke ventilatiesysteem en de gebruikerservaringen zijn gedurende de proefperiode verzameld in een logboek.

3 RESULTATEN

3.1 Klimaat

3.1.1 Temperatuur

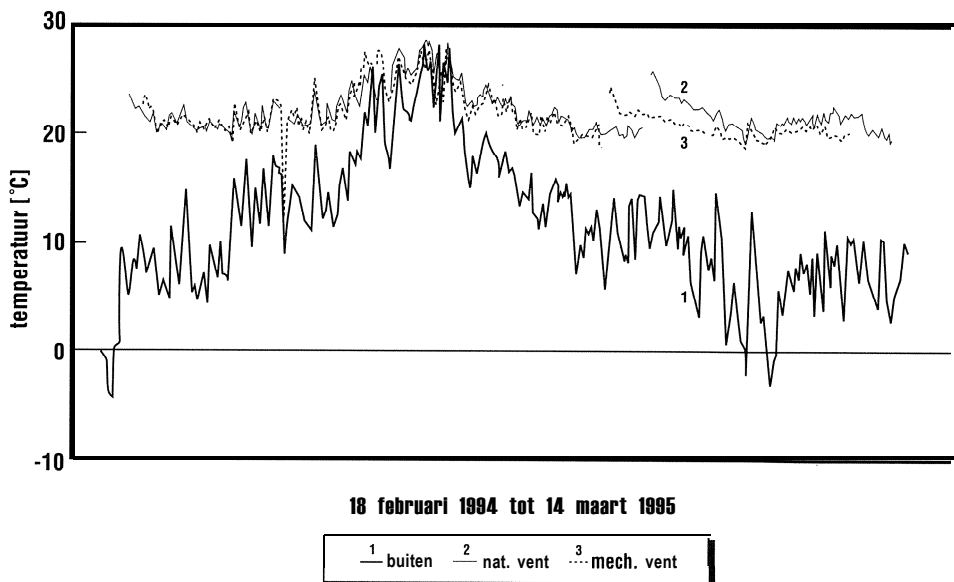
In figuur 5 is het temperatuurverloop in één natuurlijk geventileerde afdeling (NVB) en in de mechanisch geventileerde afdeling (MV) weergegeven gedurende de proefperiode. Het temperatuurverloop in de andere natuurlijk geventileerde afdeling (NVA) is niet weergegeven omdat dit verloop ongeveer gelijk was aan dat in de weergegeven afdeling. Bij buitentemperaturen van -8°C tot 38°C is de daggemiddelde afdelingstemperatuur in de natuurlijk geventileerde afdeling vrijwel gelijk aan de temperatuur in de mechanisch geventileerde afdeling. Alleen tijdens de laatste ronde is er door verschil in oplegtijdstip een verschil in temperatuurverloop opgetreden tussen beide afdelingen.

In bijlage 1 zijn de temperatuurgegevens per maand weergegeven. De minimum-, maximum- en gemiddelde temperatuur geven een beeld van het temperatuurniveau

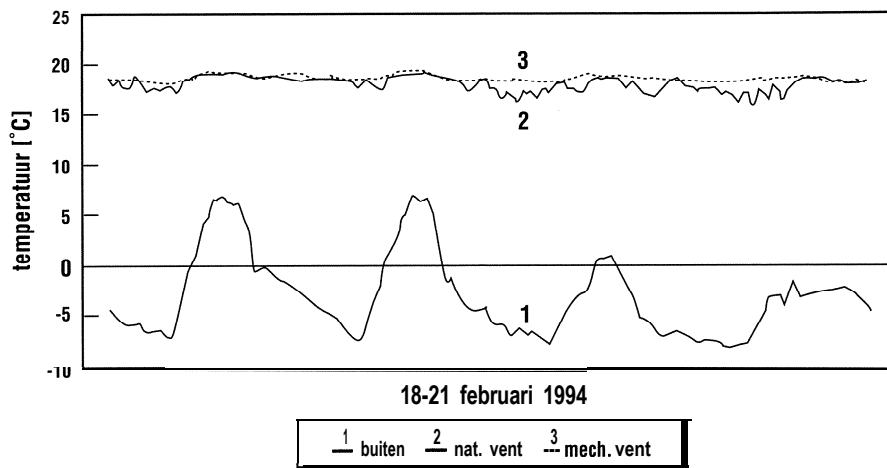
buiten en in de afdelingen. De standaardafwijking geeft een beeld van de temperatuurschommelingen.

Uit deze gegevens zijn ook de jaarrond temperaturen berekend (periode 2-94 t/m 1-95). Als een afdeling leeg staat wordt er niet verwarmd. Hierdoor kan de afdelingstemperatuur tot het vriespunt dalen. In bijlage 1 is in dit geval niet de minimumtemperatuur weergegeven, maar is aangegeven dat er leegstand in deze afdeling is geweest. De gemiddelde- en maximum-afdelingstemperatuur zijn gemiddeld over een jaar gelijk voor de drie afdelingen. Ook de standaardafwijking is gelijk voor alle drie de afdelingen. De temperatuurschommelingen waren in de mechanisch en de natuurlijk geventileerde afdelingen even groot.

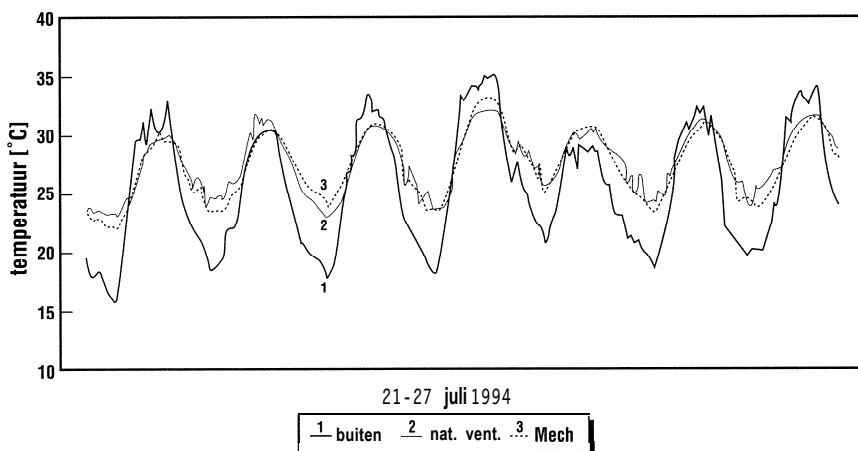
In figuur 6 is het temperatuurverloop tijdens vier koude dagen, 18 t/m 21 februari 1994, weergegeven van de natuurlijk geventileerde afdeling NVB en de mechanisch geventileerde afdeling. Uit de grafiek blijkt dat de temperatuurschommelingen iets groter



Figuur 5: Daggemiddelde temperaturen van afdeling NVB en mechanisch geventileerde afdeling tijdens de proefperiode



Figuur 6: Temperatuurverloop van afdeling NVB en de mechanisch geventileerde afdeling tijdens een koude periode



Figuur 7: Temperatuurverloop van afdeling NVB en de mechanisch geventileerde afdeling tijdens een warme periode

waren in de natuurlijk geventileerde afdeling. Het gemiddelde niveau van de afdelings-temperatuur in de natuurlijk geventileerde afdeling lag in deze periode iets lager dan de afdelingstemperatuur in de mechanisch geventileerde afdeling. Dit werd (mede) veroorzaakt doordat de dieren in de mechanisch geventileerde afdeling één week later zijn opgelegd dan de dieren in de natuurlijk geventileerde afdeling en doordat de koude

buitenlucht bij de mechanisch geventileerde afdeling werd voorverwarmd.

In figuur 7 is het temperatuurverloop tijdens enkele warme dagen, 21-27 juli 1994, weer-gegeven. Uit de grafiek blijkt dat de temperatuurschommelingen in de afdelingen kleiner waren dan buiten. De schommelingen in NVB waren ook iets kleiner dan in de mechanisch geventileerde afdeling. De natuurlijk

geventileerde afdeling had een groter volume, wat een groter bufferend vermogen voor temperatuur als gevolg had. Op 24 juli, een extreem warme dag, liep de temperatuur in de mechanisch geventileerde afdeling zelfs circa 3°C hoger op dan in de natuurlijk geventileerde afdelingen.

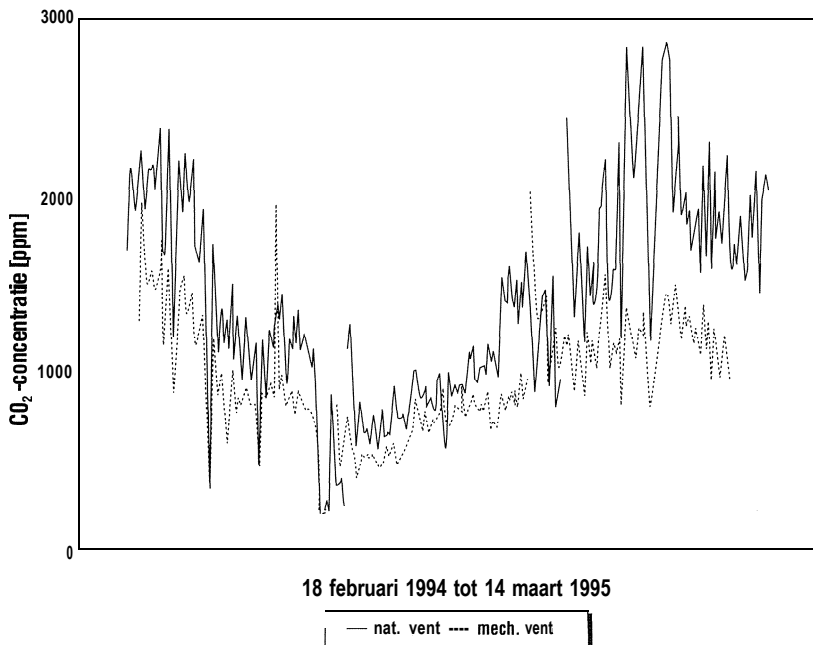
3.1.2 Luchtkwaliteit

In de natuurlijk geventileerde afdelingen werd behalve op temperatuur ook op luchtkwaliteit geregeld.

In figuur 8 is de CO₂-concentratie tijdens de proefperiode weergegeven voor één natuurlijk geventileerde afdeling (NVB) en de mechanisch geventileerde afdeling. In de zomerperiode was het CO₂-gehalte in de natuurlijk geventileerde afdeling bijna gelijk aan het CO₂-gehalte in de mechanisch geventileerde afdeling. Het niveau lag iets hoger dan het CO₂-gehalte in de buitenlucht. In de zomer werd veel geventileerd, zodat er geen ophoping van gassen kon optreden. In de winter was het CO₂-gehalte in de natuurlijk geventileerde afdeling veel hoger dan in de mechanisch geventileerde afdeling door-

dat de minimumventilatie in de natuurlijk geventileerde afdelingen veel lager ingesteld kon worden dan in de mechanisch geventileerde afdeling.

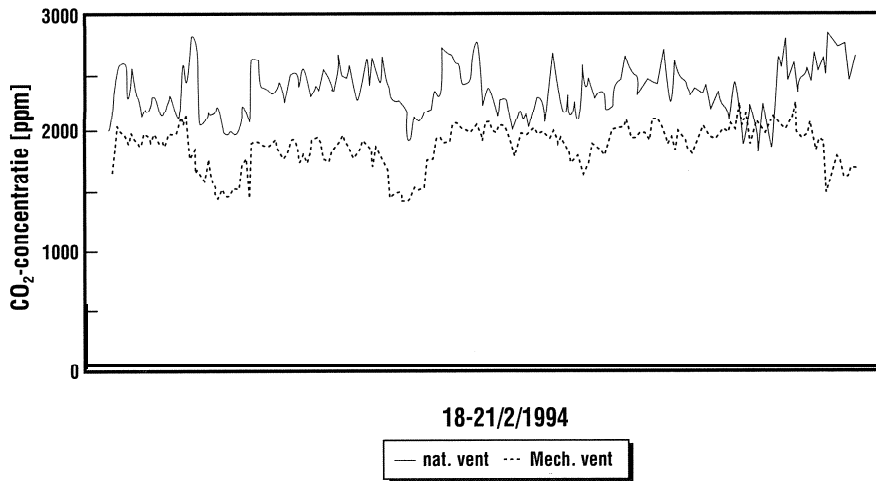
In bijlage 2 zijn de CO₂-concentraties per maand weergegeven. De gemeten minimum en maximum CO₂-concentratie moeten gerelativeerd worden. De minimum CO₂-concentratie kan in principe niet onder de CO₂-concentratie van de buitenlucht (circa 350 ppm) dalen. Door storingen en/of meetfouten is deze concentratie soms toch lager. De gemeten maximum CO₂-concentratie is voor alle afdelingen gelijk. Dit is echter begrensd doordat het bereik van deze CO₂-meter bij circa 3.000 ppm ligt. In de natuurlijk geventileerde afdelingen kwamen veel vaker hoge CO₂-concentraties voor dan in de mechanisch geventileerde afdeling. De gemiddelde CO₂-concentratie in de natuurlijk geventileerde afdelingen is hierdoor ook ongeveer 30% hoger dan die in de mechanisch geventileerde afdeling. De standaarddeviatie van de gemeten CO₂-concentraties is bij de mechanisch geventileerde afdeling gemid-



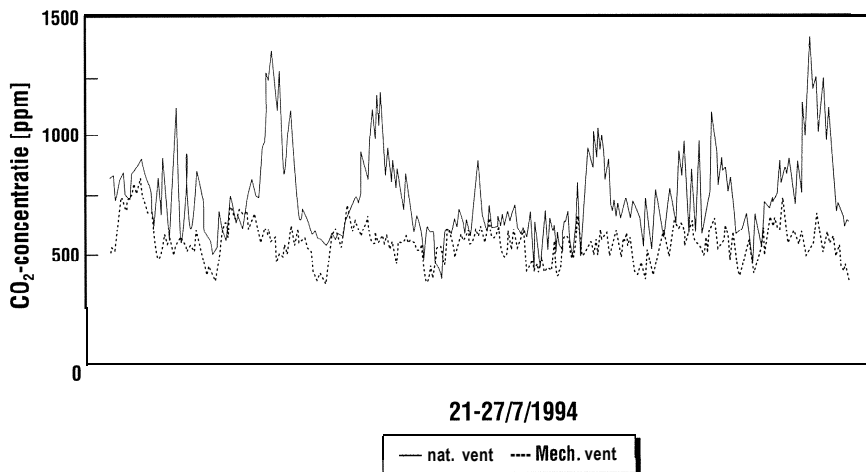
Figuur 8: CO₂-concentratie van afdeling NVB en de mechanisch geventileerde afdeling tijdens de proefperiode

deld lager dan bij de natuurlijk geventileerde afdeling. Dit kan worden verklaard door een grotere variatie in het ventilatieniveau bij natuurlijke ventilatie en door een verschillend principe van ventileren. Een ventilatieplafond werkt volgens het mengingsprincipe, terwijl de gebruikte vorm van natuurlijke ventilatie meer werkt volgens het verdringerprincipe. De laatste oorzaak zal in de zomer

minder zwaar wegen dan in de winter, omdat in de zomer door het gemiddeld hogere ventilatieniveau het natuurlijke ventilatiesysteem meer een combinatie wordt van verdringen en mengen, door de hogere luchtsnelheden en turbulenties die optreden. In figuur 9 is het CO₂-gehalte weergegeven tijdens een koude periode (18-21/2/94). De CO₂-concentratie was in de natuurlijk ge-



Figuur 9: CO₂-concentratie van afdeling NVB en de mechanisch geventileerde afdeling tijdens een koude periode



Figuur 10: CO₂-concentratie van afdeling NVB en de mechanisch geventileerde afdeling tijdens een warme periode

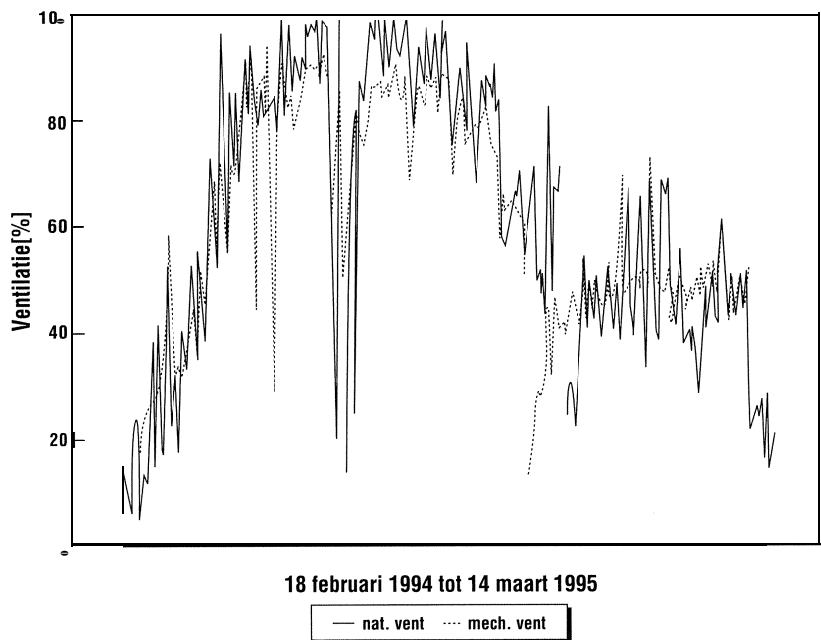
ventileerde afdeling hoger dan in de mechanisch geventileerde afdeling. De redenen hiervoor zijn al genoemd. Tijdens deze periode werd op basis van temperatuur en CO₂ geventileerd. De CO₂-concentratie schommelt in deze periode tussen de 2000 en 2.750 ppm, waaruit geconcludeerd mag worden dat de luchtkwaliteit nog steeds acceptabel was.

In figuur 10 is het CO₂-gehalte weergegeven tijdens een warme periode (21-27/7/94). Dit is een periode geweest van zeven dagen waarin de maximum buitentemperatuur elke dag 30°C of hoger is geweest. De CO₂-concentratie van de mechanisch geventileerde afdeling lag gedurende deze periode vrijwel constant tussen de 350 en 650 ppm, iets boven de CO₂-concentratie van de buitenlucht. De ventilatoren hebben dan ook vrijwel constant op vol vermogen gedraaid. De CO₂-concentratie van de natuurlijk geventileerde afdeling schommelt gedurende deze periode gemiddeld tussen de 400 en 900 ppm, met uitschieters naar 1.000 en 1.200 ppm. Ook hier was vrijwel de gehele periode het ventilatiedebiet op maximaal ingesteld. Desondanks is de CO₂-concentratie hoger gebleven. In deze afdeling zaten in die week jonge dieren (veertien dagen opgelegd), die nog weinig warmte produceerden. Er steeg dus nog relatief weinig warme lucht op. De natuurlijke ventilatie moest daarom voor een belangrijk deel ontstaan door het warmteverschil tussen afdelingslucht en buitenlucht (schoorsteeneffect) en het windeffect. Afhankelijk van de windsnelheid en -richting vond er meer of minder ventilatie plaats. De pieken traden op op het warmst van de dag, gecombineerd met lage windsnelheden of een windrichting langs de lengte-as van de vleesvarkensstal. Er vindt dan tijdelijk weinig ventilatie plaats, wat de CO₂-concentratie doet stijgen. Aangezien het volume van deze natuurlijk geventileerde afdelingen relatief groot is, blijft de CO₂-concentratie ruim binnen de geaccepteerde grenzen. Bij daling van de buitentemperatuur neemt de ventilatie snel toe, waardoor de CO₂-concentratie weer net boven het niveau van de mechanisch geventileerde stal komt. Bij zwaardere dieren zal onder dezelfde omstandigheden het niveau van de

CO₂-concentratie naar een hogere waarde stijgen, omdat zwaardere dieren meer CO₂ produceren. Omdat zij echter ook meer warmte produceren en dus meer luchtstroming bewerkstelligen, zal het (natuurlijk) ventilatieniveau gedurende een kortere periode afnemen dan bij de jonge dieren.

3.1.3 Ventilatie

Gedurende de proefperiode is regelmatig het ventilatiepatroon in de afdelingen vastgelegd. De rookproeven zijn uitgevoerd bij zoveel mogelijk verschillende buitenomstandigheden. In de natuurlijk geventileerde afdelingen kwam de lucht meestal rustig door de zijopeningen over de voergang de afdelingen binnen. De lucht verdeelde zich goed over de afdeling en kwam met lage snelheden bij de dieren. Bij warmere perioden en grotere klepopeningen was er meer turbulentie. In de mechanisch geventileerde afdeling kwam de lucht via de centrale gang en een mineraalwolplafond in de afdeling. De luchtsnelheden waren zeer laag en de luchtverdeling was redelijk goed. In de winter viel bij de muur wat koude lucht naar beneden. Wanneer er ruimteverwarming plaatsvond was de luchtverdeling in de natuurlijk geventileerde afdeling niet optimaal. De koude lucht kwam binnen over de voergang, waarna deze langzaam over de hokafscheidingsen naar de dieren stroomde. De ruimteverwarming zat achterin de hokken op ruim één meter hoogte. De verwarmingsbuizen verwarmden de lucht, die dan omhoog verdween. Alleen een gedeelte van deze opgewarmde lucht kwam, samen met warmtestraling, bij de dieren. De plaats van de ruimteverwarming was dus niet optimaal in de natuurlijk geventileerde afdelingen. In figuur 11 is het ventilatiepercentage weergegeven voor een natuurlijk geventileerde afdeling (NVB) en de mechanisch geventileerde afdeling. Het ventilatiepercentage bij de mechanisch geventileerde afdeling geeft een goede indicatie van de ventilatiehoeveelheid. Bij de natuurlijk geventileerde afdeling staat het ventilatiepercentage alleen voor het percentage dat de nok open staat. Dit geeft een zeer grove indruk over de ventilatiehoeveelheid. Uit figuur 11 komt duidelijk naar voren dat er bij opleg van iedere ronde minder geventileerd werd. In de



Figuur 11: Ventilatiepercentage van afdeling NVB en de mechanisch geventileerde afdeling tijdens de proefperiode

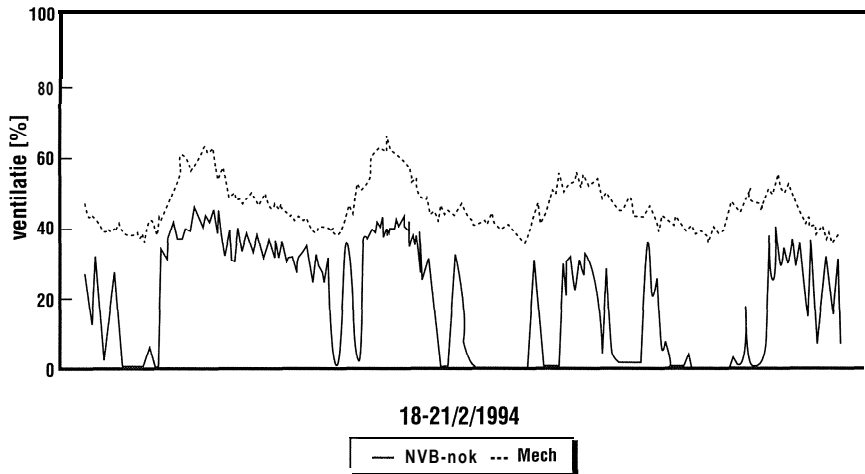
zomer werd er maximaal geventileerd en in de winter gemiddeld 50 procent.

In bijlage 3 zijn de ventilatiepercentages per maand weergegeven. Het minimum-, maximum- en gemiddelde ventilatiepercentage zijn op jaarbasis aan elkaar gelijk. Ook de standaardafwijking is voor alle drie de afdelingen ongeveer gelijk. Kijkend naar de maandgemiddelden echter, valt op dat de gemiddeld ingestelde ventilatie in de natuurlijk geventileerde afdeling in de winter veel lager lag dan de gemeten ventilatie in de mechanisch geventileerde afdeling. In de zomer daarentegen was de gemiddeld ingestelde ventilatie hoger dan de gemeten mechanische ventilatie.

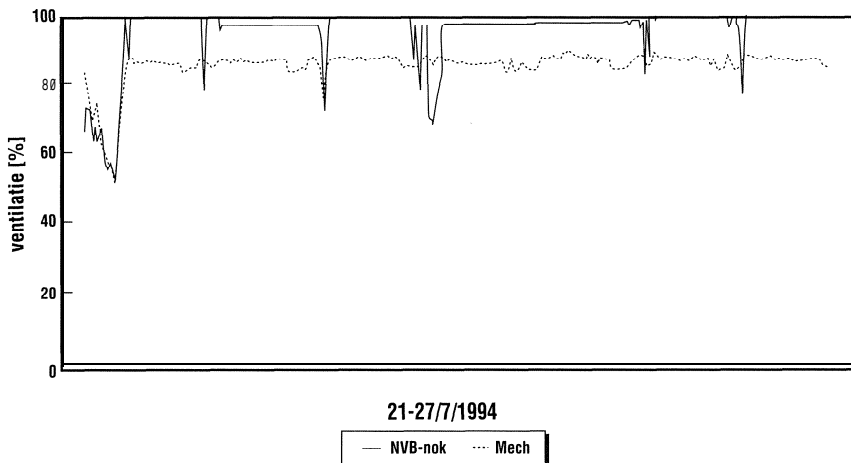
In figuur 12 is het verloop van het ventilatiepercentage weergegeven voor een koude periode. In de mechanisch geventileerde afdeling lagen op dat moment zware dieren die bijna afgeleverd zouden worden. Het ventilatiepercentage bedroeg hierdoor ongeveer 40%. Dit was 10% meer dan de minimumventilatiehoeveelheid. Wanneer er in de mechanisch geventileerde afdeling net biggen waren opgelegd, dan was de ventilatie

minimaal geweest, namelijk 25%. In de natuurlijk geventileerde afdeling vond in deze koude periode een ventilatie plaats op basis van zowel de afdelingstemperatuur als de CO₂-concentratie. Er werd weinig geventileerd omdat de afdelingstemperatuur laag was. Door de overdag sterk toenemende buitentemperatuur gedurende de eerste twee dagen kwam de afdelingstemperatuur boven de ingestelde ventilatietemperatuur, waardoor er naast de ventilatie op basis van CO₂ ook op basis van temperatuur werd geventileerd. De laatste twee dagen was dat door de lagere buitentemperatuur overdag veel minder het geval en werd er vooral op basis van de CO₂-concentratie geventileerd.

In figuur 13 is het ventilatiepercentage weergegeven voor een warme periode. In de natuurlijk geventileerde afdeling stonden de kleppen vrijwel 100% open. In de mechanisch geventileerde afdeling werden de ventilatoren 100% aangestuurd. Door het mineraalwolplafond ondervonden de ventilatoren een grote weerstand, waardoor de maximumventilatie ongeveer 95% van het maximum van de ventilatoren bij normale tegen-



Figuur 12: Ventilatiepercentage van afdeling NVB en de mechanisch geventileerde afdeling tijdens een koude periode

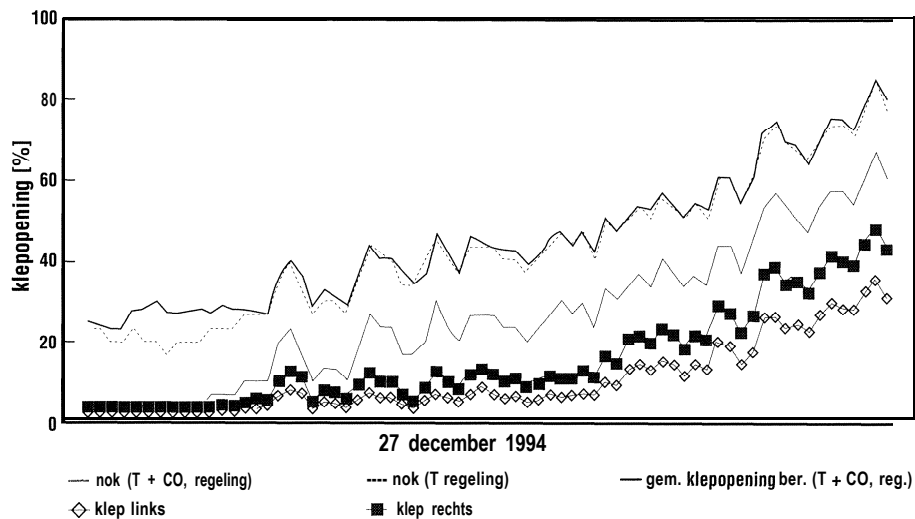


Figuur 13: Ventilatiepercentage van afdeling NVB en de mechanisch geventileerde afdeling tijdens een warme periode

druk bedroeg. Bij natuurlijke ventilatie zal het ontstane ventilatiedebiet afhangen van de leeftijd van de dieren, het temperatuurverschil tussen de afdeling en buiten, en de windsnelheid en -richting. Hierop zit dus niet een duidelijk begrensde maximum. Afhankelijk van de hierboven genoemde factoren kan er bij deze mechanisch geventileerde stal zowel meer als minder worden geventileerd dan het maximum.

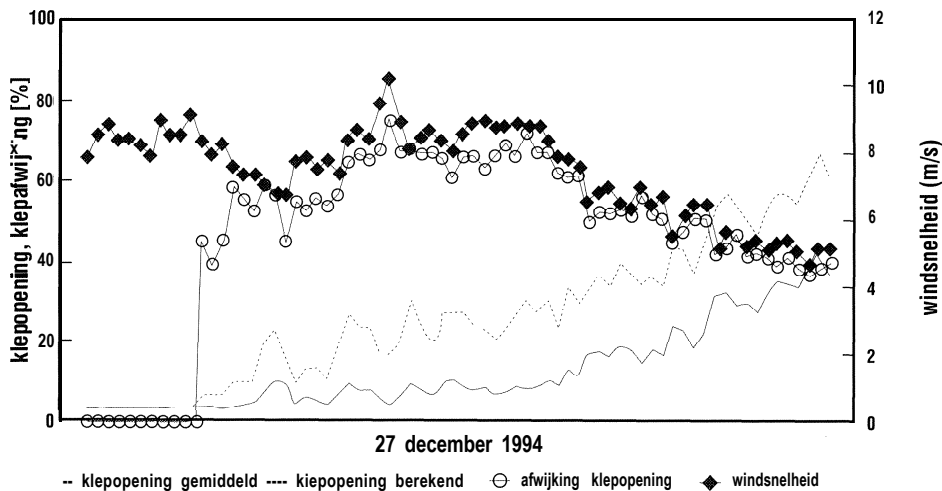
In figuur 14a en 14b is naar aanleiding van één dag (27/12/94) weergegeven hoe de natuurlijke ventilatieregeling werkt.

In figuur 14a is allereerst het effect aangegeven van de regeling op basis van CO_2 . In de eerste uren van de nacht was de CO_2 -concentratie nog boven de 2.000 ppm, waardoor er op basis van CO_2 extra moest worden geventileerd. Daarna werd er alleen nog



Figuur 14a: Effect van regeling op basis van CO₂ en temperatuur op de klepstanden

- nok (T + CO₂ regeling): opening van de nokklep gebaseerd op de actuele afdelingstemperatuur en CO₂-concentratie
- nok (T regeling): opening van de nokklep als deze alleen gebaseerd was op basis van de afdelings-temperatuur
- gem. klepopening ber. (T + CO₂ reg.): gemiddelde klepopening van de kleppen van de luchtinlaat berekend op basis van de afdelingstemperatuur en de CO₂-concentratie
- klep links: werkelijke klepopening luchtinlaat klep links
- klep rechts: werkelijke klepopening luchtinlaat klep rechts



Figuur 14b: Effect van windsnelheid op de zijstanden

geventileerd op basis van de afdelingstemperatuur. Aangezien de zijkleppen een langere neutrale zone hebben van 0,5°C, ligt de berekende gemiddelde zijklep-opening een vast percentage onder de nokklep-opening. Het effect van de hogere CO₂-concentraties in de nacht heeft geen zichtbaar effect op de zijkleppen omdat de berekende klepopening samen met deze extra vergroting niet boven de 3% komt, wat de minimale uitleesstand is van de zijkleppen. De wind stond gedurende deze dag op de linker flank van de stal, waardoor deze zijde gesmoord werd en de rechter zijde verder geopend werd. Dat de gemiddelde klepopening toch onder de berekende klepopening blijft, is het effect van het smoren op basis van windsnelheid. In figuur 14b is dit duidelijk gemaakt aan de hand van de gemeten windsnelheid en de afwijking van de gemiddelde klepopening met de berekende gemiddelde klepopening. Op basis van de toename van de afdelingstemperatuur moest er steeds meer geventileerd worden. De klepopeningen werden vergroot. Op basis van de windsnelheid kan een negatieve correctie plaatsvinden op de berekende klepopening omdat de windinvloed een positief effect heeft op het ventilatieniveau. Deze correctie is afhankelijk van de grootte van de windsnelheid (zie figuur 14b). In de eerste uren van de nacht wordt de correctie niet zichtbaar weergegeven vanwege de minimale uitleesstand. Gedurende die periode is de

correctie dan ook niet afhankelijk van de luchtsnelheid.

3.2 Diergegevens

3.2.1 Technische resultaten

In tabel 2 zijn de technische resultaten van de vleesvarkens weergegeven. Van de technische resultaten die afhankelijk kunnen zijn van de verschillende behandelingen (verschillend ventilatiesysteem), is bepaald of er een significant verschil is tussen de behandelingen. Van de overige technische resultaten worden verschillen toegewezen aan het bedrijfsmanagement. De toetsing is gedaan op afdelingsniveau.

Er is een significant verschil gevonden tussen de voederconversie in de natuurlijk geventileerde afdelingen en de mechanisch geventileerde afdeling. Verder is er een tendens ($p = 0,16$) naar een hogere voeropname en een lager vleespercentage ($p = 0,18$) bij natuurlijke ventilatie. De groei is niet significant verschillend.

De slechtere voederconversie bij natuurlijke ventilatie kan een gevolg zijn van het ontbreken van voorverwarming bij natuurlijke ventilatie. Hierdoor kan ook de tendens naar hogere voeropname en een lager vleespercentage worden verklaard. Het lagere vleespercentage wordt echter ook beïnvloed door de gemiddeld langere mestrondes en het daardoor hoger gemiddeld geslachtsgewicht. Dit laatste mag echter niet worden

Tabel 2: Technische resultaten

Behandeling	NVA	NVB	MV	SEM ¹	sign.
aantal opgelegd	432	432	432		
begingewicht (kg)	23,7	24,6	24,7		
beginleeftijd (dgn)	69	72	72		
eindgewicht (kg)	114,2	112,8	109,3		
duur mestronde (dgn)	118	115	111		
groei (gr/dier/dag)	796	770	758	13,0	ns
voeropname (kg/dag)	2,14	2,14	2,05	0,041	ns
voederconv. (kg voer/kg groei)	2,79 ^a	2,79 ^a	2,70 ^b	0,009	**
geslacht gewicht (kg)	89,9	89,0	86,6		
vleespercentage (%)	54,6	54,8	55,4	0,16	ns

¹ = standaard afwijking van het gemiddelde

^{a,b} = een verschillende letter binnen een rij duidt op verschil tussen de proefgroepen

ns = niet significant ($p \geq 0,05$), ** = significant ($0,001 < p < 0,01$)

Tabel 3: Type-beoordeling vleesvarkens

	NVA	NVB	MV	sign.
geclassificeerd (%)	98,1	99,8	97,1	
AA (%)	14,9	13,0	13,7	ns
A (%)	71,0	71,8	73,6	ns
B (%)	14,1	15,2	12,7	ns

ns = niet significant ($p \geq 0,05$)

toegewezen aan de verschillen in behandeling, maar is een gevolg van het bedrijfsmanagement.

Het resultaat van de type-beoordeling van de geslachte dieren is weergegeven in tabel 3. Uit de resultaten blijkt dat het aantal dieren per type-klasse niet aantoonbaar verschillend was tussen de dieren uit de natuurlijk geventileerde afdelingen en de dieren uit de mechanisch geventileerde afdeling.

3.2.2 Gezondheid

In tabel 4 zijn de aantallen vleesvarkens weergegeven die zijn uitgevallen of behandeld vanwege een ziekte of aandoening. Hierbij is ook de reden van uitval of behandeling weergegeven. Er blijken geen aan-

toonbare verschillen tussen de drie afdelingen voor wat betreft het aantal dieren dat uitgevallen is.

In één natuurlijk geventileerde afdeling (NVA) zijn alle dieren één keer in de eerste mestronde behandeld vanwege luchtwegaandoeningen en één keer in de vierde ronde. In de andere natuurlijk geventileerde afdeling (NVB) zijn twee afdelingsbehandelingen uitgevoerd tijdens de vierde ronde, één tegen luchtwegaandoeningen en één tegen diarree. In de mechanisch geventileerde afdeling is drie keer een afdelingsbehandeling uitgevoerd vanwege luchtwegaandoeningen, éénmaal in de eerste ronde en tweemaal in de derde ronde.

Uit tabel 4 blijkt dat in de mechanisch geventileerde afdeling meer dieren een indivi-

Tabel 4: Uitval en veterinaire behandelde dieren

	NVA	NVB	MV	sign.
aantal opgelegd	432	432	432	
aantal uitgevallen dieren	19	17	11	ns
reden: luchtwegaandoening	2	2	3	1
beenwerk	5	3	4	1
staart- en oorbijten	3	6	1	1
achterblijven	3	0	1	1
diversen	7	6	2	ns
aantal behandelde dieren	88 ^a	80 ^a	118 ^b	**
reden: maagdarmaandoening	1	0	1	1
luchtwegaandoening	35	32	49	ns
beenwerk	27	26	33	ns
staartbijten	5 ^a	6 ^a	16 ^b	**
oorontsteking	14	13	8	ns
diversen	6	3	11	ns

ns = niet significant ($p \geq 0,05$), ** = significant ($0,001 < p < 0,01$)

1 = verschil niet aantoonbaar, aantallen te laag

a,b = een verschillende letter binnen een rij duidt op verschil tussen de proefgroepen

Tabel 5: Long-leveronderzoek vleesvarkens

	NVA	NVB	MV	sign.
onderzocht (%)	97,6	98,8	96,9	ns
niet aangetast (%)	97,0	96,1	96,8	
karkassen met				
afgekeurde lever (%)	0,0	0,7	0,15,	
aangetaste longen (%)	2,0	07,	17,	
pleuritis (%)	10,			

ns = niet significant ($p \geq 0,05$)

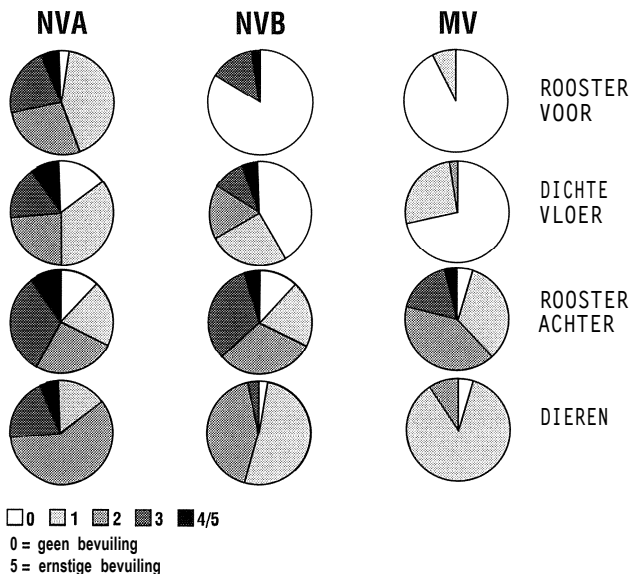
duale veterinaire behandeling hebben gehad dan in de natuurlijk geventileerde afdelingen. Dit wordt onder meer veroorzaakt doordat in de mechanisch geventileerde afdeling meer dieren behandeld zijn wegens staartbijten dan in de natuurlijk geventileerde afdelingen. Daarnaast zijn in de mechanisch geventileerde afdeling iets meer dieren behandeld tegen luchtwegaandoeningen (tendens, $p = 0,10$) en om diverse redenen (tendens $p = 0,08$) dan in de natuurlijk geventileerde afdelingen.

De resultaten van het long-leveronderzoek zijn in tabel 5 weergegeven. Uit de resultaten blijkt dat er geen verschil is in het aantal

dieren zonder long- en/of leverafwijking in de verschillende afdelingen.

3.3 Bevuiling

In figuur 15 is de procentuele verdeling van de bevuilingsscores van het rooster voor, de dichte vloer, het rooster achter en de dieren weergegeven (zie ook bijlage 4). Tussen de drie afdelingen zijn significante verschillen in mate en ernst van bevuiling aangetoond ($p < 0,001$). De bevuiling was in beide natuurlijk geventileerde afdelingen groter dan in de mechanisch geventileerde afdeling. De verschillen kunnen niet expliciet aan het ventilatiesysteem worden toegewezen,



Figuur 15: Bevuiling van het hok en de dieren

omdat er met verschillende vloeruitvoeringen en hokafscheidingen is gewerkt.

3.4 Energieverbruik

Gedurende drie mestrondes is het energieverbruik van de drie afdelingen vastgelegd. Door het niet gelijktijdig opleggen kunnen er verschillen in het energieverbruik tussen de afdelingen zijn. Bij de twee natuurlijk geventileerde afdelingen is dat verschil er. Om het verschil in energieverbruik op jaarbasis te kunnen bepalen is het energieverbruik in de mechanisch geventileerde afdeling vergeleken met het energieverbruik in de natuurlijk geventileerde afdeling NVB die telkens één week voor of na de mechanisch geventileerde afdeling is opgelegd. De opleg van dieren in de natuurlijk geventileerde afdeling viel twee keer in een koudere periode dan de opleg in de mechanisch geventileerde afdeling. Dit doet het energieverbruik van de natuurlijk geventileerde afdeling ongunstiger uitkomen ten opzichte van de mechanisch geventileerde afdeling.

In bijlage 5 is het energieverbruik gedurende de gehele proefperiode per week weergegeven. In figuur 16 is het energieverbruik per categorie (ruimte-, vloerverwarming en elektra) per week weergegeven voor de drie proefafdelingen.

In tabel 6 is het energieverbruik per afdeling per ronde, voor het totaal van drie rondes en voor een geheel jaar weergegeven. Per afdeling is het energieverbruik voor ruimte-

verwarming, vloerverwarming en elektra weergegeven. Het jaarverbruik beslaat de periode van 1 maart 1994 tot en met 28 februari 1995.

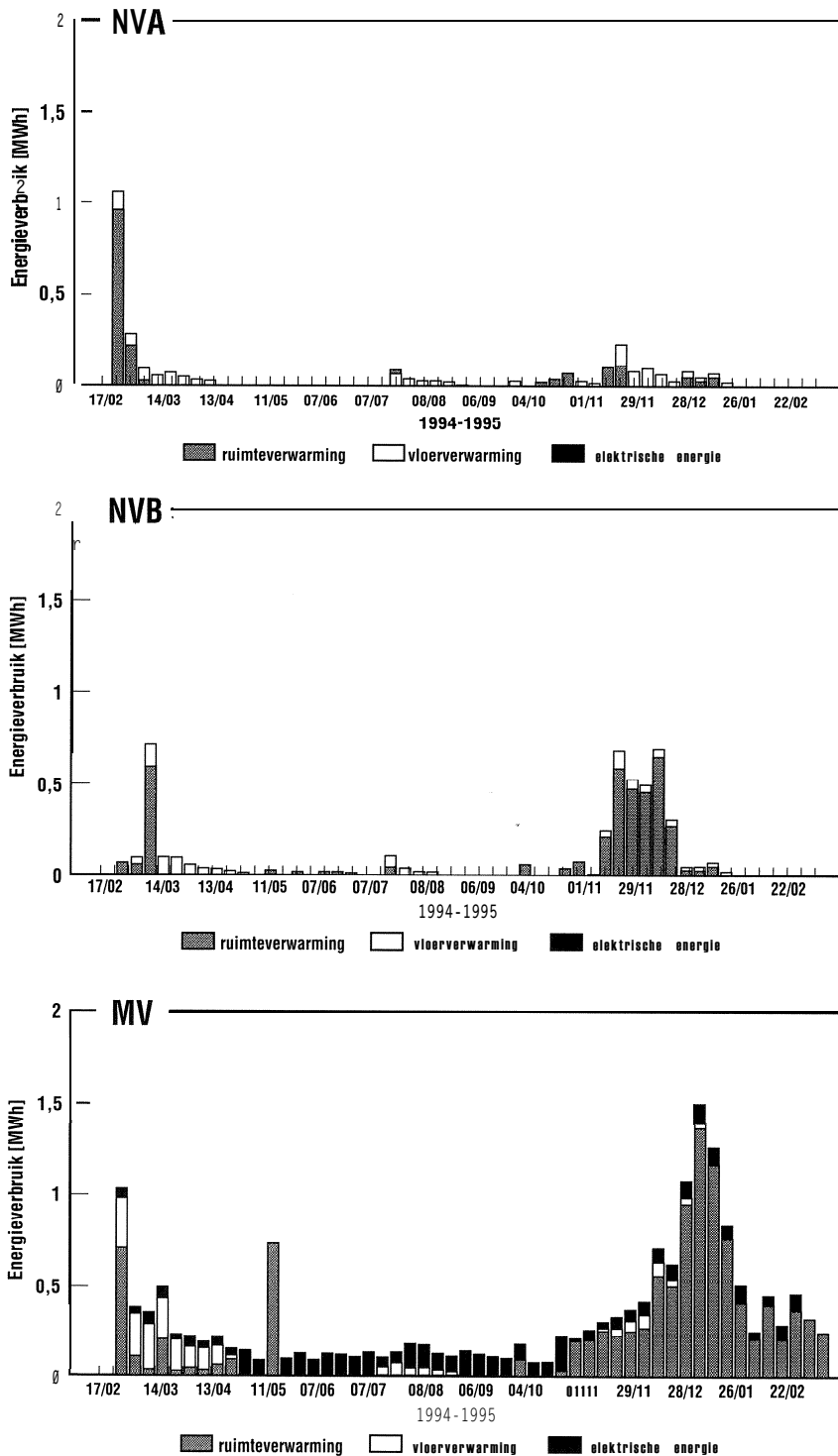
Warmteafgifte door de vloerverwarming vond voornamelijk in de eerste weken van een mestronde plaats. Tijdens de laatste ronde is in de mechanisch geventileerde afdeling het energieverbruik door de vloerverwarming niet gemeten omdat de warmtemeter defect was. Aangenomen is dat het energieverbruik door de vloerverwarming gelijk was aan het energieverbruik van de vloerverwarming in de natuurlijk geventileerde afdelingen.

Het energieverbruik door de ruimteverwarming werd in de eerste ronde in de drie afdelingen sterk beïnvloed door het tijdstip van opleg. Eén natuurlijk geventileerde afdeling (NVA) is opgelegd bij zeer strenge vorst, de andere natuurlijk geventileerde afdeling (NVB) één week later bij lichte vorst. Hierdoor is het energieverbruik door de ruimteverwarming al gereduceerd tot de helft. De mechanisch geventileerde afdeling is na deze vorstperiode, weer één week later, opgelegd. Hierdoor is het energieverbruik door de voor- en ruimteverwarming beïnvloed. Ook in de derde ronde was duidelijk het effect van oplegtijdstip waar te nemen. Voor de derde ronde werd eerst de mechanisch geventileerde afdeling opgelegd, vervolgens één natuurlijk geventileerde afdeling (NVB) en weer één week later de andere natuurlijk geventileerde afdeling (NVA).

Tabel 6: Energieverbruik in de drie proefafdelingen

	ronde 1	ronde 2	ronde 3	totaal	jaarrond ¹
NVA ruimte (kWh)	1.192	167	423	1.782	419
vloer (kWh)	452	160	383	995	834
elektra (kWh)	22	47	3	72	72
NVB ruimte (kWh)	635	178	2.671	3.484	3.388
vloer (kWh)	406	126	356	888	888
elektra (kWh)	4	5	3	12	12
MV ruimte (kWh)	337	66	6.676	7.079	8.981
vloer (kWh)	778	142	371	1.291	1.653
elektra (kWh)	1.425	1.600	1.098	4.123	4.198

¹ jaarrond = 1 maart 1994 tot en met 28 februari 1995



Figuur 16: Energieverbruik in de natuurlijk geventileerde afdeling (NVA en NVB) en de mechanisch geventileerde afdeling (MV)

De natuurlijk geventileerde afdelingen verbruikten bijna geen elektrische energie. Het elektra-verbruik in één natuurlijk geventileerde afdeling (NVA) was hoger dan in de andere, omdat het energieverbruik van de buitenlamp in het elektraverbruik van de natuurlijk geventileerde afdeling (NVA) was meegenomen. De mechanisch geventileerde afdeling verbruikte veel meer elektra dan de natuurlijk geventileerde afdelingen. In de gebruikte proefopzet is een besparing in het elektrisch energieverbruik voor ventilatie gerealiseerd van 39 kWh per vleesvarkensplaats per jaar in het voordeel van natuurlijke ventilatie. De besparing met betrekking tot verwarmingsenergie was 59 kWh per vleesvarkensplaats per jaar op afdelingsniveau. Op bedrijfsniveau, waarbij rekening moet worden gehouden met de efficiëntie van de verwarmingsketel en verliezen tijdens transport (totale efficiëntie ongeveer 70%), betekent dit een besparing van 83 kWh.

3.5 Bedrijfsvoering

Op het Proefstation voor de Varkenshouderij te Rosmalen heeft men al geruime tijd ervaring met natuurlijke ventilatie bij verschillende diercategorieën. Vanaf eind 1993 is ervaring opgedaan met het automatisch geregeld natuurlijk ventilatiesysteem bij vleesvarkens, zoals in dit rapport beschreven. Het klimaat in de natuurlijk geventileerde afdelingen wordt beoordeeld als prettig. Met name bij hoge buitentemperaturen voelt het klimaat in deze afdelingen aangenamer aan. Bij het opstarten van het onderzoek zijn er problemen geweest met de CO₂-meting. De

luchtpomp, die lucht uit de afdelingen naar de CO₂-meter transporteerde, had een te kleine capaciteit. Hierdoor liep de pomp warm en viel uit. De gemeten CO₂-concentraties waren hierdoor veel te laag.

Door een storing in de alarmering is op 18 mei 1995 de stroom voor een aantal uren uitgevallen. De dieren in de natuurlijk geventileerde afdelingen hebben hiervan geen hinder ondervonden. De dieren in de mechanisch geventileerde afdeling verkeerden in grote ademnood. Door dit voorval zijn echter geen dieren uitgevallen. In een stal met natuurlijke ventilatie behoeft geen noodaggregaat aanwezig te zijn. De gevolgen van een stroomuitval zijn veel kleiner dan bij een mechanisch geventileerde stal. De nokklep in de natuurlijk geventileerde afdeling moest één keer bijgesteld worden. De nokklep werd met behulp van katrollen en een staalkabel gestuurd. De staalkabel rekte na verloop van tijd iets uit waardoor de klep bijgesteld moest worden. Gedurende de proefperiode zijn er een paar keer problemen geweest met de nokklep. In een van de natuurlijk geventileerde afdelingen is de staalkabel van de nokklep één keer gebroken. Een goede constructie en sturing van de nokklep is dan ook noodzakelijk. Sturing van de nokklep met tandheugels zal minder storingen veroorzaken dan de aansturing met behulp van een staalkabel. Voor de automatisch gestuurde natuurlijke ventilatie geldt dat een goede controle op de werking van de kleppen en regelmatige controle en onderhoud noodzakelijk zijn. In mechanisch geventileerde afdelingen is een goede controle ook noodzakelijk.

4 ECONOMISCHE EVALUATIE

In dit hoofdstuk worden de economische perspectieven aangegeven voor het toepassen van een automatisch geregelde natuurlijke ventilatie bij vleesvarkens. Hiertoe is het additionele of extra investeringsbedrag per dierplaats berekend van natuurlijke ventilatie ten opzichte van mechanische ventilatie. Het totale extra investeringsbedrag bevat de investeringsbedragen van de voor natuurlijke ventilatie benodigde onderdelen minus de investeringsbedragen van die onderdelen waarop bezuinigd kan worden door toepassing van natuurlijke ventilatie in plaats van mechanische ventilatie. In tabel 7 is aan de hand van offertes en KWIN (1994-1995) het extra investeringsbedrag in guldens per vleesvarkensplaats berekend. Hierbij is uitgegaan van de situatie nieuwbouw, afdelingen met de afmetingen zoals in figuur 1 en 3 weergegeven en 108 vleesvarkensplaatsen per afdeling. Voor de berekening van het investeringsbedrag per vleesvarkensplaats van de CO₂-meting is uitgegaan van een capaciteit van acht afdelingen per CO₂-meter. De extra kosten voor een grotere dakhelling bij de gebruikte natuurlijke ventilatieafdelingen (25° in plaats van 22°) zijn verrekend in de open nok-constructie.

Uit tabel 7 blijkt dat het investeringsbedrag voor automatisch geregelde natuurlijke ventilatie bij nieuwbouw f 16,20 per vleesvarkensplaats hoger is ten opzichte van mechanische ventilatie.

De jaarkosten van de investering bestaan uit afschrijvings-, onderhouds- en rentekosten. Met uitzondering van de afschrijvingstermijn voor de inbouwventilator, het windbreekgaas en de CO₂-meting (= 10 jaar = 10%) bedragen de afschrijvingskosten van de onderdelen 5% van het bijbehorende investeringsbedrag. De onderhoudskosten variëren van 1 tot 5%. Ter berekening van de rentekosten is uitgegaan van 7% van het gemiddeld geïnvesteerd vermogen. In bijlage 6 zijn de extra jaarlijkse kosten van de investering per dierplaats berekend. In totaal bedragen de additionele jaarlijkse kosten van de investering voor natuurlijke ventilatie + f 1,62 per vleesvarkensplaats per jaar ten opzichte van mechanische ventilatie.

De overige exploitatiekosten zijn berekend aan de hand van de resultaten uit het onderzoek. Alleen die resultaten die als significant verschillend zijn aangetoond, zijn als zodanig meegenomen in de berekeningen van de overige exploitatiekosten. Dat zijn de kos-

Tabel 7: Berekening extra investeringsbedrag in guldens per vleesvarkensplaats bij nieuwbouw van natuurlijke ventilatie versus mechanische ventilatie (exclusief BTW en montage)

	natuurlijke ventilatie	mechanische ventilatie
winddrukcap + kleppen		$(7,6 \text{ m} \times 250,-/\text{m})/108 = 17,60$
mineraalwolplafond		$(12 \times 7,6 \times 28,-/\text{m}^2)/108 = 23,60$
ventilatorbuis		$(2 \times 400,-/\text{stuk})/108 = 7,40$
inbouwventilator		$(2 \times 750,-/\text{stuk})/108 = 13,90$
CO ₂ -meting	$700,-/08 = 6,50$	
luchtinlaat + roterende kleppen	$(2 \times 900,-)/08 = 16,70$	
windbreekgaas	$142,50/08 = 1,30$	
open nok-constructie	$(7,6 \text{ m} \times 600,-/\text{m})/08 = 42,20$	
elektromotor + kabel	$1.300,-/108 = 12,00$	
totaal per vleesvarkensplaats	f 78,70	f 62,50
extra investeringsbedrag	f 78,70 - f 62,50 = f 16,20 per vleesvarkensplaats	

ten voor veterinaire behandelingen en voor gas en elektra. Ondanks dat er een significant verschil is aangetoond in voederconversie (zie tabel 2) is er geen post “voerkosten” opgenomen in tabel 8 omdat de voeropname niet significant verschillend is gebleken. De natuurlijk geventileerde afdeling NVB is vergeleken met de afdeling met mechanische ventilatie (MV), omdat deze afdelingen qua hokuitvoering en tijdstip van opleg vrijwel gelijk aan elkaar waren. In bijlage 7 zijn de benodigde uitgangspunten en exacte berekeningen van de overige exploitatiekosten weergegeven. In tabel 8 zijn de exploitatiekosten per vleesvakensplaats per jaar (inclusief de jaarkosten) voor beide ventilatiesystemen naast elkaar gezet en vergeleken.

Uit tabel 8 blijkt dat natuurlijke ventilatie f 10,49 per vleesvarkensplaats per jaar goedkoper is dan mechanische ventilatie. Als we ervan uitgaan dat de technische resultaten van de dieren niet beïnvloed worden door het ventilatiesysteem, dan zou het voordeel van natuurlijke ventilatie in plaats van mechanische ventilatie $-f\ 1,62 + f\ 11,69 = f\ 10,07$ per dierplaats per jaar bedragen. De besparingen op de kosten voor gas en elektra zijn aanzienlijk en overtreffen in beide

gevallen ruim de extra jaarkosten van de investering.

Bij dit rekenvoorbeeld is geen rekening gehouden met een noodaggregaat voor mechanische ventilatie. Als we uitgaan van een situatie waarin we een stal willen bouwen met zo weinig mogelijk risico zal alleen bij mechanische ventilatie een noodaggregaat moeten worden geplaatst. Op een warme dag zou bij stroomuitval in een mechanisch geventileerde afdeling de temperatuur zodanig kunnen oplopen dat er een kritieke situatie ontstaat. Bij stroomuitval in een natuurlijk geventileerde afdeling wordt nog altijd geventileerd op basis van de klepstanden op dat moment en het actuele buitenklimaat. De extra investeringskosten voor een volledig automatisch geschakeld noodaggregaat bedragen dan f 12,20 per vleesvarkensplaats per jaar, indien wordt uitgegaan van een bedrijfsomvang van 1.840 vleesvarkens (Bens, 1994). De extra jaarkosten van deze investering, bestaande uit afschrijvings-, onderhouds- en rentekosten (respectievelijk 5%, 2% en 7%), bedragen + f 1,28 per vleesvarkensplaats per jaar ten nadele van mechanische ventilatie.

Tabel 8: De exploitatiekosten in guldens per vleesvarkensplaats per jaar van mechanische ventilatie (MV) versus natuurlijke ventilatie (NVB)

	NVB	MV	Vershil
jaarkosten van de investering	f 9,34	f 7,72	f 1,62
veterinaire behandelingen	f 0,89	f 1,31	- f 0,42
kosten gas + elektra	f 3,18	f 14,87	- f 11,69
Totaal kosten	f 13,41	f 23,90	- f 10,49

5 DISCUSSIE EN CONCLUSIES

5.1 Klimaat

De klimaatregeling op basis van temperatuur en CO₂-concentratie heeft in de natuurlijk geventileerde vleesvarkensafdelingen goed gewerkt. De afdelingstemperaturen van de natuurlijk geventileerde afdelingen waren vergelijkbaar met die van de mechanisch geventileerde afdeling. De gemiddelde CO₂-concentratie en de standaardafwijkingen waren bij de natuurlijk geventileerde afdelingen groter dan bij de mechanisch geventileerde afdeling. Hiervoor zijn twee oorzaken aan te wijzen. De eerste is de lagere minimumventilatie in combinatie met de regeling op basis van CO₂ bij natuurlijke ventilatie. Dit heeft als gevolg dat vooral in de winter het CO₂-gehalte hoger ligt bij natuurlijke ventilatie. Het blijft echter binnen de door de klimaatdeskundigen aangegeven range van 2.000-3.000 ppm, wat als acceptabel wordt gezien (Klimaatplatform 1996). De tweede reden voor een verschil in de gemeten CO₂-concentratie is het verschil van luchtinlaat bij beide systemen. Het geteste natuurlijke ventilatiesysteem werkt meer volgens het verdringerprincipe van stallucht door verse lucht, terwijl het mechanisch geventileerde systeem dat in deze proef is gebruikt meer werkt volgens het mengingsprincipe van stallucht met verse lucht. Deze betere menging bij het gebruikte mechanisch geventileerde systeem leidt tot een gemiddeld lagere gemeten CO₂-concentratie. Bij extreem hoge buitentemperaturen was het in de natuurlijk geventileerde afdelingen aangenaam voor zowel de varkens als de dierversorgers. Op de voergang in de natuurlijke geventileerde afdelingen bevindt zich dan naar verhouding veel verse buitenlucht, terwijl zich bij de mechanisch geventileerde afdeling daar een mengsel van stal lucht en verse lucht bevindt. Dit is een gevolg van het al eerder aangehaalde verschil tussen de beide luchtinlaatsystemen. Tevens zorgt de grote inhoud van de natuurlijk geventileerde afdelingen voor een groter bufferend vermogen van temperatuur en CO₂. Dat draagt er tevens zorg voor dat bij extreme situaties in de zomer het natuurlijk geventileerde systeem de temperatuur en CO₂-

concentratie goed kan handhaven. In geval van calamiteiten (bijvoorbeeld stroomuitval) is dit ook een voordeel, naast het voordeel dat in zo'n geval de ventilatie toch door kan gaan door de handmatig te bedienen in- en uitlaatkleppen.

Het systeem heeft slechts enkele storingen gekend. De meeste hiervan werden veroorzaakt door de nokklep. De nokklep werd in de proefopzet aangestuurd door een elektromotor via een staalkabel. Door de nokklep aan te sturen via een tandheugel zullen er veel minder problemen zijn. De overige storingen waren opstartproblemen.

De ruimteverwarming was in de natuurlijk geventileerde afdelingen niet optimaal gesitueerd. De verwarmingsbuizen waren tegen de muren achter de hokken bevestigd. In de winter werd hierdoor koude luchtstroom naar de dieren gestimuleerd. De lucht werd pas nadat deze bij de dieren was geweest opgewarmd. Hierna kwam slechts een gedeelte van de opgewarmde lucht, samen met de warmtestraling, terug bij de dieren, maar een groot gedeelte verdween direct door de nokklep. De verwarming was dus niet efficiënt en koude lucht kwam zelfs bij strenge vorst niet voorverwarmd bij de dieren. Een verbetering van de natuurlijke ventilatie, die de laatste bezwaren om over te stappen op natuurlijke ventilatie weg kan nemen, is wenselijk. Een mogelijke verbetering kan verkregen worden door de openingen in de zijgevel onder peil te maken. De verse lucht kan dan via deze openingen, waarin contrasterende kleppen zijn gemonteerd, in een kanaal onder de voergang komen. Op dit kanaal kunnen dan stalen roosters gelegd worden met verwarmingsbuizen. Door deze opzet is geen windbreekgaas meer nodig en kan de ventilatielucht in de winter voorverwarmd worden. Ruimteverwarming zal in deze opzet ook niet meer noodzakelijk zijn.

5.2 Technische resultaten

De technische resultaten van de vleesvarkens in de natuurlijk geventileerde afdelingen waren gedurende de proefperiode minder goed dan die van de vleesvarkens in de mechanisch geventileerde afdeling. Er was

een significant verschil in voederconversie. Ook was er een tendens naar een hogere voeropname en een lager vleespercentage bij natuurlijke ventilatie. Een mogelijke oorzaak voor de hogere voeropname in de natuurlijk geventileerde afdelingen is dat de omgevingstemperatuur af en toe te laag was door het gebrek aan voorverwarming, waardoor de dieren meer voer zijn gaan opnemen om de lage omgevingstemperatuur te compenseren.

De slechtere voederconversie en het lagere vleespercentage in de natuurlijk geventileerde afdelingen werden veroorzaakt door de extra voeropname ten gevolge van de lagere temperatuur op dierniveau.

In de mechanisch geventileerde afdeling hebben meer dieren een veterinaire behandeling gehad dan in de natuurlijk geventileerde afdelingen. Er was een significant verschil in het aantal behandelingen vanwege staartbijten en een tendens naar meer behandelingen vanwege luchtwegaandoeningen en diverse oorzaken in de mechanisch geventileerde afdeling. Dit wijst erop dat er in de mechanisch geventileerde afdeling meer tocht voorkwam dan in de natuurlijk geventileerde afdeling. In de mechanisch geventileerde afdeling is val van koude lucht geconstateerd tegen de muur. In de natuurlijk geventileerde afdelingen is minder tocht voorgekomen, hoewel de temperatuur op dierniveau soms te laag was. De luchtsnelheden moeten dan erg laag zijn geweest.

5.3 Energieverbruik

Het energieverbruik voor klimaatregeling in de natuurlijk geventileerde afdelingen was gedurende deze proef 68% lager dan in de mechanisch geventileerde afdeling. Op jaarbasis is ongeveer 39 kWh elektrische energie per vleesvarkensplaats bespaard door toepassing van natuurlijke ventilatie in plaats van mechanische ventilatie. Doordat de minimumventilatie bij de natuurlijk geventileerde afdelingen zeer drastisch is verminderd is ook een flinke besparing op verwarmingsenergie gerealiseerd. Per vleesvarkensplaats is op jaarbasis ongeveer 59 kWh bespaard op afdelingsniveau. Op bedrijfsniveau, waarbij rekening moet worden gehouden met de efficiëntie van de verwarmingsketel en trans-

portverliezen, betekent dit een besparing van 83 kWh. Dit is totaal bijna vijf keer zoveel als door Van 't Klooster (1993) geschat was (25,5 kWh per vleesvarkensplaats per jaar). Dit wordt veroorzaakt doordat Van 't Klooster alleen de besparing op elektrische energie in zijn schatting heeft meegenomen en verder uitging van eenzelfde niveau van minimumventilatie.

De proefperiode kende zeer extreme buitenomstandigheden. Voor Nederlandse begrippen was de winter extreem koud en de zomer extreem warm. Hierdoor is het verschil in energieverbruik tussen de mechanisch geventileerde afdeling en de natuurlijk geventileerde afdeling groter dan het voor een standaard Nederlands jaar zou zijn. Ook het oplegtijdstip heeft invloed op het energieverbruik. Voor de economische berekeningen is uitgegaan van de in dit onderzoek gevonden verschillen. Men dient er echter rekening mee te houden dat de gemiddelde energiebesparing per jaar lager zal liggen. Bij mechanische ventilatiesystemen is ook een flinke besparing op verwarmingskosten mogelijk door de minimumventilatiehoeveelheid verder terug te brengen. Diverse fabrikanten van klimaatregelapparatuur zijn bezig met ontwikkelingen op dit terrein (bijvoorbeeld automatische smookkleppen). Het verschil in energieverbruik tussen natuurlijke ventilatie en mechanische ventilatie, zoals dat is waargenomen in deze proefopzet, zal hierdoor in de toekomst minder groot zijn.

5.4 Economische betekenis

Het installeren van een automatisch geregeld natuurlijk ventilatiesysteem in een nieuwe stal behoeft ten opzichte van mechanische ventilatie niet veel extra investeringskosten met zich mee te brengen. Bij nieuwbouw met een natuurlijk ventilatiesysteem is het investeringsbedrag f 16,20 per plaats hoger en zijn de jaarkosten per vleesvarkensplaats per jaar f 1,62 hoger. Van 't Klooster (1993) verwachtte ook dat de investeringskosten voor natuurlijke ventilatie hoger zouden zijn dan voor mechanische ventilatie als gevolg van een extra investeringsbedrag voor de voor natuurlijke ventilatie benodigde specifieke regelapparatuur (investeringsbedrag + f 9,06 per vleesvar-

kensplaats en bijbehorende jaarkosten + f 2,- per vleesvarkensplaats per jaar). Met nadruk moet gewezen worden op de behaalde besparingen op de energiekosten (f 11,69 per vleesvarkensplaats per jaar). Het energieverbruik voor de klimaatbeheersing bleek in deze proef met 68% gereduceerd te kunnen worden door toepassing van natuurlijke ventilatie in plaats van mechanische ventilatie. Gezien de overheidsdoelstelling voor het jaar 2000 aangaande het energieverbruik (zie inleiding) kan gesteld worden dat het automatisch regelbaar natuurlijk ventilatiesysteem economisch gezien perspectieven biedt voor de toekomst. Op basis van de uitkomsten van deze proef bedraagt de terugverdientijd van dit natuurlijk geventileerd systeem 1,3 jaar. Indien er wordt uitgegaan van gelijkblijvende technische resultaten bedraagt de terugverdientijd 1,4 jaar. Dit zal mede bijdragen aan een snelle introductie in de praktijk. Nader onderzoek moet uitwijzen hoe de verwarmingscondities in de stal bij een dergelijk natuurlijk ventilatiesysteem moeten zijn, zodat er geen verschil meer optreedt in technische resultaten. De besparingsmogelijkheden op het natuurlijk ventilatiesysteem liggen vooral bij de nokconstructie. De kosten voor deze constructie zoals gebruikt in het onderzoek vormen een aanzienlijk deel van de kosten in de berekening van het extra investeringsbedrag van natuurlijke ventilatie. Ook moet misschien gezocht worden naar praktische en goedkope oplossingen om automatisch geregelde natuurlijke ventilatie ook in bestaande stallen te kunnen installeren.

5.5 Conclusies

- Het is mogelijk om in een afdeling met natuurlijke ventilatie het klimaat net zo goed te regelen als in een mechanisch geventileerde afdeling.
- De technische resultaten in natuurlijk geventileerde afdelingen zullen naar verwachting gelijk zijn aan de technische resultaten in mechanisch geventileerde afdelingen als er voorverwarming wordt toegepast in plaats van ruimteverwarming.
- In de natuurlijk geventileerde afdelingen is op jaarbasis per dierplaats 39 kWh minder elektrische- en 83 kWh minder verwarmingsenergie verbruikt dan in de mecha-

nisch geventileerde afdeling. De besparing op verwarmingsenergie zal in de toekomst echter lager zijn door de ontwikkelingen op het gebied van minimum ventilatiehoeveelheid bij mechanische geventileerde systemen.

- In natuurlijk geventileerde afdelingen kan door de energiebesparing van 68% op elektriciteit (voor ventilatie) en gas (door verlaging van het minimumventilatie niveau) ruimschoots worden voldaan aan de door de overheid nagestreefde reductie van het energieverbruik.
- Het extra investeringsbedrag en de bijbehorende jaarkosten van automatisch geregelde natuurlijke ventilatie bij nieuwbouw zijn respectievelijk + f 16,20 en + f 1,62 per vleesvarkensplaats ten opzichte van mechanische ventilatie.
- Met natuurlijke ventilatie is f 11,69 per vleesvarkensplaats per jaar bespaard op de kosten voor gas en elektra.
- Bij gelijkblijvende technische resultaten is de terugverdientijd van dit natuurlijk geventileerd systeem 1,4 jaar.
- Automatisch geregelde natuurlijke ventilatie biedt economisch gezien perspectieven voor de toekomst.

5.6 Technische aanbevelingen

- Een groot hoogteverschil tussen inlaat en uitlaat werkt positief op het te behalen ventilatiedebiet.
- Grotere ventilatie-openingen vergroten het te behalen ventilatiedebiet.
- Een oppervlakteverhouding van 1:1 tussen inlaat en uitlaat heeft het beste resultaat op het te behalen ventilatiedebiet.
- De inlaatopeningen dienen zo weinig mogelijk te worden verstoord door andere gebouwen, bomen of inrichtingselementen.
- Weerstanden in het luchtpatroon tussen inlaat en uitlaat moeten zoveel mogelijk vermeden worden. Indien het natuurlijk ventilatiesysteem alleen werkt op basis van het schoorsteeneffect (bij windstil weer) gaat dat immers gepaard met kleine drukverschillen over de ventilatie-openingen.
- Een lage luchtinlaat verkleint het risico van koude luchtval op de dieren.
- Verwarming in een natuurlijk ventilatie systeem met een lage luchtinlaat kan volstaan met een vorm van voorverwarming en

vloerverwarming.

Een groot stalvolume betekent minder risico bij windstil en zeer warm weer. Er ontstaat een groot bufferend vermogen voor het klimaat in de stal waardoor grote pieken in temperatuur en kooldioxide-concentraties kunnen worden voorkomen.

Een goed geïsoleerde afdeling zal een stabiel klimaat in de afdeling bewerkstelligen.

Windinvloeden op het klimaat in de stal moeten zoveel mogelijk worden beperkt in de winter. Dit kan door de windkant te smoren. In de zomer kan het wenselijk zijn om de windinvloeden wel te laten doorwerken op het klimaat in de stal om zo een extra impuls te geven aan de ventilatie. Hiertoe zou dan de niet-windkant gesmoord moeten worden.

LITERATUUR

Anonymus 1993a. *Handboek voor de varkenshouderij*. Informatie en Kennis Centrum, Afdeling Varkenshouderij, Rosmalen.

Anonymus 1993b. *Poly-Technisch zakboekje*. Koninklijke PBNA, Arnhem.

Anonymus 1995. *Landelijk Biggenprijzen-schema*. Uitgave Landbouwschap.

Bens, P.A.M., A.G. Altena en G.B.C. Backus 1994. *Afschrijven van varkensstallen: afschrijvingskosten van varkensstallen met verschillende ontmestingsystemen*. Informatie en Kennis Centrum Veehouderij, Afdeling Varkenshouderij, Rosmalen, rapport 2.

Bens, P.A.M. 1995. *Toekomst vleesvarkensbedrijf*. Info-bulletin varkenshouderij, Rosmalen, nr. 3, p 9-13.

Hoste, R. 1995. *Oorzaken van verschillen in*

energieverbruik op varkensbedrijven. LEI-DLO, Den Haag, publikatie 3.161.

Klimaatplatform 1996. Werkgroep klimaat, vergadering 21-2-96, secretariaat IKC-Varkenshouderij.

Klooster, C.E. van 't 1993. *Minimumventilatie-hoeveelheidsregeling voor varkensstallen met natuurlijke ventilatie*. Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen, Proefverslag P3.102.

Klooster, C.E. van 't 1994. *Implementation of natural ventilation in pig houses*. Proefschrift, Vakgroep Agrotechniek & -Fysica, Landbouwniversiteit, Wageningen.

KWIN, Projectgroep KWIN - Veehouderij 1994. *Kwantitatieve informatie veehouderij 1994-1995*. IKC-veehouderij.

BIJLAGEN

Bijlage 1: Analyse temperatuur (°C)

	buiten				NVA				NVB				M V			
Maand	min.	max.	gem.	STD ¹	min.	max.	gem.	STD ¹	min.	max.	gem.	STD ¹	min.	max.	gem.	STD ¹
dec '93	-12,6	14,4	5,6	2,9	15,8	22,2	19,5	0,7	15,8	22,3	19,7	0,6	17,6	24,7	21,0	0,6
jan '94	-2,2	13,3	5,5	2,8	16,5	20,5	18,9	0,4	15,0	20,9	18,7	0,7	18,4	21,7	19,5	0,5
feb '94	-7,6	10,1	2,6	1,0	*	24,6	17,7	0,3	*	19,9	18,5	0,9	18,2	20,4	19,0	0,2
mrt '94	-0,1	20,4	8,0	3,4	16,1	22,8	21,2	0,6	11,3	24,8	21,4	1,6	*	25,6	20,8	1,9
apr '94	-1,2	25,6	9,1	4,8	19,0	26,3	20,5	1,1	19,4	26,7	21,0	1,0	18,4	29,2	21,0	1,3
mei '94	2,5	24,4	13,4	4,0	18,6	26,0	20,9	1,6	19,3	26,5	21,3	1,6	18,4	29,9	21,4	2,1
jun '94	7,0	33,1	16,4	4,9	18,9	30,0	22,7	2,5	19,5	30,5	22,9	2,4	*	31,3	23,2	3,0
juli '94	11,7	35,1	22,8	5,4	*	32,2	25,9	2,8	*	32,1	25,5	3,3	22,1	33,1	26,0	2,8
aug '94	8,8	37,7	18,8	4,6	21,1	33,0	24,1	2,0	20,6	33,0	24,0	2,4	19,5	33,5	23,5	2,5
sep '94	8,2	24,3	14,1	3,0	19,5	25,7	21,4	1,0	19,6	25,8	21,3	1,4	19,1	26,9	21,2	1,6
okt '94	-1,1	25,5	10,2	4,0	17,9	23,8	19,9	0,8	18,5	24,5	20,0	0,8	*	25,6	21,0	1,9
nov '94	2,9	21,9	10,6	2,8	*	25,4	20,7	2,5	17,9	25,9	22,3	1,8	14,2	25,0	21,3	0,5
dec '94	-6,0	15,8	5,7	4,8	17,3	23,2	20,8	1,2	*	23,3	20,9	1,0	18,6	22,6	19,8	0,6
jan '95	-5,9	12,9	4,0	3,9	17,1	22,4	20,0	1,0	18,0	22,5	20,4	0,7	18,7	21,3	20,0	0,5
feb '95	-0,5	14,4	7,1	3,0	19,3	23,7	21,1	0,8	18,6	23,0	20,9	0,8	*	21,8	18,0	2,9
mrt '95	-0,8	18,2	5,9	3,6	*	23,3	17,8	3,8	*	23,7	19,6	3,0	*	24,4	5,3	8,1
jaarrond*	-7,6	37,7	11,3	3,9	*	33,0	21,3	1,5	*	33,0	21,6	1,6	*	33,5	21,5	1,6

¹ STD = standaardafwijking van het gemiddelde

² jaarrond = februari 1994 tot en met januari 1995

* afdeling heeft leeg gestaan, minimumtemperatuur is dus niet relevant

Bijlage 2: Analyse CO₂-concentratie (ppm)

Maand	NVA				NVB				MV			
	min.	max.	gem.	STD ¹	min.	max.	gem.	STD ¹	min.	max.	gem.	STD ¹
dec '93	620	4.139	1.814	340	550	4.065	1.805	288	163	4.072	1.481	253
jan '94	420	2.926	1.636	630	150	2.634	1.534	589	410	1.271	1.234	467
feb '94	390	2.930	1.880	410	470	2.930	1.910	360	410	2.280	1.430	220
mrt '94	630	2.870	1.960	440	350	2.890	1.920	510	360	2.590	1.310	450
apr '94	310	2.720	1.490	540	310	2.830	1.590	280	250	2.090	1.130	400
mei '94	560	2.140	1.180	260	630	2.040	1.220	230	580	2.500	920	140
jun '94	190	2.120	840	400	190	1.760	900	410	140	2.110	670	300
juli '94	250	1.870	730	220	200	2.806	670	320	310	1.570	580	160
aug '94	350	1.960	880	230	420	1.760	870	170	340	1.310	710	140
sep '94	480	1.850	1.050	230	480	1.690	1.010	190	490	1.230	830	100
okt '94	560	2.310	1.340	350	610	2.210	1.340	310	300	2.930	1.120	440
nov '94	300	2.810	1.510	620	470	2.900	1.510	460	730	2.260	1.150	160
dec '94	940	2.930	2.130	460	1.050	2.930	2.010	560	180	1.740	1.170	210
jan '95	930	2.930	2.080	430	1.140	2.930	2.150	410	850	1.860	1.330	150
feb '95	1.000	2.520	1.780	320	910	2.580	1.840	270	230	1.540	660	420
mrt '95	210	2.590	1.310	760	260	2.930	1.700	760	190	1.570	290	140
jaarrond*	190	2.930	1.423	383	190	2.930	1.425	376	140	2.930	1.029	239

¹ STD = standaardafwijking van het gemiddelde

² jaarrond = februari 1994 tot en met januari 1995

Bijlage 3: Analyse ventilatie (m³/uur)

Maand	NVA ¹				NVB ¹				MV ²			
	min.	max.	gem.	STD ³	min.	max.	gem.	STD ³	min.	max.	gem.	STD ³
dec '93	6	100	46	13	12	101	11	41	15	77	53	9
jan '94	1	100	47	17	-1	100	42	20	32	83	59	7
feb '94	1	98	31	10	0	64	28	18	36	86	53	5
mrt '94	1	88	30	16	0	100	18	16	2	92	34	17
apr '94	2	100	54	22	1	100	49	23	20	95	48	19
mei '94	33	100	78	19	35	100	82	18	2	94	77	16
jun '94	46	100	89	15	49	100	92	12	13	97	87	11
juli '94	41	100	92	11	0	100	79	30	15	91	77	16
aug '94	95	95	95	0	39	100	91	14	42	95	85	10
sep '94	95	95	95	0	55	100	84	15	56	93	82	9
okt '94	10	99	66	21	16	100	64	17	0	83	47	23
nov '94	4	97	36	18	0	100	42	18	26	75	45	7
dec '94	4	92	36	17	9	90	48	14	35	81	53	10
jan '95	4	85	35	15	14	83	46	13	35	62	48	5
feb '95	7	96	45	16	3	91	42	15	1	71	38	18
mrt '95	4	99	21	23	0	100	18	14	0	71	5	10
jaarrond ⁴	1	100	61	14	0	100	60	17	0	97	62	12

¹ percentage opening nokklep

² percentage ventilatie

³ STD = standaardafwijking van het gemiddelde

⁴ jaarrond = februari 1994 tot en met januari 1995

Bijlage 4: Bevuiling van het hok en de dieren

Bevuilingsscore*	0	1	2	3	4/5
rooster voor					
NVA ^a	2,9%	41,0%	29,7%	20,2%	6,2%
NVB ^b	83,1%	16,3%	0,6%	0,0%	0,0%
MV ^c	90,4%	9,6%	0,0%	0,0%	0,0%
dichte vloer					
NVA ^a	15,2%	34,3%	23,0%	16,4%	11,1%
NVB ^b	31,4%	38,0%	19,2%	9,1%	2,3%
MV ^c	71,8%	26,3%	1,5%	0,4%	0,0%
rooster achter					
NVA ^a	7,2%	13,4%	18,4%	22,0%	9,0%
NVB ^b	5,8%	22,1%	38,3%	28,9%	4,9%
MV ^c	3,7%	32,2%	43,4%	19,3%	1,4%
dieren					
NVA ^a	0,0%	15,0%	54,2%	28,1%	2,7%
NVB ^b	1,3%	51,3%	40,4%	7,0%	0,0%
MV ^c	4,6%	85,6%	9,8%	0,0%	0,0%

* 0 = geen bevuiling, 5 = ernstige bevuiling

a,b,c = een verschillende letter binnen een rij duidt op verschil tussen de proefgroepen

Bijlage 5: Energieverbruik per week

datum	NVA			NVB			MV		
	ruimte (MWh)	vloer (MWh)	elektra (kWh)	ruimte (MWh)	vloer (MWh)	elektra (kWh)	ruimte (MWh)	vloer (MWh)	elektra (kWh)
22/02/94	0,954	0,101	0	0,054	0,000	0	0,728	0,251	48
01/03/94	0,217	0,060	1	0,054	0,025	0	0,088	0,244	44
07/03/94	0,021	0,061	0	0,584	0,123	0	0,014	0,254	55
14/03/94	0,000	0,056	1	0,001	0,085	1	0,186	0,262	33
21/03/94	0,000	0,064	2	0,000	0,087	0	0,013	0,185	27
28/03/94	0,000	0,048	1	0,001	0,054	0	0,038	0,143	32
05/04/94	0,000	0,032	1	0,000	0,029	0	0,009	0,105	62
13/04/94	0,000	0,019	1	0,001	0,016	1	0,039	0,111	63
18/04/94	0,000	0,005	0	0,000	0,006	0	0,020	0,056	41
26/04/94	0,000	0,002	1	0,002	0,002	0	0,026	0,020	87
02/05/94	0,000	0,000	1	0,000	0,000	0	0,005	0,000	68
11/05/94	0,000	0,000	1	0,017	0,000	0	0,000	0,000	116
17/05/94	0,000	0,000	1	0,001	0,000	1	0,000	0,000	89
25/05/94	0,000	0,001	3	0,006	0,000	0	0,000	0,001	109
31/05/94	0,000	0,000	3	0,000	0,002	0	0,001	0,001	75
07/06/94	0,000	0,002	2	0,019	0,000	0	0,000	0,001	102
14/06/94	0,000	0,001	1	0,001	0,002	0	0,000	0,002	100
21/06/94	0,000	0,000	1	0,001	0,000	1	0,000	0,000	108
28/06/94	0,000	0,000	1	0,000	0,000	0	0,000	0,000	111
07/07/94	0,000	0,000	0	0,001	0,000	0	0,000	0,000	104
12/07/94	0,000	0,000	1	0,039	0,062	0	0,000	0,031	80
20/07/94	0,000	0,071	8	0,000	0,034	0	0,000	0,053	113
26/07/94	0,000	0,028	3	0,000	0,009	0	0,000	0,018	148
08/08/94	0,000	0,028	3	0,000	0,009	0	0,000	0,018	148
15/08/94	0,000	0,022	2	0,000	0,000	0	0,000	0,010	100
22/08/94	0,000	0,010	2	0,000	0,012	1	0,000	0,011	100
30/08/94	0,000	0,000	4	0,000	0,000	0	0,000	0,000	120
06/09/94	0,000	0,000	4	0,004	0,000	1	0,000	0,000	97
12/09/94	0,000	0,000	4	0,004	0,000	1	0,000	0,000	97
19/09/94	0,000	0,000	4	0,002	0,000	0	0,003	0,000	99
27/09/94	0,000	0,000	5	0,043	0,000	0	0,041	0,000	119
04/10/94	0,000	0,000	2	0,000	0,000	1	0,001	0,000	46
12/10/94	0,000	0,000	2	0,000	0,000	1	0,001	0,000	46
19/10/94	0,016	0,000	2	0,027	0,001	1	0,020	0,001	186
25/10/94	0,044	0,000	1	0,057	0,001	0	0,173	0,001	25
01/11/94	0,009	0,000	1	0,003	0,000	1	0,210	0,000	35
09/11/94	0,011	0,000	0	0,199	0,035	0	0,210	0,017	59
17/11/94	0,087	0,002	1	0,560	0,106	0	0,163	0,054	79
23/11/94	0,097	0,113	0	0,449	0,058	0	0,195	0,086	61
29/11/94	0,000	0,073	0	0,435	0,038	0	0,282	0,055	60
06/12/94	0,000	0,084	1	0,625	0,042	1	0,561	0,063	76
13/12/94	0,005	0,041	0	0,258	0,027	0	0,496	0,034	80
20/12/94	0,003	0,035	0	0,002	0,023	0	0,964	0,029	74
28/12/94	0,036	0,031	1	0,011	0,021	1	1,382	0,026	83
05/01/95	0,030	0,006	0	0,016	0,005	0	1,158	0,005	87
11/01/95	0,042	0,000	0	0,011	0,001	0	0,754	0,001	64
20/01/95	0,007	0,000	0	0,005	0,000	0	0,394	0,000	87
26/01/95	0,001	0,000	0	0,000	0,000	1	0,160	0,000	62
01/02/95	0,004	0,000	0	0,002	0,000	0	0,373	0,000	62
07/02/95	0,002	0,000	0	0,002	0,000	0	0,213	0,000	41
15/02/95	0,000	0,000	1	0,000	0,000	0	0,372	0,000	63
22/02/95	0,003	0,000	0	0,000	0,000	0	0,291	0,000	3
28/02/95	0,001	0,000	0	0,001	0,000	0	0,213	0,000	0

Bijlage 6: Berekening extra jaarkosten van de investering

Berekening extra jaarkosten van de investering voor automatisch geregelde natuurlijke ventilatie in guldens per vleesvarkensplaats per jaar.

	afschrijving		onderhoud		rente		totaal	
winddrukcap + kleppen ^a	0,88	(5,0%)	0,53	(3,0%)	0,62	(3,5%)	2,02	(11,5%)
mineraalwolplafond ^a	1,18	(5,0%)	0,71	(3,0%)	0,83	(3,5%)	2,71	(11,5%)
ventilatorroker ^a	0,37	(5,0%)	0,07	(1,0%)	0,26	(3,5%)	0,70	(9,5%)
inbouwventilator ^a	1,40	(10,0%)	0,42	(3,0%)	0,49	(3,5%)	2,29	(16,5%)
CO ₂ -meting ^b	0,65	(10,0%)	0,20	(3,0%)	0,23	(3,5%)	1,07	(16,5%)
luchtinlaat + roterende kleppen ^b	0,84	(5,0%)	0,50	(3,0%)	0,58	(3,5%)	1,92	(11,5%)
windbreekgaas ^b	0,13	(10,0%)	0,07	(5,0%)	0,05	(3,5%)	0,24	(18,5%)
open nok-constructie ^b	2,11	(5,0%)	1,27	(3,0%)	1,48	(3,5%)	4,85	(11,5%)
elektromotor + kabel ^b	0,60	(5,0%)	0,24	(2,0%)	0,43	(3,5%)	1,26	(10,5%)
totaal mechanische ventilatie ^a	3,83	(6,1%)	1,73	(2,8%)	2,20	(3,5%)	7,72	(12,4%)
totaal natuurlijke ventilatie ^b	4,33	(5,5%)	2,27	(2,9%)	2,76	(3,5%)	9,34	(11,9%)
totaal verschil natuurlijke ventilatie ^b - mechanische ventilatie ^a							f	1,62

^a = onderdelen mechanische ventilatie

^b = onderdelen natuurlijke ventilatie

Bijlage 7: Berekening overige exploitatiekosten

Uitgangspunten (KWIN 1994-1995, Biggenprijzenschema, juli 1995, Uitbetalingsadvies 1-1-1995):

- gemiddeld aantal dagen leegstand (schoonmaken) na iedere ronde = 2 dagen
- gemiddelde prijs individuele veterinaire behandeling = f 1,56 (f 0,11/ml/10 kg x (68,7+67,0)/2 + 1,21 min x f 36,44/uur)
- gemiddelde prijs elektrische energie = f 0,18 per kWh
- gemiddelde prijs verwarmingsenergie = f 0,08/kWh (aardgas = f 0,50/m³ bij rendement = 70%)

Uitgangspunten afgeleid/berekend uit de resultaten van het onderzoek:

	natuurlijke ventilatie (NVB)		mech. ventilatie		gemiddeld
duur mestrondes (dagen)	115		111		113
omzetsnelheid (# ronde/jaar)	$365/(115 + 2) = 3,12$		$365/(117 + 2) = 3,23$		3,18
percentage uitval (%)	$(17/432) \times 100\% = 4\%$		$(11/432) \times 100\% = 2,5\%$		3,3%
% behandelde dieren**	$80/432 \times 100\% = 185\%$		$118/432 \times 100\% = 27,3\%$		
# afgeleverde varkens/plaats ruimte- en vloerverw. (kWh)	$3,12 \times (100-4\%) = 2,99$		$3,23 \times (100-2,5\%) = 3,15$		3,07
elektraverbruik (kWh)	$(3,388+0,888) \times 1.000 = 4.276$		$(8,981 + 1,653) \times 1.000 = 10.634$		
	= 12		= 4.198		

** = significant (0,001 < p < 0,01)

Berekening kosten veterinaire behandelingen in guldens per vleesvarkensplaats per jaar:

- NVB: f 1,56 x 18,5% x 3,07 = f 0,89
- MV: f 1,56 x 27,3% x 3,07 = f 1,31

Berekening kosten gas en elektra:

- NVB: $4.276 \times f 0,08 + 12 \times f 0,18 = f 344,24/108 \text{ plaatsen/afdeling} = f 3,18$
- MV: $10.634 \times f 0,08 + 4.198 \times f 0,18 = f 1.606,36/108 \text{ plaatsen/afdeling} = f 14,87$

REEDSEERDERVERSCHENENPROEFVERSLAGEN

Proefverslag Pl. 138

*Vloeruitvoering en hokbevuiling bij gespeen-
de biggen*, H.M. Vermeer, Altena, H. en
Vrielink, M.G.M., oktober 1995.

Proefverslag P1.139

*Gescheiden afvoer van urine en faeces in
combinatie met spoelen bij vleesvarkens*.
E.R. ter Elst-Wahle en Brok, G.M. den,
november 1995.

Proefverslag P1.140

*Effect van multifasenvoeding op de techni-
sche resultaten en het waterverbruik van
borgen en zeugen*. C.M.C. van der Peet-
Schwering en Plagge, J.G., december 1995.

Proefverslag P1.141

*Ammoniakarm huisvestingssysteem voor ge-
speende biggen*, M.P. Voermans en Hen-
driks, J.G.L., februari 1996.

Proefverslag P1.142

*Signaleren van afwijkingen in het eet- en
drinkgedrag bij vleesvarkens*. P.J. L. Ramae-
kers, Huiskes, J.H., Vesseur, P.C., Binnen-
dijk, G.P. en Vermeer, H.M., februari 1996.

Proefverslag P1.143

*Bedrijfsvoering en bedrijfsuitrusting op
hoogproductieve zeugenbedrijven*. P.F. M.M.
Roelofs en Backus, G.B.C., maart 1996.

Proefverslag Pl. 144

MiA R of mineralenboekhouding? C. E. P. van
Brakel, Geurts, J. en Backus, G.B.C., maart
1996.

Proefverslag P1.145

*Effect van voeding en huisvesting op de
ammoniakemissie uit vleesvarkensstallen*.
C.M.C. van der Peet-Schwering, Verdoes, N.,
Voermans, M.P. en Beelen, G.M., maart 1996.

Proefverslag Pl. 146

*Ammoniakemissie in een vleesvarkensstal
bij gebruik van een vloeibare afdeklaag in
de mestkelder* E.R. ter Elst-Wahle en Brok,
G.M. den, mei 1996.

Proefverslag Pl. 147

*Economische evaluatie van het voeren van
natte bijproducten aan vleesvarkens*. C.E.P.
van Brakel, Scholten, R.H.J. en Backus,
G.B.C., april 1996.

Proefverslag P1.148

*Aanzuren van vleesvarkensmest met organi-
sche zuren*. J.G.L. Hendriks en Vrielink,
M.G.M., mei 1996.

Proefverslag P1.149

*Zware vleesvarkens en luchtgedroogde
ham*, J.H. Huiskes, Binnendijk G.P. en Trig-
t, P.H. van, juni 1996.

Proefverslag P1.150

Microbieel aanzuren van vleesvarkensmest.
J.G.L. Hendriks en Vrielink, M.G.M., juni
1996.

Proefverslag Pl. 151

*Onbepaalde wa teropname van dragende
zeugen in groepshuisvesting*. H.M. Vermeer,
Peet-Schwering, C.M.C. van der Wilt, F.J.
van der, juli 1996.

Proefverslag P1.152

*Gedoseerde wa terverstrekking aan individu-
eel gehuisveste dragende zeugen*. C.M.C.
van der Peet-Schwering, Voermans, M.P.,
Vermeer, H.M., augustus 1996

Exemplaren van proefverslagen kunnen wor-
den verkregen door f18,50 per verslag
(m.u.v. P1.117, deze kost f 50,-) over te
maken op Postbanknummer 51.73.462 ten
name van het Proefstation voor de Varkens-
houderij, Lunerkampweg 7, 5245 NB
ROSMALen, onder vermelding van het
gewenste verslagnummer. Buitenlandse
abonnees betalen f 20,- per P 1-verslag
(dit is inclusief verzendkosten) én f 15,-
administratiekosten per bestelling (m.u.v.
P1.117, deze kost f 75,-).
Ook bestaat de mogelijkheid een abonne-
ment te nemen op de proefverslagen voor
f 250,- per jaar.