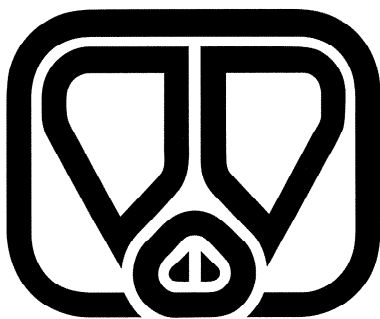


ir. A.V. van Wagenberg
ing. A.I.J. Hoofs

Monitoring van het energiegebruik in vleesvarkensstallen bij toepassing van frequentieregelaars op ventilatoren

*Monitoring energy use in
growing-finishing pig facilities
by using frequency convertors
for fan regulation*



Praktijkonderzoek Varkenshouderij

Locatie:
Vleesvarkensbedrijf
J. Gommers
Eindhovenseweg 16
6031 NB Weert



Proefverslag nummer P 1.240
april 2000
ISSN 0922 - 8586

INHOUDSOPGAVE

	SAMENVATTING	4
	SUMMARY	5
1	INLEIDING	6
2	MATERIAAL EN METHODE	7
2.1	Uitvoering van de afdelingen	7
2.2	Klimaat	7
2.3	Opleg van de dieren	8
2.4	Metingen en waarnemingen	8
3	RESULTATEN	10
3.1	Oplegdata en afleverdata	10
3.2	Klimaat	10
3.3	Energiegebruik	13
3.4	Vergelijking energiegebruik per stal	15
3.5	Storingsregistratie	15
4	DISCUSSIE	16
4.1	Opgenomen vermogen van frequentieregelaar	16
4.2	Invloedsfactoren op gemeten energiegebruik	16
4.3	Economische beschouwing	17
5	CONCLUSIE	18
	LITERATUUR	19
	BIJLAGEN	20
	Bijlage 1: Verloop van het gemiddelde dagnummer met het grootste en het kleinste dagnummer van de drie stallen	20
	Bijlage 2: Standaard-zeugenstal en standaard-vleesvarkensstal voor de economische evaluatie	21
	Bijlage 3: Economische berekening	22
	REEDS EERDER VERSCHENEN PROEFVERSLAGEN	23

SAMENVATTING

Energiegebruik voor ventilatie draagt in belangrijke mate bij aan de totale kosten voor elektriciteit op een varkensbedrijf. In de huidige praktijk worden de ventilatoren in varkensstallen in de meeste gevallen aangestuurd via een 230 volt triac-regeling. Nadeel van deze regeling is dat bij de spanningsverlaging veel energie verloren gaat, waardoor het specifiek vermogen van de ventilator daalt bij het verlagen van het toerental. Een andere mogelijkheid om motoren van ventilatoren aan te sturen is gebruik maken van frequentieregelaars. Met deze regelaars kunnen ventilatoren op lage toeren draaien zonder dat dit ten koste gaat van de efficiëntie.

In dit onderzoek, uitgevoerd in opdracht van Itho Schiedam, is gedurende één jaar het energiegebruik bijgehouden in drie vleesvarkensstallen met elk elf afdelingen met honderd dierplaatsen. Hierbij was elk van de drie stallen voorzien van een andere elektronische regeling op de ventilatoren. Eén stal was uitgerust met een conventionele triac-regeling, één stal met een frequentieregeling per afdeling en één stal met één centrale frequentieregelaar. Bij deze laatste stal werd de stand van de centrale frequentieregelaar bepaald door de afdeling met de hoogste ventilatievraag, in de overige afdelingen werd met een automatische diafragma klep de luchtstroom gesmoord.

Gedurende het gehele onderzoek waren er vleesvarkens in de drie stallen aanwezig. Uit de registratie van opleg- en afleverdata blijkt dat de gemiddelde leeftijd van de dieren in

de drie stallen goed vergelijkbaar was. De klimaatinstallaties hebben goed gefunctioneerd en het was goed mogelijk het klimaat in de afdelingen te regelen.

Het berekend energiegebruik uit de energieregistraties is weergegeven in tabel 1.

De invloed van het opgenomen vermogen van de frequentieregelaars had in de stal met frequentieregeling per afdeling een hoger energiegebruik tot gevolg dan in de stal met één centrale frequentieregelaar. In de stal met één centrale frequentieregelaar is 69% minder energie voor ventilatie gebruikt dan in de triac-geregelde stal (besparing van 16,4 kWh per dierplaats per jaar). In de stal waarin een frequentieregelaar per afdeling werd toegepast was het energiegebruik 41% lager dan in de stal met de triac-geregelde ventilatoren (besparing van 9,8 kWh per dierplaats per jaar). Onduidelijk is hoeveel van de gemeten energiebesparing toe te schrijven is aan de soort regeling van de ventilator, omdat er niet tussen de stallen is gewisseld.

In de twee voorbeelden die in dit rapport zijn doorberekend, zijn de investeringskosten voor het ventilatiesysteem met één centrale frequentieregelaar lager dan voor een ventilatiesysteem met triac-geregelde ventilatoren. Uitgaande van de gemeten energiebesparing bedraagt de berekende besparing f 4,43 per vleesvarkensplaats per jaar en f 31,17 per gemiddeld aanwezige zeug per jaar.

Tabel 1: Berekend energiegebruik op basis van de energieregistraties (20 ct. per kWh)

	één centrale freq. regelaar	freq. reg. per afd.	triac-reg. per afd.
kWh per dierplaats per jaar	7,43	14,03	23,83
kosten	f 1,49	f 2,81	f 4,77

SUMMARY

Energy consumption for ventilation is an important part of the total energy consumption at a pig farm. In practice, most of the ventilators are powered by a 230-Volt triac controller. One disadvantage of this controller is that a triac-powered ventilator working at low speed leads to energy losses, which causes a higher energy consumption per cubic metre of air replacement. Another controller which can be used to power a ventilator is a frequency convertor, with which ventilators can work at low speed without decreasing energy efficiency. In this research, the energy use was monitored in three pig facilities during one year. Each facility comprised eleven compartments for 100 growing-finishing pigs each. All facilities had different electronic ventilator controllers. One facility was equipped with conventional triac controlled ventilators, one facility with a frequency convertor per compartment and one facility was equipped with one central frequency convertor for all compartments. In the latter facility, the compartment with the highest ventilation demand determined the power output of the central frequency controller. In all compartments the ventilators worked at the same speed. In other compartments where airflow was too high, this was reduced by an automatic valve.

Pigs were present in the facilities during the entire research period. Average age of the animals in all three facilities was comparable as could be inferred from the registration dates. In all three facilities no problems occurred related to the indoor climate. The energy use for ventilation calculated on the basis of the measurements is shown in table 1.

The influence of energy uptake of the frequency convertors caused a higher energy consumption in the facility with a frequency convertor per compartment than in the facility with one central frequency convertor. Not clear is how much of the energy consumption measured could be ascribed to the kind of electronic ventilator control, because the controllers had not been exchanged among the three facilities.

In this report's examples, investment costs of the ventilation system with one central frequency convertor were lower than investment costs for a ventilation system with triac controlled ventilators. The financial savings calculated were Dfl 4.43 per growing-finishing pig place per year and Dfl 31.17 per average productive sow per year.

Table 1 :Energy use calculated on the basis of measurements (Dfl 0.20 per kWh)

	one central freq. conv.	freq. conv. per comp.	triac contr. per comp.
kWh per animal place per year	7.43	14.03	23.83
costs	Dfl 1.49	Dfl 2.81	Dfl 4.77

1 INLEIDING

Energiegebruik voor ventilatie draagt in belangrijke mate bij aan de totale kosten voor elektriciteit op een varkensbedrijf. Bij zuigbedrijven is deze bijdrage gemiddeld 58% en bij vleesvarkensbedrijven 91% (Hoste, 1995). Volgens KWIN (1999) bedragen de elektriciteitskosten f 35,- per gemiddeld aanwezige zeug en f 6,- per vleesvarkensplaats per jaar.

In de huidige praktijk worden de ventilatoren in varkensstallen in de meeste gevallen aangestuurd via een 230 volt triac-regeling. Deze elektronische regeling kan de spanning verlagen waardoor het toerental van de ventilator en de luchtverplaatsing afnemen. Nadeel van deze regeling is dat bij de spanningsverlaging veel energie verloren gaat, waardoor het specifiek vermogen van de ventilator daalt bij het verlagen van het toerental. Bij spanningsverlaging via een triac-regeling, waarbij de frequentie van 50 Hz niet wordt teruggeregeld, neemt het opgenomen vermogen niet evenredig af.

Bij 50% van het maximum-toerental van de ventilator bijvoorbeeld neemt deze nog circa 70% van zijn maximum-vermogen uit het net op. Dit overtollig opgenomen vermogen wordt in de motor in de vorm van warmte vernietigd, wat nadelige gevolgen heeft voor de lagers.

Een andere mogelijkheid om motoren van ventilatoren aan te sturen is gebruik maken van frequentieregelaars. Met deze regelaars kunnen ventilatoren op lage toeren draaien zonder dat dit ten koste gaat van de efficiëntie. Bij het verlagen van de spanning en de frequentie wordt wel als vuistregel gehan-

teerd dat het opgenomen vermogen met een 3^e macht afneemt. Bij 50% toerental van de ventilator wordt dan nog circa $(0,5)^3 = 12,5\%$ van zijn maximum-vermogen uit het net opgenomen. Omdat op deze wijze geen overtollig vermogen uit het net wordt opgenomen, wordt geen energie (= warmte) in de motor vernietigd, wat de levensduur van de lagers ten goede komt.

Gedurende het overgrote deel van de tijd draait de ventilator in een varkensstal met een toerental beneden het maximum. De grootte van de ventilator wordt bepaald op basis van de maximum-capaciteit, die slechts bij hoge buitentemperaturen noodzakelijk is.

Vanwege de hoge investeringskosten voor frequentieregelaars worden deze weinig toegepast in varkensstallen. Wanneer het echter mogelijk wordt om één frequentieregelaar voor meerdere afdelingen in te zetten, verlaagt dat de investeringskosten per dierplaats.

Doel

Doel van het onderzoek dat in opdracht van Itho werd uitgevoerd was het gedurende één jaar monitoren van het energiegebruik voor ventilatie in drie vleesvarkensstallen in de praktijk. Elk van de drie stallen was voorzien van een andere elektronische regeling op de ventilatoren; één stal met conventionele triac-regeling, één stal met frequentieregeling per afdeling en één stal met één centrale frequentieregelaar.

2 MATERIAAL EN METHODE

Het onderzoek is uitgevoerd in drie vleesvarkensstallen. In figuur 1 is globaal weergegeven hoe de situatie op de proeflocatie was.

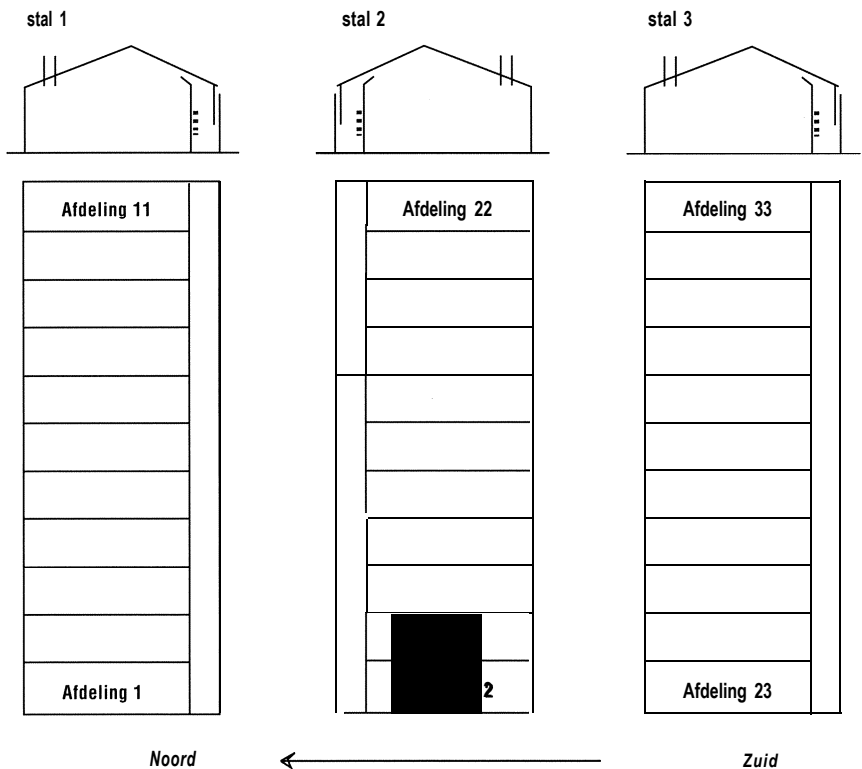
2.1 Uitvoering van de afdelingen

Elke afdeling had tien hokken (met uitzondering van afdeling 12, die had er acht) met tien dieren per hok. Er waren vijf hokken aan beide zijden van de controlegang. De vloeruitvoering in de hokken was volledig betonrooster. De vleesvarkens werden onbeperkt gevoerd via brijbakken.

2.2 Klimaat

Alle afdelingen waren voorzien van klepventilatie met een automatisch gestuurde inlaatklep. De afzuigkokers waren voorzien van een ventilator met meetwaaier in combinatie met een automatisch gestuurde diafragma-

klep. De ventilatie werd gestuurd op basis van de gemeten afdelingstemperatuur en het gemeten ventilatiedebiet. Voorverwarming van de lucht kon plaatsvinden op de centrale gang. In de afdelingen was geen verwarming aanwezig en kon met een heteluchtkanon de eerste dagen na opleg worden bijverwarmd. De ventilatoren in stal 1 waren van het merk Itho type VD 500 (0,5 m diameter), in stal 2 waren de ventilatoren van het merk Itho type VD 500 (0,5 m diameter), in stal 3 van het merk Multifan type E45E (0,45 m diameter). In stal 1 werden de elf ventilatoren door één centrale frequentieregelaar aangestuurd (type frequentieregelaar Danfoss VLT 3508). De stand van deze regelaar werd bepaald door de hoogst vragende afdeling. Per afdeling werd een driefasenventilator toegepast. In de hoogst vragende afdeling werd de diafragma-schuif maximaal open geregeld en de frequentieregelaar regelde het toerental



Figuur 1: Situatie op de proeflocatie

van de ventilator zodanig dat daar aan de ventilatievraag werd voldaan (gebaseerd op de binnentemperatuur volgens de klimaatinstellingen). In de overige afdelingen werd de diafragmaklep automatisch dicht geregeld zodat deze een grotere weerstand vormde en de hoeveelheid luchtverplaatsing bij dezelfde stand van de ventilator afnam. In stal 2 was er per afdeling een frequentieregelaar die een driefasenventilator stuurde (type frequentieregelaar Danfoss VLT 2010). In stal 3 was er per afdeling een 230 volt triac-regelaar die een eenfase-230 volt-ventilator stuurde.

De gehanteerde klimaatinstellingen zijn weergegeven in tabel 2.

Instelling P-band: 8° bij 15°C buitentemperatuur. De correctiefactor bedroeg 0,1°C per 1°C verandering in buitentemperatuur (de P-band in de computers was maximaal 8°C en kon derhalve bij daling onder 15°C buitentemperatuur *niet* groter worden).

De instellingen waren in alle afdelingen gelijk, behalve in afdeling 12. Daar was de maximumventilatie begrensd op 80%, omdat dit een iets kleinere afdeling was.

Na dag 42 bleven de klimaatinstellingen gelijk. De lengte van de P-band werd gecorrigeerd voor de buitentemperatuur. In stal 1 en 3 was de meetwaaiër geijkt zodat de luchtopbrengst bij 100% ventilatie 6.000 m³/h per afdeling was (60 m³/h per vleesvarken). Bij stal 2 was dit 7.150 m³/h (71,5 m³/h per vleesvarken).

2.3 Opleg van de dieren

Er werd all in-all out per afdeling toegepast. Wekelijks werden dieren opgelegd op het bedrijf. In naast elkaar liggende afdelingen werden na elkaar de varkens opgelegd. Om

inzicht te krijgen in het verschil in ventilatievraag tussen de verschillende afdelingen binnen een stal zijn de opleg- en afleverdata geregistreerd. Per afdeling werd bijgehouden op welk tijdstip de biggen erin kwamen.

2.4 Metingen en waarnemingen

De metingen zijn gestart in de eerste week van oktober 1998 en beëindigd in de eerste week van oktober 1999.

Klimaat

Met behulp van de in de stallen aanwezige klimaatapparatuur werden de temperatuur en de hoeveelheid ventilatie continu gemeten. Elk uur werden de momentane waarden weggeschreven op de centrale PC. Ook werd de buitentemperatuur gemeten en elk uur geregistreerd.

Energiegebruik

Het energiegebruik van alle elf afdelingen werd in stal 1 gemeten met één analoge kWh-meter vóór de centrale frequentieregelaar. In stal 2 werd het gebruik per afdeling gemeten met elektronische kWh-meters vóór de elf afzonderlijke frequentieregelaars. In stal 3 waren elf afzonderlijke elektronische kWh-meters tussen de triac-regelaar en de ventilator geplaatst. De standen van de elektronische kWh-meters werden elk uur automatisch geregistreerd met behulp van een datalogger en een PC. Het plaatsen van de kWh-meters vóór de frequentieregelaars had tot doel om de eigen consumptie van de frequentieregelaars mee te nemen in de proef. Daarnaast werd als controlemeting het totale gebruik in stal 2 gemeten met behulp van een analoge kWh-meter. In stal 3 werd het gebruik van de ventilatoren in de afdelingen 26 t/m 29 gemeten met behulp van een analoge kWh-meter. De standen van de analoge kWh-meters werden gedurende meerdere weken handmatig geregistreerd en dienden

Tabel 2: Klimaatinstellingen in alle proefafdelingen

dagnummer	begintemp.vent.(°C)	P-band (°C)	min. vent.(%)	max vent. (%)
0	24	8	10	50
41	20	8	20	99

ter controle van de elektronische kWh meters

Storingsregistratie

Storingen aan klimaat- en meetapparatuur werden geregistreerd in een logboek.

Gegevensverwerking

De elektronisch verzamelde gegevens zijn in een spreadsheet bij elkaar gezet. In de spreadsheet zijn de verschillende kengetallen berekend. Uit de gegevens zijn delen geselecteerd voor de grafische presentatie.

3 RESULTATEN

3.1 Oplegdata en afleverdata

Gedurende het gehele onderzoek waren er vleesvarkens in de drie stallen aanwezig. Op dag nummer 1 werden de dieren opgelegd. Het gemiddelde dagnummer gedurende de proefperiode was in stal 1 59 dagen, in stal 2 57 dagen en in stal 3 60 dagen (dag 1 is opleg). De gemiddelde leeftijd van de dieren in de drie stallen was goed vergelijkbaar. Het verschil in dagnummer tussen de oudste en de jongste dieren binnen een stal is een maat voor de variatie in ventilatievraag tussen de verschillende afdelingen binnen een stal. In stal 1, met de centrale frequentieregelaar, was de hoogst vragende afdeling bepalend voor de stand en dus het opgenomen vermogen van de centrale frequentieregelaar. Wanneer altijd één afdeling binnen een stal een grote ventilatievraag heeft, zal de frequentieregelaar in dit hoge

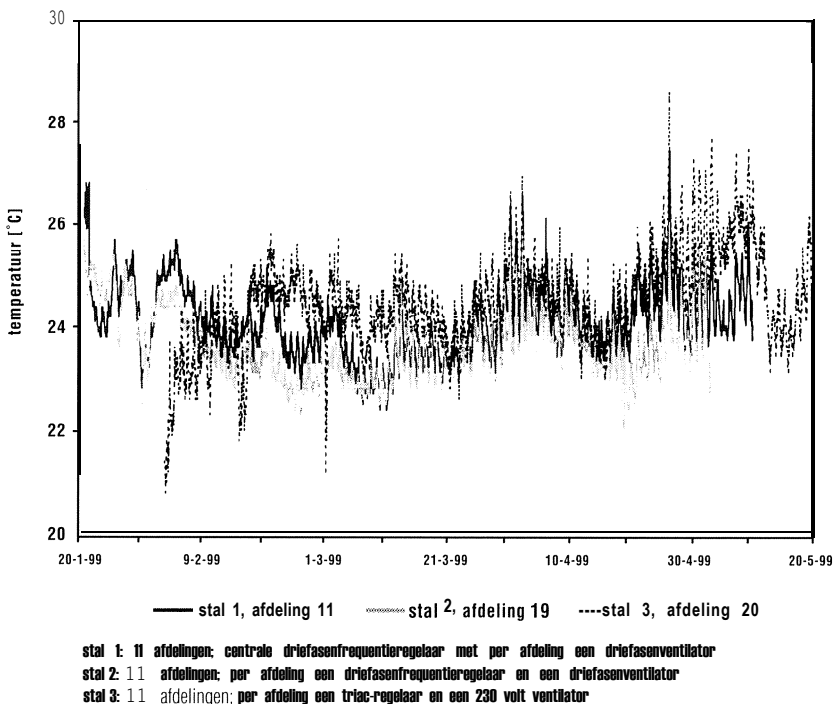
gebied altijd alle ventilatoren aansturen. Om inzicht te geven in de variatie in dagnummers binnen de drie stallen is in bijlage 1 het verloop van het gemiddelde dagnummer gedurende de proefperiode weergegeven met daarbij het grootste en het kleinste dagnummer binnen die stal. Het gemiddeld verschil in dagnummer in stal 1 is 79. Ook in stal 2 is dit 79 en in stal 3 is het 58.

3.2 Klimaat

In geen van de drie stallen waren er problemen ten aanzien van een slecht binnenklimaat. De gepresenteerde gegevens in de figuren 2, 3 en 4 zijn representatief voor de overige afdelingen.

Binnentemperatuur

De binnentemperatuur gedurende één ronde van drie afdelingen (één per stal) is



Figuur 2: Binnentemperatuur gedurende één ronde van drie afdelingen (één per stal)

weergegeven in figuur 2. De afdelingen 11 en 19 zijn tegelijk opgelegd, afdeling 20 twee weken later.

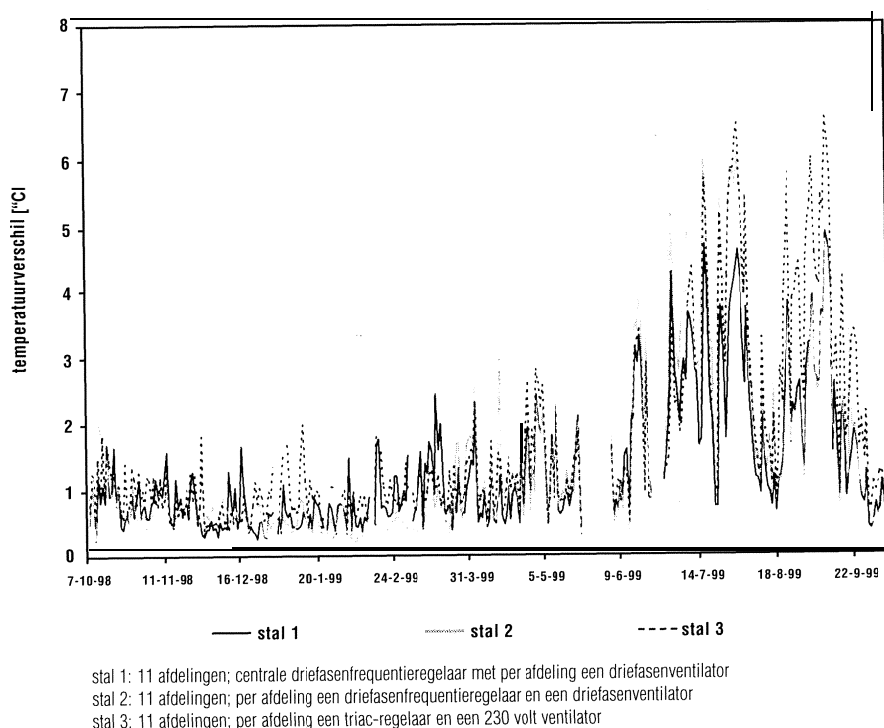
Uit figuur 2 kan worden afgeleid dat de binnentemperatuur vrij constant is gedurende de ronde. De aflopende temperatuurinstellingen hebben niet tot gevolg dat de binnentemperatuur gedurende de ronde daalt. Vanwege de brede P-band van 8°C zal er pas bij een erg hoge binnentemperatuur maximaal geventileerd worden.

Bij aanvang van de ronde in afdeling 11, stal 1, valt op dat de binnentemperatuur vrij laag is. De warmteproductie van de net opgelegde biggen is gering. Vanwege de afwezigheid van afdelingsverwarming daalt de binnentemperatuur onder de 22°C, wat erg laag is voor net opgelegde biggen. Dit is onafhankelijk van de aansturing van de ventilatoren.

Om de stabiliteit van de binnentemperatuur te beoordelen is de dagelijkse variatie in bin-

nenttemperatuur bepaald. Hiertoe zijn per afdeling de hoogst en de laagst gemeten binnentemperatuur gedurende een dag (24 uur) van elkaar afgetrokken. Van de temperatuurverschillen per dag per afdeling zijn gemiddelden per stal berekend. Dagen rondom opleg en afleveren zijn niet meegenomen omdat op deze dagen altijd grote verschillen in binnentemperatuur optreden (de dieren zijn dan slechts gedurende een deel van de dag in de afdeling, de rest van de dag is de afdeling leeg). In figuur 3 staat het verloop van dit gemiddelde temperatuurverschil per dag weergegeven.

Gemiddeld was het temperatuurverschil binnen één dag 1,54°C voor stal 1, 1,65°C voor stal 2 en 1,92°C voor stal 3. In stal 1 (de stal met de centrale frequentieregelaar) was sprake van de meest stabiele binnentemperatuur. Dit kan verklaard worden door de ventilatieregeling; in stal 1 werd de luchthoeveelheid in tien van de elf afdelingen in prin-



Figuur 3: Dagelijkse variatie in binnentemperatuur (gemiddelden per stal)

cipe geregeld door het dichtregelen van de smookklep, waardoor de invloed van de wind op variaties in het ventilatiedebiet afnam. Dit had een stabiel binnenklimaat tot gevolg. Duidelijk is dat in de warmere zomerperiode de temperatuurverschillen binnen een etmaal veel groter zijn dan gedurende de koudere winterperiode.

Ventilatiedebiet

Het ventilatiedebiet van drie afdelingen (één

per stal) gedurende één ronde is weergegeven in figuur 4.

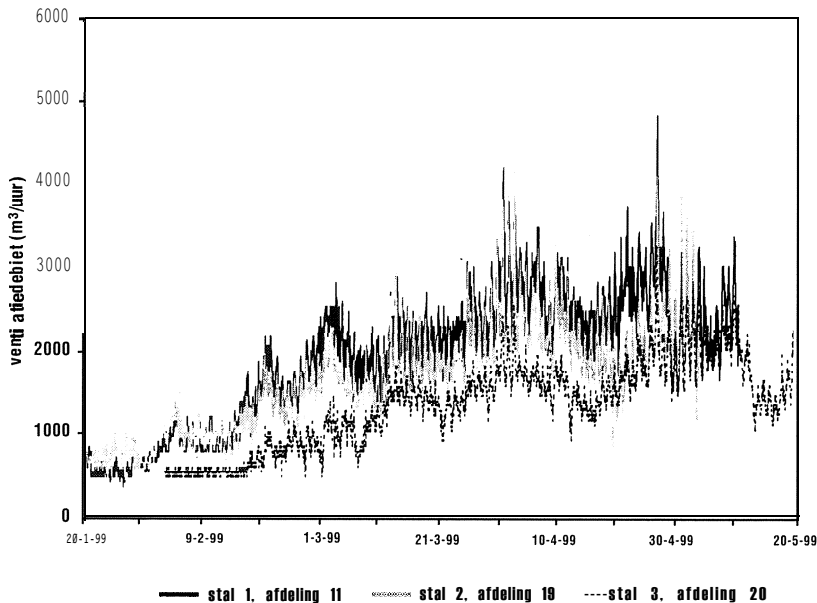
De ventilatieregeling in alle drie de stallen heeft goed gefunctioneerd. De minimumventilatie van 10% kon goed gehaald en gehandhaafd worden.

De totale gemeten hoeveelheid luchtverplaatsing gedurende een ronde in de drie stallen is weergegeven in tabel 3. Verschillen hierin zijn niet te verklaren door de regeling, maar veroorzaakt door verschillen tussen de stallen.

Tabel 3: Totale gemeten hoeveelheid luchtverplaatsing per stal in de proefperiode (8.224 uur)

	hoeveelheid lucht (m³ x 10⁶)	relatief
stal 1	226	100%
stal 2	204	95,6%
stal 3	182	80,6%

stal 1: 11 afdelingen; centrale driefasenfrequentieregelaar met per afdeling een driefasenventilator
stal 2: 11 afdelingen; per afdeling een driefasenfrequentieregelaar en een driefasenventilator
stal 3: 11 afdelingen; per afdeling één triac-regelaar en een 230 volt ventilator



stal 1: 11 afdelingen; centrale driefasenfrequentieregelaar met per afdeling een driefasenventilator
stal 2: 11 afdelingen; per afdeling een driefasenfrequentieregelaar en een driefasenventilator
stal 3: 11 afdelingen; per afdeling een triac-regelaar en een 230 volt ventilator

Figuur 4: Ventilatie-debiet van drie afdelingen (één per stal) gedurende één ronde

3.3 Energiegebruik

Controlemetingen

De resultaten van de controlemetingen staan weergegeven in tabel 4.

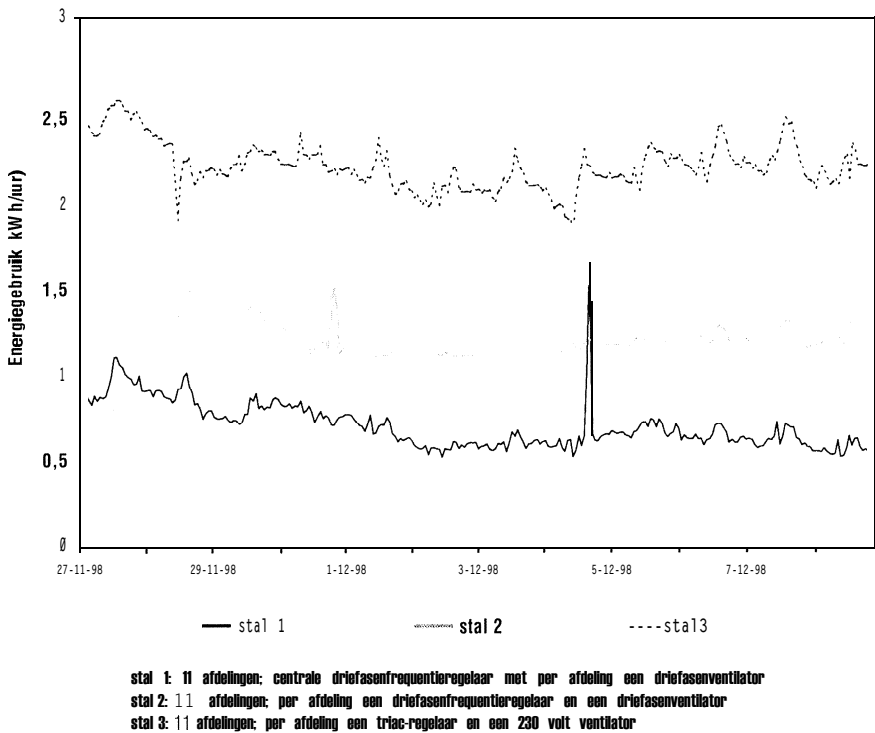
De controlemetingen laten zien dat de elektronische metingen een lagere waarde geven dan de analoge metingen. De analoge meting ligt 3,8% hoger bij afdeling 26 t/m 29, en 8,4% hoger in stal 2. Bij de verdere beschrijving van de resultaten in deze paragraaf is niet gecorrigeerd voor de gemeten afwijking.

Energiegebruik per dag per stal
Uit de uurwaarden van het energiegebruik kan het verloop van het energiegebruik gedurende de dag per stal worden weergegeven. Voor een koude en een warme periode is dit gedaan in de figuren 5 en 6.

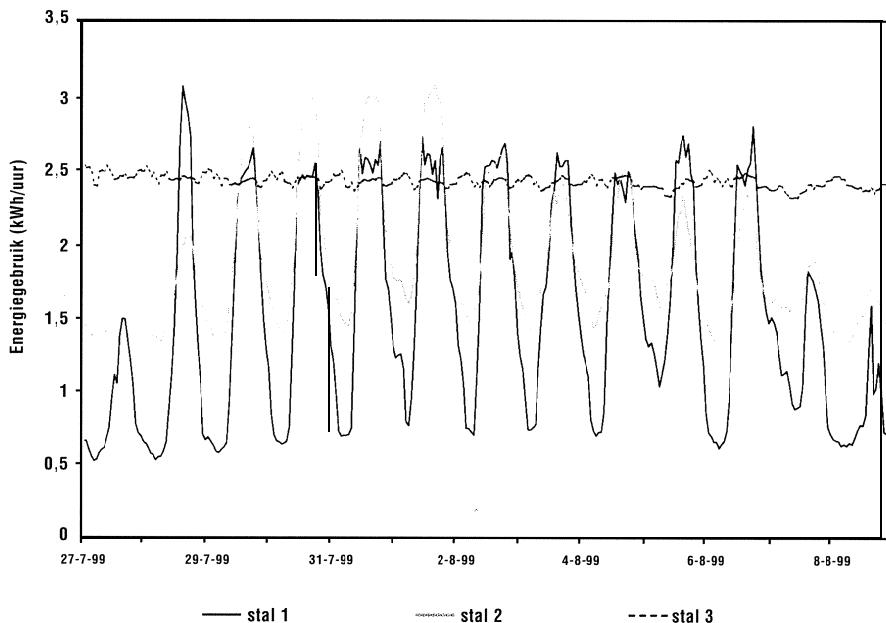
Uit figuur 5 kan worden afgeleid dat het energiegebruik gedurende een koude periode vrij constant blijft. Ook het verschil in opgenomen vermogen fluctueert niet. Tijdens een warme periode (figuur 6) is deze fluctuatie heel duidelijk aanwezig en deze volgt het dag-nachtritme. Tijdens de warmste uren

Tabel 4: Resultaten van elektronische en analoge kWh-metingen voor controle van de meting

meting	periode	gemeten energiegebruik (kWh)	
		elektronisch	analoog
afdeling 26, 27, 28 en 29 stal 2	6/7/99 - 8/10/99	3.607,4	3.7454
	5/8/99 - 8/10/99	1.404,2	1.522,4

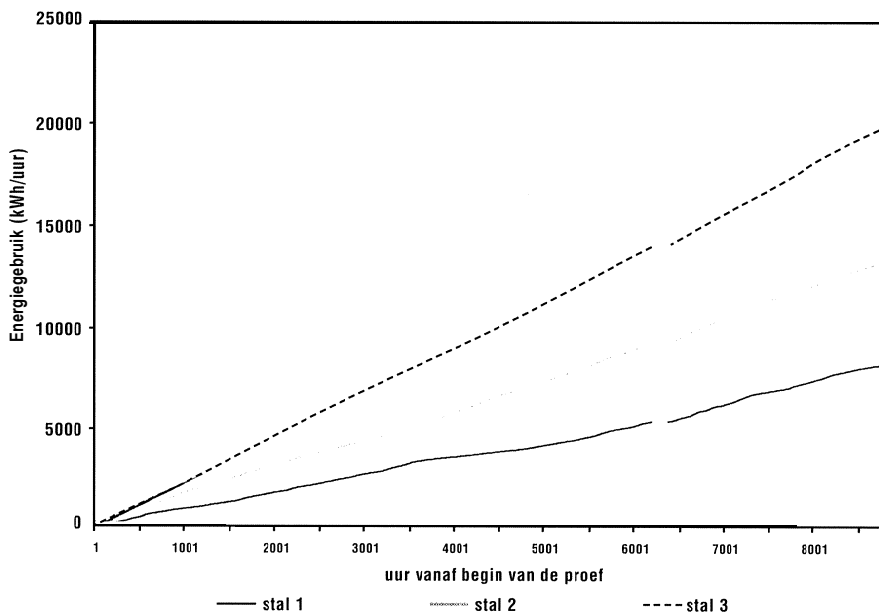


Figuur 5: Verloop van het energiegebruik tijdens een koude periode



stal 1: 11 afdelingen; centrale driefasenfrequentieregelaar met per afdeling een driefasenventilator
 stal 2: 11 afdelingen; per afdeling een driefasenfrequentieregelaar en een driefasenventilator
 stal 3: 11 afdelingen; per afdeling een triac-regelaar en een 230 volt ventilator

Figuur 6: Verloop van het energiegebruik tijdens een warme periode



stal 1: 11 afdelingen; centrale driefasenfrequentieregelaar met per afdeling een driefasenventilator
 stal 2: 11 afdelingen; per afdeling een driefasenfrequentieregelaar en een driefasenventilator
 stal 3: 11 afdelingen; per afdeling een triac-regelaar en een 230 volt ventilator

Figuur 7: Cumulatief energiegebruik in de drie stallen

overdag is er geen verschil tussen het energiegebruik van de drie stallen. Gedurende enkele uren is het gebruik van de stallen met frequentieregelaars zelfs hoger dan het gebruik van de stal met triac-regelaars. In de warme periode zal de te behalen energiebesparing lager zijn.

Cumulatief energiegebruik per stal
Het cumulatieve energiegebruik van de drie stallen is weergegeven in figuur 7.

De lijn is onderbroken omdat vanwege een storing gedurende een week geen energie-registraties zijn bijgehouden. De getalswaarden zijn weergegeven in tabel 5.

3.4 Vergelijking energiegebruik per stal

De tijdens het onderzoek gemeten waarden kunnen worden gecorrigeerd voor een aantal factoren, waardoor de getallen beter vergelijkbaar worden. Dit is in tabel 6 gedaan.

3.5 Storingsregistratie

Ten gevolge van storingen zijn er gedurende een aantal uren geen registraties geweest van het klimaat en het energiegebruik van alle stallen. Het totaal aantal uren dat er geen klimaatregistraties zijn is 531 uur (6% van de tijd). Van 184 uur (2% van de tijd) is er geen kWh-registratie.
Storingen aan klimaatapparatuur zijn verder niet opgetreden tijdens de proefperiode.

Tabel 5: Gemeten energiegebruik in de drie stallen

gemeten energiegebruik			
totaal per stal (kWh) per dierplaats (kWh per jaar) specifiek gebruik (kWh per 1 .000m³)			
stal 1	7.999	7,27	0,033
stal 2	13.079	12,11	0,060
stal 3	19.931	18,111	0,104

stal 1: 11 afdelingen; centrale driefasenfrequentieregelaar met per afdeling een driefasenventilator
stal 2: 11 afdelingen; per afdeling een driefasenfrequentieregelaar en een driefasenventilator
stal 3: 11 afdelingen; per afdeling een triac-regelaar en een 230 volt ventilator

Tabel 6: Gemeten en gecorrigeerd energiegebruik van de drie beproefde systemen (kWh per dierplaats per jaar)

proefbehandeling	stal 1 één centrale freq. regelaar	stal 2 freq. reg. per afd.	stal 3 triac-reg. per afd.
gemeten	7,27	12,11	18,12
gecorrigeerd voor			
- afwijking kWh-meters		+ 3,8%	+ 8,4%
- missende gegevens	+ 2%	+ 2%	+ 2%
- totaal verplaatste lucht		/ 95,6%	/ 80,6%
vergelijking	7,43	14,03	23,83
kosten (20 ct. per kWh)	f 1,49	f 2,81	f 4,77

4 DISCUSSIE

In dit hoofdstuk worden de resultaten en enkele invloedsfactoren op de resultaten zoals gemeten in de proef bediscussieerd. Vervolgens worden enkele economische berekeningen weergegeven.

4.1 Opgenomen vermogen van frequentieregelaar

De gemeten besparing bij een frequentieregelaar per afdeling bedraagt 33%. De gemeten besparing bij één centrale frequentieregelaar voor alle afdelingen bedraagt 60%. Na correctie van de metingen (zie paragraaf 3.4) is de berekende besparing bij een frequentieregelaar per afdeling 41% en bij één centrale frequentieregelaar voor alle afdelingen 69%. Dat een frequentieregelaar per afdeling niet de besparing haalt van een centrale frequentieregelaar komt doordat een frequentieregelaar ook energie opneemt. De in de proef gebruikte frequentieregelaars per afdeling hebben een opgenomen vermogen van 53 W bij maximale belasting (Danfoss, 1995), wat vrijwel continu is en nauwelijks zal afnemen bij het terugregelen van de ventilator. Voorbeeld: een ventilator gebruikt bij maximumtoeren 300 W en bij 50% 38 W; dan zal de 53 W eigen gebruik van de frequentieregelaar veel invloed hebben op het totaalgebruik ($38 + 53 = 91$ W). De gebruikte centrale frequentieregelaar gebruikt 280 W (Danfoss, 1995) bij maximumfrequentie. Dit wordt echter verdeeld over het aantal ventilatoren dat wordt geregeld; in deze proef zijn dat elf ventilatoren dus het gebruik is 25 W per ventilator.

4.2 Invloedsfactoren op gemeten energiegebruik

Stalverschil

Naast de correctiefactoren die in tabel 6 zijn doorgerekend zijn er een aantal zaken waarvoor de correctiefactor onbekend is, omdat de proefbehandelingen niet tussen de verschillende stallen gewisseld zijn. Verschillen tussen de drie stallen zijn niet meegenomen. Een voorbeeld is de situering van de luchtinlaat, die bij stal 1 en stal 3 aan de zuidzijde

is en bij stal 2 aan de noordzijde. Bij een overheersende windrichting uit het zuiden zal de te overwinnen druk voor de ventilatoren bij stal 1 en 3 over het algemeen lager zijn dan bij stal 2. Ook tussen stal 1 en 3 zullen verschillen in winddruk zijn als gevolg van verschillen in directe omgeving van het gebouw.

Een andere onzekere factor is het gebruik van verschillende ventilatoren (qua merk, type en diameter) en klimaatinstellingen in de drie stallen (de maximale ventilatie was niet gelijk in de stallen). Voor een goede vergelijking is het beter als deze omstandigheden vergelijkbaar zijn bij de verschillende proefbehandelingen.

Naast de hier genoemde verschillen zullen er nog meer zaken zijn waardoor de drie proefstallen anders zijn. Om deze reden is het zeer gewenst de proefbehandeling tussen de verschillende stallen te wisselen. Dat is echter in deze praktijksituatie niet mogelijk.

Klimaatinstellingen en opleg van dieren

De klimaatinstellingen hebben invloed op het proefresultaat. Een gevolg van de in deze proef gehanteerde instellingen is dat ondanks het verschil in diergewicht tussen de verschillende afdelingen binnen een stal de variatie in ventilatie tussen de verschillende afdelingen redelijk gering zal zijn. Pas bij zeer hoge temperaturen in de afdeling zal er maximaal geventileerd worden. Dit heeft invloed op het proefresultaat omdat met name de variatie in de ventilatievraag van de verschillende afdelingen bepalend is voor het energiegebruik in de stal met de centrale frequentieregelaar.

Bij instellingen die het klimaatplatform voor vleesvarkens adviseert, zal de haalbare energiebesparing veranderen. Bij deze instellingen loopt de minimumventilatie op van 8 tot 15 m³/h per dier en de maximumventilatie van 30 tot 80 m³/h per dier. De begintemperatuurventilatie loopt af van 25 naar 21°C. De geadviseerde P-band is 5°C. Deze instellingen hebben meer variatie in ventilatievraag tussen afdelingen met verschillende diergewichten tot gevolg, waardoor de haal-

bare besparing door toepassing van één centrale frequentieregelaar afneemt. Ook de manier van opleg van de dieren binnen een stal beïnvloedt in belangrijke mate de variatie tussen de verschillende afdelingen binnen een stal. In de stal met de centrale frequentieregelaar was het verschil tussen de jongste en de oudste dieren gemiddeld 79 dagen. In dit kader is all-in-all out per stal het gunstigst voor het energiegebruik omdat dan de variatie in ventilatievraag tussen de verschillende afdelingen binnen een stal het geringst zal zijn.

4.3 Economische beschouwing

Bij de economische berekening is de stal met frequentieregeling per afdeling niet doorgerekend, omdat de investeringskosten van een dergelijke stal hoger zijn dan die van een stal met een centrale frequentieregelaar en de besparing minder is. Als gevolg van toepassing van één centrale frequentieregelaar zullen de operationele kosten dalen. Naast de operationele kosten bestaan de jaarkosten ook uit kosten voor afschrijving, onderhoud en rente. In tabel 7 zijn de verschillen in investerings- en jaarkosten tussen een stal met één centrale frequentieregelaar en een stal met het traditionele systeem met 230 volt triac-geregelde ventilatoren weergegeven voor een standaard-vleesvarkens- en een standaard-zeugenbedrijf (KWIN, 1999) (Bijlage 1). Voor de besparing van kosten voor elektrici-

teit bij een vleesvarkensbedrijf zijn de gegevens gebruikt zoals gemeten in deze proef.

Voor een zeugenbedrijf is aangenomen dat de energiekosten voor ventilatie f 35,- per gemiddeld aanwezige zeug bedragen (KWIN, 1999). Voor de haalbare besparing is ook uitgegaan van het gemeten resultaat van 69%.

De achtergrond van de berekening van de jaarkosten staat vermeld in bijlage 2.

De berekende besparing per vleesvarkensplaats bedraagt f 4,43 per jaar, de besparing per gemiddeld aanwezige zeug f 31,17 per jaar.

Opgemerkt dient te worden dat bij de berekeningen van de kosten voor elektriciteit in dit onderzoek uitgegaan is van een kWh-prijs van f 0,20 (KWIN, 1999). Het gemiddelde tarief is in werkelijkheid afhankelijk van de stroomleverancier, het tijdstip van afnemen (dal- en piektarief) en het totale verbruik op een bedrijf (grootverbruiktarief). Ook heeft het afnamepatroon invloed op de kWh-prijs.

Het energiegebruik voor verwarming is niet meegenomen in dit onderzoek. Vanwege dezelfde regelmogelijkheden van de minimumventilatie is er geen invloed van de soort regeling op het energiegebruik voor verwarming.

Tabel 7: Verschillen in investeringskosten tussen een stal met één centrale frequentieregelaar (380 volt) en een stal met triac-regeling per afdeling (230 volt) (inclusief BTVV)

	bedrijf met 1.840 vleesvarkens		bedrijf met 160 zeugen	
	230 volt	380 volt	230 volt	380 volt
investeringskosten	f 133.055	f 127.147	f 86.810	f 79.257
jaarkosten				
- rente, onderhoud en afschrijving	f 16.410	f 14.301	f 10.764	f 9.137
- energiekosten ventilatie	f 8.776	f 2.741	f 5.600	f 2.240
totale jaarkosten ,	f 25.187	f 17.042	f 16.364	f 11.377
besparing per stal per jaar	f 8.144		f 4.987	

5 CONCLUSIE

Gedurende de proefperiode is in de stal waarin één centrale frequentieregelaar (380 volt) de ventilatoren van meerdere afdelingen aanstuurt 69% minder energie voor ventilatie gebruikt dan in de stal met triac-geregelde ventilatie (230 volt). Dit is een besparing van 16,4 kWh per dierplaats per jaar. In de stal met een frequentieregelaar per afdeling was het energiegebruik 41% lager (besparing van 9,8 kWh per dierplaats per jaar) dan in de stal met de triac-230 volt-geregelde ventilatoren. De installatie heeft overal goed gefunctioneerd en het was goed mogelijk het klimaat in de afdelingen te regelen.

Omdat de proefbehandeling niet gewisseld is tussen de drie stallen is onduidelijk wat de invloed van de stallen op het proefresultaat is geweest. Vanwege de aanzienlijke energiebesparing is echter duidelijk dat ook zonder invloed van de stalverschillen de besparing groot is.

Uit de economische berekening, waarin de gemeten energiebesparing van 69% is gehanteerd, blijkt dat de berekende besparing per vleesvarkensplaats f 4,43 per jaar bedraagt. Per gemiddeld aanwezige zeug is de besparing f 31,17 per jaar.

LITERATUUR

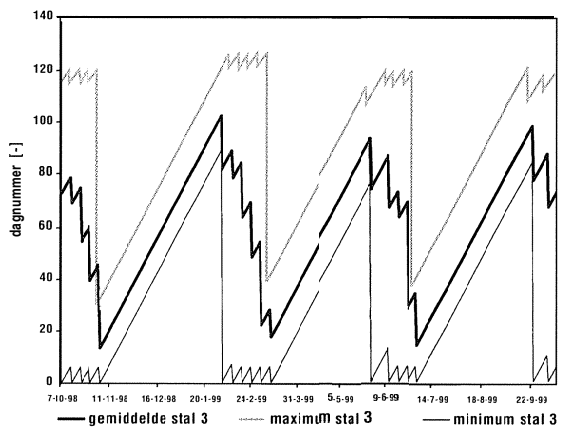
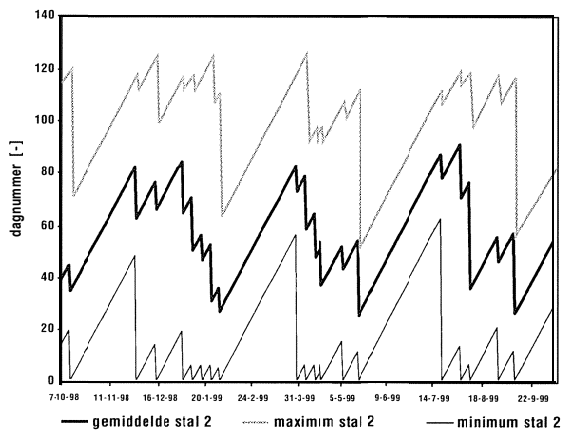
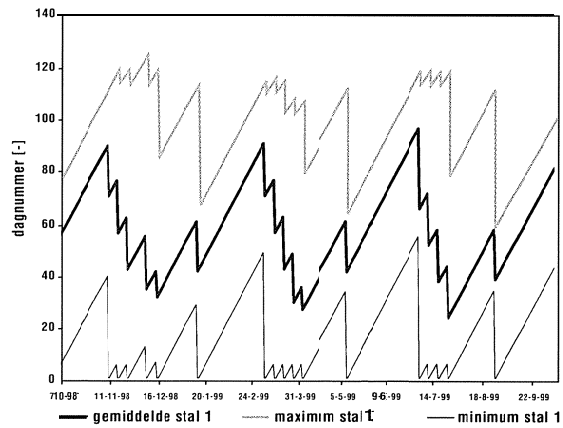
Danfoss 1995. *Productinformatie van Danfoss frequentieomvormers.*

Hoste, R. 1995. *Oorzaken van verschillen in energieverbruik op varkensbedrijven.* Publicatie 3.161. Landbouw Economisch Instituut, Den Haag, 40 p.

KWIN 1999. *Kwantitatieve Informatie Veehouderij 1998- 1999 (KWIN).* Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad.

BIJLAGEN

Bijlage 1: Verloop van het gemiddelde dagnummer met het grootste en het kleinste dagnummer van de drie stallen



stal 1 11 afdelingen; centrale driefasenfrequentiegelezer met per afdeling een driefasenventilator
 stal 2 11 afdelingen; per afdeling een driefasenfrequentiegelezer en een driefasenventilator
 stal 3. 11 afdelingen; per afdeling een triac-regelaar en een 230 volt ventilator

Bijlage 2: Standaard-zeugenstal en standaard-vleesvarkensstal voor de economische evaluatie

- K = 6 kraamzeugen
- B = 60 gespeende biggen
- D = 92 drachtige zeugen
- G = 42 guste zeugen

K	K	K	B	B	B	B			D	G
K	K	K	B	≥	B	B				

V	V	V		V	V	V
V	V	V		V	V	V

- V = 80 vleesvarkens
- Z = ziekenboeg

V	V	V		V	V	V
V	V	Z		V	V	V

Bijlage 3: Economische berekening

De in deze bijlage genoemde bedragen zijn gebaseerd op een prijsopgaaf van een installateur voor de stallen zoals weergegeven in bijlage 2.

Vleesvarkensstal

afschrijvingstermijn	materialen (voorbeelden)	investeringskosten			jaarkosten ¹		
		230 volt	380 volt		230 volt	380 volt	
10 jaar	ventilatoren, kleppen, regelaars	<i>f</i> 85.828	<i>f</i> 72.309		<i>f</i> 14.519	<i>f</i> 12.386	
20 jaar	kokers	<i>f</i> 17.993	<i>f</i> 17.993		<i>f</i> 1.890	<i>f</i> 1.914	
	arbeid en bekabeling	<i>f</i> 29.234	<i>f</i> 26.884				
<i>Totaal</i>		<i>f</i> 133.055	<i>f</i> 127.147		<i>f</i> 16.410	<i>f</i> 14.301	

Zeugenstal

afschrijvingstermijn	materialen (voorbeelden)	investeringskosten			jaarkosten ¹		
		230 volt	380 volt		230 volt	380 volt	
10 jaar	ventilatoren, kleppen, regelaars	<i>f</i> 57.762	<i>f</i> 48.749		<i>f</i> 9.625	<i>f</i> 8.014	
20 jaar	kokers	<i>f</i> 11.000	<i>f</i> 11.000		<i>f</i> 1.138	<i>f</i> 1.123	
	arbeid en bekabeling	<i>f</i> 18.048	<i>f</i> 14.664				
<i>Totaal</i>		<i>f</i> 86.810	<i>f</i> 79.257		<i>f</i> 10.764	<i>f</i> 9.137	

¹ jaarkosten berekend op basis van een rente van 4% en onderhoudskosten van 1,2%. Jaarkosten van de arbeid en bekabeling verdeeld over materialen met 10 jaar en 20 jaar afschrijving.

REEDS EERDER VERSCHENEN PROEFVERSLAGEN

Proefverslag P 1.207

Emissie-arme huisvesting bij grote groepen gespeende biggen. A.J.A.M. van Zeeland en Verdoes, N., juni 1998.

Proefverslag P 1.208

Vliegenbestrijding in varkensstallen. P.F.M.M. Roelofs, Nijskens, J.J.W., Vesseur, P.C. en Plagge, J.G., juli 1998.

Proefverslag P 1.209

Technisch functioneren van de Air Pathogen Free (APF)-stal: luchtbehandeling en hygiënemaatregelen. J.J.H. Huijben, Loo, D.J.P.H. van de, Wagenberg, A.V. van, Swinkels, J.W.G.M. en Vesseur, P.C., augustus 1998.

Proefverslag P 1.210

Het gebruik van vochtrijke bijproducten. Een literatuuroverzicht. R.H.J. Scholten en Rijnen, M.M.J.A., augustus 1998.

Proefverslag P 1.211

Fermentatie van brijvoerders en bijproducten tijdens opslag. M.M.J.A. Rijnen en Scholten, R.H.J., augustus 1998.

Proefverslag P 1.212

invloed van benzoëzuur in het voer op de technische resultaten en urine-pH van vleesvarkens, C.M.C. van der Peet-Schwering, Verdoes, N. en Plagge, J.G., september 1998.

Proefverslag P 1.213

Verdamping van water uit dierlijke mest met behulp van zonne-energie. J. J.H. Huijben en Wagenberg, A.V. van, oktober 1998.

Proefverslag P 1.214

Investeringskosten van standaardstallen voor varkens anno 1996. J.H.A.N. Adams, Brakel, C.E.P. van, Backus, G.B.C. en Bens P.A.M., november 1998.

Proefverslag P 1.215

Los of in het mengvoer verstrekken van 50% tarwe en gerst aan vleesvarkens. M.M.J.A. Rijnen, Scholten, R.H.J. en Plagge, J.G., december 1998.

Proefverslag P 1.216

Reinigen van varkensstallen na inweken met schuim of met water; kosten en kwaliteit. P.F.M.M. Roelofs en Plagge, J.G., januari 1999.

Proefverslag P 1.217

Arbeidsbelasting, fysieke klachten en ziekteverzuim bij varkenshouders. E. Hartman, Oude Vrielink, H.H.E. en Roelofs, P.F.M.M., januari 1999.

Proefverslag P 1.218

Uitroeiing van schurft op varkensbedrijven. P.C. Vesseur (Ed.), Bokma-Bakker, M.H., Rambags, P.G.M., Hunneman, W.A., Heijden, H.M.J.F. van der, Smeding, T., Pieke, E. en Binnendijk, G.P., maart 1999.

Proefverslag P 1.219

Reconstructie vanaf de basis. Fase 1: toekomstverkenningen van Limburgse varkenshouders. W.P.J. Stroucken-Steeghs, Vleuten, C.W.J.M. van der, Hoff, H.M. en Backus, G.B.C., maart 1999.

Proefverslag P 1.220

De invloed van geboorte-inductie en het tijdstip van vlekziekte-vaccinatie tijdens de zoogperiode op het interval spenen-bronst van zeugen, M.C. Vonk, Binnendijk, G.P. en Vesseur, P.C., maart 1999.

Proefverslag P 1.221

Model MINERALENSTROOM, C.P.A. van Wagenberg en Backus G.B.C., april 1999.

Proefverslag P 1.222

Doelstellingen, inrichting en fasering van de Diergeveiligheidsindex. M.H. Bokma-Bakker en Vesseur, P.C., april 1999.

Proefverslag P 1.223

Scharrelvarkens bij verschillende houderij-systemen, hokuitvoeringen en koppelgroottes. J.H. Huisjes, Roelofs, P.F.M.M., Altena, H., Plagge, J.G. en Scholten, R.H.J., april 1999.

Proefverslag P 1.224

Ammoniakemissie van grote groepen gespeende biggen met een hokoppervlak van 0,4 m² per dier A.J.A.M. van Zeeland, Brok, G.M. den, Asseldonk, M.G.A.M. van en Verdoes, N., april 1999.

Proefverslag P 1.225

Technische en economische resultaten van bedrijven met vleesvarkens 1997. L.M.C.J. Kuunders, Mandersloot, F. en Lubben, J., mei 1999.

Proefverslag P 1.226

Technische en economische resultaten van bedrijven met zeugen 1997. L.M.C.J. Kuunders, Mandersloot, F. en Lubben, J., mei 1999.

Proefverslag P 1.227

Vernevelen van water voor koeling in varkensstallen. A.V. van Wagenberg en Zeeland, A.J.A.M. van, juni 1999.

Proefverslag P 1.228

Gedeeltelijk spenen van eerste- en tweede-worpszeugen. P.C. Vesseur, Binnendijk, G.P. en Hoofs, A.I.J., augustus 1999.

Proefverslag P 1.229

Vleesvarkens in een alternatief houderijsysteem met of zonder voerbespaarders. J. H. Huiskes en Plagge, J.G., augustus 1999.

Proefverslag P 1.230

Haalbaarheid van luchtdesinfectie door UV-straling in varkensstallen. P.F.M.M. Roelofs, Nooijen, P.J.J.M. en Vesseur, P.C., augustus 1999.

Proefverslag P 1.231

De waarde van een vervangingsindex voor het vervangingsbeleid van zeugen. H.J. P.M. Vos, Elst-Wahle, E.R. ter en Vesseur, P.C., oktober 1999.

Proefverslag P 1.232

Taaktijden voor de varkenshouderij. P.F.M. M. Roelofs, Asseldonk, M.G.A.M. van en Schilden M. van der, oktober 1999.

Proefverslag P 1.233

Individuele voeropnamekenmerken van in groepen gehuisveste gespeende biggen.

E.M.A.M. Bruininx en Peet-Schwering, C.M.C. van der, november 1999.

Proefverslag P 1.234

Wa terverdamping uit dunne mest; resultaten van modelberekeningen. A.V. van Wagenberg, Verdoes, N., Vranken, E. en Berckmans, D., december 1999.

Proefverslag P 1.235

Haalbaarheid van de ontwerp-GHP-code voor varkensbedrijven. B.G.P. Vlemmix, Bokma-Bakker, M.H., Loo, D.J.P.H. van de en Vesseur, P.C., januari 2000.

Proefverslag P 1.236

Kostprijs van varkensvlees in een aantal EU-landen in 1996 en 1997. L.M.C.J. Kuunders en Mandersloot, F., februari 2000.

Proefverslag P 1.237

Het effect van rogge in vleesvarkensvoer op technische en financiële resultaten, slacht-kwaliteit en gezondheid. M.M. van Krimpen, Plagge, J.G. en Scholten, R.H.J., februari 2000.

Proefverslag P 1.238

Fysieke belasting in de varkenshouderij bij verschillende werkmethoden. E. Hartman, Oude Vrielink, H.H.E. en Roelofs, P.F.M.M., maart 2000.

Proefverslag P 1.239

De gebruikswaarde van de Gezondheidsplaner Varkens onder praktijkomstandigheden. M.H. Bokma-Bakker, Geudeke, Th., Schilder, E.A.M. en Binnendijk, G.P., april 2000.

Exemplaren van proefverslagen kunnen worden verkregen door **f** 25,- per verslag (m.u.v. P 1.117, deze kost **f** 50,-) over te maken op Postbanknummer 51.73.462 ten name van het Proefstation voor de Varkenshouderij, Lunerkampweg 7, 5245 NB ROSMALEN, onder vermelding van het gewenste verslagnummer. Buitenlandse abonnees betalen **f** 30,- per P 1-verslag (dit is inclusief verzendkosten) én **f** 15,- administratiekosten per bestelling (m.u.v. P 1.117, deze kost **f** 75,-). Ook bestaat de mogelijkheid een abonnement te nemen op de proefverslagen voor **f** 300,- per jaar. Buitenlandse abonnees betalen **f** 375,- per jaar.