



Rapport 229

Gecombineerde natuurlijke en mechanische ventilatie bij gespeende biggen

September 2001



Colofon

Uitgever

Praktijkonderzoek Veehouderij
Postbus 2176, 8203 AD Lelystad
Telefoon 0320 - 293 211
Fax 0320 - 241 584
E-mail info@pv.agro.nl.
Internet <http://www.pv.wageningen-ur.nl>

Redactie en fotografie

Praktijkonderzoek Veehouderij

© Praktijkonderzoek Veehouderij

Het is verboden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever deze uitgave of delen van deze uitgave te kopiëren, te vermenigvuldigen, digitaal om te zetten of op een andere wijze beschikbaar te stellen.

Aansprakelijkheid

Het Praktijkonderzoek Veehouderij aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen

Bestellen

ISSN 0169-3689
Eerste druk 2001/oplage 250
Prijs € 17,50 (f 38,56)

Losse nummers zijn schriftelijk, telefonisch, per e-mail of via de website te bestellen bij de uitgever.



Rapport 229

Gecombineerde natuurlijke en
mechanische ventilatie bij gespeende
biggen

Combined natural and mechanical
ventilation system in houses for
weaned piglets

J.J.H. Huijben
G.P. Binnendijk

September 2001

Samenvatting

In een proefafdeling en een referentieafdeling, elk voor 60 gespeende biggen, is gedurende 18 ronden een natuurlijk/mechanisch ventilatiesysteem (hybride ventilatie) vergeleken met een mechanisch ventilatiesysteem. De uitvoering van de afdelingen kwam overeen met praktijkomstandigheden. De waarnemingen waren gericht op de praktische bruikbaarheid van de systemen en het energiegebruik voor ventilatie. Hierbij was het natuurlijk/mechanisch ventilatiesysteem uitgerust met een nulstand voor de aandrijving van de ventilator.

Er is een groot aantal waarnemingen verricht. De optredende temperaturen en het energiegebruik voor de ventilatie en de regeling daarvan zijn voor beide systemen vergeleken.

De klimaatomstandigheden waren voor beide afdelingen gunstig. Voor de afdeling met een natuurlijk/mechanisch ventilatiesysteem werd daarbij gemiddeld 62% minder elektrische energie gebruikt voor de ventilatie dan voor de afdeling met mechanische ventilatie.

De praktische bruikbaarheid van het hybride ventilatiesysteem is goed. Door de gecombineerde regeling van natuurlijke en mechanische ventilatie zijn er minder snel problemen met de gezondheid van de dieren te verwachten wanneer de stroomvoorziening niet optimaal verloopt.

De berekende jaarkosten van het natuurlijk/mechanisch ventilatiesysteem komen uit op een voordeel van f 174,91 voor een afdeling voor 60 gespeende biggen. De berekende terugverdientijd in de beproefde situatie bedraagt 0,9 jaar.

Summary

During 18 rounds a natural/mechanical ventilation system (hybrid system) and a mechanical ventilation system were compared in an experimental and a control compartment, each for 60 weaned piglets. Compartment design was the same as in practice. The observations were aimed at the practicability of the two systems and energy consumption for ventilation. The natural/mechanical ventilation system was equipped with a zero setting for the ventilation power.

A large number of observations were done. The temperatures occurring and energy consumption for ventilation and their adjustments were compared for both systems.

Climatic circumstances were favourable for both compartments. The compartment with a natural/mechanical ventilation system consumed on average 62% less electricity for ventilation than the compartment with mechanical ventilation.

The practicability of the hybrid ventilation system is good. By the combined control of natural and mechanical ventilation, health problems do not occur as frequently as with a mechanical ventilation system, if power supply is not optimal.

The calculated yearly costs of the natural/mechanical ventilation system were NLG 174.91 less for a 60-piglet compartment. In this experiment the payback period was 0.9 year.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Materiaal en methode	2
2.1	Inrichting van de proef- en referentieafdeling	2
2.2	Ventilatie en verwarming	3
2.3	Duur van het onderzoek en water/voerverstrekking	5
2.4	Waarnemingen en verwerking	5
3	Resultaten	7
3.1	Afdelingstemperaturen en ventilatiehoeveelheden	7
3.2	Relatieve luchtvochtigheid	9
3.3	Energiegebruik	10
3.4	Plafondwaaier	11
4	Discussie en conclusies	13
4.1	Praktische ervaringen	13
4.2	Instellingen	13
4.3	Energiegebruik en haalbare energiebesparing ventilatie	14
4.4	Economische evaluatie	15
4.5	Conclusies en aanbevelingen	15
	Literatuur	17
	Bijlagen	18
Bijlage 1	Klimaatinstellingen tijdens onderzoek (Werkgroep Klimaatsnormen, 1989)	18
Bijlage 2	Temperatuurverloop, ventilatieniveau en relatieve luchtvochtigheid (jaar 2000)	19
Bijlage 3	Gemeten gebruik elektrische energie voor ventilatie (kWh per ronde)	20
Bijlage 4	Investerings- en terugverdientijd van het gecombineerd natuurlijk/mechanisch ventilatiesysteem in geoptimaliseerde situatie voor één afdeling met 60 biggen	21

1 Inleiding

Als gevolg van de ontwikkeling naar mechanisch geregelde ventilatiesystemen neemt het gebruik van fossiele energie voor de ventilatie van varkensstallen de laatste jaren toe. Bij mechanische ventilatie gaat het om systemen die zuiniger omgaan met energie, maar nieuwe stallen worden in toenemende mate met meer technische hulpmiddelen geventileerd (en verwarmd, eventueel gekoeld). De systemen gebaseerd op natuurlijke ventilatie zijn door de nadelen van handmatige regeling uit de belangstelling geraakt. Door technische ontwikkelingen zijn er echter steeds meer mogelijkheden voor een automatische regeling van het klimaat, zowel bij mechanische als natuurlijke ventilatie (Huijben, 1997). Omdat natuurlijke ventilatie zonder extra energie kan functioneren, is het voordeliger om zoveel mogelijk van natuurlijke ventilatie gebruik te maken (Hoste, 1995).

Het relatief hoge niveau van de minimale ventilatie was tot voor kort de grootste veroorzaker van verwarmingskosten (Huijben, 1997). Nu deze minimumventilatie door betere klimaatregelsystemen verder beperkt kan worden, lijkt een verdere daling van het energiegebruik alleen bereikbaar door:

- de ventilator met minder weerstand te laten draaien
- de ventilator uit te schakelen bij voldoende natuurlijke trek
- een verhoging van de efficiëntie van de ventilatie te bewerkstelligen (Huijben et al, 2001; Van Wagenberg en Smolders, 2001).

Door natuurlijke ventilatie (=trek) kan gedurende een bepaalde periode aan de benodigde verversing van de stallucht worden voldaan. Onder bepaalde binnen- en buitencondities zal de luchtverversing of temperatuurverlaging echter niet voldoende zijn (Van 't Klooster et al, 1991). Onder deze omstandigheden kan een extra luchtbeweging op gang gebracht worden door mechanische ventilatie.

Voorafgaand aan dit onderzoek is een voorstudie verricht naar de ontwikkeling van een systeem van natuurlijke ventilatie gecombineerd met mechanische ventilatie bij gespeende biggen. Hieruit bleek dat het perspectiefvol is om een onderzoek te doen naar nieuwe klimaatregelaars, die zowel natuurlijke als mechanische ventilatie kunnen regelen. Met behulp van het rekenprogramma ANIPRO (Ouwerkerk, 1999) werd een mogelijke besparing van 25 tot 30% berekend.

Het doel van dit onderzoek is het bepalen van de technische en economische haalbaarheid van een ventilatiesysteem, gebaseerd op een combinatie van natuurlijke en mechanische ventilatie bij gespeende biggen. Het thermisch klimaat en de luchtkwaliteit voor mens en dier moeten daarbij vergelijkbaar blijven of verbeteren.

2 Materiaal en methode

In het onderzoek zijn twee proefbehandelingen met elkaar vergeleken:

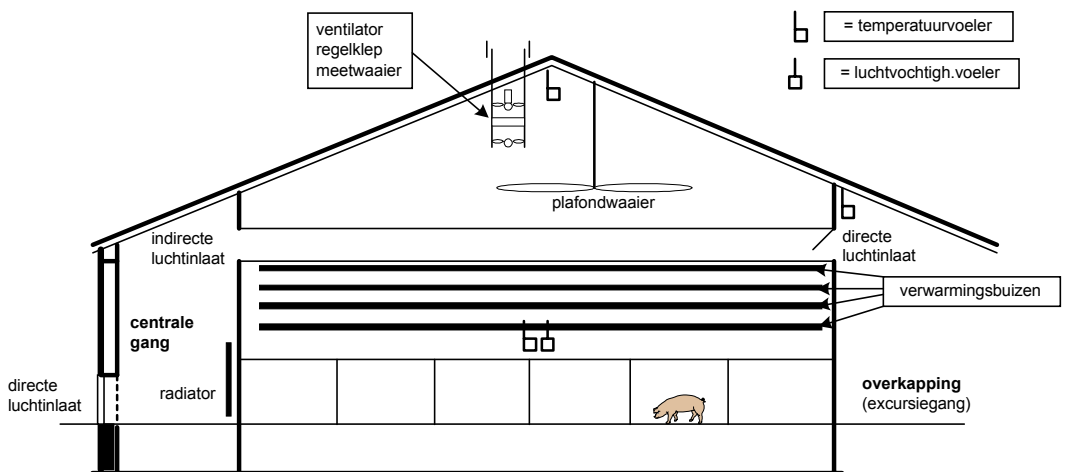
1. een combinatie van natuurlijke en mechanische ventilatie (=hybride ventilatie)
2. enkel mechanische ventilatie

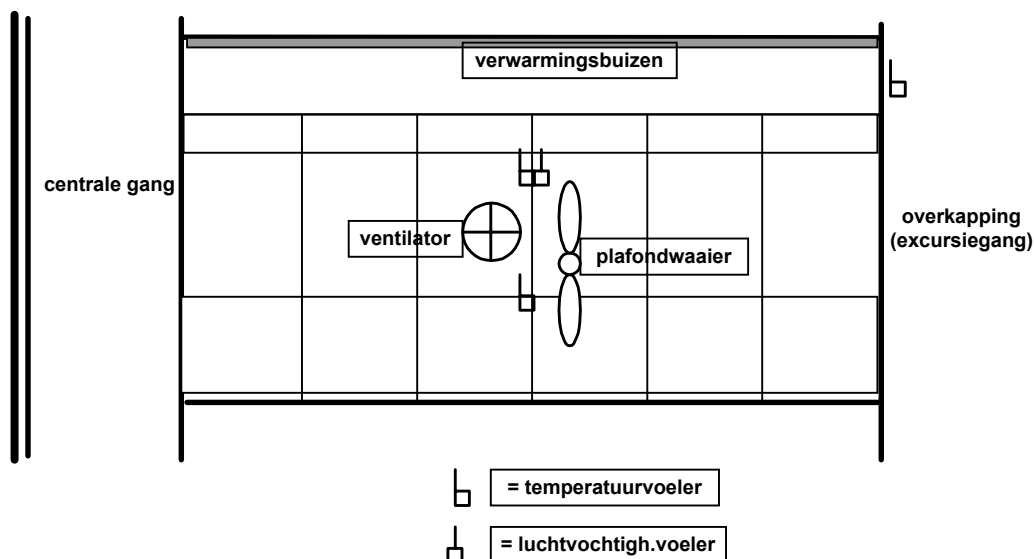
Dit hoofdstuk gaat allereerst in op de inrichting van de afdelingen. Daarna komen de ventilatie en verwarming aan de orde, waarbij aandacht wordt geschonken aan enkele ontwerpeisen. Het laatste deel van dit hoofdstuk behandelt de omstandigheden waaronder het onderzoek heeft plaatsgevonden en beschrijft de onderzoekswaarnemingen en de verwerking van de gegevens.

2.1 Inrichting van de proef- en referentieafdeling

Het onderzoek is verricht in afdelingen met een enkele rij van zes hokken voor elk tien gespeende biggen. De hokken hadden een bolle vloer met vloerverwarming. Op het smalle kanaal voor in het hok en achter op het mestkanaal lagen metalen driekantroosters. De luchtaanvoer vond plaats via een centrale gang, van waaruit de lucht boven de deur van de afdeling langs de tussenmuur werd geleid naar een verdeelkoker boven de controlegang (op $\pm 2,20$ m hoogte). Deze koker had een opening aan de onderkant (0,07 m breed). De te vergelijken afdelingen bevonden zich naast elkaar in dezelfde stal. Bij het inleggen van de dieren zijn de afdelingen gelijktijdig opgelegd met vergelijkbare biggen. Gedurende de tweede helft van het onderzoek is in de proefafdeling nog een inlaatklep in het andere eind van de verdeelkoker in de buitenmuur gemonteerd. In figuur 1 en 2 zijn een dwarsdoorsnede en plattegrond van de proefafdeling opgenomen.

Figuur 1 Dwarsdoorsnede van de proefafdeling in het onderzoek



Figuur 2 Plattegrond proefafdeling gespeende biggen

2.2 Ventilatie en verwarming

Er zijn diverse sensoren voor de klimaatregeling geïnstalleerd. De sensoren voor de meting van de temperatuur en voor de klimaatregeling in de afdelingen waren geplaatst boven de hokafscheiding tussen hok 3 en hok 4, op ongeveer 1 m boven de dichte vloer en 40 cm achter de voorwand van het hok.

Door de plaats van de luchtaanvoer ontstond een luchtstroming vanaf de vloer van de controlegang naar de hokken, waarna verversing in de hokken plaatsvond door verdringen van de lucht. Tegen de tussenmuur onder de luchtinlaatspleet in de controlegang waren verwarmingsbuizen aanwezig om bij een lage temperatuur te kunnen bijverwarmen. Buiten bij de proefafdeling was een sensor voor de buitentemperatuur aanwezig.

Proefafdeling

In de proefafdeling werd de weerstand bij de luchtaanvoer beperkt door toepassing van een royale opening (0,40 x 0,80 m). Dit komt neer op een opening van 1,7 cm² per m³ maximaal te verversen hoeveelheid lucht. Als de opening voor de directe luchtaanvoer (zie figuur 1) extra open was, werd de weerstand nog verder verlaagd omdat de aanvoeropening tot maximaal tweemaal zo groot kon worden geregeld. De aansturing van deze inlaatopening was gebaseerd op de temperatuurbehoefte van de gespeende biggen volgens de klimaatcurve (bijlage 1), in combinatie met het temperatuurverschil tussen de buitenlucht en de gewenste en actuele afdelingstemperatuur.

De afvoer van de ventilatielucht vond plaats via een ventilatiekoker met ventilator, meetwaaier en regelklep van 0,45 m doorsnede. Deze was in het plafond op ongeveer 3,5 m hoogte in het midden in de afdeling geplaatst. De gebruikte ventilator was samengesteld uit een ventilatormotor van een standaardventilator van 0,35 m doorsnede, met op de as een waaier van een ventilator van 0,45 m doorsnede. De gemeten luchtopbrengst van de ventilator in de proefafdeling bedroeg ruim 3500 m³ per uur bij maximale ventilatie.

De ventilatie werd verder gestuurd op basis van een signaal van de temperatuursensor en de meetwaaier. De gemeten ventilatiehoeveelheid werd vergeleken met de klimaatcurve, weergegeven in bijlage 1. Op momenten dat er voldoende ventilatie werd waargenomen en de afdelingstemperatuur daarbij niet te hoog opliep, kon de ventilator zonder energietoevoeging op natuurlijke trek draaien. Er was dus een nulstand in de regeling opgenomen.

De regelklep in de afvoerkoker werd eveneens geregeld op basis van het signaal van de temperatuursensor en de meetwaaier, gekoppeld aan de instellingen voor de gewenste ventilatiehoeveelheid en temperatuur uit bijlage 1 wanneer door de meetwaaier een te grote hoeveelheid ventilatie mat terwijl de ventilator in de nulstand stond, werd de regelklep verder dichtgeregeld totdat er nog juist voldoende ventilatie was. Hierbij was de minimumstand geblokkeerd op een opening van 5% om in alle gevallen voor luchtafvoer te zorgen. De minimaal meetbare luchtopbrengst van de ventilator in de proefafdeling bedroeg ongeveer 300 m³ per uur. Bij een te lage gemeten hoeveelheid ventilatielucht werd eerst de regelklep helemaal opengestuurd. Was er dan nog niet voldoende luchtafvoer, dan kwam de ventilator in de werkstand om de gewenste hoeveelheid (volgens curve) te bereiken. De regelklep werd dus gebruikt als de ventilator buiten werking was en functioneerde niet zoals gebruikelijk als een “smoorklep”.

De meetwaaier was zo uitgerust dat ook een negatief signaal werd herkend. Een negatief signaal kan ontstaan door een neerwaartse luchtstroom in de afvoerkoker bij een stilstaande ventilator, door een groot temperatuurverschil tussen de buitenlucht en de afdeling. Ook kan een neerwaartse luchtstroom plaatsvinden als gevolg van valwind, veroorzaakt door de richting van de wind ten opzichte van de ligging van de nok van de stal en de plaats van de afvoerkoker. Als door de meetwaaier een negatieve luchtstroom gemeten werd, kwam eerst de ventilator in de werkstand om dit op te heffen. Daarna werd eventueel de regelklep in de afvoerkoker zodanig gestuurd dat de afvoer werd beperkt tot het gewenste niveau. Om de regeling voldoende stabiliteit te geven, is vervolgens eenmaal per 5 minuten door de regelaar gecontroleerd of aansturing van de ventilator nog gewenst was.

Via een sensor voor de luchtvochtigheid kon de regeling worden aangestuurd om meer ventilatie toe te staan. De grens waarboven invloed op de regeling van de ventilatie werd uitgeoefend, is bepaald op een gemeten waarde van 60% luchtvochtigheid (RH). Boven deze waarde werd de ventilatie automatisch verhoogd met een hoeveelheid van 500 m³ per uur per 10% hogere RH.

In de proefafdeling was een extra temperatuursensor in de nok van de afdeling aanwezig. Deze meter werd gebruikt om het verschil tussen de temperatuur in de afdeling en de temperatuur in de nok van de afdeling vast te stellen. Dit verschil diende om een plafondwaaier aan te sturen die warme lucht uit de nok bij de dieren kon brengen en voor menging van de stallucht. Hierdoor kon worden voorkomen dat er hoeken met stilstaande “dode” lucht in de afdeling ontstonden. De instelling van het maximale temperatuurverschil tussen de afdeling en de nok was bij de start van het onderzoek 5°C. Toen bleek dat bij deze instelling na zes ronden de plafondwaaier nooit in werking was geweest, werd dit gewijzigd in een maximaal verschil van 1,5 - 2°C. Deze wijziging heeft alleen plaatsgevonden tijdens ronde 7, waarna voor de rest van het onderzoek de plafondwaaier buiten bedrijf is gesteld.

Referentieafdeling

De referentieafdeling had dezelfde inrichting als de proefafdeling en was uitgevoerd met een mechanisch geregeld ventilatiesysteem. De luchtaanvoer vond op dezelfde wijze als in de proefafdeling plaats via een aanvoerkoker boven de controlegang, met uitzondering van de buitenaanvoer voor directe luchtaanvoer.

De ventilatielucht werd via een verlengde koker van 0,35 m doorsnede uit de ruimte onder de dichte vloer van de ligruimte afgezogen. Deze ruimte stond door openingen in de draagmuren van de roosters in verbinding met de afdeling. De regelklep in de afvoerkoker was zodanig ingesteld dat bij het minimaal voltage voor de ventilator (60V) de hoeveelheid afgevoerde lucht werd beperkt tot een minimum van ongeveer 200 m³ per uur. Dit ventilatiesysteem wordt ook wel onderafzuiging genoemd. Het systeem werd op het moment van starten van het onderzoek algemeen geadviseerd. Uit eerder onderzoek (Van 't Klooster, 1991) kwam deze manier van luchtaan- en -afvoer als gunstig naar voren met betrekking tot de sturing van de lucht en de kwaliteit van de lucht voor zowel de verzorger als de dieren.

2.3 Duur van het onderzoek en water/voerverstrekking

Gedurende één ronde, van 20 augustus 1998 tot en met 24 september 1998, is oriënterend proefgedraaid. In beide afdelingen zijn toen de instellingen gebruikt zoals in bijlage 1 vermeld, om ervaring met de regelaar en het systeem op te doen. Het onderzoek heeft daarna plaatsgevonden van november 1998 tot en met maart 2001. In die periode zijn 18 ronden gevolgd. Een ronde begon als de biggen na afspenen werden ingelegd en eindigde na gemiddeld 33 dagen als de biggen werden gewogen voor het afleveren aan het mestbedrijf.

Water en voer stonden onbeperkt ter beschikking. De dieren kregen standaardmengvoer. In de eerste week na opleg is speenkruimel verstrekt (EW = 1,14, ds = 87%) en in de resterende periode biggenkorrel (EW = 1,10, ds = 87%).

2.4 Waarnemingen en verwerking

Temperaturen

De sensoren voor de temperatuurmeting op de verschillende plaatsen in de beide afdelingen, zijn ook voor de klimaatregeling gebruikt. Met behulp van een datalogstelsel zijn elk kwartier de momentane waarden geregistreerd.

Luchthoeveelheid

De luchthoeveelheid is in dit onderzoek continu gemeten door een meetwaaier in de afvoerkoker van zowel de proefafdeling als de referentieafdeling. Het signaal van de meetwaaier werd net als dat van de afdelingstemperaturen ook gebruikt voor de klimaatregeling. Door de grotere doorsnede van de koker in de proefafdeling (0,45 m in plaats van 0,35 m) was de kleinste te meten hoeveelheid lucht beperkt tot ongeveer 300 m³ per uur. In de referentieafdeling kon een minimale luchthoeveelheid gemeten en geregeld worden van ongeveer 200 m³ per uur. Met een datalogstelsel zijn elk kwartier de momentane waarden geregistreerd.

Voltage ventilator in proefafdeling

De uitsturing van het benodigde voltage voor de ventilator in de proefafdeling om de gewenste ventilatiehoeveelheid te halen, op momenten dat de natuurlijke trek onvoldoende was, is in dit onderzoek continu gemeten. Dit werd met een datalogstelsel opgeslagen in de computer, die voor de registratie aan de regelaar gekoppeld was. Van de metingen werd een kwartiergemiddelde berekend.

Regelklep voor luchtafvoer

Het aantal uren dat de regelklep in de proefafdeling open- of dichtgeregeld werd, evenals de actuele stand van de klep, werd continu gemeten. Met een datalogsysteem zijn elk kwartier de momentane waarden geregistreerd.

Plafondwaaier

Het aantal uren dat de plafondwaaier in de proefafdeling in bedrijf was, werd gedurende ronde 1 tot en met 7 continu gemeten. Met een datalogsysteem zijn elk kwartier de momentane waarden geregistreerd. Vanaf ronde 8 is de plafondwaaier buiten bedrijf gesteld.

Energiegebruik

Ventilatie

Het energiegebruik door de ventilator en voor de regeling van het klimaat is gemeten met behulp van een analoge kWh-meter. Dit gemeten gebruik was inclusief het totaal voor de verlichting. Voor de berekening van het totaal van de ventilatie is voor de beide afdelingen een correctie toegepast van drie lampen van 39 Watt gedurende 6 uur per dag (= 0,702 kWh) voor het aantal dagen van iedere ronde. Het energiegebruik is voor zowel de proefafdeling als de referentieafdeling gedurende het gehele onderzoek bijgehouden. Per week werd de stand van de kWh-meters geregistreerd.

Verwarming

Het energiegebruik is in beide afdelingen voor zowel de afdelingsverwarming als de vloerverwarming gemeten met warmtemeters (GiGa-meters). Deze meters meten de temperatuur van het ingaande en uitgaande verwarmingswater en de hoeveelheid water die wordt gebruikt. Met deze gegevens werd in de meters de warmteafgifte van de verwarming berekend, zodat rechtstreeks een waarde in kWh kon worden afgelezen. Het energiegebruik van de verwarming is voor zowel de proefafdeling als de referentieafdeling gedurende het gehele onderzoek bijgehouden. Per week werd de stand van de GiGa-meters geregistreerd.

Voor het totaal van het energiegebruik voor de ventilatie in de proefafdeling is een correctie toegepast voor de pomp van de vloerverwarming. Deze werd geregistreerd door dezelfde kWh-meter als die voor de ventilatie en de regeling. De pomp was op continu werkend ingesteld, terwijl bleek dat slechts gedurende een beperkt aantal dagen van iedere ronde gebruik van warmte werd geregistreerd. Aangenomen is daarom dat de eerste twee weken na opleg in iedere ronde vloerverwarming gebruikt is. Hiervoor werd het gebruik van de pomp (176 Watt) voor in totaal twee weken berekend, wat bepaald is op 59,1 kWh per ronde. De overige dagen in iedere ronde werd 4,224 kWh per dag (= 176 W x 24 uur) in mindering gebracht op het totale energiegebruik voor de regeling. De pomp van de vloerverwarming in de referentieafdeling was op automatisch werkend ingesteld via het bestaande klimaatprogramma. Op momenten dat geen vloerverwarming werd gevraagd, werd de pomp voor de vloerverwarming uitgezet en was er geen energiegebruik voor de regeling van de vloerverwarming. Daarom is voor de referentieafdeling geen correctie voor dit onderdeel uitgevoerd.

Relatieve luchtvochtigheid

In de proefafdeling was een sensor geplaatst die de relatieve luchtvochtigheid ter plekke registreerde en indien gewenst daarop de ventilatie kon aanpassen. De plaats van de sensor was gelijk aan die van de sensor voor de afdelingstemperatuur. Met een datalogsysteem zijn elk kwartier de momentane waarden geregistreerd.

3 Resultaten

3.1 Afdelingstemperaturen en ventilatiehoeveelheden

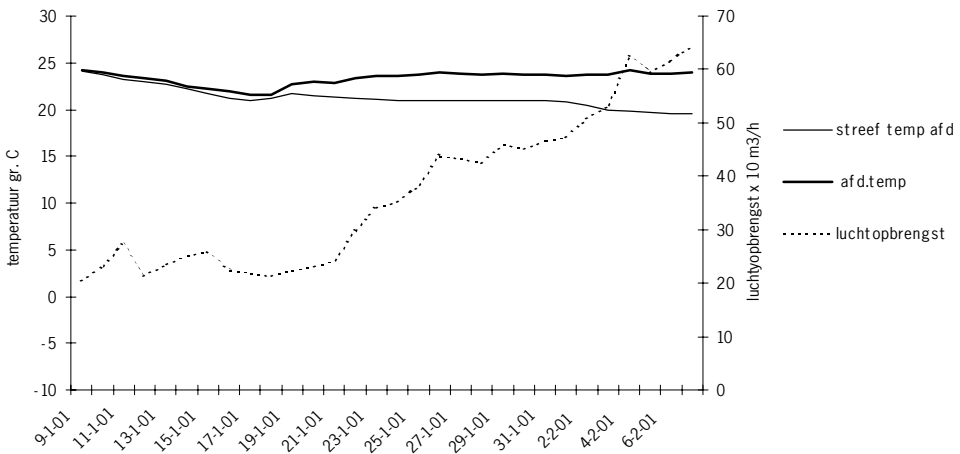
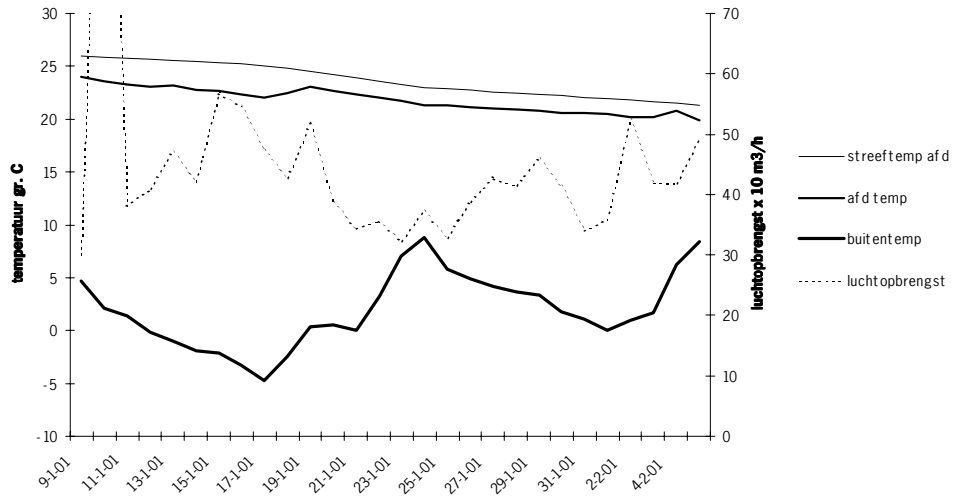
Op basis van de gemeten temperaturen in de afdelingen blijkt dat zowel tijdens een koudere als een warmere periode de streefwaarde voor de temperatuur op dierniveau altijd werd gehaald. Er is geen effect geconstateerd van gecombineerde natuurlijke/mechanische ventilatie op de minimum-afdelingstemperatuur. De streefwaarde zoals die in figuur 3 wordt genoemd, is 2°C boven de streefwaarde voor verwarming uit bijlage 1. De gemiddelde afdelingstemperatuur op twee weken na opleg was in de proefafdeling steeds 3 tot 5°C lager dan in de referentieafdeling, maar wel nog op het ingestelde niveau. Ter illustratie zijn in figuur 3 de gemeten temperaturen en de hoeveelheid ventilatie gedurende één ronde weergegeven.

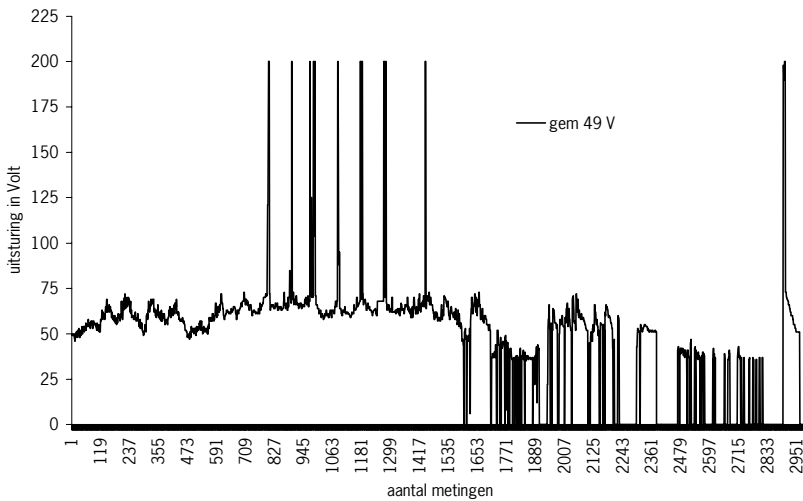
Uit figuur 3 valt af te leiden dat in de meetperiode de afdelingstemperatuur in de proefafdeling goed voldoet aan de gewenste instelling. Ook bij het ouder worden van de biggen (meer warmteproductie) blijft de gemeten temperatuur nog steeds net iets onder de streefwaarde (in de orde van 0,5 tot 1°C eronder). Voor een vergelijking van de afdelingstemperatuur op dierniveau (=streefwaarde) met de gemeten temperatuur moeten we nog corrigeren voor de plaats van de voeler en de plaats waar de dieren verblijven. De hoogte van de sensor was ongeveer 1 m, waardoor een verhoging van de gemeten temperatuur van 0,5 tot 1°C nodig is om de temperatuur op dierniveau direct boven de dichte verwarmde vloer af te lezen. Daardoor voldoet de waarde op dierniveau aan de ingestelde gewenste temperatuur.

In de referentieafdeling ligt het temperatuurniveau aanvankelijk op de gewenste waarde. Na verloop van ongeveer 2 weken zien we hier echter de afdelingstemperatuur boven de ingestelde streefwaarde uit stijgen. Dit beeld van ronde 18 is representatief voor het verloop van de gemeten waarden voor alle ronden in het onderzoek. Steeds komen dezelfde verschillen in afdelingstemperatuur en streefwaarde aan het eind van de ronde terug. De gemeten luchtopbrengst in de proefafdeling komt in ronde 18 gemiddeld uit tussen 300 en 600 m³ per uur. In de referentieafdeling zien we een ventilatiehoeveelheid die oploopt van 400 naar 1300 m³ per uur.

De gemeten uitsturing van het voltage voor de ventilator in de proefafdeling wordt weergegeven in figuur 4. De metingen zijn per kwartier en laten zien dat er korte perioden zijn waarin voluit werd geventileerd én korte perioden dat de ventilator op natuurlijke wijze ventileerde. Het gemiddelde over 3000 metingen in de periode van 16/11/99 tot en met 17/12/99 komt uit op 49 Volt.

Figuur 3 Daggemiddelden afdelingstemperaturen en luchtopbrengst voor de proefafdeling (boven) en de referentieafdeling (onder) gedurende ronde 18 (ter illustratie)



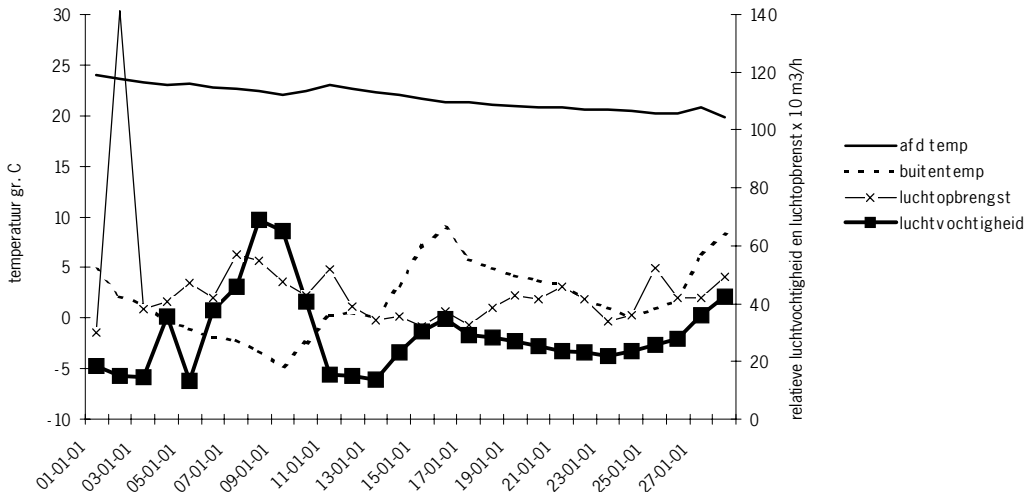
Figuur 4 Meetresultaten uitsturing voltage naar ventilator in de proefafdeling gedurende ronde 2

3.2 Relatieve luchtvochtigheid

De relatieve luchtvochtigheid in de proefafdeling schommelde in ronde 18 tussen 15 en 45% (zie figuur 5). Daarin is een enkele uitschieter naar meer dan 60% op een moment dat de buitentemperatuur erg laag en de luchtvochtigheid erg hoog was (ongeveer $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en $\text{RH} \pm 95$). Het toenemen van de relatieve luchtvochtigheid vond enkel plaats op momenten zoals genoemd, en dan alleen nog in combinatie met een zeer geringe ventilatiebehoefte (aan het begin van een nieuwe ronde).

De gemeten luchtopbrengst begaf zich op de dagen met een hogere relatieve luchtvochtigheid op een niveau van 400 tot 500 m^3 per uur. Door het grote verschil tussen de afdelingstemperatuur en de buitentemperatuur werd zoveel natuurlijke trek veroorzaakt dat dit bereikt kon worden zonder (extra) mechanische ventilatie. Het energiegebruik (voor de ventilatie en de regeling) in die week bleef in de proefafdeling beperkt tot 25 kWh, terwijl dat in de referentieafdeling uitkwam op 36 kWh. In de referentieafdeling werd gedurende die week gemiddeld 400 m^3 per uur geventileerd. Voor een vergelijkbaar ventilatiedebit in de beide afdelingen werd in de referentieafdeling dus ongeveer 40% meer energie gebruikt.

Figuur 5 Daggemiddelden temperaturen, luchtopbrengst en relatieve luchtvochtigheid voor de proefafdeling gedurende ronde 18



In bijlage 2 is een overzicht van het temperatuurverloop, het ventilatieniveau daarbij en de relatieve luchtvochtigheid in de proefafdeling gedurende het jaar 2000 weergegeven. Hieruit valt af te leiden dat de gemeten afdelingstemperatuur gedurende het onderzoek goed heeft voldaan aan de gewenste instelling. De gemeten ventilatiehoeveelheid blijft gedurende het gehele jaar op een relatief laag niveau, al is wel de invloed van de hogere buitentemperatuur in de zomerperiode zichtbaar. De relatieve luchtvochtigheid blijft de gehele periode op een constant niveau tussen ongeveer 35 en 55% RH.

3.3 Energiegebruik

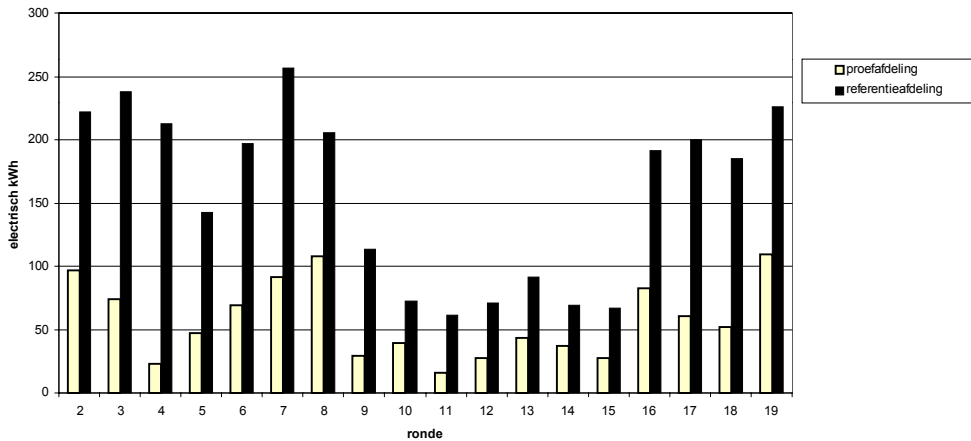
In bijlage 3 staan de resultaten van de energiewaarnemingen voor de ventilatie (inclusief energie voor regelapparatuur) per ronde. Een grafische weergave staat vermeld in figuur 6. In ronde 1 is proefgedraaid met de instellingen en de installatie in de beide afdelingen. De waarnemingen zijn vanaf ronde 2 weergegeven.

De gemeten besparing op de elektrische energie voor ventilatie (inclusief regelapparatuur en exclusief verlichting) bij gecombineerde natuurlijke/mechanische ventilatie bedraagt 100 kWh per ronde. Dit is ten opzichte van uitsluitend mechanische ventilatie en geldt voor een afdeling van 60 gespeende biggen.

Het iets geringere voordeel voor het energiegebruik tijdens de rondes 8 t/m 16 werd mogelijk veroorzaakt door een te kleine neutrale zone tussen de verwarmingstemperatuur en de temperatuur waarbij de ventilatie toenam (P-band ventilatie). Gedurende de genoemde rondes bedroeg de gemeten neutrale zone slechts 1,5°C, terwijl de instelling was gebaseerd op 2°C.

Dit verschil tussen instelling en meting werd veroorzaakt door het verlopen van de temperatuurvoelers (sensoren) van de verwarmingsregeling. Hierdoor kon de verwarming een grotere ventilatiebehoefte veroorzaken. Na hercalibratie na ronde 16 was dit verholpen en kwam het procentuele voordeel weer op een gemiddeld niveau.

Figuur 6 Gemeten elektrisch energiegebruik ventilatie (kWh per ronde)



Voor de proefafdeling werd alleen gedurende ronde 2 een energiegebruik voor de vloerverwarming vastgesteld. Dit bedroeg 72 kWh. In de referentieafdeling werd tijdens de ronden 2 t/m 8 een energiegebruik voor vloerverwarming waargenomen van in totaal 204 kWh. De temperatuur van de vloer bleef tijdens de andere ronden zonder verwarmen op de ingestelde temperatuur.

In ronden 2, 3 en 4 werd voor de afdelingsverwarming een gebruik vastgesteld wat in de proefafdeling ongeveer 30% hoger lag dan in de referentieafdeling. In totaal was het gebruik voor deze periode in de proefafdeling ongeveer 3000 kWh en in de referentieafdeling ongeveer 2000 kWh. Door een calibratie van de sensoren na ronde 4 bleef het gebruik tot ronde 15 voor beide afdelingen op een vrijwel vergelijkbaar niveau. Voor de proefafdeling was dit gemiddeld 233 kWh per ronde, voor de referentieafdeling gemiddeld 204 kWh. De verschillen in energiegebruik voor verwarming zijn minimaal en kunnen niet worden verklaard uit een grotere hoeveelheid afgevoerde lucht. Daarom wordt het energiegebruik voor verwarming gelijk gesteld en is verder niet met een eventueel voor- of nadeel voor de verwarming gerekend.

3.4 Plafondwaaier

De instelling van het maximale verschil tussen de afdelingstemperatuur en de temperatuur in de nok waarop de plafondwaaier zou werken, was bij de start van het onderzoek 5°C. Met handmatige temperatuurmetingen en rookproeven werd geconstateerd dat tijdens de perioden met minimale ventilatie geen zodanig meetbaar verschil was in luchtverdeling, temperatuur en luchtsnelheid bij de dieren, dat de plafondwaaier in bedrijf werd gesteld. Bij wijziging van de genoemde instelling naar een maximaal verschil van 2°C kwam de plafondwaaier nog nauwelijks in functie. Voor ronde 1 t/m

6 was dit aantal uren nihil. De wijziging naar een maximaal verschil van slechts 1,5°C in ronde 7, gaf te zien dat de plafondwaaier regelmatig in bedrijf kwam. In deze ronde was dat voor 44% van de tijd. Hierbij werd een verhoogd elektrisch energiegebruik gemeten gedurende ronde 7. Voor het gebruik van de plafondwaaier is voor deze ronde het volgende gecorrigeerd: 32 dagen x 44% x 150 Watt per uur = 50,6 kWh. Op basis van de ervaringen met het klimaat werd voor de rest van het onderzoek de plafondwaaier buiten bedrijf gesteld.

4 Discussie en conclusies

4.1 Praktische ervaringen

Het klimaat in de proefafdeling was prima. Het systeem van gecombineerde natuurlijke en mechanische ventilatie functioneerde goed. Doordat de werking op natuurkundige principes is gebaseerd, is geen extra regeling voor calamiteiten nodig, waardoor de bedrijfszekerheid optimaal is. Als door oorzaken van buitenaf de elektriciteitstoevoer naar de stal(-afdeling) wordt onderbroken, zal de minimale ventilatie door de natuurlijke luchtstroom op peil blijven. Hierdoor zijn minder snel problemen met de gezondheid van de dieren te verwachten bij technische problemen of storingen.

Uit de resultaten van de energiemetingen per ronde kan worden vastgesteld dat het belangrijk is dat naast controle van de instellingen op de regelaar ook het ijken van de sensoren regelmatig moet gebeuren. Dit is overigens niet alleen voor het natuurlijk/mechanisch ventilatiesysteem van toepassing, maar geldt voor alle regelapparatuur van ieder klimaatregelsysteem.

De sensor voor de relatieve luchtvochtigheid heeft goed gewerkt en gedurende het onderzoek geen storing gehad. Omdat de ventilatieregeling slechts op een beperkt aantal dagen, zoals vermeld in ronde 18, is beïnvloed door de relatieve luchtvochtigheid (boven 60%), heeft toepassing van deze sensor voor de praktijk geen waarde. Uit hoofde van eenvoud en kosten wordt daarom geadviseerd om de regeling niet met een sensor voor de relatieve luchtvochtigheid uit te voeren.

De hoogte van de temperatuur in de nok van de afdeling liet geen groot verschil zien met de hoogte van de afdelingstemperatuur. Door de natuurlijke trek was er voldoende ventilatie op momenten dat de ventilator niet mechanisch werd aangedreven. Ook namen we geen 'dode' hoeken in het klimaat in de proefafdeling waar. Zodoende is er geen noodzaak om een plafondwaaier toe te passen voor een betere verdeling van de warmte in de stal of menging van de aanwezige lucht in de afdeling. Ook hier wordt op basis van eenvoud en kosten geadviseerd om het systeem niet met een extra temperatuursensor en plafondwaaier uit te voeren.

4.2 Instellingen

Gedurende iedere ronde bleek dat de afdelingstemperatuur in de referentieafdeling vanaf 2 tot 3 weken na opleg van de biggen hoger werd dan de begintemperatuur voor ventilatie (streefwaarde afdelingstemperatuur). De grafieken in figuur 3 geven daar een representatief voorbeeld van. De stalmedewerkers geven aan dat dit normaal is voor afdelingen met gespeende biggen op het bedrijf. Ondanks de toenemende ventilatie (tot een afvoercapaciteit van ongeveer 1200 m³ per uur) wordt de gemiddelde afdelingstemperatuur 3 tot 5°C hoger dan de begintemperatuur voor ventilatie.

In de proefafdeling zagen we steeds dat de temperatuur op dierniveau zich juist op de begintemperatuur voor ventilatie bevond. In de proefafdeling werd in hetzelfde traject vanaf 2 tot 3 weken na opleg van de biggen een ventilatiecapaciteit gemeten van ongeveer 500 m³ per uur. Het verschil met de referentieafdeling geeft aan dat de ventilatie-effectiviteit in de proefafdeling hoger is. Er vindt minder "menging" van lucht plaats bij het ventilatiesysteem van natuurlijk/mechanische ventilatie.

De instelling van de toegestane marge van de vloertemperatuur boven de verwarmingstemperatuur van de vloer was 5°C bij de start van het onderzoek. De wijziging in een marge van 10°C werd ingegeven doordat er steeds alarm op de vloertemperatuur werd geconstateerd. Dat wilde zeggen dat de gemeten temperatuur meer dan 5°C hoger was dan de ingestelde temperatuur voor de vloer. Dit gebeurde zonder dat de vloerverwarming energie gebruikte (bijlage 1). Door de isolatie in de vloer en een goed gebruik van de ligruimte door de biggen werd een temperatuur van ongeveer 32°C geconstateerd op alle dagen van het onderzoek vanaf ongeveer 2 weken na de start van iedere ronde. De eerste 2 weken was de temperatuur tussen 34 en 35°C.

4.3 Energiegebruik en haalbare energiebesparing ventilatie

Het verloop van sensoren voor de regeling van het klimaatsysteem speelt in de proefafdeling een rol bij de hoogte van het energiegebruik. Bij een goede afstelling van de sensoren en instelling van de klimaateisen blijkt een besparing van 100 kWh per ronde goed haalbaar te zijn, vergeleken met een mechanisch ventilatiesysteem met onderafzuiging voor een afdeling van 60 gespeende biggen.

Voor de bepaling van het energiegebruik voor ventilatie in de twee afdelingen in dit onderzoek zijn de gemeten energiecijfers gecorrigeerd voor energieopname voor verlichting en pompjes. Het bleek goed mogelijk onderbouwde aannames te doen voor het aantal uur dat deze installaties in gebruik waren. Hierdoor kan het energiegebruik door het ventilatiesysteem goed ingeschat worden.

In eerder onderzoek (Van Wagenberg et al., 2001) was het gemiddeld gemeten energiegebruik voor ventilatie, omgerekend per biggenplaats per jaar bij grondkanaalventilatie, plafondventilatie en deurventilatie respectievelijk 10,8 kWh/jaar, 8,8 kWh/jaar en 9,1 kWh/jaar. Het hybride ventilatiesysteem uit dit onderzoek komt bij acht ronden per jaar uit op $(57 \text{ kWh/ronde} \times 8)/60 = 7,6 \text{ kWh}$ per biggenplaats per jaar. De afdeling met onderafzuiging uit dit onderzoek komt bij acht ronden per jaar uit op $(157 \text{ kWh/ronde} \times 8)/60 = 20,9 \text{ kWh}$ per biggenplaats per jaar. Dit maakt duidelijk dat tussen ventilatiesystemen grote verschillen in energiegebruik voor ventilatie kunnen optreden. Ten opzichte van de afdeling waarmee het hybride ventilatiesysteem in dit onderzoek werd vergeleken, werd 63% minder energie voor ventilatie gebruikt. Als het energiegebruik van het hybride ventilatiesysteem wordt vergeleken met het gemiddeld gebruik zoals gemeten door Van Wagenberg et al. (2001) dan is de besparing 20%.

De maximale luchtafvoerbehoefte voor een afdeling met 60 gespeende biggen bedraagt volgens de normen van de Werkgroep Klimaatnormen (1989) 1500 m³ per uur voor een gemiddeld ventilatiesysteem. Door een grotere effectieve ventilatie (dat wil zeggen dat verse lucht rechtstreeks ter beschikking komt en minder mengen van lucht plaatsvindt) kan de maximale ventilatiebehoefte met nog ongeveer 15% (Van Wagenberg et al. 2001) verder verlaagd worden. De gewenste capaciteit van de ventilator komt daardoor uit op ongeveer 1300 m³ per uur. Deze hoeveelheid kan men met een kleinere ventilatormotor bereiken dan met de motor die in dit onderzoek is gebruikt. Er zal een gunstiger verhouding tussen kWh-gebruik en m³/kWh-ventilatiecapaciteit (het specifiek vermogen) ontstaan als de gekozen ventilatormotor beter op de gewenste capaciteit is afgestemd.

4.4 Economische evaluatie

De extra jaarkosten van natuurlijk/mechanisch ventileren in vergelijking met mechanisch ventileren worden gevormd door de investering in een koker met een grotere doorsnede en een passende ventilator met geschikte regelaar. De vergelijking gaat uit van een geschikt luchtaanvoer- en luchtverdeelsysteem voor zowel de standaardsituatie als de proefopstelling, zoals ook in het onderzoek het geval was. De berekening gaat voor beide afdelingen uit van een nieuwbouwsituatie (zie tabel 1).

Tabel 1 Berekend energiegebruik (in f) voor ventilatie in een afdeling voor 60 gespeende biggen per biggenplaats per jaar

Systeem	Natuurlijk/mechanisch		Mechanisch		Mechanisch (nieuw) ²⁾	
	KWh	f	KWh	f	KWh	f
Per ronde gem.	57	14,25	157	39,25		
Per jaar ¹⁾	456	114,00	1256	314,00		
Per big per jaar	7,6	1,90	20,9	5,23	9,5	2,38
Gebruik t.o.v. referentie (%)	37%		100%		45%	

¹⁾ berekend op basis van 60 gespeende biggen per afdeling en acht ronden per jaar (f 0,25/kWh exclusief BTW)

²⁾ uitkomsten uit Rapport 201, Praktijkonderzoek Veehouderij, 2001

Uit dit onderzoek is gebleken dat f 200,- per afdeling per jaar bespaard kan worden op elektriciteitskosten voor ventilatie. De berekende terugverdientijd komt, uitgaand van de resultaten in dit onderzoek, uit op 0,9 jaar (bijlage 4).

4.5 Conclusies en aanbevelingen

Het praktisch functioneren van het natuurlijk/mechanisch (hybride) ventilatiesysteem bij gespeende biggen is goed. Er zijn geen afwijkingen in handelingen en werking ten opzichte van het mechanisch ventilatiesysteem in de referentieafdeling geconstateerd. Er is ook geen verschil geconstateerd in de kwaliteit van de lucht. Het natuurlijke/mechanische ventilatiesysteem voor de gespeende biggen kan dus in de praktijk geïntroduceerd worden. Vertaling naar andere diercategorieën is technisch geen probleem. De besparing op energie bij andere diercategorieën kan een volgend punt van onderzoek zijn.

De gewenste minimale luchtafvoer kan voor toepassing van het natuurlijk/mechanisch ventilatiesysteem een beperkende factor vormen in verband met een betrouwbare meting van de minimumcapaciteit bij een grotere doorsnede van de ventilatiekoker. Men kan niet onbeperkt een steeds grotere doorsnede kiezen om meer natuurlijke ventilatie te verkrijgen. De in dit onderzoek gehanteerde uitgangspunten lieten een positief resultaat zien en kunnen als leidraad voor toekomstige toepassingen worden gehanteerd.

De afstelling en calibratie van de sensoren heeft veel aandacht nodig. Bij onvoldoende aandacht of onjuiste instelling kan een voordeel omslaan in een nadeel. Dit geldt overigens voor alle bekende ventilatiesystemen. Introductie in de praktijk moet met de nodige begeleiding door een deskundige op ventilatiegebied gepaard gaan en aan de voorwaarden met betrekking tot uitvoering voldoen.

Deze voorwaarden omvatten onder andere:

- een lage luchtaanvoer in de afdeling, liefst via een grondkanaal vanuit de ruimte onder de ligvloer;
- een hoge plaats van de luchtafvoeropening, mogelijk eindigend boven de nok van het dak van de stal;
- grote (regelbare) inlaatopeningen en luchtverdeling met weinig weerstand (geen obstakels);
- instellingen voor de klimaatcurve gebaseerd op ervaring met natuurlijke/mechanische ventilatie en efficiënte luchtverplaatsing;
- geschikte regelapparatuur met nulstand voor de ventilator en controle door een opbrengstmeting via een meetsensor en regelklep.

Dat de plafondwaaier een betere luchtverdeling bevordert op momenten dat er geen mechanische ventilatie is, kon niet worden aangetoond. Daarom wordt geadviseerd de plafondwaaier niet toe te passen.

De meting van de relatieve luchtvochtigheid leverde veel informatie op. Toch bleek dat het niet zinvol is om een ventilatiesysteem voor gespeende biggen met een dergelijke regeling uit te voeren. De sensor gaf slechts op een zeer beperkt aantal dagen een relatieve luchtvochtigheid aan die hoger was dan 60%. Dit was bijvoorbeeld het geval bij zeer lage buitentemperaturen met een hoge relatieve luchtvochtigheid, wanneer de biggen nog maar pas waren opgelegd. Op die dagen is de gemeten relatieve luchtvochtigheid de oorzaak geweest van een grotere ventilatiehoeveelheid. Er is echter niet aangetoond dat er invloed op de gezondheid van de dieren was.

Natuurlijke/mechanische ventilatie bij gespeende biggen leidt tot energiebesparing. Uit de meting is gebleken dat op de energiekosten voor ventilatie f 200,- per afdeling per jaar bespaard kan worden (bijlage 4). De te verwachten verwarmingskosten liggen naar verwachting op een zelfde niveau als in de referentieafdeling. De berekende jaarkosten komen uit op een voordeel van f 174,91 voor een afdeling voor 60 gespeende biggen. De berekende terugverdientijd in de beproefde situatie bedraagt 0,9 jaar.

Literatuur

Hoste, R. 1995. Oorzaken van verschillen in energiegebruik op varkensbedrijven. Publicatie 3.161, Landbouw Economisch Instituut (LEI-DLO), Den Haag.

Huijben, J.J.H., G.P. Binnendijk, M.A.H.H. Smolders, 2001. Gecombineerde natuurlijke en mechanische ventilatie in kraamafdelingen. Rapport 213, Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad.

Huijben, J.J.H., 1997. Maximumcapaciteit kan vaak heel stuk lager. Boerderij/Varkenshouderij 83 - no. 24, blz. 18 – 19.

Klooster, C.E. van 't, et al. 1991. Meten van klimaat in varkensstallen. Proefverslag P 1.68, Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen.

Klooster, C.E. van 't, et al. 1991. Verlagen van het stofgehalte van de lucht in varkensstallen; resultaten anno 1991. Proefverslag P 1.70, Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen.

Ouwerkerk, E.N.J. van, 1999. ANIPRO klimaat en energie simulatiesoftware voor stallen, IMAG nota V99 – 109. Wageningen, 87 pp.

Wagenberg, A.V. van, M.A.H.H. Smolders, 2001. De effectiviteit van ventilatie bij drie ventilatiesystemen in afdelingen voor gespeende biggen. Rapport 199, Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad.

Wagenberg, A.V. van, M.A.H.H. Smolders, 2001. Het energiegebruik voor ventilatie bij drie ventilatiesystemen in afdelingen voor gespeende biggen. Rapport 201, Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad.

Werkgroep Klimaatsnormen 1989. Klimaatsnormen voor varkens. Proefverslag P 1.43, Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen.

Bijlagen

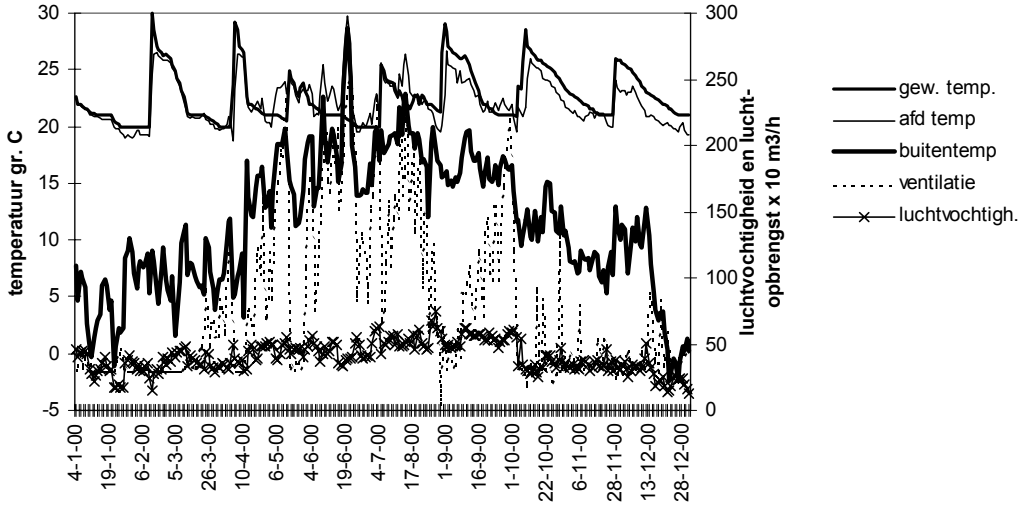
Bijlage 1 Klimaatinstellingen tijdens onderzoek bij gespeende biggen (Werkgroep Klimaatnormen, 1989)

Knikpunt	Dagnummer	Temperatuurcurve		
		Begintemperatuur Ventilatie (°C)	Streefwaarde afd. verwarming (°C)	Vloerverwarming (°C)
1	1	30	28	33
2	3	28	26	30
3	7	27	25	30
4	14	25	23	28
5	21	23	21	27
6	28	22	20	25
7	35	21	19	20
8	49	21	19	20

Knikpunt	Dagnummer	Ventilatiecurve				
		P-Band breedte ventilatie (°C)	Min. ventilatie (%) (m ³ /h)		Max. ventilatie (%) (m ³ /h)	
1	1	4	10	180	25	450
2	3	4	10	180	30	540
3	7	4	10	180	45	810
4	14	4	10	180	60	1080
5	21	4	15	270	75	1350
6	28	4	15	270	90	1620
7	35	4	15	270	95	1710
8	49	4	15	270	100	1800

Thermostatische kranen verwarming centrale gang: stand 2 (ongeveer 5 – 7 °C)

Bijlage 2 Temperatuurverloop, ventilatieniveau en relatieve luchtvochtigheid in de proefafdeling gedurende het jaar 2000



Bijlage 3 Gemeten gebruik elektrische energie voor ventilatie (kWh per ronde)

Ronde	Periode			Elektrisch gebruik in kWh		
	vanaf	tot	Dgn	Proef ¹⁾	Referentie ²⁾	Voordeel
2	19/11/98	23/12/98	34	97	222	56%
3	31/12/98	05/02/99	36	74	238	69%
4	11/02/99	22/03/99	39	23	213	89%
5	25/03/99	22/04/99	28	47	142	67%
6	06/05/99	07/06/99	32	70	197	65%
7	17/06/99	19/07/99	32	92	257	64%
8	19/08/99	21/09/99	33	108	206	48%
9	21/10/99	01/12/99	41	29	113	74%
10	23/12/99	21/01/00	29	39	73	46%
11	24/02/00	27/03/00	32	16	62	75%
12	06/04/00	10/05/00	34	28	71	61%
13	18/05/00	21/06/00	34	44	91	52%
14	18/07/00	16/08/00	29	37	70	46%
15	31/08/00	03/10/00	33	28	67	59%
16	12/10/00	15/11/00	34	83	191	57%
17	23/11/00	27/12/00	34	61	200	70%
18	04/01/01	07/02/01	34	52	185	72%
19	15/02/01	21/03/01	34	110	226	52%
Gemiddeld			33	57	157	63%

¹⁾ Gecorrigeerd voor de verlichting en het cv-pompje na week 2²⁾ Gecorrigeerd voor de verlichting

Bijlage 4 Investerings en terugverdientijd van het gecombineerd natuurlijk/mechanisch ventilatiesysteem in geoptimaliseerde situatie voor één afdeling met 60 biggen

Investerings	Natuurlijk/mechanisch		Mechanisch	
	Type	Prijs (f)	Type	Prijs (f)
Klimaatregelaar		1069		1023
Ventilator (Ø)	45 cm	487	35 cm	465
Meet/regel unit (Ø)	45 cm	1091	35 cm	996
Dakkoker (Ø)	45 cm	253	35 cm	223
Dakplaat	Standaard	190	Standaard	190
Totaal		3090 106,7 %		2897 100 %

Terugverdientijd in gemeten situatie	Natuurlijk/mechanisch	Mechanisch	Vershil
Verbruikskosten (f) ¹⁾	114,00	314,00	200,00
Investering (f)	3090,00	2897,00	193,00
Terugverdientijd (j)			0,9
Gem. rente + afschr. + onderhoud (6/2)% + 10 % + 0 %	401,70	376,61	25,09
Jaarkosten (f) ²⁾	515,70	690,61	174,91

¹⁾ Verbruikskosten zijn berekend uit de gemeten kosten

²⁾ KWIN-V september 1999