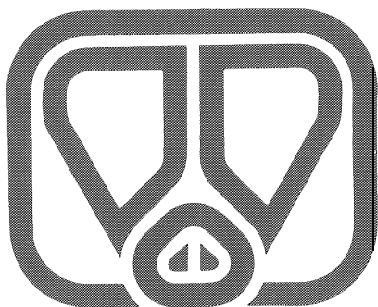


ir. C.E. van 't Klooster,

Ervaringen met grond- buisventilatie in een kraamafdeling

*Experiences with earth-tube air
inlet systems in farrowing houses*



Varkensproefbedrijf
"Zuid- en West-Nederland"

Vlaamseweg 17
6029 PK Sterksel
telefoon 04907-2376

Proefverslag nummer P 1.19

INHOUDSOPGAVE

	pagina
SAMENVATTING	
<i>Summary</i>	2
1. INLEIDING	3
<i>In troduc tion</i>	3
1.1 Achtergrond van het onderzoek	3
1.2 Doel van het onderzoek	3
2. MATERIAAL EN METHODE	4
<i>f xperimen tal design</i>	4
2.1 Grondbuissysteem	4
2.1.1 Diameter en lengte van de buizen	4
2.1.2 Diepte en onderlinge afstand van de buizen	4
2.1.3 Luchtsnel heid en aantal buizen	5
2.1.4 Afdichting	6
2.1.5 Afvoer condenswater	6
2.2 Plaats en duur van het onderzoek	6
2.3 Metingen en verwerking	6
3 RESULTATEN	
<i>Results</i>	
3.1 Temperaturen	7
3.2 Luchtopbrengst	
3.3 Energie	8
3.4 Praktische ervaringen	9
4 ECONOMISCHE BESCHOUWING	10
<i>Economic evalua tion</i>	10
4.1 Proefopzet Varkensproefbedrijf	10
4.1.1 Investerings	10
4.1.2 Energiekosten	10
4.1.3 Jaarlijkse kosten grondbuizen met steunventilatoren	11
4.2 Opzet zonder steunventilatoren	11
5 DISCUSSIE EN CONCLUSIES	13
<i>Discussion and conclusions</i>	13
5.1 Discussie	13
5.2 Conclusies	13
6 LITERATUUR	14
<i>Litera ture</i>	14
BIJLAGE I	15
<i>Appendix I</i>	15
REEDS EERDER VERSCHENEN PROEFVERSLAGEN	16
<i>Published research reports</i>	16

SAMENVATTING

Op het Varkensproefbedrijf te Sterksel is in een kraamopfokstal voor een afdeling met 8 kraamopfokhokken de binnenkomende ventilatielucht door 4 grondbuizen geleid. De buizen mondden uit in de centrale gang. De binnenkomende lucht werd door de grond in de winter opgewarmd en in de zomer gekoeld. Twee buizen lagen op een diepte van 2,3 m en de twee andere buizen lagen op een diepte van 1,8 m. De onderlinge afstand van de buizen bedroeg 0,65 meter hart op hart. De lengte van de buizen was 35 meter. De inwendige diameter was 148 mm. De luchtweerstand in de buizen was door deze lengte hoog. Daarom moesten steunventilatoren worden gemonteerd om een voldoende lucht-opbrengst van de buizen te verkrijgen.

De warmteuitwisseling in de grondbuizen was gedurende de meetperiode van 12 maanden steeds goed. De weerstand in de buizen was hoog. Veel lucht kwam door lekken de afdeling binnen. Ongeveer 53% van de meetperiode werd de lucht opgewarmd en ongeveer 46% van de meetperiode werd de lucht gekoeld. De steunventilatoren gebruikten nogal wat electriciteit.

In de uitvoering zoals op het Varkensproefbedrijf, waar de grondbuizen een hoge weerstand hebben en steunventilatoren noodzakelijk waren, is grondbuisventilatie voor besparing op verwarmingskosten economisch niet interessant. Uit berekeningen blijkt dat door meer, kortere en/of wijdere grondbuizen te gebruiken, grondbuisventilatie wel economisch aantrekkelijk kan zijn. Er zijn dan geen steunventilatoren nodig en minder problemen met leklucht. Het effect van koeling van de binnenkomende lucht op de technische resultaten is niet bepaald. Men verwacht positieve effecten op voeropname en groei en mogelijk ook op de gezondheid van varkens. Nader onderzoek hiernaar moet nog worden verricht. Voor stallen met grondbuisventilatie moeten nieuwe normen voor de maximumventilatie worden bepaald.

Conclusies

Een systeem van grondbuisventilatie is technisch realiseerbaar in mechanisch geventileerde kraamopfokstallen.

Men dient te streven naar relatief lage drukverschillen (tot 30 Pascal) over de grondbuizen.

Steunventilatoren zijn dan niet nodig en men heeft minder problemen met leklucht. Op grond van besparing van verwarmingskosten kan het economisch een interessant systeem zijn.

Door de energiebesparing kan er in de winter meer worden geventileerd dan gebruikelijk. In de zomer hoeft bij een goed dichte stal met grondbuisventilatie minder te worden geventileerd dan gebruikelijk.

Grondbuisventilatie zorgt voor een stabiel stalklimaat. Zowel de seizoenschommelingen als de schommelingen in het dag-nacht ritme van de buitentemperatuur worden sterk verminderd.

Onderzoek naar de positieve effecten op de technische resultaten van koelen van binnen-tredende lucht in varkensstallen door middel van grondbuizen is gewenst.

Grondbuisventilatie kan ook bij mestvarkens duidelijke voordelen bieden. Onderzoek naar grondbuisventilatie bij mestvarkens is gewenst.

SUMMARY

On the Experimental Pig Husbandry Farm at Sterksel, the Netherlands, a system with earth-tube ventilation was installed in a farrowing house. The incoming air was led through these tubes. There were 4 tubes for a compartment with 8 farrowing boxes. The tubes ended in the central passage from where the air entered the compartment through conventional valves. Two tubes laid at a depth of 2.3 meter and two laid at 1.8 meter below surface. All tubes were 35 meters long and had an inner diameter of 148 mm. The mutual distance between the centers of tubes was 0.65 meter. The resistance of the tubes was so high that additional fans had to be fitted at the end of the tubes to increase the air flow through the tubes.

The heat exchange in the earth tubes was measured for a period of 12 months and was continuously good. There was a lot of air leakage into the building. In the tubes air was heated during 53% of the period and cooled for 46% of the period. The fans on the tubes have used a considerable amount of electricity.

The system, as installed at the Experimental Pig Farm, with a high resistance and fans, is not economically feasible on the basis of savings on energy for heating. Calculations show that an earth tube system would be economically justified when more, shorter and wider tubes are used. Under these conditions no fans will be needed and less problems with air leakage will be encountered.

The effect of cooling incoming air on the performance of pigs has not been monitored. It is expected that feed intake, growth and possibly health will benefit from cooling under summer conditions. Further research into this is suggested. New recommendations for fan capacity are required for pig houses with earth tubes.

Conclusions

An earth-tube air inlet system is technically feasible in mechanically ventilated pig houses. Savings in heating energy can make such a system profitable for farrowing houses. Research to quantify the (positive) effects of cooling incoming air in pig houses by earth tubes on performance of pigs is required. Fairly low pressure differences over the earth

tubes should be imposed. This makes auxiliary fans superfluous and will reduce air leakage in the building shell.

With earth-tubes the ventilation rate in winter can be increased as compared to traditional ventilation systems because of the energy savings. In summer lower ventilation are required.

1. INLEIDING

In troduction

1.1. Achtergrond van het onderzoek

In de periode augustus 1985 tot augustus 1986 zijn door ir. J.M. Lange metingen verricht aan diep en ondiep gelegen grondbuizen voor de inlaat van ventilatielucht in een afdeling met kraamhokken van het Varkensproefbedrijf "Zuid- en West-Nederland" te Sterksel. De heer Lange is werkzaam bij het Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen (I MAG) te Wageningen.

Deze metingen waren gericht op mogelijkheden voor energiebesparing. Het onderzoek werd financieel gesteund door de Stichting Projectbeheerbureau Energieonderzoek te Utrecht. De resultaten van dit onderzoek zijn beschreven in een IMAG-verslag van ir. J.M. Lange (LANGE, 1986). De titel luidt: "Verslag van de toepassing van ventilatieslangen in de bodem op het Varkensproefbedrijf te Sterksel".

Vanuit de praktische varkenshouderij bestaat ook veel belangstelling voor de resultaten van dit onderzoek. Daarom zijn de resultaten ook beschreven in een proefverslag, zodat de bevindingen gemakkelijk beschikbaar komen voor geïnteresseerde varkenshouders.

1.2. Doel van het onderzoek

In varkensstallen streeft men ernaar de temperatuur binnen bepaalde grenzen te houden. In warme perioden ventileert men veel om de overvloedige warmte af te voeren. In koude perioden ventileert men weinig, juist voldoende om de schadelijke gassen en waterdamp af te voeren. Men probeert dan het warmteverlies te beperken. Bijverwarmen is vaak nodig om de temperatuur boven het vereiste minimum te houden.

Om het warmteverlies te beperken kan men een aantal maatregelen nemen. Isolatie van de stal is hiervan een bekend voorbeeld.

Een andere mogelijkheid is de inkomende lucht door buizen in de grond te leiden voordat de lucht de stal binnenkomt. De lucht zal in koude perioden in deze grondbuizen worden opgewarmd.

In warme perioden ligt de temperatuur in de stal soms boven de gewenste waarde. Te

hoge temperaturen leiden tot verminderde voeropname, lagere groei en soms tot hokbevuiling. Als men ook in warme perioden de lucht, voordat deze in de stal komt, door grondbuizen leidt, zal de lucht door de grond worden afgekoeld. Hierdoor wordt de temperatuur in de stal lager en worden de technische resultaten wellicht beter.

Het idee van grondbuisventilatie is ontstaan in het buitenland. Daar is het systeem in enkele stallen ingebouwd (CHIAPPINNI & BARBARI, 1986; GOETSCH & MUEHLING, 1983; MANNEBECK & TIEDEMANN, 1986; STINGL, 1985; TIEDEMANN, 1985; TIEDEMANN, 1986). Ook in kalverstallen wordt grondbuisventilatie toegepast (PAAR, 1986). In Nederland zijn ook al enkele praktijkbedrijven die dit systeem in hun varkensstal hebben geïnstalleerd (DAMMAN, 1987a; DAMMAN, 1987b). De berichten over grondbuisventilatie waren zo positief, dat het zinvol was de praktische bruikbaarheid voor onze varkenshouderij te onderzoeken.

2. MATERIAAL EN METHODE *Experimentaal design*

2.1. Grondbuissysteem

2.1.1 Diameter en lengte van de buizen

Omdat bij de aanleg van grondbuisventilatie de kosten van de grondbuizen een aanzienlijk deel van de totale investering uitmaken is het belangrijk hiervoor een zo goedkoop mogelijk materiaal te gebruiken. Een geschikt materiaal is blinde (=waterdichte) drainagebuis. Hiermee kunnen tevens ruime bochten worden gelegd, wat een lagere weerstand geeft. Deze buizen zijn op dit moment in diameters van 148 en 190 mm (inwendig) leverbaar tot lengtes van 40 m. Andere materialen zijn veelal prijstechnisch niet interessant. De luchtopbrengst (in m^3/uur) van een grondbuis met een diameter van 190 mm is veel hoger dan die van een buis met een diameter van 148 mm.

Om lucht in een grondbuis te laten bewegen in de gewenste richting is een drukverschil tussen de inlaat (buiten) en de uitlaat van de buis (in de centrale gang of in de afdeling) nodig. De ventilator, die de lucht in een afdeling afzuigt, zorgt voor een drukverschil. De relatie tussen het drukverschil en de hoeveelheid verplaatste lucht in de buis is weergegeven in bijlage I.

De weerstand in de buis kan worden verdeeld in weerstand in de rechte buis en weerstand van bochten, verwijdingen, vernauwingen, inlaatopening, etc. De weerstand in bochten is bij scherpe bochten veel groter dan bij ruime bochten. De totale weerstand die een grondbuis mag hebben, wordt bepaald door het type ventilator dat gebruikt wordt in de varkensstal. De ventilator heeft een luchtopbrengstkarakteristiek. Hieruit kan worden afgelezen welke tegendruk de ventilator kan overwinnen bij een vereiste hoeveelheid luchtverplaatsing. Bij grondbuisventilatie dient een ventilator te worden gekozen die hoge drukverschillen kan overwinnen.

De combinatie luchtsnelheid en lengte van de buis moet dusdanig zijn dat de verblijftijd van de lucht in de buis groot genoeg is om de lucht, afhankelijk van het seizoen, voldoende af te koelen of op te warmen. Een warmte-uitwisselingsrendement is gedefinieerd in bijlage I.

Hoe langer de buis is en hoe lager de snelheid van de lucht in de buis, hoe hoger de warmteuitwisseling zal zijn. De warmteuitwisseling is aan het begin van de buis het hoogst omdat daar het temperatuurverschil tussen grond en buis het grootst is. Maakt men de buis langer, dan wordt de bijdrage van de laatste meter buis in de warmte uitwisseling steeds minder, terwijl de kosten toenemen. Ook wordt de weerstand in de buis hierdoor hoger. Bij een gekozen minimum warmte-uitwisselingsrendement en een maximum weerstand (bepaald door de ventilator) van het systeem kan door een computerprogramma van het IMAG berekend worden wat de minimum en maximum lengte van de buis moet zijn. Dit levert meestal een bepaald traject op maar kan soms ook tot de conclusie leiden dat de gekozen uitgangspunten niet met elkaar in overeenstemming zijn te brengen.

Op het Varkensproefbedrijf heeft men blinde drainagebuizen met een inwendige diameter van 148 mm en een lengte van 35 meter geïnstalleerd. Dit is een systeem van erg lange buizen en een relatief kleine diameter, wat veel weerstand heeft. In het vooronderzoek bleek de luchtopbrengst van de grondbuizen daardoor erg laag te zijn. De meeste lucht kwam als leklucht direct de stal binnen. Er zijn toen steunventilatoren aan het eind van de grondbuizen geïnstalleerd. De luchtopbrengst van de grondbuizen werd daardoor hoger.

2.1.2 Diepte en onderlinge afstand van de buizen

De warmtecapaciteit van de bodem wordt bepaald door factoren als grondsoort, vochtgehalte en dichtheid van de bodem. Naast de warmtecapaciteit van de bodem is voor een goede warmteoverdracht tussen de grond en de buis het warmtegeleidendvermogen van de grond van belang. Het warmtegeleidendvermogen hangt ook af van grondsoort, vochtgehalte en dichtheid van de bodem. Als de grondbuizen beneden het grondwaterpeil liggen heeft de stroming van het grondwater ook inloop in het warmtegeleidend vermogen en het warmtetransport.

De temperatuur van de bodem kent niet de etmaalschommelingen, zoals men die in de buitenlucht heeft. Al op 30 cm onder het aardoppervlak is de temperatuur van de bodem binnen een etmaal nagenoeg constant. De bodemtemperatuur varieert nog wel met de seizoenen.

De seizoensschommelingen in de bodemtemperatuur worden echter kleiner naarmate men dieper gaat. Ook treedt dieper in de grond een groter naijleffect van de bodemtemperatuur op. Zo is op 7,5 meter diepte de grond het warmst in januari en het koudst in juli. De seizoensgolf van de temperatuur loopt op deze diepte een half jaar achter bij de seizoensgolf van de buitentemperatuur. Het verschil tussen minimum en maximum temperatuur is op een diepte van 7,5 m nog maar 2°C.

Het zal duidelijk zijn, dat door de grondbuizen dieper te leggen de temperatuur steeds gelijkmatiger wordt. De kosten van aanleg nemen dan toe. Op het Varkensproefbedrijf zijn de grondbuizen op verschillende diepten gelegd. Twee buizen zijn op een gemiddelde diepte van 1,80 m beneden het aardoppervlak

diepte van 1,80 m beneden het aardoppervlak gelegd en twee buizen op een diepte van 2,30 m.

De onderlinge afstand tussen de grondbuizen bedroeg 0,50 m, dit is 0,65 m hart op hart.

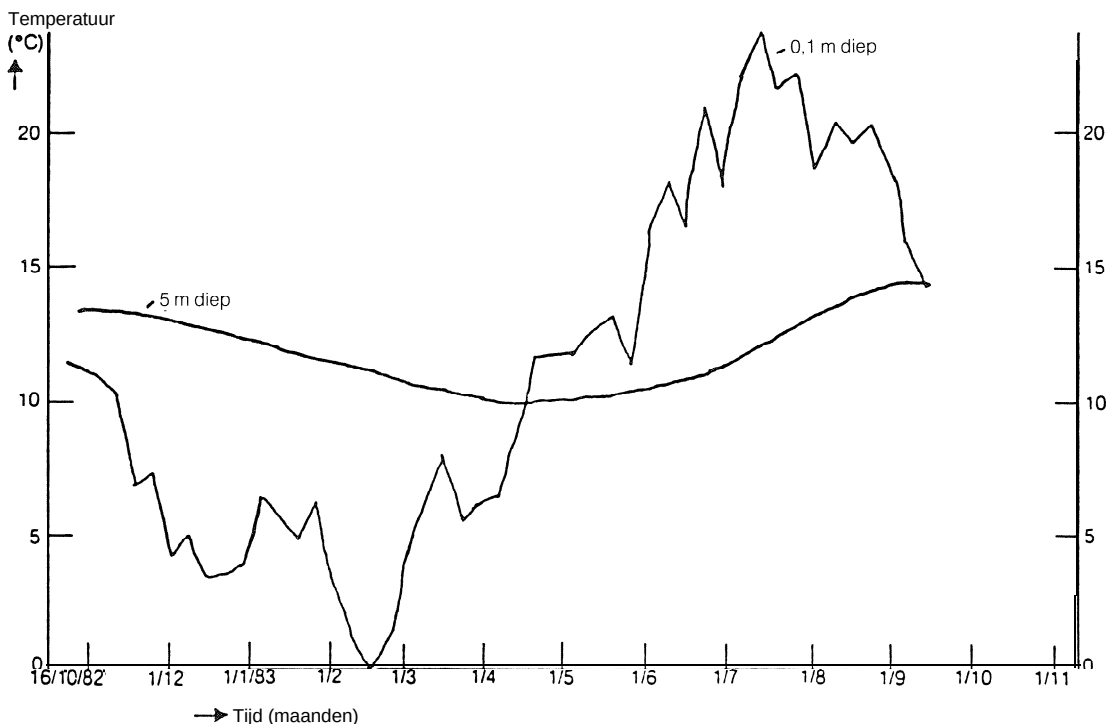
2.1.3 Luchtsnelheid en aantal buizen

De gemiddelde luchtsnelheid in een grondbuis heeft een maximumwaarde die afhankelijk is van de lengte en de diameter van de grondbuis.

Op grond van deze luchtsnelheid en de diameter van de grondbuis kan de maximale luchtopbrengst van één grondbuis worden berekend. Het aantal benodigde buizen kan dan eenvoudig worden bepaald door de totale ventilatiebehoefte van de stal te delen door de luchtopbrengst per buis. Het gevonden antwoord zal geen heel getal zijn en kan naar boven toe worden afgerond.

Figuur 1: De bodemtemperatuur in Apeldoorn als functie van de diepte en het seizoen (naar Bouma, 1985).

Figure 1: Soil temperature in Apeldoorn as function of depth and season (after BOUMA, 1985).



21.4 Afdichting

Bij de toepassing van grondbuisventilatie streeft men ernaar de inkomende lucht via de grondbuizen binnen te laten komen. Dit gebeurt alleen voor 100% als dit ook de enige mogelijkheid is voor de lucht om in de stal te komen. Er mag geen lucht via kieren naar binnen lekken. Dit kan men voorkomen door de stal goed af te dichten. Ook moet er geen lucht uit andere afdelingen (waar op dat moment de ventilator stil staat) kunnen worden aangezogen in een afdeling waar de ventilator wel draait. Bij grote drukverschillen tussen de lucht in en buiten de stal wordt het gevaar van leklucht groter. Het is dus niet alleen in verband met de capaciteit van de ventilator, maar ook om leklucht te voorkomen, dat het drukverschil beperkt moet blijven.

Als men met weinig grondbuizen toch veel lucht in de stal wil krijgen zonder dat leklucht een probleem wordt, kan men eventueel een extra ventilator aansluiten aan de grondbuis (bijvoorbeeld aan de uitstroomopening van de grond buis). Met deze oplossing krijgt men een groot drukverschil over de grondbuis, en dus een hoge luchtopbrengst. Het drukverschil tussen lucht in de stal en buiten zal echter klein kunnen zijn, zodat leklucht kan worden voorkomen. Een dergelijke steunventilator brengt naast de investering natuurlijk ook extra stroomkosten met zich mee. Men kan ook berekenen wat goedkoper is: weinig grondbuizen met steunventilator of meer grondbuizen zonder steunventilator.

2.1.5 Afvoer condenswater

Bij grondbuisventilatie kan in de zomer condensatie van waterdamp in de buizen plaatsvinden. Om te voorkomen dat dit water de luchtdoorlaat belemmert of zelfs verhindert, moeten er voorzieningen worden getroffen om dit condenswater af te voeren. Op het proefbedrijf zijn de grondbuizen vanaf de inlaat onder een helling van ongeveer 2% naar het gebouw gelegd. Bij het eind zijn 2 buizen aangesloten op een gladde p.v.c.-pijp met een inwendige diameter van 300 mm. Hier loopt condenswater en eventueel lekwater weg in een putje, van waaruit het kan worden weggepompt. De inlaten liggen ongeveer 0,5 meter boven het grondpeil en zijn naar beneden gericht om inregenen te voorkomen.

2.2 Plaats en duur van het onderzoek

Het onderzoek is uitgevoerd in een kraamopfokafdeling met 8 kraamopfokhokken. Er vond centrale afzuiging van 4 kraamopfokafdelingen plaats. De metingen zijn verricht in de periode augustus 1985 tot en met juli 1986.

2.3 Metingen en verwerking

Tijdens het onderzoek is op 36 plaatsen in en rond de buizen de temperatuur gemeten en op 2 plaatsen de luchtsnelheid. Deze 38 meetpunten zijn iedere 30 seconden gemeten. De metingen zijn door het IMAG verwerkt tot gemiddelden per dag, per maand en per jaar.

De effecten van grond buisventilatie op de technische resultaten in de kraamopfokstal zijn niet vergelijkbaar met resultaten in andere kraamopfokstallen. Er zijn teveel storende invloeden om hierover, bij de gegeven omvang, betrouwbare uitspraken te kunnen doen.

3. RESULTATEN

Results

3.1 Temperaturen

In de winter werd de lucht in de grondbuizen opgewarmd en in de zomer gekoeld.

Dit effect was groter bij de dieper gelegen grondbuizen. In figuur 2 zijn de gemiddelde luchttemperaturen aan het begin en aan het eind van de grondbuizen weergegeven.

De weergegeven temperaturen zijn gemiddeld. Bij een buitentemperatuur van -8°C kwam opwarming in de grondbuis voor met $11,5^{\circ}\text{C}$ in de diep gelegen grondbuizen en tot maximaal $9,2^{\circ}\text{C}$ in de ondiepe grondbuizen. In de zomer werd bij een buitentemperatuur van 26°C een afkoeling gemeten van $9,5^{\circ}\text{C}$ in de diep gelegen grondbuizen en van $6,5^{\circ}\text{C}$ bij de ondiepe gelegen grondbuizen.

De dagelijkse schommelingen in temperatuur zijn nagenoeg verdwenen als de lucht uit de

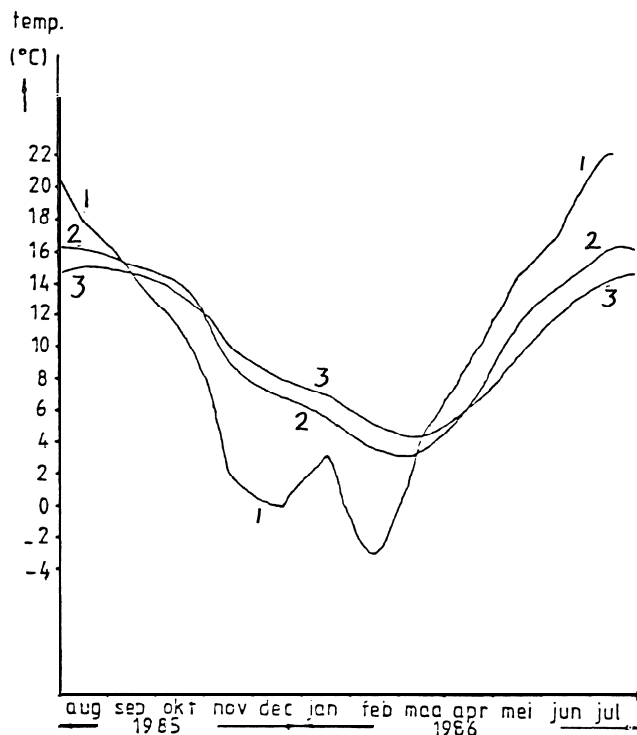
grondbuizen komt (figuur 3). De ervaringen duiden er op dat de windinvloed ook vermindert is. Er zijn echter geen metingen verricht aan de windinvloed.

3.2 Luchtopbrengst

De luchtverplaatsing door de diepe grondbuizen was gemiddeld over het hele jaar $269 \text{ m}^3/\text{uur}$ per grondbuis. De maximum ventilatiehoeveelheid bedroeg $325 \text{ m}^3/\text{uur}$ per diepe grondbuis. In de ondiep gelegen grondbuizen was de luchtopbrengst gemiddeld $280 \text{ m}^3/\text{uur}$ en maximaal $340 \text{ m}^3/\text{uur}$ per grondbuis. Dankzij de steunventilator kon in de diepe buizen een drukverschil van gemiddeld $136,5 \text{ Pascal}$ ($= 13,6 \text{ mm}$ waterkolom) overwonnen worden en bedroeg de gemiddelde luchtsnelheid in de buis $4,35 \text{ m/s}$. De steunventilator bij de ondiepe buizen creëerde een drukverschil van gemiddeld 148 Pascal en dit gaf een luchtsnelheid van gemiddeld $4,53 \text{ m/s}$.

Figuur 2: Luchttemperaturen in de inlaat (1) en aan het eind van de grondbuizen op 1,8 m diep (2) en op 2,3 m diep (3).

Figure 2: Air temperatures at the inlet (1) and in the outlet of earth-tubes at 1.80 m deep (2) and at 2.30 m deep (3).



Uit metingen aan de afzuigventilator bleek dat daar meer lucht werd afgevoerd dan er via de grondbuizen werd aangevoerd. In feite werd slechts 61% van de afgezogen lucht via grondbuizen aangevoerd. Hieruit blijkt dat ondanks het gebruik van de steunventilatoren en ondanks afdichting van de kieren er bij dergelijke drukverschillen toch veel leklucht optreedt.

Deze opwarming en afkoeling heeft bij de genoemde luchtopbrengsten geresulteerd in een energie overdracht per grondbuis zoals weergegeven in tabel 2 op pagina 9. Hierin is ook het elektriciteitsverbruik per grondbuis van de steunventilatoren vermeld.

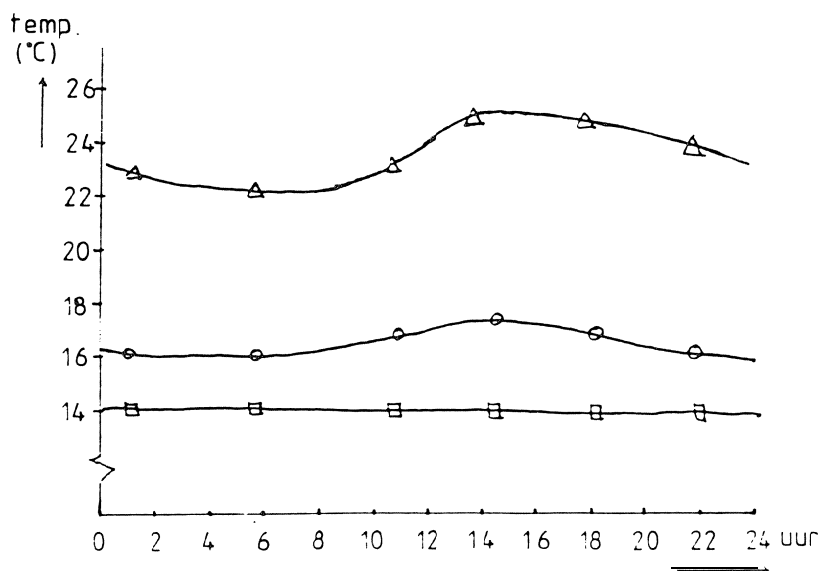
De hoeveelheid uitgewisselde energie bij de diepe grondbuizen was hoger dan bij de ondiepe grondbuizen.

3.3 Energie

Het temperatuuruitwisselingsrendement in de grondbuizen was hoog (95%).

Figuur 3: Temperaturen binnen een etmaal op 17 juni 1986 (Δ = buitentemperatuur, $\square$ = temperatuur eind diepe grondbuis, $\circ$ = temperatuur eind ondiepe grondbuis)

Figure 3: Temperatures within 24 hours on 17th June 1986 (Δ = outside temperature, $\square$ = temperature end deep earth-tube, $\circ$ = temperature end undep earth-tube)



3.4 Praktische ervaringen

Het bezwaar van het onderzochte grondbuis-ventilatiesysteem is de grote weerstand in deze buizen. Dit resulteert in veel leklucht en onnodig energieverbruik. In de zomer is de leklucht warm en kan men de stal niet goed koelen,

Verder waren er geen problemen. De afvoer voor condenswater functioneerde goed.

Een voordeel van grondbuisventilatie is een stabiel stalklimaat. Schommelingen in buitentemperatuur en windsnelheid hebben veel minder invloed op het stalklimaat dan bij traditionele ventilatiesystemen. De regeling van het stalklimaat is daardoor eenvoudiger.

Tabel 1: Aantal uren per jaar waarin de lucht in grondbuizen wordt opgewarmd en afgekoeld.
Table 1: *Heating and cooling air in earth-tubes in hours per annum.*

grondbuizen	1,8 m diep	2,3 m diep
opwarming (uren per jaar)	4651	4772
afkoeling (uren per jaar)	4097	3983
geen koeling of opwarming	12	5
totaal uren per jaar	8760	8760

Tabel 2: Opwarmings- en koelenergie per grondbuis per jaar.
Table 2: *Heating and cooling energy per earth-tube per annum.*

grondbuizen	1,8 m diep	2,3 m diep
opwarm energie	1132 kWh	1405 kWh
koel energie	1466 kWh	1546 kWh
electriciteit steunventilator	438 kWh	438 kWh

4. ECONOMISCHE BESCHOUWING

Economic evaluation

4.1. Proefopzet Varkensproefbedrijf

4.1.1 Investerings

De investeringen voor de toepassing van grondbuisventilatie zijn vergeleken met die voor een kraamopfokstal met luchtinlaat van buiten naar de centrale gang via een wind-drukkap.

Er is een berekening gemaakt voor een kraamopfokstal met 6 afdelingen met ieder 8 kraamopfokhokken. Er is uitgegaan van elektrische vloerverwarming in de biggennesten. Er is een levensduur van grondbuizen van 20 jaar verondersteld. De in dit hoofdstuk vermelde bedragen zijn exclusief BTW, WIR-premie, etc.

Investering aanleg grondbuizen 1,8 m diep:

30 grondbuizen van 35 m à f 5,- per meter	f 5.250,-
graafwerk ca 1400 m ³ à f 2,50	f 3.500,-
aanleg condenswaterafvoer	f 7.500,-
dompelpompje	f 500,-
steunventilatoren	f 3.000,-
extra afdichting	f 500,-
Totaal	f 20.250,-

Investering aanleg grondbuizen 2,3 m diep:

Als bij aanleg op 1,8 m diep, maar 200 m³ extra grondverzet.

Totaal	f 20.750,-
---------------	-------------------

Investering stal zonder grond buizen maar met winddrukkap

winddrukkap 34,2 meter à f 100,-	f 3.420,-
C.V.-installatie 16,8 kW compleet	f 6.000,-
Totaal	f 9.420,-

In tabel 3 zijn de jaarlijkse kosten van deze investeringen berekend. Er is hier uitgegaan van lineaire afschrijving en van 8% rente op het gemiddeld geïnvesteerd bedrag.

4.1.2 Energiekosten

Als men geen grondbuizen toepast heeft men meer verwarmingskosten. Het is echter niet zo dat alle energie die door de grondbuizen wordt opgenomen een besparing is. Ook als normaal de verwarmingsinstallatie niet werkt, wordt door de grondbuizen warmte opgenomen.

De besparing op verwarmingskosten bij grondbuisventilatie is geschat door het energieverbruik te berekenen voor verwarming van een goed geïsoleerde stal met conventionele luchtinlaat, waarbij de lucht op de centrale gang wordt voorverwarmd tot 5°C.

De grondbuizen leveren ook koelenergie. Het is bekend dat koelen van warme lucht gunstig kan zijn voor de gezondheid van de dieren, voor de voeropname en voor de groei. Ook vermindert het mogelijk doodliggen van biggen en hokbevuiling. Het is echter zonder verder onderzoek niet mogelijk dit uit te drukken in een financieel voordeel.

Het energieverbruik van de steunventilatoren, omgerekend naar een stal met 48 kraamopfokhokken, bedroeg 12.940 kWh per jaar. In

Tabel 3: Jaarlijkse kosten t.g.v. investeringen in grondbuisventilatie voor een stal met 48 kraamopfokhokken.

Table 3: *Yearly costs of investments in earth-tube system for a house with 48 farrowing pens.*

	investering (gulden)	levensduur (jaar)	onderhoud (%) ₀₀	jaarlijkse kosten (gld/jaar)
buizen 1,8 m	20.250	20	1	2.025,-
buizen 2,3 m	20.750	20	1	2.075,-
een buizen	9.420	15	3	1.287,-

deze stal is bij toepassing van grondbuizen geen ruimteverwarming nodig. Eenzelfde stal zonder grondbuizen zou 13.200 kWh per jaar aan energie voor verwarming kosten. Dit is 2370 m aardgas bij een rendement van 60 % van de verwarmingsinstallatie. Deze verschillen zijn weergegeven in tabel 4.

Bij energieprijzen van f 0,18 per kWh voor electriciteit en van f 0,38 per m voor aardgas betekent dit een financieel nadeel ten gevolge van energiekosten van f 1.430,- per jaar voor de stal met grondbuizen.

4.1.3. Jaarlijkse kosten grondbuizen met steunventilatoren

Als het effect van koeling buiten beschouwing wordt gelaten, is het systeem van grondbuizen, zoals toegepast in Sterksel, niet economisch interessant. Per stal is het verschil berekend op f 1430,- (ten gevolge van energie) + f 738,- (ten gevolge van investeringen) = f 2.168,- per stal per jaar, oftewel f 45,- per kraamopfokhok per jaar.

Tabel 4: Jaarlijkse hoeveelheden energie met en zonder grondbuizen voor een stal met 48 kraamopfokhokken.

Table 4: *Yearly amounts of energy with and without earth-tubes in a house with 48 farrowing pens.*

	steunventilator kWh	verwarming		koeling kWh
		kWh	m³ gas	
grondbuizen 1,8 m	12940	0		43980
grondbuizen 2,3 m	12940	0		46380
geen grondbuizen	0	13200	2370	0

Tabel 5: Berekende verschillen in kosten per jaar tussen een systeem met grondbuizen (geen steunventilatoren) en eenzelfde stal met traditionele ventilatie.

Table 5: *Calculated differences in costs per farrowing pen per annum between a house with earth-tube systems (no auxillary fans) and a similar building with a traditional ventilation system.*

	jaarkosten investering per koh	jaarkosten energie per koh	-totale kosten/ kraamopfokhok
grondbuizen zonder steunventilator	f 41,80	f 0,00	f 41,88
geen grondbuizen	f 26,81	f 18,75	f 45,56

4.2 Opzet zonder steunventilatoren

Met ruimere en kortere grondbuizen (inwendige diameter 190 mm en lengte 24 m) zijn geen steunventilatoren nodig. Het temperatuuruitwisselingsrendement zal dan minimaal 85% zijn. Het drukverschil over de grondbuizen zal dan maximaal 30 Pascal zijn (HUYBEN & SCHELLEKENS, 1987). Er zijn dan veel minder problemen met leklucht. Men moet dan wel 48 grondbuizen leggen om voldoende lucht aan te kunnen voeren. De kostenberekening op basis hiervan ziet er als volgt uit:

Investering aanleg grondbuizen 2,0 m diep:	
48 grondbuizen van 24 m à f 6,80 per meter	= f 7.834,–
graafwerk ca 1500 m ³ à f 2,50	= f 3.750,–
aanleg condenswaterafvoer	= f 7.500,–
dompelpompje	= f 500,–
extra afdichting	= f 500,–
Totaal	<u>f 20.100,–</u>

De jaarlijkse kosten van deze investering zijn f 2.010,–. Dit is f 723,– per jaar meer dan voor dezelfde stal zonder grondbuizen. De besparing aan verwarmingskosten is 13.200 kWh. Dit is bij een rendement van een verwarmingsinstallatie van 60 % een hoeveelheid aardgas van 2370 m³. Bij een gasprijs van f 0,38 per m³, betekent dit een besparing op energiekosten van f 900,– per jaar. Uit tabel 5 blijkt dat, bij een dergelijke opzet, het gebruik van grondbuisventilatie, op basis van besparing op verwarmingskosten, wel economisch interessant is. Het extra voordeel van koelen is hier ook weer buiten beschouwing gelaten.



De luchtinlaat van de grondbuisventilatie.

5. DISCUSSIE EN CONCLUSIE

Discussion and conclusion

5.1 Discussie

Grondbuisventilatie blijkt ook in de Nederlandse varkensstallen te kunnen werken. Het systeem op het Varkensproefbedrijf had echter teveel weerstand. Een steunventilator was noodzakelijk.

Grondbuisventilatie verhoogt het drukverschil tussen de lucht in de stal en buiten de stal. Het is daarom belangrijk dat bij toepassing van dit systeem de stal goed luchtdicht is. Ook is het van belang het drukverschil over de grondbuizen te beperken. Uit de economische evaluatie blijkt dat een opzet met een maximaal drukverschil van 30 Pascal over de grondbuizen economisch interessant is. Op warme zomerdagen is de temperatuur van de buitenlucht hoger dan de gewenste staltemperatuur. De temperatuur in de stal is dan ook te hoog. Met grondbuisventilatie is het mogelijk de temperatuur in de stal onder dergelijke omstandigheden wel binnen de gewenste waardente handhaven. In dit onderzoek is dit positieve aspect niet meegenomen.

De afdeling is niet vergeleken met eenzelfde afdeling zonder grondbuizen. Er trad veel lekkage van lucht op waardoor in de zomer niet goed gekoeld kon worden. Vervolgonderzoek, waarbij ook de technische resultaten worden verzameld, is daarom wenselijk.

De introductie van dit systeem kan ook betekenen dat de huidige ventilatienormen in de Nederlandse varkenshouderij herzien moeten worden. De huidige maximum normen zijn gebaseerd op warmteafvoer in de zomer. Door koeling van de lucht wijzigen deze hoeveelheden zich. Men zou zich bij grondbuisventilatie kunnen richten op andere klimaataspecten, zoals concentraties van gassen. Een eerste aanzet tot nieuwe normen is reeds geformuleerd (VAN OUWERKERK,1987).

5.2 Conclusies

Een systeem van grondbuisventilatie is technisch realiseerbaar in mechanisch geventileerde kraamopfokstallen.

Men dient te streven naar relatief lage drukverschillen (tot 30 Pascal) over de grondbuizen. Dan zijn steunventilatoren niet nodig en heeft men minder problemen met leklucht.

Op grond van besparing van verwarmingskosten kan het economisch een interessant systeem zijn.

Door de energiebesparing kan er in de winter meer worden geventileerd dan gebruikelijk. In de zomer hoeft bij een goed dichte stal met grondbuisventilatie minder te worden geventileerd dan gebruikelijk.

Grondbuisventilatie zorgt voor een stabielere stalklimaat. Zowel de seizoenschommelingen als de schommelingen in het dag-nacht ritme van de buitentemperatuur worden sterk verminderd. Onderzoek naar de positieve effecten op de technische resultaten van koelen van binnentredende lucht in varkensstallen door middel van grondbuizen is gewenst.

Grondbuisventilatie kan ook bij mestvarkens duidelijke voordelen bieden. Onderzoek naar grondbuisventilatie bij mestvarkens is gewenst.

6. LITERATUUR

Litera ture

Bauma, J.W.J.

Niet horizontale bodemwarmtewisselaars voor warmtepompen. PEO, Utrecht, 1985.

Chiappinni, U. & M. Barbari.

Earth-air heat exchanger for animal houses ventilation. Proc CIGR symposium on Agricultural Engineering. Volume I, Ch II.17-II26. Pretoria, 1986.

Damman, H.

Aardwarmteventilatie schakelt invloed wind en temperatuur uit. Boerderij/Varkensh. 72 (1987) 6 januari, p 14-15 VA.

Damman, H.

Grondbuisensysteem verdient zich terug in 2,7 tot 5,5 jaar. Boerderij/Varkensh. 72 (1987) 6 januari, p 12-13 VA.

Goetsch, W & A.J. Muehling.

Earth-tube heat exchangers for swine buildings. Energy tips No. 2 Revised Ed. Department of Agricultural Engineering, University of Illinois, Urbana-Champaign, 1983.

Huyben, J & Schellekens, J.

Gebruik van aardwarmte voor de opwarming van ventilatielucht. Consulentschap voor Varkens en Pluimvee. Tilburg, 1987.

Lange, J.M.

Verslag van de toepassing van ventilatieslangen in de bodem op het Varkensproefbedrijf te Sterksel. IMAG/PEO. Wageningen, 1986.

Mannebeck, H. & H. Tiedemann.

Erdwärmetauscher heizen und kühlen die Stallluft. Schweinezucht und Schweinemast 34 (1986) nr 10 p 312-316.

Ouwerkerk, E.N.J. van.

Een kwantitatieve analyse van ventilatienormen voor mestvarkensstallen. I MAG-nota 283. Wageningen, 1987.

Paar, G. et. al.

Einsatzerprobung einer Erdwärmetauscheranlage zur Stallklimagegestaltung in einem Kälberstall. Tierzucht 40 (1986) 12 p 563-565.

Stingl, W.

Erdspeicher zur Klimatisierung von Schweineställen. KTBL-Schrift 302. Darmstadt-Kranichstein, 1985.

Tiedemann, H.

Erdwärmetauscher für Schweineställe. RKL, Kiel, 1985.

Tiedemann, H.

Besseres Stallklima durch Erdwärmetauscher. Landtechnik 42 (1987) p 364-367.

BIJLAGE 1

Appendix 1

Relatie tussen het drukverschil en de hoeveelheid verplaatste lucht in een grondbuis:

$$\Delta P = \frac{f}{2} \frac{\rho}{g} \sum K v^2$$

ΔP = Drukverschil (in N/m²)

f = frictiefactor (dimensieloos)

ρ = dichtheid lucht (N/m³)

L = buislengte (m)

D = buisdiameter (m)

g = versnelling van de zwaartekracht (m/s²)

v = gemiddelde luchtsnelheid in de buis (m/s)

$\sum K$ = som van de weerstandsgetallen van intreding, bochten, appendages, uittreding, etc. (dimensieloos)

Definitie warmte-uitwisselingsrendement :

$$q = \frac{T_{\text{lucht einde grondbuis}} - T_{\text{atmosfeer}}}{T_{\text{bodem}} - T_{\text{atmosfeer}}} \quad (\text{formule 2})$$

q = warmte - uitwisselingsrendement

T = temperatuur (K)

REEDS EERDER VERSCHENEN PROEFVERSLAGEN

Published research reports

Proefverslag P 1.1

"Toepassing van een onderkomen in de Veluwestal"

Proefverslag P 1.2

"Mogelijkheden tot verbouwing van volledig roostervloerstallen tot gedeeltelijk roostervloer- en kistenstallen voor mestvarkens"

Proefverslag P 1.3

"Vergelijking van de kistenstal en de volledig roostervloerstal voor mestvarkens"

Proefverslag P 1.4

"De Turbomat voerautomaat in vergelijking met de droogvoerbak bij mestvarkens"

Proefverslag P 1.5

"Het effect van speenkorrel en babybiggenkorrel (vanaf ± 2 weken na spenen) op de opfok- en mestresultaten"

Proefverslag P 1.6

"De systematische verschillen in bedrijfsresultaten op varkenshouderijbedrijven"

Proefverslag P 1.7

"Wel of geen verwarming in halfroostervloerstallen"

Proefverslag P 1.8

"De invloed van één- of tweemaal insemineren in dezelfde brnistperiode op de vruchtbaarheid van zeugen"

Proefverslag P 1.9

"Vergelijking van drie luchtinlaatsystemen bij mestvarkens"

Proefverslag P 1.10

"Verloop van groei en voederconversie tijdens de mestperiode"

Proefverslag P 1.11

"De invloed van de volgorde van onbeperkt en beperkt voeren op de mesterijresultaten van vleesvarkens"

Proefverslag P 1.12

"Vergelijking van brijvoeding m.b.v. een volautomatische brijvoerinstallatie met droogvoeding via de droogvoerbak"

Proefverslag P 1.13

"Methode voor een economische evaluatie van bedrijfsaanpassingen in de varkenshouderij"

Proefverslag P 1.14

"Praktijkonderzoek naar groepshuisvesting van zeugen in combinatie met een krachtvoerstation"

Proefverslag P 1.15

"Het voeren van Corn-Cob-Mix in brijvorm aan mestvarkens"

Proefverslag P 1.16

"Het mesten van beren"

Proefverslag P 1.17

"Vergelijking van twee brijvoersystemen en twee water/voerverhoudingen voor mestvarkens"

Proefverslag P 1.18

"Het effect van direct beercontact bij gelten"

Proefverslag P 1.19

"Ervaringen met grondbuisventilatie in een kraamafdeling"

Exemplaren van proefverslagen kunnen worden verkregen door f 7,50 per verslag over te maken op postgirorekeningnummer 51.73.462 ten name van het Proefstation voor de Varkenshouderij, Lunerkampweg 7, 5245 NB ROSMALEN, onder vermelding van het gewenste verslagnummer.

U kunt zich ook abonneren op het periodiek PRAKTIJKONDERZOEK VARKENSHOUDERIJ. U ontvangt dan 6 keer per jaar een periodiek met daarin de resultaten van het onderzoek. U heeft dan de mogelijkheid om onderzoeksverslagen gratis te bestellen. Bovendien ontvangt u de jaarverslagen van de regionale proefbedrijven en het Proefstation gratis. U kunt zich hierop abonneren door f 35,- over te maken op postgirorekeningnummer 51.73.462 ten name van het Proefstation voor de Varkenshouderij, Lunerkampweg 7, 5245 NB ROSMALEN, onder vermelding van periodiek Praktijkonderzoek Varkenshouderij.