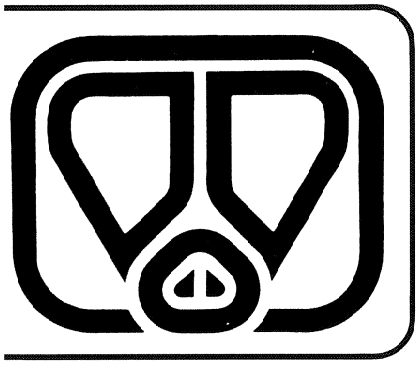
ing. M.M.L. van
Asseldonk
ir. J.A.M. Voermans

Toepassing van biobedden in de varkenshouderij

The use of biofilters for pighusbandry



Proefstation voor de Varkenshouderij

Postbus 83
5240 AB ROSMALEN
Tel.: 04192-19026

Proefverslag nummer 1.47
november 1989

INHOUDSOPGAVE

		pagina
	VOORWOORD	4
	FOREWORD	4
	SAMENVATTING	5
	SUMMARY	7
1.	INLEIDING	8
	INTRODUCTION	8
1.1	Algemeen	8
1.2	Ammoniakemissie uit de stal	9
1.3	Luchtreiniging	10
2.	VENTILATIE-EISEN EN DE LUCHTBEHANDELING	12
	VENTILATION DEMANDS AND AIR TREATMENT	
2.1	De luchtbehandeling	12
2.2	De luchtafvoer	12
2.2.1	Afzuiging per afdeling	12
2.2.2	Centrale afzuiging via de zijwand	13
2.2.3	Centrale afzuiging via een grondkanaal	14
3.	DE BOUW VAN HET BIOFILTER	16
	THE CONSTRUCTION OF THE BIOFILTER	
3.1	De afmeting van het biobed	16
3.2	Het filtermateriaal	17
3.2.1	Het vochtgehalte	17
3.2.2	Het drukverlies	17
3.3	De ventilatoren	18
3.4	De drukkamer	20
3.5	Het stoffilter	22
3.6	De luchtverdeling onder het biobed	22
3.7	De pompput	23
3.8	Het biobed	24
3.8.1	De lattenbodem	24
3.8.2	De wand van het biobed	25
3.8.3	Het filtermateriaal	26
3.8.4	De beregeningsinstallatie	26
4.	HET ONDERHOUD	29
	MAINTENANCE	
4.1	De drukkamer	29
4.1.1	Het stoffilter	29
4.1.2	De ventilatoren	29
4.2	Het filtermateriaal	30
4.2.1	Het omzetten van het filtermateriaal	30
4.2.2	De afbraak van het filtermateriaal	30
4.3	De beregeningsinstallatie	30
4.4	De controle van de apparatuur	31
4.5	De arbeidsbehoefte van biobedden	31

5.	DE KOSTEN *COSTS*	33
5.1.	Investeringskosten	33
5.1.1	Investeringskosten voor de aanschaf van één biobed voor de gehele stal	33
5.1.1.1	Stal	33
5.1.1.2	Drukkamer	34
5.1.1.3	Pompput	34
5.1.1.4	Biobed	34
5.1.2	Investeringskoste n voor de aanschaf van één biobed per afdeling	38
5.2	Jaarlijkse kosten	38
6.	CONCLUSIE EN DISKUSSIE *CONCLUSION AND DISKUSSION*	39
6.1	Het praktijkschaal biofilter zoals dit op het Proefstation onderzocht is	39
6.2	De toepassing van een biobed voor een stal met 480 vleesvarkens	39
6.3	Aanbevelingen voor vervolgonderzoek	40
7.	LITERATUUR *LITERATURE*	41

VOORWOORD
FOREWORD

De emissie van ammoniak door de intensieve veehouderij draagt bij aan de verzuringsproblematiek in Nederland. In opdracht van de verschillende overheidsinstanties wordt binnen een breed onderzoeksprogramma gezocht naar bestrijdingsmogelijkheden voor verzurende emissie.
In de periode 19851986 heeft er een vooronderzoek plaatsgevonden (uitgevoerd door MT-TNO) naar de mogelijkheden van biofiltratie van ammoniak bevattende stallucht in de intensieve veehouderij.
Dit vooronderzoek bestond uit een laboratoriumonderzoek naar biologische afbraak van ammoniak, een onderzoek naar de consequenties voor de praktijk en proeven met pilotpant installaties bij stallen.
Op grond van de hierbij gevonden resultaten is op het Proefstation voor de Varkenshouderij een praktijkschaal biofilter gebouwd. Gedurende de periode september 1987 t/m augustus 1988 is op het Proefstation de bedrijfsvoering van dit filter bestudeerd. Dit onderzoek is in samenwerking met het IMAG en TNO-MT uitgevoerd.
Het project is gefinancierd door het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Tevens hebben het Onderzoeks- en Saneringsfonds voor de landbouw, het Fonds Hinderwetpreventie Veeteeltbedrijven en het IMAG bijgedragen in de kosten van het onderzoek.
De resultaten van dit onderzoek worden weergegeven in het rapport “Biofiltratie van ammoniak bevattende stallucht bij de intensieve veehouderij, fase 3: onderzoek aan een praktijschaal biofilter”, (Eggels en Scholtens, MT-TNO en IMAG, 1989).
Het nu voor u liggende rapport is geschreven door ing. M.M.L. van Asseldonk en ir. J.A.M. Voermans van het Proefstation voor de Varkenshouderij. Het gaat uit van de resultaten van bovengenoemd rapport.
Voor meer gedetailleerde informatie met betrekking tot de resultaten van de diverse metingen wordt dan ook verwezen naar dit TNO-MT, IMAG-rapport. Aan de hand van een door het Proefstation verricht literatuuronderzoek is ook informatie verwerkt omtrent de bouwkundige eisen voor de toepassing van biobedden bij vleesvarkensstallen.

SAMENVATTING

In verband met het terugdringen van de ammoniakemissie is op het Proefstation voor de Varkenshouderij te Rosmalen een onderzoek verricht met een praktijkschaal-biofilter. Dit onderzoek is in samenwerking met het IMAG en MT-TNO uitgevoerd, gedurende de periode september 1987 tot en met augustus 1988. In dit verslag worden de bouwkundige aspecten van het biobed en de hierbij behorende financiële consequenties weergegeven.
Uit het onderzoek op het Proefstation is gebleken dat voor een goede ventilatie in de stal het overwinnen van het drukverlies over het biobed van essentieel belang is. Hierbij moet uitgegaan worden van een drukverlies van 120 Pascal maximaal, voor een biobed gevuld met heide-vezelturf als filtermateriaal, een oppervlaktebelasting van 300 m^3/m^2 filteroppervlak per uur en een vulhoogte van 50 cm.
Het biobed, gevuld met compost-boomschors als filtermateriaal, heeft een maximaal drukverlies van 250 Pascal, bij een oppervlaktebelasting van 450 m^3/m^2 filteroppervlak per uur en een vulhoogte van 50 cm. Om dit drukverlies te kunnen overwinnen is de aanschaf van zwaardere ventilatoren noodzakelijk. Onder bovengenoemde omstandigheden zijn op het Proefstation reducties van minimaal 85% voor de ammoniakemissie en minimaal 75% voor de stank-emissie behaald.
Uit literatuuronderzoek is gebleken dat er voor wat betreft de luchttoevoer naar het biobed verschillende mogelijkheden zijn, namelijk:
* per afdeling een afvoer naar een afzonderlijk biobed;
* centrale afzuiging boven de roosters naar een gezamenlijk biobed;
* centrale afzuiging onder de roosters naar een gezamenlijk biobed.

Bij deze laatste twee systemen kan het ventilatiedebiet geregeld worden met behulp van stalventilatoren of diafragmaschuiven. De stallucht wordt in een centraal kanaal (ook wel drukkamer genoemd) vezameld. De stallucht wordt met behulp van een stoffilter ontdaan van stof en vervolgens met landbouwventilatoren door het biobed geduwd. Het biobed zelf bestaat uit een luchtverdelingsruimte onder het biobed en een lattenrooster met hierop het filtermateriaal (heide-vezelturf of compost-boomschors). Een goede bevochtiging van het filtermateriaal (door middel van een beregeningsinstallatie met vochtvoelers) is een vereiste voor een goede werking van het biofilter. Een droog filter zal minder ammoniak en stankstoffen verwijderen. Bovendien is het moeilijk om een eenmaal droog biofilter weer op gang te krijgen, zodat voldoende ammoniak en stankstoffen afgebroken zullen worden. Verder dient het filtermateriaal regelmatig omgezet te worden om te voorkomen dat het drukverlies te hoog oploopt en de ventilatie in de stal verslechtert.
Voor het zuiveren van de stallucht van een vleesvarkensstal met 480 vleesvarkensplaatsen dient men dus een keuze te maken uit twee systemen: per afdeling een afvoer naar een afzonderlijk biobed of centrale afzuiging naar één gezamenlijk biobed. De investeringskosten voor de aanschaf van het systeem, waarbij de stallucht per afdeling naar een afzonderlijk biobed wordt afgevoerd, komen uit op circa f 132.000,- voor een biobed met heide-vezelturf als filtermateriaal en f 136.000,- voor een biobed met compost-boomschors als filtermateriaal. De jaarlijkse kosten bedragen dan f 22,- per afgeleverd vleesvarken (uitgaande van drie mestronden per jaar) voor het biobed met heide-vezelturf als filtermateriaal en f 23,- per afgeleverd mestvarken voor het biobed met compost-boomschors als filtermateriaal.
Wanneer men de stallucht met behulp van één gezamenlijk biobed zuivert liggen de investeringskosten aanzienlijk lager: ongeveer f 86.000,- voor een biobed met heide-vezelturf als filtermateriaal en f 85.000,- voor een biobed met compost-boomschors als filtermateriaal. De jaarlijkse kosten bedragen dan f 16,- per afgeleverd vleesvarken voor het biobed met heide-vezelturf als filtermateriaal en f 17,- per afgeleverd vleesvarken voor het biobed met compost-boomschors als filtermateriaal. Bij bovenstaande investeringsbedragen is uitgegaan van een bestaande stal met de aanwezigheid van een mechanisch ventilatiesysteem. In geval van de aanwezigheid van een natuurlijk ventilatiesysteem neemt het

noodzakelijke investeringsbedrag toe. Het zuiveren van de stallucht met behulp van een gezamenlijk biobed met heidevezelturf als filtermateriaal verdient dus de voorkeur. Er dient hierbij wel een goed ventilatiesysteem aanwezig te zijn. De ventilatie van de ene afdeling mag niet beïnvloed worden door de ventilatie van een andere afdeling.

SUMMARY

The environmental pollution, in particular the emission of ammonia, from animal husbandry in the Netherlands has to be decreased by at least 50 % within several years. The Research Institute for Pig Husbandry has carried out a study on the possibilities of biofilters to reduce the ammonia-emission from the ventilation air.
This research project was carried out in cooperation with the Institute of Agricultural Engenering (IMAG) and TNO Division Technology for Society (MT-TNO) and The Ministry of Housing, Fysical Thanning and Environment (VROM).
The experiments took place from september 1987 till august 1988. The biofilter was connected with a compartment of a finishing house with 96 animals. The pigs were placed in the pens at a live weight of about 25 kg and were slaughtered between 105 and 110 kg live weight.
The biofilter had two seperated sections. One was filled with a mixture of heather and peat, the other one with a mixture of bark and compost. From the point of view of energy consumption the counterpressure of the filter is important. Between these two filters there was a large difference. The counterpressure is expressed as Pascal/m^3 air/h.m^2 surface of the filter. For the heather-peat filter a counter pressure of 120 Pa at a ventilation rate of 300 m^3 air/m^2.h or 0.40 Pa/m.h was measured. For the bark-compostfilter a counterpressure of 250 Pa at a ventilation rate of 450 m^3 /m^2.h or 0.56 Pa/m.h was measured. After passing the filter, the reduction of ammonia and odours in the ventilation air amounted to respectively 85 % and 75 %.
To reach these reductions the maintenance of the biofilter is very important. Every 4 months the filter material has to be mixed to reduce the pressure loss. The humidity of the filter material is important for a good reduction of ammonia and odor. The humidity of the filter can be controlled with a sprinkler installation.
The dimension of the biofilter (varying from 100-192 m^2 for 480 fattening pigs) depends on the type of filter material and how the biofilter is connected to the pig house. For the connections two options are calculated. In the first option there is one biofilter for the whole house. In the alternative option each compartment is connected to a seperate filter. Each option asks for a specific climate controll system in the pig house.

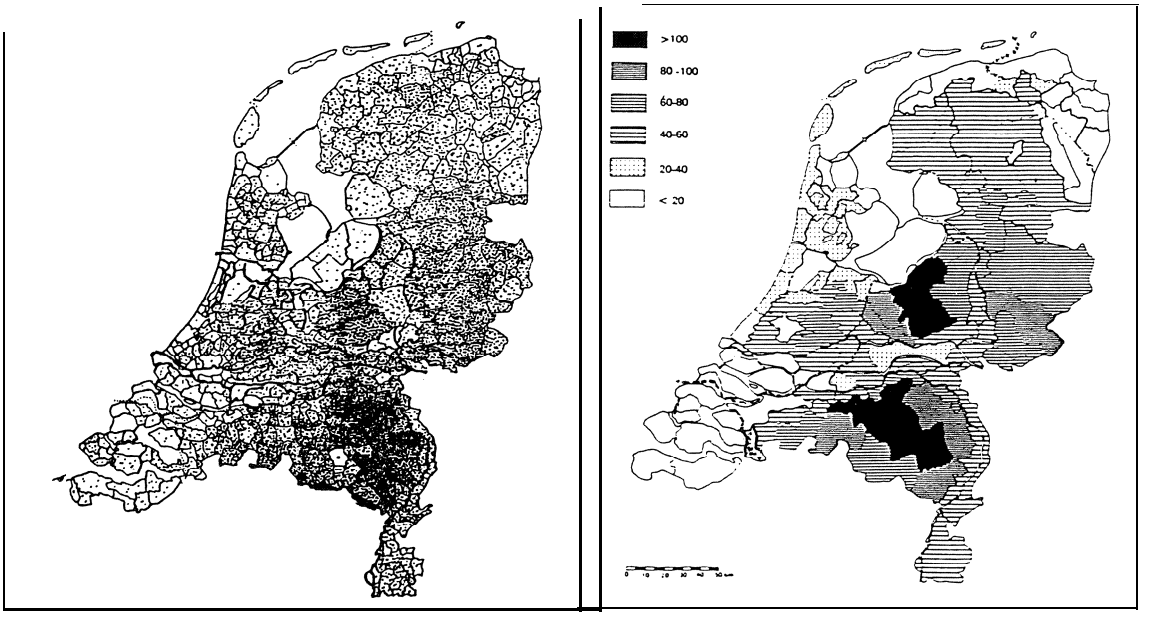
The annual costs of a biofilter varys from f 16.- to f 23.- per delivered slaughter pig. When one biofilter is used for a house of 480 fatterning pigs the annual costs are f 16.- per delivered slaughter pig for a biofilter with heather-peat as filter material and f 17.- for a biofilter with a bark-compost mixture. The total investment costs are f 86,000.-. When seperate biofilters ar built for every compartment the annual costs are f 22.- for heather-peat as filter and f 23.- for a bark-compost filter. The total investment costs are f 134.000,-
Critical points of the biofilter are the interference in ventilation between the different compartments, when one filter for a complete pig house is built, and the removal of the water which has been used to controll the humidity. This water contains a lot of nitrate and has to be handled as slurry. This can increase the total costs significantly.

1 INLEIDING
INTRODUCTION

1.1 Algemeen

Agrarische bedrijven vormen een belangrijke bron van ammoniakemissie en stankhinder. Mede door de sterke groei van de intensieve veehouderij gedurende de laatste decennia en een toenemende bewustwording van de problematiek rondom de verzuring is het probleem rondom ammoniakemissie in de intensieve veehouderij actueel geworden.
De ammoniakemissie in Nederland hangt nauw samen met de situering van de veehouderij in Nederland. In figuur 1 wordt hiervan een overzicht gegeven. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de rundveehouderij een groot gedeelte van de ammoniakemissie voor zijn rekening neemt (circa 60% van de ammoniakemissie, welke door de veehouderij wordt veroorzaakt) (Veehouderij en ammoniakemissie, 1988).
Het beleid van de overheid is er op gericht om in het jaar 2000 de uitstoot van ammoniak met minimaal 50% en mogelijk 70% te verminderen ten opzichte van de uitstoot van 1980. Bij de overige verzurende stoffen zoals SO_2 (voornamelijk afkomstig van de industrie) en NO, (voornamelijk afkomstig van het wegverkeer, maar ook van de industrie) dienen de emissies met 70% respectievelijk 30% verminderd te worden ten opzichte van de uitstoot in 1980 (Veehouderij en ammoniakemissie, 1988).
Ammoniak en stankstoffen komen vrij bij de produktie van mest in de stal, bij de opslag van mest en tijdens het uitrijden van mest. Wil men de ammoniakemissie en de stankhinder beperken dan dient er op elk van die plaatsen iets gedaan te worden, anders ontstaat er alleen een verschuiving van de emissie van de stal naar de opslag, naar het uitrijden enzovoort. De ammoniak- en de stankemissie kan door de volgende aanpassingen verminderd worden:

* in de stal
  - aanpassen huisvestingssyteem;
  - meerfasevoedering;
  - mest snel de stal uit;
  - het zuiveren van de stallucht:
  - mest bewerken (bijvoorbeeld aanzuren);
* tijdens de opslag:
  - afgesloten opslag;
* tijdens uitrijden:
  - uitrijden bij vochtig, koud en regenachtig weer;
  - injecteren van de mest in de bodem;
  - snel onderwerken van de mest.



Figuur 1: Situering van de veehouderij en de NH3-emissie

1.2 Ammoniakemissie uit de stal

Er zijn verschillende technieken om de NH_3-emissie via de stallucht te verminderen. Allereerst kunnen de varkens op een andere manier worden gehuisvest. De ammoniakemissie in een stal is namelijk afhankelijk van:

* de grootte van het mestoppervlak en het type roostervloer;
* samenstelling van de mest;
* luchtsnelheid boven de mest;
* de temperatuur in de stal;
* de verblijftijd van de mest in de stal.

Wanneer het mestoppervlak groter is zal er meer ammoniak in de stallucht komen, met als gevolg dat er ook meer ammoniak met de stallucht naar buiten wordt gebracht. Door over te schakelen van een stal met volledig roostervloer naar een stal met halfroostervloer wordt het contactoppervlak van mest met de stallucht kleiner (dit geldt alleen wanneer er een stankslot aanwezig is en er geen bevuiling op de dichte vloer plaatsvindt). De ammoniakemissie zal dan ook minder worden. Voor het type roostervloer geldt, dat een rooster dat de mest beter doorlaat mogelijk bijdraagt aan een vermindering van de ammoniakemissie. In tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de momenteel geldende normen voor de NH_3-emissie bij diverse huisvestingssystemen. Voor het verlenen van een hinderwetvergunning wordt gerekend met deze waarden.

Ook de ruimtetemperatuur in de stal en de temperatuur van de mest spelen een rol bij de ammoniakemissie. Bij een hogere ruimtetemperatuur zal er meer ammoniak vervluchtigen, natuurlijk in relatie met het ventilatiedebiet in de stal.

Wanneer de mest lang in de stal blijft zal er meer ammoniak vervluchtigen. Bij de opslag van mest worden allerlei eiwitten afgebroken. Hierbij ontstaat ammoniak, wat naarmate de mest langer in de stal blijft meer kans krijgt om te vervluchtigen.

Door de mest snel uit de stal te verwijderen beoogt men de ammoniakemissie zoveel mogelijk te beperken. Op het Proefstation voor de Varkenshouderij wordt onderzoek verricht naar de invloed van opslag buiten de stal op de ammoniakemissie.
Zonder iets aan de huisvesting te doen kan ook de ventilatielucht opgevangen en gezuiverd worden. De meest voorkomende technieken voor het zuiveren van de ventila-

Tabel 1: De ammoniakemissie per plaats per jaar bron: Veehouderij en NH_3-emissie, 1988.
Table 1: Amonia-emission per place per year.

Diersoort	Emissie in kg NH_3 per dierplaats per jaar)1
Melkkoe	8,8
Jongvee	3,9
Fokzeug	8,1
Opfokzeug tot 7 mnd	
- VR)2 en HR)3 en volledig onderkelderd	1,9
- HR met stankafsluiter	0,9
Vleesvarken	
- VR en HR en volledig onderkelderd	2,2
- HR met stankafsluiter)4	1,1

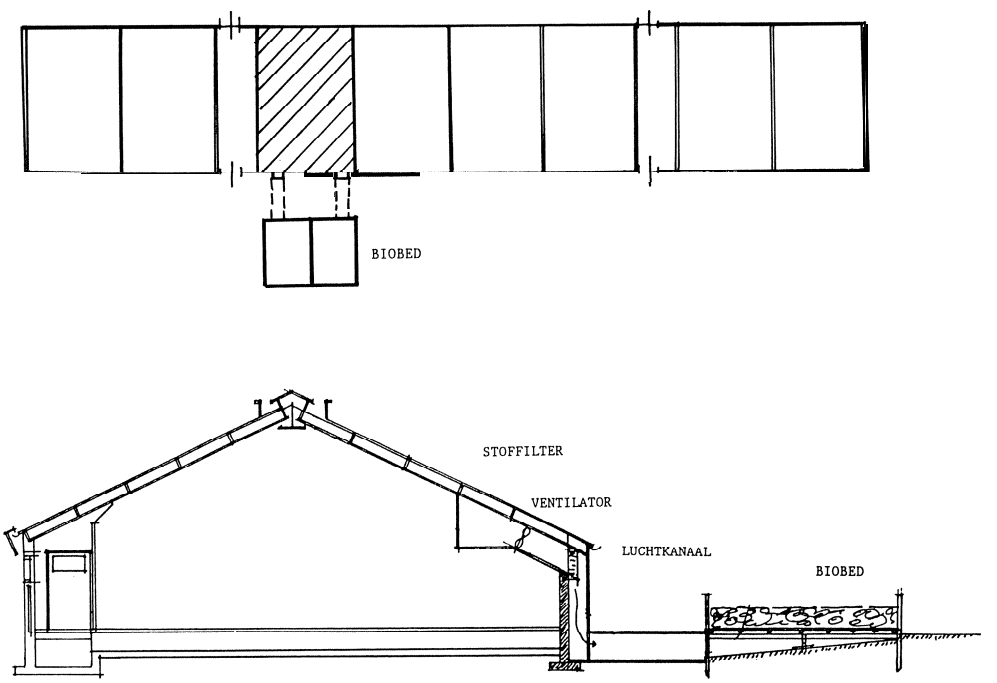
)1 Als de emissie bekend is kan met behulp van een omrekeningsfactor (welke afhankelijk is van de afstand tot een verzuringsgevoelig gebied en de soort vegetatie) de depositie van verzurende stoffen in een bepaald gebied berekend worden.
)2 VR = volledig roostervloer.
)3 HR = halfroostervloer.
)4 Een stankafsluiter houdt in dat er scheidingswanden opgetrokken moeten worden vanaf de kelderbodem en onder de oplegging van de roosters.

tielucht zijn:
- een luchtwasser;
- een biobed.

1.3 Luchtreiniging

Bij een luchtwasser wordt stallucht intensief gemengd met een wasvloeistof (bijvoorbeeld water). Door het wassen worden NH_3 en geurcomponenten uit de ventilatielucht gehaald en eventueel door bacteriën afgebroken tot onder andere nitraat.
Bij een biobed wordt de ventilatielucht vanuit de stal naar een biobed geleid. De af te voeren stallucht wordt door bacteriële werking gezuiverd van NH_3 en stankcomponenten. Beide systemen kunnen NH_3 en stankcomponenten voor 80 - 90% uit de stallucht verwijderen (Veehouderij en NH_3-emissie, 1988).
Op het Proefstation voor de Varkenshouderij wordt sinds september 1987 de stallucht van een vleesvarkensafdeling met behulp van een biobed gezuiverd. De stallucht van één afdeling wordt via een ondergronds kanaal naar een biobed geleid. De ammoniak wordt vervolgens door bacteriën omgezet tot onder andere nitraat.
Het biobed bestaat uit twee afzonderlijke compartimenten welke beide gedurende één jaar beproefd zijn. Het ene compartiment is gevuld met een mengsel van heide en vezelturf. Het andere compartiment is gevuld met een mengsel van compost en boomschors. De twee vulmaterialen onderscheiden zich in:
* de kosten; heide-vezelturf is goedkoper;
* het drukverlies; heide-vezelturf heeft minder drukverlies. Hierdoor hoeft de ventilator minder druk te overwinnen;
* de belasting; compost-boomschors kan zwaarder belast worden. Het oppervlak van dit biobed kan dan ook iets kleiner zijn.

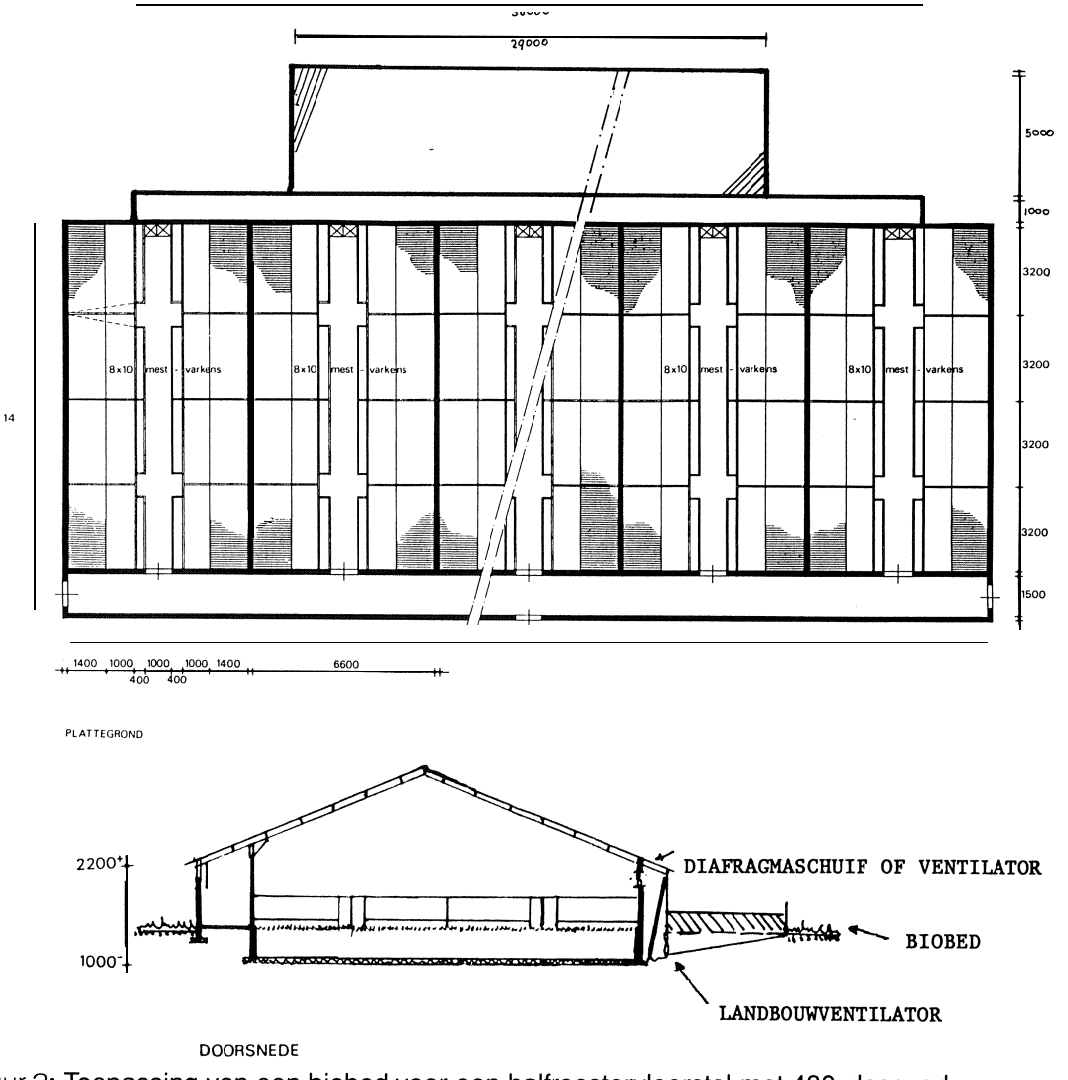
De biobedden zuiveren samen de stallucht van een afdeling, met 96 vleesvarkens. In figuur 2 wordt schematisch weergegeven van de compartimenten welke op het Proefstation voor de Varkenshouderij gebruikt worden.
Onder praktijkomstandigheden zullen bio-



Figuur 2: Biobedden toegepast bij een vleesvarkensafdeling.
Biofiltra tion in a fa tterninghouse.

bedden gebouwd worden om de stallucht van een gehele vleesvarkensstal (bijvoorbeeld 480 vleesvarkens, zie figuur 3) te zuiveren (in 3.1 zal verder ingegaan worden op de afmetingen van het biobed). In dit rapport zijn een aantal alternatieven aangegeven en zijn berekeningen uitgevoerd met een halfroostervloerstal voor 480 vleesvarkens (6 afdelingen à 80 plaatsen). Hoofdstuk 2 gaat verder in op de ventilatie-eisen en de luchtbehandeling. In hoofdstuk 3 en 4 zullen de bouw van het biobed en de noodzakelijke onderhoudswerkzaamheden uitgewerkt worden.

Tot slot wordt in hoofdstuk 5 een overzicht gegeven van de kosten. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt in de investeringskosten en de jaarlijkse kosten voor één biobed voor een gehele stal of één biobed per afdeling.



Figuur 3: Toepassing van een biobed voor een halfroostervloerstal met 480 vleesvarkens plaatsen.
Biofiltration for a house with half slatted floor and with 480 fattering pigs

2 VENTILATIE-EISEN EN LUCHTBEHANDELING
VENTILATION DEMANDS AND AIR TREATMENT

2.1 De luchtbehandeling

Voor het behalen van goede bedrijfsresultaten is een goed funktionerend ventilatiesysteem noodzakelijk. Met de geventileerde stallucht worden alle geproduceerde gassen, het H_2O en de overtollige warmte afgevoerd.
Over het algemeen gelden de volgende ventilatienormen voor vleesvarkens, variërend in gewicht van 25 kg (bij opleg) tot circa 105 kg (bij afleveren):
- 25 kg: minimale ventilatiehoeveelheid m^3 /dier/uur ('s winters),maximale ventilatiehoeveelheid 15 m^3 /dier/uur ('s zomers);
- 105 kg: minimale ventilatiehoeveelheid 27 m^3 /dier/uur ('s winters), maximale ventilatiehoeveelheid 120 m^3 /dier/uur ('s zomers) (van 't Klooster et al, Klimaatsnormen voor Varkens, 1989).

Gedurende een mestronde zullen de ventilatiehoeveelheden continu aangepast dienen te worden.
Voor een afdeling met 80 vleesvarkens bedraagt de minimale ventilatiehoeveelheid 720 m^3 stallucht/uur en de maximale ventilatiehoeveelheid 9600 m^3 stallucht/uur.
Als ventilatiesystemen kunnen natuurlijke en mechanische ventilatiesystemen toegepast worden. Luchtzuivering door middel van biobedden vereist een mechanisch ventilatiesysteem. Wanneer men biobedden bij een natuurlijk geventileerde stal wil toepassen zullen de kosten extra hoog worden. In het vervolg zal dan ook alleen ingegaan worden op het mechanisch ventilatiesysteem.
Verse lucht kan door directe of indirecte luchtinlaatsystemen in de stal gebracht worden. Bij directe luchtinlaat komt de buitenlucht rechtstreeks in de afdeling.
Het voordeel van indirecte luchtinlaat is dat de lucht in de winterperiode kan worden voorverwarmd. Een indirecte luchtinlaat kan men realiseren door klepventilatie, plafondventilatie en deurventilatie, al dan niet gecombineerd met grondbuisventilatie.

2.2 De luchtafvoer

De stallucht wordt met behulp van één of meer ventilatoren van de afdeling naar het biobed getransporteerd. De hoeveelheid lucht die een ventilator kan verplaatsen is sterk afhankelijk van de tegendruk. Voor normale omstandigheden is die tegendruk laag, tot 30 à 50 Pascal (Pa). Als gevolg van een lange ventilatiekoker en een regenkap op de koker kan de weerstand (= tegendruk) al zodanig toenemen dat de capaciteit drastisch terugloopt. Bij toepassing van biobedden is de tegendruk zo groot dat men over dient te stappen op zwaardere axiaal- (of schroef-) ventilatoren. Maar ook hier is er een duidelijke relatie tussen capaciteit en tegendruk.
Bij de aanschaf van ventilatoren dient men voor het biobed, dat gevuld is met heidevezelturf, rekening te houden met een drukverlies van maximaal 120 Pa bij een oppervlaktebelasting van 300 m^3 stallucht/m^2 biofilter/uur* en een vulhoogte van 50 cm. Voor het compost-boomschors mengsel bedraagt het drukverlies maximaal 250 Pa bij een oppervlaktebelasting van 450 m^3 stallucht/m^2 biofilter/uur* en een vulhoogte van 50 cm (Eggels en Scholtens, 1989).
Er zijn verschillende mogelijkheden om de lucht van een afdeling naar het biobed te leiden. De volgende mogelijkheden zullen verder uitgewerkt worden:
- per afdeling een afvoer naar een afzonderlijk biobed;
- centrale afzuiging boven de roosters naar een gezamenlijk biobed;
- centrale afzuiging onder de roosters naar een gezamenlijk biobed.

2.2.1 Afzuiging per afdeling

Op het Proefstation voor de Varkenshouderij wordt de stallucht van één afdeling met behulp van een biobed gezuiverd. Hiervoor wordt de lucht via een kanaal naar het biobed geleid (zie figuur 2, hoofdstuk 1). Het is mogelijk om op deze manier de stallucht van een hele stal te zuiveren. Per afdeling

* oppervlakte belasting: het aantal m^3 stallucht dat per uur gezuiverd moet worden per m^2 biofilteroppervlak

wordt de stallucht naar een afzonderlijk biobed geleid. Doordat de stallucht van elke afdeling afzonderlijk wordt afgezogen, wordt voorkomen dat de ventilatie- hoeveelheden van de diverse afdelingen onderling beínvloed worden.

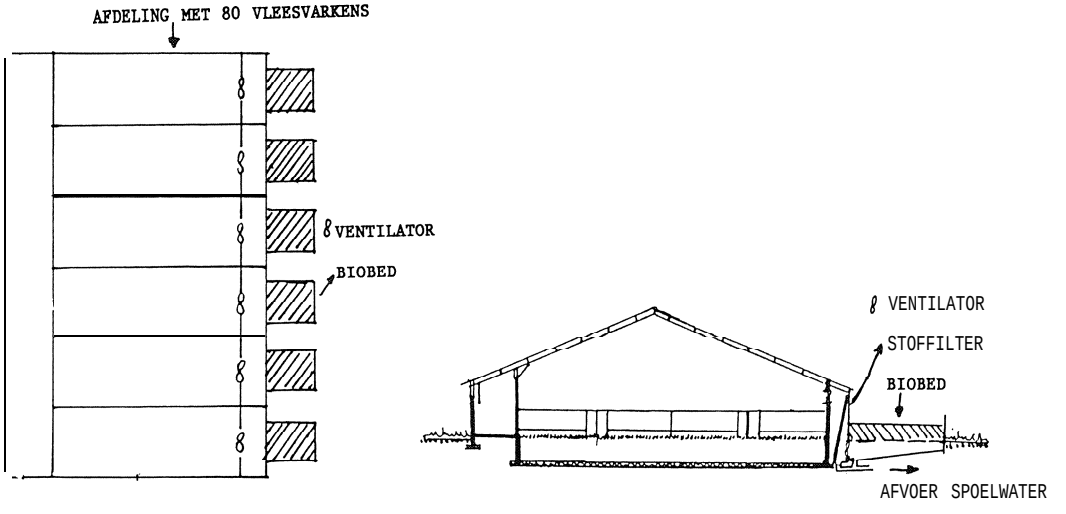
In figuur 4 wordt de mogelijkheid om per afdeling de stallucht te zuiveren weergegeven. De plaatsing van een extra luchtkanaal direct naast de afdeling, met de ventilatoren in de zijmuur, is financieel gezien de meest gunstige situatie (Eggels en Scholtens, 1989).

Per afdeling zijn er 1 à 2 ventilatoren, die het maximale drukverlies moeten kunnen overwinnen.
Spoelwater is, samen met het regenwater, nodig om het vochtgehalte in het biobed op peil te houden en om het teveel aan nitraat uit te spoelen.

2.2.2 Centrale afzuiging via de zijwand

Door middel van centrale afzuiging is het mogelijk om meer afdelingen via één luchtkanaal met een (of meer) ventilator(en) te ventileren. Tot nu toe werd dit systeem toegepast bij stallen met kleine ventilatie- hoeveelheden zoals kraamstallen. De lucht van 3 à 6 afdelingen wordt hierbij met behulp van één ventilator afgezogen.
Wanneer één biobed gebruikt wordt voor het zuiveren van de stallucht van een gehele stal, kan er gebruikt gemaakt worden van centrale luchtafzuiging. Hiertoe wordt de ventilatielucht eerst in een verzamelkanaal gebracht om van daaruit door het biobed geduwd te worden. Bij centrale afzuiging dient voorkomen te worden dat de ventilatiehoeveelheden van de diverse afdelingen onderling beínvloed worden. In een afdeling met zware varkens zal aanzienlijk meer geventileerd worden dan in een afdeling met lichte varkens. Door middel van het creëren van een constante onderdruk in het verzamel kanaal kan deze beínvloeding worden voorkomen. Afhankelijk van die druk zijn er twee mogelijkheden om de afzonderlijke afdelingen te ventileren:

1. onderdruk afgestemd op de minimale ventilatiebehoefte van een afdeling met lichte dieren. Per afdeling worden er 1 of 2 stalventilatoren geplaatst die traditioneel worden gestuurd d.m.v. een klimaatscomputer. Er zijn een aantal landbouwventilatoren nodig (2 à 3) welke de stallucht door het biobed duwen. Deze landbouwventilatoren moeten het drukverlies over het biobed kunnen overwinnen;
2. onderdruk afgestemd op de maximale ventilatiebehoefte van een afdeling met zware dieren. Per afdeling kan volstaan worden met een diafragmaschuif of klep (met hierbij bijvoorbeeld een servomotor welke de klep verder open of dicht zet).

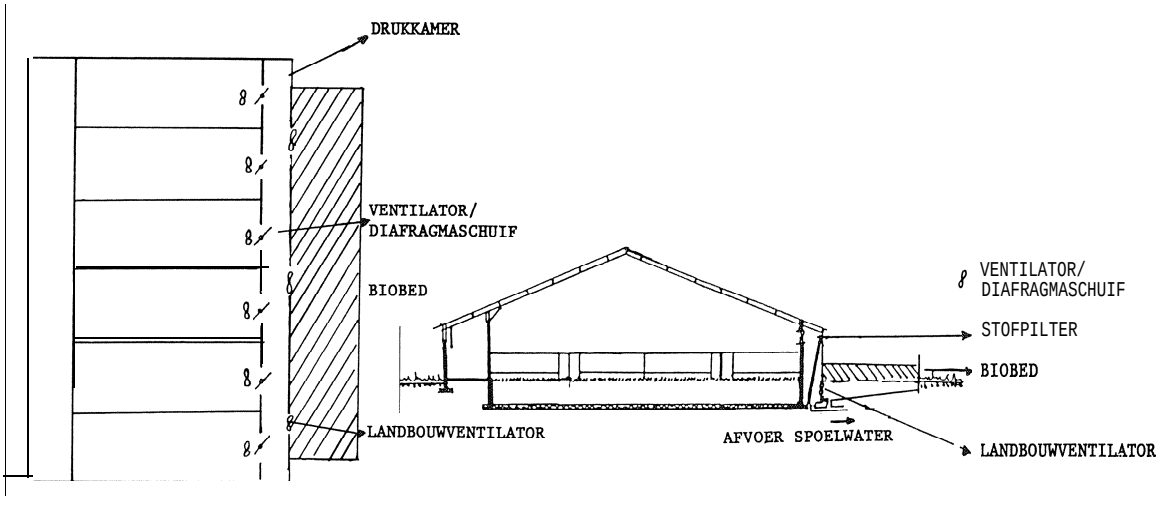


Figuur 4: De toepassing van een biobed in een vleesvarkensstal waarbij de stallucht per afdeling afgezogen wordt naar een afzonderlijk biobed
Biofilter in a fatteninghouse with airexhaust and a separate biofilter

De stand van de schuif of klep bepaalt de ventilatiehoeveelheid. Deze stand kan met een klimaatscomputer geregeld worden. De hoeveelheid lucht wordt door de stand van de klep bepaald. Met behulp van een aantal landbouwventilatoren wordt de stallucht vervolgens door het biobed geduwd.
Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat bij een ventilatieregeling met behulp van diafragmaschuiven en landbouwventilatoren het energieverbuik hoger zal liggen dan wanneer men de stallucht per afdeling met behulp van een afzonderlijk biobed zuivert. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat de landbouwventilatoren continu een hoger drukverlies moeten overwinnen, terwijl bij de toepassing van één biobed per afdeling het maximale drukverlies alleen gedurende een korte periode overwonnen hoeft te worden (wanneer er zware varkens in de afdeling liggen en in de zomer).
Bij beide systemen is een goede regeling van de ventilatoren voor het biobed zeer belangrijk, omdat deze de constante (onder)druk in het verzamelkanaal moeten bewerkstelligen. Opgemerkt moet worden dat er weinig praktijkervaringen bekend zijn omtrent de centrale afzuiging van stallucht in vleesvarkensstallen.
Wanneer men uitgaat van de vleesvarkensstal met 6 afdelingen van elk 80 vleesvarkens dan dient men minimaal 720 m^3/uur en maximaal 9600 m^3/uur per afdeling te ventileren. Voor de gehele stal houdt dit een ventilatiehoeveelheid in van 4.300 - 58.000 m^3/uur. Deze ventilatiehoeveelheden gelden wanneer alle afdelingen tegelijk opgelegd worden. Dit zal in de praktijk echter nooit het geval zijn. Wanneer men er vanuit gaat dat slechts één of een aantal afdelingen tegelijk opgelegd worden dan bedraagt de minimale ventilatiehoeveelheid 7.440 m^3/uur (15,5 m^3/dier/uur) en de maximale ventilatiehoeveelheid, bij een gemiddeld gewicht van 75 kg, 43.500 m^3/uur.
In figuur 5 wordt een overzicht gegeven van centrale afzuiging via de zijwand.

2.2.3. Centrale afzuiging via een grondkanaal

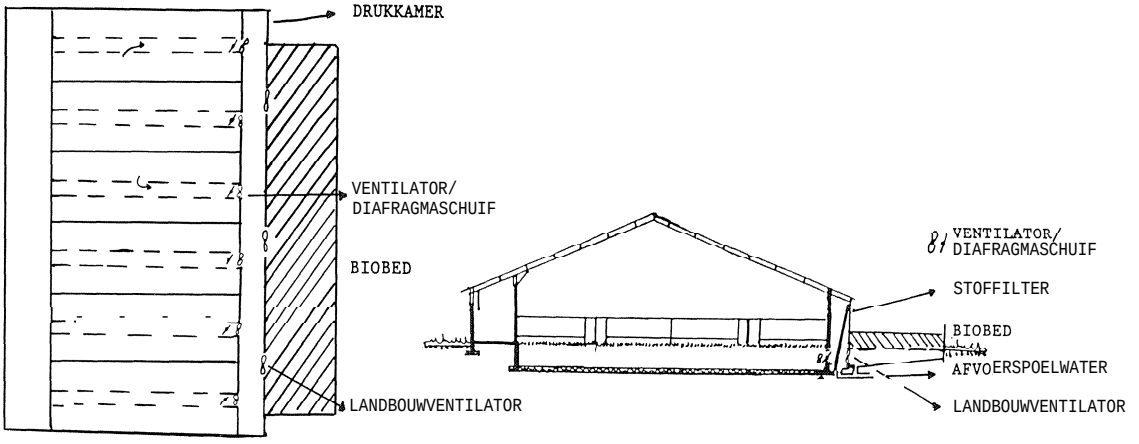
In een stal met biofiltratie bestaat de mogelijkheid om de lucht onder de roosters af te zuigen. Op die manier wordt zo goed mogelijk voorkomen dat de ontwijkende gassen uit de mest in de stal komen. Over produktieresultaten en een eventuele vermindering van de NH_3 -emissie door de toepassing van afzuiging onder de roosters zijn op dit moment nog weinig gegevens beschikbaar. Tocht door de roosters (en hokbevuiling) dient vermeden te worden. Onder de roosters afzuigen is goed te realiseren wanneer de ruimte onder de voergang als luchtkanaal gebruikt wordt. Het kanaal onder de voergang staat, via openingen boven in het kanaal, in verbin-



Figuur 5: Centrale afzuiging boven de roosters, via de zijwand
Central airexhaust above the slats, through the wall

ding met de mestkanalen. De totale doorlaatopening bedraagt 2 cm* /m^3 ventilatorcapaciteit.
Afhankelijk van de onderdruk in het verzamelkanaal zijn ook hier twee mogelijkheden om de afzonderlijke afdelingen te ventileren (zie 2.2.2). In figuur 6 wordt een overzicht gegeven van centrale afzuiging onder de roosters door middel van diafragmaschuiven en/of stalventilatoren.

De stallucht komt via de roosters in het mestkanaal. Vervolgens gaat deze lucht door de openingen naar het kanaal onder de voergang, vanwaar de stallucht naar de centrale gang en het biobed naast de stal wordt afgevoerd.



Figuur 6: Centrale afzuiging via een grondkanaal
Central airexhaust through a groundchanal

3 DE BOUW VAN HET BIOBED
THE CONSTRUCTION OF THE BIOFILTER

3.1 De afmeting van het biobed

De afmeting van het biobed wordt bepaald door de maximale ventilatiebehoefte gedurende de zomerperiode. Uit eerder verricht onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden van biobedden in de varkenshouderij (Zeisig, 1977) kwam naar voren dat voor een goede afbraak van ammoniak en stankstoffen de stallucht minimaal 5 à 6 seconden (op basis van leeg volume) in het biobed moet blijven. Wanneer men uitgaat van een vulhoogte van 50 cm en een verblijftijd van 5 à 6 seconden (op basis van leeg volume) geldt, dat de luchtsnelheid in het filtermateriaal overeenkomt met 8, 3 à 10 cm/sec. Per m^2 filtermateriaal gaat er dan door een laag van 50 cm 300-360 m^3 lucht per uur. Voor 100 vleesvarkens gelden dan de afmetingen zoals weergegeven in tabel 2.
Zeisig en Kreitmeier (1978) komen tot soortgelijke normen voor het oppervlak van het biobed met heide-vezelturf als filtermateriaal.
Op het Proefstation voor de Varkenshouderij zijn zoals eerder vermeld twee typen filtermaterialen met elkaar vergeleken. Hiervoor werd de stallucht van één afdeling door middel van twee afzonderlijke biobedden gezuiverd. In de afdeling werden de vleesvarkens volgens het all-in all-out principe opgelegd. Uit de resultaten van dit onderzoek is gebleken dat een biobed dat gevuld is met heide-vezelturf als filtermateriaal een minimale oppervlakte moet hebben van 0,33 m^2 per vleesvarkensplaats. Hierbij is uitgegaan van de oude ventilatienormen. Wanneer men met de nieuwe ventilatienormen rekent (maximaal ventilatiedebiet van 120 m^3 /dier/uur) dient het biobed een afmeting te hebben van 0,40 m^2 per vleesvarkensplaats. Een biobed gevuld met compost-boomschors als filtermateriaal dient een minimale oppervlakte te hebben van 0,23 m^2 (oude ventilatienormen) per vleesvarkensplaats. Omgerekend naar de nieuwe ventilatienormen wordt dit 0,28 m^2 per vleesvarkensplaats. Compost-boomschors heeft onder andere een compactere structuur, waardoor de ammoniak-belasting groter kan zijn. Dit houdt in dat bij een gelijke ventilatiehoeveelheid het biobed, gevuld met compost-boomschors, kleiner kan zijn dan een biobed gevuld met heide-vezelturf, Wanneer men uitgaat van een stal met 480 vleesvarkens waarbij elke afdeling een afzonderlijk biobed heeft (zie 2.2.1) en dat per afdeling het all-in all-out systeem wordt toegepast, dan heeft elk afzonderlijk biobed een afmeting van 32 m^2 /80 vleesvarkens bij heide-vezelturf als filtermateriaal en 22,4 m^2 /80 vleesvarkens bij compost-boomschors als filtermateriaal.
In verband met de bouwkosten en de luchtverdeling moet het biobed een breedte hebben van 3 tot 5 meter. Om de tegendruk te beperken moet het biobed een vulhoogte hebben van 50 cm. Het biobed gevuld met heide-vezelturf heeft dan een breedte van 5 meter en een lengte van 7,3 meter. Het biobed met compost-boomschors heeft dan een afmeting van 5 meter bij 4,5 meter. Wanneer men één biobed wil gebruiken om de stallucht van een vleesvarkensstal met 480 vleesvarkens te zuiveren (zie 2.2.2 en 2.2.3) dan wordt uitgaan van een maximale belasting bij vleesvarkens van 75 kg. Dit geldt alleen wanneer men de 6 afdelingen gespreid oplegt. Indien dit niet het geval is dient alsnog uitgegaan te worden van een maximale belasting bij varkens van 105 kg (dat wil zeggen 0,40 x 480 = 192 m^2 voor een biobed gevuld met heide-vezelturf).

Tabel 2: De afmetingen van het biobed met heide-vezelturf als filtermateriaal
Table 2: Dimensions of the biofilter with hea th-peat as filtermaterial

	Ventilatiedebiet voor *100* vleesvarkens	Oppervlak biobed voor *100* vleesvarkens
All-in/all-out	12.000 m^3 /uur	33,3 - 40 m^2
Gemiddeld gewicht van 75 kg	9.000 m^3 /uur	25 - 30 m^2

Bij een gespreide opleg dient het biobed met heide-vezelturf een filteroppervlak te hebben van circa 144 m^2 /480 vleesvarkens. Het biobed met compost-boomschors dient een filteroppervlak te hebben van 100 m^2 /480 vleesvarkens. In tabel 3 worden de diverse afmetingen nog eens weergegeven.

3.2 Het filtermateriaal

3.2.1 Het vochtgehalte

Ammoniak en stankstoffen uit de stallucht worden door bacteriën, welke zich hechten aan het filtermateriaal, afgebroken. Voor deze afbraak van ammoniak en stankstoffen moet het filtermateriaal voldoende vochtig zijn en blijven. Dit water in het filtermateriaal vervult de volgende funkties:

* bij een te laag vochtgehalte kunnen de bacteriën niet groeien;
* ammoniak moet allereerst oplossen in water voordat het door de bacteriën omgezet wordt in onder andere NO_3;
* een te laag vochtgehalte verhoogt het risico op kanaalvorming, waardoor ongezuiverde lucht het filter verlaat;
* met het spoelwater wordt de overmaat aan stikstof afgevoerd. Teveel nitraat is giftig voor de bacteriën.

Uit eerder verricht onderzoek (Eggels, 1985) is gebleken dat de omzetting van ammoniak door de bacteriën aanzienlijk daalt bij een daling van het vochtgehalte. Uitdroging van het filtermateriaal dient voorkomen te worden, door de ingaande luchtstroom te verzadigen met water of het biobed regelmatig te besproeien.
Uit dit onderzoek is tevens gebleken dat een biobed met heide-vezelturf als filtermateriaal circa 40 dagen na opstarten een maximaal vochtgehalte heeft bereikt van 75 - 80 gew % (gewichtsprocent). Een biobed gevuld met compost-boomschors als filtermateriaal heeft circa 30 dagen na opstarten een maximaal vochtgehalte bereikt van 62 - 63 gew % (gewichtsprocent). Een biobed gevuld met heide-vezelturf kan dus, op basis van gewicht, meer vocht bevatten dan een biobed gevuld met compost-boomschors.

3.2.2 Het drukverlies

Bij de toepassing van biobedden voor het zuiveren van de stallucht dient rekening gehouden te worden met drukverlies. Dit drukverlies wordt veroorzaakt door het feit dat de stallucht door het filtermateriaal geduwd moet worden. Om de ventilatiekosten zo laag mogelijk te houden is het belangrijk ervoor te zorgen dat het drukverlies over het gehele systeem (stoffilter, luchtverdeling en het filtermateriaal zelf) zo laag mogelijk is. Hierbij wordt uitgegaan van een vulhoogte van het biobed van 50 cm. Wanneer de vulhoogte groter wordt zal het drukverlies toenemen.
Uit eerder verricht onderzoek (Eggels, 1985) en uit de resultaten van het onderzoek zoals dit op het Proefstation verricht is, komt het volgende naar voren.
Het drukverlies over het biobed met heide-vezelturf als filtermateriaal bedraagt maximaal 120 Pa (12 mmWk) bij een belasting van 300 m^3 /m^2 filteropp/uur. Deze belasting komt overeen met een filteroppervlak van 144 m^2 en een maximale ventilatiehoeveelheid van 43.200 m^3 /uur voor een stal met 480 vleesvarkens.

Tabel 3: De afmetingen van het biobed voor 480 vleesvarkens, halfroostervloerstal
Table 3: Dimensions of the biofilter for 480 fattening pigs, partly slatted floor

	Heide-vezelturf			Compost-boomschors		
Situatie	hoogte in cm	oppervlak in m^2	afmetingen in m	hoogte in cm	oppervlak in m^2	afmetingen in m
elke afdeling één biobed met all-in all-out	50	6 * 32 = 192	6* 5 bij 7,3	50	6 * 22,4 = 134	6* 5 bij 4,5
één biobed voor de gehele stal met gespreide opleg	50	144	5 bij 29	50	100	5 bij 20

Het drukverlies over het biobed met compost-boomschors als filtermateriaal bedraagt maximaal 250 Pa (25 mmWk) bij een belasting van 450 m^3/m^2 filteropp/uur. Deze belasting komt overeen met de oppervlakte van het biobed van 100 m^2 en een maximale ventilatiehoeveelheid van circa 43.200 m^3/uur voor een stal met 480 vleesvarkens.
De belasting van het biofilter wordt bepaald door de snelheid waarmee de bacteriën de ammoniak en de stankstoffen af kunnen breken. Is de belasting te hoog, dan zullen de bacteriën niet al het aanwezige ammoniak en stankstoffen afbreken en zal ongezuiverde lucht het biobed verlaten.
Op het Proefstation wordt de stallucht van één afdeling met een biobed gezuiverd. Het drukverlies zal dan slechts een beperkte periode (namelijk wanneer er maximaal geventileerd wordt) de maximale waarde van 120 Pa bij heide-vezelturf en 250 Pa bij compost-boomschors behalen. Wanneer men echter één biobed gebruikt om de stallucht van een gehele stal te zuiveren dan zal het drukverlies over het filter gedurende een langere periode het maximale drukverlies, 120 Pa bij heide-vezelturf en 250 Pa bij compost-boomschors bereiken.
In tabel 4 worden de diverse drukverliezen weergegeven.

3.3 De ventilatoren

Zoals in de vorige paragraaf beschreven is dient rekening gehouden te worden met een maximaal drukverlies van 120 of 250 Pa, afhankelijk van de laagdikte en de aard van het filtermateriaal. Dit drukverlies geldt over het gehele systeem (dat wil zeggen stoffilter, luchtverdeling en het filter zelf) en moet door een goed regelbare ventilator overwonnen worden. In tabel 5 wordt een overzicht gegeven van verschillende ventilatoren die toegepast kunnen worden. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen ventilatoren die een drukverlies van 120 of van 250 Pa kunnen overwinnen. Ook wordt in de tabel het aantal ventilatoren weergegeven dat nodig is om een stal met 480 vleesvarkens voldoende te ventileren, uitgaande van een maximale ventilatiebehoefte van 43.200 m^3/uur, bij een gemiddeld diergewicht van 75 kg (wanneer de gehele stal gespreid wordt opgelegd en wanneer men één biobed voor de gehele stal bouwt). Verder wordt in de tabel weergegeven welke ventilatoren onder andere toegepast kunnen worden wanneer men de stallucht van een afdeling met één afzonderlijk biobed zuivert (aangegeven met biofilter/afdeling), uitgaande van een maximale ventilatiebehoefte van 120 m^3/dier/uur. Er worden slechts een aantal ventilatoren weergegeven; andere ventilatoren zouden ook geschikt kunnen zijn.
Opgemerkt dient te worden dat er weinig praktijkervaring is met centrale afzuiging van de stallucht bij vleesvarkens. Een goede regelbaarheid en bedrijfszekerheid van het systeem is belangrijk.
Op het Proefstation is de stallucht per afdeling met één afzonderlijk biobed gezuiverd. De hierbij gebruikte ventilatoren (Fancom *1450* T) bleken qua bedrijfszekerheid te voldoen. Qua capaciteit voldeed dit type niet aan de gestelde specificaties. Gedurende de proefperiode hebben de ventilatoren in situaties met grote ventilatiebehoefte derhalve niet voldoende geventileerd (Eggels en Scholtens en 1989).

Tabel 4: Het drukverlies over het biobed, afhankelijk van het filtermateriaal en de afmetingen van het biobed, bron: Eggels en Scholtens, *1989*
Table 4: Pressure losses by the biofilter, depending on the filtermaterial and the demensions of the biofilter

Type vulmateriaal	filter hoogte in cm	belasting in m^3/m^2f. /uur	verblijfs-tijd in sec. *	drukval in Pa
Heide-vezelturf	50	300	6	120
Compost-boomschors	50	450	4	250

*1: De verblijfstijd is berekend op basis van leeg volume.

label 5: Ventrlatoren, welke een bepaald drukverlies kunnen overwinnen, bron: I.M.A.G.- en D.L.G.-publikaties

Table 5: Fans, able to overcome pressure losses of 120 or 250 Pa

Merk ventilator + Type ventilator	overwin baar drukverlies in Pa	ventilatie-hoeveelheid in m^3/uur bij 120 Pa	opgenomen vermogen in Watt *1	aantal ventilatoren biobed/ stal	biobed/ afdeling
* Ziehl-Abegg FC050-4EQ.413.E 220 V axiaal	120	5830	505	7	12
* KUBE V560 220 V axiaal	120	8750	886	5	
* Fischbach A560/ E650-4 380 V axiaal	120	8950	1225	5	
* Fischbach A500/ E351-4 380 V axiaal	120	6020	806		12
* Univent SQW 504 TK 220 V axiaal	120	5360	552		12
* Multifan 4D63-4PP 380 V axiaal	120	13100	1544	3	
* Multifan 4D56-4PP 380 V axiaal	120	8330	9955	12	
* Fancom 1450T 220 V axiaal	120	6380	735	7	12
* EMI DLA 450-6P 220 V axiaal	120	4660	735		12
* Fischbach A630/D 10-4 380 V axiaal	230	10460	2225	4	6
* Asselberg en Nachenius schroefventilator RLB-67 220-380 V	250	12700	2350	2 à 3	6
* Klima schroef-ventilator BHM 12-78 220-380 V	250	10900	2430	4	6
* Klima schroef-ventilator DLM 17.100 380 V	250	35000	5140	1 à 2	
* Novenco schroef-ventilator ACP 800 220-380 V	250	20050	2770	2	
* Novenco schroef-ventilator ACP 900 220-380 V	250	27600	3720	I à 2	
* Woods schroef-ventilator 24JS35 380 V	250	14250	2580	3	
* Woods schroef-ventilator 30JS27 380 V	250	24575	5000	2	

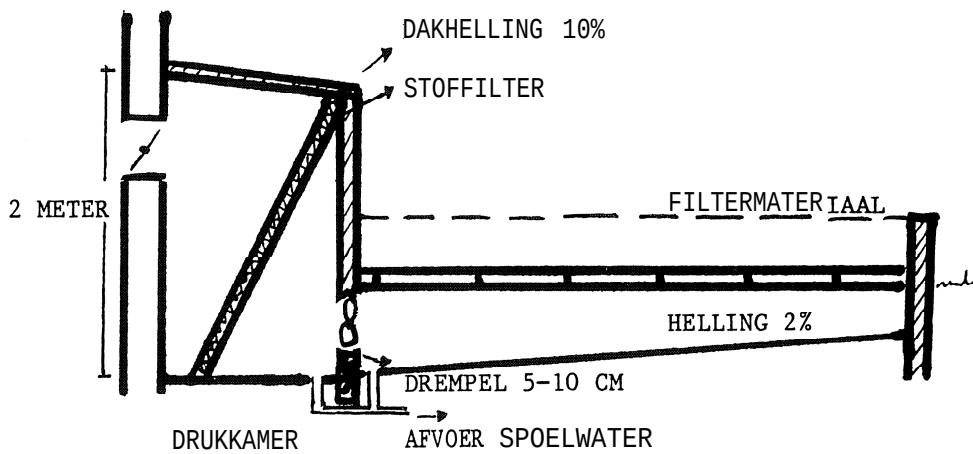
*1: Het opgenomen vermogen geldt bij maximale belasting van de ventilatoren.

3.4 De drukkamer

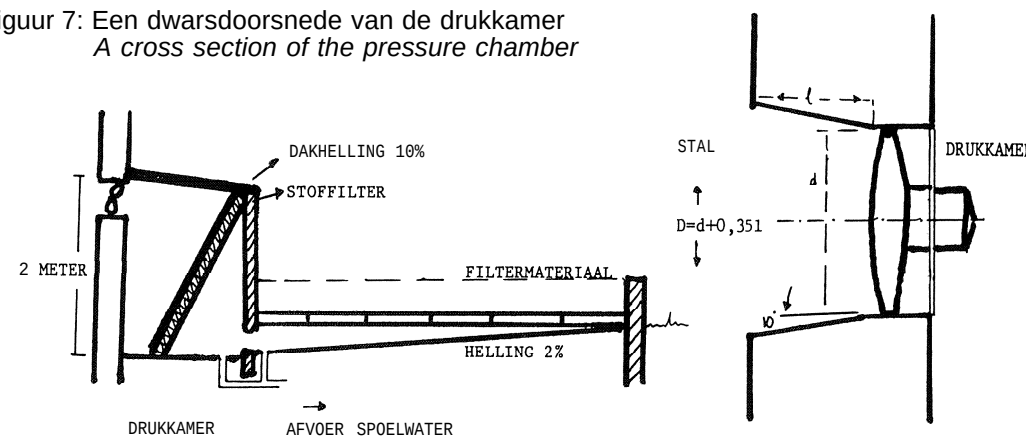
De drukkamer is het verbindingskanaal tussen de stal en het biobed. De stallucht gaat via de drukkamer, met hierin het stoffilter, naar het luchtverdelingscompartiment van het biobed.
De wanden van de drukkamer kunnen van beton, steen of een ander materiaal gemaakt worden. Belangrijk is echter dat de muur vochtdicht is. Wanneer er gebruik wordt gemaakt van een steense muur houdt dit in dat de muur aan beide zijden aangesmeerd dient te worden.
De vloer van de drukkamer bestaat uit een betonvloer. De grootte van de drukkamer wordt bepaald door:

* de afstand tussen de afdelingen;
* de lengte van het stoffilter, indien dit schuin in de drukkamer wordt geplaatst, zie 3.5 (lengte bedraagt 36 meter);
* het gegeven dat het stoffilter verwijderd moet kunnen worden en dat eventuele storingen aan de ventilatoren verholpen kunnen worden.

De drukkamer kan bijvoorbeeld een breedte van 1 meter en een hoogte van 2 meter hebben (de luchtsnelheid in de drukkamer bedraagt dan 6 m/s).
In de drukkamer dient ook een luik te zitten.

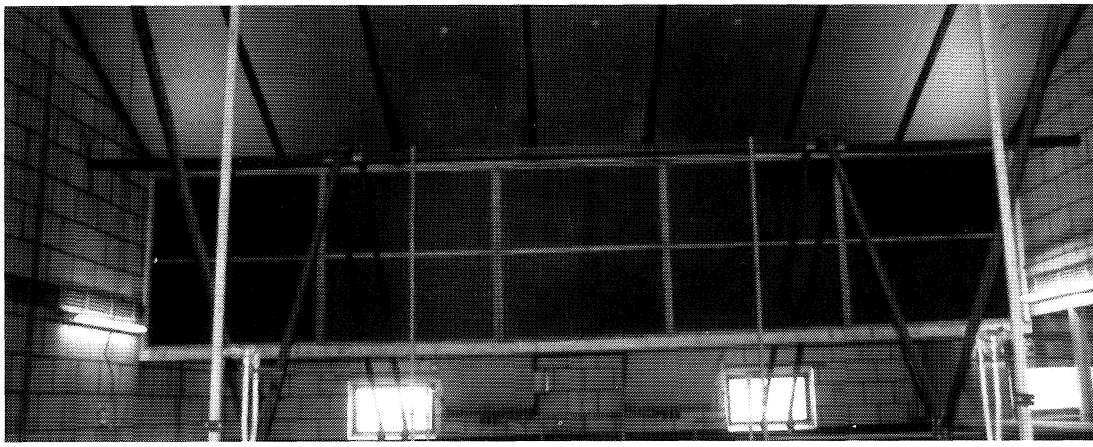


Figuur 7: Een dwarsdoorsnede van de drukkamer
A cross section of the pressure chamber

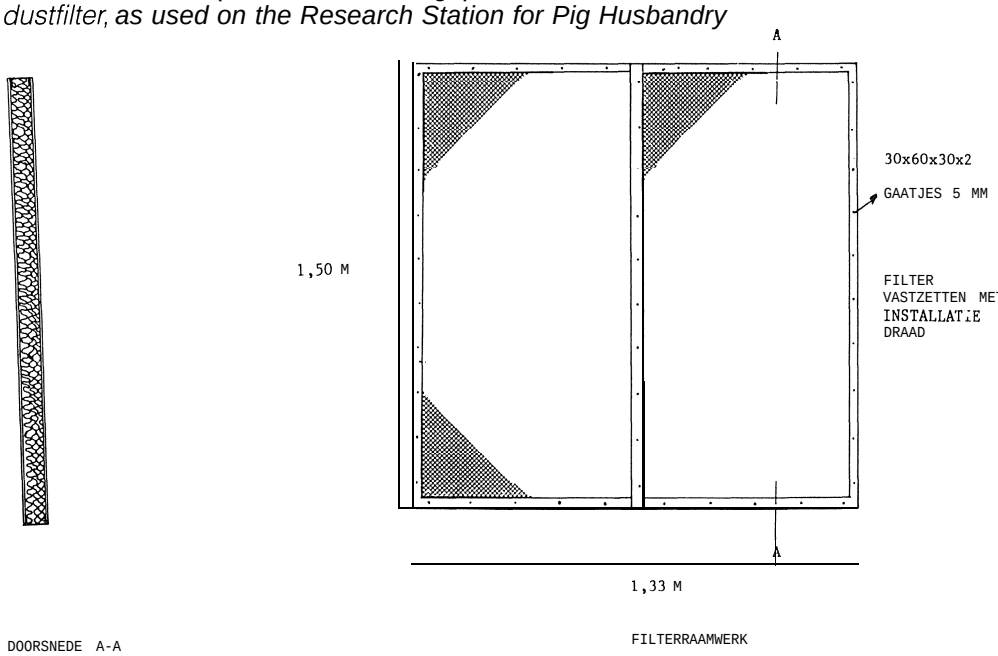


Figuur 8: Een dwarsdoorsnede van de drukkamer wanneer er bij elke afdeling een afzonderlijk biobed aangelegd wordt
A cross section of the pressure chamber when every compartment has its own biofilter

Dit dient noodzakelijkerwijs aan de zijkant van de drukkamer bevestigd te worden. Het luik heeft zodanige afmeting dat ventilatoren en het stoffilter eventueel kunnen worden verwijderd. Het luik kan gemaakt worden van plaatstaal (roestbestendig) en dient luchtdicht gemaakt te worden door middel van een rubber afdichting.
De landbouwventilatoren kunnen achter het stoffilter in de drukkamerwand worden geplaatst. De drukkamerwand dient een voldoende grote opening te hebben (diameter circa 1 meter). De ruimte onder het biobed dient hierdoor wat dieper uitgegraven te worden. Om te voorkomen dat er water in de landbouwventilator loopt kan deze op een muurtje van 5 à 10 cm geplaatst worden.
Een andere mogelijkheid is om de ventilatoren in een kooiconstructie voor de drukkamerwand te plaatsen. De ruimte onder het biobed kan dan wat minder diep uitgegraven worden. In figuur 7 wordt een dwarsdoorsnede van de drukkamer weergegeven.
Wanneer men voor elke afdeling een afzon-



Het stoffilter zoals dit op het Proefstation geplaatst is
The dustfilter, as used on the Research Station for Pig Husbandry



Figuur 9: Het stoffilter, bron: I.M.A.G. bouwtekening kanalen + filter no. *9524, 1987*
The dus tfilter

derlijk biobed aanlegt dient de drukkamer een lengte te hebben van circa 8 meter. De (axiaal-)ventilatoren worden in de stalmuur geplaatst. In figuur 8 wordt een overzicht gegeven van de drukkamer wanneer er bij elke afdeling een afzonderlijk biobed geplaatst wordt. De axiaalventilator in de stalmuur dient een konische aanzuigopening te hebben.

3.5 Het stoffilter

Het ontstoffen van de stallucht is beslist noodzakelijk, omdat anders het filtermateriaal snel verstopt gaat zitten.
De ontstoffing van de stallucht vindt plaats met behulp van een 4-lagig Enkamatfilter (type 7020) of een 2-lagen Enkamatfilter (type 72100). Het filter dient in een raamwerk bevestigd te worden. Op het Proefstation is het filter in een aantal compartimenten (afmetingen 1,50 bij 1,33 meter) naast elkaar bevestigd op een zodanige wijze dat het makkelijk weggenomen kan worden. In figuur 9 wordt het filterraamwerk weergegeven zoals dit al dan niet in de drukkamer geplaatst kan worden. Het stoffilter kan op een aantal verschillende plaatsen bevestigd worden:
* in de drukkamer naast de stal;
* in de stal tegen de zijgevel;
* in de stal in de nok;
* in de stal halverwege de nok en de zijgevel.

De meest gunstige situatie (vanuit financiëel en hygiënisch oogpunt) is om het stoffilter in het drukkamerkanaal naast de afdeling te plaatsen (Eggels en Scholtens 1989). Op het Proefstation was deze plaatsing niet mogelijk in verband met plaatsgebrek. De stofafscheiding vond hier plaats in de vleesvarkensstal vóór de ventilator.
Aangenomen kan worden dat 1,25 m^2 stoffilter-oppervlak voldoende is om 1000 m^3 stallucht per uur te ontstoffen (Zeisig en Kreitmeier, 1978). Het oppervlak van het stoffilter wordt mede bepaald door de plaats waar het stoffilter gemonteerd wordt:
* in de afdeling; de maximale ventilatiebehoefte bij 80 vleesvarkens bedraagt 9600 m^3 /uur. Dat komt neer op 12 m^2 filteroppervlak per afdeling (dat wil zeggen 1,5 * 8 m);
* in de drukkamer:
  - wanneer er één biobed per afdeling geplaatst wordt bedraagt het stoffilter oppervlak 12 m^2 per biobed (dat wil zeggen 1,5 * 8 m);
  - wanneer er één biobed voor de gehele stal geplaatst wordt bedraagt de totale maximale ventilatiehoeveelheid 43.200 m^3 /uur, het stoffilter heeft dan een oppervlakte van 54 m^2 (1,5*36 m).

Voor een goede filterwerking is het noodzakelijk dat het filter al wat stof bevat.
Wanneer er opgestart wordt met een schoon stoffilter zal het fijne stof door het filter gaan waardoor in het biobed het drukverlies oploopt.
Aanbevolen wordt om het stoffilter ongeveer één maand te gebruiken zonder filtermateriaal, zodat er voldoende stof in het stoffilter afgezet kan worden. Daardoor wordt de filterwerking verhoogd. Hierdoor wordt snel dichtslibben van het biobed voorkomen. Gebeurt dit niet dan moet het biobed kort na het opstarten omgezet worden. Het stoffilter moet 1 à 2 maal per jaar worden gereinigd (zie 4.1.1).

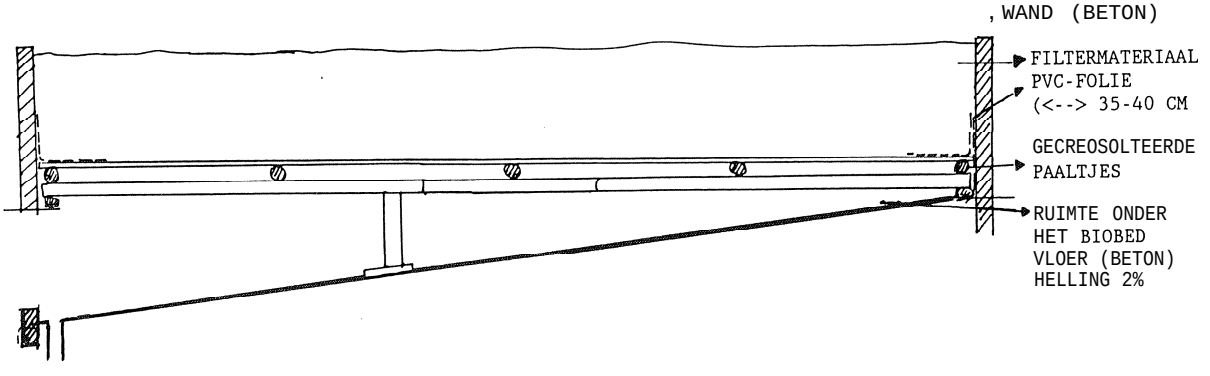
3.6 De luchtverdeling onder het biobed

Na het stoffilter gaat de stallucht via openingen in de drukkamerwand naar de ruimte onder het biobed. De openingen. in de muur dienen voor de doorvoer van 1000 m^3 stallucht per uur een totaal oppervlak te hebben van minstens 0,074 m^2. Deze openingen worden verdeeld over de lengte van het biobed. De hoogte van de openingen wordt bepaald door de plaats van de ventilatoren (zie 3.4). De luchtsnelheid in de ruimte onder het biobed bedraagt circa 0,08 m/s voor het biobed met heide-vezelturf als filtermateriaal en 0,12 m/s voor het biobed met compost-boomschors als filtermateriaal.
De ruimte onder het biobed zoals dit op het Proefstation geplaatst is heeft een helling van 12,5% en de bodem is afgedekt met pvc-folie (0,75 mm). Een folieafdekking is echter onvoldoende wanneer het grondwater hoger stijgt dan het laagste punt. Beter is het dan ook om de bodem, van de ruimte onder het biobed, te voorzien van een betonvloer. De vloer dient van zodanige kwaliteit te zijn dat er geen nitraathoudend water door de vloer kan wegzakken. De helling van de ruimte onder het biobed kan dan circa 2% bedragen. In figuur 10 wordt de ruimte onder het biobed weergegeven.
Het spoel- en regenwater loopt via de hel-

lende vloer in de afvoerleiding, welke naar de pompput loopt.

3.7 De pompput

Zoals in 3.21 al vermeld werd dient het filtermateriaal voldoende water te bevatten om ammoniak en stankstoffen voldoende af te kunnen breken. Het vochtgehalte in het biobed wordt op peil gehouden door het sproeien van water (gedurende drogere periode) en door de regenval. Dit spoel- en regenwater wordt in een pompput opgevangen Op het Proefstation voor de Varkenshouderij is voor elk afzonderlijk biobed een pompputje van 1700 liter aanwezig (diameter 1,5 meter en hoogte 1 meter). Aan de hand van de resultaten van het onderzoek van Eggels en Scholtens (1989) blijkt dat wanneer er één biobed voor een stal (gevuld met heide-vezelturf respectievelijk compost-boomschors) met 480 vleesvarkens gebouwd wordt jaarlijks 236 en 223 m^3 regen- en spoelwater afgevoerd dient te worden. Wanneer men voor elke afdeling met 80 vleesvarkens één afzonderlijk biobed bouwt dan dient er totaal jaarlijks 315 m^3 regen- en spoelwater afgevoerd te worden voor het biobed gevuld met heidevezelturf (opp 192 m^2) en 300 m^3 regen- en spoelwater voor het biobed gevuld met compost-boomschors (opp 134 m^2). Bij de berekening van deze waarden is men er vanuit gegaan dat de jaarlijkse neerslag gemiddeld 750 mm bedraagt en dat de helft hiervan effectief gebruikt wordt voor het uitspoelen van stikstof (berekend aan de hand van Eggels en Scholtens, 1989). Het overige deel verdampt en zorgt voor het handhaven van het vochtgehalte van het filtermateriaal. Een pompput met een inhoud van 10 m^3 is hiervoor voldoende. Deze pompput dient dan gemiddeld wekelijks te worden leeggepompt.
Het regen- en het spoelwater loopt via de hellende vloer in de afvoerleiding. Door een opening in de vloer van de drukkamer en door een pvc-leiding kan het water naar het pompputje afgevoerd worden.
Eventueel kan gebruik gemaakt worden van een goot en/of een hellende vloer. Het spoel- en regenwater dient op een zodanige wijze afgevoerd te worden dat er geen ongezuiverde stallucht met het spoel- en regenwater meekomt. Hiertoe kan er een waterslot aangebracht worden. Een andere mogelijkheid is om de toevoerleiding in de pompput tot aan de bodem van de pompput te laten doorlopen. In figuur 11 wordt de afvoer van spoel en regenwater weergegeven.
Het regen- en spoelwater dient te worden afgevoerd naar de mestkelder of eventueel naar een plaatselijke waterzuivering via het riool. De kans dat een lozingsvergunning verkregen wordt, moet laag worden ingeschat. Het naar de mestkelder leiden van de vloeistof lijkt het beste alternatief. Heeft een bedrijf eigen land en de mogelijkheid extra mestvolume uit te rijden, dan zijn de kosten beperkt. Is dit niet mogelijk dan dient dit extra mestvolume te worden getransporteerd, wat aanzienlijke kosten met zich mee brengt. Het drogestofgehalte van de mest wordt verlaagd en bovendien neemt de hoeveelheid af te voeren mest toe (Eggels en Scholtens, 1989).



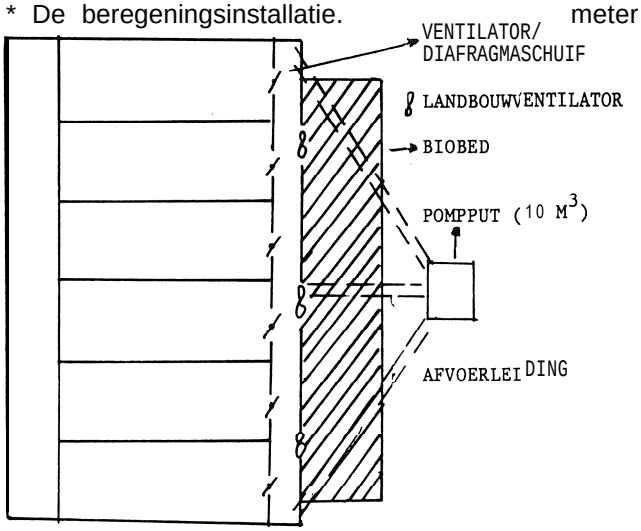
Figuur 10: De ruimte onder het biobed, bron: van Geelen, *1986*
The room under the biofilter

3.8 Het biobed

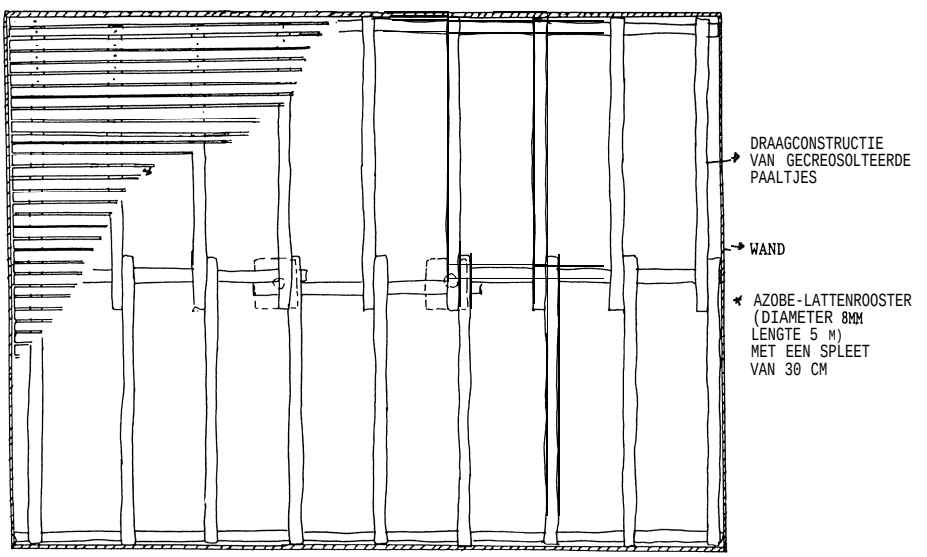
Het biobed bestaat uit een viertal onderdelen, welke verder uitgewerkt zullen worden.
* De lattenbodem;
* De wand van het biobed;
* Het filtermateriaal;
* De beregeningsinstallatie.

3.8.1 De latten bodem

De stallucht gaat van de ruimte onder het biobed via een lattenrooster naar het filtermateriaal. Op het Proefstation voor de Varkenshouderij is hiervoor gebruik gemaakt van gecreosoteerde paaltjes (diameter 80 mm) en azobé latten (30 x 50



Figuur 11: De afvoer van spoel- en regenwater
The removal of flush- and rainwater



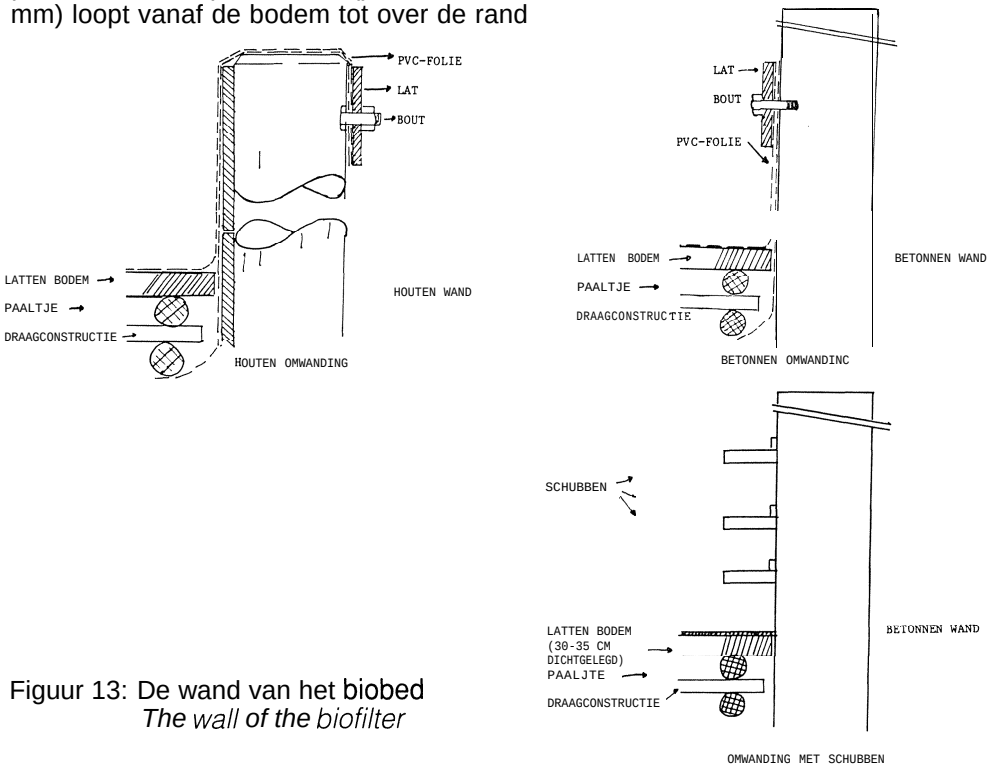
* De gecreosoteerde palen kunnen aan de wand van het biobed vastgezet worden.
* De draagklos bestaat uit een azobépaaltje dat vast is gezet op een stoeptegel. Wanneer gebruik wordt gemaakt van een betonnen vloer kan dit paaltje op de vloer vastgezet worden.

Figuur 12: De lattenbodem, bron: van Geelen, *1986*
The slatted base

mm). Er werd voor azobé gekozen in verband met het hoge vochtgehalte van het filtermateriaal.
Als eerste is er een draagconstructie van gecreosoteerde palen gemaakt. De palen zijn onderling met bouten aan elkaar bevestigd. Met behulp van draagklossen steunt het geheel op de hellende vloer.
De draagconstructie kan eventueel ook van andere materialen worden gemaakt, zoals houten balken, met eventueel betonblokken ter ondersteuning.
Op de draagconstructie komen de azobé latten te liggen. De spleetbreedte is 30 mm. Afhankelijk van de breedte van het biobed hebben de latten een maximale lengte van 5 meter. Met behulp van roestvrij stalen nagels kunnen de latten vastgezet worden. In figuur 12 wordt de contructie van de latten bodem weergegeven.

3.8.2 De wand van het biobed

Bij het Proefstation voor de Varkenshouderij is de wand van het biobed vervaardigd uit een azobé vlechtwerk. Rondom het biobed zijn een aantal gecreosoteerde palen geplaatst, waartegen de azobé vlechtmatten bevestigd zijn. Hier tegenaan komt een plastic folie. Het plastic folie (pvc-folie 0,75 mm) loopt vanaf de bodem tot over de rand waar het vervolgens met een lat vastgezet is.
Opgemerkt dient te worden dat een houten omwanding met plastic folie gemakkelijk beschadigd wordt bij het omzetten van het filtermateriaal. Anderhalf jaar nadat het biobed gebouwd is is het plastic op de wand van het biobed op meerdere plaatsen gescheurd. De lucht zal hierdoor ongezuiverd ontsnappen. Een betonnen omwanding (gestort beton) verdient dan ook de aanbeveling.
Om te voorkomen dat ongezuiverde stallucht via de wand van het biobed verdwijnt dient er zowel bij de houten- als bij de betonnen omwanding een tweede plasticlaag aangebracht te worden. Deze tweede laag pvc-folie (0,75 mm) komt op de lattenbodem te liggen (breedte bedraagt circa 35 - 40 cm) en wordt vervolgens aan de wand van het biobed vastgezet met behulp van de eerder genoemde lat. Een andere mogelijkheid is om de lattenbodem niet tot de wand door te laten lopen (35 - 40 cm van de wand). Met behulp van zogenaamde schubben, welke aan de wand van het biobed worden bevestigd, kan de luchtstroom worden gestuurd. In figuur 13 worden de wanduitvoeringen gedetailleerd weergegeven



Figuur 13: De wand van het biobed
The wall of the biofilter

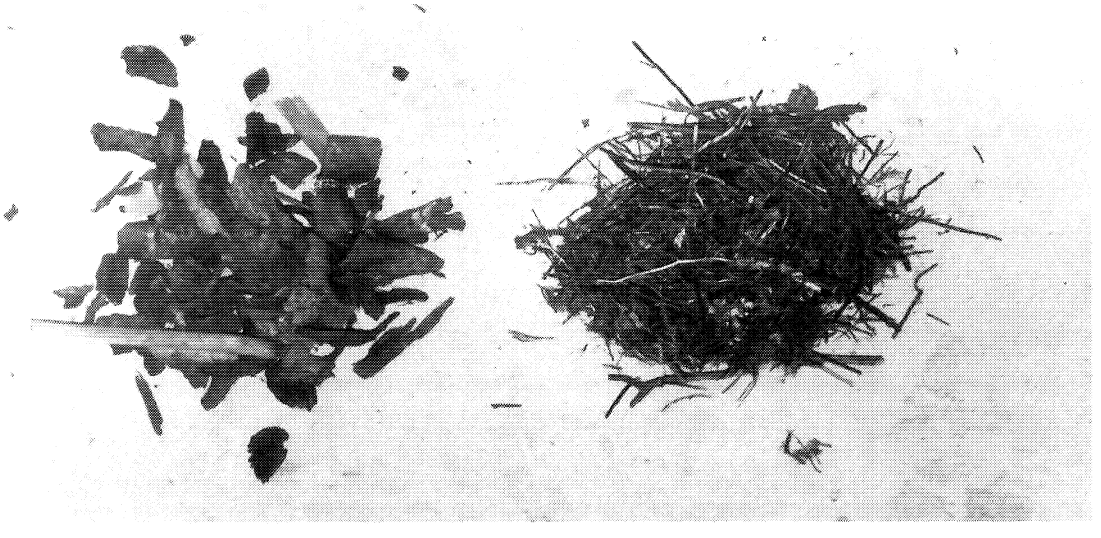
3.8.3 Het filtermateriaal

Het filtermateriaal neemt de stankstoffen op en vervolgens worden deze door bacteriën omgezet. Zoals eerder vermeld kan het biobed gevuld worden met heide-vezelturf of met compost-boomschors (zie paragraaf 3 2)
Voor het biobed met heide-vezelturf als filtermateriaal dient gebruik te worden gemaakt van heide en vezelturf in een verhouding van 1: 3. De prijs van heide-vezelturf kan variëren. Op dit moment (juni 1989) ligt de prijs op f 90,-/m^3 (exclusief transportkosten en BTW).
Voor het biobed met compost-boomschors als filtermateriaal dient gebruik te worden gemaakt van compost en boomschors in een verhouding van 1 : *9.* De prijs voor compost-boomschors ligt op f 250,-/m^3 (exclusief transportkosten en BTW).
Heide-vezelturf en compost-boomschors zijn behalve per m^3 ook in balen verkrijgbaar. Dit is echter altijd duurder,
Bij het vullen van het biobed is het belangrijk om filtermateriaal goed te mengen en voldoende luchtig te maken. Dit kan met een riek of met een mestverspreider gebeuren. Tijdens het losmaken van het filtermateriaal dient het filtermateriaal regelmatig met water bevochtigd te worden. Hierdoor stoft het materiaal minder en wordt het filtermateriaal vochtiger, wat belangrijk is voor een goede bacteriegroei.

Het filtermateriaal wordt vervolgens over het gehele biobed verdeeld tot een hoogte van 50 cm. Het filtermateriaal klinkt circa 5 cm in (na een aantal maanden). Bij het vullen van het biobed dient hiermee rekening te worden gehouden, door 10% extra filtermateriaal toe te voegen. Een verdergaande inklinking kan voorkomen worden door het filtermateriaal regelmatig om te zetten (1 maal per 3 maanden, zie ook 4.2 en 4.5).
Bij het vullen van het filtermateriaal moet erop gelet worden dat het filtermateriaal niet wordt aangetrapt. Het filtermateriaal moet voldoende vochtig zijn (het moet nat aanvoelen) om goed te kunnen funktioneren. Zonodig kan het filtermateriaal met een tuinslang bevochtigd worden.

3.8.4 De beregeningsinstallatie

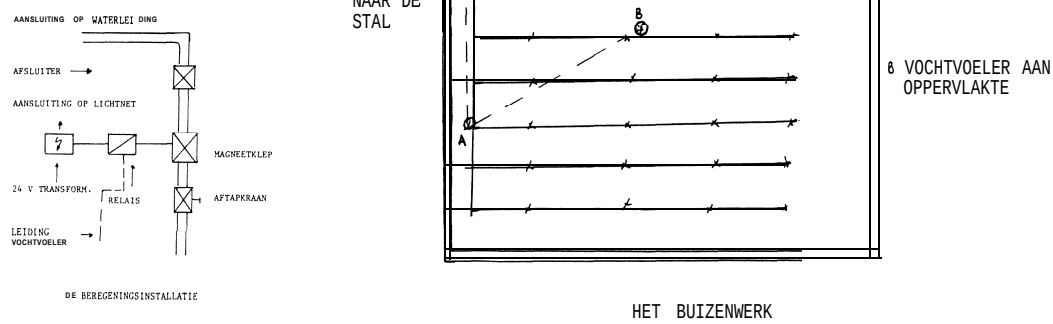
Het vochtgehalte van het filtermateriaal is belangrijk voor het goed funktioneren van het biobed. Uit onderzoek op het Proefstation voor de Varkenshouderij is gebleken dat het omzettingsrendement van NH_3 en stankstoffen bij een te droog biobed laag is. Ook bleek uit het onderzoek dat het zeer moeilijk is om een eenmaal droog biobed weer voldoende op gang te krijgen (Eggels en Scholtens, 1989). Het is dus van groot belang dat het vochtgehalte in het biobed goed geregeld wordt, bij voorkeur met een automatisch bevochtigingssyteem. Bij warm en droog weer (6 - 7 dagen zon-



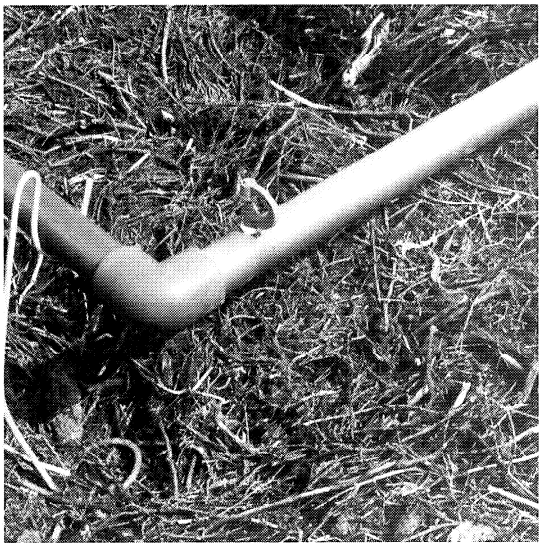
Het filtermateriaal, compost-boomschors en heide-vezelturf.
Filtermaterial, Compost-bark and Heath-peat.

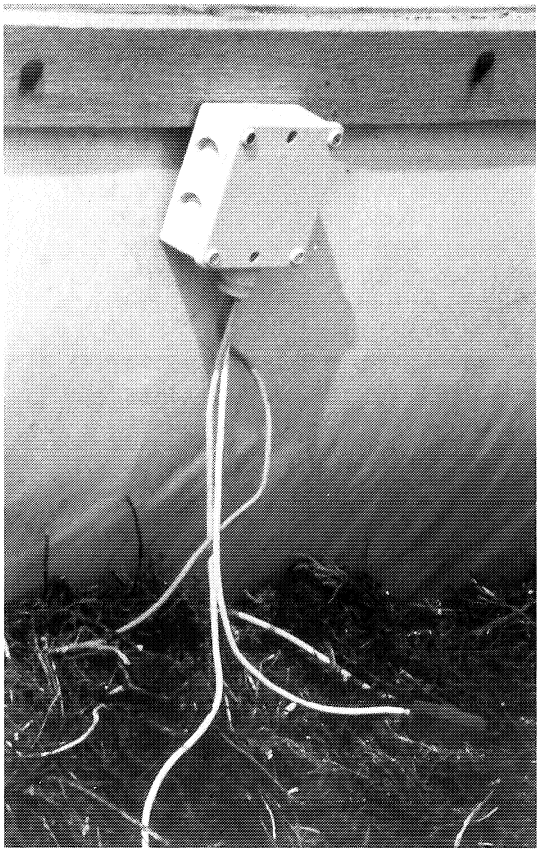
der regen) zal extra bevochtiging noodzakelijk zijn
Tijdens het onderzoek is gebleken dat het automatische bevochtigingssysteem nog langer in de praktijk getest zou moeten worden. De bevochtiging van het filtermateriaal was gedurende de proefperiode nog niet optimaal. De benodigde hoeveelheid water om het vochtgehalte van het biofilter op peil te houden wordt geschat op 30 m^3 water per jaar, per biobed voor 80 vleesvarkens (Eggels en Scholtens, *1989).*
Het water dat op het filter valt verdampt gedeeltelijk. Een gedeelte wordt geabsorbeerd door het filtermateriaal. De rest spoelt uit, waarbij het overtollige nitraat uitgespoeld wordt. Wanneer het nitraatgehalte in het filtermateriaal te hoog wordt zullen de bacteriën afsterven en zal het zuiveringsrendement dalen.
Gedurende de wintermaanden (oktober t/m april) is de regenval voldoende om het vochtgehalte van het filtermateriaal op peil te houden en om de overmaat aan nitraat uit te spoelen. Extra sproeien is dan niet of nauwelijks noodzakelijk.
Voor de sproei-installatie kan gebruik worden gemaakt van eenvoudige tuinbouwsproeiers waarbij 1 sproeinippel per 2,5 m^2 filteroppervlak (op een hoogte van circa 30 cm van het filteroppervlak) voldoende is. Met behulp van metalen beugels worden de buizen op hun plaats gehouden. De beugels kunnen in het filtermateriaal gestoken worden.
De sproei-installatie is aangesloten op de

Materiaal:
* pvc kasberegeningsbuis (28,4x32 mm);
* nippels; nylonboogsproeiers met spuitgat van 2,5 mm;
* vochtvoelers type NFK 509;
* relais met magneetventielen, type 256A06 0Br1/4;
* transformator (24 V);
* regenleidingsstandaards, hoogte 20 cm;
* afsluiter met aftapkraan.



Figuur 14: De beregeningsinstallatie, bron: Bouwtekening IMAG van het biobed zoals dit op het Proefstation geplaatst is
The sprinkler installation





De beregeningsbuizen en de vochtvoeler, zoals dit op het Proefstation geplaatst is.
The sprinkler installation and the humidity sensor, placed on the Research Station.

waterleiding en wordt aan- of uitgezet door middel van een klep welke door vochtvoelers gestuurd wordt. In het biobed dienen een aantal vochtvoelers, minstens twee per biobed, geplaatst te worden. De voelers worden in serie aangesloten waarbij één vochtvoeler aan het oppervlak geplaatst wordt en één in het midden van het biobed, op de helft van de hoogte van het filterbed *(20-25* cm van de lattenbodem).
In figuur 14 wordt de bevochtigingsinstallatie weergegeven.

4 HET ONDERHOUD
MAINTENANCE

Het onderhoud van het biobed betreft een viertal plaatsen, namelijk:
* de drukkamer;
* het filtermateriaal;
* de beregeningsinstallatie;
* controle van de apparatuur.

In het nu volgende hoofdstuk zullen al deze aspecten besproken worden. Bovendien zal er aandacht besteed worden aan de arbeidsbehoefte van de biobedden.

4.1 De drukkamer

4.1.1 Het stoff ilter

Alvorens het biobed belast wordt met stallucht, dient het stoffilter naar behoren te functioneren. Hiervoor dient er gedurende enkele weken (één maand) stallucht door het stoffilter geleid te worden, voordat het biobed aangesloten wordt. Door de afzetting van stof in het filter wordt de filterende werking verbeterd. Een overmatige stofafzetting, van voornamelijk fijne stofdeeltjes, in het biobed wordt op deze manier voorkomen (zie 3.5). De sluis buiten de stal moet toegankelijk zijn in verband met het onderhoud van het stoffilter. Het stoffilter dient regelmatig te worden uitgeklopt, in verband met oplopend drukverlies en hygiënische aspecten. Het uitkloppen moet waarschijnlijk een à twee keer per jaar gebeuren. Praktijkervaringen over een langere termijn zullen nodig zijn om over deze frequentie met meer zekerheid uitspraak te kunnen doen.
Het biobed dat geplaatst is op het Proefstation is gedurende de gehele meetperiode nooit volledig schoongemaakt, omdat een redelijke mate van stofafscheiding alleen mogelijk is met filtermatten, waarop reeds een ruime mate van stofafzetting heeft plaatsgevonden. Wel is in de lege stalperiode tussen twee mestronden het stoffilter vanuit de stal afgespoten met een hogedrukspuit. Voor de praktijksituatie zal gelden, dat onderhoudswerkzaamheden aan het stoffilter het beste tussen twee mestperioden, wanneer de afdeling leeg is, uitgevoerd kunnen worden. De ventilator dient dan uitgezet te worden omdat anders het vrijgekomen stof alsnog in het biofilter kan komen. Dit geldt natuurlijk alleen wanneer het stoffilter in de afdeling is geplaatst.
Het uitkloppen van het stoffilter kan problemen geven. Wanneer er één biobed voor de gehele stal aanwezig is, is er ook één gezamenlijke drukkamer. Het stoffilter kan met een stofzuiger schoongezogen worden, Een andere mogelijkheid is om het stoffilter met een sproei-installatie schoon te maken. Er dient dan een afvoer aanwezig te zijn voor het overtollige water met stof.

4.1.2 De ventilatoren

Door ernstige stofafzetting op de ventilatoren vermindert het luchtdebiet. Het is aan te bevelen om de ventilatoren van tijd tot tijd te reiningen. De ventilatoren die op het Proefstation geplaatst waren bleken niet voldoende te ventileren. Dit was het geval bij de ventilatoren van de beide biobedden, maar ook bij de ventilatoren van de overige afdelingen. Wanneer men het energieverbruik gaat berekenen komt men op vergelijkbare getallen uit dan het op het Proefstation waargenomen energieverbruik. Uit het onderzoek op het Proefstation blijkt dat het (totale) extra energieverbruik als volgt is:
* één biobed voor een afdeling met 80 vleesvarkens, gevuld met heide-vezelturf; 4,8 kWh/dag/ventilator extra energieverbruik. Met extra energieverbruik wordt dat gedeelte van het energieverbruik bedoeld dat meer is dan het energieverbruik van de normale stalventilatoren;
* één biobed voor een afdeling met 80 vleesvarkens, gevuld met compostboomschors; 7,2 kWh/dag/ventilator extra energieverbruik.

Wanneer men één biobed voor een gehele stal bouwt dan maakt men gebruik van een aantal land bouwventilatoren, die meer energie verbruiken. Wanneer men bovendien gebruikt maakt van diafragmaschuiven om de diverse ventilatiehoeveelheden per afdeling te regelen dan dient men rekening te houden met hogere energiekosten. Dit extra energieverbuik voor de landbouwventilatoren met diafragmaschuiven wordt geschat (theoretisch berekend) op 7,7 kWh/dag/80

vleesvarkens voor het biobed gevuld met heide-vezelturf en 10,7 kWh/dag/80 vleesvarkens voor het biobed gevuld met compost-boomschors.

4.2 Het filtermateriaal

4.2.1 Het omzetten van het filtermateriaal

Wanneer het drukverlies boven het in het biofilterontwerp gestelde maximum uitstijgt, kunnen de ventilatoren de vereiste ventilatiecapacteit niet meer bereiken. Het stroomverbruik zal bij een hoger drukverlies toenemen, terwijl de capaciteit terugloopt.
Uit de resultaten van het onderzoek blijkt dat na het omzetten van het filtermateriaal het drukverlies over het filtermateriaal aanzienlijk lager is geworden (een factor 0.3 à 0.4). Met een U-buis manometer kan een verhoogd drukverlies als gevolg van stofafzetting en inklinken eenvoudig vastgesteld worden. Deze U-buis manometer kan in de stal worden opgehangen, Met behulp van een slang kan dan de druk in de drukkamer worden gemeten. Bij het monteren van de U-buis manometer dient er op gelet te worden dat deze in een rustige luchtstroom geplaatst wordt. De U-buis manometer dient regelmatig afgelezen te worden.
Zodra de druk over het filter te hoog wordt moet het biobed worden omgezet.
Gezien het verloop van het drukverlies verdient het aanbeveling het filtermateriaal eens in de 3 à 4 maanden om te zetten. Bij het opstarten van een filter zal het waarschijnlijk noodzakelijk zijn het filtermateriaal 6 - 8 weken na het opstarten om te zetten (dit in verband met de minder goede werking van het stoffilter in de begin periode). Het omzetten dient met de hand (en voorzichtig) te gebeuren (zie 4.5). Hiertoe wordt eerst de beregeningsinstallatie van het biobed verwijderd. Vervolgens wordt de overmatige plantengroei verwijderd. Door de groei van grassen en andere planten op het biofilter kan kanaalvorming optreden waardoor het drukverlies toeneemt, maar tevens de werking van het biobed vermindert.
Nadat de plantengroei verwijderd is kan het filtermateriaal met een spitvork losgemaakt worden. Bij het omzetten dient, bij gebruik van pvc-folie, erop gelet te worden dat dit niet beschadigd wordt!
In de onderste laag van het filtermateriaal zal fijn stof afgezet worden. Bij het omzetten van het filtermatriaal dient juist de onderste laag goed losgemaakt te worden.
Na het omzetten kan het filtermateriaal gelijkmatig verdeeld worden over het gehele biobed. Hierbij dient erop gelet te worden dat het filtermateriaal niet aangetrapt wordt. Tot slot kan de beregeningsapparatuur weer aangebracht worden.
In verband met mogelijke aanwezigheid van ongedierte (muizen/ratten) verdient het aanbeveling om regelmatig het biobed te controleren op de aanwezigheid van ongedierte en eventueel maatregelen te nemen

4.2.2 De afbraak van het filtermateriaal

Uit eerder verricht onderzoek (Zeisig, 1983) is gebleken dat het filtermateriaal minimaal 6 jaar voldoende werkzaam bleef. Wel dient er rekening gehouden te worden met het feit dat de bedhoogte, ook na regelmatig omzetten, als gevolg van een zeer langzaam verlopend verteringsproces, in de loop der tijd verminderd wordt. Hierdoor wordt de contacttijd van ammoniak en stankstoffen verkort en zal het zuiveringsrendement afnemen.
Om deze omzetting op te vangen dient men jaarlijks 10 - 15% van de totale hoeveelheid filtermateriaal toe te voegen. Deze 10-15% is een schatting; de exacte levensduur van het filtermateriaal is niet bekend. Het nieuwe materiaal dient voldoende losgemaakt en bevochtigd te worden alvorens het nieuwe filtermateriaal met het oude vermengd wordt.

4.3. De beregeningsinstallatie

Gedurende de periode mei t/m september moet het filtermateriaal regelmatig bevochtigd te worden Het is aan te bevelen om bij warme droge periodes (6 - 7 dagen zonder noemenswaardige regenval) regelmatig het vochtgehalte van het filtermateriaal visueel te controleren.
Het spoel- en regenwater wordt verzameld in een pompput, welke regelmatig leeggepompt dient te worden. Het spoel- en regenwater bevat 500 ppm nitraat, 25-50 ppm nitriet en 500-1250 ppm ammoniak en ammonium. Dit water kan op twee manieren worden afgevoerd: als rioleringswater of naar de mestopslag. Beide mogelijkheden hebben hun nadelen. Zo dient er voor lozing van nitraathoudend water een heffing

(f 42,- per vervuilingseenheid) betaald te worden. Anderzijds zal bij het afvoeren van het water naar de mestopslag het mestvolume verhoogd worden, waardoor de uitrij- en opslagkosten van de mest zullen stijgen. Tijdens het onderzoek was de bevochtiging niet helemaal optimaal. De hoeveelheid af te voeren spoel- en regenwater is niet exact bekend. Toch kan aan de hand van de resultaten van vorig onderzoek (Eggels, Scholtens, 1989) gesteld worden dat een pompput van circa 10 m^3 voldoende is voor het opvangen van het spoel- en regenwater van een biobed voor 480 vleesvarkens (zie ook 3.7). De pompput dient dan ongeveer eenmaal per week leeggepompt te worden, afhankelijk van de regenval. Het is aan te bevelen om bij zware regenval regelmatig het niveau in de pompput te controleren.

4.4 De controle van de apparatuur

Alle aanwezige apparatuur dient regelmatig gecontroleerd te worden. Zo is het noodzakelijk de volgende zaken minstens een maal per maand na te lopen:

* lekkage van het systeem;
* drukval over het biobed;
* vochtgehalte van het biobed;
* regeling van de ventilatoren;
* niveau in de pompput.

Met betrekking tot de lekkage van het systeem kan opgemerkt worden dat het verstandig is om de afdichting van het luik in de drukkamer op lekkage te controlen (bijvoorbeeld met lekzoekspray). Bij een lekkage verlaat immers ongezuiverde stallucht het systeem.
De drukval over het biobed kan met een U-buis manometer gecontroleerd worden. In verband met het omzetten van het filtermateriaal (zie 4.2.1) is het noodzakelijk dit in de gaten te houden.
Het vochtgehalte van het biobed kan visueel beoordeeld worden. Dit is vooral bij droge warme perioden noodzakkelijk (paragraaf 4.3). Hiervoor kan het filtermateriaal op 0, 25 en 40 cm vanaf het oppervlak bekeken worden. Bij een te laag vochtgehalte ontstaat er veel stof. Verder verdient het ook aanbeveling om de beregeningsinstallatie en de plaats van de vochtvoelers (aan het oppervlak en op 20 - 25 cm onder het oppervlak) periodiek te controleren.
Voor het behalen van een goed zuiveringsrendement en goede bedrijfsresultaten is een goede ventilatie noodzakelijk. Het is belangrijk om regelmatig de instelling van de ventilatoren (afhankelijk van de gewenste ruimtetemperatuur) te controleren.

4.5 De arbeidsbehoefte van biobedden

Met betrekking tot het onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden van biobedden voor varkensbedrijven is er een arbeidsstudie verricht voor het omzetten van het filtermateriaal.
De biobedden op het Proefstation voor de Varkenshouderij zijn in september 1987 in gebruik genomen. Het filtermateriaal wordt regelmatig (4 maal per jaar) omgezet. Daarnaast moet enkele keren per jaar het onkruid van het filtermateriaal geplukt wor-

De waargenomen tijden zijn als volgt:

* aanlooptijd	7 min. per persoon;
* leidingen en vochtvoelers wegleggen	2 min. per biobed;
* losmaken van het filtermateriaal	32 min biobed met compost-boomschors; 59 min. biobed met heide-vezelturf;
* egaliseren van het filtermateriaal	5 min. biobed compostboomschors; 10 min. biobed heidevezelturf;
* leidingen en vochtvoelers terug leggen	3 min. per biobed;
* aflooptijd	5 min. per persoon;

De totaaltijden per keer zijn dus:

* aan- en aflooptijd	12 min. per persoon;
* effectieve werktijd	74 min. per biobed met heide-vezelturf (16 m^2); 42 min. per biobed met compost-boomschors (12 m^2);

den. De arbeidsbehoefte hiervoor is niet gemeten, maar zal ongeveer 10 minuten per keer bedragen.
Voor het omzetten van het filtermateriaal is de gevolgde werkmethode als volgt:

* uit de werkplaats van het bedrijf worden mestvorken gehaald en de dierverzorgers lopen naar de biobedden (aanlooptijd);
* de sproeileidingen en vochtvoelers worden aan de kant gelegd;
* er wordt een sleuf langs de wand gegraven tot aan de latten bodem, waarna de inhoud van de bedden wordt omgespit;
* de laatste sleuf wordt dichtgegooid en het bed wordt geëgaliseerd;
* de sproeileidingen en de vochtvoelers worden teruggeplaatst;
* het gebruikte materiaal wordt teruggebracht naar de werkplaats.

Het filtermateriaal dient ongeveer 4 maal per jaar losgemaakt te worden. Het omzetten van een biobed met heide-vezelturf als filtermateriaal en een afmeting van 29 m bij 5 m kost dan circa 46 manuren per jaar à f 28,53 per uur. Dit is gelijk aan f 1.300,- voor een stal met 480 mestvarkens (één biobed per stal). Het omzetten van een biobed met compost-boomschors als filtermateriaal en een afmeting van 20 m bij 5 m kost dan circa 24 manuren per jaar à f 28,53 per uur. Dit is gelijk aan f 680,- voor een stal met 480 mestvarkens (één biobed per stal).
Het losmaken van compost-boomschors gaat aanzienlijk sneller dan heide-vezelturf. Dit wordt vooral veroorzaakt door de structuur van het materiaal.
Heide-vezelturf dient zorgvuldig losgeschud te worden, terwijl het compost-boomschors alleen omgespit wordt, omdat de stukken boomschors dan vanzelf uit elkaar vallen.

5 KOSTEN
COSTS

De kosten zijn te onderscheiden in vaste kosten en variabele kosten. De vaste kosten bestaan uit de kosten voor extra arbeid en de investeringskosten. In hoofdstuk 4.5 is hierover al het een en ander vermeld. Deze investeringskosten zullen in het nu volgende verder uitgewerkt worden. De variabele kosten bestaan uit de kosten, nodig voor het sproeiwaterverbruik, extra energieverbruik, aanvulling filtermateriaal en regen- en spoelwaterafvoer. Bij het berekenen van de jaarlijkse kosten voor een biobed (5.2) zal hierop verder ingegaan worden. Bij het berekenen van de investeringskosten is uitgegaan van een bestaande situatie.

5.1 Investeringskosten

Bij de berekening van de investeringskosten is uitgegaan van een biobed voor een stal met 480 vleesvarkens. Deze stal heeft een centrale gang met dwars daarop 6 afdelingen à 80 varkens (zie ook figuur 3 hoofdstuk 1). Er worden twee mogelijke uitvoeringsvormen uitgewerkt:

* één biobed voor de gehele stal (met één drukkamer);
* één biobed per afdeling (dat wil zeggen 6 biobedden voor een stal met 480 vleesvarkens).

De investeringsbedragen worden per onderdeel bepaald en weergegeven, hierbij worden de volgende onderdelen onderscheiden:

* de stal;
* de drukkamer;
* de pompput;
* het biobed:
  - de luchtverdeling onder het biobed;
  - de draagconstructie met de lattenbodem;
  - de wand van het biobed;
  - het filtermateriaal;
  - de beregeningsinstallatie.

5.1.1 Investeringskosten voor de aanschaf van één biobed voor een gehele stal

5.1.1.1 Stal

Zoals in hoofdstuk 2 is weergegeven kan de stallucht bij toepassing van centrale afzuiging boven of onder de roosters worden afgezogen.
Bij beide systemen dient er een opening gemaakt te worden in de stalwand. Bij het systeem met afzuiging van de stallucht onder de roosters dient er onder de voergang een afzonderlijk kanaal aanwezig te zijn. Vervolgens dienen er in de muur, grenzend aan de mestkelders, openingen gemaakt te worden over de gehele breedte van de stal (circa 13 m). Door de lucht onder de roosters af te zuigen wordt een beter klimaat in de stal verwacht. Indien de noodzakelijke voorzieningen daartoe niet aanwezig zijn wordt van deze oplossing afgezien. Dit vooral vanwege de kosten en de bouwtijd.
Voor wat betreft de ventilatie in de afdelingen kan er gebruik gemaakt worden van stalventilatoren of diafragmaschuiven. Wanneer er nauwelijks of geen onderdruk in het verzamelkanaal gecreëerd kan worden, dienen er maximaal 12 (elke afdeling 2) ventilatoren ingebouwd te worden. Dit zijn dan gewone (axiaal) stalventilatoren die een ventilatiehoeveelheid van 720 - 9600 m^3 (nieuwe ventilatienorm, van 't Klooster et al 1989) stallucht per uur moeten kunnen verwerken Afhankelijk van de regelbaarheid zijn er 1 à 2 ventilatoren per afdeling nodig. Behalve deze ventilatoren zijn er bij dit systeem ook 2 à 3 landbouwventilatoren (welke een grotere capaciteit hebben) nodig. Deze moeten een bepaald drukverlies kunnen overwinnen, moeten goed regelbaar zijn en dienen totaal maximaal 43.200 m^3 stallucht per uur te kunnen ventileren, uitgaande van een gemiddeld gewicht in de stal van 75 kg
Wanneer er in het verzamelkanaal een constante onderdruk (5 Pa) gecreëerd kan worden dienen er ook 2 à 3 (regelbare) landbouwventilatoren aanwezig te zijn. De ventilatiehoeveelheden van de diverse afdelingen wordt met behulp van diafragmaschuiven met bijvoorbeeld servomotoren geregeld
Alle gebruikte materialen dienen corrosiebestendig te zijn in verband met de agressieve componenten van stallucht.
Afhankelijk van de grootte van het biobed en de toegepaste filtermaterialen kunnen er

diverse ventilatoren aangeschaft worden. In tabel 6 worden de verschillende mogelijkheden met bijbehorende investeringen weergegeven. Deze bedragen zijn exclusief het regelsysteem (f 5000,-). Er is hierbij uitgegaan van een mechanisch ventilatiesysteem.

5.1 .1.2 Drukkamer

De drukkamer wordt gemaakt van beton (of een-steens-muur, welke aangesmeerd dient te worden) met de volgende afmetingen:
* breedte 1 m;
* lengte 36-(6x8)m, zie 52.1;
* hoogte circa 2 m.

Er wordt gebruik gemaakt van beton (kwaliteit B35), dat lucht- en vochtdicht is. Afhankelijk van de plaats van de ventilator wordt de (vlakke) vloer van de drukkamer op circa 1 m of iets minder diep (circa 60 cm) onder peil aangebracht. In de drukkamerwand dient een luik aangebracht te worden van zodanige grootte dat het stoffilter en de ventilatoren erdoor verwijderd kunnen worden. Het luik dient met behulp van een rubber ring luchtdicht afgesloten te worden. Op het laagste punt van de drukkamervloer of de ruimte onder het biobed (afhankelijk van de plaats van de ventilator) dient een opening aangebracht te worden, voor de afvoer van het regen- en sproeiwater, naar de pompput (pvc-buis, klasse 34). Er dient hierbij rekening gehouden te worden met het feit dat er geen ongezuiverde stallucht via deze afvoer ontsnapt (zie 3.7). In de muur van de drukkamer die grenst aan het biobed moeten openingen gemaakt worden voor de luchtdoorvoer, van de drukkamer naar het biobed. Deze openingen dienen zodanig te zijn dat de ventilatoren hierin geplaatst kunnen worden. Het is ook mogelijk om de ventilatoren voor de drukkamerwand te plaatsen. In de drukkamerwand dienen dan openingen gemaakt te worden (bijvoorbeeld sleuven over de gehele breedte van het biobed maximaal 29 m) met een totaal oppervlak van minstens 0,074 m^2 /1000m^3 stallucht/uur.
Tot slot wordt er in de drukkamer een stoffilter geplaatst. Voor het stoffilter zijn de volgende materialen nodig:
* raamwerk (hout of metaal); totale afmeting 1,50 m bij 36 m of 1,50 m bij 8 m (zie 5.2.1), bestaande uit compartimenten met een afmeting van 1,50 m bij 1,33 m.;
* 4 lagen Enkamat filtertype 7020 (f 10,-/m^2) breedte 1,50 m,over de hele lengte van het raamwerk dus 1,50 x 36 m of 1,50 x 8 m;
* bevestigingsmateriaal.

5.1.1.3 Pompput

De pompput heeft een inhoud van circa 10 m^3 . Voor het aanbrengen van een pompput dienen de volgende werkzaamheden te worden verricht:
* het uitgraven van de pompput;
* het aanbrengen van de pompput, prefab beton, kwaliteit B 30.
* opmetseling op de prefab betonput met behulp van kalkzandsteen;
* deksel aanbrengen (staal, beton).

5.1.1.4 Biobed

In eerste instantie dient de ruimte onder het biobed uitgegraven te worden. De diepte van de ruimte onder het biobed is afhankelijk van de plaats van de ventilatoren. De bodem kan vervolgens van beton (kwaliteit B25) vervaardigd worden en dient een helling te hebben van circa 2% (zie 3.6). Verder is er een draagconstructie nodig voor de lattenbodem. Deze kan bijvoorbeeld vervaardigd zijn van gecreosoteerde palen (80 mm) of houten balken. De lattenbodem bestaat uit een lattenrooster van azobé latten (30*50 mm) met een lengte

Tabel 6: Investeringsbedragen van ventilatoren bij verschillende drukverliezen
Table 6: Investments in fans suitable for different presure losses

Te overwinnen druk in Pa	Debiet per ventilator in m^3 /uur	Aantal ventilatoren voor 480 vleesvarkens	Investeringen per ventilator
* circa 120	7.000	6	f 1.500,-
* circa 250	20.000	2 à 3	f 2.500,-

van 5 meter.
De wand van het biobed kan van hout of van beton/steen worden vervaardigd. Belangrijk is dat de wand luchtdicht is. De hoogte van de wand bovengronds bedraagt circa 50 cm. Folie kan bij het losmaken van het filtermateriaal gemakkelijk stuk gaan. Daarom wordt de voorkeur gegeven aan beton/steen.
Het biobed kan, zoals eerder vermeld, opgevuld worden met heide-vezelturf of compost-boomschors als filtermateriaal. De kosten van heide-vezelturf bedragen f 90,- per m^3. Voor het gehele biobed (met 10% inklinking) komt dit uit op circa f 8.100,-. De kosten van compost-boomschors bedragen f 250,-/m^3. Voor het gehele biobed (met 10% inklinking) komt dit uit op f 14.600,- (inclusief transportkosten, f 400,-).
Om een stijgend drukverlies te controleren kan er een U-buis manometer bij het biobed geplaatst worden (Deze kan men zelf maken van een plankje en een stukje slang, welke men in de vorm van een U op het

Tabel 7: Investeringskosten voor de aanschaf van één biobed voor een stal met 480 vleesvarkens
Table 7: *Investments for one central biofilter for a house with 480 fattening pigs*

Onderdeel	Investeringskosten (excl. B.T.W.) Heide-vezelturf	Compost-boomschors
1. De stal:		
- opening kappen in de stalmuur + verplaatsen van de stalventilatoren (max. 12 stuks afhankelijk van het aantal ventilatoren	f 3.500,--	f 3.500,--
2. De drukkamer:		
- uitgraven + bouwen van de drukkamer inclusief arbeid	f 18.100,--	f 18.100,--
- stoffilter:		
* Enkamat filter type 7020 4 lagen (216 m^2 x f10,-)	f 2.800,--	f 2.800,--
* overige materialen + montage en sproeiinstallatie	f 2.000,--	f 2.000,--
* landbouwventilatoren, 120 Pa of 250 Pa, inclusief installatiekosten en regeltechniek	6 stuks 120 Pa f 16.000,--	3 stuks 250 Pa f 14.500,--
3. De pompput: inhoud 10 m^3 inclusief graafwerk en de waterdoorvoer tot op de bodem van de pompput	f 4.500,--	f 4.500,--
4 Het biobed:		
ruimte onder het biobed	f 11.600,--	f 8.000,--
draagconstructie met latten bodem	f 3.600,--	f 2.500,--
wand van beton/steen met schubben	f 7.300,--	f 5.500,--
filtermateriaal:		
* heide-vezelturf (0,55x29x5xf 90,-/m^3) + f 400,- transportkosten + arbeid	f 8.100,--	
* compost-boomschors (0,55x20x5xf 2275,-/m^3) + f 400,- transportkosten + arbeid		f 13.400,--
beregeningsinstallatie inclusief sproeiinstallatie, vochtvoeler en kleppen	f 9.200,--	f 9.200,-
Totaal	f 86.700,---	f 84.000,--
Investering per vleesvarkensplaats	f 181,--	f 175,--

plankje bevestigd. Vervolgens wordt de slang gevuld met water).
De beregeningsinstallatie bestaat uit:
* nippels (spuitgat 2,5 mm);
* vochtvoelers (ongeveer 4 stuks);
* relais met magneetventiel;
* transformator 24 V;
* regenleiding standaards;
* afsluiter met aftapkraan;
* pvc kas beregeningsbuis (met gaatjes) 28,4 x 32 mm, totaal benodigde lengte circa 100 m.

De kosten voor de beregeningsinstallatie komen volgens berekeningen van het I.M.A.G. (Eggels en Scholtens, 1989) uit op circa f 9200,-.
In tabel 7 wordt een overzicht gegeven van de investeringskosten, benodigd voor het installeren van één biobed voor een stal met 480 vleesvarkens, uitgaande van een bestaande situatie.
Het biobed met heide-vezelturf als filtermateriaal heeft hierbij een afmeting van 29 meter bij 5 meter (vulhoogte 50 cm). Het biobed met compost-boomschors als filtermateriaal heeft een afmeting van 20 meter bij 5 meter (vulhoogte 50 cm).

Tabel 8: Investeringskosten voor de aanschaf van één biobed per afdeling voor een stal met 480 vleesvarkens
Table 8: Investments for one biofilter per compartment for a house with 480 fattering pigs

Onderdeel	Totale kosten (excl. B.T.W.) Heide-vezelturf	Compost-boomschors
1. Stal:		
- openingskappen in de stalmuur + aan brengen van de ventilatoren (max. 12 stuks afhankelijk van het aantal ventilatoren)	f 3.500,--	f 3.500,--
- ventilatoren met regelsysteem + installatiekosten	f 28.000,--	f 34.000,--
2. Drukkamer met stoffilter:		
- per afdeling één afzonderlijke drukkamer + arbeid	f 29.000,--	f 29.000,--
- stoffilter (1,5x7):		
* type 7020 4 lagen (12 m^2 x4xf 1 0,--)	f 2.900,--	f 2.900,--
* overige kosten + installatiekosten stoffilter + sproeiinstallatie	f 2.100,--	f 2.100,--
3. Pompput:		
- inhoud 10 m^3 met doorvoer tot aan de bodem van de pompput	f 4.500,--	f 4.500,--
4. Biobed:		
- ruimte onder het biobed	f 13.700,--	f 9.400,--
- draagconstructie met latten bodem	f 5.400,--	f 3.800,--
- wand van beton met schubben	f 15.300,--	f 11.900,--
- filtermateriaal:		
* heide-vezelturf (5x7,3x0,55) à f 90,-/m^3 + f 400,- transportkosten + arbeid	f 11.700,--	
* compost-boomschors (5x4,5x0,55) à f 227,50/m^3 + f 400,- transportkosten + arbeid		f 17.800,--
- beregeningsinstallatie	f 17.700,--	f 17.700,--
Totaal	f 133.800,--	f 136.600,--
Investering per vleesvarkensplaats	f 279,--	f 285,--

Tabel 9: Jaarlijkse kosten voor een biobed
Table 9: Annual costs of a biofilter

Omschrijving	één biobed per stal heide-t / compost-b		één biobed per afdeling heid-t / compost-b	
vaste kosten				
extra investering				
- rente (8% halve investering)	f 3.500,--	f 3.400,--	f 5.400,--	f 5.500,--
- afschrijving (7%)	f 6.100,--	f 5.900,--	f 9.400,--	f 9.600,--
- onderhoud (2%)	f 1.700,--	f 1.700,--	f 2.700,--	f 2.700,--
extra arbeid uurloon f 28,53)1				
- omzetten filter 4x per jaar	f 1.300,--	f 680,--	f 1.750,--	f 91 o,--
- verwijderen stof	f 290,--	f 290,--	f 290,--	f 290,--
- verwijderen plantengroei	f 170,--	f 130,--	f 200,--	f 170,--
veranderingen vaste variabelen	f 13.060,--	f 12.100,--	f 19.740,--	f 19.170,--
variabele kosten				
- waterverbruik voor sproeien (121 m^3 à f 0,89/m^3)	f 1 10,--	f 1 10,--	f 160,--	f 160,--
- extra energie voor zwaardere (land bouw) ventilatoren en)2 diafragmaschuiven	f 3.100,--	f 4.200,--	f 1.900,--	f 3.100,--
- aanvulling filtermateriaal (10-15%) + f 400,- transportkosten	f 1.550,--	f 2.51 0,--	f 2.100,--	f 3.260,--
- regen- en spoelwaterafvoer naar mestopslag)3	f 5.900,--	f 5.700,--	f 7.700,--	f 7.600,--
verandering variabele kosten	f 10.660,--	f 12.520,--	f 11.860,--	f 14.120,--
opbrengst)4	f 0,--	f 0,--	f 0,--	f 0,--
verandering saldo	f 23.720,--	f 24.620,--	f 31.600,--	f 33.290,--
kosten per vleesvarkensplaats	f 49,--	f 51,--	f 66,--	f 69,--
kosten per afgeleverd vleesvarken (3 ronden per jaar)	f 16,--	f 17,--	f 22,--	f 23,--

)1: De arbeidskosten zijn berekend aan de hand van het uurloon zoals dit in het biggenprijzenschema van 3 juli 1989 vermeld staat.

)2: Het extra energieverbruik voor de aanschaf van een biobed per afdeling bedraagt 1,2-1,8 kWh/stal (jaarkosten 1,2-1,8x24x365xf 0,18).
Het extra energieverbruik voor de aanschaf van een biobed voor een gehele stal bedraagt 1,95-2,7 kWh/stal. Hierbij is er vanuit gegaan dat de ventilatoren 70% van het maximaal verbruiken. De ventilatie per afdeling wordt hierbij geregeld met schuiven.

)3: De hoeveelheid regen en spoelwater is berekend aan de hand van het verslag van Eggels en Scholtens (1989), uitgaande van een halfroostervloerstal. Wanneer het af te voeren water naar een mestopslag wordt geleid, stijgt het mestvolume. Hierdoor daalt de mestkwaliteit en is een uitbreiding van de capacteit van de mestopslag onvermijdelijk. De kosten van een eventuele uitbreiding van de mestopslag zijn niet meegenomen in de berekening. De kosten voor het vervoer van mengmest zijn afhankelijk van het drogestofgehalte.

)4: Eventuele positieve effecten op het bedrijfsresultaat zijn gedurende de proefperiode niet vastgesteld.

51.2 Investeringskosten voor de aanschaf van één biobed per afdeling.

In tabel 8 worden de investeringskosten weergegeven voor de aanschaf van één biobed per afdeling. Voor een stal met 480 vleesvarkens houdt dit in dat er 6 biobedden aangeschaft dienen te worden, uitgaande van een bestaande situatie.
De biobedden met heide-vezelturf als filtermateriaal hebben hierbij elk een afmeting van 7,3 meter bij 5 meter (vulhoogte 50 cm en 6 biobedden). De biobedden met compost-boomschors als filtermateriaal hebben elk een afmeting van 4,5 bij 5 meter (vulhoogte 50 cm en 6 biobedden).

5.2 Jaarlijkse kosten

In tabel 9 worden de jaarlijkse kosten weergegeven voor het systeem waarbij men met één biobed de stallucht van 480 vleesvarkens zuivert en het systeem waarbij men met 6 afzonderlijke biobedden de stallucht van 480 vleesvarkens zuivert. Ook wordt er een onderscheid gemaakt tussen de biobedden met heide-vezelturf en compost-boomschors als filtermateriaal.

6. CONCLUSIE EN DISCUSSIE
CONCLUSION AND DISCUSSION

61 Het praktijkschaal biofilter zoals dit op het Proefstation onderzocht is

Gedurende de periode september 1987 t/m augustus 1988 heeft op het Proefstation het onderzoek naar de bedrijfsvoering van een praktijkschaal biofilter plaats gevonden. De stallucht van een vleesvarkensafdeling werd hierbij met een biobed gezuiverd. Het biobed bestond uit twee afzonderlijke compartimenten die beide gedurende één jaar beproefd zijn. Het ene compartiment was gevuld met heide-vezelturf, het andere compartiment met compost-boomschors. Wanneer men in de praktijk een biobed bouwt kan men gebruik maken van een van deze twee vulmaterialen. De kostprijs van het filtermateriaal bedraagt (juni 1989) f 90,- voor heide-vezelturf en f 250,- voor compost-boomschors. Bij de aanschaf van een biofilter met een van deze twee vulmaterialen dient uitgegaan te worden van een filteroppervlak van 0,40 m^2 per vleesvarkensplaats voor een biobed met heide-vezelturf als filtermateriaal en 0,28 m^2 per vleesvarkensplaats voor een biobed met compost-boomschors als filtermateriaal. Bij het vaststellen van dit filteroppervlak is uitgegaan van de nieuwe ventilatienormen met een maximale ventilatiebehoefte van 120 m^3/dier/uur (van 't Klooster et al 1989). Met betrekking tot het onderzoek dat op het Proefstation verricht is, kan het volgende geconcludeerd worden (voor meer informatie wordt verwezen naar het rapport van Eggels en Scholtens, 1989):

- met beide filtermaterialen (heide-vezelturf en compost-boomschors) kan onder praktijkomstandigheden een NH_3-verwijderingsrendement van minimaal 85% en een geurverwijderingsrendement van minimaal 75% behaald worden. Hierbij dient opgemerkt te worden dat gedurende de proefperiode op het PV de gebruikte ventilatoren onvoldoende capaciteit bleken te hebben bij de aanwezige drukverliezen. Beide filtermaterialen zijn gedurende de proefperiode dan ook nooit maximaal belast geweest (maximaal bereikte belasting voor heide-vezelturf bedroeg 180 m^3/m^2/uur en 300 m^3/m^2/uur voor compost-boomschors);
- het drukverlies nam gedurende de proefperiode langzaam toe met een factor 3 à 4 in 4 maanden. Na 4 maanden is het biobed omgezet en daalde het drukverlies tot het beginniveau. Aanbevolen wordt dan ook om het filtermateriaal 1x per 3 à 4 maanden om te zetten. Naar verwachting bedraagt de drukval van een heide-vezelturf filter in de praktijk 120 Pa, bij 300 m^3/m^2/uur en 0,5 m filterhoogte. Bij een biobed met compost-boomschors als filtermateriaal bedraagt naar verwachting het drukverlies in de praktijk 250 Pa, bij 450 m^3/m^2/uur en 0,5 m filterhoogte.
- het stoffilter met de Enkamatten bleek goed te voldoen. Voor een goede filterwerking is het noodzakelijk dat het filter al wat stof bevat. Wanneer er opgestart wordt met een schoon stoffilter zal het fijne stof door het filter gaan, waardoor in het biobed het drukverlies oploopt.
- het vochtgehalte van het filtermateriaal is van essentieel belang voor het funktioneren van het biobed. Bij een te droog biobed zal er weinig ammoniak en stankstoffen afgebroken worden. Bovendien is een eenmaal droog biobed moeilijk weer voldoende op gang te krijgen. De beregeningsinstallatie zoals deze in 3.8.4 beschreven wordt is gebaseerd op de ervaringen met de beregeningsinstallatie van het Proefstation. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de bevochtiging gedurende de proefperiode nog niet optimaal was. Voor een goede regeling zijn meerdere vochtvoelers noodzakelijk.
- met betrekking tot de wand van het biobed kan opgemerkt worden dat een houten omwanding met platic folie (zoals die op het Proefstation uitgevoerd was) gemakkelijk beschadigd kan worden. Hierdoor kan ongezuiverde lucht ontsnappen Bij een langere levensduur van het biofilter is een betonnen wand dan ook aan te bevelen.

6.2 De toepassing van een biobed voor een stal met 480 vleesvarkens

Op het Proefstation werd de stallucht van

één afdeling met behulp van een biobed gezuiverd. Dit zou men in principe voor een gehele stal kunnen toepassen, zodat elke afdeling een afzonderlijk biobed heeft. Hierdoor wordt de onderlinge beïnvloeding van de ventilatielucht van de diverse afdeling voorkomen en zal het biobed slechts gedurende een korte periode maximaal belast worden (als de varkens zwaar zijn). Bovendien kan het filtermateriaal na elke ronde omgezet worden en kan het stoffilter relatief eenvoudig gereinigd worden. Een nadeel van dit systeem is echter de kostprijs. Er zijn voor elke afdeling krachtige ventilatoren nodig die het drukverlies kunnen overwinnen. Een andere mogelijkheid is dan ook om de stallucht van een gehele stal door één gezamenlijk biobed te leiden. In de afdeling kan dan de ventilatiehoeveelheid met diafragmaschuiven geregeld worden en met behulp van een aantal krachtige landbouwventilatoren kan de stallucht door het biobed geduwd worden. Belangrijk hierbij is wel dat er een goede regeling aanwezig is om onderlinge beínvloeding van de ventilatiehoeveelheden in de diverse afdelingen te voorkomen. Opgemerkt dient te worden dat er weinig praktijkervaring is met zo'n centraal ventilatiesysteem bij vleesvarkens.
Wanneer men de stallucht met één gezamenlijk biobed zuivert bestaat er ook de mogelijkheid om de stallucht onder de roosters af te zuigen. Op die manier wordt voorkomen dat ontwijkende gassen uit de mest in de stal komen. Ook hiervoor geldt dat er weinig praktijkervaring is met betrekking tot de afzuiging van stallucht onder de rooster. Een nadeel bij het gebruik van één gezamenlijk biobed voor een stal is het reinigen van het stoffilter in een gezamenlijke drukkamer. Met behulp van een sproeiinstallatie zou dit stoffilter gereinigd kunnen worden.
De investeringskosten voor de aanschaf van één biobed per afdeling voor een stal met 480 vleesvarkens bedragen circa f 132.000,- voor een biobed met heidevezelturf als filtermateriaal en f 136.000,- voor een biobed met compost-boomschors als filtermateriaal. Wanneer men één biobed bouwt voor een stal met 480 vleesvarkens bedragen de investeringskosten circa f 86.000,- voor een biobed met heide-vezelturf als filtermateriaal en f 85.000,- voor een biobed met compost-boomschors als filtermateriaal.

De jaarlijkse kosten komen, wanneer men uitgaat van een biobed per afdeling voor een stal met 480 vleesvarkens, uit op f 22,- en f 23,- per afgeleverd vleesvarken voor het biobed gevuld met heide-vezelturf en respectievelijk compost-boomschors.
Wanneer men uitgaat van één biobed voor een gehele stal met 480 vleesvarkens bedragen de jaarlijkse kosten f 16,- en f 17,- per afgeleverd vleesvarkens voor respectievelijk het biobed gevuld met heide-vezelturf en dat met compost-boomschors.
Wat de arbeidsbehoefte betreft kan opgemerkt worden dat het biobed 4 x per jaar omgezet dient te worden. De plantengroei moet dan worden verwijderd. Ook dient het stoffilter 1à 2 x per jaar gereinigd te worden en dient de apparatuur gecontroleerd te worden. Deze arbeidskosten worden met name bepaald door de grootte van het biofilter.
Het regen- en spoelwater dient te worden afgevoerd naar bijvoorbeeld de mestkelder (hoeveelheid varieert van 223-315 m^3 /jaar afhankelijk van het type biobed en het filtermateriaal). Hierdoor daalt de mestkwaliteit en is een uitbreiding van de mestopslagcapaciteit noodzakelijk. Bij de berekening van de jaarlijkse kosten is rekening gehouden met het feit dat de transportkosten van de mest verhoogd worden doordat de mest verdund wordt met het regen- en spoelwater. De kosten van een eventuele uitbreiding van de mestopslag zijn in de kostenberekening niet meegenomen.

6.3 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Het onderzoek naar de toepassing van een praktijkschaal biofilter zoals dit uitgevoerd is op het Proefstation heeft belangrijke gegevens opgeleverd. Er zijn echter nog een aantal aandachtspunten die in een vervolgonderzoek nader bekeken kunnen worden:

- benodigde hoeveelheid spoelwater;
- bedrijfszekere afstelling van de beregeningsinstallatie;
- drukval en stabiliteit van het filtermateriaal over een langere periode;
- toepassing van centrale luchtafzuiging in een vleesvarkensstal gecombineerd met het zuiveren van de stallucht met een biobed.

7 LITERATUUR
LITERATURE

Aalst, R.M., Verzuring door atmosferische depositie, atmosferische processen en depositie, publikatiereeks milieubeheer, no 84, Ministerie van Landbouw en Visserij en Ministerie van Volksgezondheid Ruimtelijke Ordening en Milieuhygiëne, Delft, 1984.

Anonymous, Merkenonderzoek landbouwventilatoren no 45, IMAG, Wageningen, 1979.

Anonymous, Stallüfter 1 (bis 6000 m^3/h), Sammelband mit DGL-Prüfberichten ër: Stallüfter, Deutsche Landwirtschafts-Geselschaft ev (DGL), Frankfurt an Main, 1987.

Anonymous, Veehouderij en ammoniakemissie, informatiebundel voor de voorlichting, Den Haag, 1988.

CAD-BV, Ventilatie van varkensstallen, Wageningen, 1985.

Eggels, P.G., Biofiltratie van ammoniak bevattende stallucht bij intensieve veehouderij, fase 1: Laboratoriumonderzoek naar biologische afbraak van NH3, MT-TNO, Apeldoorn, 1985.

Eggels, P.G., Biofiltratie van ammoniak bevattende stallucht bij intensieve veehouderij, fase 1: Consequenties voor de praktijk, MT-TNO, Apeldoorn, 1985.

Eggels, P.G., Biofiltratie van ammoniak bevattende stallucht bij intensieve veehouderij, fase 2: Proeven met pilotplant installaties bij stallen, MT-TNO, Aperldoorn, 1986.

Eggels, P.G., Scholtens, R., Biofiltratie van ammoniakbevattende stallucht bij de intensieve veehouderij, fase 3: Onderzoek aaneen praktijk biofilter, MT-TNO/IMAG, Wageningen, 1989.

Geelen van, M., Hoek van der, K.W., Stankbestrijdingstechnieken voor stallen in de intensieve veehouderij, IMAG publikatie no. 167, Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen, Wageningen, 1982.

Geelen van, M., Stankbestrijdingstechnieken, IMAG publikatie no. 216, Instituut voor Arbeid, Mechanisatie en Gebouwen, Wageningen, 1986.

Hoek, K.W., Veehouderij en milieu, een natuurwetenschappelijke benadering, CAD BWB, Wageningen, 1986.

Klooster van 't, CE., Draaiboek Stalklimaat proefaccomodatie PV, Interne Publicatie, Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen, 1988.

Klooster van 't, C.E., Hendriks, H.J.M., ea, Klimaatsnormen voor Varkens, Werkgroep Klimaatsnormen Varkensstallen, Proefstation voor de Varkenshouderij, Proefverslag nummer P 1.43, Rosmalen, 1989.

Laarhoven van, W., ea, Aanpassing op varkensbedrijven aan mestwetgeving, praktische mogelijkheden enhun milieueffecten, CLM, Utrecht, 1987.

Nielson, V.C., ea, Volatile Emission from Livestock Farming and Sewage Oparations, Elsevier, London, 1988.

Zeings, B., Centrale afzuiging, CVP in het noorden des lands, Assen, 1987.

Zeisig , H.D., Anwendung von Biologischen Filtern in der Bundesrepublik Deutschland, Verslag van het Colloqium Luchtreiniging met behulp van biologische filters, Utrecht, 1983.

Zeisig, H.D., Kreitmeier, J., Erdfilteranlagen, Bau- und Betriebsanleitung, Bayerische Landesanstalt für Landestechnik Weihenstephan, 1978.

Zeisig, H.D., Kreitmeier, J., Franzspeck, J., Untersuchungen über Erdfilter zur Verringerung der Geruchsbelästung aus Tierhaltungen, Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Weihenstephan, 1977.

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 bronstperiode 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 brijvoedering m.b.v. een volautomatische brijvoerinstallatie met droogvoedering 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 grond buisventilatie in een kraamafdeling"

Proefverslag P. 1.20
"Huisvesting van gespeende biggen buiten het kraamopfokhok"

Proefverslag P. 1.21
"De invloed van de voersoort tijdens de, zoog- en opfokperiode op de opfokresultaten van biggen"

Proefverslag P. 1.22
"Voorstudie naar mogelijkheden van procesbesturingen in de varkenshouderij in de jaren negentig"

Proefverslag P 1.23
Vergelijking van drie- met viermaal daags voeren van mestvarkens m.b.v. een volautomatische brijvoerinstallatie.

Proefverslag P 1.24
"Opfok- en mesterijresultaten van beren en borgen"

Proefverslag P 1.25
“Drinkwatervoorziening voor gespeende biggen”

Proefverslag P 1.26
“Nestverwarmingssystemen voor zogende biggen: gebruikservaringen en energieverbruik"

Proefverslag P 1.27
“Beroepsuitoefening door varkenshouders”

Proefverslag P 1.28
“Verschillen tussen praktijkbedrijven in voeding van zeugen en biggen”

Proefverslag P 1.29
"Economische verkenningen naar het perspectief van poliklinische kraamhokken”

Proefverslag P 1.30
“Invloed van de voerverdeling tijdens de dracht op de produktieresultaten van zeugen”

Proefverslag P 1.31
“Afleveren mestvarkens”

Proefverslag P 1.32
“Waterverbruik bij onbeperkt gevoerde varkens”

Proefverslag P 1.33
"Lysine- en energiegehalte in vleesvarkensvoer”

Proefverslag P 1.34
“Invloed van voeding van biggen en slachtvarkens op groei en karkaskwaliteit”

Proefverslag P 1.35
"Opfok gespeende biggen”

Proefverslag P 1.36
“Inseminatie van opfokzeugen bij eerste bronst of tweede bronst”

Proefverslag P 1.37
“Vergelijking tussen twee plafondventilatiesystemen en werkgangventilatie bij mestvarkens”

Proefverslag P 1.38
“Wel of niet aanbinden van zeugen in het kraamopfokhok"

Proefverslag P 1.39
“Periodiek werk op zeugenbedrijven, het weekschema en alternatieven”

Proefverslag P 1.40
“Bedrijven met Scharrelvarkens. Een enquéte onder bedrijven met scharrelvarkens in 1988”

Proefverslag P 1.41
“Kwaliteitsverschillen bij biggen en vleesvarkens”

Proefverslag P 1.42
"Opfok van gespeende biggen”

Proefverslag P 1.43
“Klimaatsnormen voor varkens”

Proefverslag P 1.44
“Kwaliteitsverschillen bij biggen en mogelijkheden tot meten en uitbetalen”

Proefverslag P 1.45
"Brijvoedering gespeende biggen”

Proefverslag P 1.46
“Ruwe celstofrijke voeders voor dragende zeugen”

Proefverslag P 1.47
“Toepassing van biobedden in de varkenshouderij”

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 45,-- over te maken op postgirorekeningnummer 51.73.462 ten name van het Proefstation voor de Varkenshouderij, Lunerkampweg 7, 5245 NB ROSMALEN, onder vermelding van POV, Nieuw abonnement