



PRAKTIJKONDERZOEK
VEEHOUDERIJ



IMAG

Mestverwerking varkenshouderij

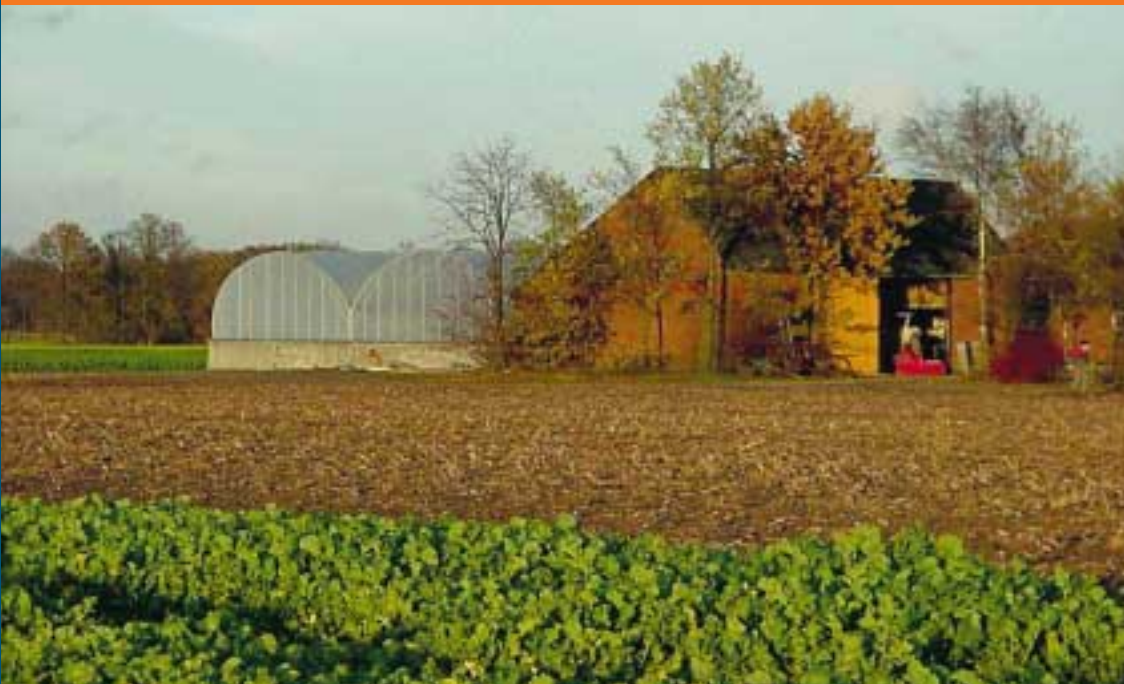
Strofilter in foliekas - De Swart te Alphen (NB)

R.W. Melse (Praktijkonderzoek Veehouderij/IMAG)

D.A.J. Starmans (IMAG)

N. Verdoes (Praktijkonderzoek Veehouderij)

VARKENS



MEI 2002

WAGENINGEN UR

Colofon

PraktijkBoek nr. 8

Uitgever/bestellen:

Praktijkonderzoek Veehouderij
Postbus 2176
8203 AD Lelystad
Tel: 0320 - 293211
Fax: 0320- 241584
E-mail: info@pv.agro.nl
Internet: <http://www.pv.wageningen-ur.nl>

Redactie:

Afdeling Kennisexploitatie en Marketing

Fotografie:

Afdeling Voorlichting PV

Drukker:

Drukkerij Cabri bv
Lelystad

Eerste druk 2002/oplage 75

De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor gevolgen bij gebruik van in deze brochure vermelde gegevens.

Inhoud

Voorwoord	1
Samenvatting	2
1 Inleiding	3
2 Beschrijving systeem	
De Swart	6
3 Onderzoek: materialen en methoden	11
3.1 Monstername en analyse	11
3.2 Debietmeting	11
3.3 Gasvormige emissies	12
3.4 Energiegebruik	14
3.5 Economische evaluatie	14
4 Onderzoek: resultaten en discussie	15
4.1 Capaciteit systeem	15
4.2 Samenstelling stromen	15
4.3 Massabalans	16
4.4 Gasvormige emissies	17
4.5 Energiegebruik	22
5 Economische evaluatie	23
6 Conclusies en aanbevelingen	26
7 Systeem De Swart in bredere perspectief	27
Literatuur	29
Bijlagen	32
Overige publicaties over mestverwerking	34

Voorwoord

In opdracht van het Productschap voor Vee, Vlees en Eieren is door het Praktijkonderzoek Veehouderij een onderzoeksprogramma uitgevoerd met de titel 'Toepassingsmogelijkheden mestverwerking op varkenshouderijbedrijven'. Het doel hiervan is het bevorderen van kansrijke technologieën voor de verwerking van varkensmest. Eind 1999/begin 2000 is een inventarisatie gemaakt van alle initiatieven in Nederland op het gebied van varkensmestverwerking. De initiatieven werden globaal getoetst op technische betrouwbaarheid, economische haalbaarheid, verwachte afzetmarkt voor producten, innovativiteit, mate van mineralenhergebruik, ontwikkelingsstadium en verwachte emissies naar lucht, water en bodem. Er werden tien mestverwerkingsystemen geselecteerd voor het onderzoekprogramma. De resultaten van het onderzoek bestaan voor elk systeem uit een objectief overzicht van de werking van de technologie, samenstelling van de producten, optredende emissies, investeringskosten en operationele kosten.

Het onderzoekprogramma is begeleid door een programmateam met de volgende samenstelling:

Ir. J. Doornbos (tot juli 2000) (BMA)
W. van Gemert (NVV)
Ir. P.J.W. ten Have (BMA)

M. Jonkheid (PV, secretaresse)
Dr.ir. C.E. van 't Klooster
(tot december 2000) (IMAG)
Ir. R.W. Melse (tot 1-1-2002 PV,
daarna IMAG)
G. Oosterlaken (LTO)
Dr.ir. S.J. Oosting (december 2000 –
juli 2001) (IMAG)
E. Ordelman (NAJK)
Dr.ir. D.A.J. Starmans (na juli 2001)
(IMAG)
Ir. N. Verdoes (PV, voorzitter)
Ir. M.C. Vonk (PVV)

Een van de onderzochte systemen is het strobedfilter in een foliekas, opgesteld op het varkenshouderijbedrijf De Swart in Alphen (NB). Voor u liggen de resultaten van dat onderzoek. We danken de familie De Swart voor de medewerking aan het onderzoek.

Tot slot spreek ik de hoop uit dat varkenshouders door dit onderzoek meer helderheid krijgen over de toepassingsmogelijkheden van verschillende mestverwerkingstechnieken, waardoor de onzekerheid over de (meestal grote) investeringen verkleind wordt.

Ir. N. Verdoes
Projectmanager Milieu
Praktijkonderzoek Veehouderij

SAMENVATTING

In het De Swart systeem wordt varkensdrijfmest door een strofilter gescheiden in een dunne en een dikke fractie. Het strofilter is in een kas geplaatst van lichtdoorlatend kunststof folie. Aan de binnenkant van het folie wordt condens gevormd dat wordt opgevangen als een aparte reststroom. De lucht in de foliekas wordt afgezogen en in een chemische luchtwasser behandeld om ammoniakemissie te voorkomen. Het proces wordt bedreven in batches van 4 tot 6 weken en heeft een verwerkingscapaciteit van circa 1.600 m³ varkensdrijfmest per jaar. Er worden drie producten gemaakt:

- Vloeibare fractie (83%): laag gehalte fosfaat; gemiddeld gehalte stikstof.
- Vaste fractie (17%): hoog gehalte fosfaat en stikstof; rijk aan stro.
- Condensaat (0,4%): zeer laag gehalte fosfaat en kalium; laag gehalte stikstof; heldere kleurloze vloeistof.

De vloeibare fractie kan men aanwenden in plaats van drijfmest wanneer een relatief laag fosfaatgehalte is gewenst (b.v. bemesting van grasland). De vaste fractie kan men toepassen als een meststof die het organische stof gehalte van de bodem aanvult. De condens is een heldere ammoniakoplossing en kan men gebruiken als vloeibare stikstofmeststof. De hoeveelheid geproduceerd condens is echter zeer laag; waar-

schijnlijk kan het systeem met meer succes worden toegepast in een klimaat waarin een hogere instraling van zon plaatsvindt. Het spuiwater dat in de chemische wasser wordt geproduceerd (ammoniumsulfaatoplossing) kan bij het condensaat worden toegevoegd.

De samenstelling van de vloeibare en vaste fractie in dit strofiltersysteem is vergelijkbaar met de producten uit een mechanische scheider in combinatie met een vlokmiddel. Zo'n systeem is echter veel compacter en wanneer grondkosten worden berekend, veel goedkoper. Een verschil tussen de dikke fractie uit het strofiltersysteem en uit een mechanische scheider is dat in het eerste systeem stro door de dikke fractie is gemengd. Hierdoor is het mengsel waarschijnlijk gemakkelijker te composteren.

Zowel de ammoniakemissie als de geuremissie bedraagt circa 3% van de veronderstelde emissie van het gehele varkensbedrijf.

De kosten van het mestverwerkingsproces bedragen € 7,- per ton ingaande drijfmest (excl. afzet van producten). Afhankelijk van de ontwikkeling van de afzetmarkt voor de producten moet men rekening houden met een extra kostenpost van maximaal € 19,- per ton drijfmest wanneer men alle producten tegen de huidige mestafzetprijs afzet.

1 Inleiding

In 1998 is het Mineralen Aangifte Systeem (MINAS) (Anoniem, 1998) van kracht geworden. Dit heeft als doel de mineralenaanvoer en -afvoer per bedrijf met elkaar in evenwicht te brengen. Wanneer het verschil tussen aan- en afvoer groter is dan een vastgestelde verliesnorm moet een heffing worden betaald.

Daarnaast is er Europese wetgeving in ontwikkeling (Nitraat-richtlijn) die vastlegt welke hoeveelheid stikstof uit dierlijke mest men maximaal mag aanwenden per hectare bouw- of grasland.

Als gevolg van de geschetste wet- en regelgeving zijn de mogelijkheden voor mestafzet verminderd en de kosten toegenomen. Tevens wordt steeds vaker de wens geuit om een duurzame landbouw te ontwikkelen waarin hergebruik van mineralen een belangrijke plaats inneemt.

Mestbewerking of -verwerking is een manier om hergebruik van mineralen te stimuleren en vormt zo een mogelijke oplossing voor het mineralenoverschot. Het doel van mestverwerking is om producten te maken die een kleiner volume innemen en een hogere waarde vertegenwoordigen dan de mest zelf. Dit proces moet tegen acceptabele kosten uitgevoerd worden.

Onderzoekskader

In opdracht van het Productschap voor Vee, Vlees en Eieren (PVV) werd in 2000 door het Praktijkonderzoek Veehouderij (PV) een onderzoeksprogramma gestart met als titel 'Toepassingsmogelijkheden mestverwerking op varkenshouderijbedrijven'. Er werd een inventarisatie gemaakt van alle initiatieven in Nederland op het gebied van varkensmestverwerking. Op deze manier werd informatie verzameld van circa 80 projecten op dit gebied. De verschillende technieken en ideeën voor mestverwerking in deze projecten werden vervolgens getoetst aan de hand van een aantal criteria.

De belangrijkste toetsingscriteria waren technische betrouwbaarheid, economische haalbaarheid, verwachte afzetmarkt voor producten, innovativiteit en de marktintroductie dient binnen 2 jaar te geschieden.

Ook dienen de systemen vervuiling van bodem en water, emissie van geur, ammoniak en broeikasgassen te voorkomen. De systemen dienen hergebruik van mineralen te stimuleren, waardoor het mineralenoverschot kan worden teruggebracht. Op grond van deze toetsing werden tien mestverwerkingsystemen geselecteerd (tabel 1).

Een aantal systemen is ontwikkeld door individuele varkenshouders en een aantal is ontwikkeld door de

Tabel 1: Overzicht geselecteerde verwerkingssystemen voor varkensmest

Naam	Techniek	Producten	Capaciteit (m ³ /jaar)	Opmerking
<i>Mechanisch / Chemisch:</i>				
1 De Swart	Strobedfilter, verdamping met zonlicht, lucht-zuivering	Vloeibare fractie, N-rijk condens, vaste fractie	1.600*	Eenvoudige technieken
2 Dirven	Vijzelpers, centrifuge, microfiltratie	Vloeibare fractie, concentraat, vaste fractie	3.600*	
3 Agramaat	Flotatie, kamerfilterpers, microfiltratie, omgekeerde osmose	Vaste fractie, concentraat, filtraat (water)	8.000**	Mobiel
4 Mest-op-maat	Toevoegen mineralen, menging van verschillende mestsoorten	Vloeibare meststof met constante kwaliteit	25.000**	Regionaal
5 Mestec	Zeef, flotatie, ultrafiltratie, omgekeerde osmose	Schoon water, concentraat, vaste fractie	50.000**	Mobiel
<i>Biologisch:</i>				
6 Biovink	Beluchting, toevoeging kalk en melasse	Slib, vloeibare fractie	3.000*	Omzetting naar N ₂
7 OrgAgro	Toevoeging bacteriën, mengen, zeefbocht	Vloeibare meststof voor kaskweek, vaste fractie	2.500**	Eenvoudig, goede afzetmogelijkheden
<i>Thermisch:</i>				
8 Bouwman	Compostering in droogtrommel, luchtreiniging	Compost, condens	10.000**	Gesteriliseerde producten
9+Manura® 10 2000	Centrifuge, verwarmen, strippen, condenseren	Schoon water, N-concentraat, NPK-concentraat, vaste fractie	16.000*	Gesteriliseerde producten

* Informatie gebaseerd op onderzoek uitgevoerd onder begeleiding van Praktijkonderzoek Veehouderij

** Informatie aangeleverd door leverancier

toeleverende industrie. De systemen bevinden zich op locatie bij een varkensbedrijf of bij een loonwerker met mestopslag.

Dit rapport is een verslag van het onderzoek naar een van de tien onderzochte systemen.

Onderzoeksdoel

Het doel van het onderzoek is het testen en analyseren van de werking van de als kansrijk geachte mestverwerkingsystemen. Van ieder systeem moet een nutriëntenbalans worden gemaakt, informatie worden verzameld over de stabiliteit van de procesvoering, optreden van storingen, capaciteit, kosten en energiegebruik en van elk systeem moet de milieubelasting worden bepaald door het meten van optredende emissies van broeikasgassen, ammoniak en geur.

Onderzoekopzet

Het onderzoek naar de verschillende systemen bestond uit de volgende elementen:

1. Vastlegging van technische prestaties van het mestverwerkingsysteem gedurende 4 weken. Geregistreerd werden: hoeveelheid en samenstelling mest, hoeveelheden en samenstelling eindproducten, energieverbruik, storingen, stabiliteit proces etc. Deze metingen zijn grotendeels uitgevoerd door de varkenshouder of door de leverancier van het mestverwerkingsysteem. De metingen zijn uitgevoerd volgens een vooraf door het Praktijkonderzoek Veehouderij (PV) opgesteld monsternamen- en meetprotocol. Het personeel van het PV heeft regelmatig de diverse systemen bezocht, contact onderhouden en betrokkenen begeleid om betrouwbare meetresultaten te verkrijgen.

De resultaten van de uitgevoerde metingen en analyses aan systeem De Swart zijn door de heer De Swart aan het PV gerapporteerd (De Swart, 2001).

2. Meting van gasvormige emissies. De emissie van ammoniak, broeikasgassen en geur werd driemaal gemeten terwijl het systeem in bedrijf was. Het IMAG b.v. te Wageningen heeft de metingen uitgevoerd en besproken in onderliggend rapport. De metingen zijn reeds eerder gerapporteerd als IMAG rapport (Gijssels et al., 2001).

Relevantie van onderzoek

Met behulp van de informatie uit het onderzoek kan een varkenshouder een systeem uitkiezen dat het beste past in zijn of haar situatie. Er is namelijk objectieve informatie beschikbaar over investeringen, operationele kosten, werking van het systeem, samenstelling van de producten etc. Ook de gevolgen voor de MINAS-boekhouding kunnen van tevoren worden vastgesteld. Omdat alle emissies van geur, ammoniak en broeikasgassen zijn gemeten, kunnen de resultaten ook een rol vervullen bij de aanvraag van de benodigde vergunningen voor een mestverwerkinginstallatie, omdat men tevoren kan inschatten wat de milieubelasting van een dergelijke installatie zal zijn.

2 Beschrijving systeem De Swart

Het varkensbedrijf van de heer P. de Swart bestaat uit 850 vleesvarkens, 40 opfokgelten, 123 guste en dragende zeugen, 32 kraamzeugen en 2 beren.

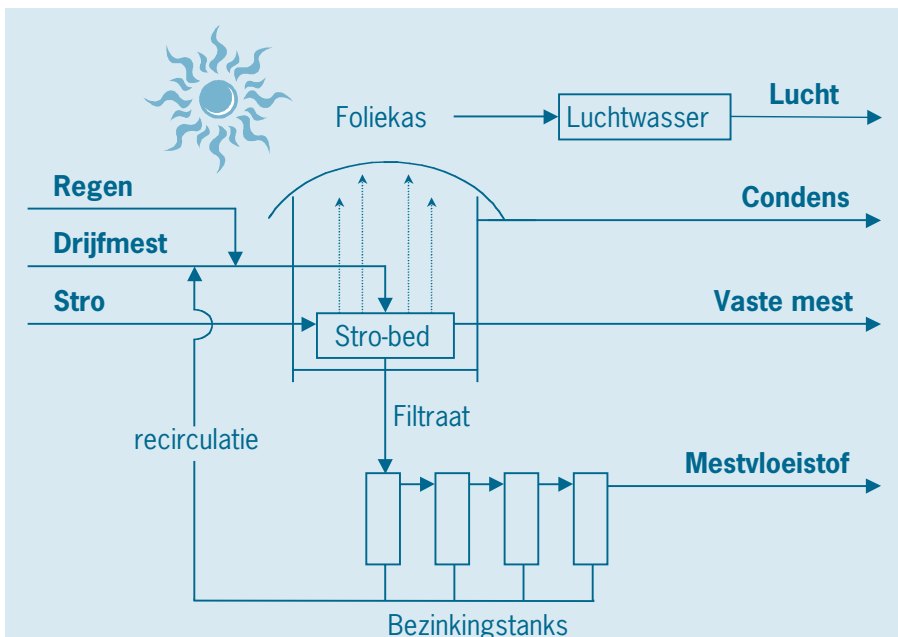
Deze dieren produceren in totaal ongeveer 1.600 ton drijfmest per jaar die in het mestverwerkingsysteem wordt behandeld.

Beschrijving systeem

Voor de bewerking van de mest heeft de heer De Swart een systeem ontwikkeld dat bestaat uit een strofilter in een afgesloten foliekas. In figuur 1 is het proces schematisch

weergegeven. De werking is als volgt:

Het strofilter scheidt de ingaande mest in een dunne en een dikke fractie gescheiden. Het verschil met gangbare strobedfilters is dat dit strofilter in een kas is geplaatst van lichtdoorlatend kunststof folie waardoor milieuschadelijke gassen niet rechtstreeks naar de atmosfeer kunnen worden uitgestoten. Aan de binnenkant van het folie ontstaan condensdruppels door de instraling van de zon. Het condens wordt opgevangen als een aparte reststroom.



Figuur 1 Schematische weergave van het systeem De Swart



Figuur 2 Voorzijde foliekas

Tijdens het onderzoek is het strofiltersysteem uitgebreid met een chemische wasser. Vanaf dat moment werd de lucht uit de foliekas afgezogen en in de wasser behandeld om de ammoniak uit de lucht te verwijderen en zo emissie naar de omgeving te voorkomen.

Het systeem heeft een capaciteit voor behandeling van circa 1.600 m³ varkensdrijfmest (mengmest) per jaar. Daarnaast komt een hoeveelheid regenwater het systeem binnen doordat de afwatering van het verharde erf is aangesloten op het systeem. Het proces wordt bedreven in batches van 4 tot 6 weken, afhankelijk van het drogestofgehalte van de drijfmest.

Hieronder worden de verschillende onderdelen van het systeem en de procesvoering in meer detail toegelicht.

Foliekas

Het centrale deel van het systeem is de boogkas. De kas is gemaakt van transparant kunststof folie en is volledig afgesloten. De folie is 0,2 mm dik. Het materiaal bestaat uit

drie-laags folie PE-EFA-PE (PE=Polyethyleen; EFA= Ethylfenylacetaat). Het merk is HYPLAST, type HYTCLEAR. Vóór de installatie van de wasser was er geen mechanische ventilatie. In de kas bevond zich het strobedfilter op een betonnen vloer. In deze vloer waren om de 14 cm sleuven aangebracht (3 cm breed, 2 cm diep). De afmetingen van de vloer bedroegen 13,8 x 14,5 m (200 m²) en de maximale hoogte van de kas 4 m. De inhoud van de kas bedroeg 500 m³. In figuur 2 is het buitenaanzicht van de foliekas weergegeven.

Opstart systeem en scheiding door strofilter

Aan het begin van een batch werd op de betonvloer in de foliekas een laag lang triticaestro van circa 5 cm aangebracht. Vervolgens werd vanuit de nabijgelegen kelder mest naar de kas gepompt en op twee plaatsen op het strobed gebracht. Op beide plaatsen werd er om de 6 minuten gedurende 15 seconden mest op het strobed gebracht. De capaciteit van de pomp bedroeg ongeveer 3 m³/uur (instelbaar van 0 tot 6 m³/uur).

Het stro zorgt ervoor dat de vaste delen uit de drijfmest worden afgescheiden. De vaste delen uit de mengmest blijven aan het stro hangen en er blijft een vloeistof over, het filtraat. Dit stroomt onder vrij verval naar de bezinkingstanks.



Figuur 3 Bovenaanzicht strofilter

De scheiding door het strofilter vindt plaats op de volgende wijze:

- 1 De mest wordt op twee plaatsen op het strobed gebracht (figuur 3, rechts). De eerste drijfmest op het schone strobed gaat meteen door het strobed heen en wordt via de sleuven in de vloer afgevoerd (zie figuur 4).
- 2 Na enige tijd beginnen meer en meer deeltjes uit de drijfmest zich te hechten aan het stro.
- 3 De zich ophopende deeltjes beginnen samen met het stro als een filter te werken.
Het stro filtert de mest dus niet, maar de vaste deeltjes die zich aan het stro hechten vormen het filter ('koekfiltratie'). Het stro ondersteunt het filtermateriaal.
- 4 Na enige tijd raakt het strobed

verstopt op de plaats waar de mest wordt opgebracht, zodat de opgebrachte drijfmest naar een schoner deel van het strobed stroomt. Hier vindt weer hetzelfde proces plaats. Op deze manier breidt het mestfront zich in alle richtingen uit en het gehele strobed raakt langzamerhand geheel verzadigd.

Na 4 tot 6 weken is het strobed verzadigd en wordt gestopt met het opbrengen van mest. Het bed krijgt 3 tot 6 dagen de tijd om uit te lekken. Hierna verwijdert men het strobed uit de kas met behulp van een tractor. Het is nu storrige vaste mest. Het materiaal wordt opgeslagen in een sleufsilos in de buitenlucht.

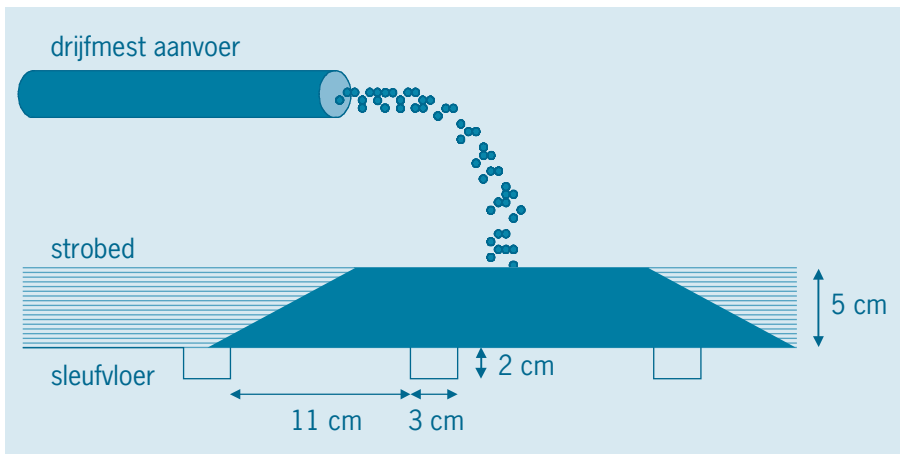
Ervaringen in het verleden hebben geleerd dat het strobed kan gaan drijven wanneer het proces niet goed verloopt. De drijfmest moet voorzichtig op het stro worden gebracht om te voorkomen dat het strofilter aan de bovenzijde te snel verstopt raakt. Wanneer zich aan de bovenzijde een dichte laag vormt, stroomt de drijfmest (die aan de bovenzijde toegevoegd wordt) door plaatselijk nog aanwezige openingen onder het strofilter als gevolg waarvan het filter gaat drijven. Waarschijnlijk is het strofiltersysteem niet geschikt voor dikke mest (vleesvarkensmest) omdat het filter dan te snel verstopt raakt aan de bovenzijde.

Bezinkingstanks

Het filtraat uit het strofilter stroomt onder vrij verval naar vier in serie opgestelde bezinkingstanks. Het volume van elke tank bedraagt 6 m^3 . De bezonken vloeistof wordt afgevoerd en het slib (door de bezinking ontstaan) wordt bij de ingaande drijfmest gevoegd (recirculatie).

Condensvorming

Door de stralingsenergie van de zon, treedt in de foliekas verdamping op van een deel van de drijfmest. Water en overige vluchtige verbindingen (onder andere ammoniak) vormen een damp die op de binnenzijde van het plastic folie condenseert. De gevormde druppeltjes worden die via een gootje onder vrij verval afgevoerd naar een opvangvat.



Figuur 4 Schematische dwarsdoorsnede strofilter. De dwarsdoorsnede van de sleuven in de vloer wordt weergegeven door rechthoekjes onderin de figuur.

Chemische wasser

Aanvankelijk maakte de chemische wasser geen deel uit van het strofiltersysteem. Tijdens een aantal oriënterende metingen leek de ammoniakemissie uit de kas echter erg hoog te zijn (natuurlijke ventilatie). Daarom is uiteindelijk een chemische wasser geïnstalleerd die de lucht uit de kas afzuigt (debiet circa 400 m³/uur) en de ammoniak

die zich in de lucht bevindt bindt met behulp van zwavelzuur zodat er ammoniumsulfaat wordt gevormd. Het spuiwater van de wasser wordt bij de bezonken mestvloeistof gevoegd.

Samenvatting kenmerken

In tabel 2 worden de belangrijkste kenmerken van het strofilter in de foliekas nog eens opgesomd.

Tabel 2: Kenmerken van strobedfilter in foliekas

Omschrijving	Eenheid	Waarde
Vloeroppervlak	m ²	200
Inhoud kas	m ³	500
Folieoppervlak	m ²	380
Hoeveelheid verwerkte mest	m ³ /jaar	1.600 *
Batchduur	weken	4 - 6 *

* Afhankelijk van drogestofgehalte van de mest

3 Onderzoek: materiaal en methoden

De werking van het systeem is onderzocht en gevolgd gedurende 1 batch (29 november 2000 tot en met 29 december). Gedurende het onderzoek zijn metingen uitgevoerd, monsters genomen en alle werkzaamheden en ervaringen genoteerd.

3.1 Monsternamen en analyse

Iedere week werden monsters (1 liter) genomen van de ingaande drijfmest en van de producten. Deze monsters werden in het laboratorium geanalyseerd volgens standaard methoden (NNI, 1988). De volgende analyses werden uitgevoerd:

- droge stof (DS)
- organische stof (OS)
- totaal-fosfor (P)
- totaal-stikstof (N-tot)
- ammonium ($\text{N-NH}_3/\text{NH}_4^+$)
- nitriet (N-NO_2^-)
- nitraat (N-NO_3^-)
- kalium (K)
- koper (Cu)
- zink (Zn)
- cadmium (Cd)
- pH

3.2 Debietmetingen

Ingaande mest

De oppervlakte van de mestkelder en het niveau van de mest in de kelder werden gemeten voor en na de onderzoeksperiode. Aan de inhoud

van de kelder werd tijdens de onderzoeksperiode de mestproductie toegevoegd van 24 dragende zeugen die boven de mestkelder waren gehuisvest (roostervloer). We nemen aan dat de mestproductie van een dragende zeug $2,6 \text{ m}^3$ per jaar bedraagt. Uit bovenstaande gegevens is berekend welke hoeveelheid drijfmest door het systeem is behandeld.

Stro

De hoeveelheid stro die gebruikt is om het strofilter aan te leggen is gewogen.

Dunne fractie

De dunne fractie uit het systeem is opgevangen in een mestopslagtank en na afloop van de proefperiode gewogen volgens MINAS-protocol.

Slib

De hoeveelheid slib is bepaald door aan het einde van de batch de nabezinktanks te legen en de inhoud te wegen volgens MINAS-protocol.

Vaste mest

De stromest is aan het einde van de batch in een opslag gebracht. Het oppervlak is geëgaliseerd en de lengte, breedte en hoogte van de hoop zijn gemeten.

De dichtheid van de vaste mest is bepaald door een kist van 600 liter

met vaste mest te vullen en vervolgens te wegen.

Condens

De hoeveelheid condens is bepaald door het vloeistofniveau in de opvangtank te bepalen.

3.3 Gasvormige emissies

Voordat de chemische wasser is geïnstalleerd, is tweemaal een oriënterende meting uitgevoerd van de emissie uit de foliekas (Gijsel et al., 2001) met behulp van een continue tracer gas methode. De foliekas werd weliswaar verondersteld 'luchtdicht' afgesloten te zijn, maar in de praktijk is er altijd enige uitwisseling van lucht tussen een afgesloten ruimte en de omgeving (lekkage) en dus kunnen emissies optreden. Tijdens de uitvoering van deze metingen leek de ammoniakemissie uit de kas erg hoog te zijn. Daarom is een chemische wasser geïnstalleerd. Vervolgens zijn op 3 oktober 2001 en op 4 april 2002 de gasvormige emissies uit de foliekas gemeten, zowel voor als na de wasser. Emissies van andere onderdelen van het mestverwerkingsysteem, zoals de opslag van vaste mest in de buitenlucht, zijn niet gemeten. De volgende parameters werden gemeten:

- Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid in de foliekas;
- Ventilatie-debiet;
- Ammoniakconcentratie (NH_3);
- Broeikasgasconcentraties: kool-

dioxide (CO_2), methaan (CH_4) en lachgas (N_2O);

- Geurconcentratie.

Klimaat

De temperatuur ($^{\circ}\text{C}$) en de relatieve luchtvochtigheid (%) in de foliekas werden continu gemeten met een temperatuur- en vochtsensor (Rotronic Hygromer). De metingen zijn geregistreerd met een datalogger.

Afzuigdebiet luchtwasser

De grootte van het ventilatie-debiet van de wasser werd gemeten met een meetventilator in de uitstroombopening van de wasser. Door de omwentelingen van de meetventilator werden pulsen afgegeven en het gemiddelde aantal pulsen per seconde werden om de 5 minuten geregistreerd met een datalogger. De relatie tussen het aantal pulsen en het debiet werd bepaald met behulp van een windtunnel (Berckmans et al., 1991; Scholtens en Van 't Klooster, 1993).

Ammoniak

De ammoniakconcentratie in de lucht werd bepaald door gedurende twee uur lucht door twee in serie geschakelde gaswasflessen met salpeterzuur (0,02 M HNO_3) te pompen. In de eerste gaswasfles werd het ammoniak opgevangen; de tweede fles diende ter controle van eventuele verzadiging en slechte opname door de eerste fles. Het debiet van de luchtstroom door de gaswasflessen werd geregeld met een kritisch

capillair (2 l/min); de werkelijke hoeveelheid doorgeleide lucht is bepaald met een zeepvliesmeter. Vervolgens is de concentratie van ammoniak in de gaswasflessen in het laboratorium nat-chemisch bepaald (NEN 6472, MSP-A014). Het leidingwerk voor monsternamen is van Teflon om adsorptie aan de leidingen en verlies door diffusie te voorkomen.

Voorafgaand aan de meting werd de ammoniakconcentratie in de te bemonsteren lucht oriënterend bepaald met gasdetectiebuisjes (Kitagawa); de gemeten concentratie werd gebruikt om te bepalen welke salpeterzuurconcentraties in de gaswasflessen toegepast moeten worden.

De achtergrondconcentratie van ammoniak, gebruikt om de metingen te corrigeren, werd eveneens gemeten met gasdetectiebuisjes. Uit het debiet van de lucht door de gaswasflessen, de monsternameduur, de achtergrondconcentratie en de ammoniakconcentratie in de gaswasflessen kan vervolgens de ammoniakconcentratie in de bemonsterde lucht worden berekend (tijdgewogen gemiddelde) (Wintjens 1993). Uit het ventilatiedebiet (m^3/uur) en de ammoniakconcentratie (mg/m^3) kan men de ammoniakemissie in massa per tijdseenheid berekenen (g/uur).

Geurmetingen

De geurmetingen werden uitgevoerd volgens het meetprotocol voor geuremissies uit de veehouderij (Anoniem, 1996). Monsterzakken van Teflon werden in 2 uur gevuld met lucht

door middel van de 'long-methode'. Hierbij werd een lege monsterzak, die zich in een gesloten vat bevond, via een Teflonslang gevuld met de te bemonsteren lucht. Door de lucht uit het vat te zuigen (0,5 l/min) ontstond in het vat een onderdruk en werd lucht door de monsterleiding aangezogen. De lucht werd vóór het monstervat gefilterd met een stoffilter (poriediameter 1-2 μm). De monsters zijn binnen 24 uur geanalyseerd met een olfactometer.

Een olfactometer verdunt een monster met schone lucht en biedt het mengsel aan aan een panel met een aantal mensen. Het monster wordt steeds verder verdund totdat de helft van de mensen in het panel nog juist een onderscheid kan maken tussen het verdunde monster en schone lucht. De geurconcentratie in dat verdunde monster is gedefinieerd als 1 European Odour Unit per kubieke meter (1 OU_E/m^3) (Hobbs et al., 1995, NNI, 1995/1996). De geurconcentratie van het oorspronkelijke monster is gelijk aan het aantal verdunningen dat uitgevoerd is.

De geuranalyses zijn uitgevoerd volgens de Nederlandse voornorm Olfactometrie (NVN 2820A) met wijzigingsblad A1 (NNI, 1995/1996). De achtergrondconcentratie van geur werd eveneens bepaald.

Broeikasgassen

Gedurende 2 uur werden luchtmonsters genomen met behulp van vacuümflessen van 6 liter. Na het

openen van een klep vullen deze flessen zich in een aantal uren met omgevingslucht, zodat een gemiddeld luchtmonster wordt verkregen (tijdgewogen gemiddelde). Aan de loefzijde van de mestverwerkingsinstallatie hebben we met injectiespuiten (20 ml) gasmonsters van de buitenlucht genomen ter bepaling van de achtergrondconcentratie van de verschillende gasen om de metingen hiervoor te corrigeren.

In de gasmonsters werd de concentratie van CH_4 , CO_2 en N_2O bepaald met een gaschromatograaf (Carbo Erba Instruments, GC 6000 Vega series 2; Poropax Q; CH_4 : FID/HWD; N_2O : ECD/HWD; HWD).

Uit het ventilatie-debiet (m^3/uur) en de concentratie van een broeikasgas (g/m^3) kan de broeikasgasemissie in massa per tijdseenheid worden berekend (kg/uur).

Permeabiliteit folie

De emissie van een component wordt berekend uit het gemeten ventilatie-debiet en de gemeten concentratie. Emissie uit de foliekas kan optreden als gevolg van lekkage en/of als gevolg van diffusie door het folie waarvan de kas is gemaakt. Om te bepalen of diffusie door het folie een belangrijke bijdrage levert aan de emissie, is de diffusiesnelheid van ammoniak door het folie bepaald. Er werd een aantal luchtdichte zakken gemaakt van het folie en gevuld met lucht met verschillende concentraties ammoniak. De zakken werden

geplaatst in een luchtdicht afgesloten container die gevuld was met buitenlucht en gedurende 2 - 6 dagen werd de concentratie van NH_3 in de container gemeten. Uit de toename van de concentratie van NH_3 in de container kan de diffusiesnelheid berekend worden.

3.4 Energieverbruik

De hoeveelheid elektriciteit die verbruikt is door het systeem werd berekend door het elektrisch vermogen van de gebruikte pompen te vermenigvuldigen met het aantal draaiuren.

De hoeveelheid brandstof die de tractor heeft gebruikt is gemeten.

3.5 Economische evaluatie

Om een objectieve vergelijking van kosten van verschillende systemen mogelijk te maken, hanteert het Praktijkonderzoek Veehouderij een aantal uitgangspunten voor het maken van een kostenberekening. Deze zijn als volgt:

- Afschrijvingsduur machines: 7,5 jaar (13%); restwaarde = 0
- Afschrijvingsduur mestverwerkingsgebouwen: 10 jaar (10%); restwaarde = 0
- Onderhoud: 3% van totale investering
- Rentevoet: 2,75% effectief
- Elektriciteitskosten, uitgaande van grootverbruik: € 0,062 / kWh
- Dieselolie: € 0,68 / liter
- Arbeidskosten: € 18,- / uur

4 Onderzoek: resultaten en discussie

4.1 Capaciteit systeem

Gedurende 26 dagen is drijfmest op het strofilter gebracht; daarna 4 dagen niet, om het strofilter te laten uitlekken. De batchduur bedraagt dus 30 dagen waarin een hoeveelheid drijfmest is behandeld van 128 ton. De capaciteit van het systeem is gemiddeld 4,3 ton/dag of circa 1.600 ton/jaar. Het systeem heeft zonder storings gedraaid tijdens het onderzoek.

4.2 Samenstelling stromen

In tabel 3 wordt het debiet en de

samenstelling van de ingaande en uitgaande stromen weergegeven.

Er wordt een strorijke vaste mest geproduceerd met een tamelijk hoge concentratie N en P. 1/3 van N-totaal is aanwezig in de vorm van ammonium en 2/3 is organisch gebonden (N-org). In de ingaande mest was de verhouding 1 : 1. Aangezien zowel de hoeveelheid N-totaal als de hoeveelheid N-NH₄ gelijk blijft (tabel 4), vindt nauwelijks omzetting van stikstofcomponenten in het systeem plaats. De organische gebonden stikstof en ammonium stikstof worden slechts herverdeeld over de

Tabel 3: Debiet en samenstelling van ingaand materiaal en producten uit strofiltersysteem

Omschrijving	Debiet (ton/dag)	DS (kg/ton)	As (kg/ton)	P (kg/ton)	N-totaal (kg/ton)	N-NH ₄ (kg/ton)	K (kg/ton)	pH
<i>In:</i>								
Drijfmest	4,3	61	20	4,1	7,0	3,5	6,6	8,5
Stro	0,020	637	35	3,4	9,8	n.b.	21	6,7
Regen	0,31	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
<i>Uit (voor bezinking):</i>								
Vaste mest	0,79	172	28	11,9	10,1	3,2	5,9	8,1
Filtraat	3,9	34	15	1,9	5,8	3,1	6,4	8,6
Condens	0,017	< 0,1	n.b.	0,00	0,56	0,46	0,00	8,6
<i>Uit (na bezinking):</i>								
Mestvloeistof	3,0	19	11	0,95	4,7	2,7	5,9	8,4
Slib	0,83	53	20	3,8	6,5	3,8	5,8	8,3

n.b. = niet bepaald

vaste en vloeibare fracties. Het filtraat heeft een laag fosfaatgehalte en een tamelijk hoog stikstofgehalte waarvan 45% organisch is gebonden. Het kaliumgehalte is gelijk aan dat van de ingaande drijfmest. Door bezinking van het filtraat wordt het drogestof- en fosfaatgehalte verder verlaagd.

Het systeem was ontwikkeld met als doel een goedkope mestscheiding te combineren met een vermindering van het mestvolume door verdamping. De hoeveelheid condens die geproduceerd is, bedraagt echter slechts 0,4% (0,017 ton/dag) van de hoeveelheid ingaande drijfmest (4,3 ton/dag). Het condens is een heldere ammoni-oplossing met een gehalte van 0,56 g N/liter. De reden voor de kleine hoeveelheid geproduceerd condens is dat we hebben gemeten tijdens een ongunstig seizoen (november-december). Tijdens deze periode was de gemiddelde temperatuur 5°C. Uit ander onderzoek naar verdamping van drijfmest met behulp van zonnestraling is bekend dat de verdamping in de zomer acht- tot tienmaal zo hoog kan zijn dan in de winter (Huijben en Wagenberg, 1998). Dit betekent dat in de zomer 3 tot 4% van alle drijfmest verdampt kan worden met het strofiltersysteem in de foliekas.

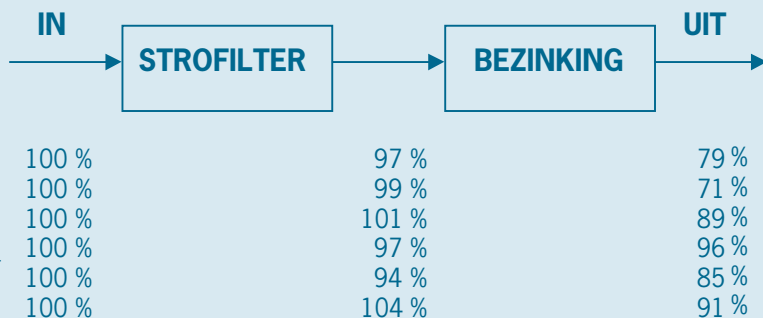
4.3 Massabalans

Met behulp van de gegevens in tabel 3 kan een balans worden gemaakt voor de verschillende

componenten. Het doel van het opstellen van een massabalans is om te controleren of de gemeten hoeveelheid die het systeem binnenkomt gelijk is aan de gemeten hoeveelheid die het systeem verlaat. Dit geeft informatie over de betrouwbaarheid van de metingen en over eventueel optredende verliezen. In een mestverwerkingsysteem als het strofilter verwachten we geen verwijdering van componenten. Met andere woorden: idealiter zal de gemeten hoeveelheid mineralen die het systeem ingaat gelijk zijn aan de gemeten hoeveelheid mineralen die het systeem verlaat.

In figuur 5 is voor het strofilter en de bezinking van het filtraat aangegeven in hoeverre de balans in evenwicht is. De getallen in figuur 5 zijn niet gecorrigeerd voor het gemeten stikstofverlies naar de omgeving in de vorm van ammoniak en lachgas (tabellen 6 en 10). In de berekening wordt aangenomen dat de gehalten van droge stof, fosfaat stikstof en kalium in het regenwater 0 zijn. In bijlage 1 wordt de massabalans in detail weergegeven.

Voor het strofilter geldt dat de afwijking tussen ingaande stroom en producten klein is en varieert tussen -6 en +4%. Deze afwijking valt binnen de marge die gehanteerd wordt voor de reproduceerbaarheid van de uitgevoerde metingen en analyses. De afwijkingen in de massabalans voor de bezinkingsstap zijn veel groter, terwijl we tijdens een schei-



Figuur 5 Massabalans voor strofiltersysteem

dingsproces niet verwachten dat er componenten verdwijnen. Hiervoor zijn twee mogelijke oorzaken:

1. Uitgaande van de gebruikte monsternamemethode, is het aantal monsters dat genomen is (gemiddeld 1 kg monster per 20 ton) onvoldoende om de optredende fluctuaties in de gehalten van de verschillende componenten te meten. Om een sluitende balans te krijgen moet monstername frequenter plaatsvinden of moet men gebruik maken van een andere monsternamemethode.
2. De hoeveelheid bezonken filtraat is niet rechtstreeks gemeten, maar berekend als optelsom van de producten uit de bezinking (slib + mestvloeistof). Hierdoor wordt niet opgemerkt wanneer er een foutieve meting van het debiet van de producten heeft plaatsgevonden. Mogelijk wordt de balansberekening hierdoor gebaseerd op een foutief debiet van een of meerdere stromen waardoor een afwijking in de balans ontstaat.

We concluderen dat de uitgevoerde metingen van totaal-stikstof, ammonium-stikstof, fosfaat en kali een goed beeld geven van de werking van het strofilter. Om een goede balans op te stellen van de bezinking zijn aanvullende metingen nodig.

4.4 Gasvormige emissies

Klimaat

In tabel 4 zijn de klimaatgegevens in en buiten de foliekas op de meetdagen weergegeven.

Afzuigdebiet

In tabel 5 is het afzuigdebiet van de luchtwasser weergegeven op de verschillende meetdagen. Tijdens de meting op 3 oktober 2001 viel op dat de folie meteen na inschakelen van de ventilator "naar binnen ging staan", als gevolg van de onderdruk die gecreëerd wordt door de ventilator. Dit lijkt er op te wijzen dat een lager afzuigdebiet voldoende is om een geringe onderdruk in de

Tabel 4: Gemiddelde temperatuur en relatieve luchtvochtigheid

Datum	Buitenlucht		Foliekas	
	T (°C)	RV (%)	T (°C)	RV (%)
3 oktober 2001	15 (*)	-	28,2	94,9
4 april 2002	21	31,2	27,5	97,6

* Gemiddelde temperatuur in De Bilt (KNMI, 2001)

Tabel 5: Afzuigdebiet luchtwater

Datum	Debiet (m ³ /uur)
3 oktober 2001	380
4 april 2002	396

foliekas te creëren en zo het optreden van emissie te voorkomen. Tijdens de meting op 4 april 2002 trad dit verschijnsel niet op terwijl het gemeten afzuigdebiet ongeveer gelijk was aan de eerste meting. Tussen 3 oktober 2001 en 4 april 2002 is het folie van de foliekas vernieuwd. Waarschijnlijk zijn de

condities van de foliekas (mate van luchtdichtheid) hierdoor dusdanig veranderd dat het afzuigdebiet op 4 april 2002 onvoldoende was om een onderdruk in de kas te laten ontstaan.

Onbekend is hoe hoog de passieve ventilatie was die optrad voordat de luchtwater was geïnstalleerd. Evenmin is bekend of het gemeten afzuigdebiet van de luchtwater voldoende is om optredende emissies uit de foliekas te voorkomen.

Ammoniakemissie

In tabel 6 is de ammoniakconcentratie in de foliekas en de hieruit berekende

Tabel 6: Ammoniakconcentratie en -emissie luchtuitlaat chemische water De Swart

Datum	Ammoniakconcentratie (g/m ³)	Ammoniakemissie (g/uur)
<i>Voor luchtwater:</i>		
3 oktober 2001	0,097	37
4 april 2002	0,149	59
<i>Na luchtwater:</i>		
3 oktober 2001	0,029	11
4 april 2002	0,028	11
Rendement water (gemiddeld):		77%

Tabel 7: Berekening ammoniakemissie varkensbedrijf De Swart, Alphen (NB) volgens Wijziging uitvoeringsregeling ammoniak en veehouderij (Anoniem, 2000)

Diercategorie	Code	Emissiefactor NH ₃ (kg/dpl/jaar)	Dierplaatsen	NH ₃ emissie (kg/jaar)
Vleesvarkens en opfokgelten	D3.4.1	2,5	890	2225
Guste en dragende zeugen	D1.3.12	4,2	123	517
Kraamzeugen	D1.2.16	8,3	32	266
Gespeende biggen	D1.1.15.2	0,75	270	203
Beren	D2.4	5,5	2	11
Totaal				3222

emissie weergegeven. De gemeten concentraties zijn gecorrigeerd voor de achtergrondconcentratie. De gemiddelde ammoniakverwijdering door de luchtwasser bedraagt 77%.

Onbekend is hoe hoog de ammoniakemissie uit de foliekas was voordat de luchtwasser werd geïnstalleerd. Evenmin is bekend of er ondanks het installeren van de wasser nog emissie optreedt uit de foliekas als gevolg van lekkage van het folie. Op grond van de uitgevoerde metingen kan daarom niet geconcludeerd worden dat het strofiltersysteem uit te breiden met een chemische wasser. Het is echter wel waarschijnlijk dat de ammoniakemissie door het installeren van de wasser sterk is afgenomen.

Het is van belang om de ammoniakemissie van het mestverwerkingsysteem te kunnen relateren aan de totale ammoniakemissie van het bedrijf. Op deze manier kan men bepalen of het toepassen van het

mestverwerkingsysteem een substantiële verhoging van de emissie veroorzaakt. Daarom wordt berekend wat de theoretische ammoniakemissie van het bedrijf is, gebaseerd op de emissiefactoren, gehanteerd door de wetgever (Wijziging uitvoeringsregeling ammoniak en veehouderij (Anoniem, 2000)).

In tabel 7 wordt de ammoniakemissie van het bedrijf De Swart te Alphen (NB) berekend.

Wanneer we aannemen dat de gemeten ammoniakemissie na de luchtwasser (tabel 6: 11 g/uur = 96 kg/jaar) representatief is voor de emissie die gedurende het gehele jaar optreedt, kan deze emissie vergeleken worden met de theoretische ammoniakemissie van het gehele bedrijf (tabel 7: 3.222 kg/jaar). Dit betekent dat de ammoniakemissie uit het De Swart mestverwerkingsysteem 3% van de emissie van het gehele bedrijf bedraagt. Dit staat gelijk aan een emissie van 0,9% van de totale hoeveelheid stikstof die het

Tabel 8: Geurconcentratie en -emissie luchtuitlaat chemische wasser De Swart.

Datum	Geurconcentratie (OU _E /m ³)	Geuremissie (OU _E /s)
3 oktober 2001 *	1540	162
4 april 2002	11079	1216

* Niet gecorrigeerd voor achtergrondconcentratie

Tabel 9: Berekening geuremissie varkensbedrijf De Swart, Alphen (NB) op basis van literatuurwaarden voor traditionele huisvesting (Ogink en Lens, 2001; Ogink en Groot Koerkamp, 2001).

Diercategorie	Code	Geuremissie literatuurwaarde (OU _E /dpl/s)	Dierplaatsen	Geuremissie (OU _E /s)
Vleesvarkens en opfokgelten	D3.4.1	22,4	890	19936
Guste en dragende zeugen	D1.3.12	19,0	123	2337
Kraamzeugen	D1.2.16	17,8	32	570
Gespeende biggen	D1.1.15.2	7,2	270	1944
Beren	D2.4	22,4	2	45
Totaal				24832

mestverwerkingsysteem ingaat als drijfmest.

Er is echter geen sprake van een representatieve meting van de ammoniakemissie. De gemiddelde ammoniakemissie in tabel 6 is gebaseerd op slechts twee kortdurende metingen. Bovendien is de ammoniakemissie uit de opgeslagen stromest niet gemeten.

Geuremissie

In tabel 8 zijn de gemeten geurconcentraties en -emissies weergegeven in de lucht die de chemische wasser verlaat.

Om de geuremissie van het mestverwerkingsysteem te kunnen relateren aan de totale geuremissie van het bedrijf wordt de theoretische geuremissie van het bedrijf berekend. De berekening is gebaseerd op literatuurwaarden voor geuremissie uit traditionele huisvesting (Ogink en Lens, 2001; Ogink en Groot Koerkamp, 2001). In tabel 9 wordt de geuremissie van het bedrijf De Swart op deze wijze berekend.

Wanneer we aannemen dat de gemeten geuremissie na de luchtwasser (tabel 8) representatief is voor de

Tabel 10: Broeikasgasemissie luchtuitlaat chemische wasser De Swart

Datum	CH ₄ (g/uur)	N ₂ O (g/uur)	Totaal (kg CO ₂ -eq./uur)
3 oktober 2001	66	1,1	1,7
4 april 2002	208	0,25	4,5

emissie die gedurende het gehele jaar optreedt, kan deze emissie vergeleken worden met de theoretische ammoniakemissie van het gehele bedrijf (tabel 9). Dit betekent dat geuremissie uit het De Swart mestverwerkingsysteem 3% bedraagt van de geuremissie van het gehele bedrijf (berekend volgens bijlage 2).

Er is echter geen sprake van een representatieve meting van de geuremissie. De geuremissie is gebaseerd op slechts twee metingen die onderling ook nog eens zeer sterk verschillen. Evenmin is de geuremissie uit de opgeslagen stromest gemeten.

Broeikasgasemissie

De *Global Warming Potential* (GWP) van een gas geeft aan welke bijdrage dit gas levert aan het versterkte broeikaseffect, in verhouding tot kooldioxide, uitgaande van een periode van 100 jaar. Kooldioxide, methaan en lachgas zijn broeikasgassen met een GWP van resp. 1, 21 en 310 (IPCC, 1996). De emissie van broeikasgassen wordt meestal uitgedrukt in CO₂-equivalenten wat het product is van de emissie van het gas en de GWP. Het is daarbij

gebruikelijk alleen die gassen mee te rekenen die daadwerkelijk een bijdrage leveren aan het broeikas effect. In dit geval betekent dit dat alleen de CH₄- en N₂O-emissies werden meegenomen omdat de hoeveelheid geëmitteerde CO₂ deel uitmaakt van de korte (natuurlijke) kringloop.

De resultaten van de emissiemetingen van methaan en lachgas uit de mestverwerkingsloods worden weergegeven in tabel 10. De gemeten concentraties zijn gecorrigeerd voor de achtergrondconcentratie.

Bijdrage mestbewerking aan totale gasvormige emissie

Uit het onderzoek bleek dat toepassing van het strofilter een emissie veroorzaakt van ammoniak, geur en broeikasgassen.

Waarschijnlijk vindt deze emissie ook plaats wanneer het strofiltersysteem niet toegepast wordt. De drijfmest die werd behandeld in het strofilter, was afkomstig uit een kelder onder de stal en gedurende enige maanden opgeslagen geweest. In de mest heersen zuurstofloze condities waardoor CO₂ en CH₄ worden geproduceerd als gevolg van vergisting. Ureum wordt voor een groot deel omgezet in

ammonium en een deel van de organisch gebonden stikstof ook. De gas-
sen bevinden zich voor een deel
opgelost en voor een deel als bellet-
jes in de mestvloeistof. Aan het
oppervlak van de mestvloeistof wordt
een deel van de gasen geëmitteerd
en is er in meer of mindere mate
sprake van een evenwicht tussen de
gasen in de mest en de stallucht.
Wanneer men de mest uitspreidt op
het strofilter of uitrijdt op het land,
komen deze gasen vrij en zal zich
een nieuw evenwicht instellen.
Het is echter niet bekend of de uit-
stoot van ammoniak en broeikas-
gasen wordt verhoogd door de
behandeling in het strofiltersysteem.
Wanneer deze gasen niet geëmit-
teerd worden tijdens de behandeling
van de mest, vinden ze waarschijnlijk
plaats tijdens de opslag van de mest
of tijdens de toediening van de mest
op het land.

Permeabiliteit folie

De emissie wordt berekend door ver-
menigvuldiging van het gemeten
ventilatie-debiet en de gemeten
concentratie. Zowel het ventilatie-
debiet als de concentratie kennen
een toevallige fout.

Uit de experimenten met de folie
blijkt dat de permeabiliteit van de
folie voor NH_3 veel lager is dan deze

toevallige fout. De diffusie van NH_3
door de folie speelt dus geen belang-
rijke rol bij het optreden van emissie
uit de foliekas.

Tijdens de uitvoering van de experi-
menten werd ontdekt dat zich in de
folie kleine perforaties bevinden
(diameter: ca. 0,1 mm; aantal: ca.
50 / m^2). Volgens de specificaties
van de folie mag hiervan geen spra-
ke zijn. De invloed van deze perfora-
ties op de optredende emissie wordt
betrekkelijk klein geacht aangezien
het totale oppervlak van de perfora-
ties slechts 1 à 2 cm^2 bedraagt op
een folieoppervlak van bijna 400 m^2 .
De experimenten ter bepaling van de
diffusiesnelheid van NH_3 zijn uitge-
voerd met folie waarin zich geen
perforaties bevonden.

4.5 Energiegebruik

Gedurende de batch werd 16 liter
diesel gebruikt met een tractor voor
het legen en vullen van het filterbed.
Er werd 165 kWh elektrische energie
gebruikt voor diverse pompen, per
ton drijfmest 0,13 liter diesel en
1,3 kWh elektriciteit.

Het elektriciteitsverbruik van de
wasser bedraagt volgens de leve-
rancier ruim 4000 kWh per jaar (De
Swart, 2001) ofwel 2,3 kWh per ton
verwerkte drijfmest.

5 Economische evaluatie

De investeringskosten en exploitatiekosten van het strofiltersysteem staan in tabel 11.

De investering voor het strofilter-systeem bestaat uit de bouw van de foliekas, de betonnen vloer, het leidingwerk, de pompen en de opslagtanks. Voor de tractor voor het legen van het filterbed zijn alleen de brandstofkosten gerekend.

De exploitatiekosten van het systeem komen uit op € 7,26 / ton verwerkte drijfmest, exclusief grondkosten. De afzet- of transportkosten van de producten zijn hierbij niet inbegrepen. In tabel 12 worden twee verschillende scenario's gedefinieerd voor de ontwikkeling van de afzetkosten of -opbrengsten van de producten uit het De Swart strofiltersysteem. In het negatieve scenario moet men betalen voor de afzet van het betreffende product, in het positieve scenario gaan we ervan uit dat de afzet van de producten kosteloos kan geschieden.

Met deze scenario's is berekend wat

de consequenties zijn voor het systeem De Swart (tabel 13).

In het negatieve scenario is sprake van een extra kostenpost van e 18,98 / ton. De totale kosten van het systeem De Swart komen dan uit op € 7,26 + € 18,98 = € 26,24 per ton verwerkte drijfmest. Het positieve scenario gaat ervan uit dat er geen afzetkosten zijn en is dus kostenneutraal.

Opvallend in het negatieve scenario is dat de afzetkosten uitgedrukt per ton ingaande mest (tabel 13: € 18,98) hoger zijn dan de afzetkosten uitgedrukt per ton product (tabel 12: maximaal € 18,-). Dit wordt veroorzaakt doordat de ingaande hoeveelheid drijfmest kleiner is dan de uitgaande hoeveelheid producten als gevolg van toevoer van regenwater aan het systeem. Wanneer men maatregelen treft om de toevoer van regenwater te voorkomen is een besparing van ongeveer € 1,- per ton ingaande mest te bereiken.

Tabel 11: Verwerkingskosten van het **De Swart strofiltersysteem**
(in €, excl. afzet producten)

Mestverwerkingsinstallatie		
Omschrijving:		Strofilter in foliekas
Capaciteit: (ton drijfmest/uur)		4,3
Totaal: (ton drijfmest/jaar)		1.600
1. Investeringskosten		
	Afschrijvingsduur	
Strofilter systeem + foliekas	10 jaar *	29.000,00 **
Chemische water	10 jaar *	11.000,00 **
Totaal investeringen:		40.000,00
	Per ton:	25,00
2. Exploitatiekosten per jaar		
<i>Vaste kosten:</i>		
Afschrijving:	10%	4.000,00
Onderhoud:	3%	1.200,00
Rente:	2,75%	1.100,00
Totaal vaste kosten:		6.300,00
	Per ton:	3,94
<i>Variabele kosten:</i>		
Energie: elektriciteit	3,6 kWh/ton à 0,062 ***	357,12
Energie: diesel	0,13 l/ton à 0,68 ****	141,44
Stro	4,7 kg/ton à 0,11 ****	827,20
Zwavelzuur	0,85 l/ton à 0,18 ****	244,80
Arbeid	4 uur/week à 18,00 ****	3.744,00
Totaal variabele kosten:		5.314,56
	Per ton:	3,32
Totaal exploitatiekosten: (vaste + variabele kosten)		11.614,56
	Per ton:	7,26

* Uitgangspunt gehanteerd door Praktijkonderzoek Veehouderij

** Volgens opgave door varkenshouder (De Swart, 2001). Grondkosten zijn niet inbegrepen.

*** Elektriciteitsgebruik inclusief water (zie hoofdstuk 4.5)

**** Gemeten tijdens onderliggend onderzoek

Tabel 12: Scenario's: afzetopbrengsten

Product	Scenario1 - negatief (€ / ton)	Scenario 2 - positief (€ / ton)
Product 1: Dikke fractie	-18,00	0,00
Product 2: Mestvloeistof	-18,00	0,00
Product 3: Slib	-18,00	0,00
Product 4: Condens	-7,00	0,00

Tabel 13: Afzetopbrengst producten (in €)

Product	Hoeveelheid (ton/jaar)	Scenario 1 (negatief)	Scenario 2 (positief)
Product 1: Dikke fractie	285	-5.130,00	0,00
Product 2: Dunne fractie	1100	-19.800,00	0,00
Product 3: Slib	300	-5.400,00	0,00
Product 4: Condens	6	-42,00	0,00
Opbrengst:		-30.372,00	0,00
	Per ton:	-18,98	0,00

6 Conclusies en aanbevelingen

- 1 De verwerkingscapaciteit van het strofilter in de foliekas bedraagt 1.600 ton drijfmest / jaar.
- 2 De kosten van het mestverwerkingsproces bedragen € 7,- per ton ingaande drijfmest (excl. afzet van producten). Afhankelijk van de ontwikkeling van de afzetmarkt voor de producten moet men rekening houden met een extra kostenpost tot maximaal € 19,- per ton behandelde drijfmest, wanneer men alle producten tegen de huidige mestafzetprijs moet afzetten.
- 3 Er is een sluitende balans over het strofiltersysteem opgesteld voor droge stof, organische stof, totaalstikstof, ammonium-stikstof, fosfaat en kalium. Om eveneens een sluitende balans op te stellen voor de nageschakelde bezinking zijn aanvullende metingen nodig.
- 4 De volumereductie van mest, bereikt door verdamping, is zeer laag. Het systeem is waarschijnlijk succesvoller in een klimaat waarin een hogere instraling van de zon plaatsvindt.
- 5 In het onderzoek is niet duidelijk geworden of het noodzakelijk was het strofiltersysteem uit te breiden met een chemische wasser. Het is echter wel waarschijnlijk dat de ammoniakemissie uit het systeem sterk is afgenomen door het installeren van de chemische wasser.
- 6 Zowel de ammoniakemissie als de geuremissie uit het De Swart systeem (exclusief opslag mestproducten) bedraagt circa 3% van de veronderstelde emissie van het gehele varkensbedrijf.

7 Systeem De Swart in breder perspectief

Producten en afzet

In het strofiltersysteem van De Swart gaan geen mineralen verloren: droge stof, fosfaat, kalium en stikstof die het systeem ingaan als drijfmest, verlaten het systeem weer in de vorm van producten. Het strofiltersysteem scheidt de drijfmest in vaste fractie, dunne fractie en condensaat (het slib wordt weer bij de drijfmest gevoegd).

- 1 De dikke fractie heeft een hoog gehalte aan droge stof, stikstof en fosfaat en kan men toepassen als meststof die het organische stofgehalte van de bodem aanvult. Wanneer de dikke fractie ook nog gecomposteerd wordt, is de waarde van de meststof mogelijk verhoogd.
- 2 De dunne fractie heeft een laag gehalte aan droge stof, stikstof en fosfaat en heeft een hoge N / P verhouding. De dunne fractie kan men aanwenden in plaats van drijfmest wanneer een relatief laag fosfaatgehalte is gewenst.
- 3 Het condens is een heldere ammoniakoplossing en kan men gebruiken als vloeibare stikstofmeststof. De hoeveelheid condens is echter zeer laag. Het spuiwater van de chemische wasser (ammoniumsulfatoplossing) kan bij het condens worden gevoegd zodat één product wordt gevormd.

Kosten versus opbrengst

Algemeen kunnen we stellen dat een mestverwerkingsstelsel alleen rendabel is wanneer de producten een betere marktpositie hebben dan de onbehandelde varkensdrijfmest. De verwerkingskosten van het stelsel bedragen € 7,- /ton verwerkte drijfmest. Om dit te kunnen dragen moet de afzet van de producten uit de mestbewerking minimaal € 7,- / ton goedkoper zijn dan die van onbehandelde drijfmest.

Concurrerende technieken

De dikke en dunne fractie die het strofiltersysteem produceert, zijn wat betreft gehalte fosfaat, stikstof, kalium en droge stof vergelijkbaar met de producten uit een mechanische scheider (centrifuge of zeefbandpers) in combinatie met toediening van een vlokmiddel (bijv. poly-elektrolyet) (Nijboer, 1988a, 1988b, 1989; Kaa en Brok, 1997). Dit stelsel is echter veel compacter en wanneer grondkosten worden berekend, veel goedkoper. Het enige verschil tussen de dikke fractie uit het strofiltersysteem en dat uit een mechanische scheider is dat er stro door de dikke fractie is gemengd. Hierdoor is het mengsel makkelijker te composteren.

Mestkringloop

Tijdens de mestbewerking treden emissies op van ammoniak, geur en broeikasgassen. Mogelijk is dit tijdens het gebruik van de mestproducten en de aanwending van de mest op het land daardoor lager. Alleen wanneer we de emissies meten van de totale

mestkringloop, kan men evalueren of het mestverwerkingproces een verhoging of verlaging van de totale emissie tot gevolg heeft. Er is aanvullend onderzoek nodig om de emissies te meten die optreden tijdens aanwending van de mestproducten op het land.

Literatuur

- Anoniem. 1996. Werkgroep Emissiefactoren. Meetprotocol voor geuremissies uit stallen. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag.
- Anoniem. 1998. Meststoffenwet. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag.
- Anoniem. 2000. Wijziging Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij. Interimwet Ammoniak en Veehouderij, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Staatscourant 139, Den Haag, Bijlage 4 van de 7^{de} wijziging UAV.
- Berckmans, D.; Vandenbroeck, Ph.; Goedseels, V. 1991. Sensor for continuous measurement of the ventilation rate in livestock buildings. *Indoor Air*, 3 p.323-336.
- Gijssel, de, P.; Hol, J.M.G.; Starmans, D.A.J. 2001. Gasvormige emissies bij mestverwerkingsinstallaties. Overkapte strobedfilter - Systeem De Swart. IMAG-nota P 2001-114. IMAG, Wageningen.
- Gijssel, de, P.; Hol, J.M.G.; Starmans, D.A.J. 2002. Gasvormige emissies bij mestverwerkingsinstallaties. Additionele meting - Systeem De Swart. IMAG-nota P 2002. IMAG, Wageningen.
- Hobbs, P.J., T.H. Misselbrook; B.F. Pain. 1995. Assessment of odours from livestock wastes by a photoionization detector, an electronic nose, olfactometry and gas chromatography-mass spectrometry. *J. of Agr. Eng. Res.* 60:137-144.
- Huijben, J.J.H.; Wagenberg, van, A.V. 1998. Verdamping van water uit dierlijke mest met behulp van zonne-energie. Proefverslag P 1.213. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen.
- IPPC. 1996. Climate Change 1995. The Science of Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change; J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell, eds. Cambridge University Press. Cambridge, U.K.

- Kaa, van der, C.C.R.; Brok, den, G.M. 1997. Concentrerig fosfaat uit varkensmest met een decanteer-centrifuge. Proefverslag nummer P 3.143. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen.
- KNMI. 2001. <http://www.knmi.nl/voorkd/lijsten/daggem/etmgeg.cgi>
- Nijboer, L.F. 1988a. Discontinue aerobe zuivering van filtraat van mestvarkensdrijfmest in Sterksel: periode april '82 tot april '84. IMAG-nota 393. IMAG, Wageningen.
- Nijboer, L.F. 1988b. Continue aerobe zuivering van filtraat mestvarkensdrijfmest in Sterksel: periode juli '84 april '86. IMAG-nota 394. IMAG, Wageningen.
- Nijboer, L.F. 1989. Continue aerobe zuivering van filtraat van vergiste mestvarkensdrijfmest in Sterksel: periode april '86 - maart '88. IMAG-nota 395. IMAG, Wageningen.
- NNI. 1995/1996. NVN 2880/A1 Luchtkwaliteit, sensorische geurmetingen met een olfactometer. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft (1995) met wijzigingsblad A1, in brief aan geaccrediteerde instellingen (1996).
- NNI. 1988. Overview of standards for analysis of water and sludges (NEN) (In Dutch), Netherlands Institute of Normalisation (Nederlands Normalisatie Instituut), Delft, The Netherlands, 31 pp.
- Ogink, N.W.M.; Groot Koerkamp, P.W.G. 2001. Comparison of odour emissions from animal housing systems with low ammonia emissions. Proceedings: 1st IWA International Conference on Odour and VOC's: Measurement, Regulation and Control Techniques. The University of NSW, Sydney, Australia, March 25-28 2001.
- Ogink, N.W.M.; Lens, P.N. 2001. Geuremissie uit de veehouderij. Overzichtsrapportage 1996-1999. Rapport 2001-14. IMAG, Wageningen, 40 pp.
- Scholtens, R.; Van 't Klooster, C.E. 1993. Meetventilator. In: E.N.J. Ouwerkerk (Ed.): Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniak-problematiek in de veehouderij 16, DLO, Wageningen, p. 59-62.

Swart, de, P. 2001. Toepassingsmogelijkheden mestbewerking op varkenshouderijbedrijven. Project Strofilter P. de Swart. Eindrapportage december 2001. Hendrix UTD.

Verdoes, N.; Brok, den, G.M.; Cuyck, J.H.M. 1992. Mechanische mestscheiders als mogelijke schakel in de mestbewerking op bedrijfsniveau. Proefverslag P 1.77. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen.

Wintjens, Y., 1993. Gaswasfles. In: E.N.J. van Ouwkerk (ED.): Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniak-problematiek in de veehouderij 16, DLO, Wageningen, p. 38-40.

Bijlagen

Bijlage 1: Massabalansen

Massabalans van strofiltersysteem (exclusief bezinking)

Omschrijving	Massa (ton)	Massa (% totaal)	DS (kg)	OS (kg)	P (kg)	N-totaal (kg)	N-NH ₄ (kg)	K (kg)
<i>In:</i>								
Drijfmest	128	100	7816	5295	528	893	447	844
Stro	0,586	0,5	373	353	2,00	5,74	n.b.	12,5
Regen	9,45	7	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Totaal:	138	108	8189	5648	530	899	447	857
<i>Uit (exclusief bezinking):</i>								
Vaste mest	23,6	18	4064	3403	280	239	76	140
Filtraat	116 *	91	3894	2180	215	668	357	749
Condens 0,0001	0,50	0,4	<0,05	n.b.	0,0004	0,278	0,229	
Totaal:	140	109	7959	5582	496	907	433	889
Afwijking (%):	+2	+2	-3	-1	-6	+1	-3	+4

* Niet gemeten maar berekend als hoeveelheid slib + dunne fractie afkomstig uit bezinking (tabel 15)

Massabalans van bezinking na scheiding door strofilter

Beschrijving	Massa (ton)	Massa (% totaal)	DS (kg)	OS (kg)	P (kg)	N-totaal (kg)	N-NH ₄ (kg)	K (kg)
<i>In: *</i>								
Filtraat	116	100	3894	2180	215	668	357	749
<i>Uit:</i>								
Slib	24,8	19	1324	826	95,3	162	94	143
Mestvloeistof	91,5	71	1739	732	86,6	430	247	537
Totaal:	116	91	3062	1558	182	592	342	680
Afwijking (%)			-21	-29	-15	-11	-4	-9

* Niet gemeten. Gesteld wordt dat ingaande massa gelijk is aan gemeten uitgaande massa.

Bijlage 2

De geometrisch gemiddelde geuremissie van i meetdagen wordt als volgt berekend:

$$M = \exp \left((\ln G_1 + \dots + \ln G_i) / i \right) \quad (\text{OU}_E/\text{s})$$

M = geometrisch gemiddelde geuremissie van i meetdagen (OU_E/s)

G_i = $E_{\text{stal}} + E_{\text{mb},i}$ (OU_E/s)

E_{stal} = geuremissie varkensbedrijf berekend op grond van literatuurwaarden (OU_E/s)

$E_{\text{mb},i}$ = gemeten geuremissie uit mestverwerkinginstallatie op meetdag i (OU_E/s)

Vervolgens wordt de toename van de geuremissie van het bedrijf als gevolg van de mestverwerkinginstallatie als volgt berekend:

$$P = \left(M / E_{\text{stal}} - 1 \right) \times 100 \quad (\%)$$

P = toename geuremissie als gevolg van mestverwerking (%)

M = geometrisch gemiddelde geuremissie van i meetdagen (OU_E/s)

E_{stal} = geuremissie varkensbedrijf berekend op grond van literatuurwaarden (OU_E/s)

Overige publicaties

In de serie " Mestverwerking varkenshouderij" zijn tot nu toe verschenen:

- Praktijkboek nr. 4 Mestverwerking varkenshouderij
Manura® 2000, Hollvoet te Reusel
- Praktijkboek nr. 5 Mestverwerking varkenshouderij
Manura® 2000, Houbensteyn te Ysselsteyn
- Praktijkboek nr. 6 Mestverwerking varkenshouderij
Systeem Biovink, Evink te Oosterwolde (Gld)
- Praktijkboek nr. 7 Mestverwerking varkenshouderij
Mestscheiding en microfiltratie, Dirven te Someren
- Praktijkboek nr. 8 Mestverwerking varkenshouderij
Strofilter in foliekas, De Swart te Alphen (NB)
- Praktijkboek nr. 9 Mestverwerking varkenshouderij
Composteren in roterende trommel,
Bouwman te Ysselsteyn
- Praktijkboek nr. 10 Mestverwerking varkenshouderij
Mest op Maat, Mestac te Nuenen
- Praktijkboek nr. 11 Mestverwerking varkenshouderij
Mobiele Mestontwatering, Mestec te Papendrecht
- Praktijkboek nr. 12 Mestverwerking varkenshouderij
OrgAgro, Bouwman te Bakel
- Praktijkboek nr. 13 Mestverwerking varkenshouderij
Agramaat, Den Hertog te Rotterdam

Deze rapporten zijn te bestellen bij de uitgever.

