PRAKTIJKONDERZOEK VEEHOUDERIJ

IMAG

Mestverwerking varkenshouderij

Manura® 2000, Houbensteyn te Ysselsteyn

R.W. Melse (Praktijkonderzoek Veehouderij/IMAG)
D.A.J. Starmans (IMAG)
N. Verdoes (Praktijkonderzoek Veehouderij)

VARKENS

APRIL 2002

WAGENINGEN UR

Colofon

PraktijkBoek nr. 5

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

Inhoud

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 Manura® 2000 systeem op het varkenshouderijbedrijf Houbensteyn te Ysselsteyn. Voor u liggen de resultaten van dat onderzoek. We danken de familie Houben 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 mestverwerkingtechnieken, waardoor de onzekerheid over de (meestal grote) investeringen verkleind wordt.

Ir. N. Verdoes
Projectmanager Milieu
Praktijkonderzoek Veehouderij

Samenvatting

In het Manura® 2000 systeem wordt varkensdrijfmest door een centrifuge geleid en gescheiden in een vaste en een vloeibare fractie. De dunne fractie wordt behandeld door een verdampings-, wassings- en condensatieproces. De vaste fractie wordt afgevoerd. Het systeem kent een continue procesvoering en heeft een verwerkingscapaciteit van 16.000 ton drijfmest per jaar. Er worden vier producten gemaakt:

- Water (61%): zeer laag gehalte stikstof, fosfaat, kalium en chloride.
- NPK-concentraat (19%) : hoog gehalte kalium, chloride en fosfaat; gemiddeld gehalte stikstof.
- N-concentraat (8%): zeer hoog stikstofgehalte (5 gewichts-procenten N); zeer laag gehalte fosfaat en kalium.
- Dikke fractie (13%): hoog gehalte stikstof en fosfaat.

Het stikstofgehalte van het condens-water is lager dan 200 mg/l en mag dus versproeid worden zonder emissiebeperkende maatregelen.
Het NPK-concentraat kan aangewend worden als alternatief voor drijfmest wanneer een hogere fosfaatgift gewenst is en een hoge kaliumgift geen probleem vormt. Het stikstof-concentraat kan gebruikt worden als stikstofmeststof. Door de hoge temperaturen in het systeem zijn het N-concentraat en het NPK-concen-traat waarschijnlijk kiemvrij.
De emissie van ammoniak uit het systeem (exclusief eventuele emissie uit centrifugeruimte, buffertank en productopslagen) bedraagt ongeveer 0,2% van de ammoniakemissie van het varkensbedrijf. Na installatie van een actief-koolfilter blijkt dat de emissie van geur uit het systeem (exclusief eventuele emissie uit centrifugeruimte, buffertank en productopslagen) verwaarloosbaar klein is in vergelijking met de geur-emissie van het varkensbedrijf.
De kosten van het systeem bedragen € 14 / ton drijfmest, excl. afzet van de producten. Afhankelijk van de ontwikkeling van de afzetmarkt voor de producten moet men rekening houden met een opbrengst van on-geveer € 0,42 per ton behandelde drijfmest tot een extra kostenpost van € 7,- per ton behandelde drijf-mest.
Het Manura® 2000 systeem is technisch nog niet geheel ontwikkeld. Tijdens het onderzoek is een aantal storingen opgetreden. De toekomst moet uitwijzen of het beoogde rendement, de capaciteit en de kostprijs gehaald worden. Gezien de technische complexiteit van de Manura® 2000 installatie, is het noodzakelijk een goede servicedienst in het leven te roepen.

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

Tabel 1 Overzicht geselecteerde verwerkingssystemen voor varkensmest

Naam	Techniek	Producten	Capaciteit (m^3 /jaar)	Opmerking
Mechanisch / Chemisch:				
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, kamerfilter-pers, 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
Biologisch:				
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 afzet mogelijkheden
Thermisch:				
8 Bouwman	Compostering in droogtrommel, luchtreiniging	Compost, condens	10.000**	Gesteriliseerde producten
9 Manura® 2000 + 10	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

en een aantal is ontwikkeld door de 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.

Onderzoeksopzet

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 monstername- 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 het systeem Manura® 2000 op de locatie Houbensteyn te Ysselsteyn zijn door de heer Houben aan het PV gerapporteerd (Houben, 2001).
2. Meting van gasvormige emissies. Het IMAG bv te Wageningen heeft de emissie van ammoniak, broeikasgassen en geur uit het Manura® 2000 systeem driemaal gemeten. Reeds eerder zijn deze metingen gerapporteerd als IMAG rapport (Gijsel et al., 2001). Na aanpassing van de installatie is de geuremissie nog eenmaal gemeten door PRA OdourNet bv te Amsterdam. Deze metingen zijn eveneens reeds eerder gerapporteerd (Vossen, 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 Manura® 2000 systeem

Het Manura® 2000 systeem is ontwikkeld door de Deense firma Funki Manura A/S en wordt gebruikt voor de behandeling van varkensdrijfmest. Het systeem is geïnstalleerd op een bedrijf van Houbensteyn Groep (Houbensteyn Milieu bv) te Ysselsteyn, Limburg en op het bedrijf Hollvoet bv te Reusel. Op beide bedrijven met vergelijkbare omstandigheden is de werking van het Manura® 2000 systeem onderzocht door het Praktijkonderzoek Veehouderij. De gasvormige emissies uit het systeem (ammoniak, geur en broeikasgassen) zijn alleen op het bedrijf Hollvoet bv gemeten.
In onderliggend rapport wordt het onderzoek beschreven dat is uitgevoerd op het bedrijf van Houbensteyn Groep. De metingen van de gasvormige emissies uitgevoerd op het bedrijf Hollvoet bv worden ook in dit rapport beschreven, omdat we aannemen dat de emissies uit het Manura® 2000 systeem op beide bedrijven vergelijkbaar zijn.

Figuur 1 Decanteercentrifuge voor scheiding varkensdrijfmest (Houbensteyn Groep, Ysselsteyn)

Figuur 2 Manura® 2000 unit voor behandeling van dunne fractie van varkensdrijfmest

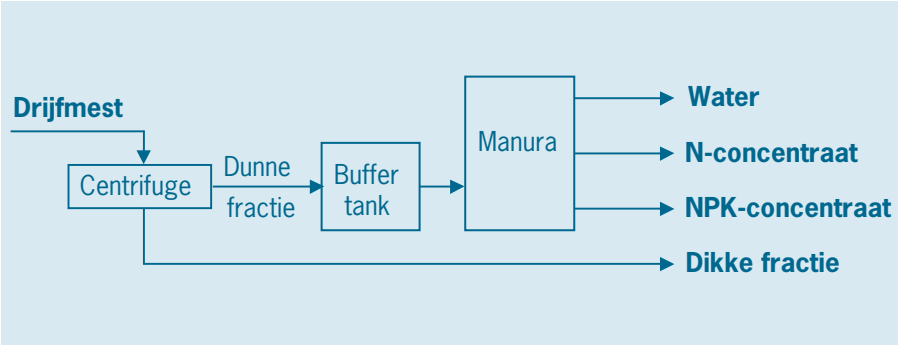
Mestproductie
Het bedrijf Houbensteyn Groep omvat 4.200 zeugenplaatsen + biggenopfok en 16.500 vleesvarkensplaatsen.
In totaal wordt ongeveer 37.500 ton drijfmest per jaar geproduceerd. 3.000 à 4.000 ton zeugenmest wordt op eigen land aangewend, de resterende mengmest zet men deels buiten het bedrijf af en wordt deels verwerkt door het Manura® 2000 systeem.

Beschrijving systeem
In het mestverwerkingsysteem wordt een mengsel van vleesvarkensmest en zeugenmest behandeld in een continu proces. De mestverwerkinginstallatie bevindt zich in een afgesloten loods.
Vanuit de mestopslag of vanaf een tankwagen wordt de drijfmest naar de loods gepompt. Allereerst wordt de mest grof gefilterd om grote delen (zeugenhaar, oormerken, pipetten etc.) uit de drijfmest te verwijderen.
Vervolgens wordt de mest naar de decanteercentrifuge (merk: Pieralisi; type: FP 600 2RS/M; capaciteit: 12 m^3/uur, afgesteld op 5 m^3/uur) gepompt. De centrifuge scheidt de drijfmest in een dikke en een dunne fractie (figuur 1).

De dikke, steekvaste fractie wordt via een vijzel en een opvoerband

afgevoerd naar een overkapte, vloeistofdichte plaat en niet verder behandeld. De opslagcapaciteit van deze plaat bedraagt circa 120 ton. De dunne fractie wordt naar een buffertank gepompt. Vanuit deze buffertank (2.000 m^3) kan de dunne fractie naar het Manura® 2000 systeem worden gepompt. De dunne fractie uit de centrifuge kan men eventueel voor een deel niet verder verwerken en als dunne fractie afzetten.
In het Manura® 2000 systeem vindt achtereenvolgens een verdampings-, wassings- en condensatieproces plaats. Het systeem is geplaatst in een gesloten behuizing (zie figuur 2).

Door het verwarmingsproces in de Manura® 2000 wordt het grootste gedeelte van het water samen met andere vluchtige verbindingen (o.a. ammoniak) verdampt. Er resteert een NPK-concentraat (ingedikte mest). De gassen en dampen die door de verwarming ontstaan worden gewassen met zwavelzuur om het ammoniak te binden. Het waswater is dan een N-concentraat. De ammoniakarme waterdamp wordt vervolgens gecondenseerd tot een mineraalarme waterstroom. Behalve het continue gebruik van zwavelzuur gebruikt men periodiek een hoeveelheid salpeterzuur om het systeem te reinigen.
Het resultaat van de processen is dat de dunne fractie (afkomstig uit de centrifuge) wordt gescheiden in water, N-concentraat en NPK-concentraat.
Het water wordt opgevangen in een foliebassin (niet overdekt) van 5.000 m^3, het N-concentraat wordt opgeslagen in een silo van 60 m^3 (staal, binnenzijde geëmailleerd) en het NPK-concentraat wordt in drie silo's van 60 m^3 (staal, binnenzijde geëmailleerd).
Het doel is om een groot volume water te produceren met een stikstofgehalte lager dan 200 mg/l. Het water behoeft dan niet emissiearm te worden aangewend maar mag worden versproeid (Anoniem, 1997).
Het N-concentraat dient een hoog stikstofgehalte te hebben en de hoeveelheid NPK-concentraat dient ge-



Figuur 3 Schematische weergave Manura® 2000 systeem

minimaliseerd te worden.
In principe zijn de producten uit het proces (exclusief de vaste fractie uit de centrifuge) kiemvrij door de hoge temperaturen in het Manura® 2000 proces. Hierdoor zijn de producten in principe exportwaardig.
De installatie is uitgevoerd met een ontgassingsopening waarop een pijp is aangesloten. Gedurende het onderzoek kwam deze pijp uit in de buitenlucht. Na afronding van het onderzoek is op deze pijp een actiefkoolfilter (volume: 20 l) aangesloten om de emissie van geur te reduceren.
In figuur 3 is het Manura® 2000 systeem schematisch weergegeven.

Zowel de centrifuge als de Manura® 2000 werken op krachtstroom. Er wordt geen andere vorm van energie of brandstof gebruikt in het proces.
De Manura® 2000 is ontworpen voor de behandeling van 20.000 ton drijfmest/jaar ofwel circa 2 ton/uur.

3 Onderzoek: materiaal en methoden

De werking van het systeem is onderzocht in de periode van februari 2001 tot en met april 2001. Gedurende deze periode heeft het systeem niet altijd gedraaid door het optreden van storingen. Uit deze periode zijn 4 weken (week 1, 2, 3 en 4) gekozen waarin het systeem continu en zonder storingen heeft gedraaid. Gedurende het onderzoek zijn ook metingen uitgevoerd, monsters genomen en alle voorkomende werkzaamheden en relevante ervaringen genoteerd.

3.1 Monstername en analyse

Eenmaal per 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 ($N\text{-}NH_3/NH_4^+$)
- chloride (Cl)
- magnesium (Mg)
- kalium (K)
- pH

Van een aantal monsters werden ook onderstaande gehalten bepaald:

- nitriet ($N\text{-}NO_2^-$)
- nitraat ($N\text{-}NO_3^-$)
- koper (Cu)
- zink (Zn)
- cadmium (Cd)
- elektrische geleidbaarheid (EC)
- chemisch zuurstofverbruik (CZV)

3.2 Debietmeting

Hieronder wordt beschreven op welke wijze de verschillende debieten in het systeem zijn bepaald.

Drijfmest
De hoeveelheid drijfmest die de decanteercentrifuge ingaat werd continu gemeten met een elektromagnetische debietmeter.

Dikke fractie
De dikke fractie uit de centrifuge werd opgevangen in een container en iedere week gewogen.

Dunne fractie uit centrifuge
De hoeveelheid dunne fractie (door de centrifuge geproduceerd) werd gedurende een half uur opgevangen in een tank van circa 10 m^3. Vervolgens is de tank leeggepompt en de inhoud gewogen. Dit werd eenmaal per week uitgevoerd (week 1, 2 en 3). In week 4 is het debiet van de dunne fractie niet gemeten maar berekend als het verschil tussen de hoeveelheid ingaande drijfmest en de hoeveelheid geproduceerde dikke fractie.

Dunne fractie naar Manura® 2000
De hoeveelheid dunne fractie die vanuit de buffertank naar de Manura® 2000 wordt gepompt werd continu gemeten met behulp van een elektromagnetische debietmeter.

Producten

NPK-concentraat en water
De hoeveelheid NPK-concentraat en water (door de Manura® 2000 geproduceerd) werd continu gemeten met behulp van een elektromagnetische debietmeter.

N-concentraat
Het N-concentraat is opgevangen in een vat. Iedere week werd het geproduceerde volume afgelezen en het debiet berekend (week 2, 3 en 4).
In week 1 heeft men de hoeveelheid N-concentraat niet gemeten, maar berekend als de hoeveelheid ingaande dunne fractie min de hoeveelheid geproduceerd NPK-concentraat min de hoeveelheid geproduceerd water.

3.3 Gasvormige emissies

Hieronder wordt beschreven hoe de metingen van de gasvormige emissies van de Manura® 2000 op het bedrijf Hollvoet bv te Reusel zijn uitgevoerd. Het IMAG bv heeft drie metingen uitgevoerd op 7 juni, 25 september en 4 oktober 2001 en één meting is uitgevoerd door PRA Odournet bv op 1 november 2001.
Er zijn twee emissiebronnen te onderscheiden bij het Manura® 2000 systeem:
- emissie uit de buffertank (meetpunt 1)
- emissie rechtstreeks uit de Manura® 2000 (meetpunt 2)

De emissie uit de buffertank is veroorzaakt door het vullen van de tank met dunne fractie afkomstig van de centrifuge en door eventuele gasproductie in de dunne fractie. De buffertank was uitgevoerd met een waterslot en hierop werd een monsterleiding aangesloten.
Uit de Manura® 2000 komt een gasstroom die via een ontgassingspijp wordt afgevoerd naar de buitenlucht, al dan niet na het doorlopen van een actief-koolfilter. De lucht die uit deze pijp komt is bemonsterd.
De eventuele emissie uit de ruimte waarin de centrifuge is geplaatst en uit de opslag van de dikke fractie en de producten is niet gemeten.
De volgende parameters werden gemeten:
- temperatuur en relatieve luchtvochtigheid;
- ventilatiedebiet;
- ammoniakconcentratie (NH_3);
- broeikasgasconcentraties: kooldioxide (CO_2), methaan (CH_4) en lachgas (N_2O);
- geurconcentratie;
- concentratie vluchtige vetzuren

Klimaat
De temperatuur (°C) en de relatieve luchtvochtigheid (%) boven het vloeistofoppervlak in de buffertank werden gemeten met een gecombineerde

temperatuur- en vochtsensor (Rotronic Hygromer). De metingen werden geregistreerd met een datalogger.

Ventilatiedebiet

De grootte van het ventilatiedebiet van luchtstroom uit de Manura® 2000 (meetpunt 2) is als volgt bepaald: op verschillende plaatsen in het luchtkanaal, met telkens een andere afstand tot de wand, is met een anemometer de luchtsnelheid gemeten. Elke meting resulteert in een luchtsnelheid die het gemiddelde is van een periode van 22 seconden; deze meting is 40 maal uitgevoerd. Uit deze metingen is de gemiddelde luchtsnelheid in het kanaal berekend; samen met de leidingdiameter volgt hieruit het ventilatiedebiet. De grootte van het ventilatiedebiet uit de buffertank (meetpunt 1) is niet gemeten.

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 werd bepaald met een zeepvliesmeter. Vervolgens wordt de concentratie van ammoniak in de gaswasflessen in het laboratorium nat-chemisch bepaald (NEN 6472, MSP-A014). Het leidingwerk voor monstername is gemaakt 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, die gebruikt wordt 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 de ammoniakemissie in massa per tijdseenheid worden berekend (g/uur).

Geur

Metingen IMAG bv

De geurmetingen werden uitgevoerd volgens het meetprotocol voor geuremissies uit de veehouderij (Anoniem, 1996). Monsterzakken gemaakt van Teflon werden in 2 uur gevuld met lucht door middel van de 'long-metho-

de'. 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_m).
De monsters werden 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_) (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 de Nederlands voornorm Olfactometrie (NVN 2820A) met wijzigingsblad A1 (NNI, 1995/1996).
De achtergrondconcentratie van geur is niet bepaald.

Meting PRA Odournet bv
Op 24 oktober 2001 is een koolfilter gemonteerd op de ontgassingspijp van de Manura® 2000. Een week later, 1 november 2001, is de geuremissie vastgesteld van de luchtstroom na het doorlopen van het koolfilter.
De afgassen van het koolfilter zijn in drievoud bemonsterd conform de richtlijnen in het Document Meten en Rekenen Geur (Anoniem, 1994) en de Nederlandse Emissie Richtlijnen lucht (NeR) (Anoniem, 2001). De bemonsteringsduur bedroeg 30 minuten per monster.
De monsters zijn voorverdund met N_2 om condensatie in de monsterzak te voorkomen.
Binnen 30 uur na bemonstering zijn de monsters geanalyseerd met een olfactometer en een panel. De geuranalyses zijn uitgevoerd volgens de de Nederlands voornorm Olfactometrie (NVN 2820A) met wijzigingsblad A1 (NNI, 1995/1996).
De achtergrondconcentratie van geur is niet bepaald.

Vluchtige vetzuren
De concentratie van vluchtige vetzuren in de lucht werd bepaald door gedurende twee uur lucht door twee in serie geschakelde gaswasflessen met natronloog (0,1 M NaOH) te pompen. In de eerste gaswasfles werden de vetzuren afgevangen; 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 behulp van een kritisch capillair (2 l/min); de werkelijke hoeveelheid doorgeleide lucht is bepaald met een zeepvliesmeter. Vervolgens wordt de concentratie van vluchtige vetzuren

in de gaswasflessen gaschromatografisch bepaald. Het leidingwerk voor monstername is van Teflon om adsorptie aan de leidingen en verlies door diffusie te voorkomen.
Uit het debiet van de lucht door de gaswasflessen, de monstnameduur, en de concentratie van vluchtige vetzuren in de gaswasflessen kan vervolgens de concentratie van vluchtige vetzuren in de bemonsterde lucht worden berekend (tijdgewogen gemiddelde) (Wintjens 1993).
Uit het ventilatiedebiet (m^3/uur) en de concentratie vluchtige vetzuren (mg/m^3) kan de emissie van vluchtige vetzuren in massa per tijdseenheid worden berekend (g/uur).
De achtergrondconcentratie van vluchtige vetzuren is niet bepaald.

Broeikasgassen
Gedurende 2 uur werden luchtmonsters genomen met behulp van vacuüm flessen 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 mestver werkingsinstallatie werden met injectiespuiten (20 ml) gasmonsters van de buitenlucht genomen ter bepaling van de achtergrondconcentratie van de verschillende gassen om de metingen hiervoor te corrigeren.
In de gasmonsters werd de concentratie van CH_4, CO_2 en N_2O bepaald met behulp van een gaschromatograaf (Carbo Erba Instruments, GC 6000 Vega series 2; Poropax Q; CH_4: FID/HWD; N_2O: ECD/HWD; HWD).
Uit het ventilatiedebiet (m^3/uur) en de concentratie van een broeikasgas (g/m^3) kan de broeikasgasemissie in massa per tijdseenheid worden berekend (kg/uur).

3.4 Energiegebruik

De hoeveelheid elektriciteit die verbruikt is door het systeem werd geregistreerd met een kWh-meter. Er wordt geen andere vorm van energie of brandstof gebruikt in het proces.

3.5 Economische evaluatie

Om een objectieve vergelijking van kosten van verschillende systemen mogelijk te maken, hanteert het PV een aantal uitgangspunten voor het maken van een kostenberekening.
Dit zijn:
- 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
- Arbeidskosten: € 18,- / uur
- Draaiuren: maximaal 8.000 / jaar
- Emissiearm aanwenden dunne fractie (door loonwerker): € 3,50 / ton
- Verregenen water (incl. vaste kosten): € 0,50 / ton

4 Onderzoek: resultaten en discussie

4.1 Capaciteit systeem

Tijdens de onderzoeksperiode heeft de centrifuge zonder storingen gefunctioneerd en had gemiddeld een debiet van 4,9 ton drijfmest / uur. Uit de drijfmest werd per uur 0,63 ton dikke fractie en 4,3 ton dunne fractie geproduceerd (op basis van 8.000 draaiuren per jaar). De Manura® 2000 heeft niet continu gedraaid. Door storingen is het systeem een aantal dagen buiten bedrijf geweest. Een aantal kinderziekten dienen nog overwonnen te worden. Wanneer de installatie wel draaide, had hij gemiddeld een capaciteit van 1,8 ton dunne fractie-/uur (op basis van 8.000 draaiuren per jaar). De centrifuge heeft dus een overcapaciteit in verhouding tot de verwerkingscapaciteit van de Manura® 2000 en kan gebruikt worden om twee Manura® 2000 installaties van dunne fractie te voorzien.
De verwerkingscapaciteit van de Manura® 2000 (1,8 ton dunne fractie / uur) staat gelijk aan 2,0 ton drijfmest / uur ofwel 16.000 ton drijfmest / jaar (tabel 2).

4.2 Samenstelling stromen

Tabel 3 toont een overzicht van de verschillende componenten over de diverse producten, en de massaverdeling van de verschillende stromen. In bijlage 1 worden de samenstellingen van de verschillende stromen in meer detail weergegeven voor de decanteercentrifuge en voor de Manura® 2000.
De waarden in tabel 3 en in bijlage 1 zijn het gemiddelde van vier monsters die met een tussenpoos van een week zijn genomen.

Uit tabel 3 blijkt dat in de centrifuge 13 gewichtsprocenten als dikke

Tabel 2 Capaciteit Manura® 2000 systeem *

	Capaciteit	Eenheid
Centrifuge	4,9 **	Ton drijfmest / uur
Manura® 2000	1,8	Ton dunne fractie / uur
Capaciteit Manura® 2000 systeem:	2,0	Ton drijfmest / uur
	16.000	Ton drijfmest / jaar

* Op basis van 8.000 draaiuren per jaar ofwel 91% van de tijd in bedrijf
** Overcapaciteit t.o.v. capaciteit van Manura® 2000

Tabel 3 Gemiddelde concentraties en massaverdeling over de verschillende producten.

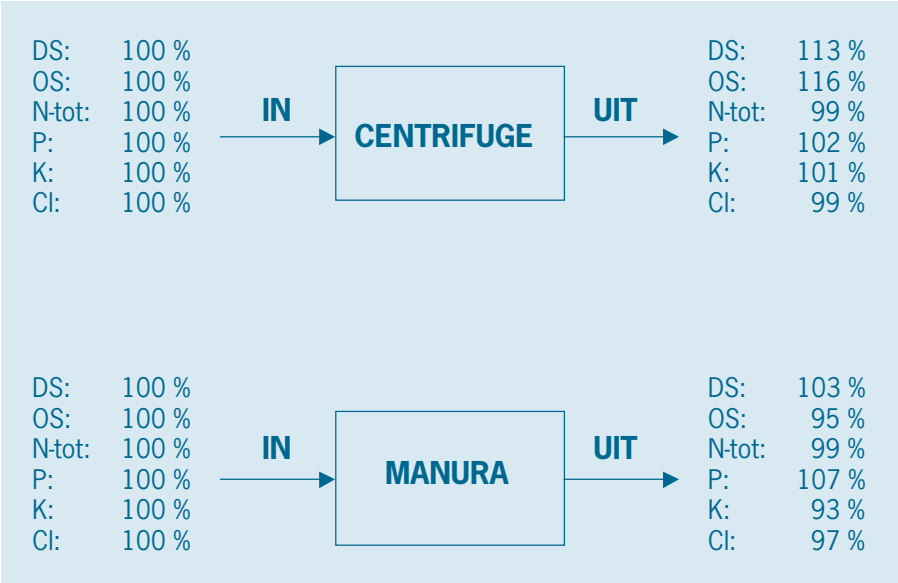
	Eenheid	Drijfmest	Dikke fractie	Water	N-concentraat	NPK-concentraat
Massa	% totaal	100	13	61	8	19
Droge stof (DS)	kg/ton	57	292	0,0	0,0	144
Organische stof (OS)	kg/ton	37	218	0,0	0,0	74
Stikstof-totaal (N)	kg/ton	5,8	10,0	0,15	49	6,1
Fosfaat-totaal (P_2O_5)	kg/ton	3,2	19,1	0,0	0,0	4,7
Kalium (K_2O)	kg/ton	5,8	5,4	0,1	0,0	25,4
Chloride (Cl)	kg/ton	2,2	2,5	0,0	1,8	10,6

fractie wordt afgescheiden. Deze fractie heeft een hoog stikstof- en fosfaatgehalte. De resterende 87 gewichtsprocenten wordt verder gescheiden in water, N-concentraat waarna een NPK-concentraat resteert.
Het mineraalarme water dat geproduceerd wordt maakt 61 gewichtsprocenten uit van de ingaande mest en heeft een totaal-stikstofgehalte beneden 200 mg/l. Deze vloeistof mag dus emissiearm worden aangewend (Anoniem, 1997). Aangezien het gehalte aan fosfaat, kalium en chloride eveneens zeer laag is, wordt aanwending van deze vloeistof in grote hoeveelheden niet in de weg gestaan.
Het N-concentraat maakt 8 gewichtsprocenten uit van de ingaande mest en heeft een stikstofgehalte van 4,9 gewichtsprocenten. Er bevindt zich geen kalium of fosfaat in dit concentraat. Het is onduidelijk waardoor zich wel een hoeveelheid chloride in het concentraat bevindt.
De resterende hoeveelheid NPK-concentraat maakt 19 gewichtsprocenten uit van de ingaande drijfmest en heeft vooral een hoog kalium- en chloridegehalte. Het stikstofgehalte van het concentraat komt ongeveer overeen met onbehandelde mest, het fosfaatgehalte ligt circa 50% hoger dan onbehandelde mest.

4.3 Massabalans

Met de gegevens in tabel 3, bijlage 1 en het salpeterzuurgebruik (tabel 4) kan een balans worden gemaakt voor de verschillende componenten. Het doel van het opstellen van een massabalans is om de gemeten hoeveelheid die het systeem binnenkomt te vergelijken met 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 de Manura® 2000 verwachten we geen verwijdering van componenten. Met

andere woorden: idealiter zal de gemeten hoeveelheid die het systeem ingaat gelijk zijn aan de gemeten hoeveelheid die het systeem verlaat.
In figuur 4 is voor de centrifuge en de Manura® 2000 installatie aangegeven in hoeverre de balans van de verschillende componenten in evenwicht is. De getallen in figuur 4 zijn niet gecorrigeerd voor het gemeten stikstofverlies naar de omgeving in de vorm van ammoniak en lachgas (tabellen 7 en 12).
Voor de centrifuge is de gevonden afwijking in de balans van stikstof, fosfaat, kalium en chloride zeer klein. De afwijkingen vallen binnen de marge voor reproduceerbaarheid van de uitgevoerde metingen en analyses. De afwijking in de balans van droge stof is echter erg groot (+13%). De balans voor organische stof is dan evenmin in evenwicht, omdat de organische stof wordt bepaald uit de droge stof. De oorzaak van deze afwijking is dat het aantal monsters (gemiddeld 1 kg monster per 300 ton mest) onvoldoende is om de optredende fluctuaties in het droge-stofgehalte te meten. Om een sluitende balans te krijgen moet monstername frequenter plaatsvinden.
Voor de Manura® 2000 is de gevonden afwijking voor alle componenten klein en valt binnen de marge voor reproduceerbaarheid van de uitgevoerde metingen en analyses.
Voor het totale systeem kunnen we concluderen dat de uitgevoerde metingen betrouwbaar zijn en een goed beeld geven van de werking van het mestverwerkingsysteem.



Figuur 4 Massabalans voor centrifuge en Manura® 2000 installatie

Tabel 4 Toevoegmiddelen en chemicaliën Manura® 2000 systeem

	Verbruik (l/ton verwerkte mest)	Toelichting
Zwavelzuur (95-98% H2SO4)	1,3	Binding ammoniak
Salpeterzuur (65-70% HNO3)	0,2	Reiniging installatie
Anti-schuimmiddel	0,04	Voorkomen schuimvorming

Tabel 5 Gemiddelde temperatuur en relatieve luchtvochtigheid

Datum	Temperatuur (°C)		Relatieve luchtvochtigheid (%)
	buiten*	buffertank	Buffertank
7 juni 2001	13	15,7	70,0
25 september 2001	11	17,9	99,9
4 oktober 2001	14	-	-
1 november 2001	8	-	-

* Gemiddelde temperatuur te De Bilt (KNMI, 2001)

Om ook een betrouwbare balans voor droge stof (en organische stof) op te stellen zijn aanvullende metingen noodzakelijk.

Toevoegmiddelen en chemicaliën
De toevoegmiddelen en chemicaliën die in het systeem zijn gebruikt zijn in tabel 4 opgesomd.

4.4 Gasvormige emissies

Klimaat
In tabel 5 zijn de klimaatgegevens weergegeven van de dagen waarop de metingen zijn uitgevoerd.

Ventilatie
Het ventilatiedebiet uit de buffertank (meetpunt 1) is niet gemeten.

Tabel 6 Ventilatiedebiet ontgassingspijp Manura® 2000

Datum	Debiet (m^3/uur)
7 juni 2001	6,4
25 september 2001	-
4 oktober 2001	9,9
1 november 2001	9
Gemiddeld	8,4

Het debiet van de gasstroom uit de Manura® 2000 (meetpunt 2) is in tabel 6 weergegeven.
We moeten opmerken dat de anemometer door de hoge luchtvochtigheid in de gasstroom nat werd tijdens de meting. Hierdoor werd de debietmeting mogelijk beïnvloed.
Het gemiddelde debiet uit tabel 6

Tabel 7 Ammoniakconcentratie en -emissie uit buffertank en Manura® 2000 (voor installatie koolfilter)

Datum	Ammoniakconcentratie (mg/m^3)		Ammoniakemissie (g/uur)	
	buffertank	Manura® 2000	buffertank	Manura® 2000
7 juni 2001	68	85	-	0,56
25 september 2001	188	217	-	2,21
4 oktober 2001	-	664	-	6,77
Gemiddeld	128	322	-	3,18

wordt gebruikt om de emissies van ammoniak, geur en broeikasgassen uit de Manura® 2000 te berekenen.

Ammoniakemissie

In tabel 7 zijn de ammoniakconcentratie in de ventilatielucht uit de buffertank (meetpunt 1) en de ontgassing van de Manura® 2000 (meetpunt 2) weergegeven. Voor meetpunt 1 is de emissie berekend uit het ventilatiedebiet (tabel 6) en de gemeten ammoniakconcentratie. De ammoniakemissie uit meetpunt 2 konden we niet berekenen, omdat het ventilatiedebiet van de buffertank niet bekend is.

De gemeten ammoniakconcentratie in de relatief kleine luchtstroom uit de Manura® 2000 is zeer hoog zodat reeds een klein lek een gevaarlijke situatie kan veroorzaken. De ammoniakconcentratie waaraan volwassen gedurende langere tijd mogen worden blootgesteld bedraagt 18 mg/m^3 (TLV-TWA = Threshold Limit Value - Time-Weighted Average) (Anoniem, 1990); kortdurend mogen volwassen blootgesteld worden aan een concentratie van 27 mg/m^3 (TLV-STEL = Threshold Limit Value - Short-term Exposure Limit) (Anoniem, 1990). Het Manura® 2000 systeem wordt daarom in de toekomst uitgerust met een ammoniakdetectiesysteem met alarmmelding (Lorenzen, 2001), om gevaarlijke situaties te voorkomen.

Het is van belang om de ammoniakemissie van het mestverwerkingssysteem 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 die worden gehanteerd door de wetgever (Wijziging uitvoeringsregeling ammoniak en veehouderij (Anoniem, 2000)). Het aantal dieren op de locatie waar de Manura® 2000 zich bevindt (Hollvoet bv, Reusel) is kleiner dan het aantal

Tabel 8 Berekening ammoniakemissie varkensbedrijf Hollvoet bv, Reusel volgens Wijziging uitvoeringsregeling ammoniak en veehouderij (Anoniem, 2000)

Diercategorie	Code	Emissiefactor NH_3 (kg/dpl/jaar)	Dierplaatsen	NH_3 emissie (kg/jaar)
Vleesvarkens	D3.1.2	4,0	1100	4400
Vleesvarkens	D3.2.10.2	2,0	1900	3800
Guste en dragende zeugen	D1.3.12	4,2	520	2184
Kraamzeugen	D1.2.16	8,3	130	1079
Fokgelten	D3.2.10.1	1,4	100	140
Totaal				11603

dieren waarvan de mest wordt verwerkt. Een groot deel van de mest wordt aangevoerd van bedrijven op een andere locatie.
In tabel 8 wordt de ammoniakemissie van het bedrijf Hollvoet bv te Reusel berekend.

Wanneer we aannemen dat de gemiddelde ammoniakemissie die gemeten is van de Manura® 2000 (tabel 7: 3,18 g/uur (= 27,9 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 8: 11603 kg/jaar). Dit betekent dat de ammoniakemissie 0,2% bedraagt van de emissie van het gehele bedrijf.
De gemeten ammoniakemissie uit de Manura® 2000 bedraagt 0,03% van de hoeveelheid stikstof die het mestverwerkingsysteem ingaat als drijfmest.
Er is echter geen sprake van een representatieve meting van de ammoniakemissie. De gemiddelde ammoniakemissie in tabel 7 is gebaseerd op slechts drie momentopnamen die onderling ook nog eens zeer sterk verschillen. Bovendien is de ammoniakemissie uit de buffertank, uit de productopslag en uit de ruimte waarin de centrifuge is opgesteld niet gemeten.

Geuremissie
In tabel 9 zijn de gemeten geurconcentraties en -emissies voor het Manura® 2000 mestverwerkingsysteem weergegeven. Aangezien de geurmetingen niet zijn gecorrigeerd voor de achtergrondconcentratie zijn de werkelijke geuremissies mogelijk lager. De geuremissie van de buffertank kan niet worden berekend, omdat het ventilatiedebiet van de buffertank niet bekend is.

De installatie van het koolfilter heeft tot gevolg dat de geurconcentratie in de geëmitteerde lucht zeer sterk wordt verlaagd. De geurverwijdering van het filter bedraagt meer dan

Tabel 9 Geurconcentratie en -emissie Manura® 2000 systeem *

Datum	Geurconcentratie (OU_E/m^3)		Geuremissie (OU_E/uur)	
	buffertank	Manura® 2000	buffertank	Manura® 2000***
Zonder koolfilter:				
7 juni 2001	-	>1,2 x 10^6 **	-	>1,0 x 10^7
25 september 2001	307 x 10^3	>1,2 x 10^6 **	-	>1,0 x 10^7
Met koolfilter:				
1 november 2001	-	7,5 x 10^2	-	6,7 x 10^3

* Niet gecorrigeerd voor achtergrondconcentratie
** Geurconcentratie hoger dan maximaal te bepalen concentratie met gebruikte olfactometer
*** Berekend met gemiddeld debiet van 8,4 m^3/uur (tabel 6)

Tabel 10 Berekening geuremissie varkensbedrijf Hollvoet bv, Reusel op basis van literatuurwaarden voor traditionele huisvesting (Ogink en Lens, 2001; Ogink en Groot Koerkamp, 2001)

Diercategorie	Geuremissie literatuurwaarde (OU_E/dpl/s)	Dierplaatsen	Geuremissie (OU_E/s)
Vleesvarkens	22,4	1100	24640
Vleesvarkens	22,4	1900	42560
Guste en dragende zeugen	19,0	520	9880
Kraamzeugen	17,8	130	2314
Fokgelten	22,4	100	2240
Totaal			81634

99,9%.
Om de geuremissie van het mestverwerkingsysteem (zonder koolfilter en met koolfilter) te kunnen relateren aan de totale geuremissie van het bedrijf is 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 10 wordt de geuremissie van het bedrijf Hollvoet bv op deze wijze berekend.

Wanneer we aannemen wordt dat de geuremissie die gemeten is voor het koolfilter (tabel 9: > 1*10^7 OU_E/uur) representatief is voor de emissie die gedurende het gehele jaar optreedt,

Tabel 11 Emissies van vluchtige vetzuren uit Manura® 2000 (4 oktober 2001)

Component	Formule	Concentratie (mg/m^3)	Emissie** (mg/uur)	Geurdrempel* (mg/m^3)
Azijnzuur	CH_3-COOH	18,8	185	0,1 - 2,5
Propionzuur	CH_3-CH_2-COOH	1,93	19	0,0025
Iso-boterzuur	$(CH_3)_2$-CH-COOH	0,25	2,5	0,00072
Boterzuur	CH_3-CH_2-CH_2-COOH	1,02	10	0,00025

* Zahn et al, 2001. In de literatuur wordt een grote spreiding gevonden in gemeten geurdrempels; de vermelde waarden hebben daarom alleen een indicatieve waarde

** Berekend met debiet van 9,6 m^3/uur (tabel 6)

kan de gemeten emissie van de mestverwerkinginstallatie vergeleken worden met de theoretische geuremissie van het gehele bedrijf (tabel 10: 81634 OU_E/s). Dit betekent dat de geuremissie van de Manura® 2000 (exclusief koolfilter) groter is dan 3% van de emissie van het gehele bedrijf (berekend volgens bijlage 2).
De geuremissie na installatie van het koolfilter (tabel 9: $6,7*10^3$ OU_E/uur = 1,9 OU_E/s) bedraagt slechts 0,002% van de emissie van het gehele bedrijf (tabel 10: 81634 OU_E/s) en is dus verwaarloosbaar klein.
Er is echter geen sprake van een representatieve meting van de geuremissie. Na installatie van het koolfilter is er slechts één meting uitgevoerd van anderhalf uur. Verder is de geuremissie uit de buffertank, uit de opslag van producten en uit de ruimte waarin de centrifuge staat opgesteld niet gemeten. We merken op dat koolfilters na verloop van tijd verzadigd raken en dus vervangen of ververst dienen te worden.

Vluchtige vetzuren

De emissie van vluchtige vetzuren uit de ontgassing van de Manura® 2000 (meetpunt 2) is eenmalig gemeten op 4 oktober 2001. Vluchtige vetzuren zijn componenten met een onaangename geur en een lage geurdrempel en dragen daarom bij aan de gemeten geuremissie.
De gemeten concentratie en hieruit berekende emissie is weergegeven in tabel 11. Ook is voor de verschillende vetzuren de geurdrempel vermeld. De emissies zijn niet gecorrigeerd voor de achtergrondconcentratie.
Het is duidelijk dat de emissie van vluchtige vetzuren bijdraagt aan de geuremissie uit de Manura® 2000. Onduidelijk is echter in welke mate de totale geuremissie wordt bepaald door de emissie van vluchtige vetzuren.

Broeikasgasemissie

De Global Warming Potential (GWP)

Tabel 12 Broeikasgasconcentraties in ventilatielucht van buffertank

Datum	CH_4 (g/m^3)	N_2O (g/m^3)
7 juni 2001	4,0	0
25 september 2001	1,7	0
4 oktober 2001	-	-
Gemiddeld	2,8	0

van een gas geeft aan welke bijdrage dit gas levert aan het versterkte broeikaseffect in verhouding tot kooldioxide, uitgaande van een tijdsduur van 100 jaar. Kooldioxide, methaan en lachgas zijn broeikasgassen met een GWP van resp. 1, 21 en 310 (IPCC, 1996). De emissies van broeikasgassen worden meestal uitgedrukt in CO_2-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 broeikaseffect. In dit geval betekent dit dat alleen de CH_4- en N_2O-emissie werd meegenomen, omdat de hoeveelheid geëmitteerde CO_2 deel uitmaakt van de korte (natuurlijke) kringloop.
De resultaten van de concentratiemetingen van methaan en lachgas in de ventilatielucht van de buffertank staan in tabel 12. De emissie van broeikasgassen uit de Manura® 2000 zelf is niet gemeten.
De gemeten concentraties zijn gecorrigeerd voor de achtergrondconcentratie.

De emissie (kg/uur) van broeikasgassen uit de buffertank kan niet worden berekend, omdat het ventilatiedebiet van de buffertank niet bekend is.

4.5 Energiegebruik

Het totale energieverbruik van de installatie (centrifuge + Manura® 2000) bedroeg gemiddeld 55 kWh / ton verwerkte drijfmest. De centrifuge (incl. toevoerpompen) verbruikte hiervan 5% (3 kWh / ton) en de Manura® 2000 95% (52 kWh / ton).

5 Economische evaluatie

In tabel 13 worden de resultaten van de kostenberekening van het Manura® 2000 systeem weergegeven. De uitgangspunten van de berekening zijn reeds toegelicht. De kosten voor het ammoniakdetectiesysteem zijn opgenomen in de investeringskosten van de Manura® 2000.

De verwerkingskosten van het Manura® 2000 systeem bedragen dus € 14,38 / ton drijfmest, excl. afzet van de producten.

In tabel 14 worden twee verschillende scenario's gedefinieerd voor de ontwikkeling van de afzetkosten of opbrengsten van de producten uit het Manura® 2000 systeem.
Een negatief bedrag betekent dat men moet betalen voor de afzet van het product, een positief bedrag betekent een opbrengst.
Met behulp van deze scenario's is berekend wat de consequenties zijn voor het Manura® 2000 systeem. Dit is weergegeven in tabel 15.

In het positieve scenario is sprake van een opbrengst van € 0,42 per ton verwerkte drijfmest. De totale kosten van het Manura® 2000 systeem komen dan uit op € 14,38 - € 0,42 = € 13,96 per ton verwerkte drijfmest.
In het negatieve scenario is er sprake van extra kosten van € 6,83 per ton verwerkte drijfmest. De totale kosten van het Manura® 2000 systeem komen dan uit op € 14,38 + € 6,83 = € 21,21 per ton verwerkte drijfmest.

Tabel 13 Verwerkingskosten Manura® 2000 systeem (in €, excl. afzet producten)

Mestverwerkingsinstallatie

Merknaam:		**Manura®**
Type:		2000
Capaciteit:	(ton drijfmest/uur)	2
Draaiuren:	(uur/jaar)	8000
Totaal:	(ton drijfmest/jaar)	16000

1. Investeringskosten

	Afschrijvingsduur		
Manura® 2000	7,5 jaar *	489.000,00	**
Decanteercentrifuge – 2,5 m³/h	7,5 jaar *	114.000,00	**
Loods	10 jaar *	186.000,00	****
Bassins en tanks	10 jaar *	100.000,00	****
Totaal investeringen:		889.000,00	
	Per ton:	55,56	

2. Exploitatiekosten per jaar

Vaste kosten:			
Afschrijving:		3%	109.000,00
Onderhoud:		2,75%	26.670,00
Rente:			24.447,00
Totaal vaste kosten:			160.117,50
		Per ton:	10,01
Variabele kosten:			
Vervanging koolfilter	4 maal per jaar **		400,00
Energie: elektriciteit	55 kWh/ton à 0,062 ****		54.560,00
Zwavelzuur	1,3 l/ton à 0,30 ****		6.240,00
Salpeterzuur	0,2 l/ton à 0,30 ****		960,00
Anti-schuimmiddel	0,04 l/ton à 4,50 ****		2.880,00
Arbeid	0,75 uur/dag à 18,00 **		4.927,00
Totaal variabele kosten:			69.967,50
		Per ton:	4,37
Totaal exploitatiekosten:			230.085,00
(vaste + variabele kosten)		Per ton:	14,38

* Uitgangspunt gehanteerd door PV
** Volgens opgave door Funki Manura A/S (Lorenzen, 2001)
*** Centrifuge op bedrijf Houbensteyn bv heeft capaciteit voor 2 Manura's® 2000 (5 m³/h)
**** Volgens opgave door varkenshouder (Houben, 2001)
***** Verbruik zoals gemeten tijdens onderliggend onderzoek (Houben, 2001)

Tabel 14 Scenario's: afzetopbrengsten

Product	Scenario1 - negatief (€ / ton)	Scenario 2 - positief (€ / ton)
Product 1: dikke fractie	-18,00	0,00
Product 2: N-concentraat	-9,00	9,00
Product 3: NPK-concentraat	-18,00	0,00
Product 4: water	-0,57 *	-0,50 **

* Lozing op riool berekend volgens vervuilingsformule (bijlage 3)
** Versproeien op eigen land (excl. grondkosten) met N-totaal < 200 mg/ll

Tabel 15 Afzetopbrengst producten (in €)

Product	Hoeveelheid (ton/jaar)	Scenario 1 (negatief)	Scenario 2 (positief)
Product 1: dikke fractie	2080	-37.440,00	0,00
Product 2: N-concentraat	1280	-11.520,00	11.520,00
Product 3: NPK-concentraat	3040	-54.720,00	0,00
Product 4: water	9760	-5.563,20	-4.880,00
Opbrengst producten:		-109.243,20	+6.640,00
	Per ton:	-6,83	+0,42

6 Conclusies en aanbevelingen

1 Wanneer de Manura® 2000 installatie het aantal beoogde draaiuren van 8.000 per jaar realiseert is het systeem in staat om 16.000 ton drijfmest / jaar te behandelen. Het Manura® 2000 systeem is echter nog niet geheel ontwikkeld. Tijdens het onderzoek trad een aantal storingen op waardoor het systeem enige dagen buiten bedrijf werd gesteld. De toekomst moet uitwijzen of de installatie inderdaad de beoogde capaciteit haalt.

2 De kosten van het mestverwerkingproces bedragen € 14,- per ton ingaande drijfmest (excl. afzet van producten, uitgaande van een capaciteit van 16.000 ton drijfmest/jaar). Afhankelijk van de ontwikkeling van de afzetmarkt voor de producten moet men rekening houden met een opbrengst van € 0,40 per ton behandelde drijfmest tot een extra kostenpost van € 7,- per ton behandelde drijfmest.

3 Circa 60% van het volume van de ingaande drijfmest wordt omgezet tot water met een stikstofgehalte < 200 mg/l. Dit water hoeft men niet emissiearm aan te wenden, maar mag versproeid worden.

4 Er is een sluitende balans over het Manura® 2000 systeem opgesteld voor stikstof, fosfaat en kalium. Om de balans voor droge stof (en organische stof) sluitend te maken zijn aanvullende metingen nodig.

5 In vergelijking met de veronderstelde ammoniakemissie van het gehele varkensbedrijf is de emissie van ammoniak uit de Manura® 2000 zeer laag (0,2%), exclusief eventuele ammoniakemissie uit centrifugeruimte, buffertank en productopslagen.

6 De emissie van geur uit de Manura® 2000 (zonder nageschakeld koolfilter) is hoger dan 3% van de veronderstelde geuremissie van het gehele varkensbedrijf. De emissie van vluchtige vetzuren is ruim 200 mg/uur. Wanneer een koolfilter aanwezig is, wordt de geuremissie uit de Manura® 2000 met meer dan 99,9% verlaagd en is verwaarloosbaar klein (exclusief eventuele geuremissie uit centrifugeruimte, buffertank en productopslagen).

7 Om de emissie van broeikasgassen (methaan en lachgas) vast te stellen zijn aanvullende metingen noodzakelijk.

7 Manura® 2000 in breder perspectief

Volumereductie
Het Manura® 2000 systeem zorgt voor een volumereductie van 60%. Dat wil zeggen: 60% van het oorspronkelijke drijfmestvolume wordt omgezet in water. Wanneer men dit bij het varkensbedrijf op het land kan sproeien, kunnen de transportkosten sterk verlaagd worden in vergelijking met drijfmesttransport. Een andere mogelijkheid is om het water op het riool te lozen wanneer hiervoor een vergunning wordt verkregen. De lozingskosten bedragen dan ongeveer € 0,57/m^3.

Mineralenboekhouding
In het Manura® 2000 systeem gaan geen mineralen verloren: al het fosfaat, kalium en stikstof dat het systeem ingaat verlaat het systeem weer in de vorm van de producten.

Vervanging kunstmest
Een groot deel van de stikstof komt terecht in een vloeibaar stikstofconcentraat. Dit concentraat kan gebruikt worden als stikstofmeststof en het gebruik van kunstmest deels vervangen. Het gevormde NPK-concentraat kan aangewend worden in plaats van drijfmest, op plaatsen waar een iets hoger fosfaatgift gewenst is en een hoge gift van kalium en chloride geen probleem vormt.

Afzetcontract en export
Per 1 januari 2002 is de wetgeving voor de mestafzetcontracten van kracht geworden. Voor zowel stikstof als fosfaat moeten afzetcontracten en/of exportcontracten afgesloten worden.
Op dit moment is het niet mogelijk een mestafzetcontract te sluiten met een glastuinbouwer omdat de glastuinbouw niet onder MINAS valt. De minister van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij heeft kortgeleden aangegeven een regeling te zullen treffen om de afzet van verwerkte varkensmest in de substraatteelt in de glastuinbouw een plaats te geven (Brinkhorst, 2001). Mogelijk zullen de afzetmogelijkheden van het N-concentraat en NPK-concentraat hierdoor toenemen.

Door de hoge temperaturen in het systeem zijn het N-concentraat en het NPK-concentraat waarschijnlijk kiemvrij. Daarom kan in principe een erkenning van de Rijksdienst voor de keuring van Vee en Vlees (RVV) verkregen worden voor deze concentraten. Hierdoor wordt export van deze fracties naar EG-landen mogelijk. Omdat de vaste fractie die in de centrifuge wordt geproduceerd geen temperatuurbehandeling krijgt, is deze fractie niet geschikt voor export.

Kosten versus opbrengst
Algemeen kunnen we stellen dat een mestverwerkingsysteem alleen rendabel is wanneer de producten een betere marktpositie hebben dan het uitgangsproduct, onbehandelde varkensdrijfmest. De verwerkingskosten van het Manura® 2000 systeem bedragen € 14,- / ton verwerkte drijfmest. Om deze kosten te kunnen dragen moet de afzet van de producten uit de mestverwerking minimaal € 14,- / ton goedkoper zijn dan de afzet van onbehandelde drijfmest. Dit is alleen mogelijk wanneer een markt wordt gecreëerd voor deze producten. Op dit moment is niet te zeggen of dit haalbaar is.

Service en onderhoud
Gezien de technische complexiteit van de Manura® 2000 installatie, is het noodzakelijk een goede servicedienst in het leven te roepen.

Literatuur

Anoniem. 1990. Ammonia: Health and safety guide. Health and safety guide no. 37. WHO, Geneva.

Anoniem. 1994. Document Meten en Rekenen Geur. Publikatiereeks Lucht en Energie, nr. 115, december 1994. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag.

Anoniem. 1996. Werkgroep Emissiefactoren. Meetprotocol voor geuremissies uit stallen. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag.

Anoniem. 1997. Vrijstellingsregeling waterige fracties en reinigingswater. Staatscourant 1997, 33, p. 8, 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 7de wijziging UAV.

Anoniem. 2001. Nederlandse Emissie Richtlijn lucht (NeR). InfoMil, Den Haag.

Brinkhorst, L.J. 2001. Brief van de minister van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij aan de voorzitter van de Tweede Kamer de Staten-Generaal, 14 november 2001, TRCDL/2001/4967.

Gijsel, de, P.; Hol, J.M.G.; Starmans, D.A.J. 2001. Gasvormige emissies bij mestverwerkingsinstallaties. Manura® 2000 - Systeem Lavrijsen. IMAG-nota P 2001-111. 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.

Houben, M. 2001. Eindrapportage Manura® 2000. Mestverwerking op bedrijfsniveau.

IPPC. 1996. Climate Change 1995. Thet 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.

KNMI. 2001. http://www.knmi.nl/voorl/kd/lijsten/daggem/etmgeg.cgi

Lorenzen, H. 2001. Persoonlijke mededeling. Funki Manura A/S, Denemarken.

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.

Vossen, F.J.H. 2001. Geuronderzoek Funki Manura® 2000 mestverwerkingsinstallatie te Reusel. Rapportnummer Fuma01A1.doc. PRA Odournet BV, Amsterdam.

Wintjens, Y., 1993. Gaswasfles. In: E.N.J. van Ouwerkerk (ED.): Meetmethoden NH_3-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniak-problematiek in de veehouderij 16, DLO, Wageningen, p. 38-40.

Zahn, J.A.; DiSpirito, A.A.; Do, Y.S.; Brooks, B.E.; Cooper, E.E.; Hatfield, J.L. 2001. Correlation of human olfactory rsponses to airborne concentrations of malodorous volatile compounds emitted from swine effluent. J. Environ. Qual., 30: p. 624-634.

Bijlagen

Bijlage 1

Centrifuge: Gemiddelde samenstelling en debiet van de verschillende stromen

Component	Eenheid	Drijfmest (ingaand)	Dikke fractie (uitgaand)	Dunne fractie (uitgaand)
Droge stof	g/kg	57	292	31
Organische stof	g/kg	37	218	17
Stikstof-totaal	g N/kg	5,8	10,0	5,0
Ammonium-stikstof	g N/kg	4,1	4,4	3,9
Fosfaat-totaal	g P_2O_5/kg	3,2	19,1	0,95
Kalium	g K_2O/kg	5,8	5,4	5,8
Natrium	g Na_2O/kg	1,0	1,0	1,0
Chloride	g Cl/kg	2,2	2,5	2,2
pH	-	7,9	7,3	7,9
Debiet	ton/uur	4,9	0,63	4,3
Massa	% totaal	100	13	88

Manura® 2000: Gemiddelde samenstelling en debiet van de verschillende stromen

Component	Eenheid	Dunne fractie (ingaand)	Water (uitgaand)	N-concentraat (uitgaand)	NPK-concentraat (uitgaand)
Droge stof	g/kg	30	0,0	0,0	144
Organische stof	g/kg	17	0,0	0,0	74
Stikstof-totaal	g N/kg	5,3	0,15	49	6,1
Ammonium	g N/kg	4,1	n.b.	n.b.	0,3
Nitraat	mg N/kg	n.b.	0,1	0,0	7,3
Nitriet	mg N/kg	n.b.	0,0	0,1	0,0
Fosfaat-totaal	g P_2O_5/kg	0,9	0,0	0,0	4,7
Kalium	g K_2O/kg	5,8	0,1	0,0	25,4
Natrium	g Na_2O/kg	1,1	0,0	0,0	5,4
Chloride	g Cl/kg	2,4	0,0	1,8	10,6
pH	-	8,2	9,0	9,7	10,1
CZV *	mg/l	n.b.	17	n.b.	n.b.
EC **	mS/cm	n.b.	n.b.	95	50
Debiet	ton/uur	1,9	1,3	0,17	0,39
Massa ***	% totaal	88	61	8	19

* Chemisch Zuurstof Verbruik
** Electrical Conductivity (elektrische geleidbaarheid)
*** De hoeveelheid dunne fractie die de Manura® 2000 ingaat wordt gesteld op 88 % van het totaal
n.b. = niet bekend

Bijlage 2

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

$$M = \exp\left((\ln G_1 + \ldots + \ln G_i) / i \right) \qquad (OU_E/s)$$

M	=	geometrisch gemiddelde geuremissie van i meetdagen (OU_E/s)
Gi	=	$E_{stal} + E_{mb,i}$ (OU_E/s)
E_{stal}	=	geuremissie varkensbedrijf berekend op grond van literatuur-waarden (OU_E/s)
$E_{mb,i}$	=	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:

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

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 literatuur-waarden (OU_E/s)

Bijlage 3

Wanneer men water loost op het riool, moeten er lozingskosten worden betaald die afhangen van de vervuilingslast. De vervuilingslast wordt uitgedrukt in vervuilingsequivalent (V.E.) of inwonerequivalenten (I.E.) en als volgt uitgerekend:

aantal I.E. = Q / 136 x (CZV + 4,57 x N-Kj)

Q = lozingsdebiet (m^3/dag)
CZV = chemisch zuurstoferbruik (g/m^3)
N-Kj = concentratie N-Kjeldahl (g/m^3)

Per I.E. moet een bepaald bedrag betaald worden. Afhankelijk van het betreffende waterschap bedraagt de heffing € 27,- tot € 55,- per I.E. per jaar.

Voor de lozing van het effluent van de Manura® 2000 kan de volgende berekening worden gemaakt:

Q = 16.000 x 0,61 / 365 = 26,7 m^3/dag (tabel 2 en 3)
CZV = 17 g/m^3
N-Kj = 150 g/m^3

Het aantal I.E.'s bedraagt dan:

aantal I.E. = 26,7 / 136 x (17 + 4,57 x 150) = 138

Uitgaand van een lozingstarief van € 40,- per I.E. (tarief 2002, Waterschap Veluwe) bedragen de kosten dus 138 x € 40 = € 5.520,-.

De lozingskosten per ton verwerkte drijfmest bedragen:
€ 5.520 / 16.000 = € 0,35.
De lozingskosten per ton geloosd effluent bedragen:
€ 5.520 / (16.000 x 0,61) = € 0,57.

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.