



PRAKTIJKONDERZOEK
VEEHOUDERIJ



IMAG

Mestverwerking varkenshouderij

Mobiele mestontwatering

Mestec te Papendrecht

N. Verdoes (Praktijkonderzoek Veehouderij)
D.A.J. Starmans (IMAG)

VARKENS



MEI 2002

WAGENINGEN **UR**

Colofon

PraktijkBoek nr. 11

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	4
2 Beschrijving proces	8
3 Onderzoek:	
materiaal en methoden	12
3.1 Monstername en analyse	12
3.2 Debietbepaling	13
3.3 Emissiemetingen	14
3.4 Energiegebruik	16
3.5 Economische evaluatie	17
4 Onderzoek:	
resultaten en discussie	18
4.1 Techniek en debietbepaling	18
4.2 Samenstelling stromen	19
4.3 Massabalans	22
4.4 Gasvormige emissies	25
4.5 Energieverbruik	27
5 Economische evaluatie	28
6 Conclusies	32
7 Mobilele mestontwatering	
in breder perspectief	34
Literatuur	36
Bijlagen	37
Overige publicaties over mestverwerking	44

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 onderzoeksprogramma. 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 onderzoeksprogramma is begeleid door een programmteam 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 de mobiele mestontwatering van Mestec membraan separatie techniek bv. te Papendrecht. Voor u liggen de resultaten van dat onderzoek. We danken Mestec voor de medewerking aan het onderzoek. Het rapport is – onder verantwoordelijkheid van het Praktijkonderzoek Veehouderij – opgesteld door ing. J.P.B.F. van Gastel van Exlan Consultants te Veghel, waarvoor onze dank. 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

Er is onderzoek uitgevoerd aan het Mestec mestontwateringsproces. Het proces bestond uit een voorfiltratie via twee zeven, een vetflotatie, een ultrafiltratie- en omgekeerde osmoseproces. Getracht is via een meetprogramma inzicht te krijgen in de capaciteit van het proces, de samenstelling van de eindproducten, de emissies die bij het proces optreden, de operationele kosten en het perspectief van de techniek. Het onderzoek heeft plaatsgevonden van januari 2000 tot maart 2002.

Gedurende de projectperiode is een functionerend membraanfiltratieproces gerealiseerd. Duurproeven met varkensmest waarbij de installatie meerdere weken continu in bedrijf is geweest, hadden op het moment van rapportage nog niet plaatsgevonden. Om deze reden is het niet mogelijk een reële uitspraak te doen over de bedrijfszekerheid van het proces voor alle mestsoorten. De metingen voor de omvang en samenstelling van de verschillende processtromen hebben plaatsgevonden op 11, 13 en 15 februari 2002. Tijdens de meetdagen is gewerkt met dunne fractie van bezonken zeugenmest.

De monsternames en metingen van de volumestromen (door Mestec) zijn niet volledig volgens het voorgescreven protocol van het

Praktijkonderzoek Veehouderij uitgevoerd. De resultaten dienen in dit licht beoordeeld te worden. Via controleberekeningen aan de massa-balans is een meest waarschijnlijke verdeling van de processtromen berekend. Uit de gemeten en berekende waarden volgt dat:

- de capaciteit tijdens de metingen voor de massabalans gemiddeld $8,7 \text{ m}^3$ bezonken zeugenmest per uur bedroeg;
- per m^3 ingaande mestfractie is 425 liter permeaat geproduceerd met een stikstofgehalte van $<200 \text{ mg/l}$;
- de concentraten van de ultrafiltratie en omgekeerde osmose hadden een relatief laag drogestofgehalte, respectievelijk $15,7$ en $18,3 \text{ kg/m}^3$.

Vaststelling van de gasvormige emissies kon niet plaatsvinden, omdat de luchtdebieten niet konden worden gemeten. Er hebben alleen concentratiemetingen plaatsgevonden. Omdat de concentraties op slechts twee momenten zijn gemeten en bovendien de wijze van mestverwerking op de beide meetmomenten verschilde, evenals de lokale weeromstandigheden, kunnen geen conclusies worden verbonden aan de resultaten. Na de meetdagen werd de installatie weer gewijzigd.

De kosten voor het mestontwateringsproces bedragen 4 tot 8 euro

per ton afhankelijk van de realiseerbare capaciteit en het drogestofgehalte van de ingaande mest. Verkorting van de afschrijvingstermijn van 7,5 naar 5 jaar (in verband met mobiliteit en gevoeligheid toegepaste techniek) levert een toename van de kosten per m³ van 0,55 tot 0,80 euro, afhankelijk van de gerealiseerde capaciteit. Voor de afzet van eindproducten dient men rekening te houden met 10,35 euro per ton extra kosten. Deze kosten nemen af wanneer verder ingedikt kan worden. Wanneer het meest geschikte (dunne) deel van de mest op het varkensbedrijf wordt ontwaterd, is het mogelijk per m³ volumereductie tegen een lagere prijs dan de mestafzetprijs (aangenomen: € 18,-) mest te verwerken.

Het ontwateren van mest biedt in meerdere opzichten perspectief. Er bestaat economisch perspectief omdat het mogelijk is een gedeelte van de geproduceerde mest tegen lagere kosten dan de mestafzetkosten te verwerken. Van maatschappelijk belang is de vermindering van het aantal mesttransporten. De eindproducten die vrijkomen hebben verschillende NPK-verhoudingen, wat past in de gedachte om mest op maat aan te bieden. Een optimalisatieslag dient in dit kader nog te worden uitgevoerd. Het ultrafiltraat is toepasbaar als kunstmestvervanger op grasland. Vervanging van kunstmeststikstof door dierlijke mestproducten levert een CO₂-emissiereductie op.

1 Inleiding

Door verscherpte regelgeving zijn de plaatsingsmogelijkheden voor dierlijke mest in de Nederlandse landbouw de afgelopen jaren afgenomen en de kosten voor mestafvoer binnen circa 5 jaar verdrievoudigd. Om een oplossing te bieden voor de sterk toeneemende mestafzetkosten wordt in de veehouderijsector veel aandacht besteed aan mogelijkheden voor besparing van kosten via bewerking van mest.

Door ontwatering van mest worden de bestanddelen uit de mest geconcentreerd, waardoor men kan besparen op transportkosten van nutriënten naar de akkerbouwgebieden.

Er is getracht mest te scheiden in een relatief schoon effluent en concentraten. De toegepaste technieken betreffen voorscheiding via zeping, ultrafiltratie en omgekeerde osmose. Het permeaat van de omgekeerde osmose kan worden gebruikt voor irrigatiedoeleinden. De concentraten kunnen door hun specifieke nutriëntengehalten worden ingezet voor het op maat aanbieden van bemestingsproducten.

Om een gunstige 'economy of scale' te realiseren is een unit gemaakt met capaciteit voor 10 tot 25 veehouderijbedrijven. De unit is mobiel gemaakt om kosten voor transport van ruwe mest zoveel mogelijk te beperken.

De proefinstallatie had tot doel ervaring op te doen met de techniek en de mogelijkheden te onderzoeken voor het ontwateren van verschillende vloeibare mestfracties.

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'. Door een inventarisatie van alle initiatieven in Nederland op het gebied van varkensmestverwerking werd informatie verzameld van circa 80 projecten. 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 gese-

Tabel 1: Overzicht geselecteerde verwerkingssystemen voor varkensmest

Naam	Techniek	Producten (m ³ /jaar)	Capaciteit	Opmerking
<i>Mechanisch / Chemisch:</i>				
1 De Swart	Strobedfilter, verdamping met zonlicht, luchtzuivering	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

lecteerd (tabel 1). Een aantal systemen is ontwikkeld door individuele varkenshouders en een aantal door de toeleverende industrie.

De systemen bevinden zich 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:

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. De metingen zijn grotendeels uitgevoerd door de varkenshouder of door de leverancier van het mestverwerkingsysteem. De metingen zijn uit-

gevoerd 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 de mobiele mestwontwaterings-unit zijn door Mestec aan het Praktijkonderzoek Veehouderij gerapporteerd (Reuwer, 2002).

2. Meting van gasvormige emissies. De emissie van ammoniak, broeikasgassen en geur uit het composteerproces is gemeten door het IMAG bv te Wageningen (Gijssels et al., 2001).
3. Economische evaluatie. Om de jaarkosten van de verschillende technieken met elkaar te vergelijken zijn standaard uitgangspunten opgesteld voor onder meer rentevoet, afschrijvingstermijnen, onderhoud, energiekosten en arbeid. Per onderzoeksproject zijn de investeringen en jaarkosten in beeld gebracht.

Relevantie van het onderzoek

Met 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 mestverwerkingsinstallatie.

Deeltjes grootte µm	Ionen moleculen		Macro- moleculen		Micro- deeltjes		Fijne deeltjes	
	0,0001	0,001	0,01	0,1	1	10	100	1000
DEELTJES		Suiker ↓ Opgeloste zouten		Virussen ↓ Colloïden	Bacteriën		Stuifmeel	Zand
PROCES				Ultrafiltratie	Microfiltratie		Deeltjes filtratie	
		Omgekeerde osmose						
		Nano- filtratie						

Figuur 1 Classificatie membraansystemen

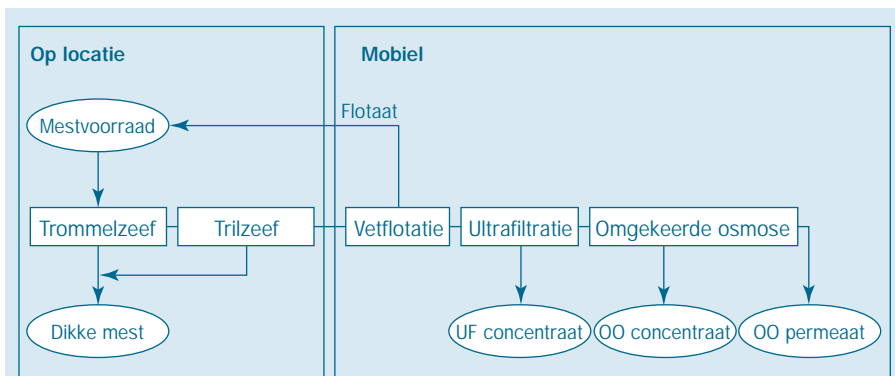
2 Beschrijving proces

Tijdens het onderzoek is getracht door toepassing van opeenvolgende filtratiestappen water uit mest te onttrekken. Figuur 1 toont een algemeen overzicht van de verschillende filtratietypen.

We kunnen stellen dat naarmate de poriediameter van het filter kleiner wordt, een grotere druk dient te worden aangelegd om de vloeistof te kunnen filtreren. Bij een conventionele macrofiltratie worden deeltjes tot circa 1 micron afgescheiden. Het afscheiden van kleinere deeltjes gebeurt, afhankelijk van de deeltjesgrootte, door middel van micro-, ultra-, nanofiltratie en omgekeerde osmose.

In een microfiltratieproces worden normaliter alle nog aanwezige colloïdale deeltjes en gesuspendeerd materiaal verwijderd. De poriediameter bepaalt het scheidingsrendement.

Het resultaat is een microfiltraat en een concentraat. In een ultrafiltratieproces worden macromoleculen, zoals eiwitten, verwijderd. Het werkingsgebied van een ultrafiltratieproces schommelt tussen 0,001 en 0,1 μm . Nanofiltratie en omgekeerde osmose worden toegepast bij de verwijdering van zouten en laagmoleculaire verbindingen. Nanofiltratie wordt veelal ingezet om een deelontzouting te bewerkstelligen. Omgekeerde osmose gebruiken we om in principe alle zouten te weerhouden. Watermoleculen kunnen het osmosemembraan passeren. Alle andere moleculen, ook al zijn ze van dezelfde grootteorde, worden nagenoeg volledig tegengehouden. Bij omgekeerde osmose wordt bij een druk groter dan de osmotische druk de zoute oplossing door een semi-permeabel membraan geperst. Het per-



Figuur 2 Schematische weergave van het ontwateringsproces

meaat passeert het membraan. Het concentraat, of brijn, blijft achter.

Beschrijving systeem

Gedurende de projectperiode zijn verschillende procesvarianten getest. Uiteindelijk is men gekomen tot de opzet zoals schematisch weergegeven in figuur 2.

Het proces bestond uit de volgende onderdelen:

Roterende trommelzeef

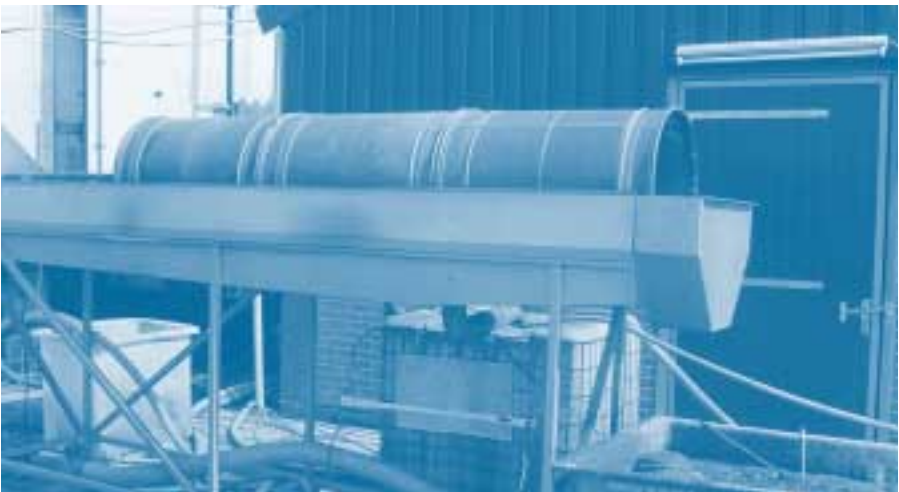
De trommelzeef was opgebouwd uit drie aan elkaar gekoppelde elementen met een doorsnede van 70 cm en een lengte van 100 cm. De elementen bestonden uit een roestvrijstalen frame waartegen een filterdoek is gespannen. Het totale filteroppervlak bedroeg circa $6,5 \text{ m}^2$. De poriediameter van het filterdoek was $100 \mu\text{m}$. De trommel werd aangedreven door een aandrijfwiël.

De mest werd aan de binnenzijde van de trommel ingevoerd. De dunne mestfractie passeerde de zeef en werd opgevangen in een roestvrijstalen bak, waaruit de vloeistof onder vrij verval naar een pompbuffer stroomde. De bestanddelen die het filter niet konden passeren, werden door de roterende beweging en lichte hoek waaronder de trommel was geplaatst uit de trommel afgevoerd en opgevangen in een buffervat. Figuur 3 toont de trommelzeef op de proeflocatie.

Trilzeef

De dunne fractie afkomstig van de roterende trommelzeef werd vanuit de pompbuffer naar de trilzeef gepompt. Figuur 4 toont een afbeelding van de trilzeef.

De trilzeef had een doorsnede van circa 120 cm. De poriediameter van de zeef bedroeg $63 \mu\text{m}$.



Figuur 3 Roterende trommelzeef



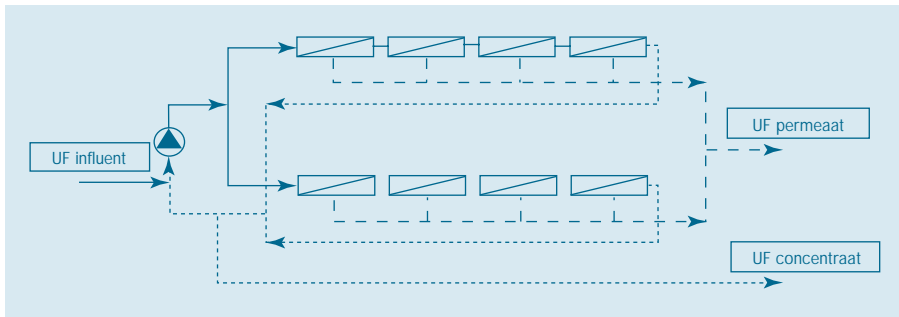
Figuur 4 Trilzeef

De dikke mestfractie werd bij de dikke fractie van de trommelzeef gevoegd. De dunne mestfractie werd door een pompbuffer naar de vetflotatie gebracht.

Vetflotatie

De vetflotatie bestond uit een roestvrijstalen vat met een inhoud van circa 700 l. Bij de invoer van dunne mestfractie werd in de aanvoerpomp perslucht ingebracht en mechanisch

verdeeld in fijne belletjes. De hoeveelheid lucht bedroeg 1 NI/minuut per m³ dunne fractie (NI = normaal liter bij 1 atmosfeer en 273 K). Bij het opstijgen van de luchtbelletjes in de flotatie-unit werden niet opgeloste bestanddelen meegenomen. De drijf-laag is afgevoerd naar de voorraad onbewerkte mest door een in hoogte verstelbare overloopgoot. Het effluent stroomde via een overstroompijp in de pompbuffer voor de ultrafiltratie.



Figuur 5 Membraanconfiguratie ultrafiltratie

Ultrafiltratie

Figuur 5 toont de opzet van de ultrafiltratie, gehanteerd tijdens de metingen voor de massabalans. De dunne mestfractie werd ingevoerd voor de recirculatiepomp en samen met het recirculaat verdeeld over twee parallelle straten ultrafiltratiemembranen. Het permeaat van de ultrafiltratie is afgevoerd naar de pompbuffer voor de omgekeerde osmose. Het concentraat werd separaat opgeslagen.

De onderstaande gegevens waren van toepassing tijdens de meetperiode voor de massabalans.

Gegevens ultrafiltratie

Totaal membraanoppervlak:	232 m ²
Type membraan:	Buisvormig
Doorstroomdiameter	5,2 mm
Membraan leverancier	X-flow
Gemiddelde werkdruk:	4,5 bar
Gemiddelde stroomsnelheid:	2,5 m/s

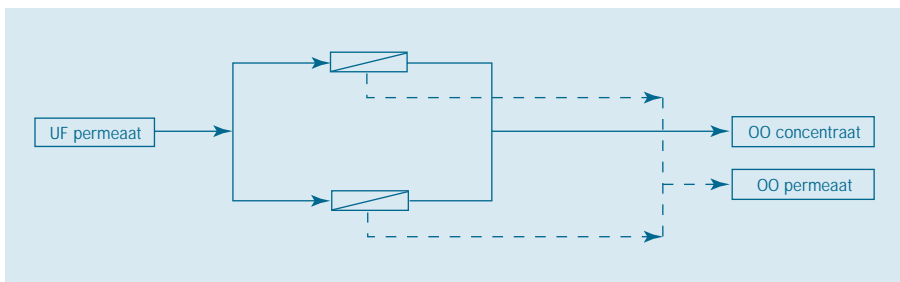
Omgekeerde osmose

Figuur 6 toont de opzet van de omgekeerde osmose, gehanteerd tijdens de metingen voor de massabalans.

Het permeaat van de ultrafiltratie is vanuit de pompbuffer naar de omgekeerde osmose unit gebracht en verdeeld over twee parallelle straten omgekeerde osmose membranen. In een enkele procesgang werd het ultrafiltratiepermeaat gescheiden in een permeaat en concentraat. De verkregen processtromen zijn separaat opgeslagen. De onderstaande gegevens waren van toepassing tijdens de meetperiode voor de massabalans.

Gegevens omgekeerde osmose:

Totaal membraanoppervlak:	396 m ²
Type membraan:	Spiraal gewonden
Membraan leverancier	Desal
Gemiddelde werkdruk:	50 bar



Figuur 6 Membraanconfiguratie omgekeerde osmose

3 Onderzoek: materiaal en methoden

Het onderzoek vond plaats van 2000 tot en met het eerste kwartaal van 2002. Aanvankelijk traden diverse storingen op in de procesvoering, wat noodzaakte tot veel mechanische en procestecnologische optimalisaties. Om deze reden kon men de emissiemetingen en de metingen voor het opstellen van de massabalansen niet in dezelfde periode uitvoeren. De emissiemetingen vonden plaats op 28 februari 2001 en 24 september 2001. De gegevens voor het opstellen van de massabalansen en het beoordelen van de techniek zijn verzameld gedurende 3 meetdagen in week 7 van 2002. Hierbij is afgeweken van het meetprotocol van het Praktijkonderzoek Varkenshouderij (Melse, 2000).

Op 11, 13 en 15 februari 2002 is een vracht dunne zeugenmest (verkregen na bezinking) aangevoerd naar de

proeflocatie. Vanuit een voorraadbuffer is de dunne zeugenmest in het proces gebracht. Gedurende de meetdag is de aanvoerde vracht dunne zeugenmest verwerkt, zijn meetcijfers verzameld en monsters genomen.

3.1 Monsternamen en analyse

In tabel 2 staan de processtromen aangegeven die zijn bemonsterd. De monsters zijn genomen door met een monsterpot een hoeveelheid product te scheppen uit de aanwezige voorraden in de buffers (A, B, C, D, E en G). De concentraten van de ultrafiltratie en omgekeerde osmose en het permeaat van de omgekeerde osmose zijn bemonsterd door een monsterpot onder de uitstroomopening van de concentraatleidingen te plaatsen (F en H).

Tabel 2: Monsternamenpunten

Codering	Omschrijving	Monsternamen uit
A	Ingaande meststroom	Aanvoerstream trommelzeef
B	Verzamelde dikke fracties van trommel- en trilzeef	Opvangbak dikke mestfracties
C	Influent flotatie	Pompbuffer dunne fractie trommelzeef
D	Flotaat	Overloopgoot flotatie-unit
E	Influent ultrafiltratie	Pompbuffer influent UF
F	Concentraat ultrafiltratie	Uitvoerleiding concentraat UF
G	Influent omgekeerde osmose	Pompbuffer influent OO
H	Concentraat omgekeerde osmose	Uivoerleiding concentraat OO
I	Permeaat omgekeerde osmose	Pompbuffer permeaat OO

Tabel 3: Overzicht van de analyses per monsternamepunt

Analyse	Monsternamepunt		
	A	t/m	H I
Droge stof	X		
As rest	X		
Ammonium-stikstof	X		X
Nitraat			X
Nitriet			X
Organische-stikstof	X		
Stikstof-totaal	X		X
Fosfaat	X		X
Kalium	X		X
Magnesium	X		X
Natrium	X		X
Calcium			X
Sulfaat			X
Bicarbonaat			X
Chloride	X		X
Zuurtegraad (pH)	X		X
Elektrische geleidbaarheid			X
Koper	X		X
Zink	X		X
Mangaan			X
Ijzer totaal			X
Borium			X
Aluminium			X
Molybdeen			X
Cadmium	X		X

De monsters zijn aangeboden voor analyse aan het Grond- Gewas- en Milieulaboratorium "Zeeuws – Vlaanderen" te Graauw. De monsters zijn geanalyseerd op de parameters, aangegeven in tabel 3.

3.2 Debietbepaling

Tabel 4 toont een overzicht van de wijze waarop de volumestromen van de mestverwerkinginstallatie zijn bepaald.

De debieten van de membraanfiltratie (F, G, H, I) zijn gemeten met geijkte massaflowmeters. De debietmeting was gekoppeld aan het automatiseringsstelsel. Elke 5 seconden werden waarden van de debietmetingen geregistreerd en opgeslagen via een E&H Memo-Graph. Het influent van de ultrafiltratie werd door het automatiseringsprogramma berekend uit de de som van het permeaat en concentraat van de ultrafiltratie. Van de afvoerstroam van flotaat werd een schatting gemaakt aan de

Tabel 4: Bepaling van volumestromen

Codering	Omschrijving	Debietbepaling
A	Ingaande meststroam	Berekend (C+B)
B	Verzamelde dikke fracties van trommel- en trilzeef	Schatting
C	Inluent flotatie	Berekend (E+D)
D	Flotaat	Schatting
E	Inluent ultrafiltratie	Berekend (F+G)
F	Concentraat ultrafiltratie	Massaflowmeter
G	Inluent omgekeerde osmose (= permeaat ultrafiltratie)	Massaflowmeter
H	Concentraat omgekeerde osmose	Massaflowmeter
I	Permeaat omgekeerde osmose	Massaflowmeter

hand van het uitstroomvolume in een container. De schatting is eenmalig uitgevoerd voor de periode van de massabalansmetingen. De influentstroom naar de flotatie-unit is berekend uit de som van het influentdebiet van de ultrafiltratie en het flotaatdebiet.

Vervolgens is een schatting gemaakt van de hoeveelheid verzamelde dikke fracties afkomstig van de trommelzeef en de trilzeef aan de hand van de frequentie van afvoer van de opvangbak voor dikke fracties. De schatting is eenmalig uitgevoerd voor de periode van de massabalansmetingen.

De ingaande meststroom is berekend uit de som van de schatting van de afvoer van dikke mestfractie en de berekende waarde van het debiet van het influent van de vetflotatie.

Toelichting op tabel 4:

De bepaling van volumestroom E is berekend op basis van metingen. In de bepaling van volumestroom C werkt een schattingsfout door. In de bepaling van volumestroom A werkt

daarom een dubbele schattingsfout: de schatting van stroom D en B. Aangezien het flotaat en de dikke fracties van de trommel- en trilzeef relatief klein zijn ten opzichte van de ingaande meststroom is de absolute fout door de schattingen bij de berekening van de stroom ingaande mest beperkt.

Overige geautomatiseerde metingen

Naast de debietmetingen van de membraanfiltratie zijn een aantal aanvullende metingen geautomatiseerd ter controle en sturing van de membraanprocessen.

In tabel 5 staan de overige geautomatiseerde metingen weergegeven. De meetgegevens zijn per 5 seconden geregistreerd en vastgelegd via een E&H Memo-Graph.

De metingen vermeld in tabel 5 zijn met name gebruikt voor de procescontrole.

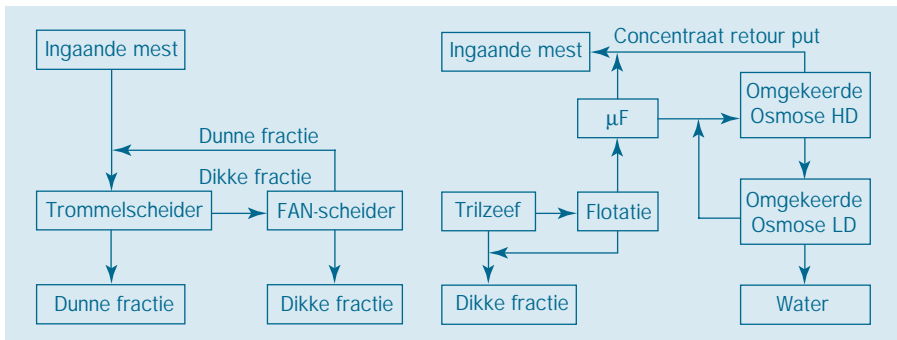
3.3 Emissiemetingen IMAG

De emissiemetingen vonden op een eerder tijdstip en op een andere loca-

Tabel 5: Overige geautomatiseerde metingen

Nr.	Meting	Eenheid
1	Temperatuur ultrafiltratie	°C
2	Druk ingang ultrafiltratie	bar
3	Druk uitgang ultrafiltratie	bar
4	Troebelheid influent ultrafiltratie	g/l*
5	Druk ingang omgekeerde osmose	bar
6	Druk uitgang omgekeerde osmose	bar
7	Geleidbaarheid permeaat omgekeerde osmose	µS/cm

* Meetsignaal via ijking omgerekend naar suspended solids



Figuur 8 Stroomschema's van de processen op meetdag 1 (links) en 2 (rechts)

tie plaats dan de metingen voor het opstellen van de massabalansen. Tijdens de emissiemetingen werd de mest via een andere opzet verwerkt met andere apparatuur dan de werkwijze in figuur 2. De basisprincipes mechanische voorscheiding, ultrafiltratie en omgekeerde osmose zijn wel gelijk gebleven.

De emissiemetingen zijn op twee dagen uitgevoerd. Het opgebouwde systeem op meetdag 1 verschilde sterk van dat op meetdag 2. Op meetdag 1 werd de voorzuivering gebruikt, terwijl op meetdag 2 de membranen werden getest op hun functionaliteit, waarbij een van meetdag 1 afwijkend apparaat voor de voorscheiding werd gebruikt. Ter verduidelijking worden de beide situaties hieronder weergegeven (zie figuur 8).

Op meetdag 1 werd de binnenkomende mest in twee stappen gescheiden in een dunne en een dikke fractie. De eerste stap werd bewerkstelligd met een trommelscheider. De dunne fractie werd verzameld, terwijl de dikke fractie naar

een FAN-scheider werd geleid. Hier werden de vaste delen verwijderd, waarna het residu is teruggeleid naar de ingaande stroom mest.

Op meetdag 2 is de ingaande mest door een trilzeef gesplitst in een dikke fractie (opslag) en een dunne fractie. De laatste is behandeld in een flotatietank, waarna de dunne fractie verder werd opgewerkt door middel van membraantechnieken. Na een eerste ultrafiltratie (UF) waar vaste deeltjes werden afgescheiden en teruggeleid naar de mestput, is de dunne fractie onder hoge druk (HD) gezuiverd van zouten door omgekeerde osmose. De hieruit afkomstige vloeistof werd onder verlaagde druk (LD) verder gezuiverd in een tweede omgekeerde osmose eenheid. Het retentaat werd teruggeleid naar de eerste omgekeerde osmose eenheid.

Metingen

De uitstoot van geur, en de gassen NH_3 , CH_4 , CO_2 , en N_2O werden gemeten bij de trommelscheider, die in een open container stond. Op de

tweede meetdag heeft men gemeten bij de trilzeef (meetpunt 1) en in de oplegger bij de open flotatie unit. Een dag vóór de metingen heeft men de meetapparatuur geplaatst en leidingen voor monsternamen aangelegd. De volgende parameters werden gemeten:

- Buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid;
- Ammoniakconcentratie;
- Broeikasgasconcentraties (CO_2 , CH_4 en N_2O);
- Geurconcentraties.

Klimaat

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

Ammoniakconcentratie

De ammoniakconcentratie bij de mestverwerkingsapparatuur is bepaald met Kitagawa gasdetectiebuisjes. De detectiebuisjes zijn ook gebruikt voor het bepalen van de concentratie ammoniak in de achtergrondlucht.

Geur

De geurmetingen werden uitgevoerd volgens het meetprotocol voor geurremissies uit de veehouderij (Werkgroep Emissiefacoren, 1996). De te analyseren lucht werd 2 uur aangezogen door een pomp. De bemonstering is uitgevoerd met de 'longmethode'. Hierbij werd een lege monsterzak, in een gesloten vat, via

een teflonslang gevuld met monsterlucht. Door de lucht uit het vat te zuigen (0,5 l/min) ontstond in het vat een onderdruk en werd de lucht aangezogen. De lucht werd vóór het monstervat gefilterd met een stoffilter (poriediameter 1-2 μm). Het IMAG bv heeft de geuranalyses uitgevoerd volgens de voornorm NVN2820 met wijzigingsblad A1 (1995). De geurconcentraties worden vermeld in resp. OU_E/m^3 . De uitdrukking 'OU_E' staat hierbij voor 'European Odour Units' (geureenheden).

Broeikasgassen

De luchtmonsters waarin de broeikasgassen CO_2 , CH_4 en N_2O bepaald werden, zijn verzameld in canisters. Met spuitjes (20 ml) hebben we bovenwinds monsters verzameld om de achtergrondconcentratie te bepalen. Een canister is een monsternemvat. Door een vacuüm wordt een luchtmonster door een capillair (4 ml/min) verzameld. Met een gaschromatograaf hebben we de concentraties geanalyseerd. De berekeningswijze van de broeikasgasconcentraties is weergegeven in bijlage 1.

3.4 Energiegebruik

De benodigde elektriciteit voor de mestbewerking werd opgewekt met een aggregaat. Het dieselverbruik is gemeten door wekelijks het niveau in de voorraadtank te meten met een peilstok.

3.5 Economische evaluatie

Om een objectieve vergelijking van kosten van verschillende systemen

mogelijk te maken, hanteert PV een aantal uitgangspunten voor het maken van een kostenberekening. Dit zijn:

- Afschrijvingsduur machines: 7,5 jaar (13%); restwaarde = 0
- Afschrijvingsduur mestverwerkings gebouwen: 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
- Mestafzetkosten € 18,-/ton
- Emissiearm aanwenden dunne fractie (door loonwerker): € 3,50 / ton
- Verregenen water (incl. vaste kosten): € 0,50 / ton

4 Onderzoek: resultaten en discussie

4.1 Techniek en debietbepaling

De oorspronkelijke opzet van het mestontwateringsproces verschilt aanzienlijk met de opzet in de eindperiode van het onderzoek waarin de massabalansmetingen zijn uitgevoerd. In de oorspronkelijke opzet bestond de mechanische voorscheiding uit vier onderdelen. De ruwe mest werd eerst over een trommelzeef geleid voor afscheiding van niet opgeloste bestanddelen groter dan 100 µm. Vervolgens werden kleinere deeltjes met flocculanten en coagulanten in vlokken gevangen en via een dissolved air flotation afgescheiden. Het restant van fijne deeltjes werd door een nageschakelde fiber filtratie afgevangen. Op deze wijze hebben we getracht een geschikt influent voor de membraanfiltratie te bereiden. De dikke mestfracties uit de scheidingsstappen zijn met een vijzelpers verder geconcentreerd, waarbij de dunne mestfractie werd gerecirculeerd naar de ruwe ingaande mest. De geschetste voorscheiding veroorzaakte veel storingen. Met name de toepassing van flocculanten en coagulanten bleek moeilijk beheersbaar. Doseringen leidden in de ene situatie tot een goede vlokvorming leidde, maar leverden in de andere situatie een volstrekt onvoldoende resultaat. De keuze van de chemicaliën en de doseringen bleken van veel factoren

afhankelijk te zijn. Aanvoer van een homogeen mengsel bleek cruciaal, maar ook het type mest, de ouderdom van de mest, de zuurgraad en de temperatuur waren van invloed. Een mobiele installatie krijgt steeds verschillende mest aangevoerd. Daarvoor was een voorscheiding noodzakelijk die relatief ongevoelig zou zijn voor variaties. Om die reden is afgestapt van het gebruik van coagulanten en flocculanten en is, uitgaande van de opgedane ervaring, gekozen voor de gewijzigde opzet (figuur 2). De opzet met de trommelzeef, de trilzeef en de vetflotatie leverde een voorscheiding die minder gevoelig was voor variaties en waarmee we een geschikte vloeistof voor de ultrafiltratie konden bereiden. Ook de configuratie van het ultrafiltratie- en omgekeerde osmoseproces is veelvuldig gewijzigd. Gevarieerd zijn onder meer het type membranen, het parallel of in serie plaatsen van de modules, het al dan niet toepassen van recirculatie, de stroomsnelheid door de modules en de werkdrukken. Er is geen inzicht in de ervaringen met de verschillende varianten en de redenen voor de keuzes die gemaakt zijn. Verdere optimalisatie vindt nog steeds plaats.

De resultaten van de debietbepalingen staan vermeld in tabel 6.

Tabel 6: Gerealiseerde volumestromen in m³ per uur.

Code	Omschrijving	11/02	13/02	15/02*	Gemiddeld
A	Ingaande meststroom	10,0	10,0	5,0	8,33
B	Dikke fracties van trommel- en trilzeef	0,1	0,1	1,0	0,40
C	Influent flotatie	9,9	9,9	4,0	7,93
D	Flotaat	0,1	0,1	0,2	0,13
E	Influent ultrafiltratie	9,8	9,8	3,8	7,80
F	Concentraat ultrafiltratie	1,5	3,0	3,2	2,57
G	Influent omgekeerde osmose	7,0	6,7	6,0	6,57
H	Concentraat omgekeerde osmose	1,5	2,2	4,2	2,63
I	Permeaat omgekeerde osmose	4,7	5,1	3,0	4,27

* Handmatige meting

Op meetdag 15 februari was er storing bij het automatiseringssysteem en zijn de flowmeters handmatig afgelezen. Uit tabel 6 blijkt dat gemiddeld circa 50% omgekeerde osmose permeaat is onttrokken aan de aangevoerde mest.

Omdat tijdens de metingen is uitgegaan van zeer dunne zeugenmest is bij de voorscheiding slechts een beperkte hoeveelheid dikke fractie en flotaat vrijgekomen, namelijk respectievelijk gemiddeld circa 4,6% en 1,5% van de aangevoerde hoeveelheid mest.

Het concentraat van de ultrafiltratie en de omgekeerde osmose zijn in bijna gelijke hoeveelheden vrijgekomen. Rekenkundig is het totaal van de gemiddelde uitgaande stromen (B, D, F, H en I) niet gelijk aan de gemiddeld ingaande stroom. Dit duidt op meet- en/of schattingsfouten. Een mogelijke verklaring voor meetfouten is dat de capaciteit van de procesonderdelen niet exact op elkaar aan-

sloten. Via pompbuffers voorzien van niveauschakelingen werden de verschillen in capaciteit opgevangen. Dit betekent dat op het moment dat een pompbuffer volledig gevuld was, het leverende procesonderdeel korte tijd automatisch stopgezet werd. Om een indicatie van de betrouwbaarheid van de volumestromen te krijgen werden de volumestromen berekend op basis van de gemeten gehalten in de verschillende processtromen.

4.2 Samenstelling stromen

In tabel 7 staan de gemiddelde gehalten van de processtromen. De individuele meetwaarden zijn opgenomen in bijlage 2. In tabel 8 staan de gemiddelde meetwaarden voor het permeaat omgekeerde osmose (stroom I).

De gemiddelde samenstelling van de ingaande bezonken zeugenmest had een drogestofgehalte van 1,2%. Dit is relatief laag en kunnen we ver-

Tabel 7: Gemiddelde samenstelling processtromen

Analyse	Eenheid	A	B	C	D	E	F	G	H
Drogestof	kg/ton	12,0	176,0	10,3	39,0	10,0	15,7	7,7	18,3
Asrest	kg/ton	6,3	65,0	5,3	15,3	5,0	7,0	4,7	12,0
Organische stof	kg/ton	5,7	114,0	5,0	23,7	5,0	8,7	3,0	6,3
Ammoniakale-N (NH ₃ /	kg/ton	1,35	0,66	1,38	1,24	1,40	1,49	1,34	3,39
Organische N	kg/ton	0,85	7,41	0,67	2,02	0,61	0,70	0,33	0,50
N-totaal	kg/ton	2,20	8,05	2,05	3,26	2,02	2,39	1,78	3,84
Fosfaat (P ₂ O ₅)	kg/ton	0,43	5,40	0,36	2,74	0,30	0,54	0,07	0,16
Kalium (K ₂ O)	kg/ton	2,72	2,91	2,57	2,68	2,57	2,61	2,61	5,94
Magnesium (MgO)	kg/ton	0,21	1,75	0,17	1,25	0,15	0,23	0,08	0,10
Natrium (Na ₂ O)	kg/ton	0,61	0,71	0,54	0,57	0,55	0,56	0,55	1,36
pH		8,01	7,73	7,89	7,95	7,97	7,70	8,01	7,63
Cadmium (Cd)	µg/l	0,77	0,30	-	-	-	-	-	-
Koper (Cu)	µg/l	93	29	-	-	-	-	-	-
Zink (Zn)	µg/l	264	90	-	-	-	-	-	-

A Ingaande meststroom	D Flotaat	G Influent omgekeerde osmose
B Dikke fracties van trommel- en trilzeef	E Influent ultrafiltratie	H Concentraat omgekeerde osmose
C Influent flotatie	F Concentraat ultrafiltratie	

wachten wanneer alleen de toplaag van een mestopslagsilo wordt gebruikt (Van Gastel, 2002). Het stikstof-, fosfaat- en kaliumgehalte lagen op een niveau dat verwacht mag worden bij bezonken zeugenmest. Normaliter is de aanwezige hierin bijna volledig in de vorm van ammoniakale stikstof aanwezig. De hier aangevoerde zeugenmest bevatte nog altijd een aanzienlijk aandeel organische stikstof.

Het drogestofgehalte van de afgescheiden dikke mestfracties bedroeg gemiddeld 17%, terwijl de dunne fractie na het zeven in geringe mate was afgenomen ten opzichte van de ingaande mest. Dit is logisch omdat

de aangevoerd bezonken zeugenmest relatief weinig afscheidbare bestanddelen bevatte.

Het flotaat van de vetflotatie had een drogestofgehalte van bijna 4%. Het drogestofgehalte van de dunne fractie na de flotatie had een drogestofgehalte dat maar net lager lag dan de ingaande stroom. Dit duidt op een beperkt volume van het flotaat.

De indikking die met de ultrafiltratie werd bereikt is beperkt. Het drogestofgehalte van het influent van de ultrafiltratie werd geconcentreerd van 10 kg/m³ naar 15,7 kg/m³. Het fosfaat werd effectief tegengehouden door het ultrafiltratie membraan. Het permeaat van de ultrafiltratie bevatte nog slechts 0,07 kg/m³ P₂O₅.

Tabel 8: Gemiddelde gehalten permeaat omgekeerde osmose

Analyse	Eenheid	Gemiddeld	Retentie %*
Ammoniakale-N (NH ₃ /NH ₄)	mg/l	117,10	91,2
Nitraat-N (NO ₃)	mg/l	6,10	
Nitriet-N (NO ₂)	mg/l	0,30	
N-totaal	mg/l	123,5	
Fosfaat (P)	mg/l	0,40	98,7**
Kalium (K)	mg/l	68,03	96,9***
Magnesium (Mg)	mg/l	0,32	99,6
Natrium (Na)	mg/l	12,90	99,7
pH	mg/l	6,27	
Calcium (Ca)	mg/l	1,47	
Chloride (Cl)	mg/l	65	
Sulfaat (SO ₄)	mg/l	1166	
Bicarbonaat (HCO ₃)	mg/l	403	
Zink (Zn)	µg/l	4,5	
Mangaan (Mn)	µg/l	5,5	
Koper (Cu)	µg/l	1,0	
Ijzer (Fe)	µg/l	45,7	
Borium (Bo)	µg/l	216,7	
Aluminium (Al)	µg/l	9,5	
Molybdeen (Mo)	µg/l	7,7	
EC geleidbaarheid	mS/cm	0,98	

* Retentie = 1-(gehalte permeaat/ gehalte influent) x 100%

** Op basis van P₂O₅

*** Op basis van K₂O

De gehalten in het concentraat van de omgekeerde osmose lagen circa 2,3 maal hoger (+/- 0,2) dan de gehalten van de ingaande vloeistof, het permeaat van de ultrafiltratie. Dit is een maat voor de gerealiseerde indikkingsgraad. Uitzondering hierop vormen het organische stikstofgehalte en het magnesiumgehalte, die slechts beperkt hoger lagen in het omgekeerde osmose concentraat. Dit zou duiden op een beperkte afscheiding van deze componenten. Toch was het magnesiumgehalte in het permeaat van de omgekeerde

osmose laag, namelijk 0,32 mg/l (tabel 8). Het organische stikstofgehalte in het permeaat van de omgekeerde osmose is niet gemeten. De reden voor de discrepantie tussen het niveau van het magnesiumgehalte in het permeaat en concentraat van de omgekeerde osmose is niet bekend.

Natrium en kalium, in opgeloste vorm, blijven tot het omgekeerde osmoseproces in ongeveer dezelfde concentratie in de verschillende mestfracties aanwezig. Magnesium

wordt wel afgescheiden via de zeven en de ultrafiltratie. Afscheiding van magnesium kan duiden op aanwezigheid van slecht oplosbare struviet-deeltjes (ammonium-magnesium-fosfaat).

Het gemiddelde gehalte ammoniakale stikstof in het permeaat van de omgekeerde osmose bedroeg 117 mg/l. Dit is circa 8% van het gehalte in de ingaande bezonken zeugenmest.

Het stikstofgehalte is een belangrijke parameter voor de bestemming van het permeaat omdat het niveau de mogelijkheid voor onbeperkte toepassing op agrarisch land bepaalt ($<0,2 \text{ kg/m}^3$). Bij lozing op het riool is het stikstofgehalte mede bepalend voor de lozingskosten.

Indien het ammoniakale stikstofgehalte in de te verwerken meststroom in de orde grootte van $2,5 \text{ kg/m}^3$ ligt, wordt zonder aanvullende maatregelen de grens van $0,2 \text{ kg/m}^3$ stikstof in het omgekeerde osmose permeaat bereikt. Door aanzuring van het influent van de omgekeerde osmose kan men het stikstofgehalte in het permeaat verminderen (Gastel en Thelosen, 1995). Door aanzuring verschuift het ammoniakevenwicht naar ammonium. Ammonium passeert het membraan veel minder gemakkelijk dan ammoniak. Hoeveel het stikstofgehalte in het permeaat is bij andere samenstellingen van ingaande mest en toepassing van aanzuring is niet bepaald in dit onderzoek.

De retentie voor een stof geeft aan in welke mate de stof wordt tegengehouden door het membraan. Voor een aantal parameters konden we de retentie berekenen. De gevonden retenties lagen in de dezelfde orde grootte als in het onderzoek van Neukermans et al. (1995) met uitzondering van ammonium-stikstof; deze waren lager, wanneer het influent niet werd aangezuurd (82 - 89%).

4.3 Massabalans

Met de metingen van de volumestromen en de gehalten in de verschillende processen is het mogelijk een massabalans op te stellen. Figuur 9 toont de massabalans op basis van de gemeten en de berekende waarden. De vergelijking tussen deze waarden is nodig omdat de wijze van monsternamen en de debietmetingen niet volgens het voorgeschreven protocol van het PV zijn uitgevoerd. Het narekenen van de gemeten waarden is als volgt uitgevoerd. Uitgangspunt is dat de gemiddelde gemeten samenstelling van de processtromen een betrouwbare weergave van de werkelijkheid is. Door te veronderstellen dat de samenstelling van de dikke mestfracties en concentraten correct is (gegeven uitgangspunt) kan door variatie van de volumestroom de vracht in kg/h worden berekend. Wanneer de vrachten dikke fracties en concentraten bekend zijn, kan men deze aftrekken van de aangevoerde vrachten, zodat de resterende vrachten in de dunne fracties

grondstof		gemeten waarden		berekende waarden		% afw. tov gemeten
		Ingaande mest				
		m ³ /h	8,33			
	kg/h	kg/m ³				
Drigestof	100,0	12,0				
N	18,4	2,2				
P ₂ O ₅	3,6	0,4				
K ₂ O	22,7	2,7				
Zeven		gemeten waarden		berekende waarden		% afw. tov gemeten
		Dunne mestfractie		Dunne mestfractie		
		m ³ /h	7,93	m ³ /h	8,23	3,8
	kg/h	kg/m ³		kg/h	kg/m ³	
Drigestof	82,0	10,33	82,4	10,01	-3,1	
N	16,3	2,05	17,6	2,13	4,0	
P ₂ O ₅	2,9	0,36	3,0	0,37	0,8	
K ₂ O	20,4	2,57	22,4	2,72	5,7	
				Dikke mestfractie		
				m ³ /h	0,40	
	kg/h	kg/m ³	kg/h	kg/m ³		
	70,4	176,0	82,4	10,01	0,0	
	3,2	8,1	17,6	2,13	0,0	
	2,2	5,4	3,0	0,37	0,0	
	1,2	2,9	22,4	2,72	0,0	
Vetfloeitatie		gemeten waarden		berekende waarden		% afw. tov gemeten
		Dunne mestfractie		Dunne mestfractie		
		m ³ /h	7,93	m ³ /h	8,23	0,0
	kg/h	kg/m ³	kg/h	kg/m ³		
Drigestof	78,0	10,00	76,9	9,86	-1,4	
N	15,7	2,02	15,8	2,03	0,7	
P ₂ O ₅	2,4	0,30	2,5	0,32	6,7	
K ₂ O	20,1	2,57	20,1	2,57	-0,1	
				Flotaat		
				m ³ /h	0,13	
	kg/h	kg/m ³	kg/h	kg/m ³		
	5,2	39,0	5,1	39,0	0,0	
	0,4	3,3	0,4	3,3	0,0	
	0,4	2,7	0,4	2,7	0,0	
	0,4	2,7	0,3	2,7	0,0	
Ultrafiltratie		gemeten waarden		berekende waarden		% afw. tov gemeten
		UF permeaat		UF permeaat		
		m ³ /h	6,57	m ³ /h	8,23	-8,6
	kg/h	kg/m ³	kg/h	kg/m ³		
Drigestof	50,3	7,67	49,8	8,30	8,3	
N	11,7	1,78	11,4	1,90	6,8	
P ₂ O ₅	0,5	0,07	1,4	0,23	215,5	
K ₂ O	17,2	2,61	15,4	2,56	-2,0	
				UF concentraat		
				m ³ /h	0,13	
	kg/h	kg/m ³	kg/h	kg/m ³		
	40,2	15,7	28,2	15,67	0,0	
	6,1	2,4	4,3	2,39	0,0	
	1,4	0,5	1,0	0,54	0,0	
	6,7	2,6	4,7	2,61	0,0	
Omgekeerde osmose		gemeten waarden		berekende waarden		% afw. tov gemeten
		OO permeaat		OO permeaat		
		m ³ /h	4,27	m ³ /h	3,73	-12,5
	kg/h	kg/m ³	kg/h	kg/m ³		
Drigestof	0,50	117,1	0,43	114,49	-2,2	
N	0,00	0,92	0,00	0,96	3,6	
P ₂ O ₅	0,35	82,0	0,31	83,49	1,9	
				OO concentraat		
				m ³ /h	2,63	
	kg/h	kg/m ³	kg/h	kg/m ³		
	48,3	18,3	52,0	18,33	0,0	
	10,1	3,8	11,3	3,98	3,6	
	0,4	0,2	0,5	0,17	7,6	
	15,7	5,9	16,8	5,94	0,0	

Figuur 9 Massabalans met gemeten en berekende waarden

en permeaten bekend worden. De volumestromen dunne fracties en permaten in m³/h kunnen we berekenen uit het verschil tussen de ingaande stoom en de gekozen stroom dikke fractie of concentraat. Wanneer de vracht stof in kg/h en de volumestroom in m³/h van de dunne fractie of permeaat bekend zijn, kan men het gehalte in kg/m³ in de stroom bepalen. De berekende gehalten in de dunne meststromen en permeaten dienen zo goed mogelijk overeen te komen met gemeten waarden. Iteratief (=herhaling van de bereke-

ningen met aangenomen waarden tot de juiste oplossing is gevonden) kan men bepalen bij welke volumestroom van de dikke fracties of concentraat de gemeten gehalten in de dunne fracties het best benaderd worden. Figuur 9 toont de resultaten van deze berekeningen.

Voor het zeefproces komen de berekende en gemeten samenstellingen goed overeen bij een volumestroom van de dikke fractie van 0,10 m³/h. De maximale afwijking tussen gemeten en berekende gehalten bedraagt

5,7% (voor kalium). De berekende volumestroom dikke fractie van $0,1 \text{ m}^3/\text{h}$ wijkt wel sterk af van de vastgestelde $0,4 \text{ m}^3/\text{h}$. Omdat de berekende en gemeten gehalten bij het zeefproces op alle onderdelen in overeenstemming zijn bij de iteratief bepaalde volumestroom dikke fractie, lijkt de tijdens de metingen bepaalde volumestroom dikke fractie te zijn overschat.

Ook voor de vetflotatie komen de gemeten en berekende samenstelling goed overeen. De maximale afwijking tussen gemeten en berekende gehalten bedraagt 6,7% (voor fosfaat). Ook de gemeten en berekende volumestromen komen overeen. De schatting van de flotaatvolumestroom lijkt correct.

Bij de ultrafiltratie zijn met name de resultaten voor fosfaat opmerkelijk. Er is een volumestroom voor het concentraat vast te stellen waarbij het verschil tussen de gemeten en berekende gehalten in het permeaat voor drogestof, stikstof en kalium binnen een marge van 10% blijft. De berekende volumestroom concentraat bedraagt $1,80 \text{ m}^3/\text{h}$, wat 29,9% lager is dan de gemeten flow. Echter, bij deze volumestroom van het concentraat wijkt het berekende fosfaatgehalte in het ultrafiltratie permeaat meer dan 200% af van de gemeten waarde. Het lijkt gerechtvaardigd te veronderstellen dat het gemeten fosfaatgehalte in het permeaat en/of concentraat van de ultrafiltratie niet correct is.

Voor het omgekeerde osmoseproces wijken de gemeten en berekende waarden voor de gehalten in het permeaat sterk af. Bij een concentraatstroom van $2,84 \text{ m}^3/\text{h}$ komt het berekende kaliumgehalte overeen met het gemeten kaliumgehalte. Zonder correctie van het stikstof- en fosfaatgehalte in het concentraat bedraagt de afwijking voor stikstof 86,4% en voor fosfaat 984,2%. Procentueel zijn de verschillen voor de stikstof- en fosfaatgehalten in het permeaat aanzienlijk. We merken op dat door de hoge retenties de bestanddelen bijna volledig in het concentraat terecht komen. Een kleine meetfout voor de gehalten in het concentraat heeft procentueel daarom een zeer grote invloed op de gehalten in het permeaat. Wanneer het gemiddelde stikstofgehalte in het concentraat wordt verhoogd van $3,84 \text{ kg}/\text{m}^3$ naar $3,98 \text{ kg}/\text{m}^3$ (+3,6%), komt het gemeten en berekende fosfaatgehalte in het permeaat overeen (-2,2%). Wanneer het gemiddelde fosfaatgehalte in het concentraat wordt verhoogd van $0,16 \text{ kg}/\text{m}^3$ naar $0,1684 \text{ kg}/\text{m}^3$ (+5,3%) komt het gemeten en berekende stikstofgehalte in het permeaat overeen (+7,6%). Hieruit concluderen we dat de gemeten waarden voor de processtromen van het omgekeerde osmose proces toch redelijk betrouwbaar zijn.

De som van de gemeten uitgaande stromen is niet gelijk aan de som van de gemeten ingaande meststroom. Met behulp van de

Tabel 9: Meest waarschijnlijke vloeistofbalans metingen week 7

Processtroom	Debiet % van bezonken zeugenmest
Ingaande bezonken zeugenmest	100
Dikke mestfractie	1,2*
Flotaat	1,6*
Concentraat ultrafiltratie	22,4*
Concentraat omgekeerde osmose	32,3*
Permeaat omgekeerde osmose	42,5**

* Berekende debiet / gemeten ingaand debiet deelproces x (100-% reeds afgevoerde fracties)

** Sluitpost

massabalansberekeningen is het mogelijk een uitspraak te doen over de meest waarschijnlijke grootte van de vloeistofstromen. De verhouding tussen in- en uitgaande stromen is per procesonderdeel iteratief bepaald aan de hand van de gemeten samenstelling van de processtromen. Deze verhouding per deelproces kan worden teruggerekend naar het percentage van de deelstroom van de ingaande bezonken zeugenmest (tabel 9).

Uit tabel 9 blijkt dat als meest waarschijnlijke berekening circa 42,5% van het ingaande volume als permeaat vrijkomt. Zowel het ultrafiltratieconcentraat als het omgekeerde osmoseconcentraat hadden een relatief laag gemiddeld drogestofgehalte, respectievelijk 15,8 en 18,3 kg/m³. Neukermans et al. (1995) en Van Gastel en Thelosen (1995) hebben aangetoond dat een concentrering tot 4-6% drogestof in het omgekeer-

de osmose concentraat mogelijk is. Door microfiltratie kon tot 8% drogestof worden geconcentreerd (Neukermans et al., 1995).

4.4 Gasvormige emissies

Klimaat

In tabel 10 zijn de klimaatgegevens van de 2 meetdagen weergegeven. Voor de buitentemperatuur werd gebruik gemaakt van de gegevens van het KNMI (KNMI, 2001). De eerste meting vond bij een hogere buitentemperatuur plaats dan de tweede meting.

Ammoniakconcentratie

Tabel 11 toont de ammoniakconcentraties tijdens de 2 meetdagen. De maximale concentratie over de twee meetdagen was 3,5 mg/m³. De maximum geaccepteerde concentratie (MAC-waarde) waar mensen nog veilig aan blootgesteld mogen worden is 25 ppm (0,018 g.m⁻³).

Tabel 10: Gemiddelde temperatuur en relatieve luchtvochtigheid gedurende de metingen

Datum	Temperatuur (°C)	Relatieve luchtvochtigheid (%)
28 februari 2001	6,0	80,3
24 september 2001	20,7	60,1

* Gemiddelde temperatuur in De Bilt

Tabel 1: Ammoniakconcentratie

Datum	Ammoniakconcentratie voorscheiding (mg/ m ³)	Ammoniakconcentratie in oplegger (mg/ m ³)
28 februari 2001	3,5	n.v.t.
24 september 2001	0,7	2,8

Tabel 12: Gemeten geurconcentraties

Datum	Geurconcentratie voorscheiding (OU _E /m ³)	Geurconcentratie in oplegger (OU _E /m ³)
28 februari 2001	8927	n.v.t.
24 september 2001	5583	918

Tabel 13: Broeikasgasconcentratie (mg.m⁻³)

		Achtergrond	Vorbewerking	In oplegger
CO ₂	28 februari 2001	860	140	n.v.t.
	24 september 2001	690	180	310
CH ₄	28 februari 2001	1,3	6,7	n.v.t.
	24 september 2001	1,2	9,0	83
N ₂ O	28 februari 2001	< 1	< 1	n.v.t.
	24 september 2001	0,3	0,3	0,3

Tijdens de meetdagen lag de ammoniakconcentratie bij de voorscheiding en in de oplegger ruim beneden de MAC-waarde.

Geureenheden

In tabel 12 staan de geurconcentraties tijdens de twee meetdagen.

Tabel 14: Resultaten metingen diesilverbruik

Week 2002	Draaiuren	Diesilverbruik l	Diesilverbruik l/h
2	51	922	18,1
3	107	1008	9,4
4	68	840	12,4
5	27	170	6,3
6	127	1690	13,3
7	91	1080	11,9
8	109	1435	13,2
9	162	2040	12,6
Totaal	742	9185	12,4

Broeikasgassen

De concentraties broeikasgassen CO₂, CH₄ en N₂O tijdens de 2 meetdagen staan in tabel 13. De achtergrondconcentratie is bij de gegeven waarden al afgetrokken (daarom zijn de waarden bij de achtergrond hoger dan bij de voorbereiding). Omdat we het ventilatiedebiet niet konden bepalen, zijn ook deze waarden erg onderhevig aan de lokale weersomstandigheden tijdens de metingen.

Een vergelijking van de emissie van de mestverwerkingsinstallatie in dit verslag met de emissie bij een andere verwerkingsinstallatie is niet mogelijk, omdat het debiet niet gemeten kon worden. De gemeten resultaten zijn indicatief en afhankelijk van de lokale weersomstandigheden. Bovendien is gemeten bij twee verschillende wijzen van procesvoering.

4.5 Energieverbruik

De benodigde elektriciteit voor het proces werd opgewekt met een aggregaat. Het diesilverbruik staat in tabel 14. Gedurende de eerste 8-9 weken van 2002 bedroeg het diesilverbruik 12,4 liter per draaiuur.

Het gebruikte aggregaat had een vermogen van 100 kVA ofwel circa 80 kW. Wanneer dit aggregaat op vol vermogen draait, moet men rekening houden met een diesilverbruik van 20 l/h (opgave fabrikant). Volgens Reuwer (2002) heeft het aggregaat op 70% van het totale vermogen (circa 56 kW) gedraaid. Het vermogen van de motoren die gelijktijdig in werking zijn bedraagt 50-60 kW. Dit komt overeen met het geschatte geleverde vermogen van het aggregaat. Bij 70% hiervan mogen we een diesilverbruik van circa 14 l/h verwachten. Het gemeten gemiddelde diesilverbruik ligt met 12,4 l/h nog enigszins lager.

5 Economische evaluatie

Exploitatiekosten proces

Tabel 15 toont de uitgangspunten die Mestec hanteert bij de berekening van het aantal productieve uren. In tabel 16 worden de resultaten van de kostenberekening vermeld, geldend voor de massabalansperiode.

Volgens Mestec bedragen de investeringskosten voor de mobiele mest-ontwatering € 453.900,-. De doelstelling is dat Mestec zelf zorgt voor de financiering van de mobiele installaties en dat aan veehouders een prijs per ton mest verwerkte mest in rekening wordt gebracht. De verwerkingskosten per ton bezonken zeugenmest bedragen 4,07 euro. Deze kosten gelden voor de gemiddelde capaciteit, gerealiseerd tijdens de metingen voor de massabalans.

Afhankelijk van het type aangevoerde mest en het drogestofgehalte hiervan kan de capaciteit in m³/h in de prak-

tijk lager uitvallen. Mestec gaat uit van een gemiddelde capaciteit van 6 m³/h. De kosten per ton komen dan op circa 6 euro. Bij aanvoer van mest met een hoger drogestofgehalte kan het noodzakelijk zijn om toch coagulanten en flocculanten te doseren om een geschikte vloeistof voor het membraanfiltratieproces te bereiden (circa 2 euro per ton extra).

Bij de berekening van de kapitaallasten is uitgegaan van een afschrijvingstermijn van 7,5 jaar. Deze termijn is gestandaardiseerd om verschillende verwerkingsprocessen met elkaar te kunnen vergelijken. Omdat het hier gaat om een mobiele installatie mag een sterkere slijtage verwacht worden dan bij een niet mobiele installatie. Ook is sprake van een gevoelige techniek. Een kortere afschrijvingstermijn (en) of een hoger bedrag voor onderhoud zal in de praktijk nodig blijken. Bij een afschrij-

Tabel 15: Berekening productieve uren mobiele installatie volgens opgave Mestec

Onderdeel	Uitgangspunten	Uren per jaar
A Totaal uren per jaar	365 x 24	8.760
B Niet productieve uren	65 dagen x 24 uur groot onderhoud, vorst, onvoorziene omstandigheden	1.560
C Verplaatsen + aansluiten	45 keer x 10 uur	450
D Opstart, controle, klein onderhoud	(365 – 65) dagen x 1,5 uur	450
Productieve uren	A-B-C-D	6.300

Tabel 16: Verwerkingskosten mobiele mestontwatering van **Mestec**
(in €, excl. afzet producten)

Mestverwerkingsinstallatie

Merknaam:	Mestec	
Type:	Membraanfiltratie	8,7 ***
Capaciteit:	(ton dunne mest/uur)	6.300
Draaiuren:	(uur/jaar)	55.000
Totaal:	(ton dunne mest/jaar)	14000

1. Investeringskosten

	Afschrijvingsduur	
Trailer, container, dieseltank	7,5 jaar *	58.300,00 **
Generator, compressor, voorscheiding	7,5 jaar	123.200,00 **
Ultrafiltratie	7,5 jaar	100.500,00 ***
Omgekeerde osmose	7,5 jaar	84.300,00 ***
Pompen, leidingen, appendages	7,5 jaar	29.200,00
Automatisering en bekabeling	7,5 jaar	51.900,00 ***
Onvoorzien	7,5 jaar	6.500,00
Totaal investeringen:		453.900,00
	Per ton:	8,25

2. Exploitatiekosten per jaar

Kapitaalskosten:

Afschrijving:		60.520,00
Onderhoud:	3%	13.617,00
Rente:	2,75%	12.482,00

Vervanging membramen	Stelpost **	40.000,00
Arbeid	1500 uur** x 18 euro	27.000,00
Diesel	12,4 uur* x 0,40 euro/l	31.248,00
Algemene kosten, verzekering	Stelpost**	16.000,00
Reinigingsmiddelen, anti-scaling	0,25 euro per m ³	13.750,00
Transportkosten verplaatsingen	45 keer x 200 euro	9.000,00

Totaal		223.617,00
--------	--	------------

Per ton: 4,07

* Uitgangspunt gehanteerd door Praktijkonderzoek Veehouderij

** Volgens opgave Mestec

*** Gemeten tijdens onderliggend onderzoek

vingstermijn van 5 jaar bedragen de extra kosten per m³ € 0,55 bij een capaciteit van 55.000 m³ per jaar. Rekening houdend met een gemiddelde capaciteit van 6 m³/h, ofwel 38.000 m³ per jaar bedragen de extra kosten per m³ € 0,80 bij een afschrijvingstermijn van 5 jaar.

Kosten eindproducten

Naast het omgekeerde osmose permeaat komen geconcentreerde mestfracties uit het proces vrij: dikke mestfractie uit de voor-scheidingen en flotaat, concentraat ultrafiltratie en concentraat omgekeerde osmose.

Indien het stikstofgehalte van het permeaat beneden 200 mg/l blijft kan het onbepaald op agrarisch land worden verregend. Het verregenen van permeaat kost inclusief vaste kosten circa 0,50 euro per ton. Binnen de Nederlandse mestwetgeving worden de geconcentreerde mestfracties nog steeds aangemerkt als dierlijke mest. Zonder verdere opwaardering dient men rekening te houden met de normale mestafzetkosten van € 18,- per ton.

Bij een permeaatproductie van 42,5% per m³ ingaande mest en 57,5% geconcentreerde mestfracties dient men rekening te houden met € 10,35 per ton ingaande mest. De kosten voor afzet van dikke mestfracties en concentraten kunnen afnemen wanneer verder geconcentreerd wordt.

Kosten voor het varkensbedrijf

Tijdens de meetperiode voor de massabalans is uitgegaan van dunne fractie van bezonken zeugenmest. Een belangrijk uitgangspunt bij de bepaling van de kosten voor het varkensbedrijf is welk deel van het mestvolume men naar de verwerkingsinstallatie kan brengen.

In hoeverre de varkenshouders gebruik maken van het bezinkproces is onder meer afhankelijk van de samenstelling van de geproduceerde mest, de beschikbare mestopslagen en de handling van de meststromen op het bedrijf. Deze discussie kan men voorkomen door de verwerkingskosten te berekenen per m³ volumereductie. Ofwel, de verwerkingskosten dienen toegerekend te worden aan het permeaat, inclusief de kosten voor het verregenen hiervan.

Tabel 17 toont de kosten voor het varkensbedrijf uitgedrukt in kosten per m³ volumereductie.

In tabel 17 is voor de gunstige situatie uitgegaan van de omstandigheden en resultaten zoals tijdens de metingen voor de massabalans. De kosten per m³ volumereductie bedragen in dat geval circa € 10,-. Ten opzichte van het prijsniveau voor afzet van mest in 2001 (€ 18,00) heeft het ontwateren van de dunne mestfractie een aanzienlijke besparing betekend. Begin 2002 zijn de mestafzetprijzen gedaald, maar gemiddeld genomen

Tabel 17: Kosten voor het varkensbedrijf uitgedrukt per m³ volumereductie (in €)

Onderdeel	Gunstig	Gunstig	Ongunstig	Ongunstig
	Per ton ingaand	Per ton permeaat	Per ton ingaand	Per ton permeaat
Proces	4,07	9,58	8*	18,82
Verregegen permeaat	0,21	0,50	0,21	0,50
Totaal		10,08		19,32

*6 euro per ton maximaal 2 euro per ton vlokmiddelen volgens opgave Mestec

nog altijd enigszins boven de minimum prijs per m³ volumereductie. De mestmarkt is grillig en moeilijk te voorspellen. De verwachting is niet dat de prijs voor afzet daalt tot beneden € 10,- per ton. Uit financieel oogpunt kan het daarom interessant zijn om het meest dunne deel van de geproduceerd mest te laten ontwateren.

Wanneer dikkere mest ontwaterd moet worden, zal de capaciteit van de installatie dalen en dient men rekening te houden met extra kosten voor dosering van vlokmiddelen. De kosten per m³ volumereductie kunnen daardoor toenemen tot meer dan € 19,-. Bij dit kostenniveau is de keuze voor ontwatering minder waarschijnlijk.

6 Conclusies

Techniek

Gedurende de projectperiode is een functionerend membraanfiltratie-proces gerealiseerd. Duurproeven waarbij de installatie meerdere weken continu in bedrijf is, hebben voor varkensmest nog niet plaatsgevonden. Daarom is het niet mogelijk een reële uitspraak te doen over de bedrijfszekerheid van het proces voor alle mestsoorten.

Massabalans

De monsternames en metingen van de volumestromen, zijn niet volledig volgens het voorgeschreven protocol van het PV uitgevoerd. De resultaten dienen in dit licht beoordeeld te worden. Door controle-berekeningen aan de massabalans is een meest waarschijnlijke verdeling van de processtromen berekend. Uit de gemeten en berekende waarden volgt dat de capaciteit tijdens de metingen voor de massabalans gemiddeld $8,7 \text{ m}^3$ bezonken zeugenmest per uur bedroeg. Per m^3 ingaande mestfractie is 425 liter permeaat geproduceerd met een stikstofgehalte van $<200 \text{ mg/l}$. De concentraten van de ultrafiltratie en omgekeerde osmose hadden een relatief laag drogestofgehalte, respectievelijk $15,7$ en $18,3 \text{ kg/ m}^3$. Andere onderzoeken hebben aangetoond dat verdere indikking mogelijk is.

Emissies

De gemeten geurconcentratie rond de apparatuur voor de voorscheiding bedroeg op de 2 meetdagen respectievelijk 8930 en $5583 \text{ OU}_E/\text{m}^3$. De geurconcentratie in de oplegger was relatief laag, $918 \text{ OU}_E/\text{m}^3$. Zowel de concentratie CO_2 als CH_4 waren op de meetplaatsen verhoogd ten opzichte van de achtergrondconcentratie. De concentraties in de oplegger waren het hoogst met respectievelijk 310 en 80 mg/m^3 . We kunnen geen conclusies aan de gemeten verschillen tussen de beide meetdagen verbinden, omdat naast veranderingen aan de installatie zelf, ook lokale weersinvloeden een grote invloed hebben op de metingen. De gepresenteerde getallen zijn gebaseerd op slechts twee metingen en geven daardoor een beperkte afspiegeling van de werkelijkheid.

Kosten

De kosten voor het mestontwateringsproces bedragen € 4,- tot € 8,- per ton afhankelijk van de realiseerbare capaciteit en het drogestofgehalte van de ingaande mest. Verkorting van de afschrijvingstermijn van 7,5 naar 5 jaar levert een toename van de kosten per m^3 van € 0,55 tot 0,80, afhankelijk van de gerealiseerde capaciteit. Voor de afzet van eindproducten dient men rekening te houden met

€ 10,35 per ton extra kosten.
Wanneer het meest geschikte (dunne) deel van de mest op het varkensbedrijf wordt ontwaterd, is het mogelijk per m³ volumereductie tegen een lagere prijs dan mestafzetprijs mest te verwerken.

Perspectief

Het ontwateren van mest biedt in meerdere opzichten perspectief. Economisch omdat het mogelijk is een gedeelte van de geproduceerde mest tegen lagere kosten dan de

mestafzetkosten te verwerken. Van maatschappelijk belang is de vermindering van het aantal mesttransporten. De eindproducten die vrijkomen hebben verschillende NPK-verhoudingen, wat past in de gedachte om mest op maat aan te bieden. Het ultrafiltraat is toepasbaar als kunstmestvervanger op grasland. Vervanging van kunstmeststikstof door dierlijke mestproducten levert een CO₂-emissiereductie op, wat uit milieu-oogpunt wenselijk is.

7 Mobiele mestontwatering in breder perspectief

Verminderen van mesttransporten

Het blijkt mogelijk is om met membraanfiltratie water aan mestvloei-stoffen te onttrekken, dat in relatief grote hoeveelheden op agrarisch land bij het varkensbedrijf kan worden verregend. Op deze wijze kunnen de mineralen in de oorspronkelijk mest in meer geconcentreerde vorm naar de akkerbouwers. De totale besparing van het aantal mesttransporten per varkensbedrijf hangt af van het aandeel van het mestvolume dat men geschikt kan maken voor de mestontwatering.

In dit onderzoek is aangetoond dat voor het meest dunne deel van de mest (bezonken zeugenmest), het ontwateren via membraanfiltratie mogelijk is.

Wanneer gemiddeld genomen 40-50% van het mestvolume geschikt is om tegen lagere prijs dan de mestafzetprijs te ontwateren, resulteert dit in een afname van 17 tot 21%

van het aantal mesttransporten van het varkensbedrijf.

Mest op maat

Om de plaatsingsruimte voor dierlijke mest in Nederland optimaal te benutten en het gebruik van kunstmest terug te dringen worden initiatieven ontwikkeld om dierlijke mest "op maat" aan de akkerbouwers aan te bieden. Bij de mestontwatering volgens het Mestec-procédé ontstaan verschillende mestfracties met verschillende NPK-verhoudingen die als mest-op-maat-product toegepast kunnen worden. Tabel 18 toont de mineralengehaltes in de geconcentreerde stromen van het Mestec-procédé.

De dikke mestfractie uit de voor-scheiding is relatief rijk aan stikstof. De concentraten van het ultrafiltratie en omgekeerde osmose proces zijn relatief arm aan fosfaat. Daarnaast is kalium in het omgekeerde osmose concentraat relatief sterk vertegen-

Tabel 18: Mineralengehaltes in de geconcentreerde meststromen van het Mestec-procédé (waarden in kg/ m³)

Mineraal	Dikke fractie	Flotaat	Concentraat Ultrafiltratie	Concentraat omgekeerde osmose
N	8,05	3,26	2,39	3,84
P ₂ O ₅	5,40	2,74	0,54	0,16
K ₂ O	2,91	2,68	2,61	5,94

woordigd. In absolute zin zijn de mineralengehaltes in de geconcentreerde stromen te laag om de gehalten van mengsels op maat wezenlijk te kunnen beïnvloeden. Een afstemming van de samenstelling van mestproducten aan de wensen en behoefte van mestopmaat-producten is gewenst.

Permeaat ultrafiltratie

De vraag is of het noodzakelijk is "schoon" water aan mest te onttrekken. Het permeaat van de ultrafiltratie bevat bijna alleen ammoniakale stikstof en kalium en nauwelijks fosfaat.

Het permeaat van de ultrafiltratie kan worden ingezet ter vervanging van kunstmeststikstof op grasland. Omdat het permeaat ook kalium bevat, dient men te waken voor (te) hoge kaliumgiften.

De schatting van de kosten hiervoor staat in bijlage 4.

De kosten per ton ingaande mest voor de varkenshouder komen op circa € 12,- tot 15,- inclusief afzet van restproducten. Het permeaat is eventueel in te zetten als kunstmestvervanger. Omdat productie van kunstmest veel energie kost, leidt besparing van kunstmestgebruik tot vermindering van de CO₂-emissie. Dan is echter wel extra transport nodig voor het permeaat.

Mobiele decanters

Het scheiden van varkensmest met de mobiele decanters heeft de laatste jaren sterk aan interesse gewon-

nen. Het scheiden van de mest kost € 4,- tot 5,- per ton ingaande mest. De akkerbouwer waardeert de dikke mestfractie afkomstig van het decanteerproces beter dan de ruwe drijfmest, omdat het rijk is aan organische stof en gemakkelijk en homogeen verspreid kan worden. Het scheidingsrendement voor stikstof is bij toepassing van decanteercentrifuges beperkt omdat circa de helft van de stikstof in opgeloste vorm in de mest aanwezig is. Met een decanter kunnen alleen niet opgeloste stoffen worden afgescheiden. Dit betekent dat de dunne mestfractie na het decanteerproces nog relatief veel stikstof bevat. Omdat de toepassingsnorm voor stikstof verder aangescherpt wordt, neemt het financiële voordeel voor de varkenshouder af. Er kunnen immers steeds minder m³ s dunne fractie worden aangevend op het beschikbare (eigen) land. Mogelijk kan de mobiele mestontwatering worden ingezet voor de ontwatering van de dunne mestfractie afkomstig van de mobiele decanters. Rekening houdend met een prijs van circa € 10,- per ton volumereductie voor het ontwateren van de dunne fractie, komt de totale verwerkingsprijs inclusief de mobiele decanter voor de varkenshouder dan op ongeveer € 15,- tot 18,- per m³. Nog een reden voor het ontwateren van mest is, dat men het water (permeaat) over langere periodes en op meer momenten op het land brengen dan (dunne) mest, wat bij geringe opslagcapaciteiten interessant kan zijn.

Literatuur

Gastel, J.P.B.F. van en J.G.M. Thelosen, 1995. Vermindering van het volume van zeugemest door middel van omgekeerde osmose. P1.129. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen.

Gastel, J.P.B.F. van, 2002. Specialist Milieutechniek. Exlan Consultants, Veghel. Persoonlijke mededeling.

Gijssel, P. de, J.M.G. Hol en D.A.J. Starmans, 2001. Gasvormige emissie bij mestverwerkingsinstallaties, Mestec – systeem Reuwer, IMAG-nota, november 2001

KNMI, 2001. Maandoverzichten via internet: www.knmi.nl/voorl.

Melse, R.W, 2000. Monsternamen – en meetprotocol – Mobiele mestontwatering – Mestec, Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen.

Neukermans, G., M. Colanbeen, L. van de Velde. 1995. Verslag van de onderzoeken ondernomen tijdens de periode 1 januari 1993 tot en met 31 december 1994. Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen, Vakgroep Landbouwtechniek. Gent.

NNI, 1995. NVN 2880/A1 Luchtkwaliteit, sensorische geurmetingen met een olfactometer. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, maart 1995. (met wijzigingsblad A1, in brief aan geaccrediteerde instellingen, 1996).

Reuwer, F. Mobiele metsontwatering, 2002. Eindrapportage voor het programma Toepassingsmogelijkheden mestbewerking op varkenshouderijbedrijven, Mestec Papendrecht.

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

Bijlagen

Bijlage 1

Berekeningswijze van de broeikasgasconcentraties.

Broeikasgassen:
$$C_{bg} = \frac{M \cdot C_{bg}}{R \cdot T} * 10^{-3}$$

waarbij:

- C_{bg} = broeikasgasconcentratie ($\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)
- M = molmassa broeikasgas ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)
- P = standaard luchtdruk ($1,01325 \cdot 10^5$ Pa)
- C_{bg} = gemeten concentratie emissiebron (ppm)
- R = molaire gasconstante ($8,3145 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
- T = temperatuur tijdens meting (K)

Bijlage 2

A Mest

Analyse	Eenheid	11-02-2002	13-02-2002	15-02-2002	gemiddeld
Drogestof	kg/ton	8	8	20	12
Asrest	kg/ton	4	5	10	6
Organische stof	kg/ton	4	3	10	6
Ammoniakale-N (NH_3/NH_4)	kg/ton	0,94	1,01	2,10	1,35
Nitraat-N (NO_3)	kg/ton				
Organische N	kg/ton	0,76	0,60	1,20	0,85
Nitriet-N (NO_2)	kg/ton				
N-totaal	kg/ton	1,70	1,61	3,30	2,20
Fosfaat (P_2O_5)	kg/ton	0,39	0,09	0,8	0,43
Kalium (K_2O)	kg/ton	2,42	2,35	3,4	2,72
Magnesium (MgO)	kg/ton	0,16	0,06	0,4	0,21
Natrium (Na_2O)	kg/ton	0,59	0,55	0,7	0,61
pH		7,93	7,82	8,28	8,01
Cadmium (Cd)	$\mu\text{g/l}$	1	1	0,3	0,77
Koper (Cu)	$\mu\text{g/l}$	47	62	170	93
Zink (Zn)	$\mu\text{g/l}$	22	310	460	264

B Dikke fractie zeef

Analyse	Eenheid	11-02-2002	13-02-2002	15-02-2002	gemiddeld
Drogestof	kg/ton		176		176
Asrest	kg/ton		65		65
Organische stof	kg/ton		114		114
Ammoniakale-N (NH_3/NH_4)	kg/ton		0,66		0,66
Nitraat-N (NO_3)	kg/ton				
Organische N	kg/ton		7,41		7,41
Nitriet-N (NO_2)	kg/ton				
N-totaal	kg/ton		8,05		8,05
Fosfaat (P_2O_5)	kg/ton		5,4		5,40
Kalium (K_2O)	kg/ton		2,91		2,91
Magnesium (MgO)	kg/ton		1,75		1,75
Natrium (Na_2O)	kg/ton		0,71		0,71
pH		7,73	7,73		
Cadmium (Cd)	$\mu\text{g/l}$		0,3		0,30
Koper (Cu)	$\mu\text{g/l}$		29		29
Zink (Zn)	$\mu\text{g/l}$		90		90

Vervolg bijlage 2

C Influent flotatie

Analyse	Eenheid	11-02-2002	13-02-2002	15-02-2002	gemiddeld
Drogestof	kg/ton	9	8	14	10
Asrest	kg/ton	5	5	6	5
Organische stof	kg/ton	4	3	8	5
Ammoniakale-N (NH_3/NH_4)	kg/ton	0,89	1,05	2,20	1,38
Nitraat-N (NO_3)	kg/ton				
Organische N	kg/ton	0,84	0,57	0,60	0,67
Nitriet-N (NO_2)	kg/ton				
N-totaal	kg/ton	1,73	1,62	2,80	2,05
Fosfaat (P_2O_5)	kg/ton	0,38	0,11	0,6	0,36
Kalium (K_2O)	kg/ton	2,31	2,31	3,1	2,57
Magnesium (MgO)	kg/ton	0,14	0,06	0,3	0,17
Natrium (Na_2O)	kg/ton	0,55	0,47	0,6	0,54
pH		7,93	7,84	7,9	7,89
Cadmium(Cd)	$\mu\text{g/l}$				
Koper (Cu)	$\mu\text{g/l}$				
Zink (Zn)	$\mu\text{g/l}$				

D Flotaat

Analyse	Eenheid	11-02-2002	13-02-2002	15-02-2002	gemiddeld
Drogestof	kg/ton	46	19	52	39
Asrest	kg/ton	15	11	20	15
Organische stof	kg/ton	31	8	32	24
Ammoniakale-N (NH_3/NH_4)	kg/ton	0,67	0,86	2,20	1,24
Nitraat-N (NO_3)	kg/ton				
Organische N	kg/ton	2,24	1,12	2,70	2,02
Nitriet-N (NO_2)	kg/ton				
N-totaal	kg/ton	2,91	1,98	4,90	3,26
Fosfaat (P_2O_5)	kg/ton	3,35	1,06	3,8	2,74
Kalium (K_2O)	kg/ton	2,44	2,29	3,3	2,68
Magnesium (MgO)	kg/ton	1,46	0,39	1,9	1,25
Natrium (Na_2O)	kg/ton	0,57	0,53	0,6	0,57
pH		8,73	6,4	8,72	7,95
Cadmium (Cd)	$\mu\text{g/l}$				
Koper (Cu)	$\mu\text{g/l}$				
Zink (Zn)	$\mu\text{g/l}$				

Vervolg bijlage 2

E Influent UF

Analyse	Eenheid	11-02-2002	13-02-2002	15-02-2002	gemiddeld
Drogestof	kg/ton	8	8	14	10
Asrest	kg/ton	4	5	6	5
Organische stof	kg/ton	4	3	8	5
Ammoniakale-N (NH_3/NH_4)	kg/ton	0,94	1,07	2,20	1,40
Nitraat-N (NO_3)	kg/ton				
Organische N	kg/ton	0,63	0,51	0,70	0,61
Nitriet-N (NO_2)	kg/ton				
N-totaal	kg/ton	1,57	1,58	2,90	2,02
Fosfaat (P_2O_5)	kg/ton	0,13	0,08	0,7	0,30
Kalium (K_2O)	kg/ton	2,29	2,33	3,1	2,57
Magnesium (MgO)	kg/ton	0,07	0,07	0,3	0,15
Natrium (Na_2O)	kg/ton	0,53	0,53	0,6	0,55
pH		7,86	7,88	8,18	7,97
Cadmium (Cd)	$\mu\text{g/l}$				
Koper (Cu)	$\mu\text{g/l}$				
Zink (Zn)	$\mu\text{g/l}$				

F Concentraat UF

Analyse	Eenheid	11-02-2002	13-02-2002	15-02-2002	gemiddeld
Drogestof	kg/ton	14	10	23	16
Asrest	kg/ton	7	5	9	7
Organische stof	kg/ton	7	5	14	9
Ammoniakale-N (NH_3/NH_4)	kg/ton	1,13	1,03	2,30	1,49
Nitraat-N (NO_3)	kg/ton				
Organische N	kg/ton	0,36	0,74	1,00	0,70
Nitriet-N (NO_2)	kg/ton				
N-totaal	kg/ton	2,10	1,77	3,30	2,39
Fosfaat (P_2O_5)	kg/ton	0,36	0,17	1,1	0,54
Kalium (K_2O)	kg/ton	2,37	2,37	3,1	2,61
Magnesium (MgO)	kg/ton	0,09	0,09	0,5	0,23
Natrium (Na_2O)	kg/ton	0,54	0,53	0,6	0,56
pH		7,71	7,77	7,61	7,70
Cadmium (Cd)	$\mu\text{g/l}$				
Koper (Cu)	$\mu\text{g/l}$				
Zink (Zn)	$\mu\text{g/l}$				

Vervolg bijlage 2

G Permeaat UF

Analyse	Eenheid	11-02-2002	13-02-2002	15-02-2002	gemiddeld
Drogestof	kg/ton	6	8	9	8
Asrest	kg/ton	4	4	6	5
Organische stof	kg/ton	2	4	3	3
Ammoniakale-N (NH_3/NH_4)	kg/ton	0,80	1,11	2,10	1,34
Nitraat-N (NO_3)	kg/ton				
Organische N	kg/ton	0,64	0,04	0,30	0,33
Nitriet-N (NO_2)	kg/ton				
N-totaal	kg/ton	1,44	1,51	2,40	1,78
Fosfaat (P_2O_5)	kg/ton	0,05	0,07	0,1	0,07
Kalium (K_2O)	kg/ton	2,29	2,25	3,3	2,61
Magnesium (MgO)	kg/ton	0,06	0,07	0,1	0,08
Natrium (Na_2O)	kg/ton	0,52	0,54	0,6	0,55
pH		8,11	7,64	8,28	8,01
Cadmium (Cd)	$\mu\text{g/l}$				
Koper (Cu)	$\mu\text{g/l}$				
Zink (Zn)	$\mu\text{g/l}$				

H Concentraat OO

Analyse	Eenheid	11-02-2002	13-02-2002	15-02-2002	gemiddeld
Drogestof	kg/ton	21	17	17	18
Asrest	kg/ton	11	12	13	12
Organische stof	kg/ton	10	5	4	6
Ammoniakale-N (NH_3/NH_4)	kg/ton	3,60	2,86	3,70	3,39
Nitraat-N (NO_3)	kg/ton				
Organische N	kg/ton	0,83	0,56	0,10	0,50
Nitriet-N (NO_2)	kg/ton				
N-totaal	kg/ton	4,43	3,40	3,70	3,84
Fosfaat (P_2O_5)	kg/ton	0,15	0,12	0,2	0,16
Kalium (K_2O)	kg/ton	7,32	5,41	5,1	5,94
Magnesium (MgO)	kg/ton	0,06	0,13	0,1	0,10
Natrium (Na_2O)	kg/ton	1,79	1,29	1	1,36
pH		7,64	7,42	7,84	7,63
Cadmium (Cd)	$\mu\text{g/l}$				
Koper (Cu)	$\mu\text{g/l}$				
Zink (Zn)	$\mu\text{g/l}$				

Vervolg bijlage 2

I Effluent

Analyse	Eenheid	11-02-2002	13-02-2002	15-02-2002	gemiddeld
Ammoniakale-N (NH_3/NH_4)	mg/l	120,30	85,30	145,70	117,10
Nitraat-N (NO_3)	mg/l	11,8	0,4	6,10	
Nitriet-N (NO_2)	mg/l	0,3	0,3	0,30	
Fosfaat (P)	mg/l	0,67	0,185	0,357	0,40
Kalium (K)	mg/l	87,5	58,9	57,7	68,03
Magnesium (Mg)	mg/l	0,454	0,327	0,188	0,32
Natrium (Na)	mg/l	17,5	11,6	9,61	12,90
pH	mg/l	6,4	6	6,4	6,27
Calcium (Ca)	mg/l	2,12	1,35	0,953	1,47
Chloride (Cl)	mg/l	70	80	45	65
Sulfaat (SO_4)	mg/l	668	1690	1140	1166
Bicarbonaat (HCO_3)	mg/l	513,8	352,7	343,5	403,33
Zink (Zn)	$\mu\text{g/l}$	4	5		4,5
Mangaan (Mn)	$\mu\text{g/l}$	3	8		5,5
Koper (Cu)	$\mu\text{g/l}$	1	1		1,0
Ijzer (Fe)	$\mu\text{g/l}$	40	62	35	45,7
Borium (Bo)	$\mu\text{g/l}$	223	304	123	216,7
Aluminium (Al)	$\mu\text{g/l}$	9	10		9,5
Molybdeen (Mo)	$\mu\text{g/l}$	1	1	21	7,7

Bijlage 3

Schatting verwerkingskosten mobiele ontwatering zonder omgekeerde osmose.

Onderdeel	Uitgangspunten	Euro
Kapitaalslasten	Investering	369.600
	Afschrijving 7,5 jaar Rente 2,75% Onderhoud 3%	70.520
Membranen	50% van bedrag inclusief OO	20.000
Arbeid	Ongewijzigd	27.000
Diesel	4 l/h x 0,40 euro	10.000
Algemene kosten, verzekering	Naar rato afname investering	13.000
Reinigingsmiddelen, anti-scaling	50% van bedrag inclusief OO	6.825
Transportkosten verplaatsingen	Ongewijzigd	9.000
Totaal:		156.345
	Per ton bij 8,7 m ³ /h, 6.300 uur	2,85
	Per ton bij 6 m ³ /h, 6.300 uur	4,14

Schatting kosten voor varkenshouder mobiele ontwatering zonder omgekeerde osmose en aanwending van ultrafiltraat op grasland.

Onderdeel	Uitgangspunten	Gunstig euro/m ³ ingaand	Ongunstig euro/ m ³ ingaand
Verwerkingskosten		2,85	6,14*
Opslag UF permeaat	2,50 euro per ton jaarkosten x 75% volumefractie UF permeaat	1,88	1,88
Aanwenden UF permeaat	3,50 euro per ton x 75% volumefractie UF permeaat	2,63	2,63
Afzet dikke fracties	18 euro per ton x 25% volumefractie	4,50	4,50
Totaal		11,86	15,15

* 4,14 inclusief + 2 euro per ton vlokmiddelen

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.

