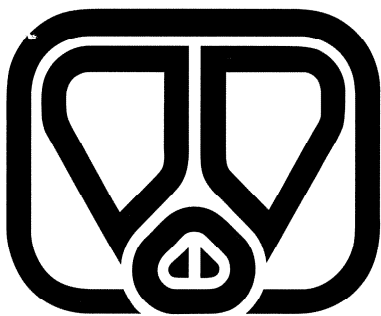


ing. J.P.B.F. van Gastel
ir. N. Verdoes
ing. M.P. Beurskens-
Voermans

Euralclar mestspoel- en mestbehandelingssysteem

*Euralclar slurry flushing
and slurry treatment
system*



Praktijkonderzoek Varkenshouderij

Locatie:
Varkensproefbedrijf "Zuid-
en West-Nederland"
Vlaamseweg 17
6029 PK Sterksel
tel: 040 - 226 23 76



Proefverslag nummer P 1.172
maart 1997
ISSN 0922 - 8586

VOORWOORD

Naar aanleiding van de perspectievolle resultaten van het mestspoelsysteem ten aanzien van de vermindering van de ammoniakemissie uit vleesvarkensstallen, heeft het Praktijkonderzoek Varkenshouderij de knelpunten van dit stalsysteem nader onderzocht. Het verwijderen van ammoniak uit mest met behulp van bacteriën is de belangrijkste voorwaarde voor het functioneren van het mestspoelsysteem. In het onderzoek is daarom veel aandacht besteed aan de optimalisatie van de biologische verwijdering van stikstof uit mest. De beschrijving van de resultaten van dit procesonderdeel is spe-

cialistisch van aard en niet voor iedereen even toegankelijk. Er is bewust gekozen voor een beschrijving van de resultaten op een voor dit vakgebied gebruikelijke wijze, zodat onderzoekscentra, ingenieurbureaus en eventueel het toeleverende agrarische bedrijfsleven gebruik kunnen maken van de resultaten uit dit onderzoek bij het ontwerp van biologische mestverwerkingsprocessen.

dr. ir. L.A. den Hartog
directeur Praktijkonderzoek Varkenshouderij

INHOUDSOPGAVE

	SAMENVATTING	6
	SUMMARY	8
	INLEIDING	10
1.1	Aanleiding van het onderzoek	10
1.2	Doel van het onderzoek	11
1.3	Organisatie en financiering	11
2	MATERIAAL EN METHODE	13
2.1	Beschrijving van de proefafdelingen	13
2'1.1	Vleesvarkensafdelingen	13
2.1.2	Dragende- en guste-zeugenafdelingen	13
2'1.3	Kraamzeugenafdelingen	14
2'1.4	Gespeende-biggenafdelingen	14
2.2	Beschrijving van het spoelproces	14
2.2.1	Verzamelen van de mest	14
2.2.2	Scheiding	14
2.2.3	Beluchting	16
2.2.4	Nabezinking	17
2.3	Onderzoek aan het spoelsysteem	17
2'3.1	Toevoer van mest	17
2'3.2	Scheidingsmethode 1: bezinken en zeven	17
2'3.3	Scheidingsmethode 2: centrifugeren	18
2'3.4	Beluchting	18
2'3.5	Nabezinking	19
2'3.6	Massabalansen	19
2'3.7	Energieverbruik	20
2'3.8	Emissiemetingen	20
2'3.9	Voedingsonderzoek	20
2.3.10	Technische resultaten	21
2.3.11	Gezondheidsonderzoek	22
2.4	Het Alclarproces	23
2'4.1	Beschrijving van het Alclarproces	23
2'4.2	Uitvoering van het Alclar-onderzoek	24
3	RESULTATEN	27
3.1	Mestproductie	27
3.2	Bezinken en zeven	28
3.3	Decanteercentrifuge	30
3.4	Beluchting	30
3'4.1	Omstandigheden en prestaties	30
3.4.2	Ammoniumconcentratie in de uitgespoelde mest	33
3.4.3	Rendement van de zuurstofinbreng	34
3'4.4	Maximale nitrificatiesnelheid	35
3.5	Nabezinking	36
3'5.1	Slibvolume-index (SVI)	36
3'5.2	Slibgroei	36
3.6	Massabalansen	37

3.6.1	Volumebalans	37
3.6.2	Drogestof-, N- en P-balans	39
3.7	Energieverbruik	39
3.8	Ammoniakemissie	40
3.9	Voedingsonderzoek	42
3.10	Technische resultaten	43
3.11	Gezondheidsonderzoek	43
3.12	Het Alclarproces	44
3.12.1	Samenstelling van de spoelvloeistof	44
3.12.2	Bepaling van de reactietijd van de Alclarbehandeling.	45
3.12.3	Dosering van kalk en Alclarproduct	47
3.12.4	Procesvoering	47
3.12.5	Proeven op pilot-schaal	47
3.12.6	Zuivering van effluent uit de nabezinktank	49
4	ECONOMISCHE EVALUATIE	50
4.1	Spoelsysteem voor vleesvarkensbedrijven	51
4.2	Spoelsysteem voor zeugenbedrijven	52
4.3	Alclarbehandeling	53
5	DISCUSSIE	56
6	CONCLUSIES	62
	LITERATUUR	64
	BIJLAGEN	66
1	Monsternames en analyses ten behoeve van de massabalansen	66
2	Voercurve vleesvarkensafdelingen	67
3	Multifasenvoeding: mengverhoudingen en de verstrekte gehalten aan darmverteerbaar lysine en eiwit gedurende het mesttraject	68
4	Grondstofsamenstelling van de voeders	69
5	Flowschema van de Alclar-pilotinstallatie	70
6	Varianten procesvoering Alclarbehandeling	71
7	Analyse resultaten en debietmetingen intensieve meetperiode 1	72
8	Analyse resultaten en debietmetingen intensieve meetperiode 2	73
9	Resultaten emissiemetingen vleesvarkens	74
10	Resultaten emissiemetingen kraamzeugen	76
11	Resultaten emissiemetingen biggen	78
12	Resultaten microbiologisch onderzoek faeces dieren	80
13	Resultaten microbiologisch onderzoek processtromen	81
14	Economische evaluatie spoelsysteem voor vleesvarkensbedrijven	82
15	Economische evaluatie spoelsysteem voor zeugenbedrijven	84
16	Economische evaluatie Alclarproces	86
	REEDSEERDERVERSCHENENPROEFVERSLAGEN	88

SAMENVATTING

Gedurende de periode van eind 1993 tot medio 1995 onderzocht het Praktijkonderzoek Varkenshouderij de mogelijkheden voor de technische en economische optimalisatie van het Euralclar mestspoelsysteem en de mogelijkheden voor toepassing van het Alclarproces voor de nazuivering van de spoelvloeistof. Het onderzoek vormde een onderdeel van het "Euralclar"-project: een internationaal samenwerkingsverband op het gebied van mestbewerking tussen bedrijven en onderzoeksinstituten in Frankrijk, België en Nederland, waarbij verschillende toepassingsmogelijkheden van het Alclarproces werden onderzocht. In dit rapport is het Nederlandse deel van het onderzoek beschreven, dat is uitgevoerd op het Varkensproefbedrijf Zuid- en West-Nederland in Sterksel.

Toepassing van het mestspoelsysteem ter vermindering van de ammoniakemissie uit vleesvarkensstallen is eerder onderzocht en beschreven door Hoeksma et al. (1993).

Ondanks het goede perspectief ten aanzien van de emissiereductie werd het systeem nauwelijks toegepast vanwege de hoge kosten en de storingsgevoeligheid van het proces. Getracht is door verbetering van de scheidingsmethode, wijziging van de procesvoering en verbetering van de aanwendingsmogelijkheden van de spoelvloeistof te komen tot een goedkoper en stabiel proces. Twee scheidingsmethoden zijn onderzocht, te weten: scheiden door middel van bezinken en vervolgens affiltreren van de bezonken dikke fractie en scheiden met behulp van een decanteercentrifuge. Een variabel deel van de dunne fractie werd belucht, waarbij de aanwezige ammoniak werd omgezet in nitriet en nitraat. Het mengsel van beluchte en niet beluchte dunne fractie werd opnieuw gebruikt als spoelvloeistof. Het Alclarproces is toegepast om de spoelvloeistof verder te zuiveren, teneinde de afzetmogelijkheden te verbeteren. Het principe van het Alclarproces berust op binding en neerslag van negatief geladen deeltjes met behulp van calciumaluminaten en kalk. Na een reactietijd van enkele uren werden de gevormde neerslagproducten uit de

vloeistof afgescheiden door middel van bezinking.

Het spoelproces is toegepast bij drie vleesvarkensafdelingen met elk 80 dierplaatsen, een biggenafdeling met 70 plaatsen, een kraamafdeling met 12 hokken en een afdeling voor gaste en dragende zeugen met 28 voerligboxen en vijf groepshokken voor vijf opfokzeugen. De ammoniakemissie uit elk van deze afdelingen is vergeleken met een controle-afdeling, waar het spoelsysteem niet werd toegepast.

In de spoelafdelingen werd dagelijks een laagje van circa 10 cm spoelvloeistof gebracht. Na 24 uur werd de vloeistof met de mestproductie van één dag afgelaten en via scheiding en beluchting verwerkt tot een ammoniakarme spoelvloeistof.

Onderzocht zijn:

- de invloed van de verblijftijd van het slib in de beluchter op de stabiliteit van het nitrificatieproces;
- de invloed van verbeterde mestscheiding en toepassing van het Alclarproces op de mestafzetkosten;
- de verdeling van mineralen over de dunne en dikke mestfractie;
- de haalbare reductie van de ammoniakemissie bij het spoelsysteem voor alle varkenscategorieën;
- de energiewinst door vermindering van transportkosten bij mestafzet;
- de additionele emissiereductie door verlaging van het ruw eiwitgehalte in het voer bij vleesvarkens;
- de verspreiding van pathogenen bij toepassing van het spoelsysteem.

De belangrijkste resultaten en conclusies van het onderzoek zijn:

- Het nitrificatieproces ten behoeve van de bereiding van spoelvloeistof kan zonder toezicht stabiel functioneren. Een gemiddelde slibleeftijd van 4 dagen bij een temperatuur van 23 - 25°C is voldoende gebleken voor het handhaven van nitrificerende bacteriën in het beluchtingssysteem.
- De verdamping in het spoelsysteem

bedraagt 22 - 25%. Dit resulteert in een hoger drogestofgehalte van de af te zetten mest. Het drogestofgehalte van de afgevoerde mest bedroeg 20 - 23%. De afgevoerde dikke fractie bevatte ongeveer 20% van de geproduceerde hoeveelheid stikstof en ruim 70% van de geproduceerde hoeveelheid fosfaat.

- Door het spoelen met beluchte spoelvlloeistof kan de ammoniakemissie uit de afdelingen van alle diercategorieën sterk gereduceerd worden. De ammoniakemissie in kg per dierplaats per jaar is weergegeven in de tabel.
De relatief grote standaardafwijkingen zijn onder meer veroorzaakt door procesvariaties. Bij de vleesvarkens- en biggenafdelingen is de emissiereductie naast het spoelen mede toe te schrijven aan een verbeterde hokuitvoering.
- De invloed van een verlaagd ruw eiwitgehalte in het voer op de ammoniakemissie bij vleesvarkens, bij toepassing van het spoelproces, kon niet worden aangetoond.
- Hoewel ruim 20% van de mest in het spoelsysteem verdampt en de vrijkomende waterige fractie in relatief grote hoeveelheden op nabij gelegen percelen kan worden aangewend, leidt dit niet tot energiewinst vergeleken met de situatie waarbij alle mest over grote afstand zou moeten worden getransporteerd. De energiebehoefte voor de verwerking van mest in het spoelsysteem bedraagt 206 MJ/m³. Het energieverbruik voor transport over 150 km bedraagt circa 117 MJ/m³.
- De extra jaarkosten van het spoelsysteem bedragen voor een bedrijf met 3.000 vleesvarkens f 27,- per dierplaats bij toepassing

van bezinken en zeven als scheidingstechniek en f 35,- per dierplaats wanneer de scheiding via centrifuge plaatsvindt. De extra jaarkosten van het spoelsysteem voor een bedrijf met 400 zeugen bedraagt, afhankelijk van de gekozen scheidingstechniek, respectievelijk f 145,- tot f 186,- per dierplaats.

Bovengenoemde jaarkosten nemen maximaal af met f 8,- per vleesvarkensplaats en f 34,- per zeugenplaats door vermindering van de mestafzetkosten, wanneer de spoelvlloeistof minder dan 200 mg N/l bevat. Bij hogere N-gehalten in spoelvlloeistof maar minder dan 2.500 mg N/l bedraagt de maximale besparing f 5,- per vleesvarkensplaats en f 20,- per zeugenplaats.

Pathogenen kunnen via de spoelvlloeistof in alle afdelingen waar het spoelproces wordt toegepast terecht komen. In dit onderzoek heeft dit niet geleid tot meer ziekte onder de dieren. De reden daarvoor lijkt het feit dat er geen direct contact tussen dieren en spoelvlloeistof mogelijk is.

Het perspectief voor het mestspoelsysteem is momenteel gering, omdat voor alle diercategorieën goed kopere alternatieven op de markt aangeboden worden. Het perspectief van het mestspoelsysteem neemt toe wanneer bij stijgende mestafzetkosten de haalbare besparing op de mestafzetkosten toeneemt.

Het perspectief van het Alclarproces voor de zuivering van spoelvlloeistof is gering, omdat de geringe verbetering van de effluentkwaliteit niet leidt tot verbetering van de afzetmogelijkheden ten opzichte van de fosfaat- en stikstofarme spoelvlloeistof.

Tabel: Ammoniakemissie in kg NH₃ per dierplaats per jaar gedurende de onderzoeksperiode.

Afdeling	gemiddeld per ronde	standaard-afwijking rondes	reductie ten opzichte van norm (Anoniem, 1994)
Vleesvarkens	1,57	0,42	37%
Kraamzeugen	5,22	2,16	37%
Biggen	0,25	0,07	58%
Dragende zeugen	1,75 ¹		58%

¹ meetperiode: drie opeenvolgende maanden

SUMMARY

From late 1993 to mid 1995, the Research Institute for Pig Husbandry investigated the possibilities of technical and economical optimization of the Euraclar manure flushing system and the feasibility of applying the Alclar process as a post-treatment step after the flushing system. The research was part of the "Euraclar"-project; an international co-operation project between businesses and research institutions in France, Belgium and The Netherlands in the field of manure treatment, in which the different application possibilities of the Alclar process were closely studied. In this report the Dutch contribution to this project is described. This was performed at the Experiment Farm for Pig Husbandry South- and West-Netherlands in Sterksel.

In earlier research, Hoeksma et al. (1993) studied the use of the manure flushing system, with the aim of reducing the ammonia emission from growing-finishing pig houses. Despite the positive effect with respect to emission reduction, the system is little used in practice due to the high costs and insufficient technical reliability. A more reliable and cheaper process may be achieved if the pre-separation of manure is improved, the application is changed or the distribution of the flushing liquid is improved. Two pre-separation methods were researched: separation by sedimentation followed by filtering the settled thick fraction through a sieve, and separation by centrifuging. Part of the thin fraction was aerated to allow oxidation of ammonia to nitrate. The mixture of the aerated and non-aerated thin fraction was re-used as a flushing liquid.

The Alclar process was applied to improve the possibilities for marketing and re-use of the flushing liquid. The principle of the Alclar process is based on the binding and deposition of negatively charged particles using calcium aluminates and lime. After a reaction time of several hours, the deposited products are separated from the liquid by sedimentation.

The flushing process was applied to 3 finishing pig rooms, each with 80 places, a nursery room with 70 places, a farrowing

room with 12 places and a room for pregnant and dry sows with 28 individual pens and 5 group pens each with 5 sows. The ammonia emission from each room was compared with a reference room in which the flushing system was not applied. A 10 cm layer of flushing liquid was added to the manure pits of the flushing rooms. After 24 hours, the flushing liquid and manure produced in 1 day were collected and treated by separation and aeration to obtain an ammonia free flushing liquid.

The following aspects were studied:

- the influence of the solid retention time in the aeration tank on the stability of the nitrification process;
- the influence of improved pre-separation and application of the Alclar process on the manure distribution costs;
- the proportion of minerals in the thick and thin manure fraction;
- the reduction in ammonia emission obtained by flushing systems in each pig category;
- the energy profit due to the reduced transport costs of manure distribution;
- the additional emission reduction by lowering the crude protein content in the feed of growing-finishing pigs;
- the spreading of pathogens through the flushing liquid by sampling various places in the flushing system.

The main results and conclusions of the research are:

- The nitrification process required to prepare the flushing liquid, can function steadily without supervision. The average solid retention time of 4 days at a temperature of 23 - 25°C is sufficient to maintain a stable population of nitrifying bacteria in the aeration system.
- The level of evaporation in the flushing system was 22 - 25%. This results in a higher total solid content of the distributed manure. The total solid content of the transported manure amounted to 20 - 23%. The thick manure contained approximately 20% of the produced amount of nitrogen and over 70% of the produced amount of

- phosphate.
- Flushing the rooms with aerated flushing liquid markedly reduced the ammonia emission. The ammonia emission in kg per animal place per year is shown in the table.
The relatively high standard deviations are mainly due to changes in the procedure. The ammonia emission in the growing-finishing pigs and piglet rooms was also reduced due to improved pen design.
 - The influence of a reduced crude protein content in the feed on the ammonia emission in fattening houses could not be established when using the flushing system.
 - Although 20% of the manure vaporizes in the flushing system and large quantities of the effluent liquid fraction can be spread on nearby land, energy usage was not reduced. The energy requirement for treating manure in the flushing system was 206 MJ/m³, whereas the energy requirement for transport over 150 km was estimated at about 117 MJ/m³.
 - The extra annual costs of the flushing system for a pig farm with 3,000 growing-finishing pigs amounts to Dfl. 27.- per pig place when using sedimentation and sieving as a separation technique and Dfl. 35.- when a centrifuge is used for separation. Dependent on the chosen separation technique, the extra annual costs of the flushing system for a pig farm with 400 sows amounts to respectively Dfl. 145.-

- and Dfl. 186.- per pig place.
- The above mentioned annual costs can be reduced by Dfl. 8.- per fattening pig place and Dfl. 34.- per sow place by reduced manure distribution costs, when the flushing liquid contains less than 200 mg N/l. At higher N-concentrations in the flushing liquid which are less than 2,500 mg N/l, the maximum saving is Dfl. 5.- per growing-finishing pig place and Dfl. 20.- per sow place.
- Pathogens can enter the pig rooms by means of the flushing liquid. This did not lead to more animal sickness during this study. The most probable reason for this is the fact that no direct contact between the animals and flushing liquid is possible. At the moment, the prospects of the manure flushing system are limited, since there are cheaper alternatives on the market to reduce ammonia emission. The prospects of the manure flushing system will improve, if the regional manure distribution costs increase whilst at the same time the obtainable saving on the manure distribution costs for the pig farmer increase. The prospects for the Alclar process for the treatment of the flushing liquid are limited, because the slight improvement of the effluent quality does not lead to improved distribution possibilities compared with the flushing liquid that contains low levels of phosphate and nitrogen.

Table: Ammonia emission in kg NH₃ per pig place per year in the research period.

Room	Average per period	Standard deviation	Reduction compared to standard (Anonymous, 1994)
Growing-finishing pigs	1.57	0.42	37%
Lactating sows	5.22	2.16	37%
Piglets	0.25	0.07	58%
Dry and pregnant sows	1.75 ¹	-	58%

¹ measuring period: 3 successive months

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding van het onderzoek

De Nederlandse veehouderij staat voor de uitdaging de milieuproblemen in de sector op te lossen. De ammoniakemissie uit de veehouderij draagt bij aan de verzuring en eutrofiëring van het milieu. De overmatige aanwending van mest vormt een bedreiging voor de kwaliteit van het grond- en drinkwater (Anoniem, 1993a). Ter bescherming van het milieu heeft de overheid zich tot doel gesteld de ammoniakuitstoot van de agrarische sector met 70% te verminderen in het jaar 2005 ten opzichte van het jaar 1980. Tevens worden de aanwendingsnormen voor fosfaat op agrarisch land stapsgewijs teruggebracht naar het niveau van evenwichtsbemesting, met inachtneming van een acceptabele verliespost (Anoniem, 1995). Het overheidsbeleid richt zich op een verliesnorm van 40 kg fosfaat per hectare in het jaar 1998 en 20 kg per hectare in de jaren 2008 tot 2010.

Er is reeds door veel bedrijven en instellingen onderzoek verricht naar de mogelijkheden ter vermindering van de uitstoot van ammoniak en naar de mogelijkheden voor behandeling van mest op veehouderijbedrijven of op centrale verwerkingsbedrijven. Een overzicht van het onderzoek dat in dit kader voor de varkenshouderijsector is uitgevoerd, is weergegeven door Den Hartog en Voermans (1994).

Het mestspoelsysteem biedt de mogelijkheid om de ammoniakuitstoot op het varkensbedrijf te verminderen (Hoeksma et al. 1993). Het principe van het spoelsysteem berust op de verlaging van de ammoniakconcentratie van de mest in de mestput. Theoretisch neemt de ammoniakemissie uit een vloeistof evenredig af met de ammoniakconcentratie in de vloeistof (Perry en Green, 1984). De verlaging van de ammoniakconcentratie wordt bereikt door de mest in de mestput te verdunnen met een hoeveelheid ammoniakarme spoelvloeistof. De spoelvloeistof wordt bereid uit het mengsel van spoelvloeistof en mest dat uit de putten wordt verwijderd. De bereiding van spoel-

vloeistof bestaat uit een scheidings- en een beluchtingsproces. Het scheidingsproces concentreert de vaste mestbestanddelen in een beperkt volume. Tijdens het beluchtingsproces wordt ammoniak via nitrificatie omgezet in het niet vluchtige nitraat.

Het Praktijkonderzoek Varkenshouderij voerde in samenwerking met IMAG-DLO te Wageningen reeds eerder onderzoek uit naar de mogelijkheden van spoelsystemen om de ammoniakemissie uit vleesvarkensstallen te verminderen (Hoeksma et al., 1993). Het bleek mogelijk om de ammoniakemissie uit vleesvarkensstallen te verlagen tot 1,3 kg NH_3 per dierplaats per jaar, door het spoelen van de mestputten met een ammoniakarme vloeistof. Ten opzichte van de emissiewaarde van 2,5 kg NH_3 per dierplaats per jaar die in de Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij wordt aangegeven voor vleesvarkens op een halfrooster-vloer (Anoniem, 1994), betekent dit een reductie van 48%.

Ondanks de mogelijkheden om met behulp van het spoelsysteem de ammoniakemissie effectief te verlagen is grootschalige introductie van het systeem in de praktijk uitgebleven. Hiervoor zijn een aantal redenen:

- de kosten voor het spoelsysteem zijn hoog; de jaarlijkse meerkosten per vleesvarkensplaats zijn berekend op f 47,- voor een bedrijf met 1.000 plaatsen en op f 34,- voor een bedrijf met 3.000 plaatsen (Hoeksma et al., 1993).
- het onderzochte spoelsysteem resulteerde niet in verbetering van de mestkwaliteit;
- een stabiel verloop van het nitrificatieproces bleek moeilijk te handhaven.

Door aanpassing van de procesvoering van de spoelvloeistofbereiding werd het mogelijk geacht de genoemde knelpunten te verbeteren. Door verbetering van de mestscheiding in het spoelproces kunnen de kosten voor beluchting afnemen. Daarnaast kan door optimalisatie van de mestscheiding de mestkwaliteit verbeteren. Het concentreren van de mestbestanddelen in een klein volume heeft

tot gevolg dat tevens een waterige restvloeistof ontstaat. Het overschot aan spoelvloeistof, dat een laag stikstof- en fosfaatgehalte heeft, dient conform de geldende aanwendingsnormen aangewend te worden. Begin 1997 zullen voor dit soort waterige fracties nieuwe aanwendingsnormen in het Besluit Gebruik Dierlijke Meststoffen worden opgenomen (Essink, 1996). Als het stikstofgehalte in de waterige fractie beneden 200 mg/l ligt, zal de vloeistof onbeperkt mogen worden uitgereden en is emissie-arme aanwending en opslag niet meer verplicht.

Bij de voorbereiding van dit onderzoek golden de maximale aanwendingsnormen voor waterige mestfracties met een drogestofgehalte van minder dan 5% van 50 m³ per ha grasland en 25 m³ per ha bouw- en maisland, ongeacht de samenstelling van de waterige fractie. Varkenshouders met weinig of geen grond zouden het overschot aan spoelvloeistof relatief duur moeten afzetten, waardoor spoelsystemen minder aantrekkelijk zouden kunnen zijn. Daarom is bij aanvang van dit project samenwerking gezocht met Lafarge Fondu International (LFI), voor de verwerking van het overschot aan spoelvloeistof.

LFI ontwikkelde in 1992 het Alclarproces, waarmee biologisch behandelde meststromen nagezuiverd konden worden. Men ontdekte dat het mogelijk was om met behulp van specifieke calcium-aluminaten (cementbestanddelen) een grote verscheidenheid aan negatief geladen organische en minerale componenten (anionen) neer te slaan. Door de nabehandeling van spoelvloeistof met behulp van het Alclarprocédé zouden de toepassings- en aanwendingsmogelijkheden van het effluent verbeteren. Omdat de in het biologische effluent aanwezige anionen zoals CO₃²⁻, PO₄³⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻ en Cl⁻ worden uitgewisseld met OH⁻ ionen, resulteert de Alclar-behandeling in een alkalische vloeistof die rijk is aan natrium en calcium. Het zuiveren van het biologische effluent uit het spoelproces tot een heldere vloeistof werd haalbaar geacht. De verkregen vloeistof zou kunnen worden gebruikt voor de reiniging van de stallen, of het akkerland zou ermee kunnen worden geïrrigeerd.

1.2 Doel van het onderzoek

Het Praktijkonderzoek Varkenshouderij heeft het spoelsysteem opnieuw in onderzoek genomen om oplossingen te vinden voor de knelpunten uit eerder onderzoek. Daarnaast zijn onderzoeksdoelstellingen geformuleerd naar aanleiding van vragen uit de praktijk met betrekking tot het spoelsysteem.

Doelen van het onderzoek:

- Verbetering van de kwaliteit van de af te zetten mest en verlaging van de mestafzetkosten bij toepassing van het spoelsysteem.
- Verkrijgen van inzicht in de verdeling van mineralen over de dunne en dikke mestfractie.
- Verbetering van de stabiliteit van het nitrificatieproces.
- Verlaging van de exploitatiekosten van het spoelsysteem.
- Bepaling van de technische en economische haalbaarheid van het Alclarproces voor zuivering van spoelvloeistof.
- Beoordeling van het energieverbruik van het mestspoelsysteem ten opzichte van het energieverbruik voor mestafzet naar tekortgebieden;
- Bepaling van de haalbare reductie van de ammoniakemissie bij het spoelsysteem voor alle diercategorieën.
- Bepaling van het additionele effect van de verlaging van het ruw eiwitgehalte in het voer op de NH₃-emissie.
- Bepaling van de verspreiding van pathogenen bij toepassing van het spoelsysteem op een gesloten bedrijf.

1.3 Organisatie en financiering

Het hier beschreven onderzoek vormt een onderdeel van een internationaal samenwerkingsverband tussen instituten en bedrijven in Frankrijk, België en Nederland op het gebied van mestbewerking. Het samenwerkingsverband heeft geopereerd onder de naam Euralclar. Het doel van het samenwerkingsverband was het ontwikkelen en testen van een modulair proces voor de bewerking van varkensmest op boerderijniveau. De procesonderdelen bestonden achtereenvol-

gens uit scheiding van de mest, biologische stikstofverwijdering en het Alclarproces. Het onderzoek naar de mogelijkheden van het Alclarproces bij de bewerking van biologisch behandelde meststromen stond centraal in het Euralclarproject. Afhankelijk van de mogelijkheden voor aanwending en/of lozing van mesteffluenten in de drie landen zijn verschillende varianten van het modulaire mestverwerkingsproces onderzocht. In Frankrijk richtte het onderzoek zich met name op de optimalisatie van de scheidingsfase en de biologische verwijdering van stikstof door middel van nitrificatie en denitrificatie voor gemengde vleesvarkens- en zeugenmest. Het effluent uit dit proces bevat een relatief laag gehalte aan stikstof en fosfaat en mag in Frankrijk onder bepaalde voorwaarden worden uitgereden tot 300 m³ per hectare. In België heeft het accent van het onderzoek gelegen op de mogelijkheden voor de bewerking van vleesvarkensmest met een hoog drogestofgehalte. Het modulaire proces is hiertoe uitgebreid met een anaërobe zuivering van de dunne fractie na scheiding van de mest. Hierbij werd een deel van de organische stof omgezet in biogas. Teneinde te kunnen voldoen aan de lozingseisen voor het riool is het effluent uit het nitrificatie- en denitrificatieproces behandeld volgens het Alclarprincipe. Nederland kent naast de mineralenproblematiek een milieubeleid dat gericht is op de vermindering van de ammoniakuitstoot uit de veehouderij. Daarom zijn in Nederland de mogelijkheden van het Alclarproces onderzocht voor de zuivering van spoelwater uit spoelsystemen van

zeugen- en vleesvarkensafdelingen. Onderzocht is of met behulp van het Alclarproces spoelwater kon worden gezuiverd tot de lozingsnormen voor het riool.

Het Euralclar-team werd geleid door LFI en bestond verder uit zes participanten, te weten:

- Cooperl, coöperatie van varkenshouders in Frans Bretagne;
- Danis, een varkensintegratie in West-Vlaanderen, België;
- Universiteit van Gent, Faculteit Toegepaste Biologische Wetenschappen, België;
- Praktijkonderzoek Varkenshouderij, locaties Rosmalen en Varkensproefbedrijf "Zuid- en West-Nederland" te Sterksel, Nederland;
- Agmat bv, installatiebedrijf gespecialiseerd in automatische voederinstallaties, Erp, Nederland;
- Inter Continental, handelsbedrijf gespecialiseerd in stalhygiëne en ontmestingssystemen, Helmond, Nederland.

Voor het Nederlandse aandeel in het Euralclar-onderzoek zijn bijdragen verkregen uit de Bedrijfsgerichte Technologiestimulering in Internationale Programma's (BTIP-regeling) van het Ministerie van Economische Zaken. Het onderzoek met betrekking tot het Alclarproces heeft kunnen plaatsvinden met financiering van de Nederlandse Overheid voor Energie en Milieu (NOVEM). Voor het onderzoek met betrekking tot de optimalisatie van het spoelsysteem zijn bijdragen ontvangen van Financieringsoverleg Mest- en Ammoniakonderzoek (FOMA).

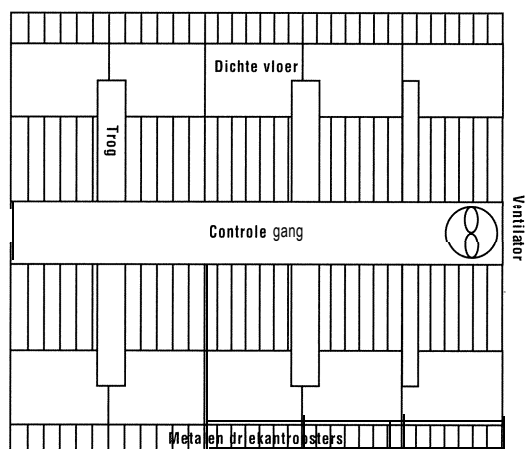
2 MATERIAAL EN METHODE

2.1 Beschrijving van de proefafdelingen

2.1.1 Vleesvarkensafdelingen

Tijdens het onderzoek is gebruik gemaakt van vier vleesvarkensafdelingen met 80 vleesvarkensplaatsen. In drie afdelingen werd het spoelproces toegepast. De afdeling waar niet gespoeld werd diende als referentie/controler-afdeling. Figuur 1 toont een overzicht van de uitvoering van de afdelingen waarin het spoelproces werd toegepast. Elke afdeling bestond uit tien hokken. De vloeruitvoering van de hokken was vanaf de controle gang gezien als volgt: 1,6 meter metalen driekantrooster, vervolgens 1,4 m dichte bolle vloer (voorzien van vloerverwarming) en 0,6 m metalen driekantrooster met een balkbreedte van 1 cm en een spleetbreedte 1,2 cm. De breedte van het hok bedroeg 1,8 m. De diepte van de mestputten was 45 cm. De dichte vloer was niet onderkelderd.

De controle-afdeling was niet identiek aan de proefafdelingen. De volledig onderkelderde hokken in de controle-afdeling waren voorzien van een volledig betonnen roostervloer. De diepte van de mestkelder bedroeg 1,2 m. In alle afdelingen waren de hokken voorzien van een voertrog met een hangen-

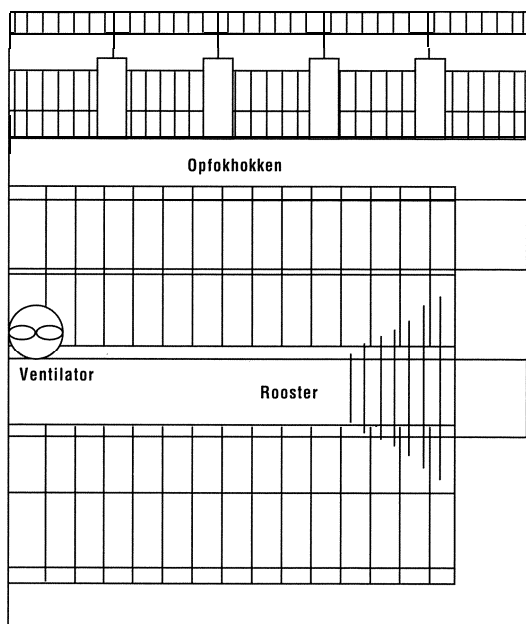


Figuur 1: Vloeruitvoering van de vleesvarkensafdeling met spoelsysteem.

de trogklep. De vergelijking van metingen in de controle- en de proefafdeling is een vergelijking van een traditioneel stalsysteem met een stalsysteem waarin naast spoelen ook aanpassingen aan de huisvesting zijn opgenomen. De controle-afdeling werd niet gebruikt om de invloed van alleen het spoelen op de ammoniakemissie aan te tonen.

2.1.2 Dragende- en guste-zeugenafdelingen

In het onderzoek is gebruik gemaakt van twee identieke afdelingen voor dragende en guste zeugen: een proefafdeling waarbij het spoelproces werd toegepast en een referentie-afdeling. In figuur 2 is een overzicht gegeven van de uitvoering van de afdelingen. De proefafdeling bestond uit 28 voerligboxen en vijf groepshokken voor vijf opfokzeugen. De vloeruitvoering in de boxen was als volgt: 0,3 m trog, 1,0 m dichte vloer en 0,9 m betonnen roostervloer. De breedte van de box bedroeg 0,6 m. De vloer in de hokken voor de opfokzeugen bestond vanaf de



Figuur 2: Vloeruitvoering van de guste- en dragende-zeugenafdelingen.

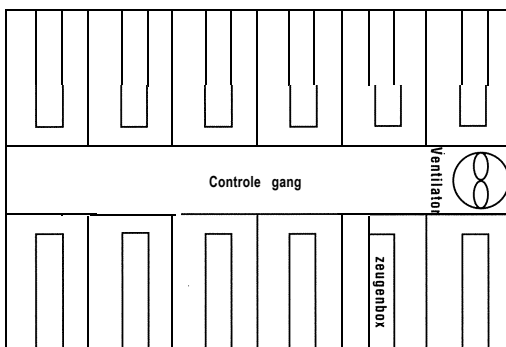
voergang gezien achtereenvolgens uit 1,5 m betonnen rooster, 1,0 m dichte bolle vloer en 0,5 m betonnen rooster. De breedte van de hokken bedroeg 1,9 m. De dichte vloer was niet onderkelderd. De diepte van de mestputten bedroeg 40 cm. In de periode van november tot en met december 1994 zijn beide afdelingen verbouwd. Vier van de vijf groepshokken voor opfokzeugen zijn vervangen door elf voerligboxen. Vanaf de voergang gezien was de vloeruitvoering van de boxen als volgt: 1,6 m dichte vloer onder 2% afschot, met daarachter een mestgrup van 0,6 m. Boven de mestput was een metalen driekantrooster geplaatst met een balkbreedte van 1,2 cm en een spleetbreedte van 1,0 cm. Ook was er een mestspleet van 12 cm.

2.1.3 Kraamzeugenafdelingen

Gedurende het onderzoek is gebruik gemaakt van twee kraamafdelingen. De proefafdeling waar het spoelproces werd toegepast bestond uit twaalf hokken van 1,8 x 2,2 m. Figuur 3 toont de uitvoering van de afdeling. In de afdeling zijn verschillende vloeruitvoeringen toegepast. De kraamhokken waren volledig onderkelderd. De diepte van de kelders bedroeg 40 cm. De referentieafdeling bestond uit tien kraamhokken en was verder identiek aan de proefafdeling.

2.1.4 Gespeende-biggenafdelingen

Tijdens het onderzoek is gebruik gemaakt van één biggenafdeling waarbij het spoelsysteem werd toegepast en een identieke



Figuur 3: Vloeruitvoering van de kraamzeugenafdelingen.

referentie-afdeling. Figuur 4 toont een overzicht van de uitvoering van de biggenafdelingen. In beide afdelingen waren zeven hokken met elk tien biggen. Vanaf de voergang gezien bestond het vloeroppervlak achtereenvolgens uit 1,1 m metalen driekantrooster, 1,5 m dichte bolle vloer en 0,4 m metalen driekantrooster met een balkbreedte van 1 cm en een spleetbreedte van 1 cm. De dichte vloer was niet onderkelderd. In de proefafdeling hadden de mestkanalen een diepte van 30 cm. In de referentieafdeling bedroeg de putdiepte 40 cm.

2.2 Beschrijving van het spoelproces

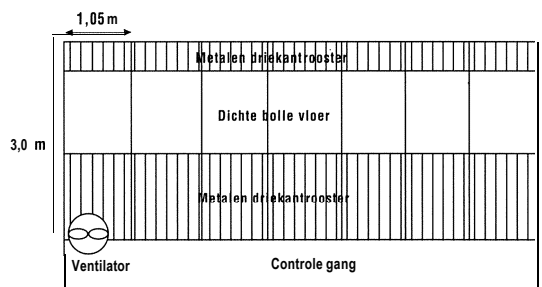
Figuur 5 toont het flowschema van het spoelproces.

2.2.1 Verzamelen van de mest

Dagelijks werd een laagje van circa 10 cm spoelvloeistof in de mestputten van de afdelingen gepompt. Na een periode van 24 uur werd het mengsel van spoelvloeistof en mest automatisch afgelaten. De spoelvloeistof met de mest stroomde via een riole-ringssysteem onder vrij verval in een pompput met een inhoud van 15 m³. Van hieruit werd de vloeistof direct overgepompt naar een buffertank met roerwerk van 20 m³. Elke 4 uur werd één van de zes afdelingen ontmest en werd een nieuwe laag spoelvloeistof in de put gezet.

2.2.2 Scheiding

De scheiding van de uitgespoelde mest had tot doel een zo groot mogelijk deel van de mestbestanddelen uit het proces te onttrekken, teneinde de kosten voor de beluchting

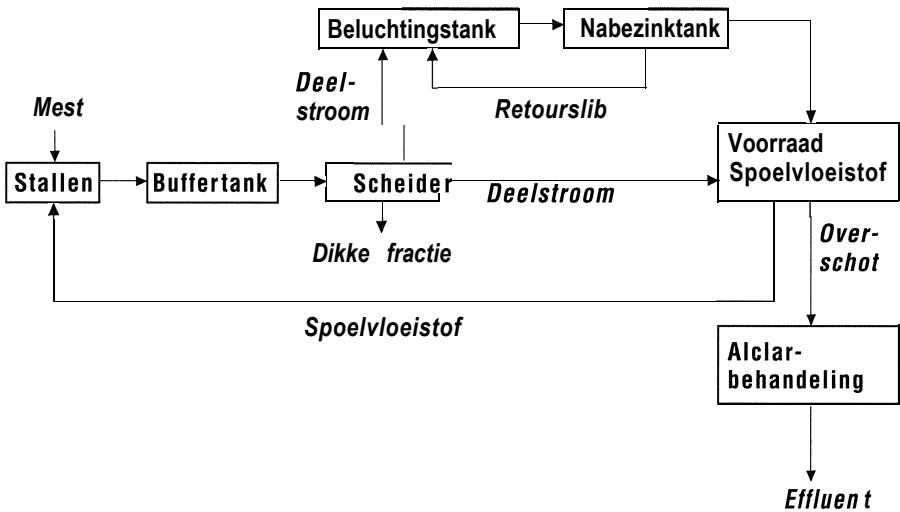


Figuur 4: Vloeruitvoering van de biggenafdeling.

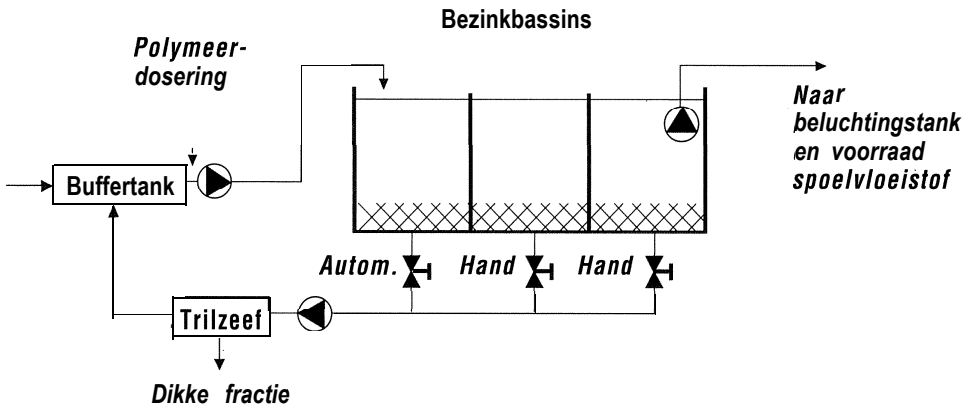
te reduceren. Een tweede doelstelling van de scheidingsstap was het produceren van een spoelvloeistof die verwerkt zou kunnen worden met behulp van het Alclarproces. Het gehalte aan niet opgeloste bestanddelen in de spoelvloeistof mocht voor een effectieve werking van het Alclarproces niet hoger dan 0,5 gram per liter zijn (Helle, 1994a). Gedurende de onderzoeksperiode zijn achtereenvolgens twee scheidingsmethoden

onderzocht. De eerste scheidingsmethode was een combinatie van bezinking en mechanische scheiding. De uitgespoelde mest in de buffertank werd naar een bezinkbassin gepompt met drie compartimenten van elk 20 m³ (zie figuur 6).

Bij het vullen van het eerste compartiment stroomde de bovenstaande vloeistof via een goot met een breedte van 50 cm over naar het tweede en vervolgens het derde com-



Figuur 5: Flowschema van het spoelproces.



Figuur 6: Scheidingsmethode bezinken en zeven.

partiment. Vanuit het laatste compartiment kon de bovenstaande vloeistof naar de beluchtingstank worden gepompt. Elk van de compartimenten was voorzien van een rioleringsysteem voor het aflaten van de bezonken dikke fractie. De afsluiter van het rioleringsysteem van het eerste bezinkbassin werd via een tijd klok aangestuurd. Bij het openen van de afsluiter werd tegelijk een pomp geactiveerd die de bezonken dikke mestfractie naar een trilzeef bracht. Op deze wijze kon de bezonken dikke fractie met een in te stellen frequentie en tijdsduur uit het eerste bassin worden verwijderd. De afsluiters van het rioleringsysteem van de twee overige bassins konden handmatig worden geopend. De gebruikte trilzeef (Sweco 800 S30C66) was voorzien van een zeef met een oppervlak van 0,4 m². De maaswijdte van de zeef bedroeg 210 µm. De verkregen dikke fractie werd opgevangen in een container. De dunne fractie werd onder vrij verval teruggeleid naar de geroerde buffertank.

De tweede onderzochte scheidingsmethode betrof een decanteercentrifuge. Vanuit de geroerde buffertank werd de uitgespoelde mest naar de centrifuge gepompt. De dikke mestfractie werd opgeslagen in een container. De dunne mestfractie werd opgevangen in een tank van 20 m³. Vanuit de opslagtank werd de dunne mestfractie met behulp van een pomp naar de beluchtingstank geleid. In tabel 1 staat informatie met betrekking tot de onderzochte centrifuge weergegeven

22.3 Beluchting

De beluchting had tot doel ammonium via nitrificatie om te zetten in nitraat. Het nitrificatieproces vond plaats in een open stalen tank met een diameter van 3,7 m en een effectief volume van 40 m³. De zuurstof voor

het nitrificatieproces werd ingebracht via een roots blower met een vermogen van 5,5 kW en een maximale capaciteit van 130 Nm³ lucht per uur. Het luchtdebiet was traploos instelbaar met behulp van een frequentieregelaar. De lucht werd op de bodem van de tank in de vloeistof gebracht via twaalf vlakke plaatbeluchtingselementen (130 x 500 mm). Door de beluchtingselementen werd de lucht in kleine bellen verdeeld. Het zuurstofgehalte in de beluchter werd gemeten en geregeld tussen 10 en 20% verzadiging. Wanneer de blower bij een zuurstofverzadiging boven 20% automatisch werd uitgeschakeld, werd de reactorinhoud gemengd door middel van een propellorroerder met een vermogen van 2 kW. De beluchtingstank was voorzien van een verwarmingssysteem. Het verwarmingssysteem werd automatisch ingeschakeld bij een temperatuur in de beluchtingstank lager dan 15°C. De schuimvorming in de beluchter werd onder controle gehouden door dosering van een anti-schuimmiddel (Antispumin 3214).

Het was mogelijk om een deelstroom van de totale hoeveelheid gescheide dunne mestfractie naar de beluchter te brengen. Het deel van de dunne mestfractie dat niet naar de beluchter werd gebracht werd rechtstreeks naar de voorraadtank voor spoelvloeistof afgevoerd en gemengd met het effluent uit de beluchter. Door de keuze van de verhouding tussen de beluchte en niet beluchte meststroom kon de belasting van de beluchtingstank worden geregeld. Ook kon door de keuze van de verhouding tussen beluchte en niet beluchte mest een gewenste ammoniakconcentratie in de spoelvloeistof worden gerealiseerd. Het voordeel van het beluchten van een deelstroom boven het beluchten van de totale

Tabel 1: Informatie met betrekking tot de onderzochte decanteercentrifuge.

Type	Gennaretti 250 ME 2FL
Elektrisch vermogen	7,5 kW
Trommeldiameter	250 mm
Rotatiesnelheid	4.635 rpm
Verschiltoerental schroef/trommel	15 rpm

hoeveelheid spoelvloeistof is dat minder stikstof (en organische stof) hoeft te worden omgezet. Hierdoor dalen de beluchtingskosten. Daarnaast biedt het beluchten van een deelstroom procestechnische voordelen. De procestemperatuur in de beluchtingstank kan beter gehandhaafd blijven, omdat minder vloeistof hoeft te worden opgewarmd. Wanneer minder grote vloeistofstromen worden behandeld kan de nabezinkinrichting, voor het afvangen en terugvoeren van biologische slib naar de beluchter, kleiner zijn.

2.2.4 Nabezinking

Het effluent uit de beluchter werd onder vrij verval naar een nabezinktank geleid om het nitrificerend slib af te vangen en terug te voeren naar de beluchter. Nabezinking vond plaats in een zogenaamde Dortmundtank met een inhoud van 6 m³ en een oppervlak van 5,4 m². Het bezonken slib werd continu teruggevoerd naar de beluchtingsreactor. Teneinde de hoeveelheid nitrificerend slib in de beluchter constant te houden werd een klein deel van het bezonken slib, de slibaanwas, naar de scheider geleid en uit het systeem afgevoerd. Gedurende een korte periode is onderzocht of het nitrificatieproces ook zonder slibretournering kon plaatsvinden. Dit is mogelijk wanneer de verblijftijd van het nitrificerend slib in de reactor langer is dan de generatietijd (verdubbelingstijd) van het slib. Het effluent uit de nabezinktank werd naar de opslagtank voor spoelvloeistof geleid. In deze opslagtank werd het effluent gemengd met de deelstroom onbeluchte spoelvloeistof. Het mengsel werd na het afdalen van de mestkanalen teruggezet in de putten van de afdeling.

2.3 Onderzoek aan het spoelsysteem

2.3.1 Toevoer van mest

De toevoer van mest in het spoelsysteem is bepaald om de belasting van de mestbewerking vast te stellen en ten behoeve van het opstellen van massabalansen. Het toegevoegde mestvolume is vastgelegd door middel van niveaubepalingen met behulp van een meetlat in de mestput in de referentie-afdelingen. Bij de gespeende biggen is gedurende twee ronden, éénmaal tijdens de ronde en éénmaal aan het einde van de

ronde, het mestniveau in de mestkanalen bepaald. Bij de dragende en guste zeugen is het niveau in de mestkanalen op dezelfde tijdstippen gemeten als bij de biggen. Bij de vleesvarkens is bij één ronde de mestput voor opleggen geleegd en is het niveau in de put bij afleveren bepaald. Bij de kraamzeugen is voor en na twee opeenvolgende ronden het niveau in de beide mestkelders bepaald. Telkens is gemeten in het midden van de kanalen. Tegelijkertijd met de niveau-metingen zijn mestmonsters genomen. Uit elk mestkanaal zijn op vijf willekeurige plaatsen mestmonsters genomen met behulp van een afsluitbare PVC-buis. Per mestkanaal is een mengmonster samengesteld. Voor de vleesvarkensafdeling is een mengmonster voor de hele afdeling samengesteld. De monsters zijn geanalyseerd op het drogestof-, stikstof-, fosfor- en kaliumgehalte op het Milieulaboratorium van IMAG-DLO te Wageningen.

2.3.2 Scheidingsmethode 1: bezinken en zeven

Het functioneren van de bezinking in de "overloop-bassins" en het functioneren van de trilzeef zijn onderzocht aan de hand van drogestofbalansen. Hiertoe zijn de debieten van de in- en uitgaande stromen vastgesteld en zijn de drogestofgehalten in deze stromen bepaald.

Wekelijks is het debiet gemeten van:

- de aanvoer naar de bezinkbassins;
- de afvoer van dunne fractie uit het laatste bassin;
- de afvoer van dikke fractie uit het eerste bezinkbassin naar de trilzeef;
- de afvoer van dikke fractie na zeving.

Het debiet waarmee de dikke fractie bij het zeven werd geproduceerd, werd vastgesteld door registratie van de tijdsduur waarin de opslagcontainer voor dikke fractie werd gevuld. Het aanwezige volume in de opslagcontainer werd gemeten met behulp van een meetlat. De overige debieten zijn gemeten met behulp van een stopwatch en een emmer met maatverdeling.

Wekelijks zijn de drogestofgehalten bepaald van de volgende mestfracties:

- de aanvoerstroam naar de bezinkbassins;
- het supernatant in de drie bezinkcompartimenten;
- de bezonken dikke fractie in de drie bezinkcompartimenten;
- de gezeefde dikke fractie;
- de gezeefde dunne fractie.

De drogestofgehalten zijn bepaald door meting van het gewichtsverlies van een monster na 24 uur drogen in een stoof bij 105°C.

De effectiviteit van de toegepaste scheidingsmethode met betrekking tot niet opgeloste bestanddelen (SS), Chemisch Zuurstofverbruik (CZV), stikstof (Nkj) en fosfor (P) zijn bepaald aan de hand van de metingen ten behoeve van het opstellen van de massabalansen (zie paragraaf 2.3.6).

Het scheidingsrendement van een mestcomponent is gedefinieerd als de hoeveelheid van een component die in de dikke fractie aanwezig is als percentage van de aangevoerde hoeveelheid van die component. De invloed van het gebruik van polymeren (vlokmiddelen) op het rendement van de bezinking en zeping is gedurende een periode van twee weken onderzocht. In deze periode is gebruik gemaakt van de polymeeroplossingen Kemflok EM 740 en EM 840. De polymeeroplossingen werden met behulp van een automatische doseerinstallatie gedoseerd in de toevoerleiding naar de bezinkinrichting, waarbij de menging van het polymeer met de uitgespoelde mest werd gerealiseerd in de toevoerpomp. Gedurende het onderzoek aan het spoelsysteem zijn de concentratie van de polymeeroplossing en het doseerdebiet bepaald.

2.3.3 Scheidingsmethode 2: centrifugeren

De effectiviteit van de onderzochte decantercentrifuge is op gelijke wijze vastgesteld als de effectiviteit van scheidingsmethode 1. Wekelijks is het debiet gemeten van de toevoer naar de centrifuge met behulp van een maatbeker en een stopwatch en is het niveau van de afgescheide dikke fractie in de opslagcontainer bepaald. Van deze beide fracties is het drogestofgehalte bepaald.

2.3.4 Beluchting

Controle van het nitrificatieproces:

Het verloop van het nitrificatieproces is ge-

controleerd aan de hand van wekelijkse metingen van het ammonium-, nitriet- en nitraatgehalte in de beluchtingstank. De metingen zijn verricht met behulp van de cuvettesten van dr. Lange. Tevens werd éénmaal per week de pH gemeten met behulp van een pH-elektrode. De temperatuur en de zuurstofverzadiging in de beluchtingstank werden continu gemeten.

Wekelijks zijn het aanvoerdebiet en het ammoniumgehalte in de aangevoerde vloeistofstroam bepaald. De debietmeting vond plaats met behulp van een stopwatch en een emmer met maatverdeling. Een nauwkeurigere bepaling van de omzettingen in de beluchtingstank is gedurende twee intensieve meetperiodes uitgevoerd. Tijdens de beide meetperiodes zijn ten behoeve van het vaststellen van de stofstromen in het spoelsysteem meerdere malen per week op diverse plaatsen in het spoelsysteem monsters genomen. Ook zijn de volumestromen van en naar de procesonderdelen bepaald. Een beschrijving van de metingen en monsternames is weergegeven in bijlage 1 (zie ook paragraaf 2.3.6 Massabalansen).

Bepaling van de effectiviteit van de beluchting:

Het rendement van het beluchtingssysteem is gedefinieerd als de hoeveelheid zuurstof die is benut voor de nitrificatie van stikstof (Nkj), de afbraak van organische bestanddelen (CZV) en het zuurstofverbruik door afsterving van bacteriën, als percentage van de hoeveelheid zuurstof die door de blower werd ingebracht. De hoeveelheid lucht die per tijdseenheid door een blower kan worden ingebracht is gerelateerd aan de tegendruk. De tegendruk wordt bepaald door de inblaasdiepte, het leidingsysteem en het type luchtverdeelelementen. Uit de ijkgrafiek van de blower is het luchtdebiet onder de proefomstandigheden afgeleid. Voor de berekening van de hoeveelheid ingebrachte zuurstof is uitgegaan van een volumegehalte van 20% zuurstof in de aangevoerde lucht.

Bepaling van de omzettingssnelheid van ammoniak in de beluchtingstank.

De haalbare omzettingssnelheid van ammoniak in een beluchtingstank is een belangrijke parameter voor het dimensioneren van spoelsystemen. De gemiddeld gerealiseerde om-

zettingssnelheid is afgeleid uit de wekelijkse metingen ter controle van het nitrificatieproces. Het verschil tussen de dagelijks aangevoerde en afgevoerde vracht ammonium-N is beschouwd als biologisch omgezet.

Ook de maximale omzettingssnelheid onder de proefcondities is vastgesteld. Hiertoe is eenmalig de ammonium-N-concentratie in de beluchtingstank verhoogd naar circa 100 - 200 mg/l door het doseren van een hoeveelheid bezonken zeugenmest. Vervolgens zijn om het uur, gedurende vijf uren, monsters genomen en geanalyseerd op ammonium-N met behulp van de cuvettestest van dr. Lange. Uit de afnamesnelheid van de hoeveelheid ammonium-N in de beluchter is afgeleid hoeveel ammonium-N maximaal per dag in de beluchter kon worden omgezet. Deze meting is in tweevoud uitgevoerd. Ook is het slibgehalte in de beluchter bepaald, zodat de maximale omzettingssnelheid per eenheid bacterieslib kon worden berekend. Het gehalte organische zwevende bestanddelen in de beluchtingsruimte is hierbij als maat voor het bacteriegehalte aangehouden (volatile suspended solids).

Bepaling van de verdamping in de beluchtings tank:

Ten gevolge van het inbrengen van lucht in de mestvloeistof en ten gevolge van de luchtbeweging over het vloeistofoppervlak van de beluchtingstank kan verdamping optreden. De hoeveelheid verdamping die gedurende het onderzoek in de beluchtingsruimte optrad is maandelijks bepaald. Gedurende 24 uur werden de vloeistofstromen van en naar de beluchtingstank stopgezet. Bij aanvang van de meting werd de beluchter stilgezet en werd het vloeistofniveau in de beluchtingsruimte bepaald. Vervolgens werd de beluchter weer geactiveerd. Na 24 uur werd opnieuw de beluchter uitgeschakeld en werd weer het vloeistofniveau in de beluchtingstank gemeten. De hoeveelheid neerslag werd vastgesteld met behulp van een regenmeter.

2.35 Nabezinking

De bezinkeigenschappen van het bacterieslib zijn wekelijks gecontroleerd aan de

hand van meting van de slibvolume-index (SVI). De SVI geeft het volume in ml aan dat een gram slib droge stof inneemt na 30 minuten bezinken in een maatcilinder.

Naarmate de SVI afneemt, verbeteren de bezinkeigenschappen. De SVI-metingen zijn uitgevoerd volgens NEN-norm 6624 (Anoniem, 1982).

De slibgroei is, evenals de haalbare ammonium-omzettingssnelheid, een belangrijke parameter voor de dimensionering van spoelsystemen. De slibgroei van de nitrificerende bacteriën in het beluchtingssysteem mag niet lager zijn dan de hoeveelheid slib die gemiddeld uit het beluchtingssysteem wordt afgevoerd. Is de afvoer van slib door uitspoeling of afvoer via een spuistroom groter dan de slibaanwas van nitrificerende bacteriën, dan zal de hoeveelheid nitrificerende bacteriën in de beluchtingstank afnemen en zal de N-omzetting capaciteit van de beluchting afnemen.

De slibgroei is bepaald aan de hand van een massabalans over de beluchtingstank en nabezinktank voor zwevende bestanddelen (suspended solids). Hierbij is gebruik gemaakt van de metingen die zijn verricht voor het in kaart brengen van stofstromen in het spoelsysteem (zie paragraaf 2.3.6. Massabalansen). De slibgroei is berekend met behulp van de volgende vergelijking:

$$\text{Afvoer SS} = \text{Aanvoer SS} + \text{groei SS}$$

2.3.6 Massabalansen

Om te bepalen hoe de diverse mestbestanddelen zich over de verschillende stromen in het spoelsysteem verdelen, zijn massabalansen opgesteld voor droge stof (DS), stikstof (N) en fosfor (P). Gedurende twee periodes van twee weken zijn monsters genomen op diverse plaatsen in het spoelsysteem. De eerste periode heeft betrekking op de periode waarbij afdelingen van alle diercategorieën in het spoelsysteem waren opgenomen en waarbij in de procesvoering gebruik werd gemaakt van de nabezinktank. De tweede periode heeft betrekking op de periode waarbij alleen de afdelingen met kraamzeugen en dragende/guste zeugen in het spoelsysteem waren opgenomen en waarbij in de procesvoering geen gebruik werd gemaakt van de nabezinktank. In bijla-

ge 1 staan de monsternamenpunten, de -periode en -frequentie en de verrichte analyses weergegeven. Naast de analyses ten behoeve van de massabalansen zijn analyses verricht voor het verklaren van het procesverloop.

2.3.7 Energieverbruik

Het energieverbruik is een belangrijke kostenpost van het spoelsysteem. Met name het beluchten van de mestvloeistof vraagt relatief veel energie. De energieconsumptie van de blower en de energieconsumptie van de overige onderdelen in het spoelsysteem zijn met behulp van twee kWh-meters geregistreerd. De stand van de kWh-meters is wekelijks vastgelegd.

2.3.8 Emissiemetingen

In alle proef- en controleafdelingen is de ammoniakemissie gemeten. De emissie is vastgesteld door continue meting van het ventilatiedebiet uit de afdelingen en meting van de ammoniakconcentratie in de inkomende en uittredende ventilatielucht. De emissie is berekend door vermenigvuldiging van het ventilatiedebiet met de concentratie ammoniak in de uittredende lucht, gecorrigeerd voor de concentratie ammoniak in de aangezogen buitenlucht. Het ventilatiedebiet in de afdelingen is gemeten met behulp van meetventilatoren. Voor de meting van de ammoniakconcentratie is gebruik gemaakt van twee typen monitoren. Tabel 2 toont het type monitor dat in de verschillende afdelingen gedurende het onderzoek is gebruikt. De ammoniakemissiemetingen en de ijking van de monitoren zijn uitgevoerd volgens het protocol van het Praktijkonderzoek Varkens-

houderij (Van 't Klooster et al., 1992). Als gevolg van het beluchten van de spoelvloeistof kan ammoniak emitteren. Verondersteld werd dat de ammoniakuitstoot uit de beluchter verwaarloosbaar klein zou zijn, gezien de lage ammoniakconcentratie van de vloeistof in de beluchtingruimte (Benneworth et al., 1972). Burton et al. (1993) toonden aan dat bij het beluchten van varkensmest emissies van NO en N₂O kunnen optreden. Gedurende het onderzoek zijn enkele malen met behulp van Drägerbuisjes de NH₃-N₂O- en NO-gehalten boven het oppervlak van de beluchtingtank gemeten. De metingen zijn gebruikt als indicatie voor de emissie van de genoemde stoffen. De hoeveelheid lucht die de beluchtingtank verlaat is ingeschat aan de hand van de ijkcurve van de blower.

2.3.9 Voedingsonderzoek

Onderzocht is of bij vleesvarkens naast het spoelen van de mestkanalen een additioneel effect van voedingsmaatregelen op de ammoniakemissie kon worden vastgesteld. Gedurende vier ronden is in de drie vleesvarkensafdelingen die werden gespoeld per ronde afwisselend tweefasen-, driefasen-, of multifasenvoeding toegepast, volgens het schema zoals is aangegeven in tabel 3. In de controle- afdeling is steeds tweefasenvoeding toegepast.

Toelichting op de voedermethode:
Tweefasenvoeding: De eerste vijf weken na opleg van de eerste groep dieren kregen alle dieren startvoer. In week 6 werden alle dieren geleidelijk overgeschakeld van startvoer op vleesvarkensvoer. Vanaf week 7 tot

Tabel 2: Toegepaste monitor bij de bepaling van de ammoniakemissie.

Afdeling	Monitor	Periode
Vleesvarkens	B&K*	4 ronden
Dragende/guste zeugen	NO _x **	4 maanden
Kraamzeugen	NO _x	10 ronden
Biggen	NO _x	9 ronden

*B&K:Brüel en Kjær multi-gas analyser, principe infrarood absorptie.
** NO_x: Monitor-Labs model 8840, converter type Mathëus-IMAG, principe: chemiluminescentiereactie van NO met ozon.

en met afleveren kregen de dieren vleesvarkensvoer. De dieren werden gevoerd volgens de voercurve in bijlage 2.

Driefasenvoeding: De eerste vijf weken na opleg van de eerste groep dieren kregen alle dieren startvoer. In week 6 werden alle dieren geleidelijk overgeschakeld van startvoer op vleesvarkensvoer. In week 7, 8 en 9 kregen de dieren vleesvarkensvoer. In week 10 werd geleidelijk overgeschakeld van vleesvarkensvoer op afmestvoer. Vanaf week 11 tot en met afleveren kregen de dieren afmestvoer. De dieren werden gevoerd volgens de voercurve in bijlage 2.

Multifasenvoeding: De eerste vijf weken na opleg van de eerste groep dieren kregen alle dieren startvoer. In week 6 kregen alle dieren startvoer en NMR (N-mineraal-rijk)-voer verstrekt. Vanaf week 7 kregen de dieren NMR- en NMA (N-mineraal-arm)-voer verstrekt. De mengverhoudingen zijn weer gegeven in bijlage 3. De dieren werden gevoerd volgens de voercurve in bijlage 2.

Alle dieren kregen driemaal daags brij verstrekt met behulp van een volautomatische restloze brijvoerinstallatie. De water : voer-

verhouding in de brij bedroeg 2,2:1(2,4:1 in de startfase). Er werd naar gestreefd de dieren zoveel mogelijk volgens de voercurve te voeren, zodat in alle afdelingen evenveel voer verstrekt werd.

Behalve het standaard startvoer waren de gebruikte voeders proefvoerders. De voeders zijn geleverd in de vorm van kruimel. In tabel 4 zijn de belangrijkste gehalten in de verschillende voeders weergegeven. De grondstofsamenstelling van de voeders is weergegeven in bijlage 4.

Gedurende het onderzoek is per ronde een verzamelmonster gemaakt van zowel het startvoer, het vleesvarkensvoer, het afmestvoer, het NMR-voer en het NMA-voer. De verzamelmonsters werden gemaakt door wekelijks een voermonster te nemen van de voeders die verstrekt werden. De verzamelmonsters zijn geanalyseerd op eiwitgehalte via de Weende-methode door CeHaVe Veghel nv.

2.3.10 Technische resultaten

Ter beoordeling van de technische resultaten van de vleesvarkens zijn de volgende

Tabel 3: Wijze van voeding in de vleesvarkensafdelingen gedurende vier ronden.

Ronde	1	2	3	4
Afdeling 1	tweefasen	driefasen	multifasen	tweefasen
Afdeling 2	driefasen	multifasen	tweefasen	multifasen
Afdeling 3	multifasen	tweefasen	driefasen	driefasen
Afdeling 4 (controle)	tweefasen	tweefasen	tweefasen	tweefasen

Tabel 4: Eiwit-, aminozuren- en fosforgehalten (in g/kg) in de proefvoerders en het startvoer.

	Vleesvarkensvoer (code 870)	Afmestvoer (code 871)	NMR-voer (code 872)	NMA-voer (code 873)	Startvoer (code 331)
EW	1,09	1,09	1,09	1,09	1,06
Ruw eiwit	160	145	165	135	176
dvLYS	7,1	6,5	8,0	6,0	8,2
dvM+C	4,2	3,8	4,7	3,5	4,9
dvTHR	4,3	3,9	4,8	3,6	4,9
dvTRY	1,3	1,2	1,5	1,1	1,6
totaal P	4,2	3,9	4,1	3,6	4,9
verteerbaar P	2,1	1,8	2,1	1,7	3,0

waarnemingen verricht:

- Gewicht bij opleggen.
- Gewicht op 5 weken na opleggen.
- Geslacht gewicht.
- Datum van opleggen en van afleveren.
- Verstrekt voer per voersoort per hok. Bij uitval van dieren is vastgelegd hoeveel voer er in het betreffende hok tot dat moment was opgenomen.
- Het optreden en het verloop van ziekten en behandelingen. Van uitgevallen dieren zijn de datum van uitval, het gewicht en de uitvalsoorzaak geregistreerd.

Ook is de doseernauwkeurigheid van het voer gecontroleerd. Eénmaal per twee weken werd één willekeurig ventiel per afdeling gecontroleerd op doseernauwkeurigheid.

2.3.11 Gezondheidsonderzoek

Via de spoelvloeistof kunnen ziektekiemen zich over verschillende afdelingen verplaatsen. Wanneer dit tot extra ziektegevaar leidt, zou dat een belangrijke beperking vormen voor de toepassing van het spoelsysteem op een gesloten bedrijf. In het gezondheidsonderzoek is bepaald of ziektekiemen zich via het spoelsysteem kunnen verspreiden en of dit ook gevolgen heeft voor de gezondheidstoestand van de dieren. Hiertoe is de gezondheidstoestand van de dieren voor aanvang van het spoelen geïnterviewd. Daarna is bepaald welke concentraties kiemen aanwezig waren in de verschillende procesfasen van de spoelvloeistofbereiding. Ook is getracht een indruk te krijgen van de verspreiding en/of toename van kiemen over de gespoelde afdelingen. Tevens is getracht de invloed van het spoelen op de hoeveelheid vliegen in de afdelingen in kaart te brengen. Vliegen kunnen ziektekiemen uit de mestput overbrengen naar de varkens. Er is vanuit gegaan dat er geen direct contact mogelijk was tussen dieren en spoelvloeistof. Verwacht werd dat de besmettingskans via lucht en personen groter zou zijn dan de besmettingskans via de spoelvloeistof.

Ziektesituatie voor aanvang van het spoelen

Voor aanvang van het spoelen zijn de volgende monsters onderzocht:

- uit elke proef- en controleafdeling één samengesteld mestmonster ten behoeve van de bepaling van Salmonella-ophoping

(hiertoe zijn minimaal vijf plaatsen/dieren per afdeling bemonsterd);

- uit elke afdeling vier tot acht individuele mestmonsters voor onderzoek op de volgende pathogenen:
 - E. Coli;
 - salmonella directe kweek;
 - IFT Serpulina (treponema) hyodysenteriae.

Na zes maanden is de monsternamen herhaald. De bepalingen zijn verricht door de Gezondheidsdienst voor Dieren in Bostel.

Inventarisatie van ziektekiemen in de verschillende procesfasen van het spoelsysteem
Maandelijks zijn op de volgende plaatsen in het spoelsysteem monsters genomen:

- een mengmonster uit de tussenopslagtank;
- dunne fractie uit de laatste bezinkbak;
- inhoud van de beluchtingstank;
- spui-/retourslib;
- dikke fractie na scheiding,
- overloop uit de nabezinktank;
- uit de mestkelder van de referentie-afdeling voor vleesvarkens.

Deze monsters zijn gekoeld getransporteerd en op de dag van monsternamen geanalyseerd op:

- coli/enterobacteriaceae (VRBG agar);
- salmonella (25 gram of ml ophoping);
- totaal kiemtelling anaëroob (FAA agar + cyclosemide (selectieve agar)) of sulfietreducerende clostridia spp als representant;
- totaal kiemtelling aëroob (PCA Agar).

Verspreiding van ziekte

Bij het optreden van diarree in één van de betrokken afdelingen werd de bemonsteringsprocedure uitgevoerd vóór medicatie. Twee dagen na het beëindigen van de medicatie werd de bemonsteringsprocedure herhaald. Tevens werden faecesmonsters genomen van vier tot acht dieren uit alle hokken van de afdeling waarin diarree was geconstateerd. Deze monsters zijn geanalyseerd op:

- E-coli;
- salmonella directe kweek;
- IFT Serpulina.

Wanneer er geen pathogenen werden aangetoond, werd - afhankelijk van de ernst van de diarree - het onderzoek in de zieke groep

herhaald. Indien alleen in de groep met diarree één van de pathogenen werd aangetoond, werd er geen verdere bemonstering uitgevoerd totdat er eventueel diarree optrad in andere groepen. Indien ook in groepen zonder diarree reeds pathogenen werden aangetoond, werd verder onderzoek van individuele dieren zinloos geacht.

Verspreiding had immers reeds plaatsgevonden en zou niet met zekerheid kunnen worden toegeschreven aan spoelvloeistof.

Van alle proef- en controle-afdelingen werden de technische resultaten en de gezondheidsparameters vastgelegd volgens de standaardprocedure van het Varkensproefbedrijf.

Aan tal vliegen

De meest voor de hand liggende mogelijkheid op besmetting van de dieren met pathogenen uit de mestput, is via vliegen. In de controle-afdelingen op het Varkensproefbedrijf is gedurende het onderzoek vliegenbestrijding toegepast met behulp van madendood. In de gespoelde afdelingen werd geen vliegenbestrijding toegepast. De aantallen vliegen in de gespoelde afdelingen werden vergeleken met de aantallen vliegen in de controle-afdelingen. Daartoe werd in zowel de controle- als de spoelafdelingen (één afdeling per diercategorie) een plakstrip opgehangen. Na een week werden de gevangen huisvliegen (*Musca domestica* L.) geteld. Dit onderzoek is uitgevoerd in vier perioden van 1994: van 11 maart t/m 17 maart, van 5 april t/m 12 april, van 22 juni t/m 30 juni en van 23 augustus t/m 30 augustus.

2.4 Het Alclarproces

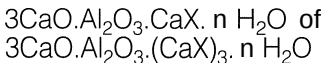
2.4.1 Beschrijving van het Alclarproces

Het principe van de Alclarbehandeling berust op adsorptie en precipitatie (neerslag) van negatief geladen ionen (anionen), organische componenten en zware metalen, door toevoeging van twee producten: kalk ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) en Alclarproduct.

Het Alclarproduct is een calcium-aluminaat: een mineraal dat wordt toegepast in de cementproductie.

Wanneer het droge Alclarproduct aan een te reinigen vloeistof wordt toegevoegd, vindt hydratatie plaats (chemische binding van

water). Gedurende de hydratatie kunnen diverse anionen in de kristalstructuur van de calcium-aluminaten worden ingebouwd. Op deze wijze kan een grote verscheidenheid anionen worden vastgelegd en ontstaan stabiele stoffen met de volgende molecuulformule:



In de molecuulformule stelt X een anion voor. Afhankelijk van de lading en de structuur van het anion varieert de snelheid waarmee een specifiek anion kan worden ingevangen. Zo ontstaat een voorkeursrange voor de ionen die achtereenvolgens worden ingebouwd in het Alclarproduct, namelijk:

CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , organische componenten, Cl^- , NO_3^-

De anionen worden uitgewisseld tegen OH^- ionen. Hierdoor ontstaat een alkalisch effluent.

Ook zware metalen kunnen met behulp van het Alclarprocédé uit de te behandelen vloeistof worden verwijderd. Hiervoor zijn drie mechanismen aan te geven:

- 1 Neerslag van zware metalen door vorming van onoplosbare hydroxydes;
- 2 Vervanging van calcium door een zwaar metaal in complexe aluminaten; bijvoorbeeld cadmium Cd:
 $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CdSO}_4 \cdot n \text{H}_2\text{O}$
- 3 Invangen van anionen in het calcium-aluminaatmolecuul; bijvoorbeeld chroom Cr:
 $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCrO}_4 \cdot n \text{H}_2\text{O}$

Met behulp van het Alclarproduct is het niet mogelijk ammoniak te binden. Ammoniak wordt bij de Alclarbehandeling tengevolge van de hoge pH die ontstaat uit de vloeistof gedreven. Daarom dient bij de behandeling van mestvloeistoffen ammoniak vooraf te zijn verwijderd of omgezet. Voorbehandeling van mest is ook noodzakelijk om zwevende bestanddelen die het adsorptieproces verstoren uit de mest te verwijderen. Ook kationen, zoals bijvoorbeeld kalium, kunnen met behulp van het Alclarproces niet worden verwijderd. Het Alclarproces kan worden toegepast op het effluent van de beluch-

tingsfase in het spoelsysteem, omdat deze vloeistof nagenoeg geen ammoniak bevat en voor een groot deel is ontdaan van zwevende bestanddelen. Het Alclarproces kan op eenvoudige wijze worden uitgevoerd. Het proces bestaat uit het mengen van Alclarproduct en kalk met het influent gedurende een gewenste reactietijd en het scheiden van het effluent van de toegevoegde producten door middel van bezinking. Door het bezonken Alclarproduct opnieuw te mengen met vers influent en het behandelde influent een tweede maal met nieuw Alclarproduct te mengen ontstaat een tweetraps tegenstroomproces, waarbij het verbruik van toegevoegde producten wordt beperkt. Een flowschema van de pilotplant die gedurende de onderzoeksperiode is gebruikt, is aangegeven in bijlage 5.

2.4.2 Uitvoering van het Alclar-onderzoek
Het Alclar-onderzoek is uitgevoerd in drie fasen. Het eerste deel van het onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met Lafarge Fondu International. Het accent van dit deel van het onderzoek lag op het vaststellen van de optimale dosering van het Alclarproduct en de kalk, en de bepaling van de optimale reactietijd. Dit onderzoek is op laboratoriumschaal uitgevoerd. De twee overige delen zijn uitgevoerd door het Praktijkonderzoek Varkenshouderij. In het tweede deel van het onderzoek zijn de uitgangspunten uit fase 1 toegepast op pilot-schaal. In de derde fase van het onderzoek is getracht het zuiveringsresultaat verder te verbeteren door het te behandelen biologisch effluent rechtstreeks te onttrekken uit de nabezinktank in plaats van uit de opslagtank voor spoelvloeistof.

Doseringen en reactietijd

De samenstelling van het biologisch effluent van het spoelsysteem is gedurende drie maanden wekelijks bepaald met behulp van de cuvettestest van dr. Lange. Monsters uit de nabezinktank zijn gecentrifugeerd met een lab-centrifuge om de zwevende stof uit het monster te verwijderen.

Vervolgens zijn ze geanalyseerd op:

- Chemisch Zuurstofverbruik (CZV);
- carbonaat (CO_3^{2-});
- fosfaat (PO_4^{3-});
- sulfaat (SO_4^{2-});
- chloride (Cl^-).

De proeven ten behoeve van het vaststellen van de optimale dosering van kalk en Alclarproduct en het vaststellen van de optimale reactietijd zijn uitgevoerd in bekers van 250 ml. Het biologisch effluent uit de nabezinktank werd met behulp van een lab-centrifuge ontdaan van eventueel aanwezige zwevende bestanddelen. Aan een hoeveelheid van 200 ml vloeistof werden de gewenste hoeveelheden kalk en Alclarproduct toegevoegd. Het kalk werd toegevoegd in een concentratie van 50 g/l. Het Alclarproduct werd toegevoegd in poedervorm. Gedurende een gewenste reactietijd werd het bekeerglas geroerd met behulp van een magneetroerder. Na de reactietijd werd de magneetroerder stilgezet en na een gekozen bezinktijd werd het bezinksel afgefiltreerd. Na de behandeling werd het effluent geanalyseerd op het Chemisch Zuurstofverbruik (CZV) als indicatieve parameter voor het verloop van het proces. Naarmate de verwijdering van componenten uit de te behandelen vloeistof beter verliep, ontcleurde de vloeistof. De mate van geelkleuring van het effluent is vastgesteld door meting van de extinctie (mate van lichtabsorptie) bij een golflengte van 345 nm.

Er zijn verschillende verhoudingen tussen kalkdosering en de dosering van Alclarproduct getest. Ook verschillende procesvoeringen zijn getest, te weten:

- de eenvoudige behandeling, waarbij alle doseringen en processtappen in één vat plaatsvinden;
 - de tegenstroombehandeling, waarbij de vloeistof in twee fasen wordt behandeld. Tijdens de eerste fase wordt de vloeistof behandeld met het neergeslagen product uit de tweede behandeling. Na deze behandeling wordt de vloeistof met een "verse" hoeveelheid kalk en Alclarproduct behandeld.
 - de voorbehandeling, waarbij de vloeistof voorafgaand aan het tegenstroomproces wordt voorbehandeld met kalk.
- In bijlage 6 staan de verschillende procesvoeringen schematisch weergegeven.

Proeven op pilotschaal

Met behulp van de uitgangspunten die op basis van het onderzoek op laboratoriumschaal zijn vastgesteld, is het Alclarproces

op pilotschaal getest. Alleen de enkelvoudige procesvoering is onderzocht. Vanuit een continu geroerde voorraadtank met een effectieve inhoud van 2 m³ werd de spoelvloeistof naar een reactietank van 240 liter gepompt. De kalkmelk werd in een concentratie van 50 gr/l vanuit een geroerde voorraadtank van 275 liter naar de reactietank gepompt. De dosering van het Alclarproduct gebeurde handmatig. Elk kwartier werd de benodigde hoeveelheid in het reactorvat gebracht. De porties werden aan het begin van het experiment met behulp van een balans afgewogen tot op 0,01 gram nauwkeurig. Vanuit de reactor stroomde het mengsel van spoelvloeistof en additieven over naar een bezinktank van 250 liter. Het bezonken slib werd om de twee uur handmatig afgelaten en opgeslagen. De bovenstaande vloeistof stroomde onder vrij verval naar een opslagtank.

In totaal zijn negen experimenten uitgevoerd. De variaties in procescondities zijn in tabel 5 weergegeven.

Monsternames en analyses

Om de twee uur werden monsters genomen van het influent, het effluent en het neerslagproduct. Met de monsternamen werd gestart na het verlopen van 1 maal de reactietijd. Van elk monster zijn het drogestof (DS)- en suspended solidsgehalte (SS) bepaald. Het drogestofgehalte is bepaald door meting van het gewichtsverlies van een monster na 24 uur drogen in een stoof bij 105°C. Het

suspend solidsgehalte is bepaald door een bekende hoeveelheid monster te centrifugeren gedurende 10 minuten bij 3.000 rpm. Na centrifugeren en decanteren van het supernatant (bovenstaande vloeistof), is de pellet geresuspendeerd met behulp van gedestilleerd water. Vervolgens is het indampgewicht van de pellet bepaald na 24 uur drogen bij 105°C. Van het eerste en het laatste monster van het experiment zijn de gehalten chemische zuurstofverbruik (CZV), fosfaat (PO₄³⁻) en ammonium (NH₄⁺) spectrofotometrisch bepaald volgens de dr. Lange-methode.

Metingen

Elke twee uur zijn de debieten van het influent en de kalkdosering gemeten met behulp van een maatcilinder en een stopwatch. Daarnaast zijn elke twee uur de inhoud van het influentvat, van de slibtank en van de voorraadtank voor kalkmelk gemeten.

Behandeling van effluent uit de nabezinktank

In tabel 6 staan de proefcondities weergegeven die zijn gehanteerd bij de laboratoriumproeven met betrekking tot de behandeling van effluent uit de nabezinktank van het spoelsysteem met behulp van het Alclarproces. De experimenten zijn als volgt uitgevoerd. In bekers van 250 ml is 100 ml beluchte spoelvloeistof gebracht. De beluchte spoelvloeistof is op de dag van de experimenten opgevangen. De bekers zijn op een magneetroerder geplaatst. De roersnelheid

Tabel 5: Proefvariaties in het pilot-onderzoek van het Alclarproces.

Proef	Kalk (kg/m ³)	Alclar (kg/m ³)	Reactietijd (uur)
1	5	5	1
2	5	5	3
3	5	5	6
4	5	0	3
5	5	5	3
6	5	10	3
7	0	5	3
8	5	5	3
9	10	5	3

was bij alle bekerglazen gelijk. Vervolgens is kalkmelk aangemaakt in een oplossing van 50 gr/l. De kalkoplossing is tot gebruik continu geroerd met behulp van een magneetroerder. Het Alclarproduct is afgewogen op een balans met een nauwkeurigheid van 0,01 gram en geleidelijk gedoseerd. De kalkoplossing is toegevoegd met behulp van een doseerpipet.

Bij experiment 1 tot en met 4 is na drie uur reactietijd de magneetroerder stilgezet. Bij experiment 5 is dit na zes uur gebeurd. Na drie uur bezinktijd is het volume van de neerslag bepaald door het afgieten van de

bovenstaande vloeistof in een maatsilinder. Het supernatant is bemonsterd en geanalyseerd op droge stof (DS), chemisch zuurstofverbruik (CZV) en fosfaat (PO_4^{3-}). CZV en fosfaat zijn spectrofotometrisch bepaald met behulp van de dr. Lange-methode. Het drogestofgehalte is bepaald door meting van het gewichtsverlies van een monster na 24 uur drogen in een stoof bij 105°C. Bij experiment 1 tot en met 4 is aan 50 ml van de bovenstaande vloeistof nogmaals 5 kg/m³ Alclar toegevoegd (0,25 gram) en gedurende drie uur geroerd. De bezinktijd in deze experimenten bedroeg 1 uur.

Tabel 6: Proefvariabelen bij de Alclarproeven op effluent uit de nabezinktank.

Proef	Kalk (kg/m ³)	Alclar (kg/m ³)	Bezinktijd (uur)
1	5	5	3
2	10	5	3
3	5	10	3
4	0	5	3
5	5	5	6

3 RESULTATEN

3.1 Mestproductie

In tabel 7 staan de resultaten van de mestproductiemetingen weergegeven.

De gemeten mestproductie per dierplaats per jaar komt globaal overeen met de gemiddelde waarden die in het Handboek voor de Varkenshouderij (Anoniem, 1993b) worden aangegeven.

Het bleek niet mogelijk om aan de hand van een beperkt aantal mestmonsters een goede inschatting te maken van de hoeveelheid droge stof, stikstof en fosfor die dagelijks in de spoelvloeistof werd opgevangen. Met name het moment van monsternamen in de groeicyclus van de vleesvarkens en biggen bleek van grote invloed. Om toch een globaal beeld te krijgen van de gemiddelde

dagelijkse toevoer van mineralen is gebruik gemaakt van de mestsamenstelling die is weergegeven door Ten Have en Schellekens (1994). Hierbij is uitgegaan van de cijfers van de Werkgroep Uniformering Berekening Mest en Mineralen uit 1992. Tabel 8 toont de gemiddelde mestsamenstelling voor de verschillende diercategorieën. Het stikstofgehalte is gecorrigeerd, omdat door toepassing van het spoelsysteem minder stikstof vervluchtigt dan bij traditionele huisvestingsystemen. Bij de correctie van het stikstofgehalte in de mest is uitgegaan van de gemiddeld tijdens het onderzoek gerealiseerde ammoniakemissies van 1,6 kg per dierplaats per jaar voor vleesvarkens, 0,25 kg per dierplaats per jaar voor biggen, 5,2 kg per dierplaats per jaar voor kraamzeugen en 1,7 kg per dierplaats per jaar voor de guste en dragende zeugen (zie paragraaf 3.8).

Tabel 7: De gemiddelde hoeveelheid mestvolume die dagelijks in het spoelsysteem is gebracht.

Diercategorie	Toename mestvolume (l/afdeling/dag)	Mestproductie (l/dierpl/d)	Aantal afdelingen (-)	Totaal (l/d)
Vleesvarkens	275	34 ,	3	825
Biggen	60	09 ,	1	60
Dragende/guste zeugen	270	5 2	1	270
Kraamzeugen	205	20'4 ,	1	205
Totaal				1.360

Tabel 8: Samenstelling van varkensmest op basis van cijfers van de Werkgroep Uniformering Berekening Mest en Mineralen uit 1992, gecorrigeerd voor de ammoniakemissie uit de stal (Ten Have en Schellekens, 1994).

Diercategorie	Droge stof (kg/m ³)	P ₂ O ₅ -P (kg/m ³)	N (referentie) (kg/m ³)	N ¹ (spoelen) (kg/m ³)
Vleesvarkens	94	20 ,	9,8	10,3
Gespeende biggen	59	1,3	4,3	5,4
Dragende/guste zeugen	48	1,8	57 ,	6,1
Kraamzeugen	44	14 ,	40 ,	4,2

¹ Gecorrigeerd voor de gemiddeld gerealiseerde ammoniakemissie in dit onderzoek.

Met behulp van de gegevens uit de tabellen 7 en 8 is berekend hoeveel drogestof, fosfor en stikstof gemiddeld per dag in de spoelvloeistof werd opgevangen. De resultaten zijn weergegeven in tabel 9.

3.2 Bezinken en zeven

Vanaf de opstart van het spoelsysteem in september 1993 is tot en met maart 1994 in het spoelsysteem gebruik gemaakt van een bezink- en zeefinstallatie voor het scheiden van de uitgespoelde mestvloeistof. Tabel 10 toont de resultaten van de drogestofbepalingen van de vloeistoffen op verschillende plaatsen in het scheidingsproces. De resultaten in de tabel hebben betrekking op de periode januari tot en met maart 1994.

Uit tabel 10 kan worden afgelezen dat het drogestofgehalte in de bovenlaag van de opeenvolgende bezinkcompartimenten geleidelijk afnam van 3,2% in de aanvoer tot 2,4% in de bovenstaande vloeistof in het

derde compartiment. Het drogestofgehalte in de bezinklaag van het eerste compartiment was lager dan dat in de overige compartimenten, omdat de bezinklaag uit dit bassin dagelijks is afgevoerd naar de trilzeef. De dikke fractie had na zeven een drogestofgehalte van gemiddeld 15,6%. Om de effectiviteit van de toegepaste scheidingsmethode te kunnen beoordelen zijn tevens de aan- en afvoerdebieten gemeten. Tabel 11 toont de resultaten van deze metingen

Gedurende de periode januari tot en met maart 1994 werd dagelijks gemiddeld 324 liter dikke mestfractie uit het spoelsysteem onttrokken met een drogestofgehalte van 156 g/l. Hieruit kan berekend worden dat dagelijks gemiddeld 51 kg droge stof met behulp van de combinatie van bezinking en zeping kon worden afgescheiden. De gemiddelde hoeveelheid droge stof die dagelijks via de mestproductie in het spoelsysteem werd gebracht bedroeg 104 kg per

Tabel 9: De gemiddelde hoeveelheid mineralen die dagelijks in het spoelsysteem is gebracht.

Diercategorie	Droge stof (kg/d)	Fosfor (P) (kg/d)	Stikstof (N) (kg/d)
Vleesvarkens	78	1,65	8,5
Gespeende biggen	4	0,08	0,3
Dragende/guste zeugen	13	0,49	16,
Kraamzeugen	9	0,28	0,9
Totaal	104	2,5	11,3

Tabel 10: Drogestofgehaltes bij toepassing van bezinking en zeping van de uitgespoelde mest.

Droge stof	Toevoer	Supernatant bassins			Bezinklaag bassins			Tri lzeef	
		1	2	3	1	2	3	Dun	Dik
DS (g/l)	32,0	30,3	27,3	24,2	43,6	55,4	51,3	42,2	156,0
Std. (g/l)	4,3	4,7	4,9	5,5	19,9	18,4	22,1	16,7	18,6
n	12	7	4	12	10	10	9	12	12

DS = drogestofgehalte

Std = standaardafwijking

n = aantal metingen

dag (zie tabel 9). Het scheidingsrendement van deze scheidingsmethode is derhalve op basis van de drogestofproductie 49%.

Vlokmiddel

Gedurende een periode van twee weken is onderzocht of het mogelijk was om het scheidingsrendement van de bezink- en zeefinrichting te verhogen met behulp van dosering van polymeren. Tabel 12 toont de scheidingsresultaten bij toepassing van bezinken en zeven bij dosering van polymeren.

Uit tabel 12 blijkt dat tengevolge van het doseren van een polymeeroplossing per dag 102 tot 130 kg droge stof uit de spoelvloeistof kon worden onttrokken. Uitgaande van een toevoer van 104 kg droge stof per dag (tabel 9), betekent dit dat gedurende de periode waarin gebruik werd gemaakt van polymeerdosering meer droge stof uit de spoelvloeistof werd afgescheiden dan via de mestproductie gemiddeld werd toegevoerd. Zonder het doseren van de polymeeroplossing bedroeg de hoeveelheid droge stof die door bezinking en zeping werd afgescheiden 51 kg/d. Het drogestofgehalte van de

dikke fractie na zeping bleek gedurende de periode waarin polymeer werd gedoseerd lager te zijn dan wanneer geen polymeer werd gedoseerd, namelijk gemiddeld 10,8-11,9% ten opzichte van 15,6%.

Bij aanvang van de polymeerproeven werd gemiddeld 30,1 m³/d mestvloeistof naar de bezinkinrichting gepompt, met een drogestofgehalte van 32 g/l. Door het verbeterde scheidingsrendement zou het drogestofgehalte van de recirculerende spoelvloeistof geleidelijk afnemen, en daarmee tevens de benodigde hoeveelheid polymeer. Deze optimalisatie kon niet worden uitgevoerd gezien de praktische problemen die het gebruik van polymeren veroorzaakte. Door het doseren van polymeren ontstonden drijflagen op de bezinkbassins, waardoor het overstromen van vloeistof in de opeenvolgende compartimenten verhinderd werd. De bezinklaag in de compartimenten bleef gedurende de polymeerproeven beperkt, waardoor ook dunne vloeistof naar de zeefinrichting werd gepompt. De uitgevlokte mestbestanddelen versmeerden het zeefoppervlak, waardoor de dunne mest over het zeefoppervlak naar de opslagcontainer voor

Tabel 11: Debietmetingen van de vloeistofstromen van en naar de bezink- en zeefinstallatie.

Vloeistofstroom	Debiet (m ³ /d)	Standaardafwijking (m ³ /d)	Aantal metingen (-)
Aanvoer naar bezinkbassin 1	30,1	4,3	8
Afvoer supernatant naar beluchter	4,8	1,8	8
Afvoer supernatant naar spoel buffer*	14,8		
Aanvoer bezinklaag naar trilzeef	10,5	2,8	8
Afvoer dikke fractie van trilzeef	10,3	0,3	30
Afvoer dunne fractie van trilzeef*			

* Berekend

Tabel 12: Scheidingsresultaten bij toepassing van bezinken en zeven en dosering van polymeren.

Vlokmiddel	Dosering (g polymeer/kg ds)	Drogestofgehalte dikke fractie (g/l)	Afvoer volume (l/d)	Afvoer droge stof (kg/d)
Kemflok EM 740	25	108	1.200	130
Kemflok EM 840	2,5	119	860	102

dikke fractie kon stromen. Het doseren van polymeren veroorzaakte een onwerkbaar situatie en is daarom niet langer toegepast.

3.3 Decanteercentrifuge

Gedurende de periode april 1994 tot en met september 1995 is gebruik gemaakt van een decanteercentrifuge. Tabel 13 en 14 tonen de resultaten van deze scheidingsmethode in het spoelsysteem.

Uit tabel 14 blijkt dat wanneer een decanteercentrifuge in het spoelsysteem wordt toegepast circa 90% van de drogestof-input via de mestproductie verwijderd kan worden. Dit scheidingsresultaat komt overeen met de resultaten van andere onderzoeken (Feenstra en Van Voorneburg, 1992). Als het rendement van de scheider niet wordt berekend op basis van de drogestof-input via de

mestproductie, maar op basis van de hoeveelheid droge stof in de meststroom naar de centrifuge, is het rendement aanzienlijk lager, namelijk 14,1% (tabel 13). Het relatief lage scheidingsrendement op basis van de ingaande meststroom kan worden verklaard door het ophopen van mestbestanddelen in de recirculerende spoelvloeistof, die niet door de scheider kunnen worden afgevangen en tijdens de beluchting niet worden afgebroken.

3.4 Beluchting

3.4.1 Omstandigheden en prestaties

De prestaties van het beluchtingsproces zijn vastgesteld aan de hand van twee intensieve meetperioden. Tijdens de eerste meetperiode werden alle afdelingen in het spoelsysteem gespoeld. Na scheiding van de uitge-spoelde mest werd een deelstroom van de

Tabel 13: Scheidingsresultaten van de decanteercentrifuge in het spoelsysteem.

Meststroom	Volumedebiet (m ³ /d)	Drogestofgehalte (kg/m ³)	Massadebiet droge stof (kg/d)
Ingaande meststroom	22,0	30,4	669
Dikke fractie	0,4	227	94
Dunne fractie ¹	21,6	22,4	575
Scheidingsrendement op basis van de ingaande meststroom			14,1%

¹ Berekend

Tabel 14: Vergelijking van de afgevoerde hoeveelheid droge stof met behulp van de decanteercentrifuge gedurende de periode dat alle afdelingen werden gespoeld en gedurende de periode dat alleen kraam- en drachtafdelingen werden gespoeld.

Periode	Volume dikke fractie (l/d)	Drogestofgehalte dikke fractie (g/l)	Afgevoerd droge stof (kg/d)	Rendement (%)
April - dec. '94 Alle afdelingen	416	227	95	90 ¹
Mei - sept. '95 Kraam- en drachtafdeling	91	207	19	86 ²

¹ Rendement op basis van de gemiddelde drogestof-input in het spoelsysteem van 104 kg/d (tabel 9).

² Rendement op basis van de gemiddelde drogestof-input in het spoelsysteem van 22kg/d (tabel 9).

dunne fractie naar de beluchter gebracht. Het overige deel van de dunne fractie werd rechtstreeks naar de opslag voor spoelvloei- stof geleid en gemengd met het effluent uit de nabezinktank. In tabel 15 zijn de presta- ties van het beluchtingsproces weergege- ven. De analysecijfers en debietmetingen op grond waarvan de prestaties van de beluch- ter zijn bepaald, staan vermeld in bijlage 7.

Gedurende de meetperiode werd gemid- deld per dag 7,9m³ dunne mest naar de beluchtingsruimte gepompt, met een ammo- nium-N-gehalte van gemiddeld 751 mg/l. Van de aangevoerde hoeveelheid ammoni- urnstikstof werd 94,7% omgezet. Onder de condities zoals aangegeven in tabel 15 ver- liep het nitrificatieproces stabiel. Deze pro- cesvoering is gevolgd gedurende de perio- de april 1994 tot februari 1995. Uit periodes voorafgaand aan de intensieve meetperiode was gebleken dat bij een hogere belasting van het nitrificatieproces het zuurstofgehalte in de beluchter onder 5% verzadiging daal-

de. Het verlaagde zuurstofgehalte had tot gevolg dat de nitrificatiesnelheid afnam. Dit resulteerde vervolgens in hogere ammo- niakconcentraties in de spoelvloei- stof.

De nabezinking ten behoeve van het afvan- gen en terugvoeren van bacterieslib functio- neerde slecht. Het slibgehalte in het effluent van de nabezinktank was nagenoeg gelijk aan het slibgehalte in de beluchtingsruimte. De verblijftijd van het slib in de beluchter was daarom gelijk aan de hydraulische (vloeistof-) verblijftijd van de spoelvloeistof in de beluchter.

Wanneer de verblijftijd van het nitrificerende slib in de beluchtingsruimte korter is dan de groeisnelheid van het slib, neemt de con- centratie van het nitrificerende slib af (het spoelt uit). Hierdoor neemt ook de N-omzet- tingscapaciteit van de beluchter af. Een slib- leeftijd (slibverblijftijd) van 5 dagen bleek bij een temperatuur van 25 - 28°C voldoende voor het handhaven van nitrificerende bacte- riën in de beluchter.

Tabel 15: Condities en omzettingen in de beluchtingstank tijdens de eerste meetperiode.
(Alle afdelingen in spoelsysteem; deelstroom naar beluchter; gebruik nabezinktank.)

Condities tijdens meetperiode 1: 5/9/'94 t/m 16/9/'94, alle afdelingen

- Temperatuur (°C)	25 - 28
- Zuurstofverzadiging (%)	10-20
- PH	8,0 - 8,3
- Volume beluchtingsruimte (m ³)	40
- Slibgehalte (g VSS/l) ¹	6,7
- Slibverblijftijd (dagen)	5

Onderdeel	Omzetting absoluut (kg/d)	Omzettingssnelheid (kg/kg VSS/d)	Rendement (%)
Nitrificatie			
- Ammonium-N	5,6	0,021	94,7
- Kjeldahl-N	10,4	0,039	78,1
CZV-af braak2			
- Omgezet3	113,4	0,42	82,7
- Verademd	49,3		35,9

¹ VSS = Volatile Suspended Solids, organische stof van de onopgeloste bestanddelen.

² CZV = Chemisch Zuurstofverbruik

³ Na verwijdering van het bacterieslib uit het effluent door middel van filtratie.

Hoewel gemiddeld 10,4 kg Kjeldahl-N per dag in de beluchter werd omgezet kon slechts een klein gedeelte van de stikstof in de vorm van nitriet en nitraat worden teruggevonden. Het nitriet- en nitraat -N-gehalte in het effluent van de beluchter bedroegen respectievelijk 4,6 en 118,5 mg/l. Gemiddeld werd bij deze gehalten minder dan 1 kg N per dag in de vorm van nitriet en nitraat uit de beluchter afgevoerd. Het stikstofverlies zou verklaard kunnen worden door het optreden van denitrificatie of door het emitteren van ammoniak en/of stikstofoxiden uit de beluchter. Tijdens de meetperiode is dagelijks met behulp van gasdetectiebuisjes het ammoniakgehalte gemeten boven de beluchter. Er kon geen ammoniakgas worden aangetoond. Twee gasmonsters zijn onderzocht op de concentratie lachgas (N_2O). De hoogst gemeten concentratie in de gasmonsters bedroeg 0,04 $\mu M N_2O$. Gezien het geringe aantal metingen kan geen duidelijke uitspraak worden gedaan over de bijdrage van de emissie van lachgas in het gevonden stikstofverlies.

Verondersteld wordt dat de emissie van stikstofverbindingen uit de beluchter een geringe bijdrage had in het vastgestelde stikstofverlies.

Van groter belang voor het vastgestelde stikstofverlies is het optreden van denitrificatie in de nabezinktank. Gezien de slechte bezinkresultaten was de slibretourstroom opgevoerd tot 10 - 12 keer het influentdebiet naar de beluchter. Door de hoge recirculatiefactor kan de nabezinktank beschouwd worden als een anaerobe zone binnen de beluchtingstank waar denitrificatie kan plaatsvinden. Onder de omstandigheden tijdens de meetperiode zouden de concentraties nitriet en nitraat in het effluent bij een recirculatiefactor van 10 tot 12 en een optimale denitrificatie in de nabezinkruimte rekenkundig kunnen dalen tot 110 - 130 mg N/l. De som van de gemeten N-concentraties in het effluent van nitriet en nitraat valt binnen deze range. Aan het oppervlak van de bezinktank konden gasbelletjes worden waargenomen, hetgeen eveneens kan duiden op het optreden van denitrificatie.

Tabel 16: Condities en omzettingen in de beluchtingstank tijdens de tweede meetperiode. (Kraam- en drachtafdelingen gespoeld; alle uitgespoelde mest naar beluchter; geen nabezinktank.)

Condities tijdens meetperiode 2: 24/7/'95 t/m 4/8/'95, kraam- en drachtafdeling

- Temperatuur (°C)	23 - 25		
- Zuurstofverzadiging (%)	10 - 20		
- PH	7,9 - 8,1		
- Volume beluchtingsruimte (m ³)	40		
- Slibgehalte (g VSS/l) ¹	2,2		
- Slibverblijftijd (dagen)	4'		
Onderdeel	Omzetting absoluut (kg/d)	Omzettingssnelheid (kg/kg VSS/d)	Rendement (%)
Nitrificatie			
- Ammonium-N	4,0	0,045	95,7
- Kjeldahl-N	6,4	0,073	78,9
CZV-afbraak*			
- Omgezet ³	67,7	0,77	85,1
- Verademd	40,3		50,6

¹ VSS = Volatile Suspended Solids, organische stof van de onopgeloste bestanddelen.

² CZV = Chemisch Zuurstofverbruik

³ Na verwijdering van het bacterieslib uit het effluent door middel van filtratie.

Omdat het bacterieslib in nagenoeg dezelfde concentratie in het effluent aanwezig was als in de beluchtingsruimte, was de gemeten CZV-reductie relatief gering (het bacterieslib vertegenwoordigt een hoeveelheid CZV). De gemeten CZV-reductie betreft in feite alleen het verademde deel, ofwel dat deel van het CZV dat is geoxideerd voor de energievoorziening. Gemiddeld werd 35,9% van de aangevoerde hoeveelheid CZV verademd. Na afscheiding van het bacterieslib en overige zwevende bestanddelen door middel van filtratie van het effluent werd een gemiddelde CZV-reductie van 82,7% vastgesteld.

Nadat een aantal wijzigingen in het systeem waren doorgevoerd is een tweede intensieve meetperiode uitgevoerd. Gedurende deze tweede meetperiode werden alleen de kraam- en drachtafdelingen gespoeld. De nabezinktank was uit het systeem gehaald en de volledige hoeveelheid uitgespoelde mest werd naar de beluchtingsruimte gebracht. In tabel 16 zijn de prestaties van het beluchtingsproces weergegeven tijdens de tweede intensieve meetperiode. De analysecijfers en debietmetingen op grond waarvan de prestaties van de beluchter zijn bepaald, staan vermeld in bijlage 8.

Gedurende de meetperiode werd gemiddeld 10 m³ dunne mest per dag naar de beluchtingsruimte gepompt, met een ammonium-N-gehalte van gemiddeld 414 mg/l. Van de aangevoerde hoeveelheid ammonium-N werd 95,7% omgezet. Een opvallend verschil met de eerste meetperiode is dat de gemiddelde nitrificatiesnelheid per kg slib gedurende de tweede meetperiode is verdubbeld. Met uitzondering van het slibgehalte waren de omstandigheden in de beluchtingstank gedurende de beide meetperiodes nagenoeg gelijk. Het is mogelijk dat tijdens de eerste meetperiode, waarbij ook vleesvarkens- en biggenmest in het spoelsysteem werd opgenomen, het slibgehalte in de beluchter voor een groter deel werd bepaald door niet opgeloste mestbestanddelen dan tijdens de tweede periode. Met andere woorden: het is mogelijk dat tijdens de eerste periode een groter deel van de gemeten slibconcentratie bestond uit (inactieve) mest-

bestanddelen.

Het stikstofverlies door denitrificatie tijdens de beluchtingsfase was gedurende de tweede meetperiode aanzienlijk minder als gevolg van het uitsluiten van de nabezinktank. Het nitriet- en nitraat-N-gehalte in het effluent bedroegen respectievelijk gemiddeld 1,8 en 349 mg/l. Van de 6,4 kg Kjeldahl-stikstof die dagelijks werd omgezet, werd 3,5 kg per dag als nitriet- en nitraat-N via het effluent afgevoerd. Dit betekent dat maximaal 2,9 kg N per dag, 45% van de genitrificeerde stikstof, in de beluchtingsruimte is gedenitrificeerd. Emissie van ammoniak uit de beluchtingsruimte kon met behulp van gasdetectiebuisjes niet worden vastgesteld.

Het nitriet en nitraat dat na beluchting in het effluent aanwezig was, werd na terugpompen van de vloeistof in de mestput volledig omgezet via denitrificatie. In de uitgespoelde mest kon geen nitraat worden aangetoond.

Gedurende meetperiode 2 is een slibverblijftijd van vier dagen gehanteerd. Bij een temperatuur van 23 - 25°C bleek deze slibverblijftijd voldoende voor het handhaven van nitrificerende bacteriën in de beluchtingsruimte.

3.4.2 Ammoniumconcentratie in de uitgespoelde mest

Figuur 7 geeft het verloop weer van de concentratie ammoniumstikstof (NH₄-N) in de uitgespoelde mestvloeistof. De concentratie is gemeten in de geroerde buffertank waarin de uitgespoelde mest werd opgevangen.

Figuur 7 laat een grillig verloop zien van de concentratie ammoniumstikstof in de uitgespoelde mest. De variaties zijn veroorzaakt door de wijzigingen in de procesvoering gedurende het onderzoek. Tijdens de opstartfase en tijdens de eindfase van het onderzoek, waarbij alleen de kraam- en drachtafdelingen werden gespoeld, was het mogelijk de gehele spoelvloeistofstroom in de beluchtingstank te behandelen. Tijdens deze periodes bedroeg de concentratie ammoniumstikstof in de uitgespoelde mest minder dan 200 mg/l. Bij behandeling van een deelstroom van de spoelvloeistof

varieerde de concentratie tussen 300 en 1.200 mg/ $\text{NH}_4\text{-N}$, afhankelijk van de grootte van de deelstroom.

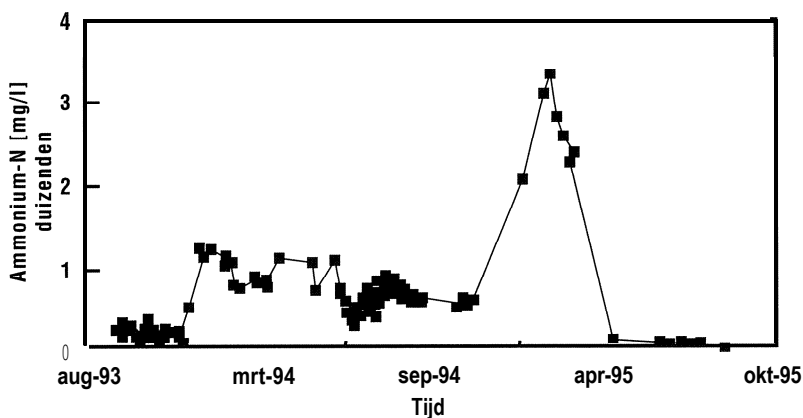
Daarnaast hebben storingen in het proces bijgedragen aan de schommelingen in het ammoniumgehalte in de spoelvloeistof. De piek tot circa 3.300 mg/ $\text{NH}_4\text{-N}$ in figuur 7 is het gevolg van een storing in de automatisering, waardoor de aanvoerpomp van de beluchtingstank niet werd aangestuurd, en (te) weinig ammonium kon worden omgezet.

3.4.3 Rendement van de zuurstofinbreng

Aan de hand van de omzetting van Kjeldahl-N en CZV in de beluchter kan worden berekend hoeveel zuurstof opgenomen is. Tabel 17 geeft de berekening weer van de hoeveelheid zuurstof die tijdens het beluchtingsproces is opgenomen. De toegepaste rekenwijze is conform de methode beschreven door Koot (1980).

In tabel 17 is berekend dat de gemiddeld opgenomen hoeveelheid zuurstof gedurende de eerste meetperiode 96,6 kg/d bedroeg. Bij de berekening is uitgegaan van oxydatie van de aangevoerde Kjeldahl-N tot nitraat. Een deel van de genitrificeerde stikstof zal echter via nitriet gedenitrificeerd zijn. Voor de berekening van de netto zuurstofopname maakt dit geen verschil. Oxydatie van ammonium-N met daarna volledige denitrificatie kost 1,71 kg O_2 /kg N, ongeacht of nitraat of nitriet gedenitrificeerd wordt (Piekema, 1988). (Wanneer stikstofverwijdering via denitrificatie van nitraat plaatsvindt is 4,57 - 2,86 kg O_2 /kg N benodigd. Wanneer stikstofverwijdering via denitrificatie van nitriet plaatsvindt is 3,43 - 1,71 kg O_2 /kg N benodigd).

Met behulp van de blower werd onder de proefomstandigheden maximaal 126 m³



Figuur 7: Verloop van de concentratie ammoniakstikstof ($\text{NH}_4\text{-N}$) in de uitgespoelde mest.

Tabel 17: Zuurstofopname tijdens beluchting gedurende meetperiode 1:5/9/94 t/m16/9/94

Onderdeel	Berekening	Zuurstofopname (kg O_2 /d)
Nitrificatie	10,3 kg Nkj/d x 4,57 kg O_2 /kgN	47,1 +
CZV-afbraak	Verademing zie tabel 15	49,3 +
Slib (endogene verademing)	6,7 kg slib/m ³ x 40 m ³ x 0,1 kg O_2 /kg slib	26,1 +
Denitrificatie	(10,3 - 1) kg NO _x -N/d x 2,86 kg O_2 /kgN	26,6 -
Totaal:		96,6

lucht per uur in de vloeistof gebracht. Tijdens de meetperiode was de blower gemiddeld 22 uur per dag in werking. Berekend kan worden dat bij een zuurstofgehalte van 267 g/m³ van de intredende lucht (20°C, buitenlucht) de ingebrachte hoeveelheid zuurstof 737 kg/d bedroeg. Het rendement van de zuurstofinbreng bedroeg tijdens de meetperiode 13,1%.

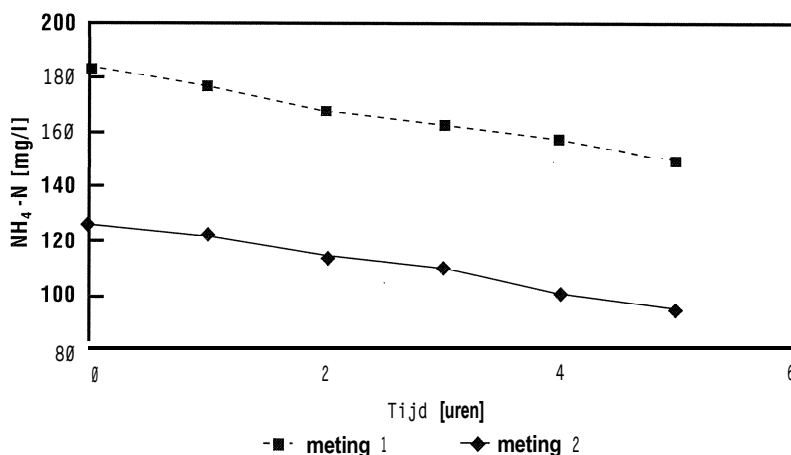
In tabel 17 is voor de berekening van de hoeveelheid zuurstof die nodig was voor het in stand houden van het celmetabolisme (endogene ademhaling) uitgegaan van een slibhoeveelheid ter grootte van de hoeveelheid zwevend organisch materiaal in de beluchtingstank. Een onbekend deel van het zwevend organisch materiaal bestaat echter uit mestbestanddelen die niet als actief slib kunnen worden aangemerkt, zoals bijvoorbeeld onverteerde voerresten. Afhankelijk van het aandeel actief slibmateriaal in de hoeveelheid zwevend organisch materiaal zal de zuurstofopname ten behoeve van de endogene ademhaling lager geweest zijn dan is berekend in tabel 17. Het rendement van de beluchting zal daarom tijdens de meetperiode minder geweest zijn dan 13,1%, maar hoger dan 9,5% (indien geen zuurstofverbruik door endogene ademhaling wordt berekend). Voor meetperiode 2 kan het rendement van de zuurstofinbreng op eenzelfde wijze wor-

den berekend. De totale zuurstofopname gedurende meetperiode 2 bedroeg 70 kg/d. De blower was tijdens deze periode gemiddeld zeven uur per dag in werking, hetgeen inhoudt dat gemiddeld 234 kg O₂/d werd ingebracht. Het rendement van de zuurstofinbreng bedroeg in deze periode 29,9% (26,2% zonder endogene ademhaling). Voor dit hoge rendement kan geen verklaring worden aangegeven. Mogelijk speelt de korte effectieve beluchtingstijd hierbij een rol. De onderbelaste situatie in deze meetperiode is echter niet representatief voor praktijksituaties.

3.4.4 Maximale nitrificatiesnelheid

De maximale nitrificatiesnelheid onder praktijkcondities is bepaald op basis van het verloop van de ammoniumconcentratie in de beluchtingstank na het toedienen van een gegeven hoeveelheid bezonken zeugenmest. De resultaten van de concentratiemetingen zijn weergegeven in figuur 8.

De proef is in tweevoud uitgevoerd. De omstandigheden tijdens de metingen waren nagenoeg gelijk. De zuurgraad was 8,0. Het zuurstofgehalte bedroeg 20% verzadiging bij een vloeistoftemperatuur van 24°C. Bij meting 1 bedroeg de gemiddelde afnamesnelheid van de ammonium-N-concentratie in de beluchter 6,4 mg/l/h. Bij meting 2 be-



Figuur 8: Verloop van de ammoniakconcentratie in de beluchter na toediening van bezonken zeugenmest.

droeg de afnamesnelheid 6,1 mg/l/h. Het slibgehalte in de beluchter bedroeg gedurende de metingen 2,2 g VSS/l. De nitrificatiesnelheid kan hiermee worden vastgesteld op 68 g N/kg VSS/d. Gedurende de intensieve meetperiode 2, enige dagen voor de bepalingen van de maximale nitrificatiesnelheid, werd nagenoeg dezelfde omzettingssnelheid vastgesteld, namelijk 73 g N/kg VSS/d (tabel 16).

3.5 Nabezinking

3.5.1 Slibvolume-index (SVI)

Figuur 9 toont het verloop van de SVI vanaf 16 november 1993. Aanvankelijk bedroeg de SVI van het slib in de beluchter 73 ml per gram onopgeloste bestanddelen. Beneden een waarde van 100 ml/g kan men spreken van een goed bezinkbaar slib. Na verloop van tijd nam de SVI toe tot de piekwaarde van 200 ml/g op dag 63. De stijging van de SVI viel samen met een geleidelijke stijging van het gehalte onopgeloste bestanddelen in de beluchtingsruimte. De ophoping van onopgeloste mestbestanddelen die niet met behulp van de toegepaste bezinking en zeping konden worden afgescheiden heeft waarschijnlijk bijgedragen tot de verhoging van de SVI-waarde. Na dag 63 is getracht het rendement van de scheiding te verbeteren met behulp van polymeedosering. De dosering van polymeren had een grote invloed op het scheidingsrendement, waardoor de aanvoer van onopgeloste bestanddelen naar de beluchter verminderde. Ten

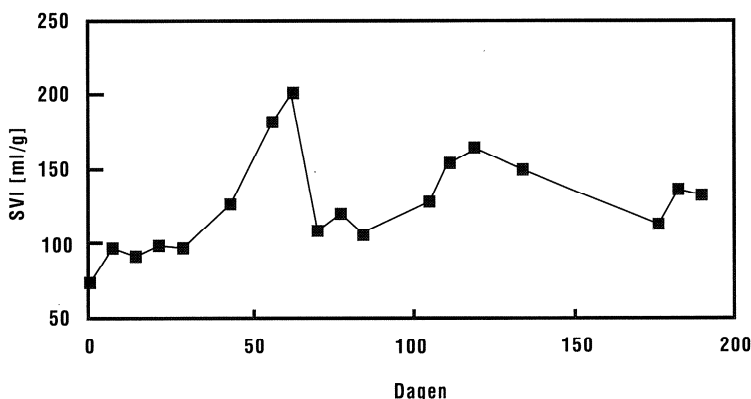
gevolge van de polymeedosering is een betere vlokvorming van het slib opgetreden, waardoor de bezinkeigenschappen verbeterden. De SVI daalde tot circa 100 ml/g. Na de polymeerproeven nam de SVI weer toe. Rond dagnummer 150 is de decanteercentrifuge geïnstalleerd. Hierdoor daalde de SVI-waarde tot ca 130 ml/g. De gemiddelde waarde van de SVI over de meetperiode bedroeg 125 ml/g.

3.5.2 Slibgroei

Het was niet mogelijk de slibgroei te bepalen aande handvande gegevens uit de intensieve meetperiodes. Normaliter kan de slibgroei worden berekend uit de hoeveelheid slib die dagelijks uit het beluchtingssysteem wordt gespuid. Het VSS-gehalte: het gehalte organische stof van de onopgeloste bestanddelen, dient hierbij als maat voor het slibgehalte in de spuistroom.

In het spoelproces werden via het influent onopgeloste bestanddelen naar de beluchter gevoerd. Bij de meting van het VSS-gehalte in de beluchter is geen onderscheid gemaakt tussen bacteriemateriaal en andere onopgeloste bestanddelen. Voor zover de aangevoerde onopgeloste mestbestanddelen in de beluchter niet zijn afgebroken, zijn zij beschouwd als bacteriemateriaal.

Naarmate de contacttijd tussen influent en bacterieslib toeneemt kan een groter deel van de onopgeloste bestanddelen worden afgebroken (Evans et al., 1979). Vanwege de relatief korte hydraulische verblijftijd van vijf dagen die tijdens de meetperiode werd



Figuur 9: Verloop van de slibformule-index.

gehanteerd, wordt aangenomen dat een relatief groot deel van het afgevoerde slib uit niet afgebroken onopgeloste mestbestanddelen bestond. Omdat het niet mogelijk is het bacterie-aandeel in het afgevoerde slib te kwantificeren, is het niet mogelijk de slib-groei te bepalen.

3.6 Massabalansen

3.6.1 Volumebalans

Tabel 18 toont de volumebalans van het spoelsysteem in de periode waarin de combinatie bezinken en zeven is toegepast als scheidingsmethode. Tabel 19 toont de volumebalans voor de periode waarin gebruik is gemaakt van de decanteercentrifuge. De post verdamping is als sluitpost in de balans opgenomen.

Uit tabel 18 blijkt dat met behulp van de scheidingsmethode bezinken en zeven gemiddeld 23,8% van het volume als dikke fractie en 54,2% als overschot-spoelvloeistof uit het systeem vrijkomt. Gemiddeld 22% van het volume kon niet worden teruggevonden en wordt verondersteld te zijn verdampt ten gevolge van het beluchten en het spoelen van de afdelingen.

In de periode waarin gebruik is gemaakt van de decanteercentrifuge bedroeg het afgevoerde volume dikke fractie gemiddeld 30%. De gemiddelde verdamping uit het systeem was in deze periode hoger dan in de periode waarin bezinken en zeven werd toegepast. De grotere gemiddelde verdamping is waarschijnlijk het gevolg van een hogere verdamping tijdens de zomer in de balansperiode.

Tabel 18: Volumebalans van het spoelsysteem bij toepassing van bezinken en zeven als scheidingsmethode.

Periode: februari t/m maart 1994

Ingaande stromen	(l/d)	(%)	Uitgaande stromen	(l/d)	(%)
Mestproductie					
- Vleesvarkens	825	60,7	- Dikke fractie	324	23,8
- Biggen	60	4,4	- Overschot spoelvloeistof	737	54,2
- Dragen/guste zeugen	270	19,9	- Verdamping (berekend)	299	22,0
- Kraamzeugen	205	15,0			
Totaal:	1.360	100		1.360	100

Tabel 19: Volumebalans van het spoelsysteem bij toepassing van de decanteercentrifuge als scheidingsmethode.

Periode: mei t/m december 1994

Ingaande stromen	(l/d)	(%)	Uitgaande stromen	(l/d)	(%)
Mestproductie					
- Vleesvarkens	825	60,7	- Dikke fractie	415	30,5
- Biggen	60	4,4	- Overschot spoelvloeistof	607	44,6
- Dragen/guste zeugen	270	19,9	- Verdamping (berekend)	338	24,9
- Kraamzeugen	205	15,0			
Totaal:	1.360	100		1.360	100

Tabel 20: Drogestofbalans van het spoelsysteem bij toepassing van de decanteercentrifuge als scheidingsmethode.

Periode: mei t/m december 1994

Ingaande stromen	(kg/d)	(%)	Uitgaande stromen	(kg/d)	(%)
Mestproductie (tabel 9)	104	83,7	Dikke fractie (tabel 14)	94	76,4
Tekort (berekend)	19	16,3	Overschot spoelvloeistof (bijlage 7 en tabel 19)	13	10,6
			Biologische afbraak (bijlage 7)	16	13,0
Totaal:	123	100		123	100

Tabel 21: N-balans van het spoelsysteem bij toepassing van de decanteercentrifuge als scheidingsmethode.

Periode: mei t/m december 1994

Ingaande stromen	(kg/d)	(%)	Uitgaande stromen	(kg/d)	(%)
Mestproductie (tabel 9)	11,3	80,7	Dikke fractie (tabel 19 en bijlage 7)	2,9	20,7
Tekort (berekend)	2,7	19,3	Overschot spoelvloeistof (tabel 19 en bijlage 7)	0,7	5,0
			Biologische afbraak (tabel 15)	10,4	74,3
Totaal:	14,0	100		14,0	100

Tabel 22: P-balans van het spoelsysteem bij toepassing van de decanteercentrifuge als scheidingsmethode.

Periode: mei t/m december 1994

Ingaande stromen	(kg/d)	(%)	Uitgaande stromen	(kg/d)	(%)
Mestproductie (tabel 9)	2,5	100	Dikke fractie (tabel 19 en bijlage 7)	1,8	72,0
			Overschot spoelvloeistof (tabel 19 en bijlage 7)	0,1	4,0
			Rest (berekend)	0,6	24,0
Totaal:	2,5	100		2,5	100

De hoeveelheid vloeistof die gedurende een dag door verdamping uit de beluchter verdween is vier maal gemeten, verspreid over de onderzoeksperiode. De verdamping varieerde van 16 liter per dag tot 215 liter per dag. Verdamping van vloeistof op overige plaatsen in het systeem is niet gemeten.

3.6.2 Drogestof-, N- en P-balans

Om een indruk te krijgen van de verdeling van droge stof, stikstof en fosfor over de dunne en dikke mestfractie die het spoelsysteem verlaten en van de omzetting van deze stoffen in het proces, zijn stofbalansen opgesteld. Tabel 20, 21 en 22 tonen respectievelijk de drogestof-, stikstof- en fosforbalans. Opgemerkt dient te worden dat de ingaande stromen niet op metingen zijn gebaseerd, maar op een berekening (zie paragraaf 3.1 Mestproductie).

Uit tabel 20 blijkt dat de totale gemeten hoeveelheid droge stof in de uitgaande stromen circa 16% meer bedraagt dan de berekende hoeveelheid droge stof die gemiddeld dagelijks aan het spoelsysteem is toegevoegd. Circa driekwart van de hoeveelheid droge stof verlaat bij toepassing van centrifuge het spoelsysteem via de dikke mestfractie. Opgemerkt dient te worden dat de hoeveelheid biologische afbraak van droge stof laag is ten opzichte van de vastgestelde CZV-verademing van 49,3 kg/d in tabel 15. Op grond van de CZV-verademing zou een omzetting van droge stof in dezelfde orde van grootte verwacht mogen worden. Aan de hand van de drogestofanalyses in bijlage 7 moet echter worden vastgesteld dat de omzetting van droge stof in de beluchter slechts 16 kg/d bedraagt.

Uit tabel 21 blijkt dat de totale gemeten hoeveelheid stikstof in de uitgaande stromen circa 19% meer bedraagt dan de berekende hoeveelheid stikstof die gemiddeld dagelijks aan het spoelsysteem is toegevoegd. Circa 74% van totale stikstofvracht wordt biologisch omgezet, circa 21% verlaat het spoelsysteem via de dikke mestfractie en het overige deel verdwijnt via het overschot aan spoelvloeistof uit het systeem.

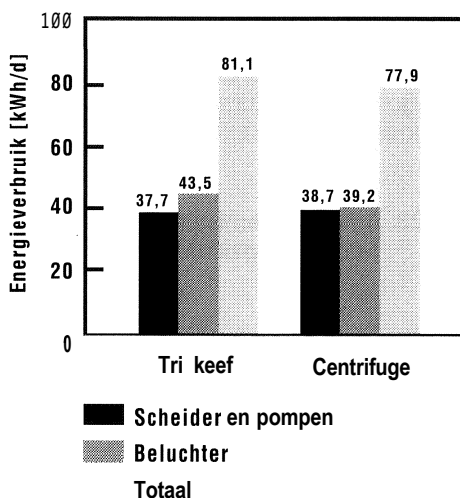
Uit tabel 22 blijkt dat de berekende hoeveelheid fosfor, die dagelijks in de spoelvloeistof

wordt opgevangen, meer bedraagt dan via analyses is aangetoond in de dikke mestfractie en het overschot aan spoelvloeistof. In de discussie zal hierop nader worden ingegaan.

3.7 Energieverbruik

Gedurende de proefperiode is het energieverbruik van het spoelproces gemeten. Er is onderscheid gemaakt tussen het energieverbruik door de beluchter en het energieverbruik door de overige onderdelen in het systeem: de scheider, de pompen en de automatisering. Figuur 10 toont het energieverbruik van het spoelsysteem, bij toepassing van twee scheidingsmethoden.

Uit figuur 10 blijkt dat in de periode waarin gebruik is gemaakt van de trilzeef in combinatie met de bezinkbassins het totale energieverbruik hoger was dan bij gebruik van de centrifuge. Respectievelijk is dit 81,1 en 77,9 kWh/d. Door het hogere scheidingsrendement van de beluchter is de energieconsumptie van de beluchter afgenomen met 4,3 kWh per dag ten opzichte van de periode waarin de uitgespoelde mest werd gescheiden met behulp van bezinking en zeving. Hoewel het geïnstalleerde motorvermogen van de trilzeef aanzienlijk lager was



Figuur 10: Het energieverbruik van het spoelsysteem bij toepassing van twee scheidingsmethoden.

dan het motorvermogen van de decanteer-centrifuge, heeft dit beperkte invloed gehad op het totale energieverbruik. Het geïnstalleerde motorvermogen van de centrifuge was met name nodig voor de opstart van de machine. Was de centrifugetrommel eenmaal op toeren, dan werd relatief weinig stroom verbruikt, namelijk 4 ampère bij 380 volt (opgenomen vermogen circa 1 kW). Daarnaast was bij het gebruik van de trilzeef een extra pomp nodig voor de aanvoer van dikke mest uit de bezinkbassins. De dunne fractie werd na zeping teruggeleid in de buffertank, waardoor de aanvoerpomp naar de bezinktank een groter volume naar de bezinkbassins moest verpompen (hoger energieverbruik) dan in de periode waarin de centrifuge werd gebruikt.

3.8 Ammoniakemissie

Vleesvarkens

In tabel 23 zijn de gemiddelde resultaten vermeld van de ammoniakemissie-metingen van vier opeenvolgende mest ronden in de periode 19-10-'93 tot 8-2-'95. De resultaten van de afzonderlijke rondes staan vermeld in bijlage 9.

De ammoniakemissie per dierplaats per jaar in de controle-afdeling (2,97 kg) komt overeen met de waarde voor traditionele stallen met een volledige roostervloer (3,0 kg), genoemd in de Uitvoeringsregeling van de Interimwet Ammoniak en Veehouderij. In de afdelingen met het Euralclar-spoelsysteem is een gemiddelde reductie mogelijk van 44 tot

50% ten opzichte van de controle-afdeling. De ammoniakemissies van de proefafdelingen liggen dicht bij elkaar.

In afdeling 3 is de temperatuur steeds hoger geweest dan in de afdelingen 1 en 2, ondanks de identieke instelling van de klimaatregelingen. Dit is mogelijk de oorzaak van de enigszins verhoogde emissie ten opzichte van de afdelingen 1 en 2. Hoewel de gemiddelde temperatuur in de afdelingen 1 en 2 slechts weinig verschilt, is er toch een verschil in de emissie gemeten. Omdat afdeling 1 aan de buitenmuur van de stal lag, zou de mesttemperatuur in de put van deze afdeling lager geweest kunnen zijn dan in de andere afdelingen. Een minder hoge mesttemperatuur resulteert in een lagere ammoniakemissie.

In de controle-afdeling was de temperatuur ook hoger dan in de afdelingen 1 en 2. Dit is echter een gevolg van de temperatuurinstelling, omdat in de controle-afdeling een volledige roostervloer aanwezig was.

Dragende en guste zeugen

De resultaten met betrekking tot de ammoniakemissie bij dragende en guste zeugen staan vermeld in tabel 24.

De ammoniakemissie per dierplaats per jaar in de controle-afdeling (4,13 kg) komt goed overeen met de emissiewaarde voor traditionele stallen (4,2 kg), genoemd in de Uitvoeringsregeling van de Interimwet Ammoniak en Veehouderij. In de afdeling met het Euralclar-spoelsysteem is een gemiddelde ammoniakemissie gerealiseerd van 1,75 kg

Tabel 23: Ammoniakemissiemetingen in drie afdelingen met vleesvarkens met een spoelsysteem ten opzichte van de controle-afdeling.

	afdeling 1 spoelen	afdeling 2 spoelen	afdeling 3 spoelen	afdeling 4 controle
temperatuur (°C)	18,8	18,5	20,0	20,0
ventilatie debiet (m³/h)	4.001	4.359	3.867	3.718
NH ₃ -concentratie (mg/m³)	4,35	4,22	4,80	8,77
NH ₃ -emissie (g/d)	377,7	401,8	414,8	732,4
NH ₃ -emissie (kg/dierpl/jr) ¹	1,48	1,61	1,67	2,97
aantal metingen/dag	13	13	13	13

¹ gecorrigeerd voor achtergrondconcentratie en bezetting van de hokken (90%)

per dierplaats per jaar. Dit is 58% lager dan de referentie-afdeling. De afdeling met spoelen kwam daarmee onder de Groen Label-drempelwaarde (2,5 kg).

In de periode waarin de ammoniakemissie werd vastgesteld kon worden gespoeld met spoelvloeistof met een relatief lage ammoniakconcentratie. Het gehalte ammoniakstikstof in de spoelvloeistof bedroeg tijdens de meetperiode 46 mg/l.

Kraamzeugen

In tabel 25 staan de gemiddelde emissieresultaten van de kraamafdelingen vermeld. Omdat gedurende de onderzoeksperiode gespoeld is met spoelvloeistof met een

variërend ammoniakgehalte, zijn de emissieresultaten in tabel 25 gegroepeerd naar het ammoniakgehalte in de spoelvloeistof. Hierdoor wordt een indruk verkregen van de invloed van het ammoniakgehalte in de spoelvloeistof op de ammoniakemissie uit de proefafdeling. De vergelijking van de emissieresultaten bij de verschillende ammoniakgehalten in de spoelvloeistof is niet geheel zuiver, omdat de meetperiodes niet gelijk zijn. Om de invloed van de temperatuur op de emissie te verkleinen en het effect van het ammoniakgehalte in de spoelvloeistof te verduidelijken, zijn de resultaten uit de proefafdeling ook gecorrigeerd weergegeven voor een gelijke afdelingstemperatuur van

Tabel 24: Ammoniakemissiemetingen in een afdeling met drachtige en guste zeugen met een spoelsysteem ten opzichte van een controle-afdeling.

	afdeling met spoelen	controle-afdeling
meetperiode	1-5-'95 t/m 28-7-'95	1-5-'95 t/m 28-7-'95
temperatuur (°C)	20,1	22,2
ventilatie-debiet (m³/h)	4.190	4.133
NH ₃ -concentratie (mg/m³)	1,99	4,69
NH ₃ -emissie (g/d)	188,4	434,6
NH ₃ -emissie (kg/dierpl/jr) ¹	1,75	4,13
aantal metingen/dag	26,9	26,4
NH ₃ -N in spoelvloeistof (mg/l)	46	

¹ gecorrigeerd voor achtergrondconcentratie (0,0577 mg/m³) en bezetting van de hokken (90%).

Tabel 25: Ammoniakemissiemetingen in de afdeling met kraamzeugen met het spoelsysteem ten opzichte van de controle-afdeling.

	controle afdeling	afdeling met spoelen	afdeling met spoelen	afdeling met spoelen
NH ₄ -N in spoelvlst (mg/l)		< 200	500 - 1.100	2.000 - 3.000
aantal kraamperiodes	11	4	6	5
temperatuur (°C)	21,2	24,4 (21) ²	20,8 (21) ²	21,5 (21) ²
ventilatie-debiet (m³/h)	1.600	2.040	1.683	1.820
NH ₃ -concentratie (mg/m³)	7,50	1,94	5,53	7,91
NH ₃ -emissie (g/d)	252,1	92,4	201,2	296,8
NH ₃ -emissie (kg/dierpl/jr) ¹	8,2	2,41 (1,96) ²	5,45 (5,52) ²	8,30 (8,31) ²
aantal metingen/dag	26,2	26,7	26,1	26,7

¹ gecorrigeerd voor achtergrondconcentratie en bezetting van de hokken (90%).

² gecorrigeerd voor een temperatuur van 21 °C.

21 °C. De ongecorrigeerde emissieresultaten van de afzonderlijke ronden zijn weergegeven in bijlage 10.

De ammoniakemissie per dierplaats per jaar in de controle-afdeling (8,2 kg) komt goed overeen met de emissiewaarde voor kraamafdelingen (8,3 kg), genoemd in de Uitvoeringsregeling van de Interimwet Ammoniak en Veehouderij. De ammoniakemissie van de proefafdeling vertoont een grote spreiding

Gedurende de ronden waarbij het gehalte ammoniakstikstof in de spoelvloeistof minder dan 200 mg/l bedroeg, werd een gemiddelde ammoniakemissie gemeten van 2,41 kg per dierplaats per jaar. Dit is ruim beneden de Groen Label-drempelwaarde van 4,0 kg per dierplaats per jaar.

Tijdens vijf ronden is gespoeld met een spoelvloeistof waarvan de concentratie ammoniumstikstof in dezelfde orde van grootte lag als de concentratie ammoniumstikstof van onbehandelde zeugenmest (2.000 - 3.000 mg N/l). De ammoniakemissie die tijdens deze ronden is vastgesteld komt in de buurt van de emissie van de referentie-afdeling, namelijk 8,30 kg per dierplaats per jaar. Tijdens de overige ronden varieerde het gemiddelde gehalte ammoniakstikstof in de spoelvloeistof tussen 500 en 1.100 mg/l. De gemiddelde ammoniakemissie gedurende deze ronden bedroeg 5,45 kg per dierplaats per jaar.

Gespeende biggen

In tabel 26 staan de gemiddelde emissieresultaten van negen opfokperioden van de

gespeende biggenafdelingen. De resultaten per ronde zijn weergegeven in bijlage 11.

De Groen Label-norm voor afdelingen met gespeende biggen bedraagt 0,3 kg ammoniak per dierplaats per jaar. Uit de metingen blijkt dat in de referentie-afdeling, met half-roostervloer met metalen driekantrasters, de Groen Label-norm bijna wordt gerealiseerd (Basisvoorziening biggen: 0,33 kg NH₃ per dierplaats per jaar; anoniem 1994). Ten opzichte van de referentie-afdeling leverde het spoelen van de proefafdeling gemiddeld een emissiereductie van 22%. De concentratie ammoniakstikstof in de spoelvloeistof varieerde gedurende de onderzoeksperiode tussen 522 en 1.055 mg/l, met uitzondering van één ronde waarbij de concentratie slechts 16 mg/l bedroeg. Gedurende deze ronde werd de laagste ammoniakemissie gemeten, namelijk 0,105 kg ammoniak per dierplaats per jaar (Bijlage 11).

3.9 Voedingsonderzoek

In tabel 27 staan de gemiddelde meetresultaten met betrekking tot de ammoniakemissie weergegeven van het voedingsonderzoek in de vleesvarkensafdelingen met spoelsysteem.

Uit tabel 27 kan de invloed van een lagere N-gift via het voer op de ammoniakemissie niet worden afgeleid. De ammoniakemissie is bij twee-, drie-, en multifasenvoeding nagenoeg gelijk. De iets lagere emissie bij tweefasenvoeding kan worden verklaard door de iets lagere gemiddelde afdelings-

Tabel 26: Ammoniakemissiemetingen in een afdeling met gespeende biggen met een spoelsysteem ten opzichte van een controle-afdeling.

	afdeling met spoelen	controle-afdeling
meetperiode	23-09-'93 t/m 21-12-'94	28-10-'93 t/m 21-12-'94
temperatuur (°C)	23,6	21,7
ventilatie-debiet (m ³ /h)	1.307	1.618
NH ₃ -concentratie (mg/m ³)	1,88	1,97
NH ₃ -emissie (g/d)	56,6	72,2
NH ₃ -emissie (kg/dierpl/jr) ¹	0,249	0,321
aantal metingen/dag	26,4	26,1

¹ gecorrigeerd voor achtergrondconcentratie en bezetting van de hokken (90%).

temperatuur. Verondersteld wordt dat als gevolg van de relatief grote emissiereductie vanwege het spoelen de (geringe) invloed van de voeding op de emissie niet aantoonbaar is.

3.10 Technische resultaten

De technische resultaten lagen in de gespoelde en de niet gespoelde afdelingen voor alle diercatergorieën op een gelijk niveau. De groei van de vleesvarkens lag globaal tussen 760 en 830 gram per dier per dag. De voederconversie was voor zowel de proef- als de referentie-afdeling gemiddeld 2,73. Bij de gespeende biggen varieerde de groei vanaf opleg tussen 340 en 400 gram en lag de voederconversie gemiddeld op 1,57. Bij de kraamafdelingen werden zowel bij de proef- als de referentie-afdeling gemiddeld 11,0 levend geboren en 10,0 gespeende biggen geregistreerd. De groei van de biggen in de zoogperiode bedroeg gemiddeld 216 gram per dier per dag.

3.11 Gezondheidsonderzoek

Verspreiding van ziekten
De resultaten van het microbiologisch onderzoek in de afdelingen en van de processtromen zijn weergegeven in respectievelijk de bijlagen 12 en 13. In één mengmonster faeces uit de referentie-afdeling met dragende zeugen werd een geringe hoeveelheid salmonella's aangetoond. Er heeft geen typering van deze salmonellabesmetting plaatsgevonden. In een eerder uitgevoerd oriënte-

rend onderzoek naar de aanwezigheid van salmonella op de onderzoekslocatie is bij een gering aantal dragende zeugen een lichte salmonellabesmetting van het onschuldige type Panama aangetoond. Kwaadaardige types konden hierbij niet worden aangetoond (Vesseur, 1996).

Uit het microbiologisch onderzoek van de processtromen blijkt dat een besmetting met salmonella zich kan uitbreiden over het gehele spoelsysteem (bijlage 13). In de metingen na het vaststellen van de besmetting met salmonella is de bacterie steeds opnieuw op enkele of meerdere plaatsen in het spoelsysteem aangetoond. Verondersteld wordt dat wanneer een besmetting van de spoelvloeistof met pathogenen eenmaal heeft plaatsgevonden, de bacterie in de vloeistofstroom aanwezig blijft en zich afhankelijk van de condities in de spoelvloeistof in min of meerdere mate zal manifesteren. De spoelvloeistof dient daarom te worden beschouwd als een potentiële besmettingsbron. In geen enkele afdeling heeft de aanwezigheid van salmonella in de spoelvloeistof echter geleid tot ziekteverschijnselen. Dit is te verklaren uit het feit dat er geen direct contact is tussen de spoelvloeistof onder de roosters en de dieren. Hergebruik van spoelvloeistof voor de reiniging van stallen moet worden afgeraden.

De totale hoeveelheid kiemen in de verschillende processtromen is nagenoeg gelijk. De totale kiemtelling bij 30°C ligt bij alle procesonderdelen gemiddeld tussen 10⁷ en 10⁸ kiemvormende eenheden per ml vloeistof.

Tabel 27: Ammoniakemissiemetingen in drie vleesvarkensafdelingen met een spoelsysteem in relatie tot de voermethode.

	tweefasen	driefasen	multifasen
temperatuur (°C)	18,5	19,3	19,2
ventilatie-debiet (m³/h)	4.079	4.006	4.172
NH ₃ -concentratie (mg/m³)	4,48	4,88	4,27
NH ₃ -emissie (g/d)	394,1	399,9	400,3
NH ₃ -emissie (kg/dierpl/jr) ¹	1,54	1,61	1,61
aantal metingen/dag	12,8	13,5	12,8

¹ gecorrigeerd voor achtergrondconcentratie en bezetting van de hokken (90%).

De hoeveelheid enterobacteriën lijkt samen te hangen met het drogestofgehalte van de processtromen. De hoeveelheid enterobacteriën in de dikke fractie na scheiding bedraagt circa 10^6 kiemvormende eenheden per ml. De hoeveelheid enterobacteriën in de processtroom met het laagste drogestofgehalte, de dunne fractie in de nabezinktank, bedraagt minder dan 10^4 kiemvormende eenheden per ml (zie tabel 28). Opmerkelijk is dat het aantal enterobacteriën in de beluchter globaal met een factor 20 afneemt ten opzichte van het aantal in de aangevoerde dunne fractie, terwijl het drogestofgehalte slechts weinig verschilt.

Vliegen

In tabel 29 staan de resultaten van het indicatieve onderzoek naar het voorkomen van huisvliegen in de verschillende afdelingen. Het aantal dagen waarop is gemeten is minder dan gepland, omdat gedurende één meetweek het spoelcircuit niet functioneerde. Bij de kraamzeugen en de vleesvarkens is nog een meetperiode verwijderd, omdat de cycli in de proef- en controleafdelingen

niet synchroon waren.

Het lijkt erop dat in de afdelingen die gespoeld worden (zonder vliegenbestrijding) het aantal vliegen over het algemeen lager is dan in de controle-afdelingen (met vliegenbestrijding). Deze tendens is omgekeerd bij de vleesvarkens. Het is niet aan te geven wat de reden hiervan is. Er zijn te weinig meetresultaten beschikbaar om significante verschillen te kunnen aantonen,

3.12 Het Alclar-proces

3.12.1 Samenstelling van de spoelvloeistof

Figuur 11 toont het verloop van een aantal componenten in het verzamelde overschot aan spoelvloeistof. Het betreft een aantal stoffen die met behulp van het Alclarproces konden worden verwijderd. Onopgeloste bestanddelen in de vloeistof zijn voorafgaand aan de analyses verwijderd. Het CZV-gehalte in de te behandelen spoelvloeistof varieerde gedurende de meetperiode tussen 2,5 en 4,5 kg/m³. Dit houdt verband met de proefvariaties met betrekking tot de scheider en de beluchter. Het CO₃-

Tabel 28: Relatie tussen het drogestofgehalte en de hoeveelheid enterobacteriën in de processtromen.

Processtroom	Drogestofgehalte (g/kg) (bijlage 7)	Entrobacteriaceae (kol/ml) (bijlage 13)
buffertank	28,5	177.000
dun scheider	22,6	183.000
dik scheider	204,3	1.120.000
beluchter	21,9	10.800
dun nabezinker	20,5	8.930

Tabel 29: Resultaten van de vliegtellingen in gespoelde en niet gespoelde afdelingen.

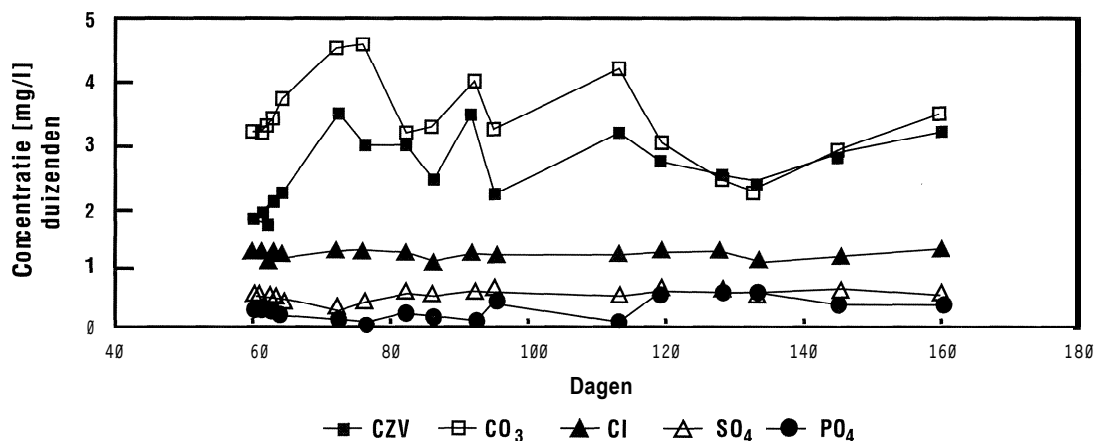
	afdelingen met spoelen				afdelingen zonder spoelen			
	dagen	vliegen	vliegen/ dag	STD	dagen	vliegen	vliegen/ dag	STD
vleesvarkens	13	126	9,7	7,9	13	89	6,8	5,1
gespeende biggen	15	70	4,7	3,0	15	109	7,3	2,6
kraamzeugen	13	69	5,3	1,6	13	86	6,6	36,
drachtige zeugen	21	90	4,3	3,7	21	150	7,1	1,5

gehalte volgde dezelfde trend als het CZV-gehalte. Naarmate de aanvoer van CZV naar de beluchter toenam, zal meer CZV zijn afgebroken en zal meer CO_2 zijn gevormd (stofwisselingsproduct). Het CO , vormt een evenwicht met HCO_3^- (bicarbonaat) en CO_3^{2-} (carbonaat). Het SO_4^{2-} en Cl^- gehalte zijn relatief constant gebleven. Deze bestanddelen worden tijdens een scheidings- en/of beluchtingsproces niet verwijderd. Het verloop van het PO_4^{3-} gehalte vertoonde een omgekeerd evenredige tendens met het CZV-gehalte. Het is mogelijk dat door een

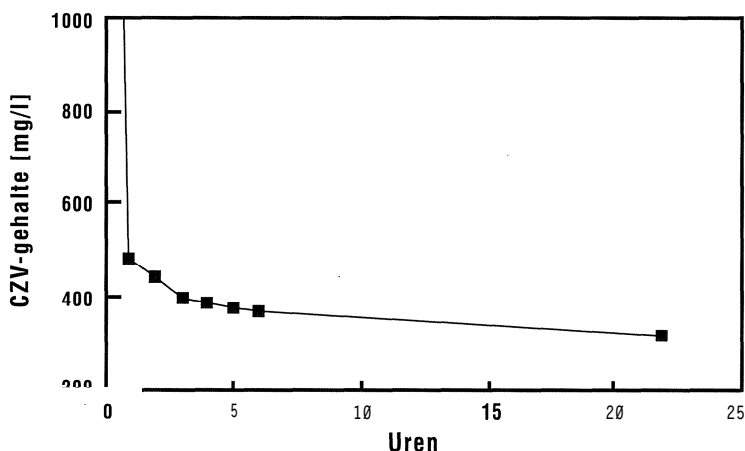
verhoogde aanvoer van CZV meer of sneller anaerobe plaatsen in het beluchtingssysteem zijn ontstaan (zie paragraaf 3.4). Defosfaterende bacteriën slaan tijdens aerobe omstandigheden fosfaat op als energievoorraad. Tijdens anaerobe omstandigheden wordt deze voorraad aangesproken en komt het fosfaat weer in oplossing.

3.12.2 Bepaling van de reactietijd van de Alclarbehandeling.

Figuur 12 toont de invloed van de reactietijd op het CZV-gehalte in het effluent van de



Figuur 11: Verloop van de CZV-, CO_3 -, Cl-, SO_4 -, PO_4 -gehaltenes in de spoelwloeistof (Helle, 1994b).



Figuur 12: Invloed van de reactietijd op het CZV-gehalte in het effluent bij de behandeling van spoelwloeistof met behulp van het Alclarproces (Helle, 1994b).

behandeling van spoelvroestof met behulp van het Alclarproces. De dosering van kalk en Alclarproduct bedroeg bij deze proefnemingen elk 5 kg per m³ spoelvroestof. Uit figuur 12 blijkt dat gedurende het eerste uur van de Alclarreactie het grootste deel

van het CZV wordt vastgelegd. Tijdens de proefnemingen bedroeg de afname van het CZV-gehalte na één uur circa 80%. Na drie uur reactietijd neemt het CZV-gehalte relatief weinig af en is de snelheid van de CZV-reductie relatief gering.

Tabel 30: Invloed van de dosering van Alclarproduct en kalk op het CZV-gehalte en de extinctie bij 345 nm van het effluent. (Reactietijd is bij alle proefnemingen 3 uur.)

Code ¹ behandeling A/B	3/5	4/5	5/5	10/5	10/0	4/10	3/7	6/3
Totaal gedoseerd (kg/m ³ influent)	8	9	10	15	10	14	10	9
CZV (mg/l)	618	521	401	270	624	442	587	548
Extinctie	0,77	0,68	0,56	0,32	0,73	0,54	0,71	0,70

¹ Code A/B: A = Alclardosering (kg/m³ influent), B = kalkdosering (kg/m³ influent).

Tabel 31: CZV-gehalte en extinctie van het effluent bij drie procesvariëaties.

Procesvariëatie	Enkelvoudig Code 5/5/3/0 ¹	Tegenstroom Code 5/5/3/0	Voorbehandeling Code 5/3/3/3
CZV (mg/l)	401	414	511
Extinctie	0,560	0,524	0,721

¹ Code A/B/C/D: A = Alclardosering (kg/m³ influent), B = kalkdosering (kg/m³ influent), C = reactietijd (uren), D = voorbehandeling met kalk (kg/m³).

Tabel 32: Influent- en effluentgehalten bij de behandeling van bezonken spoelvroestof met behulp van het Alclarproces in de pilot-opstelling.

- Alclardosering	5,0	kg/m ³
- Kalkdosering	5,2	kg/m ³
- Reactietijd	3,1	uur
- Sedimentatietijd	31	uur

Analyse	Eenheid	Influent	Std.	Aantal metingen	Effluent	Std.	Aantal metingen
DS	g/kg	14,1	0,8	12	16,9	1,8	4
DS-SS	g/kg	15	0,7	12	4,4	1,0	4
c z v	mg/l	6.408 ¹	1.175	12	5.638	470	4
PO ₄	mg/l	138	18	12	87	14	4
NH ₄ -N	mg/l	830	187	12	604	226	4
PH		85,	02,	12	97,	03,	4

3.12.3 Dosering van kalk en Alclarproduct
In tabel 30 staan de resultaten van de behandeling van spoelwater met verschillende hoeveelheden kalk en Alclarproduct.

Uit tabel 30 blijkt dat, bij een reactietijd van 3 uur en een kalkdosering van 5 kg/m^3 , bij een hogere dosering Alclarproduct de CZV-verwijdering toenam en het effluent verder ontkleurde.

Wanneer de proeven waarbij de totale hoeveelheid gedoseerde additieven gelijk is vergeleken, dan kunnen twee zaken opgemerkt worden. Ten eerste is bij een gelijke gewichtsdosering aan additieven (de som van kalk en Alclarproduct) het zuiveringsresultaat niet consequent beter wanneer het aandeel Alclarproduct groter is. Ten tweede kan worden opgemerkt dat wanneer alleen Alclarproduct en geen kalk werd gedoseerd het zuiveringsresultaat slechter was dan in alle overige proeven.

Figuur 13 toont het verloop van het CZV-gehalte en de extinctie van het effluent van de Alclarbehandeling bij de behandeling van spoelwater. Steeds zijn dezelfde procescondities aangehouden, namelijk: dosering van 5 kg/m^3 Alclarproduct, dosering van 5 kg/m^3 kalk en hantering van een reactietijd van 3 uur.

Uit figuur 13 blijkt dat bij aanvang van de proefnemingen het CZV-gehalte van de

spoelwaterstof teruggebracht kon worden tot circa 400 mg/l . Gedurende de onderzoeksperiode varieerde het zuiveringsresultaat sterk en werden CZV-gehalten tot maximaal 800 mg/l gemeten. Het effluent van de Alclarbehandeling bleef licht geel van kleur.

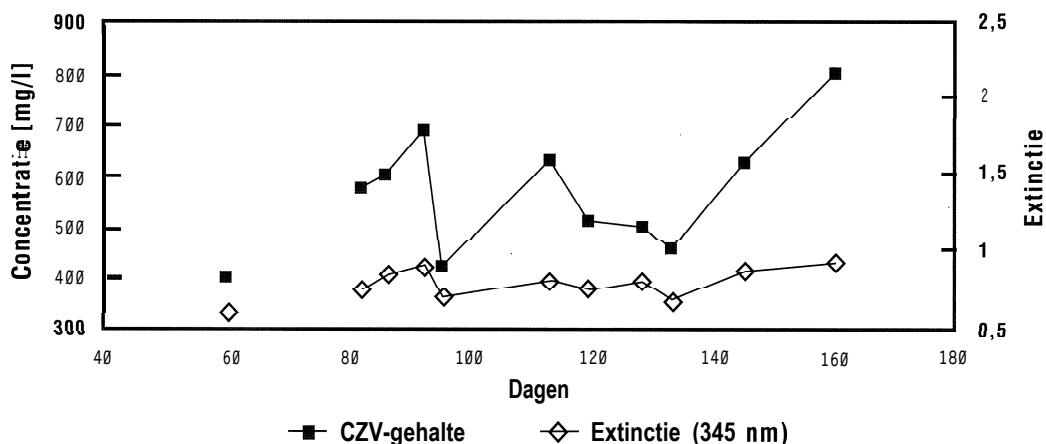
3.12.4 Procesvoering

Tabel 31 toont de zuiveringsresultaten van de drie procesvarianten voor het CZV-gehalte en de extinctie.

De tegenstroombehandeling en de tegenstroombehandeling met voorbehandeling gaven geen verbetering van het zuiveringsresultaat.

3.12.5 Proeven op pilot-schaal

In tabel 32 staan de resultaten vermeld van de drie experimenten die zijn uitgevoerd met behulp van de pilot-opstelling onder dezelfde procescondities. Hierbij is de enkelvoudige procesvoering gehanteerd. De proeven zijn uitgevoerd met spoelwaterstof die gedurende enkele weken was opgeslagen. Door bezinking was het gehalte zwevende bestanddelen tot een aanvaardbaar niveau teruggebracht ($1,5 \text{ g/l}$). Omdat zwevende bestanddelen het adsorptieproces kunnen verstoren werd een gehalte van minder dan $0,5 \text{ g/l}$ wenselijk geacht (Helle, 1994a). Gedurende de gehele proefperiode is het niet mogelijk gebleken het spoelproces zodanig aan te passen dat het gehalte zwe-



Figuur 13: Verloop van het CZV-gehalte en de extinctie van het effluent van het Alclarproces bij behandeling van spoelwater.

vende bestanddelen in de spoelvroestof beneden het gewenste niveau daalde. Als uitgangspunt voor de pilotproeven zijn dezelfde procescondities aangehouden als tijdens de laboratoriumexperimenten, namelijk: dosering van 5 kg/m³ Alclarproduct, dosering van 5 kg/m³ kalk en hantering van een reactietijd van 3 uur.

Uit tabel 32 blijkt dat de toegevoegde kalk en het Alclarproduct in de bezinkfase niet volledig werden afgescheiden, gezien de hoge drogestof- en suspended solidsgehalten in het effluent. De verwijdering van CZV en PO₄ is daarom gering, respectievelijk 12 en 37%. De vermindering van de hoeveel-

heid ammonium in het effluent wordt toegeschreven aan het uitdrijven van ammoniak ten gevolge van de hoge pH. Tijdens de proefnemingen werd een sterke ammoniakgeur waargenomen.

De analyseresultaten van het bezonken minerale slib zijn niet in de tabel opgenomen. Omdat het roerwerk in de slibopvangtank niet functioneerde was het niet mogelijk representatieve monsters te nemen. De tabellen 33 tot en met 35 tonen de invloed van respectievelijk de reactietijd, de Alclardosering en de kalkdosering op het Alclarproces bij de bewerking van bezonken spoelvroestof.

Tabel 33: Invloed van de reactietijd op de effluentsamenstelling bij behandeling van spoelvroestof met behulp van het Alclarproces.

Experiment Code ¹	Gerealiseerd Code	DS (g/kg)	DS-SS (g/kg)	c z v (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)
5/5/1	5,2/7,2/2,4	15,5	3,3	5.168	121	681
5/5/3	5,0/5,2/3,1	16,9	4,4	5.638	87	604
5/5/6	5,9/6,0/7,4	16,0	43 ,	4.585	98	564

¹ Code A/B/C: A = Alclardosering (kg/m³ influent), B = kalkdosering (kg/m³ influent), C = reactietijd (uren).

Tabel 34: Invloed van de Alclardosering op de effluentsamenstelling bij behandeling van spoelvroestof met behulp van het Alclarproces.

Experiment Code ¹	Gerealiseerd Code	DS (g/kg)	DS-SS (g/kg)	c z v (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)
0/5/3	0,0/5,1/3,0	15,6	3,3	7.450	88	1.030
5/5/3	5,0/5,2/3,1	16,9	4,4	5.638	87	604
10/5/3	9,7/4,7/2,9	20,2	37 ,	5.078	45	936

¹ Code A/B/C: A = Alclardosering (kg/m³ influent), B = kalkdosering (kg/m³ influent), C = reactietijd (uren).

Tabel 35: Invloed van de kalkdosering op de effluentsamenstelling bij behandeling van spoelvroestof met behulp van het Alclarproces.

Experiment Code ¹	Gerealiseerd Code	DS (g/kg)	DS-SS (g/kg)	c z v (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)
5/0/3	5,1/0,0/3,0	21,2		5.307	94	594
5/5/3	5,0/5,2/3,1	16,9	4,4	5.638	87	604
5/10/3	9,7/4,7/2,9	14,3		3.475	29	434

¹ Code A/B/C: A = Alclardosering (kg/m³ influent), B = kalkdosering (kg/m³ influent), C = reactietijd (uren).

Uit de tabellen 33 tot en met 35 blijkt dat de gerealiseerde doseringen en de reactietijd afwijken van de gewenste doseringen en reactietijd. De reden voor deze afwijking is de instabiliteit van de pompdebieten tijdens de proeven. Gedurende de experimenten zijn de pompdebieten om de twee uur gecontroleerd en bijgesteld. Tevens kan uit de tabellen worden afgeleid dat in geen van de gevallen de bezinking van de mineralen volledig is geweest. Alle effluënten (tabellen 33 t/m 35) hadden een hoger drogestof- en suspended solidsgehalte dan het influent in tabel 32. De invloed van de reactietijd op de zuiveringsresultaten kan met behulp van de analysecijfers niet worden aangetoond. De waarde van en de variatie in de resultaten ten gevolge van de variatie in de reactietijd ligt in dezelfde orde van grootte als bij duplo-experimenten (tabel 33). De invloed van de Alclardosering op het zuiveringsresultaat is op basis van de resultaten eveneens moeilijk aan te tonen. Opmerkelijk is het lage fosfaatgehalte bij een Alclardosering van 10 kg/m^3 (tabel 34). Ook bij een kalkdosering van 10 kg/m^3 is een relatief lage fosfaatconcentratie gemeten (tabel 35). Ook het CZV-gehalte bij deze experimenten is duidelijk lager dan bij de andere experimenten. De bezinking van de toegevoegde producten is bij dit experiment beter verlopen dan bij de andere experimenten, gezien het relatief lage drogestofgehalte van het effluent. De gemiddelde PO₄-verwijdering over alle proeven bedroeg 41%. Maximaal werd een PO₄-verwijdering van 79% vastgesteld. Visueel kon geen verschil tussen de effluen-

ten van de verschillende experimenten worden waargenomen, Alle effluënten waren troebel en bruin-geel van kleur.

3.12.6 Zuivering van effluent uit de nabezinktank

Onderzocht is of de behandeling van het effluent uit de nabezinktank van het spoelproces tot betere zuiveringsresultaten zou leiden. Tabel 36 toont de influent- en effluentgehalten van het Alclarproces bij de behandeling van effluent uit de nabezinktank van het spoelsysteem.

Uit tabel 36 blijkt dat bij de behandeling van effluent uit de nabezinktank van het spoelproces een bezinktijd van drie uur onvolgende is voor het bezinken van de toegevoegde additieven. In de bovenstaande vloeistof werd ook na een bezinktijd van zes uur een hoger drogestofgehalte gemeten dan in het influent. Bij geen van de proeven werd een heldere vloeistof verkregen. Ook na een bezinktijd van meer dan vijf dagen bleef de bovenstaande vloeistof troebel en licht bruin van kleur. Visueel waren geen duidelijke verschillen in de zuiveringsresultaten van de vijf proeven waarneembaar. De gemiddelde CZV-verwijdering bedroeg 24%, met een maximum van 31%. De gemiddelde PO₄- verwijdering bedroeg 34%, met een maximum van 80%. Behandeling van effluent uit de nabezinktank leidde niet tot verbetering van het zuiveringsresultaat van het Alclarproces ten opzichte van behandeling van het overschot aan spoelvloeistof.

Tabel 36: Influent- en effluentgehalten van het Alclarproces bij de behandeling van effluent uit de nabezinktank van het spoelsysteem.

Behandeling Code ¹	Droge stof (%)	CZV (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)
Influent	1,39	6.785	217
Effluent			
5/5/3/3	1,55	5.526	47
5/10/3/3	1,58	4.677	66
10/5/3/3	1,95	4.794	96
5/0/3/3	1,60	5.901	72
5/5/3/6	1,72	4.860	92

¹ Code A/B/C/D: A = Alclardosering (kg/m^3 influent), B = kalkdosering (kg/m^3 influent), C = reactietijd (uren), D = bezinktijd.

4 ECONOMISCHE EVALUATIE

Het is mogelijk spoelsystemen op gesloten bedrijven toe te passen. In de economische evaluatie is echter onderscheid gemaakt tussen vleesvarkens- en zeugenbedrijven. De reden hiervoor ligt in de wijze van procesvoering die is toegepast in dit onderzoek. In dit onderzoek is om verschillende redenen gekozen voor het beluchten van een vastgestelde deelstroom van de uitgespoelde mest in plaats van beluchten van de totale hoeveelheid uitgespoelde mest. Door keuze van de grootte van de deelstroom kan het ammoni-

umgehalte in de spoelvoerstof worden ingesteld. Gebleken is dat voor een gewenste emissiereductie in zeugenstallen het ammoniumgehalte in de spoelvoerstof absoluut gezien verder moet worden teruggebracht dan wanneer vleesvarkensstallen worden gespoeld. De reden hiervoor is dat het ammoniumgehalte in vleesvarkensmest hoger is dan in zeugenmest. Daarom is gekozen voor het berekenen van de investerings- en jaarkosten van het spoelsysteem voor vleesvarkens- en zeugenbedrijven afzonderlijk.

Tabel 37: Uitgangspunten voor de berekening van de investeringsbedragen en jaarkosten van het spoelsysteem voor vleesvarkensbedrijven.

Post	Investering excl. 17,5% BTW		Eenheid	Bron
Aantal vleesvarkens	1.000	3.000		
<i>Investeringskosten</i>				
Rioleringssysteem	40	35	per dierplaats	Offerte
Pompput	165	165	per m ³	KWIN
Buffertank	165	165	per m ³	KWIN
Bezinkbassin	150	140	per m ³	Offerte
Tri lzeef	25.000	40.000	1	Offerte
Centrifuge	100.000	150.000		Offerte
Beluchtingssilo	75	75	per m ³	KWIN
Overkapping	1.300	1.300	per m	KWIN
Beluchter + zuurstofmeting	30.000	60.000		Offerte
Spoelbuffer	165	165	per m ³	KWIN
Leidingen en ventielen	25.000	70.000	1	Offerte
Pompen	15.000	20.000	1	Offerte
Automatisering	30.000	30.000	1	Offerte
Montage	15.000	20.000	1	Offerte
Mestopslag	65	50	per m ³	KWIN
Minderkosten ondiepe kelders	75	75	per m ³	KWIN
<i>Jaarkosten</i>				
Rente, afschrijving, onderhoud	Volgens richtlijnen		%	KWIN
Energieprijs	0,18	0,18	f/kWh	KWIN
Opgenomen vermogen	Inschatting		kW	Dit onderzoek
Looptijd pompen	Inschatting		uur	Dit onderzoek
Mestproductie	13,	1,3	m ³ /dpl/jaar	KWIN
Mestafzetprijs	15	15	f/m ³	KWIN
Verdamping	20	20	%	Dit onderzoek

¹ Waarde voor 3.000 vleesvarkens is ingeschat aan de hand van offerte/literatuurgegevens voor 1.000 vleesvarkens.

4.1 Spoelsysteem voor vleesvarkensbedrijven

De economische evaluatie voor vleesvarkensbedrijven is uitgevoerd voor een bedrijfsgrootte van 1.000 en 3.000 vleesvarkens. Ook is nagegaan in welke mate de wijze van mestscheiding invloed heeft op de jaarkosten van het proces. Berekend zijn de investeringsbedragen en de jaarkosten bij gebruik van bezinking en zeven als mestscheidingstechniek en bij het gebruik van een decanteercentrifuge.

De uitgangspunten voor de berekening van de investering en de jaarkosten staan weergegeven in tabel 37. De uitgangspunten zijn ontleend aan offertes, Kwantitatieve Informatie Veehouderij 1995 -1996 (KWIN), en gegevens uit dit onderzoek.

In tabel 38 staan de berekende investeringen en jaarkosten voor de aangegeven varianten van het spoelsysteem voor vleesvarkensbedrijven weergegeven. De volledige specificering van de kosten is opgenomen in de tabellen van bijlage 14. De investeringsbedragen en jaarkosten die zijn weergegeven betreffen de meerprijs en -kosten van de stal met spoelsysteem en ondiepe kelders ten opzichte van een stal zonder spoelsysteem met diepe mestkelders.

Uit tabel 38 blijkt dat de investeringskosten per vleesvarkensplaats bij een bedrijfsgrootte van 1.000 vleesvarkensplaatsen respectievelijk f 202,- en f 269,- bedragen, bij toe-

passing van bezinken en zeven en bij toepassing van een decanteercentrifuge als scheidingsmethode. Het verschil in de jaarkosten wordt met name bepaald door het verschil in de hoogte van de benodigde investeringen voor de beide varianten. Met betrekking tot de jaarkosten voor mestafzet is gerekend met een afname van het mestvolume van 20% ten gevolge van verdamping. De vermindering van de mestafzetkosten kan echter groter zijn, afhankelijk van de beschikbare landbouwgrond voor aanwending van de spoelvloeistof. Voor waterige fracties, zoals spoelvloeistof, worden begin 1997 nieuwe aanwendingsnormen van kracht (Essink, 1996). In de discussie zal nader worden ingegaan op de financiële aspecten van deze normen met betrekking tot het spoelsysteem.

De jaarkosten voor energie en de minderkosten voor mestafzet zijn per dierplaats voor beide varianten gelijk. De totale jaarkosten voor een bedrijf met 1.000 vleesvarkens bedragen voor de beide varianten respectievelijk f 45,- en f 64,- per dierplaats per jaar.

Uit tabel 38 kan een grote invloed van de schaalgrootte op de investeringskosten worden afgeleid. De investeringsbedragen bij toepassing van het spoelsysteem op een bedrijf met 3.000 vleesvarkensplaatsen nemen afhankelijk van de gebruikte scheidingsmethode af tot f 115,- tot f 140,- per dierplaats. De totale jaarkosten bedragen bij een bedrijfsgrootte van 3.000 vleesvarkensplaatsen f 27,- per dierplaats bij toepassing

Tabel 38: Investeringsbedragen en jaarkosten van het spoelsysteem voor bedrijven met 1.000 en 3.000 vleesvarkens en toepassing van bezinken en zeven of toepassing van een decanteercentrifuge voor de scheiding van de uitgespoelde mest.

Variant	Investering f/dpl	Jaarkosten investering f/dpl	Energie- kosten f/dpl	Mestafzet f/dpl	Totaal jaarkosten f/dpl
1.000 vleesvarkens					
- bezinken en zeven	202	36	13	-4	45
- decanteercentrifuge	269	55	13	-4	64
3.000 vleesvarkens					
- bezinken en zeven	115	21	10	-4	27
- decanteercentrifuge	140	29	10	-4	35

van bezinken en zeven en f 35,- bij toepassing van centrifuge als scheidingstechniek.

4.2 Spoelsysteem voor zeugenbedrijven

De berekening van de investeringsbedragen en de jaarkosten voor het spoelsysteem voor zeugenbedrijven is uitgevoerd voor een

bedrijfsomvang van 200 en 400 productieve zeugen. In de berekeningen is onderscheid gemaakt in de wijze van de toegepaste mestscheiding. De toepassing van zeven en bezinken en de toepassing van een decan-tercentrifuge zijn doorerekend. In tabel 39 staan de uitgangspunten voor de berekeningen weergegeven.

Tabel 39: Uitgangspunten voor de berekening van de investeringsbedragen en jaarkosten van het spoelsysteem voor zeugenbedrijven.

Post	Investering excl. 17,5% BTW		Eenheid	Bron
Aantal productieve zeugen	200	400		
<i>Investeringskosten</i>				
Riolering KOH	198	185	per hok ^{1) 3)}	KWIN
Riolering BOH	206	195	per hok ^{1) 3)}	KWIN
Riolering voerligboxen	58	55	per hok ^{1) 3)}	KWIN
Pompput	165	165	per m ³	KWIN
Buffertank	165	165	per m ³	KWIN
Bezinkbassin	150	140	per m ³	Offerte
Tri lzeef	25.000	25.000	²⁾	Offerte
Centrifuge	100.000	100.000	²⁾	Offerte
Beluchtingssilo	75	75	per m ³	KWIN
Overkapping	1.300	1.300	per m	KWIN
Beluchter + zuurstofmeting	20.000	30.000	³⁾	Offerte
Spoelbuffer	165	165	per m ³	KWIN
Leidingen en ventielen	32.000	60.000	³⁾	Offerte
Pompen	15.000	20.000	³⁾	Offerte
Automatisering	30.000	30.000	³⁾	Offerte
Montage	15.000	20.000	³⁾	Offerte
Mestopslag	65	50	per m ³	KWIN
Minderkosten ondiepe kelders				
- voor KOH	290	290	per hok	KW N
- voor BOH	185	185	per hok	KW N
- voor voerligboxen	155	155	per hok	KW N
<i>Jaarkosten</i>				
Rente, afschrijving, onderhoud Volgens richtlijnen			%	KW N
Energieprijs	0,18	0,18	f/kWh	KW N
Opgenomen vermogen	Inschatting			Dit onderzoek
Looptijd pompen	Inschatting			Dit onderzoek
Mestproductie	5,2	5,2	m ³ /d p l/jaar	KWIN
Mestafzetprijs	15	15	f/m ³	KWIN
Verdamping	20	20	%	Dit onderzoek

¹ Berekening van de aantallen hokken in % van het aantal productieve zeugen KOH = 25%, BOH = 33%, ligboxen = 84% (Anoniem, 1993b).

² Kleinste uitvoering volstaat ook bij bedrijfsomvang van 400 zeugen.

³ Waarde bij 400 zeugen ingeschat aan de hand van offerte/literatuur voor 200 zeugen.

In tabel 40 staan de berekende investeringen en jaarkosten voor de aangegeven varianten van het spoelsysteem voor zeugenbedrijven aangegeven. De volledige specificering van de kosten is opgenomen in de tabellen in bijlage 15. De kosten die zijn weergegeven betreffen de meerkosten van een stal met spoelsysteem ten opzichte van een stal zonder spoelsysteem met diepe mestkelders.

Uit tabel 40 blijkt dat de investeringsbedragen per productieve zeug bij een bedrijfsgrootte van 200 zeugen afhankelijk van de gekozen mestscheidingstechniek, respectievelijk f 1.035,- en f 1.370,- bedragen. Het verschil in jaarkosten wordt met name bepaald door het verschil in de hoogte van de benodigde investering voor de mestscheiding. Met betrekking tot de jaarkosten voor mestafzet is rekening gehouden met een afname van het mestvolume van 20% ten gevolge van verdamping. Evenals bij vleesvarkens kan de vermindering van de mestafzetkosten groter zijn. Voor waterige fracties, zoals spoelvoestof, worden begin 1997 nieuwe aanwendingsnormen van kracht (Essink, 1996). In de discussie zal nader worden ingegaan op de financiële gevolgen van deze normen met betrekking tot het spoelsysteem. De jaarkosten voor energie en de minderkosten voor mestafzet zijn per dierplaats voor beide varianten gelijk. De totale jaarkosten voor een bedrijfsgrootte van 200 productieve zeugen bedragen bij toepassing van bezinken en zeven

als mestscheiding f 210,- per zeug en bij toepassing van centrifuge f 304,- per zeug. Uit tabel 40 blijkt tevens de invloed van de schaalgrootte op de investerings- en jaarkosten. De benodigde investering per productieve zeug bedraagt bij een bedrijfsgrootte van 400 zeugen f 750,- tot f 850,-, afhankelijk van de gekozen scheidingstechniek. De totale jaarkosten per productieve zeug bedragen bij een bedrijfsgrootte van 400 zeugen f 145,- als bezinken en zeven als scheidingsmethode wordt ingezet en f 186,- als gebruik wordt gemaakt van een decanteercentrifuge als mestscheidingsstechniek.

4.3 Alclarbehandeling

Bij de berekening van de investeringskosten en jaarkosten van de behandeling van het overschot aan spoelvoestof met behulp van het Alclarproces, is uitgegaan van de meest eenvoudige procesvoering. Het overschot aan spoelvoestof wordt gemengd in een homogenisatietank en wordt vervolgens naar een reactievat gepompt. In het reactievat vindt onder intensieve menging de dosering van kalk en het Alclarproduct plaats. De behandelde voestof stroomt vervolgens onder vrij verval naar de bezinktank waar de neerslagproducten van de toegevoegde kalk en Alclarproduct uitzakken en gescheiden worden van de voestoffase. Bij de berekening van de investering en de jaarkosten voor het Alclarproces is, aansluitend op de voorgaande paragrafen, uitgegaan

Tabel 40: Inversteringsbedragen en jaarkosten van het spoelsysteem voor bedrijven met 200 en 400 zeugen en toepassing van bezinken en zeven of toepassing van een decanteercentrifuge voor de scheiding van de uitgespoelde mest.

Variant	Investering f /dpl	Jaarkosten investering f/dpl	Energie- kosten f /dpl	Mestafzet f /dpl	Totaal jaarkosten f /dpl
200 zeugen					
- bezinken en zeven	1.035	182	44	-16	210
- decanteercentrifuge	1.370	277	43	-16	304
400 zeugen					
- bezinken en zeven	750	123	38	-16	145
- decanteercentrifuge	850	164	38	-16	186

van een bedrijfsgrootte van 1.000 en 3.000 vleesvarkens en een bedrijfsgrootte van 200 en 400 zeugen. De uitgangspunten die zijn gehanteerd bij de dimensionering van het Alclarproces staan weergegeven in tabel 41.

De prijzen voor de benodigde vloeistofvaten, pompen en mengers zijn ontleend aan diverse catalogi. De overige investeringsbedragen en de te hanteren rente-, afschrijvings- en onderhoudspercentages voor de berekening van de jaarkosten zijn ontleend aan Kwantitatieve INformatie Veehouderij 1995 -1996 (KWIN). De relatief kleine hoeveelheid neerslagproducten van het effluent wordt samen met de dikke fractie mest uit

het spoelsysteem opgeslagen en afgezet. Er zijn geen extra kosten berekend voor de opslag van de neerslagproducten. De bestemming van het effluent en de daarmee samenhangende kosten zijn afhankelijk van de samenstelling van het effluent. De minderkosten voor mestafzet als gevolg van het uitrijden van het effluent volgens de geldende BGDM-normen voor waterige fracties, zijn niet in de berekening van de jaarkosten meegenomen. In de discussie zal hier nader op in worden gegaan. Tabel 42 toont de berekende investeringen en jaarkosten voor het Alclarproces bij verschillende bedrijfsgrootten.

Tabel 41: Uitgangspunten met betrekking tot de dimensionering van het Alclarproces ten behoeve van de berekening van de investering en de jaarkosten.

Onderdeel		Eenheid	Bron
<i>Volume:</i>			
Mestproductie vleesvarkens	1,3	m ³ /j aar	KWIN
Mestproductie zeugen	5,2	m ³ /j aar	KWIN
Verdamping in spoelsysteem	20	%	Dit onderzoek
Dikke fractie spoelsysteem	25	%	Dit onderzoek
Te behandelen vloeistof	55	%	
<i>Proces:</i>			
Reactietijd	3	uur	Dit onderzoek
Bezinktijd	2	dagen	
Kal dosering	5	kg/m ³	Dit onderzoek
Dosering Alclarproduct	5	kg/m ³	Dit onderzoek

¹ Een bezinktijd van drie uur, zoals tijdens de proefneming werd gehanteerd, bleek onvoldoende voor het afscheiden van fijn zwevend materiaal. Een bezinktijd van twee dagen is ontleend aan de proefnemingen van De Kleijn en Voermans (1988).

Tabel 42: Investeringsbedragen en jaarkosten voor het Alclarproces voor bedrijven met 1.000 en 3.000 vleesvarkens en voor bedrijven met 200 en 400 zeugen.

Bedrijf	Investering f /dpl	Jaarkosten investering f /dpl/j	Energie f /dpl/j	Additieven kalk/Alclar f /dpl/j	Totaal jaarkosten f /dpl/j
1.000 vleesvarkens	48	9	5	6	20
3.000 vleesvarkens	21	4	3	6	13
200 zeugen	238	44	24	22	90
400 zeugen	140	25	21	22	68

Voor een vleesvarkensbedrijf met 1.000 dierplaatsen en een vleesvarkensbedrijf met 3.000 dierplaatsen bedragen de jaarkosten respectievelijk f 20,- en f 13,- per dierplaats per jaar. Voor een zeugenbedrijf met 200 productieve zeugen en een zeugenbedrijf met 400 productieve zeugen bedragen de totale jaarkosten respectievelijk f 90,- en f 68,- per dierplaats per jaar. Het schaalef-

fect wordt met name veroorzaakt door de afname van de benodigde investering per dierplaats bij toenemende bedrijfsgrootte. Voor het proces kunnen bij de verschillende bedrijven nagenoeg dezelfde (kleine) pompen en mengers worden ingezet. Ook zijn de kosten voor de automatisering en het leidingenwerk voor de verschillende bedrijven gelijk.

5 DISCUSSIE

Technisch functioneren

Tijdens de onderzoeksperiode hebben zich regelmatig storingen voorgedaan waardoor één of meerdere afdelingen gedurende een periode van enkele dagen tot enkele weken niet gespoeld konden worden. Met name de automatisch bediende afsluiters van de mestputten, het besturingssysteem van het spoelproces en de decanteercentrifuge veroorzaakten regelmatig storingen. De afsluiters van de mestputten werden pneumatisch bediend. Bij vorst bestond het gevaar op bevrozing van condens in de luchtleidingen en de luchtcylinders van de afsluiters die buiten de stallen geplaatst waren. Bij nieuwbouw kunnen de afsluiters van de mestputten in de centrale gang van de stal worden gemonteerd, zodat schade door vorst niet kan optreden. Het besturingssysteem was in dezelfde ruimte geplaatst als waar de mestscheiding van het spoelproces plaatsvond. In deze ruimte werden ook regelmatig proeven uitgevoerd waarbij mest werd bewerkt. Ten gevolge van de relatief hoge ammoniakconcentratie in deze ruimte is enkele malen storing opgetreden door aantasting van de printplaten van het besturingssysteem. Beschadiging van de printplaten kan worden voorkomen door het besturingssysteem te plaatsen in een ruimte waarin geen ammoniak vrijkomt.

Bij toepassing van decanteercentrifuges voor de scheiding van mest is het belangrijk vooraf het zand uit de mest te verwijderen. Zand veroorzaakt een sterke slijtage van de decanteerschroef in de centrifuge. Tijdens de proefperiode zijn in de buffertank van waaruit de mest naar de centrifuge werd geleid de roerwerken uitgeschakeld, zodat het zand kon bezinken. Op deze wijze kon de slijtage van de decanteerschroef worden beperkt. Het is van belang dat de decanteerschroef en de centrifugetrommel zijn vervaardigd van hoogwaardige metalen.

Nitrificatieproces

In tegenstelling tot eerdere proefnemingen met bereiding van beluchte spoelvloeistof

(Hoeksma et al., 1993) is het mogelijk gebleken om het nitrificatieproces stabiel te laten verlopen. Omwille van het onderzoek zijn regelmatig controles verricht, maar ingrepen in het proces waren niet noodzakelijk. Het behandelen van een deelstroom van de spoelvloeistof in plaats van de totale hoeveelheid maakt het eenvoudiger om de benodigde slijbleeftijd voor nitrificatie te realiseren. Vermeld dient te worden dat in periodes van vorst de inhoud van de beluchtingstank is verwarmd tot boven 15°C, om sterke afname van de nitrificatiecapaciteit te voorkomen. Het is mogelijk om de temperatuur in de beluchter ook zonder aanvullende verwarming op niveau te houden door de beluchtingstank te overkappen en "warme" ventilatielucht uit de stal onder de overkapping te leiden. Met deze werkwijze zijn in de praktijk goede resultaten behaald (Visser en van Everdingen, 1995).

Verondersteld is dat een deel van het via nitrificatie gevormde nitraat gedurende het beluchtingsproces is gedenitrificeerd. Deze veronderstelling is aangenomen omdat de hoeveelheid stikstof die via het influent naar de beluchter werd aangevoerd groter was dan de hoeveelheid stikstof die via het effluent uit de beluchter werd afgevoerd. Ook kon ammoniakgas in de afvoerlucht van de beluchter worden aangetoond.

Stikstofoxiden bleken bij enkele indicatieve metingen slechts in zeer geringe concentratie in de afvoerlucht van de beluchter aanwezig te zijn. Het optreden van denitrificatie in het beluchtingssysteem mocht tijdens proefnemingen worden verwacht bij het toepassen van nabezinking met slijbretournering (zie paragraaf 3.4.1). Echter ook in de periode waarbij geen slijbretournering plaatsvond zou nog circa 45% van de gedenitrificeerde stikstof zijn gedenitrificeerd.

Een deel van het stikstofverlies zou echter tevens kunnen worden verklaard doordat bij de bemonstering van de beluchtingstank geen speciale voorzorgsmaatregelen zijn genomen voor het voorkomen van denitrificatie in het monster. De monsters zijn weliswaar direct ingevroren, maar gedurende de

afkoelingsperiode van de monsters zou een deel van het aanwezige nitriet en nitraat voor de werkelijke analyse kunnen zijn gedenitrificeerd. Het is daarom mogelijk dat bij analyse van het monster uit de beluchtingsruimte in het laboratorium een lager nitriet- en nitraatgehalte werd gemeten dan in werkelijkheid tijdens het beluchtingsproces aanwezig was.

Nabezinking

Het bezinken en retourneren van actief slib naar de beluchter heeft tijdens de proefperiode niet goed gefunctioneerd. De bezinkbaarheid van het slib was op zichzelf redelijk. De gemiddelde slibvolume-index bedroeg 125 ml/gr slib. Het probleem was echter dat het suspended solidsgehalte in de beluchter te hoog was. Dit suspended solidsgehalte in de beluchter bleek sterk afhankelijk van het suspended solidsgehalte van het influent, waardoor het extra spuien van slib nauwelijks invloed had op het suspended solidsgehalte in de beluchtingsruimte. Tijdens de intensieve meetperiode 1 (bijlage 7) werd een gemiddeld gehalte aan suspended solids gemeten van 9,11 gr/l. Bij een SVI van 125 ml/gr slib betekent dit dat het slib aanwezig in 1 liter slibmengsel uit de beluchter een rekenkundig volume zou innemen van ruim 1.100 ml. Uiteraard vindt in de praktijk enige indikking van het slib plaats en is de bezinktijd aanzienlijk langer dan de 30 minuten bij de vaststelling van de SVI. Maar het geeft aan dat het aanwezige slib met het aangehechte water zoveel volume inneemt dat er nauwelijks ruimte resteert om te bezinken. Langzame uitzakking van de slibdeeltjes zal wel plaatsvinden, waardoor de slibconcentratie van boven naar beneden in de nabezinktank toeneemt. Door het indikken van het slib onder invloed van de zwaartekracht wordt het water tussen de slibdeeltjes omhoog geperst. Hierdoor wordt de bezinking van hogere sliblagen gehinderd.

P-Balans

De berekening van de hoeveelheid fosfor (P) die in het spoelsysteem is gebracht is gebaseerd op meting van het ingebrachte mestvolume en de P-gehalten in de mest, op

basis van de cijfers van de Werkgroep Uniformering Berekening Mest- en Mineralencijfers van 1992 (WUM, 1994). Van Brakel et al. (1996) berekenden met behulp van de TEA-2000-bedrijfsresultaten van 1995 en het MINAS-model de gemiddelde uitscheiding van fosfaat op 5,0 kg per gemiddeld aanwezig vleesvarken en 14,0 kg per gemiddeld aanwezige zeug. Deze actuele waarden liggen respectievelijk 13,7 en 24,4% lager dan de uitscheidingscijfers voor fosfaat van 1992 volgens de WUM. Hiermee is een belangrijk deel van het tekort op de fosforbalans in tabel 22 verklaard.

Het rapport van de Werkgroep Uniformering berekening Mest- en Mineralencijfers (1994) is bij de berekeningen voor de massabalansen als uitgangspunt gekozen, omdat in dit rapport zowel de uitscheiding van mineralen als de mestvolumeproductie per dier en per diercategorie zijn aangegeven.

Ammoniakemissie

Het is voor alle diercategorieën mogelijk om door middel van het spoelen van mestputten met een ammoniakarme spoelvloeistof de ammoniakemissie te reduceren tot beneden het Groen Label-niveau.

Ten gevolge van storingen in het spoelproces, variaties in de concentratie ammoniak in de spoelvloeistof en variaties in de afdelingstemperatuur zijn ook hogere emissies gemeten dan de Groen Label-drempelwaarde. De invloed van de ammoniakconcentratie in de spoelvloeistof op de ammoniakemissie komt met name tot uitdrukking bij de kraamafdelingen (tabel 25). Wanneer gespoeld wordt met een vloeistof met een ammoniakconcentratie die globaal op gelijk niveau ligt als die van de onbehandelde mest, mag door het spoelen juist een hogere emissie verwacht worden. Tijdens het spoelen en aflaten wordt het contactoppervlak tussen lucht en vloeistof intensief ververst, waardoor de emissie toeneemt.

De invloed van de ammoniakconcentratie in de spoelvloeistof op de emissie komt bij de biggen- en vleesvarkensafdelingen minder duidelijk tot uitdrukking. Een mogelijke verklaring is dat de variatie in de ammoniakconcentratie in de spoelvloeistof in de

kraamafdelingen relatief (en absoluut) groter was dan in de andere afdelingen. Bij de vleesvarkens varieerde de gemiddelde ammoniakconcentratie per ronde tussen 582 en 1.671 mg N/l. Uitgaande van 4.500 mg/l ammoniak-N in normale vleesvarkensmest, betekent dit dat de gemiddelde ammoniakconcentratie in de spoelvloeistof per ronde varieerde tussen 13 en 37% van de normale ammoniakconcentratie in de (vleesvarkens) mestput. Bij de kraamafdelingen varieerde de gemiddelde ammoniakconcentratie per ronde tussen 28 en 2.899 mg N/l. Uitgaande van circa 2.500 mg/l ammoniak-N in normale zeugenmest, betekent dit dat de gemiddelde ammoniakconcentratie in de spoelvloeistof varieerde tussen 1 en 116% van de normale ammoniakconcentratie in de mestput. Bij een grotere procentuele variatie van de concentratie ammoniak in de mestput mag een grotere procentuele variatie van de emissie verwacht worden.

De emissiereductie bij de vleesvarkens- en biggenafdelingen mag niet alleen toegeschreven worden aan het spoelsysteem. Het gebruik van metalen roosters in plaats van betonnen roosters draagt ook bij aan de vermindering van de ammoniakemissie. Ter Elst-Wahle en Den Brok (1996) vonden een gemiddelde ammoniakemissie van 1,9 kg per dierplaats per jaar in een afdeling met vleesvarkens met 0,29 m² bolle dichte vloer per dier, alle roosters van metalen driekant en een mestspleet van 10 cm tegen de achterwand van het hok. Bij traditionele vleesvarkenshokken met betonnen halfroostervloer bedraagt de emissie 2,5 kg per dierplaats per jaar (Anoniem, 1994). Voermans en Hendriks (1996a) vonden voor een vergelijkbare hokuitvoering voor gespeende biggen bij gebruik van metalen driekantrorsters en 5 cm mestspleet een emissie van 256 gram per dierplaats per jaar. De ammoniakemissie uit traditionele gespeende biggenafdelingen bedraagt 600 gram per dierplaats per jaar (Anoniem, 1994).

Voeding

Van der Peet-Schwering et al. (1996) vonden bij vleesvarkens, gehuisvest in hokken met 0,3 m² dichte bolle vloer per dierplaats, 0,4 m²

metalen driekantrorsters per dierplaats en een mestspleet van 10 cm, een gemiddelde daling van de ammoniakemissie met 16,8% wanneer multifasenvoeding werd toegepast in plaats van tweefasenvoeding. De invloed van twee-, drie- of multifasenvoeding op de ammoniakemissie bij gespoelde vleesvarkensafdelingen kon in dit onderzoek niet worden aangetoond. In het spoelsysteem wordt de mest sterk verdund met spoelvloeistof. Verschillen in stikstofuitscheiding ten gevolge van twee-, drie- of multifasenvoeding worden door de verdunning uitgevlakt, waardoor ook de invloed op de ammoniakemissie wordt uitgevlakt. Daarnaast is de emissiereductie bij spoelsystemen aanzienlijk groter dan bij de huisvestingsmaatregelen in het onderzoek van Van der Peet-Schwering et al. (1996), waardoor de bijdrage van voedingsmaatregelen op de emissiereductie naar verwachting minder goed aantoonbaar zal zijn.

Alclarproces

Het is haalbaar gebleken het fosfaatgehalte in het effluent van het Alclarproces te verlagen tot beneden 0,1 kg/m³. Verlenging van de bezinktijd zal een positieve invloed hebben op de verwijdering van gesuspendeerde kalk- en Alclardeeltjes, en daarmee op de verwijdering van fosfaat. Bij de kalvergierzuiveringsinstallaties is het defosfateren van beluchte mestvloeistoffen met behulp van kalk reeds enige jaren operationeel. Een dosering van 2,0 tot 2,5 kg kalk/m³ gier brengt het fosfaatgehalte terug van 300 tot 30 mg P / l (Willers en Ten Have, 1991). Gezien de resultaten van de defosfatering bij kalvergierzuiveringen staat het gebruik van het Alclarproduct voor de verwijdering van fosfaat uit de beluchte spoelvloeistof ter discussie. Te meer omdat tijdens de proefnemingen met beluchte spoelvloeistof geen onderscheid gemaakt kon worden tussen de invloed van de kalk- of Alclardosering op het zuiveringsresultaat.

Het effluent van het Alclarproces voldoet niet aan de lozingsnormen voor het riool en dient gekarakteriseerd te worden als een dunne mestvloeistof met een laag fosfor- en stikstofgehalte. Voor de aanwending van het

Alclareff luent zijn de aanwendingsnormen voor waterige fracties van het Besluit Gebruik Dierlijke Meststoffen (BGDM) van toepassing. De mogelijkheden voor aanwending van het effluent van de Alclarbehandeling zijn hierdoor niet beter dan de aanwendingsmogelijkheden voor beluchte spoelvloeistof. Toepassing van het Alclarprocédé ter verbetering van de aanwendingsmogelijkheden van de spoelvloeistof is dan ook niet zinvol.

Energie

Tabel 43 toont het energieverbruik voor transport en aanwenden van mest. Ook het energieverbruik van enkele verwerkingstechnieken is aangegeven. Hoewel ruim 20% van de mest in het spoelsysteem verdampt en de vrijkomende waterige fractie in relatief grote hoeveelheden op nabij gelegen percelen kan worden aangewend (N-gehalte in elke geval minder dan 2.500 mg/l), leidt dit niet tot energiewinst vergeleken met de situatie waarbij alle mest over grote afstand zou moeten worden getransporteerd. Het energieverbruik van het spoelsysteem per m³ waterige fractie bedroeg in dit onderzoek

circa 77,9 kWh/dag (= 280 MJ/dag). Dagelijks werd circa 1,36 m³ mest verwerkt. De energiebehoefte per m³ ingaande mest kan daarmee worden berekend op 206 MJ/m³. De energiebehoefte voor transport van mest over 150 km bedraagt circa 177 MJ/m³ (Gruithuijzen, 1995).

De mestbehandeling in het spoelsysteem vraagt meer energie dan de overige behandelingsmethoden in tabel 23. De reden hiervoor is dat naast mest een grote hoeveelheid spoelvloeistof moet worden rondgepompt en behandeld. Ook is door de verdamping van een deel van het effluent het energieverbruik van het mestspoelsysteem, uitgedrukt per m³ effluent, extra ongunstig. Het bewerken van mest in het spoelsysteem is geen doelstelling op zichzelf, maar een middel voor het verkrijgen van een ammoniakarme vloeistof. Een deel van het energieverbruik zou daarom moeten worden toegerekend aan het emissie-arme huisvestingsstelsel. Het is echter onmogelijk om aan te geven welk deel van het energieverbruik kan worden toegeschreven aan mestbewerking en welk deel aan emissiereductie, omdat beide onderdelen één geheel vormen.

Tabel 43: Energieverbruik voor transport, aanwending van mest en verschillende verwerkingstechnieken (Gruithuijzen, 1995).

Behandeling	Energieverbruik	
Transport over 150 km	± 117	MJ/m ³
Emissie-arm aanwenden	24	MJ/m ³
Verrengen	2,5	MJ/m ³
Centrale mestverwerking	± 1.288	MJ/m ³
Indampen (8 - 10 x concentreren)	65	MJ/m ³ eff luent
Indampen + omgekeerde osmose	75	MJ/m ³ eff luent
Omgekeerde osmose	54 - 97	MJ/m ³ eff luent
Bezinken + beluchten	54	MJ/m ³ eff luent
Mestspoelsysteem ¹	206	MJ/m ³ ingaande mest
	460	MJ/m ³ eff luent

¹ Dit onderzoek

Economische evaluatie

In de economische evaluatie zijn de kosten voor extra arbeid niet meegenomen. De extra arbeid die het spoelsysteem met zich meebrengt bestaat uit visuele controle van het proces, begeleiding van de installateur bij storingen en het eventueel verplaatsen van dikke fractie van de mestscheider naar een opslag, wanneer verpompen niet mogelijk zou zijn. Het extra aantal uren arbeid dat met deze activiteiten verband houdt, wordt ingeschat op 50 tot 100 uur op jaarbasis. Naar verwachting zal hiervoor geen extra arbeid worden ingehuurd. De taken van de ondernemer en/of de medewerker(s) nemen iets toe.

Bij de berekening van de jaarkosten van het spoelsysteem is rekening gehouden met vermindering van de mestafzetkosten als gevolg van verdamping van 20% van het geproduceerde mestvolume. De vermindering van de mestafzetkosten kan echter groter zijn wanneer men kan beschikken over voldoende bouw- en/of grasland voor de aanwending van waterige fracties. Voor waterige fracties, zoals spoelvloeistof, worden begin 1997 nieuwe aanwendingsnormen van kracht (Essink, 1996). Indien de waterige fractie minder dan 200 mg/l N bevat mag de vloeistof onbeperkt worden aangewend. De opslag hoeft niet afgedekt te zijn en de aanwending hoeft niet

emissie-arm te gebeuren. Wanneer het N-gehalte in de waterige fractie hoger dan 200 mg/l, maar lager dan 2.500 mg/l is, dienen de opslag en aanwending wel emissie-arm te zijn. Er mag van deze vloeistof 50 m³ per ha bouwland en 100 m³ per ha grasland worden aangewend. Voor waterige fracties met een N-gehalte boven 2.500 mg/l bedragen de toegestane aanwendingshoeveelheden 25 en 50 m³ per ha voor respectievelijk bouw- en grasland. Uiteraard mag in geen van de gevallen de plaatsingsruimte voor fosfaat worden overschreden door aanwending van de waterige fractie.

De spoelvloeistof die tijdens dit onderzoek is geproduceerd valt in de categorie waarbij 50 m³ per ha bouwland en 100 m³ per ha grasland mag worden aangewend. Wanneer gerekend wordt met mestafzetkosten van f 15,-/m³ en kosten voor emissie-arm opslaan en aanwenden van f 7,50/m³, wordt voor elke m³ waterige fractie die niet behoeft te worden afgezet maar op nabij gelegen percelen kan worden uitgereden, f 7,50 bespaard. Wanneer voldoende akkerland beschikbaar is om alle geproduceerde spoelvloeistof aan te wenden, kan maximaal 50% bespaard worden op het af te zetten mestvolume. Wanneer spoelvloeistof bereid wordt met een N-gehalte van minder dan 200 mg/l, kunnen de kosten voor mestafzet nog verder dalen omdat vloeistoffen met een dergelijk laag stikstofgehalte niet emissie-

Tabel 44: Maximale besparing op mestafzetkosten bij toepassing van het spoelsysteem (besparing in guldens/dierplaats/jaar.)

Uitgangspunten	Berekening	Vleesvarkens	Zeugen
50% waterige fractie		1,3	5,2
Aanwenden/opslag f 7,50/m ³		(m ³ /dier/jaar)	(m ³ /dier/jaar)
Afzetkosten f 15,-/m ³			
Verregenen f 2,-/m ³			
Waterige fractie:			
200 < N-gehalte < 2.500 mg/l	50% x mestproductie x (15 - 7,50)	f 4,68	f 19,50
50 m ³ /ha bouwland			
100 m ³ /ha grasland			
N-gehalte < 200 mg/l	50% x mestproductie x (15-2)	f 8,13	f 33,80
onbeperkt aanwenden			

arm behoeven te worden opgeslagen of aangewend en in grotere hoeveelheden kunnen worden uitgereden. Tabel 44 toont de maximale afname van de mestafzetkosten bij toepassing van het spoelsysteem.

De minderkosten voor mestafzet in tabel 44 zijn exclusief de minderkosten voor mestafzet die voortvloeien uit verdamping van vloeistof in het spoelsysteem zoals aangegeven in de tabellen 38 en 40.

Opgemerkt dient te worden dat via de waterige fractie ook een relatief kleine hoeveelheid fosfaat op het land wordt gebracht. Hierdoor kan minder normale mest (of dikke fractie) worden aangewend voor het invullen van de plaatsingsruimte. Bij de berekeningen in tabel 44 is hiermee geen rekening gehouden. Ook zijn kosten voor bemonstering en analyse niet meegerekend.

Uit tabel 44 blijkt dat indien het N-gehalte van de spoelvloeistof ligt tussen 200 en 2.500 mg/l en wanneer alle geproduceerde spoelvloeistof kan worden aangewend, de mestafzetkosten afnemen met ruim f 8,- per vleesvarkensplaats en ruim f 35,- per zeugenplaats. Bij een bedrijfsgrootte van 3.000 vleesvarkens dient men om alle spoelvloeistof te kunnen aanwenden te beschikken over 37,5 ha bouwland of 18,8 ha grasland, hetgeen vaak niet het geval zal zijn. Bij een bedrijfsgrootte van 400 zeugen dient men te kunnen beschikken over 20,8 ha bouwland of 10,4 ha grasland.

Wanneer de spoelvloeistof minder dan 200 mg/l N bevat is de maximale besparing op de mestafzetkosten groter dan wanneer de spoelvloeistof een hoger N-gehalte bevat (tabel 44). De spoelvloeistof met minder dan 200 mg N/l kan onbeperkt worden aangewend, waardoor geen minimale oppervlakte akkerland vereist is.

Opgemerkt dient te worden dat naarmate een lager stikstofgehalte in de spoelvloeistof gewenst is, de kosten voor beluchting toenemen, waardoor een deel van de besparing weer teniet wordt gedaan.

Perspectief van het spoelsysteem

Uit de economische evaluatie blijkt dat voor een spoelsysteem op een vleesvarkensbedrijf van 3.000 plaatsen de extra jaarkosten

circa f 27,- per dierplaats bedragen bij toepassing van zeven en bezinken als scheidingsmethode en circa f 35,- per dierplaats wanneer een centrifuge wordt ingezet.

De jaarkosten kunnen afnemen wanneer de waterige fractie die uit het proces vrijkomt op nabij gelegen percelen kan worden uitgereden. Wanneer de waterige fractie minder dan 200 mg N/l bevat, zouden de jaarkosten maximaal kunnen afnemen met circa f 8,- per dierplaats tot f 19,- à f 27,- per dierplaats afhankelijk van de toegepaste scheidingstechniek. Deze jaarkosten zijn nog altijd hoger dan de jaarkosten voor mestkoeling, een Groen Label-systeem met een voor vleesvarkens vergelijkbare emissiereductie. Den Brok en Verdoes (1996) berekenen de jaarkosten voor het mestkoelsysteem voor een bedrijfsgrootte van 1.840 dierplaatsen op circa f 18,- per plaats.

De jaarkosten voor het spoelsysteem op een zeugenbedrijf met 400 zeugen bedragen afhankelijk van de gekozen scheidingstechniek f 145,- tot f 186,- per dierplaats per jaar. Voor de zeugenhouderij zijn eveneens emissie-arme stalsystemen beschikbaar die goedkoper zijn dan het spoelsysteem. Bij de kraamafdelingen kan door het creëren van een apart mest- en (reinigings)waterkanaal in de mestput het emissieniveau tot 4,0 kg per dierplaats per jaar worden gereduceerd. De extra jaarkosten voor dit Groen Label-systeem bedragen voor een bedrijfsgrootte van 172 zeugen circa f 24,10 per dierplaats (Den Brok et al., 1996). Ook voor guste- en dragende-zeugenafdelingen en voor biggenafdelingen zijn Groen Label-systemen beschikbaar op basis van eenvoudige huisvestingsmaatregelen. De extra jaarkosten voor de aanleg van een smal mestkanaal in de dragende zeugenstal bedragen circa f 16,50 per dierplaats (Voermans en Hendriks, 1996b). De jaarkosten voor een optimaal hok voor biggen met bolle vloer en metalen driekantrasters met mestspleet bedragen circa f 0,95 per dierplaats (Voermans en Hendriks, 1996a). Door de hoge jaarkosten is het perspectief voor het spoelproces vooralsnog gering. Wanneer de mestafzetkosten stijgen en de besparing op de mestafzetkosten verder kan toenemen, zal daarmee ook het perspectief voor het spoelen met beluchte spoelvloeistof toenemen.

6 CONCLUSIES

Het nitrificatieproces ten behoeve van de bereiding van spoelvloeistof kan zonder toezicht stabiel functioneren. Een gemiddelde slibleeftijd van vier dagen bij een temperatuur van 23 - 25°C is voldoende gebleken voor het handhaven van nitrificerende bacteriën in het beluchtingssysteem. Door het behandelen van een deelstroom van de hoeveelheid spoelvloeistof kan de volumebelasting van de beluchtingtank sterk worden verminderd, waardoor de minimale slibverblijftijd (slibleeftijd) voor nitrificatie eenvoudiger te realiseren is.

Met behulp van het spoelen met beluchte spoelvloeistof kan de ammoniakemissie uit de afdelingen van alle diercategorieën sterk gereduceerd worden. De gemiddelde ammoniakemissie die tijdens dit onderzoek is gerealiseerd ligt hoger dan onder praktijkomstandigheden haalbaar wordt geacht. De reden hiervoor is de sterke variatie van de ammoniakconcentratie in de spoelvloeistof tijdens het onderzoek.

De ammoniakemissie in kg per dierplaats per jaar is weergegeven in tabel 45.

De invloed van een verminderde stikstofgift via het voer op de ammoniakemissie in vleesvarkensafdelingen waarbij het spoelproces werd toegepast kon niet worden aangetoond.

Pathogenen kunnen via de spoelvloeistof in alle afdelingen terecht komen waar het spoelproces wordt toegepast. In dit onderzoek heeft dit niet geleid tot meer ziekte

onder de dieren. De reden daarvoor lijkt het feit dat er geen direct contact tussen dieren en spoelvloeistof mogelijk is.

De verdamping in het spoelsysteem bedraagt 22 - 25%. Dit resulteert in een hoger drogestofgehalte van de af te zetten mest. Het drogestofgehalte van de afgevoerde mest bedraagt 20 - 23%. De afgevoerde dikke fractie bevat ongeveer 20% van de geproduceerde stikstof en ruim 70% van de geproduceerde fosfaat.

Hoewel ruim 20% van de mest in het spoelsysteem verdampt en de vrijkomende waterige fractie in relatief grote hoeveelheden op nabij gelegen percelen kan worden aangevend, leidt dit niet tot energiewinst vergeleken met de situatie waarbij alle mest over grote afstand zou moeten worden getransporteerd. De energiebehoefte voor de verwerking van mest in het spoelsysteem bedraagt 206 MJ/m³. De energiekosten voor transport over 150 km bedragen circa 117 MJ/m³.

De extra jaarkosten van het spoelsysteem bedragen voor een bedrijf met 3.000 vleesvarkens f 27,- per dierplaats bij toepassing van bezinken en zeven als scheidingstechniek en f 35,- per dierplaats wanneer de scheiding via centrifuge plaatsvindt. Wanneer de spoelvloeistof minder dan 200 mg N/l bevat, nemen de jaarkosten door vermindering van de mestafzetkosten maximaal af met f 8,-, tot f 19,- à f 27,- per dierplaats. Bij een hogere N-concentratie in de spoelvloeistof, maar lager dan 2.500 mg/l, is de

Tabel 45: Ammoniakemissie in kg per dierplaats per jaar

Afdeling	g e m i d d e l d per ronde	standaard afwijking rondes	reductie t.o.v. norm (Anoniem, 1994)
Vleesvarkens	1,57	0,42	37%
Kraamzeugen	5,22	2,16	37%
Biggen	0,25	0,07	58%
Dragende zeugen	1,75 ¹		58%

¹ meetperiode: drie opeenvolgende maanden

maximale besparing kleiner, namelijk circa f 5,- per vleesvarkensplaats.

De extra jaarkosten van het spoelsysteem voor een bedrijf met 400 zeugen bedragen, afhankelijk van de gekozen scheidingstechniek, f 145,- tot f 186,- per dierplaats. De jaarkosten kunnen maximaal afnemen met circa f 34,- per dierplaats door vermindering van de mestafzetkosten wanneer de spoelvloeistof minder dan 200 mg N/l bevat. De besparing bedraagt maximaal f 20,- per zeugenplaats bij hogere N-gehalten in de af te zetten spoelvloeistof.

Het perspectief voor het mestspoelsysteem is momenteel gering, omdat voor alle dierca-

tegorieën goedkopere alternatieven op de markt aangeboden worden. Het perspectief van het mestspoelsysteem neemt toe wanneer bij stijgende mestafzetkosten de haalbare besparing op de mestafzetkosten toeneemt.

Het perspectief van het Alclarproces voor de zuivering van spoelvloeistof is gering. Afgezien van een bescheiden afname van het fosfaatgehalte en het CZV-gehalte werd nauwelijks effect van de behandeling op de effluentsamenstelling waargenomen. Hierdoor zijn de afzetmogelijkheden van het effluent nauwelijks beter dan de afzetmogelijkheden van de fosfaat- en stikstofarme spoelvloeistof.

LITERATUUR

Anoniem 1982. *Slib - Bepaling van de slib-volume-index* (s. v.i.). NEN 6624, Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.

Anoniem 1993a. *Notitie Derde Fase Mest- en Ammoniakbeleid*. Tweede kamer, vergaderjaar 1992-1993, 1982, nr. 34, SDU-Uitgeverij, 's-Gravenhage.

Anoniem 1993b. *Handboek voor de Varkenshouderij*. IKC-Veehouderij, Ede, ISBN 0926-4612; nr. 37.

Anoniem 1994. *Uitvoeringsregeling ammoniak en veehouderij*. Interimwet ammoniak en veehouderij, Ministerie van VROM en LNV, St.crt.nr. 162, Den Haag

Anoniem 1995. *Integrale Notitie mest- en ammoniakbeleid*. Ministerie van LNV, Tweede kamer, vergaderjaar 1995-1996, 24 445, nr. 1, SDU-uitgeverij, 's-Gravenhage.

Benneworth, N.E. et al. 1972. *Removal of ammonia by air stripping*. Graduate School of Water Resources Technology, University of Birmingham. Water Pollution Control, 485-492.

Brakel, C.E.P. van, J. Geurts, G.B.C. Backus, 1996. *MiAR of mineralenboekhouding?* Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen, Proefverslag nr. P1. 144.

Brok, G.M. den en N. Verdoes 1996. *Effect van mestkoeling op de ammoniakemissie uit een vleesvarkensstal*. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen, Proefverslag nr. P1.155.

Brok, G.M. den, M.P. Voermans, M.G.M. Vrielink en C.E.P. van Brakel 1997. *Ammoniakemissie en kosten van een aantal huisvestingssystemen*. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen, Proefverslag nr. P1,169.

Burton, C.H., R.W. Sneath and J.W. Farrent 1993. *The effect of continuous aerobic treatment on the fate of nitrogen components in*

piggery slurry. Proceedings of the First International Symposium on Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences. Wageningen, 404-409.

Elst-Wahle, E.R. ter en G. M. den Brok 1996. *Effect van voeruitvoering op hokbevuiling en ammoniakemissie bij vleesvarkens*, Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen, Proefverslag nr. P1. 154.

Essink 1996. Ministerie van LNV, persoonlijke mededeling.

Evans, M.R., R. Hissett, M.P.W. Smith, D.F. Ellam and S. Baines 1979. *Effect of micro-organism residence time on aerobic treatment of piggery wast*. Agricultural Wastes (1), Applied Science Publishers Ltd.

Feenstra, L, en F. van Voorneburg 1992. *Mestscheiding bij centrale mestverwerking*. ICM, ISBN 90-80091, Wageningen.

Gruithuijzen P.B.C et al. 1995. *Effluent uit mestbewerking op boerderijniveau*. Oplossingen voor de knelpunten in de regelgeving voor de aanwending van effluent uit mestbewerkingsystemen op boerderijniveau: werkgroep "Effluent uit mestbewerking op boerderijniveau".

Hartog, L.A. den en J.A.M. Voermans 1994. *Naar veehouderij in balans. 10 jaar FOMA onderzoek*, Onderzoek inzake mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 19 (Varkens), DLO, Wageningen, ISBN 0926-7085

Have, P.J.W. ten en J.J.M. Schellekens 1994. *Een verkenning van de mogelijke gevolgen van de introductie van nieuwe stalsystemen en van mestbewerking op bedrijfsniveau voor fabrieksmatige verwerking van varkensmest*. Informatie Centrum Mestverwerking, Wageningen, ISBN 90-74926-05-3

Helle, D. 1994a. LFI, persoonlijke mededeling.

- Helle, D. 1994b. *Alclear treatment of the biological effluent from the flushing system of Sterksel*. Intern rapport, Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen.
- Hoeksma, P., J. Oosthoek, N. Verdoes en J.A.M. Voermans 1993. *Reductie van ammoniakemissie uit varkensstallen door mestspoelen met beluchte spoelvloeistof*. Rapport 93-23, IMAG-DLO, Wageningen.
- IKC Veehouderij, 1995. *Kwantitatieve informatie veehouderij 1995- 1996*. Informatie en Kennis Centrum Veehouderij, Ede. Publicatie nr. 6-96.
- Kleijn, J.P.L. de en J.A.M. Voermans 1991. *Scheiding van zeugenmest door bezinking*. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen, Proefverslag nr. PI .62.
- Klooster, CE. van 't, B.P. Heitlager and J.P.B.F. van Gastel 1992. *Measurement systems for emissions of ammonia and other gasses at the Research Institute for Pig Husbandry*. Rosmalen, report P3.92.
- Koot, A.C.J. 1980. *Behandeling van Afvalwater*. ISBN 9021230763, Waltman, Delft.
- Peet-Schwering C.M.C. van der, N. Verdoes, M.P. Voermans en G.M. Beelen 1996. *Effect van voeding en huisvesting op de ammoniakemissie uit vleesvarkensstallen*. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen, Proefverslag nr. P1. 145.
- Perry, R. and D. Green 1984. *Perrys chemical engineers handbook*. McGraw-Hill, ISBN 049479-7.
- Piekema, P.G. 1988. *Dimensioneringsgrondslagen van nitrificatie en denitrificatie in het actief slibproces*. Dossier 0-4910-32-012, Technische Universiteit, Delft.
- Vesseur, P.C., persoonlijke mededeling. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen.
- Visser, R.O.J.E. en N.G.C. van Everdingen 1995. *Proefproject met ontmestings- en spoelsysteem*. Eindrapportage SPOM-nr. A-93-119, Farmex Milieutechniek, Drachten.
- Voermans, M.P. en H.G.L. Hendriks 1996a. *Ammoniakarm huisvestingssysteem voor gespeende biggen*. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen, Proefverslag nr. PI .141.
- Voermans, M.P. en H.G.L. Hendriks 1996b. *Het grupstalsysteem voor guste en dragende zeugen in relatie tot ammoniakemissie*. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen, Proefverslag nr. P1. 158.
- Werkgroep Uniformering Mest- en Mineralencijfers (redactie M.M. van Eerdt) 1994. *Standaardcijfers varkens*, 1990 t/m 1992.
- Willers, H.C. en P.J.W. ten Have 1991. *Ervaring met de centrale zuivering van kalvergier in de installaties Kleine Kolonie en Putten*. H₂O (24), nr. 9.

BIJLAGEN

Bijlage 1: Monsternames en analyses ten behoeve van de massabalansen

Tabel 45: Monsternames en analyses ten behoeve van massabalans 1

Periode: 5-9-'94 tot en met 11-9-'94

Monstername-frequentie: dagelijks

Monstername	Analyse
- Tussen opslagtank	- CZV, Nkj, Ptot, K, DS, DS-SS
- Dikke fractie na scheiding	- CZV, Nkj, Ptot, K, DS, DS-SS
- Dunne fractie na scheiding	- BZV, CZV, NH ₄ -N, Nkj, Ptot, K, DS, DS-SS
- Beluchtingstank	- BZV, CZV, NH ₄ -N, Nkj, NO ₂ -N, NO ₃ -N, DS, DS-SS, As
- Opslag spoelvloeistof	- BZV, CZV, NH ₄ -N, Nkj, Ptot, K, NO ₂ -N, NO ₃ -N, DS, DS-SS
- Effluent nabezinktank	- CZV, DS, DS-SS, As
- Spui nabezinktank	- CZV, DS, DS-SS, As
Debietmeting (wekelijks)	- Mestproductie - Aanvoer naar scheider - Aanvoer naar beluchtingstank - Afvoer dikke fractie - Waterdamp

Tabel 46: Monsternames en analyses ten behoeve van massabalans 2

Periode: 31-7-'95 tot en met 11-8-'95

Monstername-frequentie: tweemaal per week

Monstername	Analyse
- Tussen opslagtank	- CZV, NH ₄ -N, Nkj, Ptot, DS, DS-SS
- Dikke fractie na scheiding	- CZV, NH ₄ -N, Nkj, Ptot, DS, DS-SS
- Dunne fractie na scheiding	- CZV, NH ₄ -N, Nkj, Ptot, DS, DS-SS
- Beluchtingstank	- CZV, NH ₄ -N, Nkj, NO ₂ -N, NO ₃ -N, DS, DS-SS, As-SS
Debietmeting (wekelijks)	- Mestproductie - Aanvoer naar scheider - Aanvoer naar beluchtingstank - Afvoer dikke fractie - Waterdamp

Verklaring gebruikte afkortingen:

BZV = biologisch zuurstofverbruik

c z v = chemisch zuurstofverbruik

Nkj = Kjeldahl-stikstof

NH₄-N = ammonium-stikstof

Ptot = totaal fosfor

K = kalium

NO₂-N = nitriet-stikstof

NO₃-N = nitraat-stikstof

DS = droge stof

ss = suspended solids

As = as

Bijlage 2: Voercurve vleesvarkensafdelingen

Week	Dagnr.	kg voer/dag
1	1	0,94
2	8	1,12
3	15	1,30
4	22	1,54
5	29	1,76
6	36	1,98
7	43	2,16
8	50	2,26
9	57	2,40
10	64	2,52
11	71	2,64
12	78	2,74
13	85	2,86
14	92	2,92
15	99	2,92
16	106	2,92

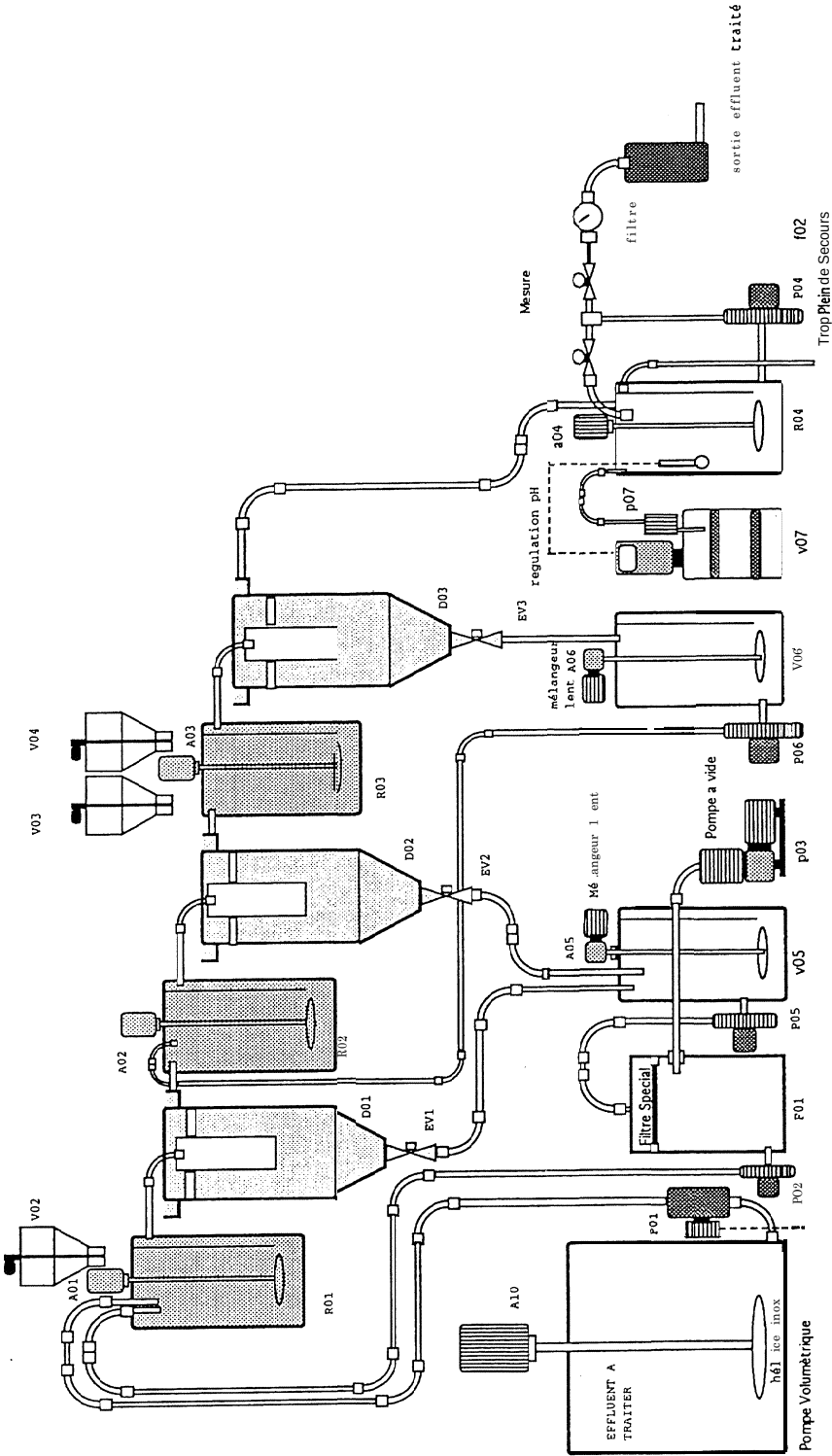
Bijlage 3: Multifasenvoeding: mengverhoudingen en de verstrekte gehalten aan darmver-
teerbaar lysine en eiwit gedurende het mesttraject

week	dagnr.	kg voer/dag	startvoer (%) ₀₀	NMR (%) ₀₀	NMA (%) ₀₀	dvLYS (g/kg)	eiwit (g/kg)
1	1	0,94	100	Ø	Ø	8,2	175
2	8	1,12	100	Ø	Ø	8,2	175
3	15	1,30	100	Ø	Ø	8,2	175
4	22	1,54	100	Ø	Ø	8,2	175
5	29	1,76	100	Ø	Ø	8,2	175
6	36	1,98	50	50	Ø	8,1	170
7	43	2,16	0	100	Ø	8,0	165
8	50	2,26	0	80	20	7,6	159
9	57	2,40	0	60	40	7,2	153
10	64	2,52	0	50	50	7,0	150
11	71	2,64	0	35	65	6,7	145
12	78	2,74	0	20	80	6,4	141
13	85	2,86	0	10	90	6,2	138
14	92	2,92	0	0	100	6,0	135
15	99	2,92	0	0	100	6,0	135
16	106	2,92	0	0	100	6,0	135

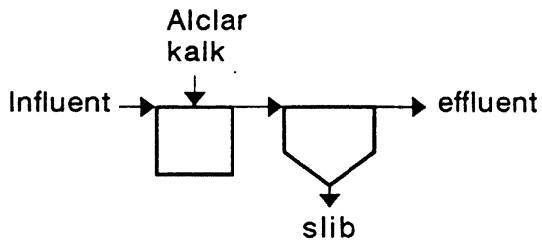
Bijlage 4: Grondstofsamenstelling van de voeders (g/kg)

	code 870	code 871	code 872	code 873	code 331
raapzaadschroot	85	55	30	2,9	40
sojaschroot	20,0	14,5	24,4	12,4	15,0
zonnepitschroot					2,5
mengvet	3,5	3,4	3,3	3,4	1,5
vismeel					25
rukanaphos	0,17	0,05	0,18		0,24
krijt	0,88	0,87	10	1,12	15
mengzout	0,25	0,27	0,25	0,26	0,22
maisvoermeel		2,0			7,5
melasse	7,5	7,5	7,5	7,5	4,0
cassave	40,0	40,0	40,0	40,0	17,8
tarwegries	65	95	90	13,0	
premix	0,99	1,10	1,56	1,21	0,69
tarwe	5,6	1,7	3,2	3,6	50
gerst					27,5
erwten	6,5	14,0	7,0	15,0	10,0

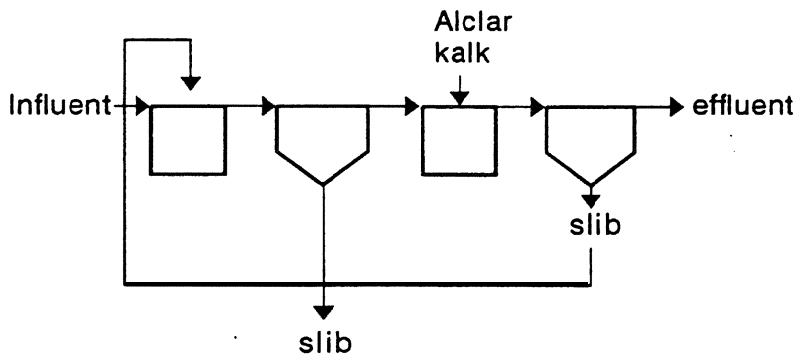
Bijlage 5: Flowschema van de Alclar-pilotinstallatie



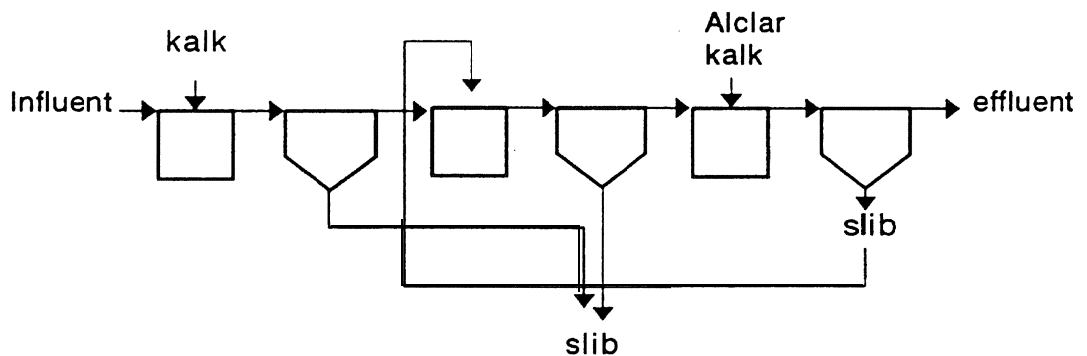
1. Enkelvoudig



2. Tegenstroom



3. Tegenstroom met voorbehandeling



Bijlage 7: Analyse resultaten en debietmetingen intensieve meetperiode 1

	BZV (g/kg)	CZV (g/kg)	NH ₄ -N (g/kg)	Nkj (g/kg)	NO ₂ -N (mg/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	Ptot (g/kg)	K (g/kg)	DS (g/kg)	DS-SS (g/kg)	As (%SS)
<i>Uitgespoelde mest in buffertank (21,2 m³/d naar centrifuge)</i>											
Gemiddeld		21,5	0,48	1,87			0,31	4,46	28,46	15,0	
Std. afwijking		2,79	0,12	0,14			0,05	0,21	1,92	2,04	
Aantal		10	8	10			10	10	10	10	
<i>Dunne fractie na centrifuge (7,9 m³/d naar beluchtingstank; 12,7 m³/d naar voorraad spoel- vloeis tof)</i>											
Gemiddeld	3,78	17,36	0,75	1,69			0,19	4,30	22,61	8,94	
Std. afwijking	0,69	1,80	0,13	0,20			0,02	0,22	1,72	0,43	
Aantal	10	10	10	10			10	10	10	10	
<i>Dikke fractie na centrifuge (0,56 m³/d)</i>											
Gemiddeld		207,9		7,05			4,25	4,54	204,3	177,5	
Std. afwijking		7,54		0,19			0,19	1,45	5,12	5,32	
Aantal		10		10			10	10	10	10	
<i>Inhoud beluchtingstank</i>											
Gemiddeld	0,50	11,12	0,04	0,37	4,630	118,5			21,09	9,11	25,97
Std. afwijking	0,23	1,76	0,03	0,04	6,27	26,36			0,60	0,62	1,35
Aantal	10	10	10	10	10	10			10	10	10
<i>Effluent nabezinktank (6,6 m³/d naar voorraad spoelvloeistof)</i>											
Gemiddeld		10,55						20,56	8,54		
Std. afwijking		3,81						4,48	4,41		
Aantal		7						7	7		
<i>Spui nabezinktank (1,3 m³/d naar buffertank)</i>											
Gemiddeld		11,46							20,40	9,00	26,34
Std. afwijking		1,06							1,09	0,66	1,48
Aantal		10							10	10	10

Bijlage 8: Analyse resultaten en debietmetingen intensieve meetperiode 2

	CZV (g/kg)	NH ₄ -N (g/kg)	Nkj (g/kg)	NO _x -N (mg/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	Ptot (g/kg)	DS (g/kg)	As (%DS)	DS-SS (g/kg)	As (%SS)
<i>Uitgespoelde mest in buffertank (10,2 m³/d naar centrifuge)</i>										
Gemiddeld	12,43	0,45	0,85			0,31	12,38	46,67	8,55	
Std. afwijking	3,25	0,03	0,08			0,08	2,54	5,95	3,34	
Aantal	4	4	4			4	4	4	4	
<i>Dunne fractie na centrifuge (10,0 m³/d naar beluchter)</i>										
Gemiddeld	7,92	0,41	0,81			0,21	9,55	48,60	6,60	
Std. afwijking	4,54	0,05	0,24			0,02	2,61	7,77	3,96	
Aantal	4	4	4			4	4	4	4	
<i>Dikke fractie na centrifuge (0,2 m³/d afgevoerd)</i>										
Gemiddeld	228,0	1,88	6,86			4,84	228,0	26,02	196,0	
Std. afwijking	13,98	0,14	0,13			0,34	13,87	1,19	8,80	
Aantal	4	4	4			4	4	4	4	
<i>Inhoud beluchtingstank</i>										
Gemiddeld	3,91	0,02	0,17	1,82	349	0,09	7,75	61,73	3,15	30,0
Std. afwijking	0,71	0,01	0,04	0,48	14,33	0,02	0,74	2,52	0,33	3,36
Aantal	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Bijlage 9: Resultaten emissiemetingen vleesvarkens

Meetperioden:

ronde 1: van 19-10-'93 tot 17-02-'94

ronde 2: van 22-02-'94 tot 07-06-'94

ronde 3: van 15-06-'94 tot 10-10-'94

ronde 4: van 12-10-'94 tot 08-02-'95

Perioden waarbij het spoelsysteem niet in bedrijf was zijn beschouwd als niet gemeten en zijn niet meegenomen in de berekening van de emissiewaarden.

Afdeling 1 vleesvarkens, spoelsysteem

	Temp. (°C)	Vent. (m³/h)	Conc. (mg/m³)	NH ₃ -emissie (g/d)	NH ₃ -emissie ¹ (kg/d pl/jaar)	Aantal metingen (- / d a g)	Meet- tijd (%)	NH ₄ -N spoelvl (mg/l)
Ronde 1	15,1	3.259	3,00	236,34	0,82	16	75	617
Ronde 2	19,1	4.120	3,64	371,54	1,44	13	67	975
Ronde 3	22,4	6.251	3,59	531,52	2,14	11	84	582
Ronde 4	18,5	2.375	7,17	371,21	1,51	11	65	1.671
Gemiddeld	18,77	4.001	4,35	377,65	1,48	12,8	72,6	961

¹gecorrigeerd voor achtergrondconcentratie en bezetting van de hokken (90%)

Afdeling 2 vleesvarkens, spoelsysteem

	Temp. (°C)	Vent. (m³/h)	Conc. (mg/m³)	NH ₃ -emissie (g/d)	NH ₃ -emissie ¹ (kg/dpl/jaar)	Aantal metingen (- / d a g)	Meet- tijd (%)	NH ₄ -N spoelvl (mg/l)
Ronde 1	15,6	3.270	3,24	261,07	1,07	17	98	617
Ronde 2	19,2	4.711	3,46	409,16	1,59	13	63	975
Ronde 3	21,9	6.748	3,63	542,32	2,18	11	84	582
Ronde 4	18,2	2.706	6,54	394,47	1,60	11	68	1.671
Gemiddeld	18,48	4.359	4,22	401,76	1,61	13,0	78,1	961

¹gecorrigeerd voor achtergrondconcentratie en bezetting van de hokken (90%)

Afdeling 3 vleesvarkens, spoelsysteem

	Temp. (°C)	Vent. (m ³ /h)	Conc. (mg/m ³)	NH ₃ -emissie (g/d)	NH ₃ -emissie ¹ (kg/dpl/jaar)	Aantal metingen (-/dag)	Meet- tijd (%)	NH ₄ -N spoelvl (mg/l)
Ronde 1	18,1	3.021	3,50	265,94	1,09	16	75	617
Ronde 2	19,2	3.934	4,10	426,51	1,68	13	55	975
Ronde 3	22,7	6.107	3,78	529,33	2,13	11	84	582
Ronde 4	19,8	2.524	7,82	437,49	1,78	11	68	1.671
Gemiddeld	19,96	3.897	4,80	414,82	1,67	12,8	70,6	961

¹gecorrigeerd voor achtergrondconcentratie en bezetting van de hokken (90%)

Afdeling 4 vleesvarkens, controle-afdeling

	Temp. (°C)	Vent. (m ³ /h)	Conc. (mg/m ³)	NH ₃ -emissie (g/d)	NH ₃ -emissie ¹ (kg/dpl/jaar)	Aantal metingen (- / d a g)	Meet- tijd (%)
Ronde 1	18,0	3.167	7,81	588,68	2,42	17	98
Ronde 2	19,7	3.689	6,66	606,59	2,42	13	96
Ronde 3	23,0	5.507	8,12	1.001,79	4,08	11	97
Ronde 4	19,1	2.509	12,48	732,35	2,98	11	100
Gemiddeld	19,92	3.718	8,77	732,35	2,97	13,0	97,8

¹gecorrigeerd voor achtergrondconcentratie en bezetting van de hokken (90%)

Bijlage 10: Resultaten emissiemetingen kraamzeugen

Afdeling met spoelproces

Meetperioden:

Ronde 1: 08-10-'93 t/m 18-11-'93	Ronde 9: 13-10-'94 t/m 01-12-'94
Ronde 2: 24-11-'93 t/m 06-01-'94	Ronde 10: 21-12-'94 t/m 26-01-'95
Ronde 3: 07-01-'94 t/m 10-02-'94	Ronde 11: 27-01-'95 t/m 09-03-'95
Ronde 4: 16-02-'94 t/m 31-03-'94	Ronde 12: 10-03-'95 t/m 13-04-'95
Ronde 5: 22-04-'94 t/m 02-06-'94	Ronde 13: 14-04-'95 t/m 26-05-'95
Ronde 6: 03-06-'94 t/m 07-07-'94	Ronde 14: 01-06-'95 t/m 06-07-'95
Ronde 7: 20-07-'94 t/m 01-09-'94	Ronde 15: 07-07-'95 t/m 17-08-'95
Ronde 8: 02-09-'94 t/m 13-10-'94	Ronde 16: 18-08-'95 t/m 18-09-'95

Perioden waarbij het spoelsysteem niet in bedrijf was zijn beschouwd als niet gemeten en zijn niet meegenomen in de berekening van de emissiewaarden.

Ronde	Temp. Vent. (°C)	Conc. (m³/h) (mg/m³)	NH ₃ -emissie (g/d)	NH ₃ -emissie¹ (kg/dpl/jaar)	Aantal metingen (- / d a g)	Meet-tijd (%)	NH ₄ -N spoelvlv (mg/l)	
1	20,3	1.750	2,36	98,94	2,71	26	100	137
2	19,9	1.315	5,56	171,76	4,70	27	100	648
3	19,1	1.322	7,61	234,12	6,41	25	74	1.035
4	20,4	1.757	4,89	192,28	5,06	26	77	896
5	geen data				0	0		1.047
6	23,6	2.238	3,66	187,37	4,82	27	44	881
7	23,8	2.497	4,59	275,67	7,48	27	73	2
8	22,5	2.168	5,71	287,81	7,87	26	100	2
9	20,8	1.797	5,49	208,26	5,54	26	70	522
10	20,8	1.408	10,09	318,32	8,63	26	92	2.374
11	20,9	1.428	10,22	319,82	8,70	27	95	2.899
12	19,6	1.627	9,13	296,25	8,00	27	71	2.255
13	21,0	1.672	5,94	213,62	5,74	27	100	83
14	23,5	1.825	2,06	87,10	2,32	27	57	58
15	28,0	2.372	1,32	74,77	1,97	27	93	28
16	25,8	2.215	2,03	108,67	2,96	27	100	28
Gemiddeld	22,0	1.825	5,38	204,98	5,53	26,4	78	920

¹ gecorrigeerd voor achtergrondconcentratie en bezetting van de hokken (90%)

² afdeling niet gespoeld wegens defecte afsluiter rnestkanaal

Referentie-afdeling

Meetperioden:

Ronde 1: 29-07-'93 t/m 09-09-'93

Ronde 2: 22-09-'93 t/m 04-11-'93

Ronde 3: 16-11-'93 t/m 23-12-'93

Ronde 4: 24-12-'93 t/m 03-02-'94

Ronde 5: 04-02-'94 t/m 17-03-'94

Ronde 6: 23-03-'94 t/m 28-04-'94

Ronde 7: 04-05-'94 t/m 16-06-'94

Ronde 8: 22-06-'94 t/m 04-08-'94

Ronde 9: 08-08-'94 t/m 22-09-'94

Ronde 10: 26-09-'94 t/m 09-11-'94

Ronde 11: 11-11-'94 t/m 29-12-'94

Ronde	Temp. (°C)	Vent. (m ³ /h)	Conc. (mg/m ³)	NH ₃ -emissie (g/d)	NH ₃ -emissie ¹ (kg/dpl/jaar)	Aantal metingen (-/dag)	Meet- tijd (%)
1	24,1	2.321	5,21	280,19	9,20	27	56
2	21,6	1.710	6,30	250,23	8,22	27	100
3	20,2	1.134	6,85	175,27	5,76	27	100
4	19,8	1.014	9,39	212,81	6,99	25	79
5	19,4	1.037	10,99	233,11	7,56	26	76
6	20,4	1.405	9,13	278,93	8,94	28	100
7	21,5	1.624	7,83	293,00	9,33	27	95
8	24,1	2.091	3,41	163,01	5,04	26	20
9	22,1	1.337	6,39	338,82	11,13	27	96
10	19,9	1.763	7,59	308,32	10,06	24	90
11	19,6	1.164	9,36	239,18	7,64	26	92
Gemiddeld	21,2	1.600	7,50	252,10	8,2	26,2	85

¹ gecorrigeerd voor achtergrondconcentratie en bezetting van de hokken (90%)

Bijlage 11: Resultaten emissiemetingen biggen

Afdeling met spoelproces

Meetperioden:

Ronde 1: 23-09-'93 t/m 09-11-'93

Ronde 2: 14-12-'93 t/m 26-01-'94

Ronde 3: 27-01-'94 t/m 15-03-'94

Ronde 4: 17-03-'94 t/m 26-04-'94

Ronde 5: 28-04-'94 t/m 15-06-'94

Ronde 6: 16-06-'94 t/m 03-08-'94

Ronde 7: 04-08-'94 t/m 20-09-'94

Ronde 8: 29-09-'94 t/m 09-11-'94

Ronde 9: 10-11-'94 t/m 21-12-'94

Perioden waarbij het spoelsysteem niet in bedrijf was zijn beschouwd als niet gemeten en zijn niet meegenomen in de berekening van de emissiewaarden.

Ronde	Temp.	Vent.	Conc.	NH ₃ -emissie	NH ₃ -emissie ¹	Aantal	Meet-	NH ₄ -N
	(°C)	(m ³ /h)	(mg/m ³)	(g/d)	(kg/d pl/jaar)	metingen	tijd	spoelwvls
						(-/dag)	(%)	(mg/l)
1	22,5	1.066	0,87	22,34	0,105	26	100	16
2	23,3	1.046	2,36	59,12	0,290	26	80	1.048
3	20,8	1.055	2,69	67,46	0,309	24	79	862
4	23,2	920	1,72	38,28	0,156	28	34	1.055
5	22,7	1.922	2,09	97,65	0,407	29	16	976
6	25,8	1.898	1,05	52,25	0,201	27	24	587
7	22,4	1.736	1,64	60,33	0,282	27	96	683
8	21,0	1.129	2,13	54,48	0,248	25	71	522
9	21,7	993	2,40	57,37	0,245	26	38	585
gemiddeld	22,6	1 307	1,88	56,59	0,249	26,4	60	704

¹ gecorrigeerd voor achtergrondconcentratie en bezetting van de hokken (90%)

Referentie-afdeling

Meetperioden:

Ronde 1: 28-10-'93 t/m 30-11-'93

Ronde 2: 08-12-'93 t/m 11-01-'94

Ronde 3: 27-01-'94 t/m 15-03-'94

Ronde 4: 17-03-'94 t/m 26-04-'94

Ronde 5: 28-04-'94 t/m 15-06-'94

Ronde 6: 16-06-'94 t/m 03-08-'94

Ronde 7: 04-08-'94 t/m 14-09-'94

Ronde 8: 15-09-'94 t/m 26-10-'94

Ronde 9: 10-11-'94 t/m 21-12-'94

Ronde	Temp. (°C)	Vent. (m³/h)	Conc. (mg/m³)	NH ₃ -emissie (g/d)	NH ₃ -emissie ¹ (kg/dpl/jaar)	Aantal metingen (-/dag)	Meet- tijd (%)
1	20,0	1.235	2,13	63,04	0,329	26	100
2	20,0	1.305	2,41	75,70	0,355	26	100
3	19,7	1.352	2,21	71,25	0,325	25	79
4	21,3	1.403	2,44	80,24	0,342	28	100
5		1.759	2,17	83,08	0,346	26	76
6	26,4	2.991	1,52	111,14	0,454	29	10
7	23,9	1.706	1,42	52,35	0,242	26	33
8	21,5	1.490	1,43	50,17	0,233	25	95
9	20,8	1.318	2,00	62,98	0,266	25	71
gemiddeld	21,7	1.618	1,97	72,2	0,321	26,1	73,8

¹ gecorrigeerd voor achtergrondconcentratie en bezetting van de hokken (90%)

Bijlage 12: Resultaten microbiologisch onderzoek faeces dieren

Faeces van dieren	Monsternamen 16/03/9						Monsternamen 16/09/94					
	Individueel			Gemengd			Individueel			Gemengd		
	E-coli	Salm	SPH	E-coli	Salm	SPH	E-coli	Salm	SPH	E-coli	Salm	SPH
Vleesvarkens afdeling 1 spoelen	1	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
	2	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
	3	n	n	n	n	n	matig	n	n	n	n	n
	4	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
	5	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
Vleesvarkens afdeling 2 spoelen	1	n	n	n	n	n						
	2	n	n	n	n	n						
	3	n	n	n	n	n						
	4	n	n	n	n	n						
	5	n	n	n	n	n						
Vleesvarkens afdeling 3 spoelen	1	n	n	n	n	n						
	2	n	n	n	n	n						
	3	n	n	n	n	n						
	4	n	n	n	n	n						
	5	n	n	n	n	n						
Vleesvarkens afdeling 4 referentie	1	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
	2	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
	3	enkele	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
	4	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
	5	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
Kraamzeugen spoelen	1	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
	2	enkele	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
	3	enkele	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
	4	enkele	n	n	n	n	matig	n	n	n	n	n
	5	/enkele	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
Kraamzeugen referentie	1	n	n	n	n	n	matig	n	n	n	n	n
	2	enkele	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
	3	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
	4	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
	5	enkele	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
Dragende zeugen spoelen	1	n	n	n	n	n	matig	n	n	n	n	n
	2	n	n	n	n	n	matig	n	n	n	n	n
	3	n	n	n	n	n	matig	n	n	n	n	n
	4	n	n	n	n	n	veel	n	n	n	n	n
	5	n	n	n	n	n						
Dragende zeugen spoelen	1	enkele	n	n	n	n	veel	n	n	n	n	n
	2	enkele	n	n	n	n	veel	n	n	n	n	n
	3	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
	4	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
	5	n	n	n	n	n	matig	n	n	n	n	n
Gespeende biggen spoelen	1	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
	2	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
	3	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
	4	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
	5	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
Gespeende biggen spoelen	1	n	n	n	n	n	matig	n	n	n	n	n
	2	n	n	n	n	n	matig	n	n	n	n	n
	3	n	n	n	n	n	matig	n	n	n	n	n
	4	n	n	n	n	n	veel	n	n	n	n	n
	5	n	n	n	n	n	matig	n	n	n	n	n

Salm = Salmonella

SPH = serpulina

n = niet aangetoond

Bijlage 13: Resultaten microbiologisch onderzoek processtromen

Procesonderdelen

Lokatie	Meting	22 febr 94	14 mrt 94	17 mei 94	14 iun 94	19 sept 94	11 nov94	gemiddeld
Tussenopslag	KEN	4.40E+05	3.00E+04	7.00E+04	4.00E+04	3.30E+05	1.50E+05	1.77E+05
	KOV	7.00E+07	1.73E+06	1.00E+06	7.80E+05	7.20E+05	3.00E+06	1.29E+07
	KT30	1.10E+07		2.90E+07	2.67E+06		6.40E+07	2.67E+07
	SALM	niets	niets	niets	salmonella	salmonella	salmonella	
Bezinker dun	KEN	2.00E+05	5.00E+04	5.60E+03	1.47E+04	8.00E+04	9.00E+04	7.34E+04
	KOV	3.80E+07	2.60E+05	5.00E+05	5.20E+05	7.60E+05	3.00E+06	7.17E+06
	KT30	1.10E+07		8.00E+06	3.43E+06		4.90E+07	1.79E+07
	SALM	niets	niets	niets	salmonella	niets	salmonella	
Beluchter	K E N	2.00E+04	6.80E+03	3.50E+03	6.90E+03	1.16E+04	1.60E+04	1.08E+04
	KOV	2.60E+07	2.10E+05	7.70E+05	9.00E+05	3.60E+05	6.30E+05	4.81E+06
	KT30	2.10E+07		2.70E+07	2.00E+07		1.50E+07	2.08E+07
	SALM	niets	niets	niets	salmonella	niets	salmonella	
Spui/retour	K E N		5.00E+03	1.00E+04	1.72E+04	8.50E+03	1.15E+04	1.04E+04
	KOV		1.40E+05	7.00E+05	4.00E+06	2.20E+05	6.70E+05	1.15E+06
	KT30			2.00E+07	4.10E+07		1.30E+07	2.47E+07
	SALM		niets	niets	salmonella	salmonella	salmonella	
Scheider in	KEN			1.00E+04	1.10E+05			6.00E+04
	KOV			2.00E+06	1.38E+06			1.69E+06
	KT30			2.70E+07	5.00E+06			1.60E+07
	SALM			niets	salmonella			
Scheider dun	KEN		3.60E+05	1.00E+05	9.00E+04			1.83E+05
	KOV		2.54E+06	3.00E+06	2.96E+06			2.83E+06
	KT30			4.00E+07	2.10E+07			3.05E+07
	SALM		niets	niets	salmonella			
Scheider dik	K E N			1.00E+05	1.01E+06	2.25E+06		1.12E+06
	KOV			5.00E+06	2.00E+06	2.51E+06		3.17E+06
	KT30			7.90E+07	5.00E+07			6.45E+07
	SALM			niets	salmonella	niets		
nabezinker dun	K E N	2.00E+04	8.00E+03	3.80E+03	1.18E+04	6.50E+03	3.50E+03	8.93E+03
	KOV	3.10E+07	3.00E+04	1.00E+06	1.82E+06	1.80E+05	9.00E+04	5.69E+06
	KT30	2.60E+07		4.50E+07	2.30E+07		1.20E+07	2.65E+07
	SALM	groep B	niets	niets	salmonella	niets	salmonella	
Spoelbuffer	KEN					1.63E+04	5.00E+04	3.32E+04
	KOV					3.90E+05	2.00E+06	1.20E+06
	KT30						3.40E+07	3.40E+07
	SALM					niets	salmonella	

KEN kiemtellingenteros
KOV kiemtelling t.a.v. overige bact.
KT30 kiemtelling totaal 30 C
SALM salmonella ophopping

kol./gr.
kol./ml
kol./ml

Bijlage 14: Economische evaluatie spoelsysteem voor vleesvarkensbedrijven

Tabel 1: Berekening van de Investering en jaarkosten van het spoelsysteem voor een bedrijf met 1000 vleesvarkens

Variant: Scheiden m.b.v. bezinken en zeven
Prijzen: excl. 175% BTW

Onderdeel	Toelichting	Investering HFL	Rente gem. invest %	1) Afschrijving %	Onderhoud + verzekering %	Totaal kapitaalslasten %	Jaarkosten investering HFL	Vermogen opgenomen kW	In bedrijf uur	Energie 18 ct/kWh HFL	Mestafzet 20% HFL
Riolering		40,000	3.5	5	1.5	10	4000				
Pompput 10 m3	Aanwezig										
Bezinkbassin 100 m3		15,000	3.5	5	1.5	10	1500				
Tilzeef + stellage		25,000	3.5	20	3	26.5	6625	1	7200	1296	
Beluchtingssilo 200 m3		15,000	3.5	5	2.5	11	1650				
Overkapping 8m		10,000	3.5	5	2.5	11	1100				
Beluchter + zuurstofmeter		30,000	3.5	20	3	26.5	7950	6	7200	7776	
Spoelbuffer 40 m3		7,000	3.5	5	1.5	10	700				
Leidingen/ventielen		25,000	3.5	10	3	16.5	4125				
Pompen		15,000	3.5	20	3	26.5	3975				
	naar buffer							2	1500	540	
	naar scheider							1	7200	1296	
	naar beluchter							2	1500	540	
	spoelpomp							4	750	540	
Automatisering		30,000	3.5	15	2	20.5	6150	0.5	8760	788	
Montage		15,000	3.5	0	0	3.5	525				
Mestopslag 750 m3	7 maanden	50,000	3.5	5	2.5	11	5500				
Minderkosten ondiepe kelders		(75,000)	3.5	5	1.5	10	-7500				
Totaal:		202000					36308			12776	-3900
Totaal per dierplaats:		202					36			13	-4

1) Rente = 7% x gemiddeld geïnvesteerd vermogen met restwaarde 0 = 3,5%

Tabel 2: Berekening van de Investering en jaarkosten van het spoelsysteem voor een bedrijf met 1000 vleesvarkens

Variant: Scheiden m.b.v. decanteercentrifuge
Prijzen: excl. 17,5% BTW

Onderdeel	Toelichting	Investering HFL	Rente gem. invest %	1) Afschrijving %	Onderhoud + verzekering %	Totaal kapitaalslasten %	Jaarkosten investering HFL	Vermogen opgenomen kW	In bedrijf uur	Energie 18 ct/kWh HFL	Mestafzet 20% HFL
Riolering		40,000	3.5	5	1.5	10	4000				
Pompput 10 m3	Aanwezig										
Buffertank 40 m3		7,000	3.5	5	1.5	10	700				
Centrifuge + stellage		100,000	3.5	20	3	26.5	26500	2.5	4800	2160	
Beluchtingssilo 200 m3		15,000	3.5	5	2.5	11	1650				
Overkapping 8m		10,000	3.5	5	2.5	11	1100				
Beluchter + zuurstofmeter		30,000	3.5	20	3	26.5	7950	5.5	7200	7128	
Spoelbuffer 40 m3		7,000	3.5	5	1.5	10	700				
Leidingen/ventielen		25,000	3.5	10	3	16.5	4125				
Pompen		15,000	3.5	20	3	26.5	3975				
	naar buffer							2	1500	540	
	naar scheider							1	4800	864	
	naar beluchter							2	1500	540	
	spoelpomp							4	750	540	
Automatisering		30,000	3.5	15	2	20.5	6150	0.5	8760	788	
Montage		15,000	3.5	0	0	3.5	525				
Mestopslag 750 m3	7 maanden	50,000	3.5	5	2.5	11	5500				
Minderkosten ondiepe kelders		(75,000)	3.5	5	1.5	10	-7500				
Totaal:		269000					55375			12560	-3900
Totaal per dierplaats:		269					55			13	-4

1) Rente = 7% x gemiddeld geïnvesteerd vermogen met restwaarde 0 = 3,5%

Tabel 3: Berekening van de investering en jaarkosten van het spoelsysteem voor een bedrijf met 3000 vleesvarkens

Variante: Scheiden m.b.v. bezinken en zeven
 Prijzen: Prijzen excl. 17,5% BTW

Onderdeel	Toelichting	investering HFL	Rente 1) gem. invest %	Afschrijving %	Onderhoud + verzekering %	Totaal kapitaalslasten %	Jaarkosten investering HFL	Vermogen opgenomen kW	in bedrijf uur	Energie 18 ct/kWh HFL	Mestafzet -20% HFL
Riolering		105,000	3.5	5	1.5	10	10506				
Pomput 10 m3	Aanwezig	42,000	3.5	5	1.5	10	4200				
Bezuiniging + stelling		40,000	3.5	20	3	26.5	16600	2	7200	2592	
Beiluchtingssio 600 m3		45,000	3.5	5	2.5	11	4950				
Overkapping 12 m		16,000	3.5	5	2.5	11	1760				
Beruchter + zuurstofmeter		60,000	3.5	20	3	26.5	15900	18	7200	23328	
Spoelbuffer 40 m3		7,000	3.5	5	1.5	10	700				
Leidingventielen		70,000	3.5	10	3	16.5	11550				
Pompen		20,000	3.5	20	3	26.5	5300				
	naar buffer							3	1500	810	
	naar scheider							2	7200	2592	
	naar beluchter							3	1500	810	
	spoelpomp							4	750	540	
Automatisering		30,000	3.5	15	2	20.5	6150	0.5	8760	788	
Montage		20,000	3.5	0	0	3.5	700				
Mestopslag 2300 m3 7 maanden		115,000	3.5	5	2.5	11	12650				
Minderkosten ondiepe kelders		(225,000)	3.5	5	1.5	10	-22500				
Totaal:		345006					62460			31460	-11700
Totaal per dierplaats:		115					21			10	-4

1) Rente = 7% x gemiddeld geïnvesteerd vermogen met restwaarde 0 = 3,5%

Tabel 4: Berekening van de investering en jaarkosten van het spoelsysteem voor een bedrijf met 3000 vleesvarkens

Variante: Scheiden m.b.v. decanteercentrifuge
 Prijzen: Prijzen excl. 17,5% BTW

Onderdeel	Toelichting	investering HFL	Rente 1) gem. invest %	Afschrijving %	Onderhoud + verzekering %	Totaal kapitaalslasten %	Jaarkosten investering HFL	Vermogen opgenomen kW	in bedrijf uur	Energie 18 ct/kWh HFL	Mestafzet -20% HFL
Riolering		105,060	3.5	5	1.5	10	10500				
Pomput 10 m3	Aanwezig										
Buffer tank 40 m3		7,000	3.5	5	1.5	10	700				
Centrifuge + stelling		150,000	3.5	20	3	26.5	39750	5	4800	4320	
Beiluchtingssio 200 m3		45,000	3.5	5	2.5	11	4950				
Overkapping 8m		16,000	3.5	5	2.5	11	1760				
Beluchter + zuurstofmeter		60,000	3.5	20	3	26.5	15900	16.5	7200	21384	
Spoelbuffer 40 m3		7,000	3.5	5	1.5	10	700				
Leidingventielen		70,000	3.5	10	3	16.5	11550				
Pompen		20,000	3.5	20	3	26.5	5300				
	naar buffer							3	1500	810	
	naar scheider							2	7200	2592	
	naar beluchter							3	1500	810	
	spoelpomp							4	750	540	
Automatisering		30,000	3.5	15	2	20.5	6150	0.5	8760	788	
Montage		20,000	3.5	0	0	3.5	700				
Mestopslag 2300 m3 7 maanden		115,000	3.5	5	2.5	11	12650				
Minderkosten ondiepe kelders		(225,000)	3.5	5	1.5	10	-22500				
Totaal:		420000					88110			31244	-11700
Totaal per dierplaats:		140					29			10	-4

1) Rente = 7% x gemiddeld geïnvesteerd vermogen met restwaarde 0 = 3,5%

Bijlage 15: Economische evaluatie spoelsysteem voor zeugenbedrijven

label 1: Berekening van de investering en Jaarkosten van het spoelsysteem voor een bedrijf met 200 zeugen.

Variant: Scheiden m.b.v. bezinken en zeven
Prijzen: Prijzen excl. 17,5% BTW

Onderdeel	Toelichting	Investering HFL	Rente gem. invest %	Afschrijving 1 %	Onderhoud verzekering %	Totaal kapitaalslas %	Jaarkosten investering HFL	Vermogen opgenomen kW	In bedrijf uur	Energie 18 ct/kWh HFL	Mestafzet 20% HFL
Riolering		33,000	3.5	5	1.5	10	3300				
Pompput 10 m3	Aanwezig	15,000	3.5	5	1.5	10	1500				
Bezuikbassin 100 m3		25,000	3.5	20	3	26.5	6625	1	7200	1296	
Trizeel + stellage		14,000	3.5	5	2.5	11	1540				
Beluchtingssilo 180 m3		10,000	3.5	5	2.5	11	1100				
Overkapping 8m		25,000	3.5	20	3	26.5	6625	3	7200	3888	
Beluchter + zuurstofmeter		7,000	3.5	5	1.5	10	700				
Spoelbuffer 40 m3		32,000	3.5	10	3	16.5	5280				
Leidingen/ventielen		15,000	3.5	20	3	26.5	3975				
Pompen											
	naar buffer							2	1500	540	
	naar scheider							1	7200	1296	
	naar beluchter							2	1500	540	
	spoelpomp							4	750	540	
Automatisering		30,000	3.5	15	2	20.5	6150	0.5	8760	788	
Montage		15,000	3.5	0	0	3.5	525				
Mestopslag 600 m3 7 maanden		39,000	3.5	5	2.5	11	4290				
Minderkosten ondiepe kelders		(53,000)	3.5	5	1.5	10	-5300				
Totaal:		207000					36310			8888	-3200
Totaal per dierplaats:		1035					182			44	-16

1) Rente = 7% x gemiddeld geïnvesteerd vermogen met restwaarde 93,5%

Tabel 2: Berekening van de investering en jaarkosten van het spoelsysteem voor een bedrijf met 200 zeugen.

Variant: Scheiden m.b.v. decanteercentrifuge
Prijzen: Prijzen excl. 17,5% BTW

Onderdeel	Toelichting	Investering HFL	Rente gem. invest %	Afschrijving 1 %	Onderhoud verzekering %	Totaal kapitaalslas %	Jaarkosten investering HFL	Vermogen opgenomen kW	In bedrijf uur	Energie 18 ct/kWh HFL	Mestafzet 20% HFL
Riolering		33,000	3.5	5	1.5	10	3300				
Pompput 10 m3	Aanwezig	15,000	3.5	5	1.5	10	1500				
Buffer tank 40 m3		100,000	3.5	20	3	26.5	26500	2.5	4800	2160	
Centrifuge + stellage		14,000	3.5	5	2.5	11	1540				
Beluchtingssilo 180 m3		10,000	3.5	5	2.5	11	1100				
Overkapping 8m		25,000	3.5	20	3	26.5	6625	2.5	7200	3240	
Beluchter + zuurstofmeter		7,000	3.5	5	1.5	10	700				
Spoelbuffer 40 m3		32,000	3.5	10	3	16.5	5280				
Leidingen/ventielen		15,000	3.5	20	3	26.5	3975				
Pompen											
	naar buffer							2	1500	540	
	naar scheider							1	4800	864	
	naar beluchter							2	1500	540	
	spoelpomp							4	750	540	
Automatisering		30,000	3.5	15	2	20.5	6150	0.5	8760	788	
Montage		15,000	3.5	0	0	3.5	525				
Mestopslag 600 m3 7 maanden		39,000	3.5	5	2.5	11	4290				
Minderkosten ondiepe kelders		(53,600)	3.5	5	1.5	10	-5300				
Totaal:		274000					55385			8672	-3200
Totaal per dierplaats:		1370					277			43	-16

1) Rente = 7% x gemiddeld geïnvesteerd vermogen met restwaarde 93,5%

Tabel 3: Berekening van de investering en jaarkosten van het spoelsysteem voor een bedrijf met 400 zeugen.

Variant: Scheiden m.b.v. bezinken en zeven
 Prijzen: Prijzen excl. 17,5% BTW

Onderdeel	Toelichting	Investering HFL	Rente gem. invest %	1 %	Afschrijving %	Onderhoud verzekering %	Totaal kapitaalsla %	Jaarkosten investering HFL	Vermogen opgenomen kW	In bedrijf uur	Energie 18 ct/kWh HFL	Mestafzet -20% HFL
Riolering		62,000	3.5		5	1.5	10	6200				
Pomput 10 m3	Aanwezig											
Bezinkbassin 300 m3		42,000	3.5		5	1.5	10	4200				
Trilzeef + stellage		25,000	3.5		20	3	28.5	6625	1	7200	1296	
Beluchtingssilo 400 m3		30,000	3.5		5	2.5	11	3300				
Overkapping 12 m		16,000	3.5		5	2.5	11	1760				
Beluchter + zuurstofmeter		30,000	3.5		20	3	26.5	7950	6	7200	7776	
Spoelbuffer 40 m3		7,000	3.5		5	1.5	10	700				
Leidingen/ventielen		60,000	3.5		10	3	16.5	9900				
Pompen		20,000	3.5		20	3	26.5	5300				
	naar buffer								3	1500	810	
	naar scheider								2	7200	2592	
	naar beluchter								3	1500	810	
	spoelpomp								4	1500	1080	
Automatisering		30,000	3.5		15	2	20.5	6150	0.5	8760	788	
Montage		20,000	3.5		0	0	3.5	700				
Mestopslag 1200 m3 7 maanden		60,000	3.5		5	2.5	11	6600				
Minderkosten ondiepekelders		(102,000)	3.5		5	1.5	10	-10206				
Totaal:		300000						49185			15152	(6,400)
Totaal per dierplaats:		750						123			38	-16

1) Rente = 7% x gemiddeld geïnvesteerd vermogen met restwaarde 03,5%

Tabel 4: Berekening van de investering en jaarkosten van het spoelsysteem voor een bedrijf met 400 zeugen.

Variant: Scheiden m.b.v. decanteercentrifuge
 Prijzen: Prijzen excl. 17,5% BTW

Onderdeel	Toelichting	Investering HFL	Rente gem. invest %	1 %	Afschrijving %	Onderhoud verzekering %	Totaal kapitaalsla %	Jaarkosten investering HFL	Vermogen opgenomen kW	In bedrijf uur	Energie 16 ct/kWh HFL	Mestafzet -20% HFL
Riolering		62,000	3.5		5	1.5	10	6200				
Pomput 10 m3	Aanwezig											
Bufferank 40 m3		7,000	3.5		5	1.5	10	700				
Centrifuge + stellage		100,000	3.5		20	3	26.5	26500	2.5	7200	3240	
Beluchtingssilo 400 m3		30,000	3.5		5	2.5	11	3300				
Overkapping 12 m		16,000	3.5		5	2.5	11	1760				
Beluchter + zuurstofmeter		30,000	3.5		20	3	26.5	7950	4.5	7200	5832	
Spoelbuffer 40 m3		7,000	3.5		5	1.5	10	700				
Leidingen/ventielen		60,000	3.5		10	3	16.5	9900				
Pompen		20,000	3.5		20	3	26.5	5300				
	naar buffer								3	1500	810	
	naar scheider								2	7200	2592	
	naar beluchter								3	1500	810	
	spoelpomp								4	1500	1080	
Automatisering		30,000	3.5		15	2	20.5	6150	0.5	8760	788	
Montage		20,000	3.5		0	0	3.5	700				
Mestopslag 1200 m3 7 maanden		60,000	3.5		5	2.5	11	6600				
Minderkosten ondiepekelders		(102,000)	3.5		5	1.5	10	-10200				
Totaal:		340000						65560			15152	(6,400)
Totaal per dierplaats:		850						164			38	-16

1) Rente = 7% x gemiddeld geïnvesteerd vermogen met restwaarde 3,5%

Bijlage 16: Economische evaluatie Alciarproces

Tabel 1 : Berekening investering en jaarkosten voor het Alciarproces voor de zuivering van spoelvloeistof op een vleesvarkensbedrijf met 1000 vleesvarkensplaatsen.

Capaciteit Alciarproces: 2 m³/d.

Onderdeel	Toelichting	investering HFL	Rente gem. invest. %	1 Afschrijving %	Onderhoud %	Totaal kapitaalslas %	Jaarkosten investering HFL	Vermogen opgenomen kW	n bedrijf uur	Energie 18 ct/kWh HFL	Kalk 45 ct/kg HFL	Alciarprodukt f.1.-/kg HFL
Homogenisatievat 2 m3		3.000	3.5	10	1.5	15	450					
Reactivat 0,5 m3		1.500	3.5	10	1.5	15	225					
Bezinkinrichting 4 m3		5.000	3.5	10	1.5	15	750					
Voorraadvat kalkmelk 1 m3		2.000	3.5	10	1.5	15	300					
Voorraadvat Alciarprodukt 0,5 ton		2.000	3.5	10	1.5	15	300					
Pompen/mixers		15.000	3.5	20	3	26.5	3975					
	influentpomp							1		4500	810	
	Kalkmelkpomp							0.5		4500	405	
	Mixer homogenisatie							1		8700	1566	
	Mixer reactivat							1		4500	810	
	Mixer kalkmelkvat							1		8700	1566	
	Doseer-unit Alciar							1		1000	180	
Stellage/ombouwing		5.000	3.5	5	1.5	10	500					
Leidingen		1.000	3.5	10	1.5	15	150					
Automatisering		10.000	3.5	15	2	20.5	2050					
Opslag effluent	Niet gerekend 2)											
Opslag dik	Niet gerekend 3)											
Montage		3.000	3.5			3.5	105					
Totaal		475001					8805			5337	1.600	3.600
Totaal per dpl		48					9			5	2	4

1) Rente = 7% x gemiddeld geïnvesteerd vermogen met restwaarde 0 = 3,5%

2) Bestemming van het effluent staat gezien de effluent kwaliteit ter discussie

3) Neerslag van kalk en alciarprodukt wordt **tesamen** met dikke fractie van mestscheiding spoelproces afgevoerd

4) Prijs opgegeven door LFI

Tabel 2 : Berekening investering en jaarkosten voor het Alciarproces voor de zuivering van spoelvloeistof op een vleesvarkensbedrijf met 3000 vleesvarkensplaatsen.

Capaciteit Alciarproces: 5,9 m³/d.

Onderdeel	Toelichting	investering HFL	Rente gem. invest. %	1 Afschrijving %	Onderhoud %	Totaal kapitaalslas %	Jaarkosten investering HFL	Vermogen opgenomen kW	n bedrijf uur	Energie 18 ct/kWh HFL	Kalk 45 ct/kg HFL	Alciarprodukt f.1.-/kg HFL
Homogenisatievat 6 m3		7.000	3.5	10	1.5	15	1050					
Reactivat 1 m3		2.000	3.5	10	1.5	15	300					
Bezinkinrichting 12 m3		12.000	3.5	10	1.5	15	1800					
Voorraadvat kalkmelk 2 m3		3.000	3.5	10	1.5	15	450					
Voorraadvat Alciarprodukt 1 ton		2.500	3.5	10	1.5	15	375					
Pompen/mixers		16.000	3.5	20	3	26.5	4240					
	influentpomp							1		6500	1170	
	Kalkmelkpomp							0.5		6500	585	
	Mixer homogenisatie							2		8700	3132	
	Mixer reactivat							1		6500	1170	
	Mixer kalkmelkvat							1		8700	1566	
	Doseer-unit Alciar							1		3000	540	
Stellage/ombouwing		7.500	3.5	5	1.5	10	750					
Leidingen		1.000	3.5	10	1.5	15	150					
Automatisering		10.000	3.5	15	2	20.5	2050					
Opslag effluent	Niet gerekend 2)											
Opslag dik	Niet gerekend 3)											
Montage		3.000	3.5			3.5	105					
Totaal		64000					11270			8163	4800	10.700
Totaal per dpl		21					4			3	2	4

1) Rente = 7% x gemiddeld geïnvesteerd vermogen met restwaarde 0 = 3,5%

2) Bestemming van het effluent staat gezien de effluent kwaliteit ter discussie

3) Neerslag van kalk en alciarprodukt wordt **tesamen** met dikke fractie van mestscheiding spoelproces afgevoerd

4) Prijs opgegeven door LFI

Tabel 3: Berekening investering en jaarkosten voor het Alclarproces voor de zuivering van spoelvloeistof op een zeugenbedrijf met 200 zeugenplaatsen.

Capaciteit Alclarproces: **1,6 m³/d**

Onderdeel	Toelichting	Investering HFL	Rente 1) gem. invest %	Afschrijving % 1)	Onderhoud % 1)	Totaal kapitaalslas %	Jaarkosten investering HFL	Vermogen opgenomen kW	n bedrijf uur	Energie 18 ct/kWh HFL	Kalk 45 ct/kg HFL	Alclarprodukt f. 1,-/kg HFL 4)
Homogenisatievat 2 m ³		3.000	3,5	10	1,5	15	450					
Reactievat 0,5 m ³		1.500	3,5	10	1,5	15	225					
Voorraadvat Alclarproduct 1 m ³		2.000	3,5	10	1,5	15	300					
Voorraadvat Alclarproduct 0,5 ltr		2.000	3,5	10	1,5	15	300					
Pompen/mixers		15.000	3,5	20	3	26,5	3975					
	Influentpomp							1	3500	630		
	Kalkmelkpomp							0,5	3500	315		
	Mixer homogenisatie							1	8700	1566		
	Mixer reactievat							1	2500	450		
	Mixer kalkmelkvat							1	8700	1566		
	Doseer-unit Alclar							1	1000	180		
Stellage/ombouwing		5.000	3,5	5	1,5	10	500					
Leidingen		1.000	3,5	10	1,5	15	150					
Automatisering		10.000	3,5	15	2	20,5	2050					
Opslag effluent	Niet gerekend 2)											
Opslag dik	Niet gerekend 3)											
Montage		3.000	3,5			3,5	105					
Totaal		47500					8800			4707	1.300	2.900
Totaal per dpl		238					44			24	7	15

1) Rente = 7% x gemiddeld geïnvesteerd vermogen met restwaarde 0 = 35%

2) Bestemming van het effluent staat gezien de effluent kwaliteit ter discussie

3) Neerslag van kalk en alclarprodukt wordt **tesamen** met dikke fraktie van mestscheiding spoelproces afgevoerd

4) Prijs opgegeven door LFI

Tabel 4: Berekening investering en jaarkosten voor het Alclarproces voor de zuivering van spoelvloeistof op een zeugenbedrijf met 400 zeugenplaatsen.

Capaciteit Alclarproces: **3,2 m³/d**

Onderdeel	Toelichting	Investering HFL	Rente 1) gem. invest %	Afschrijving % 1)	Onderhoud % 1)	Totaal kapitaalslas %	Jaarkosten investering HFL	Vermogen opgenomen kW	n bedrijf uur	Energie 18 ct/kWh HFL	Kalk 45 ct/kg HFL	Alclarprodukt f. 1,-/kg HFL 4)
Homogenisatievat 4 m ³		5.000	3,5	10	1,5	15	750					
Reactievat 0,5 m ³		1.500	3,5	10	1,5	15	225					
Bezuinigingsvat 2 m ³		3.000	3,5	10	1,5	15	450					
Voorraadvat Alclarproduct 0,5 ltr		2.000	3,5	10	1,5	15	300					
Pompen/mixers		16.000	3,5	20	3	26,5	4240					
	Influentpomp							0,5	7000	1260		
	Kalkmelkpomp								7000	630		
	Mixer homogenisatie							2	8700	3132		
	Mixer reactievat							1	7000	1260		
	Mixer kalkmelkvat							1	8700	1566		
	Doseer-unit Alclar							1	2000	360		
Stellage/ombouwing		7.500	3,5	5	1,5	10	750					
Leidingen		1.000	3,5	10	1,5	15	150					
Automatisering		10.000	3,5	15	2	20,5	2050					
Opslag effluent	Niet gerekend 1)											
Opslag dik	Niet gerekend 2)											
Montage		3.000	3,5			3,5	105					
Totaal		56000					10070			8208	2.600	5.800
Totaal per dpl		140					25			21	7	15

1) Rente = 7% x gemiddeld geïnvesteerd vermogen met restwaarde 0 = 35%

2) Bestemming van het effluent staat gezien de effluent kwaliteit ter discussie

3) Neerslag van kalk en alclarprodukt wordt **tesamen** met dikke fraktie van mestscheiding spoelproces afgevoerd

4) Prijs opgegeven door LFI

REEDS EERDER VERSCHENEN PROEFVERSLAGEN

Proefverslag Pl. 158

Het grupstalsysteem voor guste en dragende zeugen in relatie tot ammoniakemissie. M.P. Voermans en Hendriks, J.G.L., september 1996.

Proefverslag P1. 159

Speendiarree bij biggen: de factoren voeding en Escherichia coli. E.M.A.M. Bruininx en Peet-Schwering, C.M.C. van der, september 1996.

Proefverslag P1. 160

PVE/IKB-Productinformatie Biggen. Informatie-uitwisseling tussen vermeerderaars en vleesvarkenshouders. J.B. van der Fels en Huiskes, J.H., september 1996.

Proefverslag P1. 161

Klimaatregeling met koude-opslag in vleesvarkensstallen. N. Verdoes, Telle, M.G., Mouwen, I.A.A.C., Tuinte, J.H.G., Vrielink, M.G.M. en Brakel, C.E.P. van, oktober 1996.

Proefverslag Pl. 162

Ro ta tiekruising in de Nederlandse varkenshouderij. Deel 1: zeugenhouderij. F.C.A.M. Broeders, Vesseur, P.C., Kanis, E. en Vonk M.C., oktober 1996.

Proefverslag Pl. 163

Rota tiekruising in de Nederlandse varkenshouderij. Deel 2: vleesvarkenshouderij. J. H. Huiskes en Binnendijk, G.P., oktober 1996.

Proefverslag Pl. 164

Invloed van huisvestingssysteem op arbeid en arbeidsomstandigheden bij dragende zeugen. P.F.M.M. Roelofs en Sande-Schellekens, A.L.P. van de, november 1996.

Proefverslag P1. 165

Structuurrijke grondstoffen in het mengvoer van vleesvarkens. R.H.J. Scholten, Brok, G.M. den en Binnendijk, G.P., december 1996.

Proefverslag P1. 166

Desinfectie van bedrijfsvreemd materiaal

door blootstelling aan UV-C. P.F.M.M. Roelofs, december 1996.

Proefverslag Pl. 167

Herstructurering intensieve veehouderij in het zuidelijk zandgebied. J.H.A.N. Adams, Backus, G.B.C., Helming, J.F.M., Vermeer, A.W. en Zeijts, H. van, december 1996.

Proefverslag Pi. 168

Bloedplasma en bloedcellen in voer voor gespeende biggen. C.M.C. van der Peet-Schwering, Binnendijk, G.P., januari 1997.

Proefverslag Pl. 169

Ammoniakemissie en kosten van een aantal huisvestingssystemen. G.M. den Brok, Vrielink, M.G.M., Beurskens-Voermans, M.P. en Brakel, C.E.P. van, februari 1997

Proefverslag Pl. 170

Huisvesting van varkens in één hok van geboorte tot slacht. H.M. Vermeer, Plagge, J.G., Binnendijk, G.P. en Backus, G.B.C., februari 1997.

Proefverslag P1. 171

Vergelijking van vier bedrijfssystemen voor guste en drachtige zeugen. G.B.C. Backus, Vermeer, H.M., Roelofs, P.F.M.M., Vesseur, P.C., Adams, J.H.A.N., Binnendijk, G.P., Smeets, J.J.J., Peet-Schwering, C.M.C. van der en Wilt, F.J. van der, april 1997.

Exemplaren van proefverslagen kunnen worden verkregen door f 25,- per verslag (m.u.v. Pl. 117, deze kost f 50,-) over te maken op Postbanknummer 51.73.462 ten name van het Proefstation voor de Varkenshouderij, Lunerkampweg 7; 5245 NB ROSMALEN, onder vermelding van het gewenste verslagnummer. Buitenlandse abonnees betalen f 30,- per P 1-verslag (dit is inclusief verzendkosten) én f 15,- administratiekosten per bestelling (m.u.v. Pl. 117, deze kost f 75,-).

Ook bestaat de mogelijkheid een abonnement te nemen op de proefverslagen voor f 300,- per jaar. Buitenlandse abonnees betalen f 375,- per jaar.