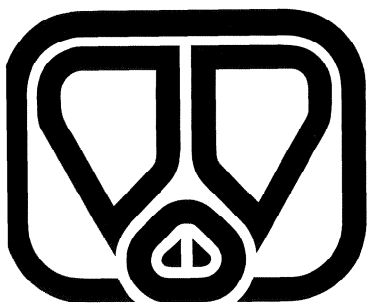


ir. J.A.M. Voermans
ing. M.M.L. van Asseldonk

De koude vergisting van varkensmest

Psychrophilic diges tion of pig slurry



Proefstation voor de Varkenshouderij

Lunerkampweg 7
5245 NB Rosmalen
Tel.: 04192-86555

Proefverslag nummer P 1.69
januari 1992

INHOUDSOPGAVE

	SAMENVATTING	3
	SUMMARY	4
1	INLEIDING INTRODUCTION	5
2	HET ONDERZOEK RESEARCH	6
2.1	De waarnemingen	6
2.2	De biogasinstallatie	
2.3	De gasafvoer	9
2.4	De temperatuurmeting	9
2.5	De vulstrategie	10
2.5.1	De te vergisten mest	10
2.5.2	De vulstrategie tijdens de eerste periode	10
2.5.3	De vulstrategie tijdens de tweede periode	11
3	RESULTATEN RESULTS	12
3.1	Resultaten eerste periode, accumulatie systeem	12
3.1.1	De mestsamstelling	13
3.1.2	Het temperatuurverloop	13
3.1.3	De netto gasproductie	14
3.1.4	De gassamenstelling	15
3.2	Resultaten tweede periode, semi-continu systeem	16
3.2.1	De mestsamstelling	16
3.2.2	Het temperatuurverloop	17
3.2.3	De netto gasproductie	18
3.2.4	De gassamenstelling	19
4	EVALUATIE EVALUATION	21
5	KOSTEN COSTS	22
5.1	Investeringskosten	22
5.2	Jaarlijkse kosten	22
5.3	De prijs van het biogas	23
6	CONCLUSIE EN DISCUSSIE CONCLUSIONS AND DISCUSSION	25
6.1	De vulstrategie en de gasproductie	25
6.2	Vergelijking van de resultaten	25
7	LITERATUUR REFERENCES	27
	BIJLAGEN APPENDIX	28
	REEDS EERDER VERSCHENEN PROEFVERSLAGEN PUBLISHED RESEARCH REPORTS	30

SAMENVATTING

Dit verslag geeft de resultaten weer van een onderzoek, op praktijkschaal, naar de mogelijkheden voor koude of psychrofiele vergisting van varkensmest. Dit onderzoek is gebaseerd op resultaten verkregen op laboratoriumschaal van ZEEMAN (1987, 1991) en op de ervaringen, opgedaan bij de mesofiele vergisting van varkensmest in de 80-er jaren. Op het Proefstation voor de Varkenshouderij te Rosmalen is een betonnen mestsilo geschikt gemaakt voor dit onderzoek. De extra voorziening bestonden uit een goede isolatie, een eenvoudig verwarmingscircuit, een gasopvangdoek en de gasafvoer. Het onderzoek is in twee fasen uitgevoerd. Het verschil betrof de vulstrategie. In eerste instantie is volgens het accumulatie vulsysteem gewerkt. Hierbij wordt, na enting, wekelijks een kleine hoeveelheid mest uit de stallen in de vergister gepompt. Op deze wijze is de silo in de loop van bijna een jaar gevuld. Tijdens de tweede fase is het semi-continue vulsysteem toegepast. Hierbij is de silo zo snel mogelijk gevuld (18 weken), daarna is er wekelijks een gelijke hoeveelheid uitgepompt en bijgepompt.

De gasopbrengsten lagen iets beneden de verkregen resultaten in het laboratorium. In het accumulatie systeem bedroeg de bruto gasproductie $11,0 \text{ m}^3/\text{m}^3$ mest of $0,12 \text{ m}^3/\text{g}$ CZV. Bij het semi-continue vulsysteem lag de gasopbrengst per m^3 mest aanzienlijk lager. Dit wordt grotendeels verklaard doordat toen ook zeugenmest is gebruikt. Deze mest heeft een aanzienlijk lager droge stofgehalte.

Per g CZV bedroeg de gasopbrengst $0,10 \text{ m}^3$. Het biogas was van goede kwaliteit (gemiddeld 66% CH_4), maar bevatte relatief veel zwavelwaterstof (H_2S). Tijdens de vergisting stijgt het ammonium-gehalte in de mest aanzienlijk.

Omdat het gas in dit onderzoek niet gezuiverd is, heeft het H_2S de onderhoudskosten van de c.v.-ketel aanzienlijk opgevoerd. De rest van de installatie heeft redelijk betrouwbaar gewerkt, maar regelmatige zorg van de varkenshouder blijft geboden.

Uit de economische berekeningen op basis van de bereikte resultaten in dit onderzoek, blijkt dat koude vergisting niet aantrekkelijk is. Allereerst ligt de kostprijs veel hoger dan de aardgasprijs en ten tweede worden de beste produkties bereikt in de zomerperiode. Dan is de energievraag op een varkensbedrijf het laagst.

Geconcludeerd mag worden, dat op varkensbedrijven grote hoeveelheden methaan uit de stallen ontwijken, zonder dat daarvan momenteel een economisch gebruik van kan worden gemaakt. Deze gasemissie is belastend voor het milieu en levert een brand- en explosierisico.

SUMMARY

This report deals with the research to the psychrophilic digestion of pig slurry with a full scale plant.

From the research in the mid 80's it is well known that pig slurry will digest spontaneously during storage in the pig house. This digestion at low temperatures has been proven in lab scale research by ZEEMAN (1987, 1991). The aim of this research was to justify the results from the laboratory and to find the practical problems for farmers. Also an economic evaluation was needed, based on results from a full scale plant.

The starting point for the digester is a concrete round slurry tank. Diameter 13.5 m; height 5 m of which 1 m is below ground level. Below ground level the silo is isolated with foamglass. Above ground level the silo and its roof are isolated with a layer of 0.1 m polystyrene. The isolation is protected by a coated sheetpile wall. Inside there is a simple heating system consisting of a 100 m poly-ethylene tube, circled at about 1 m from the bottom. Under the roof there is an air tight screen. This screen is automatically protected from pressures over than 50 Pa. A blower transport the biogas with a pressure of 250 Pa to the metering unit. A part of the gas is used for heating the digester. Also temperatures in the digester are recorded. Pig slurry from the Experimental Farm of the Research Institute for Pig Husbandry at Rosmalen (NL) is used for the fermentation.

Two different filling systems for the digester are tested.

1. The accumulation system. After inoculation the digester is filled up in a one year period. Every week a small amount of fresh slurry was added from the finishing pigs.

2. The semi-continuous system. The digester is filled up within 17 weeks. From that time every week between 15 and 70 m³ of slurry is substituted during 20 weeks.

During the testing period with the accumulation system the average temperature of the slurry in the digester was 18.2 °C and the outside temperature 9.3 °C average. The total production of biogas was 11.0 m³/m³ slurry or 0.122 m³/kg D.M. or 0.12 m³/g COD. For heating purposes in the digester was used 4.2 m³/m³ of added slurry.

During the second period (semi-continuous system) the production was lower. The use of low dry matter slurry from the breeding unit

was the main cause. The production was 5.6 m³/m³ slurry or 0.094 m³/kg D.M. or 0.10 m³/g COD. The average temperature in the digester was in this period 18.1 °C, while the outside temperature was 14.3 °C average. The composition of the biogas did not differ much between the two systems. There was 66% CH₄ in the biogas. But there was also H₂S, which causes corrosion in the central-heating boiler.

The results prove that there is a spontaneous fermentation if the temperature of the slurry is above 15 °C. The production figures are a little lower compared with the results from the lab-scale experiments. Psychrophilic digestion on a pig farm will ask extra attention from the farmer. Some technical understanding is a condition the farmer has to fulfil. Purification of the biogas from H₂S is necessary when the gas is used in a boiler.

The economic calculations prove that from a standpoint of energy saving the psychrophilic digestion offers no real solution. The capital layout and the annual costs make the biogas too expensive. Another impediment to go in psychrophilic digestion are the high summer and low winter production of the gas. That is the opposite of the need for heating.

1 INLEIDING

INTRODUCTION

In de begin jaren tachtig is in heel de westerse wereld veel onderzoek verricht naar de perspectieven van biogaswinning uit dierlijke mest. Ook in Nederland is hieraan veel aandacht besteed. De achtergrond toen was de verwachting van een grote stijging van de prijzen voor fossiele brandstoffen. Die prijzen hebben echter niet die hoogte bereikt, dat biogaswinning op bedrijfsniveau economisch aantrekkelijk is geworden.

Eén van de ervaringen op varkensbedrijven, in die periode, waren toen de tegenvallende gasopbrengsten. De verklaring hiervoor is een spontane vergisting van mest in de stallen. Laboratoriumonderzoek wees uit dat varkensmest boven 15°C spontaan vergist. Dit proces wordt koude of psychrofiele vergisting genoemd.

De wettelijke voorschriften maken een langdurige opslag van mest noodzakelijk. Daarmee ligt de vraag voor de hand of tijdens deze opslagperiode het ontstane biogas, op een economische wijze, gewonnen en aangevend kan worden.

Daartoe is één van de mestsilo's op het Proefstation voor de Varkenshouderij aangepast. Deze aanpassing bestaat uit het aanbrengen van een goede isolatie, het gasdicht afsluiten, het aanbrengen van een eenvoudig verwarmingscircuit en een afvoersysteem voor het gas. Deze aanpassingen zijn voor een belangrijk deel gefinancierd door het Fonds Hinderpreventie voor Landbouwbedrijven. De uitvoering van het onderzoek is mogelijk gemaakt door financiële steun in het kader van het Nationaal Onderzoeksprogramma Hergebruik (NOH), beheerd door de Nederlandse Maatschappij voor Energie en Milieu (NOVEM) en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM).

Doel van dit onderzoek is om de kennis vanuit het laboratorium- en semi-technische onderzoek te implementeren en te toetsen onder praktijkomstandigheden.

Dit verslag bevat de resultaten van dit onderzoek. De technische gegevens worden ook gebruikt om de economische haalbaarheid van de koude vergisting te berekenen.

2 HET ONDERZOEK RESEARCH

Het onderzoek is gedurende twee jaren op het Proefstation voor de Varkenshouderij te Rosmalen uitgevoerd. Daarvoor is een silo, met een inhoud van 700 m³, geschikt gemaakt. De extra voorzieningen bestaan uit het aanbrengen van:

- isolatie;
- gasopvangdoek;
- gasafvoersysteem, inclusief een opvang voor condenswater;
- eenvoudige verwarming;
- meetapparatuur (temperaturen en gashoeveelheden).

In figuur 1 wordt de biogasinstallatie schematisch weergegeven. Het Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen is medeverantwoordelijk voor het ontwerp en de realisatie van deze installatie.

In het onderzoek is het biogas niet in het proefbedrijf gebruikt. Slechts een deel is gebruikt voor het verwarmen van de mest. De rest is afgeblazen.

Er zijn twee vulstrategieën gevolgd. Het eerste jaar is de silo langzaam gevuld vanuit de meststal. Zodra de kanalen in een afdeling

vol waren is de mest overgepompt. Na een jaar was de silo vol. Deze vulmethode, die in de praktijk het meest voor de hand ligt, wordt de accumulatiemethode genoemd. Het tweede jaar is de silo volgens de zogenaamde semi-continue methode gevuld. Dat wil zeggen dat de silo zo snel mogelijk gevuld is. Daarna werd wekelijks een kleine hoeveelheid mest toegevoegd, nadat een gelijke hoeveelheid eerst was overgepompt naar een andere silo.

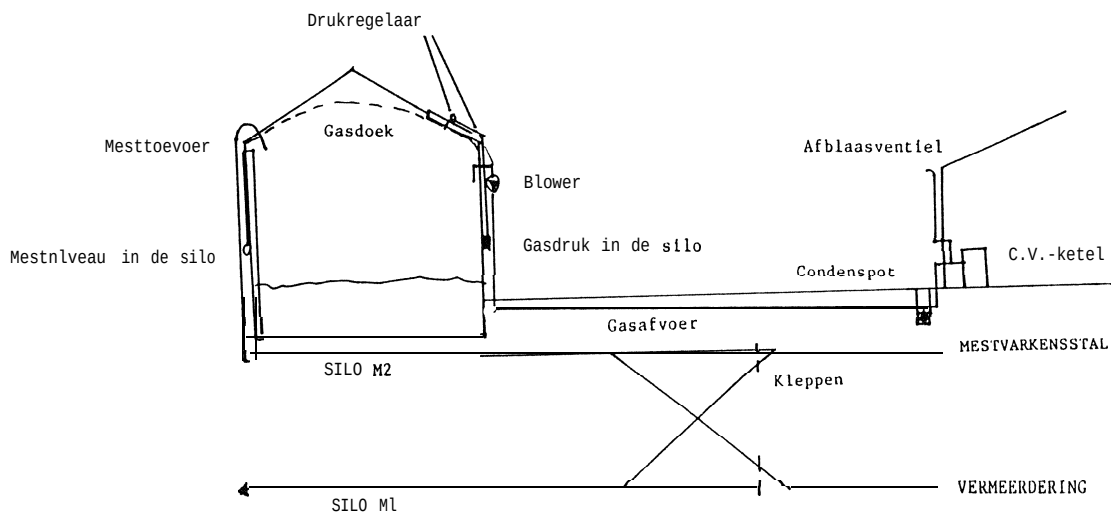
Tijdens het onderzoek zijn een groot aantal waarnemingen uitgevoerd.

In dit hoofdstuk wordt uitgebreid ingegaan op de hierboven genoemde aspecten.

2.1 De waarnemingen

Tijdens het onderzoek zijn de volgende gegevens vastgelegd:

- De vulstrategie: hoeveelheid toegevoegde mest en de herkomst van de mest;
De hoeveelheden mest, die in de biogasinstallatie worden gepompt, zijn vrij nauwkeurig vast te stellen. Vanuit de stallen stroomt de mest in een pompput. Via meting van het niveau voor en na het pompen is de



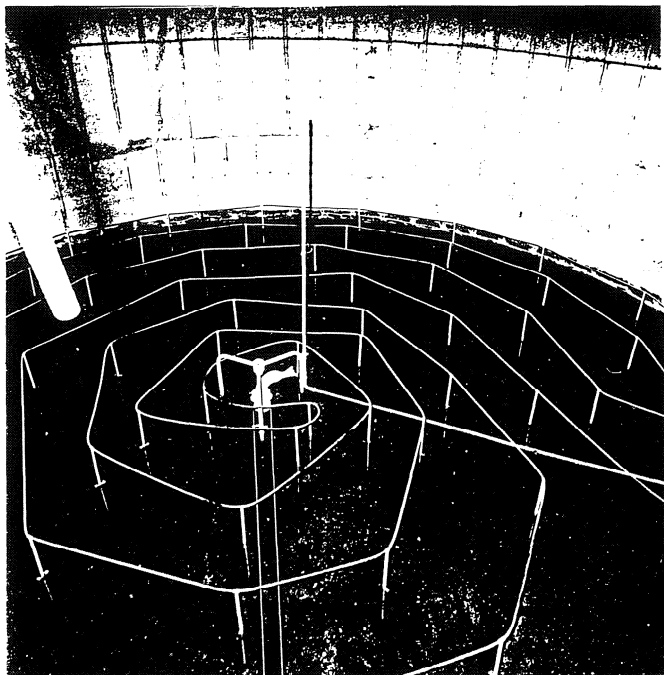
Figuur 1: Het vergisten van varkensmest onder "koude omstandigheden", Proefstation voor de Varkenshouderij te Rosmalen.

Figure 1: *Psychrophyle digestion of pig slurry at the Research Institute for Pig Husbandry - Rosmalen, NL.*

- overgepompte hoeveelheid nauwkeurig te berekenen. De hoeveelheid mest welke uit de silo wordt gepompt (2e periode) is vastgesteld via de draaitijd van de verdringerpomp. De betrouwbaarheid hiervan is iets minder groot.
- De samenstelling van de toegevoegde mest. Monsters zijn geanalyseerd op het droge stofgehalte, asgehalte, pH, chemisch zuurstof verbruik (CZV), NH₄-N (totaal) en het vluchtige vetzuurgehalte. Wanneer er meer dan 10 m³ mest toegevoegd is, is er een monster genomen. Vleesvarkensmest afkomstig uit afdeling met ondiepe kanalen, zijn één maal in de 14 dagen in de biogasinstallatie gepompt. Hiervan is niet steeds een monster genomen. De analyses zijn uitgevoerd door het IMAG.
 - De samenstelling van de gistende mest (voor en/of na het vullen van de silo). De mestmonsters zijn geanalyseerd op het droge stofgehalte, asgehalte, chemisch zuurstof verbruik (CZV), pH, NH₄-N (totaal) en vluchtige vetzuren. Monsters uit de biogasinstallatie kunnen pas genomen worden wanneer het niveau de eerste monsterkraan bereikt. De silo is dan reeds voor ruim 30% gevuld.
 - De gasproductie in m³/dag. De gasproductie is zo mogelijk dagelijks vastgelegd;
 - Het gasverbruik ten behoeve van het op temperatuur houden van de gistende mest, in m³/dag;
 - De temperatuur van de gistende mest, toegevoegde mest en de buitentemperatuur;
 - De gassamenstelling, met Dräger buisjes en met behulp van een gaschromatograaf is wekelijks de gassamenstelling bepaald. Het gaat hierbij om het CO₂-, CH₄- en H₂S-gehalte;
 - Arbeidsbehoefte.
- Tot slot zijn er nog een aantal waarnemingen verricht ter beveiling van de biogasinstallatie:
- Gasdruk in de silo, tijdens het vullen dient deze in de gaten gehouden te worden. Wanneer de druk in de silo te ver stijgt, dan wordt een monsterkraan open gezet;
 - Gasdruk van het gas dat de cv-ketel ingaat. De cv-ketel heeft een minimale branderdruk van 250 mmWk;
 - Niveau in de condenspot. Wanneer het niveau in de condenspot te laag wordt ontsnapt het gas via deze condenspot.

2.2 De biogasinstallatie

De basis van de biogasinstallatie wordt gevormd door een mestsilo van gestort beton. De wandhoogte bedraagt 5 m, waarvan 1 m onder maaiveld.



Figuur 2: Plaats van de verwarming

Figure 2: Location of the heat water tubes in the digester

De diameter is 13,5 m. De bodem is vlak met in het midden het afzuigpunt en een roterende spuitkop.

De inhoud van de silo bedraagt netto ongeveer 650 m³. De silo is afgedekt met een kap (houten constructie) met kunststofplaten. Dit vooral ter bescherming van het opvangdoek. Het vullen van de silo gebeurt door een (tegen de vorst beschermde) leiding over de rand van de silo. Ondergronds vullen biedt bij een biogasinstallatie de voorkeur. Men moet dan wel voorzorgsmaatregelen treffen, dat de mest niet kan terugstromen.

Om van deze silo een biogasinstallatie te maken zijn de volgende extra voorzieningen aangebracht:

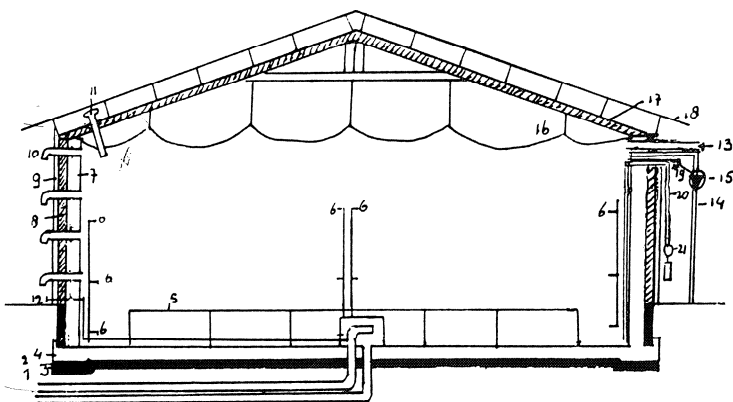
- De silo is volledig geïsoleerd, zodat de mest zo weinig mogelijk warmte verliest aan de omgeving. De bodem en de wand onder maaiveld is geïsoleerd met 10 cm dik glasschuim, de wanden en het dak zijn geïsoleerd met 10 cm dik polystyreen. Het isolatiemateriaal tegen de wand boven maaiveld is beschermd door groen gecoate metalen damwandplaten. Het gebruik van het dure glasschuim is nodig indien het grondwater hoger komt dan de silovloer (1 m onder maaiveld). Glasschuim is het enige isolatiemateriaal, waarvan bekend is dat het absoluut geen vocht opneemt. Het behoudt

daardoor zijn isolerende waarde. Onder het glasschuim ligt een folie. Het glasschuim tegen wanden is onder het maaiveld met bitumen afgedekt.

- Om in de winter de temperatuur zolang mogelijk boven de 15°C te houden is op 0,75 m boven de silovloer een eenvoudige verwarming gemonteerd. Deze bestaat uit 100 m poly-ethyleenslang, geplaatst in cirkels. Deze slangen worden ondersteund door metalen pennen. (Zie figuur 2).
- Het geproduceerde gas wordt via een gasopvangdoek van pvc gecoat-polyesterweefsel type 1 opgevangen, die via ophangpunten aan de kapconstructie is bevestigd.

In figuur 3 wordt een dwars doorsnede van de biogasinstallatie gegeven.

- Op de silowand zijn een viertal monsterkranen gemonteerd, deze kranen bevinden zich op een hoogte van 50 cm, 150 cm, 250 cm en 350 cm boven maaiveld.
- De gasafvoer. Daarover meer details in paragraaf 2.3. De essentie is om het gas met een bepaalde druk af te voeren en het condenswater te verwijderen. Zwavelwaterstof (H₂S) is niet verwijderd. Dit is wel nodig om branders en de afvoer van de verwarmingsketel te sparen.



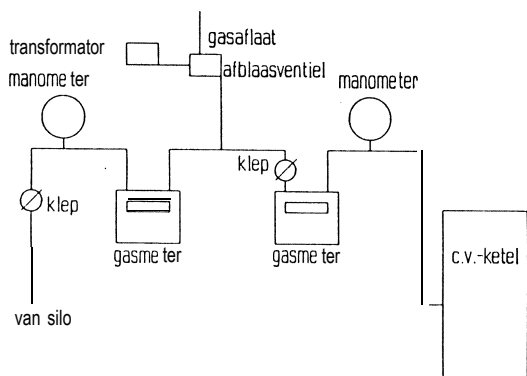
- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1 = zuigleiding | 12 = bediening spuitkop |
| 2 = leiding voor rondpompen mest | 13 = vulleiding |
| 3 = isolatie (foamglas) | 14 = gasafvoerleiding |
| 4 = betonnen bodem | 15 = blower |
| 5 = warmwaterverwarming | 16 = gasopvangdoek |
| 6 = thermokoppels | 17 = isolatie (polystyreen) |
| 7 = betonnen silowand | 18 = kap van kunststof golfplaten |
| 8 = isolatie (polystyreen) | 19 = regeling van blower |
| 9 = damwandprofiel | 20 = gasdrukleiding |
| 10 = monsterkraan | 21 = drukmeter |
| 11 = pressostaat | |

Figuur 3: Dwarsdoorsnede biogas installatie.
Figure 3: Cross-section of the digester.

2.3 De gasafvoer

Het geproduceerde gas is gedeeltelijk gebruikt om de gistende mest op temperatuur te houden. Het geproduceerde gas wordt met een ventilator op druk gebracht (250 mmWk). In de leiding is een voorziening gebouwd om het condenswater af te scheiden. Op de silo is een overdrukbeveiliging aanwezig. Het gasdoek kan een maximale druk hebben van 50 mmWk. Veiligheidshalve is een maximale gasdruk aangehouden van 40 mmWk. Doordat er in de silo biogas geproduceerd wordt, zal de druk in de silo oplopen. Bij een druk van 10 mmWk gaat de ventilator automatisch draaien. Het geproduceerde gas wordt via een ondergrondse leiding afgevoerd naar het ketelhuis. Hier wordt allereerst de hoeveelheid gas gemeten. Wanneer de mesttemperatuur lager is dan 15-20°C wordt (een deel van) het gas naar een CV-ketel gevoerd. De rest van het gas is afgeblazen. Dit gebeurt automatisch, gestuurd door de gasdruk in de biogasinstallatie. Tussen 20 en 40 mmWK wordt het gas afgevoerd.

In figuur 4 wordt een overzicht gegeven van de drukregeling op de biogasinstallatie. De gasproductie en de hoeveelheid gas dat nodig is voor het opwarmen van de mest, wordt gemeten met behulp van een gasmeter. Tijdens het vullen van de silo loopt de druk in de silo snel op. Sneller naarmate de silo verder gevuld is. Met behulp van een niveaumeter is de vulhoogte in de silo zichtbaar. Via een drukmeter op de silowand is deze druk

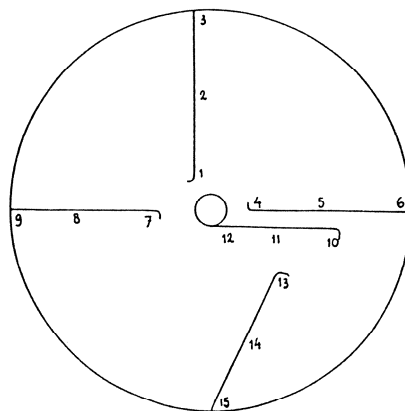


Figuur 4: De drukregeling voor de biogasinstallatie.
Figure 4: The pressure control system in the digester.

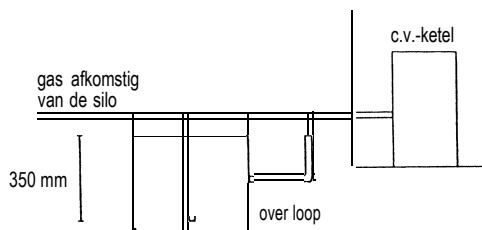
rechtstreeks af te lezen. Over het algemeen is er tijdens het vullen van de silo altijd een monsterkraan opengezet, omdat er twijfel bestond of het overdrukventiel een voldoende grote doorlaat heeft.

2.4 De temperatuurmeting

Op een 15-tal plaatsen in de mestsilos wordt de temperatuur, met behulp van thermokoppels gemeten. De thermokoppels hangen op 5 plaatsen in de silo op een hoogte van 50 cm, 150 cm, 300 cm van de silobodem. In figuur 5 worden de plaatsen van de thermokoppels aangegeven. De resultaten zijn via een recorder weergegeven en periodiek vastgelegd.



Figuur 5: De plaatsen waar de temperatuur gemeten is.
Figure 5: Position of the temperature sensors.



2.5 De vulstrategie

2.5.1 De te vergisten mest

Voor het vergisten van varkensmest kan gebruik worden gemaakt van zowel vleesvarkensmest als zeugenmest.

Vier afdelingen van de mestvarkensstal zijn uitgerust met 1 m diepe opslagkelders. Deze afdelingen zijn volledig onderkelderd. Er is een opslagcapaciteit van 8 maanden. De overige vier afdelingen hebben alleen ondiepe kanalen (50 cm) onder de roosters. De opslagcapaciteit bedraagt ongeveer 3 maanden. Het hokoppervlak is voor de gehele stal gelijk en bedraagt $0,71 \text{ m}^2/\text{varken}$ (exclusief voertrog). De varkens krijgen tweemaal daags brijvoeding (voer/water-verhouding is 1:2,5).

De zeugenmest is afkomstig uit de stallen voor dragende en guste zeugen. Over het algemeen heeft deze mest een hoger droge stofgehalte, dan mest van zogende zeugen en van gespeende biggen. Alle mestkanalen in de zeugenafdelingen zijn 45 cm diep. Voor het vaststellen van de vulstrategie van de biogasinstallatie is het noodzakelijk inzicht te hebben in de hoeveelheid mest die geproduceerd wordt. In tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de hoeveelheid mest die netto (de achterblijvende mest niet meegerekend) naar de silo gepompt kan worden in een bepaalde periode. De waarden uit deze tabel

zijn gebaseerd op ervaringen van het Proefstation

Uit parallel lopend onderzoek (Voermans, 1990) is gebleken dat de mestkanalen niet volledig leegstromen. Daarom mag men aan nemen dat de anaërobe afbraak onder de proefomstandigheden reeds in de stallen begint.

2.5.2 De vulstrategie tijdens de eerste periode

In februari 1988 is de silo voor het eerst gevuld met 19 m^3 mest afkomstig van een aantal vleesvarkensafdelingen en 40 m^3 entmest afkomstig van een biogasinstallatie te Nistelrode. Deze installatie werkt bij $\pm 35^\circ\text{C}$. Gedurende de eerste twee maanden is er geen gasproductie waargenomen. De temperatuur van de gistende mest lag rond de 8°C . Half april 1988 is de silo leeggereden en is deze met 40 m^3 verse vleesvarkensmest en 37 m^3 vergiste entmest, afkomstig uit Nistelrode, opnieuw gevuld. De silo is daarna periodiek gevuld volgens het principe van accumulatie-systeem. Elke 14 dagen is er vleesvarkensmest afkomstig van 2 afdelingen, met ondiepe kelders, in de silo gepompt. Periodiek is vleesvarkensmest bijgepompt uit de overige afdelingen. Zodra in een afdeling van de vleesvarkensstal de kelders vol zijn is deze mest in de biogasinstallatie gepompt. In maart 1989 was de

Tabel 1: De mestproductie in de diverse stallen van het Proefstation.

Table 1: *Slurry production from several pig houses at the Experimental Farm*

Stal	afdeling	bruto inhoud mestkelder/kanaal (m^3)	max. opslagduur (weken)	ds-gehalte (%) _{..} volgens literatuur*)
dragende zeugenstal	1A	45	7	10 -12
	1B	20	6	10 -12
	1C	110	50	10 -12
dekstal	2A	20	6	6 - 8
	2B	20	9	6 - 8
	2c	20	7	6 - 8
opfokzeugjes	2D	17	10	8 -10
	2E	17	9	8 -10
vleesvarkens	7At/m7D	62	30	8 -10
	7Ft/m7H	25	12	8 -10

*) Droge stofgehalte weergegeven volgens het Handboek voor de Varkenshouderij, in werkelijkheid liggen deze droge stofgehaltes aanzienlijk lager bij zeugenmest (3-5%). Reden voor het lager droge stofgehalte van de zeugenmest moet gezocht worden in het hoge (drink)waterverbruik in deze afdelingen.

silo vol en is deze leeggereden.
In bijlage 1 zijn de toegevoegde hoeveelheden mest weergegeven. Tevens is aangegeven uit welke afdeling van de mestvarkensstal de mest afkomstig is.

25.3 De vulstrategie tijdens de tweede periode

Het tweede jaar is een andere vulstrategie gevolgd. Er is getracht om volgens een semi-continu vulsysteem te werken. Hiertoe is de silo zo snel mogelijk gevuld. In maart 1989 is de Ze-periode opgestart met 80 m^3 entmest (afkomstig van de vorige periode).

Om de silo zo snel mogelijk vol te krijgen is ook zeugenmest afkomstig van de dragende zeugenstal en de dekstal in de silo gepompt. Zodra de silo vol was is er, na een gistingsperiode van 3 weken, wekelijks $25\text{-}50 \text{ m}^3$ mest uit de silo gepompt en vervolgens is een gelijke hoeveelheid verse mest in de biogasinstallatie gepompt. In bijlage 2 wordt de vulstrategie weergegeven.



3 RESULTATEN RESULTS

Gedurende de proefperiode zijn twee vulstrategieën gevolgd (zie 2.5), nl.:

- accumulatie methode;
- semi-continue methode.

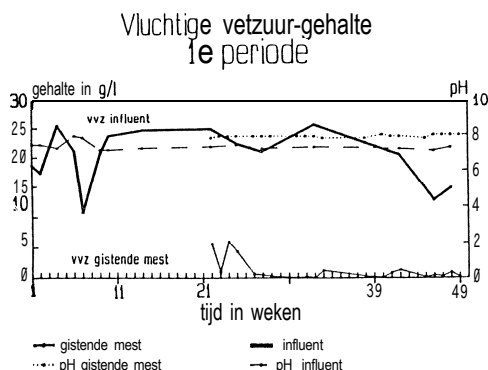
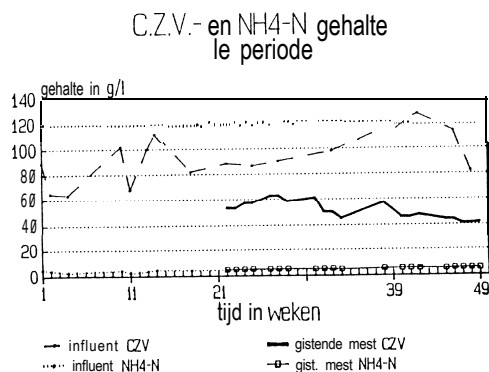
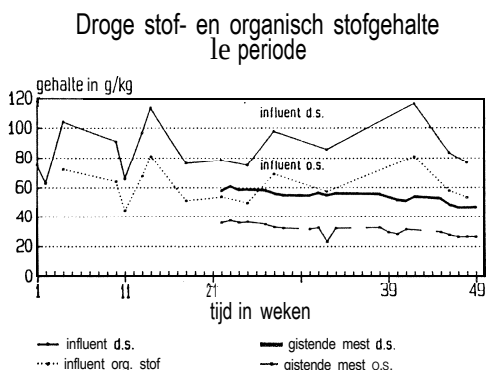
In dit hoofdstuk wordt voor beide vulstrategieën ingegaan op de behaalde resultaten. Hierbij komen de volgende punten aan de orde:

- mestsamenstelling;
- temperatuurverloop;
- netto gasproductie;
- gassamenstelling.

3.1 Resultaten eerste periode, accumulatie systeem

In 2.5 is vermeld dat twee keer is opgestart.

De eerste maanden is geen gasproductie gemeten. De mesttemperatuur was te laag (8°C). Daarom is besloten om de silo opnieuw te vullen. Op 19 april 1988 is de silo voor de tweede keer gevuld met $45,8\text{ m}^3$ vleesvarkensmest en 37 m^3 mest afkomstig van een mesofiele biogasinstallatie te Nistelrode. Deze mest is bedoeld als entmateriaal om het vergistingsproces op te starten. Dit entmateriaal, uit een vergister, die bij 37°C werkt, is niet geadopteerd aan de procesomstandigheden voor koude vergisting. Laboratoriumonderzoek heeft aangetoond, dat zo'n enting minder effectief is, dan entmateriaal uit een koude vergister. Entstof uit een koude vergister was toen echter niet voorhanden. Het entpercentage bedroeg $37/700 \times 100\% = 5,3\%$, berekend op de silo-inhoud. Berekend op basis van het



Figuur 6: De samenstelling van de toegevoegde mest en de gistinge mest gedurende de 1e-periode, accumulatie systeem.

Figure 6: Composition of the influent and the fermenting slurry during the first experiment (accumulation system).

gistende volume bedroeg het entpercentage $37/(37 + 45,8) \times 100\% = 45\%$.

Elke 14 dagen is vleesvarkensmest toegevoegd (zie ook tabel 2).

Nadat wederom een maand verstreken was en nog steeds geen gasproductie was waargenomen bestond het vermoeden, dat de gastransportleiding lek moest zijn. Dit bleek inderdaad het geval te zijn. Na reparatie was het vanaf juni 1988 mogelijk om de gasproductie te meten.

De vultijd van de biogasinstallatie was 357 dagen. In maart 1989 was de silo vol en is deze leeggereden.

3.1.1 De mestsamenstelling

De toegevoegde mest had gemiddeld (gewogen gemiddelden) de volgende samenstelling:

chemisch zuurstofverbruik (CZV)	94,7 g/l;
droge stofgehalte	90,4 g/kg;
organisch stofgehalte	65,5 g/kg;
vluchtige vetzuren (VVZ)	20,8 g/l;
totaal ammonium-N	4,5 g/l;
PH	7,4.

De mesofiel vergiste entmest had een volgende samenstelling:

- chemisch zuurstofverbruik (CZV)	72,9 g/l;
- droge stofgehalte	78,0 g/kg;
- vluchtige vetzuren (VVZ)	0,5 g/l;
- totaal ammonium-N	5,7 g/l;
- PH	8,7.

In figuur 6 is de mestsamenstelling gedurende de eerste ronde (accumulatie systeem) weergegeven. Ook de samenstelling van de gistende mest is hierbij gegeven.

Uit figuur 6 valt het volgende af te lezen:

- Tijdens de gisting is het droge stofgehalte van de mest van 90,4 g d.s./kg mest tot 54 g d.s./kg mest gedaald, deels ten gevolge van afbraak van organische bestanddelen en deels door bezinking in de silo. Zo is het organisch stofgehalte gedaald van 66 g o.s./kg mest tot 31 g o.s./kg mest. Door de monstername techniek is niet precies aan te geven welke verlaging exact een gevolg is van de anaerobe-afbraak.

- Het CZV-gehalte van de gistende mest varieert van 42-63 g/l (gemiddeld bevat gistende mest 51 g CZV/l). Het influent heeft over het algemeen een hoger CZV-gehalte, variërend van 65-130 g/l.

Tijdens de vergisting worden organische bestanddelen uit de mest, waaronder eiwit-

ten, vetten en cellulose afgebroken tot methaan. Het CZV-gehalte in de gistende mest zal dan ook altijd lager zijn dan het CZV-gehalte van het influent.

In de weken 34, 44 en 50 wordt verse mest toegevoegd, dit veroorzaakt een stijging in het CZV-gehalte van het influent;

- Het vluchtige vetzuurgehalte in de gistende mest is op het moment van monsternamen telkens laag (0-5 g/l). Dit wijst erop, dat er een volledige vergisting plaatsvindt. Alle geproduceerde vetzuren worden direct door de methaan bacteriën omgezet. Tijdens het vergisten van mest stijgt de pH van 7,4 tot 7,9;
- Tijdens de vergisting stijgt het ammonium-N gehalte in de mest van 4,4 tot 5,3 g/l. Deze stijging wordt veroorzaakt door de bacteriële afbraak van eiwitten. Zoals uit de gassamenstelling blijkt wordt er nauwelijks ammoniak met het biogas afgevoerd. Opgemerkt moet worden dat de uitgiste mest bij het bovengronds aanwenden tot een hogere ammoniak emissie kan leiden.

3.1.2 Het temperatuurverloop

De temperatuur van de mest in de biogasinstallatie was gedurende de eerste maanden onder 15°C. Er was geen (bio)gas beschikbaar voor de bijverwarming. Vanaf begin juni kon de mest verwarmd worden. De mesttemperatuur is toen tot boven de 20°C opgewarmd. Vanaf toen heeft de mesttemperatuur van 15 tot 23°C (gemiddeld 18,2°C) bedragen. De temperatuur van het biogas boven de mest ligt in het algemeen enkele graden beneden de mesttemperatuur.

Vanaf december 1988 lagen alle thermokoppels in de mest. Daardoor kon de temperatuur van het gas niet meer gemeten worden. De buitentemperatuur varieerde in deze periode van 0 tot 21 °C (gemiddeld 9,3°C). In koude perioden produceerde de biogasinstallatie voldoende gas om de mesttemperatuur boven de 15°C te handhaven. Gedurende de periode november tot januari zijn er een aantal problemen geweest met de gasdrukregeling. Daardoor kon het geproduceerde gas niet optimaal benut worden. Eind november 1988 moest de cv-ketel schoongemaakt en nagekeken worden. Het corrosieve effect van H_2S in het biogas was duidelijk aanwezig.

Mede hierdoor en als gevolg van de lage buitentemperatuur en de verminderde mesttoevoer is de temperatuur van de gistende mest tot 15°C gedaald.

In figuur 7 wordt het temperatuursverloop gedurende de eerste periode, accumulatie systeem, gegeven.

3.1.3 De netto gasproductie

De gasproductie is in eerste instantie elke twee weken afgelezen. Vanaf het moment, dat er voldoende gas geproduceerd werd, is deze dagelijks afgelezen. In figuur 8 wordt de gasproductie in m³ gas per dag weergegeven

Gedurende de eerste periode (accumulatie systeem) is er 5.330 m³ biogas geproduceerd. Hiervan is 2.040 m³ biogas gebruikt om de mest op de gewenste temperatuur te brengen en te houden.

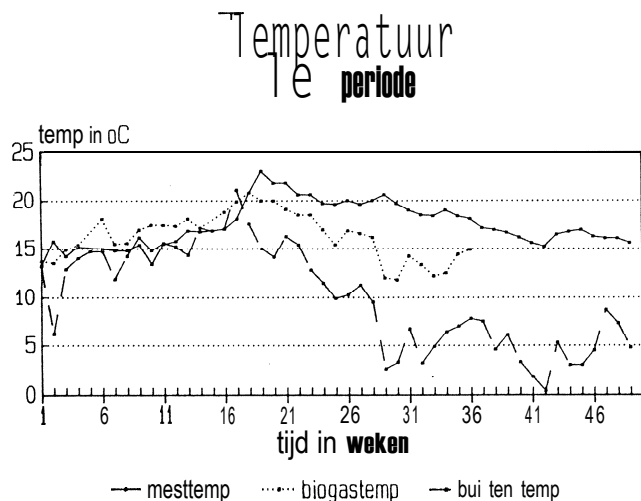
De gasproductie bedraagt gemiddeld 18,6 m³ biogas/dag (bij 18°C). De gasproductie varieert in deze periode van 0-90 m³ biogas/dag.

Om de mest op temperatuur te brengen en te

houden is er 7,1m³ biogas/dag gebruikt (dit varieert in deze periode van 0-27 m³ biogas/dag).

Per m³ toegevoegde mest is er 11,0m³ biogas geproduceerd. Per m³ mest wordt er 4,2 m³ gas verbruikt om de mest op temperatuur te houden. Hierbij is uitgegaan van 485 m³ mest, omdat de mest van week 1t/m week 9 al uitgegist was toen de gasleiding gerepareerd werd. Het aantal m³ gas/m³ mest is vooral afhankelijk van het droge stofgehalte van de mest (en het CZV-gehalte van de mest). In tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de hoeveelheid geproduceerd gas per kg droge stof en per kg CZV wat toegevoegd is aan de biogasinstallatie. Deze resultaten liggen lager dan de door Zeeman (1991) gerapporteerde producties onder laboratorium omstandigheden.

Uit tabel 2 blijkt, dat 38% van het geproduceerde gas nodig is om de mest op temperatuur te houden. Buitentemperatuur gedurende deze periode is gemiddeld 9,3°C en de temperatuur van de gistende mest bedraagt 18,2°C.



Figuur 7: Het temperatuurverloop gedurende de 1e-periode, accumulatie systeem.
Figure 7: The temperature curve during the first period (accumulation system).

Tabel 2: De gasproductie, bij vullen volgende het accumulatie systeem.

Table 2: The net biogas production with the accumulation system.

	per m ³ mest	per kg d.s.	per kg CZV
gasproductie	11,0 m ³	122,2 l	0,12 m ³
gasverbruik	4,2 m ³	46,7 l	0,04 m ³
netto gasproductie	6,8 m ³	75,5 l	0,07 m ³

Opstart in week 1 is op 25 april 1988.

Het grillige verloop van de dagelijkse gasproductie wordt volledig verklaard door het schoksgewijs bijvullen met mest.

In week 18 is er 50 m³ vleesvarkensmest toegevoegd. De gasproductie stijgt hierdoor tot 54 m³ biogas/dag in week 20 (temperatuur mest is 20°C). Na ongeveer 4 weken is deze mest vergist. De biogasproductie daalt tot 16 m³/dag. Zodra er in weken 22 t/m 24 weer nieuwe mest wordt toegevoegd (86, 34 en 120 m³ vleesvarkensmest) stijgt de produktie tot zelfs 90 m³ biogas/dag (temperatuur mest is 20°C). In week 30 is ook deze mest uitgest. Vervolgens wordt er in de weken 32, 41, 48 mest toegevoegd (ca. 20 m³ vleesvarkensmest) waardoor de gasproductie weer stijgt tot ca. 25 m³ biogas/dag (temperatuur mest 15°C). Verse mest wordt direct en binnen 2-4 weken vergist.

De hoeveelheid biogas/m³ mest is afhankelijk van de versheid van de toegevoegde mest. In de stal kan de vergisting reeds beginnen.

3.1.4 De gassamenstelling

Van het geproduceerde gas is wekelijks de gassamenstelling bepaald. Het H₂S-gehalte wordt met Drager-buisjes bepaald. Een hoog H₂S-gehalte veroorzaakt een snelle aantasting van de CV-ketel. In dit onderzoek is geen ontzwavelingsapparatuur gebruikt. Het H₂S-gehalte in het biogas varieert van 0,6-0,9% vol., hetgeen vrij hoog is. De eerste weken

bedraagt het H₂S gehalte 150 ppm. Dit gehalte is echter in een aantal maanden opgelopen tot bijna 1% vol.

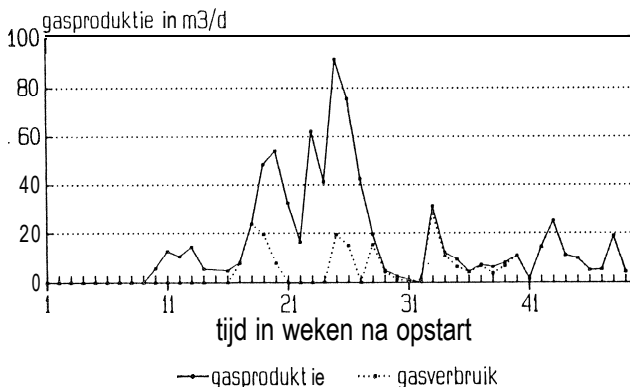
Het biogas bestaat bijna volledig uit CO₂ en CH₄. Het CO₂-gehalte in het biogas varieert van 20 tot 40 volume %. Tot december 1988 is het CO₂-gehalte met behulp van Dräger-buisjes direct in de gasstroom bepaald. Het CH₄-gehalte is daaruit berekend. Vanaf december 1988 is er wekelijks een gasmonster genomen, dat met een gaschromatograaf geanalyseerd is op CO₂- en CH₄-gehalte. Over het algemeen bleek het CO₂-gehalte, gemeten met een Drager-buisje, een paar volume procenten hoger in vergelijking met de bepaling volgens de gaschromatograaf. Het geproduceerde biogas had gemiddeld de volgende samenstelling:

- CO₂-gehalte 32,0 volume % (variëert van 32-38 vol %);
- CH₄-gehalte 66,0 volume % (variëert van 62-68 vol %);
- H₂S-gehalte 0,8 volume %.

Het CO₂-gehalte stijgt na opstarten van 0 tot 35 volume %. In week 15 bedraagt het CO₂-gehalte 35 volume %. Er wordt aangenomen dat vanaf dit moment alle zuurstof uit de biogasinstallatie verdreven is. Daarna kan de CV-ketel aangestoken worden.

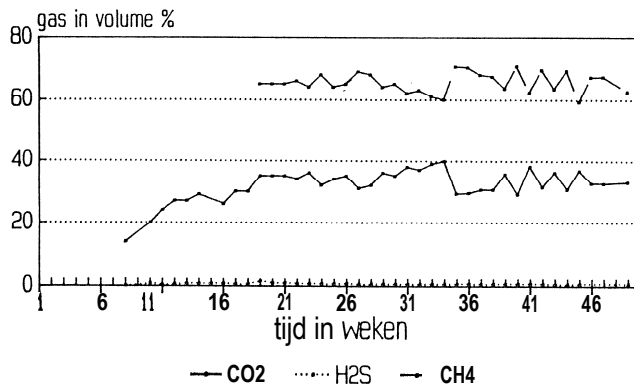
In figuur 9 wordt de gassamenstelling weer gegeven

Gemiddelde gasproductie 1e periode



Figuur 8: De netto gasproductie gedurende de eerste periode, accumulatie systeem.
Figure 8: The net biogas production during the first period (accumulation system).

Gassamenstelling 1e periode



Figuur 9: De gassamenstelling gedurende de 1e-periode, accumulatie systeem.
Figure 9: The composition of the biogas during the first period (accumulation system).

3.2 Resultaten tweede periode, semi-continu systeem

3.2.1 De mestsamenstelling

In tabel 3 wordt een overzicht gegeven van de samenstelling van de mest, zoals deze toegevoegd is aan de biogasinstallatie. Nadat de silo gevuld was is wekelijks een hoeveelheid mest verwijderd en toegevoegd. Omdat de mestproductie van de vleesvarkens hiervoor niet toereikend was, is er ook zeugenmest toegevoegd (46%)(zie bijlage 2). De zeugenmest heeft een aanzienlijk lager ds-gehalte dan de mest van de vleesvarkens (zie tabel 3).

In figuur 10 wordt de samenstelling van de gistende mest en de toegevoegde mest weer gegeven. Uit deze figuur valt het volgende af te lezen:

- Als gevolg van de sterk wisselende samenstelling van de mest welke aan de silo wordt toegevoegd, varieert het CZV gehalte van de toegevoegde mest van 21,5 g/l tot 110 g/l. Over het algemeen ligt het CZV-gehalte van de gistende mest lager dan het CZV-gehalte van de toegevoegde mest. Incidenteel is dit zelfs niet het geval. Een verdere verdunning van de gistende mest is het gevolg! Gemiddeld bevat de gistende mest 44,3 g CZV/l. Gemiddeld neemt het

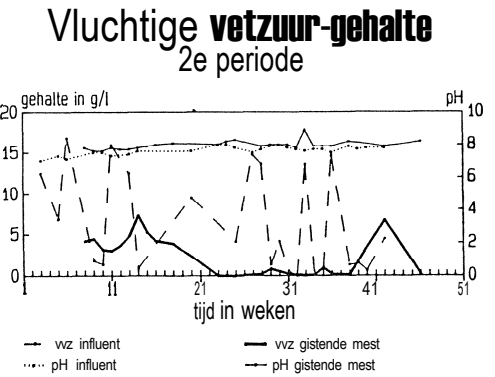
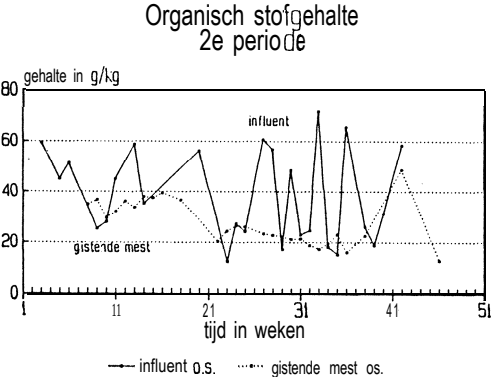
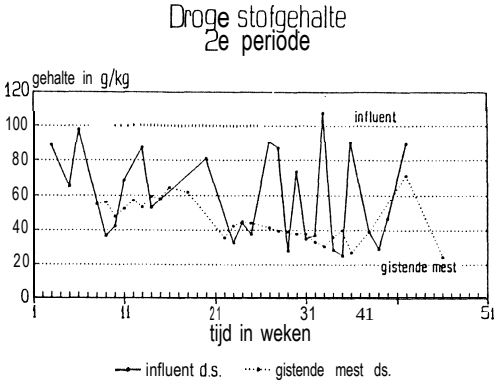
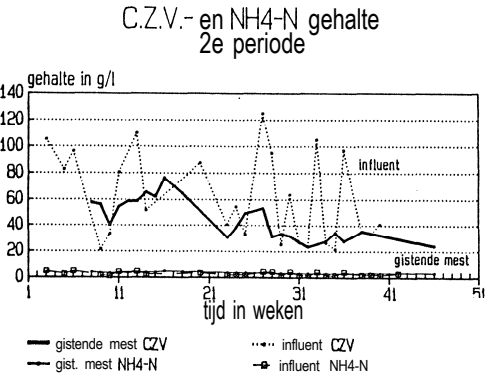
CZV-gehalte af tijdens het vergisten van 57,5 tot 44,3. Voor een deel is dit ook het gevolg van bezinken in de silo

- Het ammonium-N gehalte stijgt door de vergisting van 3,0 g/l (toegevoegde mest) tot 3,8 g/l. Vanwege het feit dat er minder geconcentreerde mest wordt toegevoegd dan in de eerste periode is de stijging in NH₄-N gehalte ook geringer.
- Het droge stofgehalte van de toegevoegde mest varieert van 25 g d.s./kg mest tot 107 g d.s./kg mest (gemiddeld gehalte 59,3 g d.s./kg mest). Tijdens de vergisting neemt het d.s.-gehalte af van 59,3 g d.s./kg tot 45,5 g d.s./kg mest en het o.s.-gehalte van 38,6 g o.s./kg tot 27,4 g o.s./kg mest. Deels door afbraak deels door bezinken.
- Ook voor het gehalte aan vluchtige vetzuren geldt dat dit variabel is als gevolg van het toevoegen van de veel dunnere zeugenmest. Het vluchtige vetzurengehalte van de toegevoegde mest varieert van 0,2-17 g/l (gemiddeld 6,5 g VVZ/l). De gistende mest heeft een gemiddelde samenstelling van 2,3 g VVZ/l. In het algemeen geldt dat het VVZ-gehalte van de gistende mest lager is dan het gehalte in de toegevoegde mest. Tijdens het vergisten van mest wordt organische stof door bacteriën omgezet tot methaan en koolzuur. De gehalten aan droge stof, organische stof, CZV en VVZ

zullen hierdoor afnemen. Door de vergisting van mest stijgt de pH van 7,6 (toegevoegde mest) tot 8,0 (gistende mest). Het is aannemelijk, dat de zeugmest in de stal reeds voor een deel vergist is.

3.2.2 Het temperatuurverloop
 Gedurende de eerste maanden na opstart ligt de temperatuur van de gistende mest onder de 15 graden. Dit wordt veroorzaakt door het feit, dat eerst alle zuurstof uit de installatie

verdreven moet zijn, voordat de cv-ketel aangestoken kan worden. Bovendien zijn er problemen met de cv-ketel, die niet goed functioneert Begin juni is de cv-ketel gerepareerd en kan de gistende mest opgewarmd worden tot 20°C.
 In oktober begint de temperatuur van de gistende mest weer te dalen. Oorzaak moet ook hier weer gezocht worden in het feit, dat de cv-ketel niet goed functioneert. De cv-ketel is gedurende de maand oktober twee maal



Figuur 10: De samenstelling van de toegevoegde mest en de gistende mest gedurende de tweede periode, semi-continu systeem.
 Figure 10: Composition of the influent and the fermenting slurry during the second period (semi-continuous system).

Tabel 3: Samenstelling van de te vergisten mest.
 Table 3: Composition of the influent during the second period (semi-continuous sytem).

componenten	gemiddelde waarde	zeugenmest	vlees-varkensmest	eerste periode
ds. in g d.s./kg mest	59,3 g/kg	39,5 g/kg	84,8 g/kg	90,4 g/kg
o.s. in g o.s./kg mest	38,6 g/kg	25,6 g/kg	57,4 g/kg	65,5 g/kg
Vluchtige vetz in g/l	6,5 g/l	1,7 g/kg	12,5 g/kg	20,8 g/kg
CZV in g/l	57,5 g/l	35,7 g/l	90,6 g/l	94,7 g/l
NH ₄ -N in g/l	3,0 g/l	2,1 g/l	4,4 g/l	4,5 g/l
PH	7,6	7,7	7,4	7,4

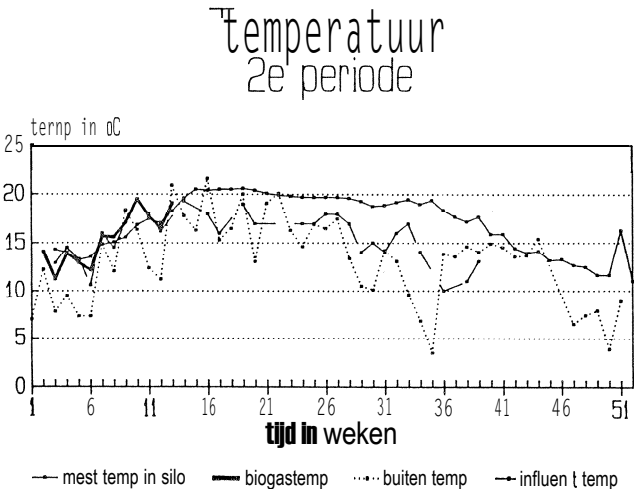
schoongemaakt, Echter eind november zijn er opnieuw problemen als gevolg van sterke corrosie van de ketel. Daardoor is de mest onvoldoende op temperatuur gehouden.

Gedurende deze periode bedraagt de gemiddelde temperatuur van de gistende mest 18,1°C (variërend van 15,2-23°C). De verse mest uit de stallen heeft een gemiddelde temperatuur van 15,6°C (variërend van 10,6-18°C). De buitentemperatuur in deze periode bedraagt gemiddeld 14,3°C (variërend van 3,5-21,6°C). In figuur 11 wordt het temperatuurverloop gedurende de tweede periode weergegeven.

32.3 De netto gasproductie

De gasproductie is dagelijks afgelezen. In figuur 12 wordt de gasproductie gedurende de tweede periode, in m³biogas/dag gegeven. Gedurende de tweede periode (semi-continu methode) is er 6.410 m³ biogas geproduceerd. Hiervan is 1.590 m³ biogas gebruikt

om de mest op de gewenste temperatuur te brengen en te houden. De gasproductie bedraagt gemiddeld 22,6m³biogas/dag (bij 18°C). De gasproductie varieert in deze periode van 0-72 m³biogas/dag. Om de mest op temperatuur te brengen en te houden is er 5,6m³ biogas per dag nodig (dit varieert van 0-33m³biogas/dag). Omgerekend wordt er 5,6m³ biogas geproduceerd (van 23-3-89 t/m 1-1-90) per m³ mest, die toegevoegd wordt aan de biogasinstallatie. Per m³ toegevoegde mest is er 1,0 m³ biogas nodig om de mest op temperatuur te houden. Doordat er gedurende deze ronde ook dunnere zeugenmest toegevoegd is aan de silo ligt de biogasproductie per m³ toegevoegde mest lager dan bij de vorige ronde, waar alleen vleesvarkensmest is toegevoegd. Bovendien is er relatief meer gas nodig om de dunnere mest op temperatuur te houden. Het is beter de gasproductie uit te drukken in m³ biogas per kg droge stof of per kg CZV toegevoegd. In tabel 4 is een overzicht gegeven van de netto gasproductie gedurende de



Figuur 11: Het temperatuurverloop gedurende de tweede periode, semi-continu methode.
Figure 11: The temperature curve during the second period (semi-continuous system).

Tabel 4: De gasproductie, bij het vullen volgens het semi-continu systeem.
Table 4: The net production of biogas during the second period (semi-continuous system),

	per m³ mest	per kg ds.	per g CZV
gasproductie	5,6 m³	94,4 l	0,10 m³
gasverbruik	1,4 m³	23,3 l	0,02 m³
netto gasprodu ktie	4,2 m³	71,1 l	0,08 m³

tweede periode. Deze produkties zijn lager dan op basis van de afbraak van vluchtige vetzuren verwacht mag worden.

Uit tabel 4 blijkt dat 25% van het geproduceerde gas verbruikt wordt om de mest op temperatuur ($18,1^{\circ}\text{C}$) te houden. Buitentemperatuur bedraagt gemiddeld $14,3^{\circ}\text{C}$.

Het gasverbruik is geringer dan in het accumulatie-systeem, doordat de CV-ketel veel storingen heeft gehad. Ook zijn de biogasproducties/ m^3 mest geflatteerd door het lage d.s.-gehalte van de mest.

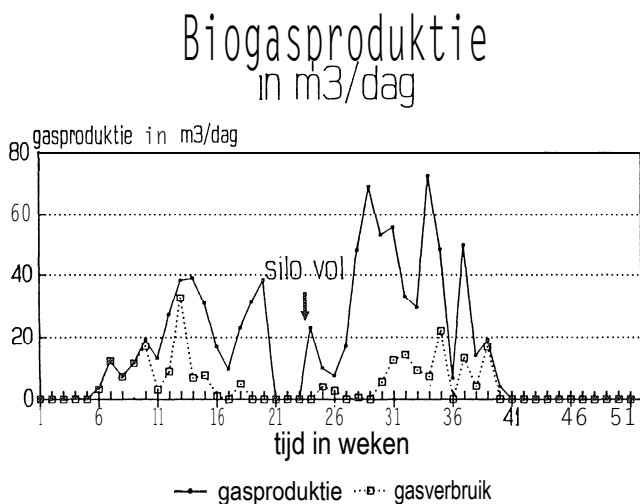
Zes weken nadat de biogasinstallatie opgestart is begint de gasproductie op gang te komen. De gasproductie stijgt gedurende deze periode tot 39 m^3 biogas/dag. In week 21 is de mest uitgesteekt, waardoor de gasproductie abrupt stopt. In week 18 werd er 8 m^3 vleesvarkensmest toegevoegd aan de silo waardoor de gasproductie weer iets toenam. In week 23 is de biogasinstallatie vol en kan begonnen worden met semi-continu vulmethode. Gedurende deze periode (154 dagen) wordt er gemiddeld 21 m^3 biogas/dag geproduceerd en is er $7,7 \text{ m}^3$ biogas per dag nodig om de mest op temperatuur te houden (temperatuur mest 20°C). In week 23 en 26 wordt

er een hoeveelheid vleesvarkensmest toegevoegd (23 en 69 m^3) hierdoor stijgt de gasproductie tot 69 m^3 biogas per dag (in week 28)(temperatuur mest 20°C). In week 35 is deze mest uitgesteekt en de gasproductie daalt. Wanneer er weer vleesvarkensmest toegevoegd wordt (week 33) loopt de gasproductie weer op tot 72 m^3 biogas/dag. In week 36 is ook deze mest uitgesteekt. In week 37 wordt er weer een grote hoeveelheid zeugenmest toegevoegd (50 m^3), waardoor de gasproductie stijgt tot 50 m^3 biogas/dag (temperatuur mest 18°C). Gedurende de maanden november-december zijn er problemen met de cv-ketel. Hierdoor kan de mest niet verwarmd worden en daalt de produktie, waardoor nog minder verwarmd kan worden enz. Dit alles heeft tot gevolg, dat de gasproductie stopt in week 42. Er zijn geen aanwijzingen, dat er andere factoren een rol spelen bij deze abrupte stop.

3.2.4 De gassamenstelling

Het geproduceerde gas heeft gemiddeld de volgende samenstelling:

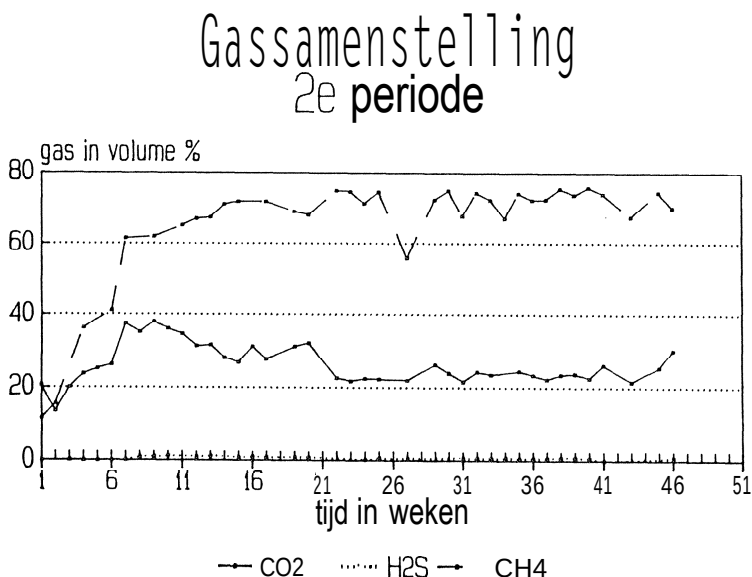
- CO_2 -gehalte $27,0 \text{ \% vol}$ (varieert van $22\text{-}35\%$);
- CH_4 -gehalte $66,0 \text{ \% vol}$ (varieert van $62\text{-}74\%$);
- H_2S -gehalte $0,6 \text{ \% vol}$.



Figuur 12: De gasproductie gedurende de tweede periode, semi-continu methode.

Figure 12: The biogas production during the second period (semi-continous system).

Het CO₂-gehalte lijkt wat lager te liggen, dan gedurende de vorige periode. Dit kan mede veroorzaakt worden door het feit, dat het CO₂-gehalte en CH₄-gehalte met behulp van een gaschromatograaf gemeten zijn. De waarden, gemeten met de gaschromatograaf, zijn over het algemeen iets lager dan de waarden, verkregen met Drager-buisjes. Het geproduceerde biogas bevat vrij veel zwavel. Dit is er o.a. de oorzaak van de problemen rondom het functioneren van de cyketel. Deze moet vaak schoongemaakt worden. Voor praktijkomstandigheden is ontzwa-
 velingsapparatuur noodzakelijk. In figuur 13 wordt de gassamenstelling weer-
 gegeven



Figuur 13: De biogassamenstelling gedurende de tweede periode, semi-continu methode
 Figure 13: The composition of the biogas in the second period (semi-continuous system).

Op basis van de ervaringen en de resultaten wordt dit onderzoek vanuit het standpunt van biogasproductie geëvalueerd. De economische aspecten komen in het volgende hoofdstuk aan de orde.

Boven 15°C ontstaat spontaan biogas uit varkensmest. Producties van 120l/kg ds. zijn goed haalbaar. Op een mestvarkensplaats wordt per jaar ongeveer 140 kg d.s. geproduceerd, hetgeen neerkomt op een biogasproductie van 15-17 m³ biogas. Een deel van dit gas wordt benut om de mest in de herfst zo lang mogelijk boven de 15°C te houden. De daarvoor benodigde hoeveelheid is afhankelijk van buitentemperatuur en isolatie van de silo. Wordt de mest over de winter bewaard dan zal in het voorjaar de biogasproductie weer spontaan opstarten. De isolatie werkt dan echter remmend.

Een mesttemperatuur boven de 15°C is bijna altijd aanwezig indien de mest onder de stal wordt opgeslagen. Dat betekent dat er ook steeds biogas vrijkomt in de afdelingen, wat niet zonder gevaar is. Helaas zijn daarvan teveel voorbeelden bekend, zoals brand en ontploffingen. In het verleden is getracht om dit gas te verzamelen via drijvende kapjes op de mest. Door technische problemen is dit onderzoek gestopt. Wanneer vanuit milieutechnische eisen de mest buiten de stallen bewaard moet worden komt de vraag opnieuw aan de orde of dit gas opgevangen en gebruikt kan worden. Technisch is dat te realiseren door de mestopslag luchtdicht af te sluiten en het gas via een compressor af te voeren. De afsluiting gebeurt met een kunststof doek (gasdoek). De afdichting tegen de silowand is het kritische onderdeel. Hierbij kunnen alleen kitstoffen gebruikt worden, die bestand zijn tegen het agressieve H₂S. Dit gas (zwavelwaterstof) wordt steeds in kleine hoeveelheden geproduceerd. Alvorens het biogas te benutten dient men dit H₂S te verwijderen, omdat dit gas de branders en de afvoerpijpen ernstig aantast. Daarvoor bestaan goede technieken, die echter in dit onderzoek niet zijn toegepast. Deze technieken zijn meestal gebaseerd op een chemische binding van de zwavel aan ijzer.

Ook van praktisch belang is een goede beveiliging van het gasdoek tegen onder- en overdruk. Die zullen vooral ontstaan bij het ledigen en vullen van de silo. In het onder-

zoek is bij deze werkzaamheden steeds een kraan opengezet. Daardoor is een onbekende hoeveelheid biogas verloren gegaan. Een goed afgesteld beveiligingsventiel verdient onder praktijkomstandigheden de voorkeur. Vanuit het oogpunt van milieu heeft het opvangen en verbranden van biogas grote voordelen. Methaan levert een veel grotere bijdrage aan het zogenaamde broeikaseffect dan CO₂. Door verbranding wordt methaan (CH₄) omgezet in CO₂ en water. Bovendien wordt via de methaangaswinning de uitstoot van ammoniak uit de opslag volledig voorkomen.

Voor de bedrijven blijft de vraag over de benutting van het biogas altijd belangrijk, omdat daarvan de economische haalbaarheid afhankelijk is. De warmtebehoefte op varkensbedrijven is afhankelijk van het seizoen. Vermeerderingsbedrijven gebruiken in de kraamstallen en biggenopfokstallen gedurende het gehele jaar warmte. Op deze bedrijven zal de toepassing van biogas eerder rendabel zijn. Helaas heeft de mest op deze bedrijven een relatief laag droge stofgehalte, waardoor er per m³ mest weinig gas beschikbaar komt. Het gesloten varkensbedrijf kan het gas uit de mestvarkensmest benutten in de vermeerdering. Er zijn verwarmingsketels die zowel biogas als propaan of aardgas kunnen benutten.

Loopt de productie van biogas niet gelijk aan de warmtebehoefte op de bedrijven dan kan een gasopslag geplaatst worden. Gezien het volume moet daarbij uitsluitend gedacht worden aan een kleine buffer waarmee verschillen binnen één of een paar etmalen opgevangen kunnen worden.

Tot slot is het zeer belangrijk, dat voldoende veiligheidsmaatregelen getroffen worden voor de varkenshouder. Elke afgesloten mestopslag bevat een dodelijk gas. Voorkom ten alle tijde dat men in zo'n silo kan vallen. Met de bouw van een inspectieluik dient men daarbij terdege rekening te houden.

5 KOSTEN COSTS

51 Investeringsen

De investeringen voor de aanschaf van een biogasinstallatie zijn grotendeels gebaseerd op de situatie, zoals in deze proef beschreven. Er is verondersteld, dat de mest buiten de stallen wordt opgeslagen.

Op het Proefstation is een bestaande mestsilo (inhoud 700 m³) omgebouwd tot een biogasinstallatie (zie hoofdstuk 2). De echte investeringen bestaan uit de volgende posten:

- gasopvangdoek;
- isolatie en bekleding zijwanden;
- isolatie ondergronds gedeelte van de silo;
- cv-installatie; inclusief gasafvoer en drukregeling;

De kosten voor de cv-installatie bestaan uit:

- ventilator;
- condenspot;
- drukregeling;
- gasmeter;
- leidingen:
 - gasafvoerleiding;
 - polyethyleen verwarmingsleiding;
 - af- en aanvoer warm water;
- arbeid;
- ontzwavelingsapparatuur.

Zoals in hoofdstuk 3 al vermeld is kunnen

veel storingen met de cv-ketel voorkomen worden door de aanschaf van ontzwavelingsapparatuur. Volgens Hoeksma (1988) zijn de kosten voor aanschaf van deze apparatuur f 2.000,— tot f 6.500,— afhankelijk van het type installatie. Door toevoeging van ijzerchloride aan de verse mest kan de vorming van H₂S beperkt worden. Hiervoor is een investering nodig van f 2.000,— (jaarlijkse kosten f 350,— plus f 0,05 per m³ mest voor de ijzerchloride).

In tabel 7 wordt een overzicht gegeven van de investeringsbedragen.

Indien de silobodem zich altijd boven het grondwater bevindt, kan met een goedkopere isolatie worden volstaan. De besparing bedraagt ongeveer f 12.800,—. Daarmee komt de investering per m³ op f 79,—.

5.2 Jaarlijkse kosten

De jaarlijkse kosten kunnen onderverdeeld worden in vaste kosten (afschrijving, rente en onderhoud en arbeid) en variabele kosten. Voor het berekenen van de vaste kosten is uitgegaan van het investeringsbedrag met de goedkopere bodemisolatie en de volgende afschrijvingstermijnen:

Tabel 7: Investeringsbedragen voor de ombouw van een mestsilo tot opslag/biogasinstallatie. Uitgaande van een ronde silo van 700m³.

Table 7: *Capital outlay for a psychrophylic digester, build as a concrete silo tank (700 m³).*

Onderdeel	Gemaakte investeringskosten (excl. BTW-incl. montage)
1. Gasopvangdoek	f 18.500,—
2. Isolatie dak en zijwanden en bekleding (damwandprofiel)	f 15.500,—
3. Cv-installatie; gasafvoer, drukregeling, cv-installatie met electrische ontsteking, ontzwaveling ed.	f 9.000,—
4. Geïsoleerde bodem en zijwand, onder maaiveld. Isolatie is uitgevoerd met 10 cm foamglas aangebracht tijdens de bouw (zie 2.1)	f 21.300,—
Totale investering	f 64.300,—
Investering per m ³ silo inhoud uitgaande van een netto inhoud van 600 m ³	f 99,—

- gasdoek 7 jaar (14% per jaar);
- isolatie 20 jaar (5% per jaar);
- cv-ketel 5 jaar (20% per jaar);
- overige apparatuur 10 jaar (10% per jaar);

De rente is gesteld op 8%.

Onderhoudskosten worden geraamd op 4% van het investeringsbedrag.

Extra arbeidskosten voor het wekelijks overpompen van de mest worden geschat op 0,25 manuur per week (f 28,— per manuur). De variabele kosten bestaan uit kosten voor de ontzwaveling (ijzerchloride).

In tabel 8 worden de jaarlijkse kosten weergegeven

Uitgangspunten voor de bouw van een dergelijke biogasinstallatie zijn de volgende:

Vleesvarkensstal voor 880 vleesvarkens, 11 afdelingen voor 80 vleesvarkens;
 Halfroostervloerstal met ondiepe kelders (50 cm) en alleen het roostergedeelte onderkelderd. De opslagcapaciteit in de stal bedraagt dan ca 200 m³;
 Mestproductie van 1,5 m³/vvp.jaar, jaarproductie bedraagt dan 1320 m³/jaar;
 Biogasinstallatie met een netto inhoud van 700 m³ (maximaal 50 m³ entmest per keer);
 Twee maal vullen van de silo per jaar;
 Toevoer aan de biogasinstallatie van 25 m³ per week; per week dienen 1-2 afdelingen leeggelaten te worden.

5.3 De prijs van het biogas

Na vaststelling van de jaarlijkse kosten is het van belang de prijs per m³ biogas te kennen.

Ondanks het uitgevoerde onderzoek blijven hier een aantal onzekerheden bestaan. Onbekend is hoeveel biogas er reeds in de stal gevormd en ontweken is. Ook wordt verwacht dat mestopslag in de stallen gaat verdwijnen in verband met het terugdringen van de NH₃-emissie. Er bestaan reeds goed functionerende uitmestinstallaties zoals het rioleringsysteem. Een ander belangrijk uitgangspunt is de opslagduur van de mest. Dit bepaalt direct de bijbehorende bedrijfsomvang en daarmee de mest- en gasproductie. Als geschetste biogasinstallatie de enige mestopslag op het bedrijf is kan alleen de eerste (accumulatie) vulstrategie gevolgd worden. Voor de semi-continu methode is een extra opslag nodig.

Duidelijk is dat niet zonder meer een kostprijs per m³ biogas kan worden berekend. Een aantal situaties worden doorgerekend.

A. Accumulatie opslagduur 6 maanden

- 1 Bedrijfsomvang 2 x 650 = 1300 m³ mest/jr of wel 880 mvp (11 afd à 80 dieren).
- 2 Stal met rioleringsysteem.
- 3 Gasproductie 10% hoger dan de op het Proefstation gemeten hoeveelheid vanwege wekelijkse invoer van 25 m³ verse mest; 12 m³ gas/m³ mest. Nodig voor verwarming van silo 4 m³ gas/m³.

Jaarlijkse bruto gasproductie:

$$1300 \times 12 = 15.600 \text{ m}^3.$$

Netto gasproductie:

$$1300 \times (12 - 4) = 10.400$$

Kostprijs :

$$f 10.870,- : 10.400 = f 1,05/\text{m}^3 \text{ biogas.}$$

Tabel 8: De jaarlijkse kosten voor een biogasinstallatie.

Table 8: *The annual costs for the psychrophilic digester.*

Omschrijving	Jaarlijksekosten (excl. BTW)
vaste kosten	
extra investering	
- rente (8% over f 51.500 : 2)	f 2.060,-
- afschrijving	f 5.590,—
- onderhoud 4%	f 2.060,—
extra arbeid	
- overpompen mest	f 360,—
variabele kosten	
- ontzwaveling (f 0,05 per m ³ biogas)	f 800,—
Totale kosten per jaar	f 10.870,—

B Semi-continue methode

Dezelfde bedrijfsomvang als bij A.

Er is een extra silo nodig van

650 m^3 inhoud à f. $100/\text{m}^3 = \text{f } 65.000,-$.

De jaarlijkse kosten (afschrijving 10%,
rente 8% en onderhoud 4%) bedragen
18% van dit extra investeringsbedrag, zijn-
de f 11.700,—. continue bedrijfsvoering.

Op basis van de gevonden resultaten
(m^3 biogas/kg CZV) mag met deze metho-
de een 25% hogere bruto gasproductie
dan bij het accumulatie systeem verwacht
worden (15 m^3 biogas/ m^3 mest).

Jaarlijkse netto gasproductie bij 880 mvp.

$1300 (15 - 4) = 14.300 \text{ m}^3$ biogas

Kostprijs (f 10.870,— + f 11.700,—) :

$14.300 = \text{f } 1,58/\text{m}^3$ gas.

6 CONCLUSIES EN DISCUSSIE CONCLUSIONS AND DISCUSSION

6.1 De vulstrategie en de gasproductie

Bij het vullen van een biogasinstallatie met behulp van het accumulatiesysteem is op het Proefstation een brutogasproductie bereikt van gemiddeld $11,0 \text{ m}^3$ biogas per m^3 toegevoegde mest (temperatuur 18°C). De netto gasproductie bedroeg $6,8 \text{ m}^3$ biogas/ m^3 mest. De toegevoegde mest had hierbij een droge stofgehalte van gemiddeld 9%. De dagelijkse gasproductie varieert van $0-90 \text{ m}^3$ biogas/dag. Doordat er echter niet continu mest toegevoerd kan worden aan de biogasinstallatie is, het niet mogelijk om deze maximale gasproductie te handhaven. De toegevoegde mest is binnen een aantal weken uitgestort. Wordt er daarna geen verse mest toegevoegd, dan stopt de gasproductie. Het abrupt ophouden van de gasproductie in deze proef is verwonderlijk.

De tweede periode is de silo gevuld volgens de semi-continu methode. De silo is hierbij zo snel mogelijk gevuld en vervolgens is er wekelijks een hoeveelheid mest toegevoegd aan de silo (en afgevoerd). Tijdens deze ronde is er gemiddeld $5,6 \text{ m}^3$ biogas per m^3 toegevoegde mest geproduceerd. De netto gasproductie bedroeg $4,2 \text{ m}^3$ biogas per m^3 mest. De dagelijkse gasproductie varieerde van $0-70 \text{ m}^3$ biogas per dag. Gedurende deze ronde moest er ook zeugenmest toegevoegd worden aan de biogasinstallatie, daar de vleesvarkensmestproductie was onvoldoende om de silo semi-continu te bedienen. Deze zeugenmest had een droge stofgehalte van gemiddeld 5,9%, waardoor de gasproductie per m^3 toegevoegde mest daalde. Per kg droge stof, toegevoerd met de mest, was er tussen beide systemen weinig verschil ten aanzien van de netto gasproductie.

Bedrijfsvoering

In een praktijk situatie is het aan te bevelen om koude vergisting te beperken tot alleen vleesvarkensmest.

Voor een halfroostervloerstal voor 880 vleesvarkens en ondiepe kelders met alleen het roostergedeelte onderkelderd wordt de situatie als volgt:

Jaarlijks wordt er 1300 m^3 mest geproduceerd ($1,5 \text{ m}^3/\text{vvp}/\text{jaar}$). In de stal is een opslagcapaciteit van ca 200 m^3 aanwezig. Een biogasinstallatie met een inhoud van 700

m^3 is dan voldoende om de mest te vergisten. Hierbij wordt uitgegaan van 2 vulronden per jaar. De eerste ronde wordt eind maart opgestart de tweede ronde begin september. Per week wordt er ca 25 m^3 vleesvarkensmest (met een droge stofgehalte van 9%) naar de silo gepompt. Dit houdt in dat er elke week één tot twee afdelingen overgepompt moeten worden. Rekening houdend met een opstartperiode kan er per jaar bij het accumulatie systeem netto 10.400 m^3 gas geproduceerd worden. Bij het semi-continu systeem kan er 14.300 m^3 gas geproduceerd worden.

6.2 Vergelijking van de resultaten

Wanneer men de gemiddeld gerealiseerde gasproducties vergelijkt met de waarden, zoals deze vooraf verondersteld waren (Hoeksma, 1987), blijkt dat deze onder de omstandigheden tijdens deze proef op het Proefstation, lager liggen. Volgens berekeningen van Hoeksma (-1987) zou met de installatie op het Proefstation bij een temperatuur van 15°C bruto 15.817 m^3 biogas geproduceerd moeten worden. Bij een temperatuur van 20°C zou dit 23.450 m^3 moeten zijn. De gemiddelde gistingstemperatuur lag bij het Proefstation op 18°C , de bruto gasproductie zou dan 19.600 m^3 biogas per jaar moeten bedragen. Netto komt dit neer op 15.974 m^3 biogas per jaar. De capaciteit van de biogasinstallatie zoals deze op het Proefstation aanwezig was kan niet volledig benut worden. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat er in de stal zelf ook nog opslagcapaciteit aanwezig is.

De oorzaak voor de wat lagere gasproductie, gerealiseerd op het Proefstation moet gezocht worden in een aantal redenen, namelijk:

- Aanwezigheid diepe opslagkelders, die in de winterperiode niet leeg konden in verband met het gevaar van tocht onder de roosters;
- Als gevolg van de langere mestopslag in de stal zal een gedeelte van de mest al in de stal vergisten. Hierdoor zal de productie van gas in de biogasinstallatie lager zijn;
- Lager droge stofgehalte van de mest, en dan met name de zeugenmest die toege-

voegd is;

- Niet altijd goed functionerende installatie. Op grond van bovenstaand kan het volgende geconcludeerd worden:
- Uit varkensdrijfmest komt vanaf 15°C methaan vrij ten gevolge van een spontane vergisting.
- Het is mogelijk om mest onder koude omstandigheden te vergisten, wel is het aan te raden om H_2S uit het geproduceerde biogas te verwijderen. Dit om storingen aan de cv-ketel zoveel mogelijk te voorkomen;
- De gasproductie is sterk afhankelijk van de mesttemperatuur. Het is van belang om in de herfst een toenemend aandeel van het geproduceerde gas te benutten om de mesttemperatuur boven de 15°C te houden. Stopt in de winter de gasproductie vanwege te lage temperaturen dan zal het in het voorjaar langer duren voor het vergistingsproces spontaan weer opstart. Dit is een direkt gevolg van de goede isolatie. Invoer van warme mest uit de stallen kan de opstart versnellen.
- Er wordt voldoende gas geproduceerd om de mest op een temperatuur te houden van 15-20°C. Wanneer er echter om een of andere reden niet voldoende bijverwarmd kan worden en de mesttemperatuur daalt dan zal ook de gasproductie dalen.
- Het biogas dat op Proefstation meer werd geproduceerd dan nodig voor de verwarming van de silo is afgeblazen. Dit is gebeurd, omdat de verwarming in kraam- en biggenopfokstallen gebaseerd zijn op elektrische vloerverwarming. Wanneer de mest van 880 vleesvarkens vergist wordt, dient de netto gasopbrengst benut te worden om ruimte op te warmen of om te zetten in electriciteit;
- Om de mest in een halfroostervloerstal voor

880 vleesvarkens, met alleen het roostergedeelte onderkelderd, te vergisten is een biogasinstallatie van 700 m³ voldoende. Wekelijks dient er dan 25 m³ mest toegevoegd te worden aan de biogasinstallatie. Belangrijk daarbij lijkt een goed afvoersysteem voor de mest. Het zogenaamde riole-ringssysteem lijkt hiertoe zeker geschikt. Twee keer per jaar is de silo vol en dient deze leeg gereden te worden met achterlating van 50 m³ mest, die als entmest dient voor de volgende ronde. Per jaar kan onder die omstandigheden zeker 10.400 m³ biogas bij het accumulatie systeem en 14.300 m³ biogas bij het semi-continu systeem geproduceerd worden; Bij een jaarlijkse gasproductie van zowel 10.400 m³ als 14.300 m³ en de jaarlijkse kosten zoals deze in 4.2. worden weergegeven is het niet rendabel om de mest te vergisten. Bij het berekenen van de jaarlijkse kosten is geen rekening gehouden met eventuele subsidies op investeringen;

- Wanneer het in de toekomst verplicht zou worden om mestsilos luchtdicht af te dekken dan is het vergisten van mest nog niet rendabel. De extra investering blijft dan nog minimaal f 33.000,—; de daarmee samenhangende jaarlijkse kosten zijn dan (18%) f 5.940,— per jaar. De economische waarde van het biogas bedraagt bij een prijs van f 0,40 per m³ biogas slechts f 4.160,— per jaar
- Wanneer door een zuiniger waterverbruik het droge stofgehalte van de mest stijft, zal dit een zeer duidelijk positief effect hebben op de gasopbrengsten per m³ mest. Bovendien is de hoeveelheid gas nodig voor het op temperatuur houden aanzienlijk lager. Daar staat tegenover dat de hoeveelheid mest in verhouding minder is.

7 LITERATUUR

Anonymous, Economische haalbaarheid van het kapjessysteem bij koude vergisting van varkensdrijfmest, Haskoning b.v., Nijmegen, 1989.

Anonymous, Koude vergisting van mengmest, samenvattend rapport, Landbouw Universiteit Wageningen, Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen, Haskoning b.v., 1987.

Hoeksma, P., Bloemberg, R., Ontwikkeling van praktijkinstallaties voor koude vergisting van drijfmest, conceptverslag Instituut Arbeid, Mechanisatie en Gebouwen, Wageningen, 1987.

Hoeksma, P., Mogelijkheden voor verbetering van gasproductie en gasgebruik bij mestvergisting, Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen, Wageningen, 1988.

Voermans, J.A.M. en P.J.J.Q. van Zon, Buitenopslag van varkensmest. PV-rapport 1.55 (1990), Rosmalen.

Zeeman, G., e.a., Koude vergisting van mest, laboratorium- en semi-technisch onderzoek, Landbouw Universiteit, Wageningen, 1987.

Zeeman G. Mesophilic and psychrophilic digestion of liquid manure. Dissertatie Landbouwuniversiteit Wageningen, 1991.

Bijlage 1: Vulstrategie eerste periode (accumulatie systeem).
(week 1 is 18 april 1988).

Appendix 1: Input strategy during the first research period (accumulation system)

Week	Af komst mest (afd.)	Hoeveel h. (m ³)	Inh. silo (m ³)	Week	Afkomst mest (afd.)	Hoeveelh. (m ³)	Inh. (m ³)
1	7A	40	40	27	7G	3,6	462
2	ent+7G	42,8	83	28	7H+7G	15,4	478
3	7F	1,8	85	30	7G	3,9	482
4	7G+7H	14,5	99	31	7F	1,2	483
5	7F	2,7	102	32	7G+7A	19,7	503
6	7G	2,0	104	33	7F	2,1	505
7	7F	2,4	106	34	7G	4,5	509
9	7F	1,8	108	35	7F	3,0	512
10	7G+7H	21,6	130	36	7G	4,0	516
11	7F+1C	17	147	37	7F	2,2	518
12	7F	5	152	38	4K	14	532
13	7F	0,8	153	39	7F	3,2	536
14	7G	4,3	157	40	7G	2,7	538
16	7G+7F	5,7	162	41	7F	3	541
17	7F	2,1	165	42	7G+7H	24,3	566
18	7A+7G	48,8	213	43	7F	3	569
19	7F	2,4	216	44	7G	3,6	572
20	7G	4,5	220	45	7F	1,8	574
22	7D+7B+7F+7G	85,6	306	46	7G	3	577
23	7F	2,6	308	48	7H	12	589
24	7G+7H+7D	33,8	342	49	7G	4,5	593
25	7D+7F+7C	116,5	459				

Bijlage 2: Vulstrategie 2e-periode, semi-continu systeem.
appendix 2: Input strategy during the second research period (semi - continuous system)

Tijd na vullen inweken	afkomst mest (afdeling)	hoeveelheid naar de silo (m ³)	hoeveelheid uit de silo (m ³)	inhoud silo (m ³)
1	entmest	80	—	80
2 23-03-89	7F+7G	7,5	—	88
3 30-03-89	7A+7C+7F	83,5	—	171
4 06-04-89	7F+7G	5,7	—	177
5 13-04-89	1C+7F	111,8	—	289
6 20-04-89	7F+7G	6,9	—	295
7 27-04-89	7F	1,8	—	297
8 03-05-89	7F	3,3	—	301
9 10-05-89	7G+2A+2E	39,1	—	340
10 17-05-89	2B+2C+7F+7G	47,1	—	387
11 24-05-89	7B+7F	16,1	—	403
12 31-05-89	7F+7G+7B	56,8	—	460
13 07-07-89	7D+7H+7F	96,7	—	556
14 13-06-89	7F+7G+1B	29,7	—	586
15 20-06-89	7F	2,7	—	589
16 27-06-89	7F+7G	7	—	596
17 03-07-89	7F	7,2	—	603
18 10-07-89	7F+7G	8,5	—	611
19 17-07-89	7F	2,4	—	614
20 23-07-89	7F+7G	8,4	—	622
21 30-07-89				
22 06-08-89				
23 13-08-89	2A+1A1+7F+7G	54,2	60	616
24 20-08-89	7F+1B1+1A2	31	25	622
25 27-08-89	7F+2C+1B2	37	40	619
26 03-09-89	7F+7G+2D	23,8	31	612
27 10-09-89	7H+7F+2B	43,8	46	610
28 17-09-89	7A+7F+7G	58,5	55	614
29 23-09-89	1A1+7F	22,6	25	611
30 30-09-89	7c	48	51	608
31 07-10-89	2A+7F+7G	27,9	35	601
32 14-10-89	1A2+2C+7F	38,4	40	599
33 21-10-89	7B	46	43	602
34 28-10-89	2B+7G	23,4	30	596
35 04-11-89	2D	13	40	609
36 11-11-89	7H+7F+7G	29,2	40	598
37 18-11-89				
38 25-11-89	1A1+1A2+7F+7G	46,5	50	595
39 02-12-89	2B+2C+7F	38,5	43	590
40 09-12-89	7F+7G+2A	27,6	25	593
41 16-12-89				
42 23-12-89	7D+2D+7F+7G	76,5	88	581
43 30-12-89	7G	13,2	14	580
Totaal toegevoegd*		1.241,3		
afgevoerd			741	

*) exclusief entmest (80 m³).

REEDS EERDER VERSCHENEN PROEFVERSLAGEN

PUBLISHED RESEARCH REPORTS

Proefverslag P 1.1

"Toepassing van een onderkomen in de Veluweststal"

Proefverslag P 1.2

"Mogelijkheden tot verbouwing van volledig roostervloerstallen tot gedeeltelijk rooster-vloer- en kistenstallen voor mestvarkens"

Proefverslag P 1.3

"Vergelijking van de kistenstal en de volledig roostervloerstal voor mestvarkens"

Proefverslag P 1.4

"De Turbomat voerautomaat in vergelijking met de droogvoerbak bij mestvarkens"

Proefverslag P 1.5

"Het effect van speenkorrel en babybiggen-korrel (vanaf $\pm$ 2 weken na spenen) op de opfok- en mestresultaten"

Proefverslag P 1.6

"De systematische verschillen in bedrijfs-resultaten op varkenshouderijbedrijven"

Proefverslag P 1.7

"Wel of geen verwarming in halfrooster-vloerstallen"

Proefverslag P 1.8

"De invloed van één- of tweemaal insemineren in dezelfde bronstperiode op de vruchtbaarheid van zeugen"

Proefverslag P 1.9

"Vergelijking van drie luchtinlaatsystemen bij mestvarkens"

Proefverslag P 1.10

"Verloop van groei en voederconversie tijdens de mestperiode"

Proefverslag P 1.11

"De invloed van de volgorde van onbeperkt en beperkt voeren op de mesterijresultaten van vleesvarkens"

Proefverslag P 1.12

"Vergelijking van brijvoeding m.b.v. een vol-automatische brijvoerinstallatie met droogvoeding via de droogvoerbak"

Proefverslag P 1.13

"Methode voor een economische evaluatie van bedrijfsaanpassingen in de varkenshouderij"

Proefverslag P 1.14

"Praktijkonderzoek naar groepshuisvesting van zeugen in combinatie met een krachtvoerstation"

Proefverslag P 1.15

"Het voeren van Corn-Cob-Mix in brijvorm aan mestvarkens"

Proefverslag P 1.16

"Het mesten van beren"

Proefverslag P 1.17

"Vergelijking van twee brijvoersystemen en twee water/voerverhoudingen voor mestvarkens"

Proefverslag P 1.18

"Het effect van direct beercontact bij gelten"

Proefverslag P 1.19

"Ervaringen met grondbuisventilatie in een kraamafdeling"

Proefverslag P 1.20

"Huisvesting van gespeende biggen buiten het kraamopfokhok"

Proefverslag P 1.21

"De invloed van de voersoort tijdens de zoogen opfokperiode op de opfokresultaten van biggen"

Proefverslag P 1.22

"Voorstudie naar mogelijkheden van procesbesturingen in de varkenshouderij in de jaren negentig"

Proefverslag P 1.23

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

Proefverslag P 1.24

"Opfok- en mesterijresultaten van beren en borgen"

Proefverslag P 1.25
"Drinkwatervoorziening voor gespeende biggen"

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

Proefverslag P 1.27
"Beroepsuitoefening door varkenshouders"

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

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

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

Proefverslag P 1.31
"Afleveren mestvarkens"

Proefverslag P 1.32
"Waterverbruik bij onbeperkt gevoerde varkens"

Proefverslag P 1.33
"Lysine- en energiegehalte in vleesvarkensvoer"

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

Proefverslag P 1.35
"Opfok gespeende biggen"

Proefverslag P 1.36
"Inseminatie van opfokzeugen bij eerste bront of tweede bront"

Proefverslag P 1.37
"Vergelijking tussen twee plafondventilatiesystemen en werkgangventilatie bij mestvarkens"

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

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

Proefverslag P 1.40
"Bedrijven met Scharrelvarkens. Een enquête onder bedrijven met scharrelvarkens in 1988"

Proefverslag P 1.41
"Kwaliteitsverschillen bij biggen en vleesvarkens"

Proefversla P 1.42
"Opfok vanjespeende biggen"

Proefversla P 1.43
"Klimaatnmen voor varkens"

Proefversla P 1.44
"Kwaliteitsvrschillen bij biggen en mogelijkheden tot rsten en uitbetalen"

Proefversla P 1.45
"Brijvoederg gespeende biggen"

Proefversla P 1.46
"Ruwe celsifrije voeders voor dragende zeugen"

Proefversla P 1.47
"Toepassing van biobedden in de varkenshouderij"

Proefversla P 1.48
"Toevoegin van Calprona-P aan biggenvoeders"

Proefversla P 1.49
"Ontsloten erst en Borcilac in biggenvoeders"

Proefversla P 1.50
"De invloed van het aantal zaadcellen per inseminatie op de reproductie-resultaten bij varkens"

Proefverslag P 1.51
"Mestscheiden onder de roosters"

Proefverslag P 1.52
"Invloed van granen in het voer op de produktiviteit van zeugen"

Proefverslag P 1.53
"Lysine- en eiwitgehalte in vleesvarkensvoer bij driefasenvoeding"

Proefverslag P 1.54
"Praktijkonderzoek naar groepshuisvesting van drachtige zeugen anno 1990"

Proefverslag P 1.55
"Buitenopslag van varkensmest"

Proefverslag P 1.56
"Vergelijking brijbak/droogvoerbak bij gespeende biggen"

Proefverslag P 1.57
"Hokvorm en hokuitvoering voor groeiende varkens; een synthese"

Proefverslag P 1.58
"Praktijkervaringen met de K2-stal"

Proefverslag P 1.59
"De invloed van een zoogperiode van 3,5 en 4,5 weken op vermeerdering, opfok en mestrij van varkens"

Proefverslag P 1.60
"Bedrijfscontrôle ten aanzien van het voorkomen van de ziekte van Aujeszky"

Proefverslag P 1.61
"Voerligboxsysteem, aanbindboxsysteem en groepshuisvestingssysteem vergeleken"

Proefverslag P 1.62
"Mestscheiden door bezinken"

Proefverslag P 1.63
"Huisvestingstrajecten voor biggen en vleesvarkens"

Proefverslag P 1.64
"De invloed van beperking van de drinktijd op het waterverbruik en technische resultaten bij mestvarkens"

Proefverslag P 1.65
"Porcine parvovirus"

Proefverslag P 1.66
"Informatiemodel Technisch Model Varkensvoeding"

Proefverslag P 1.67
"Het effect van het lysine/eiwit gehalte in het voer voor lacterende zeugen op de prestaties van de zeugen en hun biggen"

Proefverslag P 1.68
"Metten van klimaat in varkensstallen"

Exemplaren van proefverslagen kunnen worden verkregen door f 15,— per verslag over te maken op postgirorekeningnummer 51.73.462 ten name van het Proefstation voor de Varkenshouderij, Lunerkampweg 7, 5245 NB ROSMALEN, onder vermelding van het gewenste verslagnummer.

U kunt zich ook abonneren op het periodiek PRAKTIJKONDERZOEK VARKENSHOUDERIJ. U ontvangt dan 6 keer per jaar een periodiek met daarin de resultaten van het onderzoek. U heeft dan de mogelijkheid om onderzoeksverslagen gratis te bestellen. Bovendien ontvangt u de jaarverslagen van de regionale proefbedrijven en het Proefstation gratis. U kunt zich hierop abonneren door f 45,— over te maken op postgirorekeningnummer 51.73.462 ten name van het Proefstation voor de Varkenshouderij, Lunerkampweg 7, 5245 NB ROSMALEN, onder vermelding van POV, Nieuw abonnement.