

Rapport 50

Realisatie van mestvergisting op De Marke

Onderzoek en demonstratie

Februari 2005

Realisatie van mestvergisting op De Marke

Onderzoek en demonstratie

A. Kool (CLM)
G.J. Hilhorst (De Marke)
D.Z. van der Vegte (De Marke)

Rapport 50
CLM-Rapport 608-2005

Februari 2005

Aan dit project is in het kader van het Besluit milieusubsidies, regeling milieugerichte technologie een subsidie verleend uit het programma Reductie Overige Broeikasgassen 2000 dat gefinancierd wordt door het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Novem beheert dit programma.

Projectnummer 0375-00-00-02-0001

Dit project is uitgevoerd door CLM Onderzoek en Advies BV en Praktijkcentrum voor Melkveehouderij en Milieu, De Marke.

Voorwoord

Na een lange aanloop zijn we in 2003 met mestvergisting op De Marke gestart. Toentertijd was er in Nederland nog weinig animo voor deze bron van duurzame energie. Terwijl in ons omringende landen (zoals Denemarken en Duitsland) mestvergisting een ware vlucht had genomen. Wellicht was de geringe aandacht te wijten aan de geflopte vergistingsinitiatieven in de jaren tachtig van de vorige eeuw.

De motivatie om onze nek uit te steken voor herintroductie van mestvergisting was omdat we een aantal duidelijke kansen zagen in deze techniek: productie van duurzame energie, reductie van broeikasgasemissie, verbetering van de werking van dierlijke mest en opwaardering van reststromen d.m.v. co-vergisting. Dit alles, met ook nog de mogelijkheid om hier als veehouder een financieel voordeel uit te halen, maakt vergisting een techniek die voor de veehouderij van de toekomst perspectieven biedt.

Inmiddels heeft de praktijk dit ook opgepikt en zijn er vele initiatieven voor mestvergisting gestart.

In dit rapport beschrijven we de realisatie van de vergister op De Marke en gaan we in op de tot nu toe behaalde onderzoeksresultaten. Na dit onderzoek resteren nog vele vragen voor de praktijk zoals wat is het voordeel van vergiste mest t.o.v. normale mest en wat zijn perspectieven en mogelijke risico's van co-vergisting. Dit zijn vragen waar we in het verdere onderzoek op De Marke een antwoord op willen vinden.

Rest mij iedereen te bedanken die heeft meegewerkt aan de realisatie van de vergister en de totstandkoming van dit rapport.

Anton Kool

Samenvatting

Doel van het in dit rapport beschreven project is de bouw van een mestvergistingsinstallatie op praktijkcentrum De Marke, onderzoek naar reductie in broeikasgassen en energieproductie met deze installatie en demonstratie. In 2003 is de installatie gerealiseerd. De vergunningverlening duurde langer dan vooraf ingeschat. Ondanks dat dit vooral veroorzaakt is door een aantal specifieke zaken kunnen we hieruit wel concluderen dat initiatiefnemers in de praktijk voldoende tijd voor de vergunningaanvraag dienen te reserveren. De aanvraag om in aanmerking te komen voor de subsidie op levering van groene elektriciteit blijkt een voor de praktijk moeizaam proces.

Op De Marke is de bestaande meststalo omgebouwd tot vergistingsreactor. Achteraf blijkt dat deze optie minder aantrekkelijk is dan vooraf ingeschat door onvoorziene problemen (zoals gasdicht maken van de silo en gaslekken in de mestzak). Op basis hiervan bevelen we dan ook aan om bij de ombouw van een bestaande situatie rekening te houden met mogelijke onvoorziene problemen zoals die zijn opgetreden op De Marke. Deze problemen kunnen resulteren in verlies aan biogas wat economische (minder opbrengsten) en milieutechnische (emissie broeikasgas) nadelen heeft en kunnen leiden tot onvoorziene kostenposten (voor reparatie).

Het vergistingsproces zelf verloopt op De Marke zeer voorspoedig met een behoorlijk hogere dan verwachte biogasopbrengst (30 m³ biogas per m³ mest i.p.v. 15-19 m³ biogas per m³ mest o.b.v. literatuur). Mogelijke verklaringen zijn de lange verblijftijd van de mest in de vergister (2 tot 3 maanden), navergisting, hoge temperatuur en rantsoen van het melkvee. We kunnen onvoldoende onderbouwen welke factoren de belangrijkste oorzaken zijn. We vermoeden echter dat met name de verblijftijd en het rantsoen een belangrijke positieve invloed hebben op de hoge biogasopbrengsten.

Ondanks de hoge biogasopbrengsten is de huidige mestvergistingsinstallatie op De Marke met alleen vergisting van mest niet rendabel. Met co-vergisting en door de nieuwe motor die in de zomer van 2004 is geïnstalleerd kan dat resultaat verbeteren. De kosten en de aard van het co-vergistingsmateriaal (bepaalt hoeveelheid extra biogas) bepalen de hoogte van de rentabiliteit. De nieuwe motor kan naar verwachting door een betere efficiëntie meer elektriciteit opwekken dan de 'oude' motor. Op het moment van het schrijven van dit rapport zijn nog onvoldoende gegevens beschikbaar om dat te staven.

Het onderzoek naar de emissiereductie van broeikasgassen geeft onvoldoende resultaten om een gefundeerde uitspraak te doen over de behaalde reductie in broeikasgasemissie met de installatie van de vergister op De Marke. Metingen laten een forse spreiding zien in emissies en door onverwachte factoren zijn de metingen waarschijnlijk beïnvloed (zoals een gaslek in de mestzak). De elektriciteitsproductie uit mest geeft een betrouwbare reductie in broeikasgasemissie van 67 tot 102 ton CO₂ equivalenten per jaar voor De Marke bij resp. de 'oude' en 'nieuwe' motor.

Inmiddels zijn op De Marke andere onderzoeken m.b.t. vergisting opgestart, zoals de co-vergistingsproef waarin het effect van co-vergisting op het gehalte zware metalen in de mest wordt onderzocht en de bemestingsproef waarin de N-werking van vergiste mest wordt vergeleken met andere mestsoorten.

Summary

The aim of the project described in this report is the construction of a manure digestion plant at practical research and information centre De Marke, research on reduction in greenhouse gasses and the energy production with this plant and giving demonstrations. The biogas plant was built in 2003. The granting of the licence took more time than anticipated. Despite the fact that this was mainly caused by a number of specific matters, we can conclude from this that initiators should start at an early stage to apply for a licence. In practice the application to qualify for a subsidy for supplying green electricity proves to be a difficult process.

At De Marke the existing manure silo has been converted into a fermentation reactor. In hindsight this option is less attractive than previously estimated due to unforeseen problems (for example, making the silo gas-proof and gas leaks in the storage container for digested manure). We therefore recommend to consider any unforeseen problems as experienced at De Marke when converting an existing situation. These problems may result in a loss of biogas, which has economic (less yields) and environmental (emission greenhouse gas) disadvantages and may result in unforeseen cost items (for repair).

The digestion process itself is proceeding very well at De Marke, with a substantially higher than anticipated biogas yield (30 m³ biogas per m³ manure instead of 15-19 m³ biogas per m³ manure based on literature). Possible explanations are the long retention time of the manure in the fermenter (2 to 3 months), subsequent fermentation, high temperature and rationing of the dairy cattle. We can insufficiently substantiate which factors are the most important causes. However, we suspect that the retention time and rationing in particular have a major positive influence on the high biogas yields.

Despite these high biogas yields, the current biogas plant at De Marke, which only ferments manure, is not profitable. This result may be improved through co-digestion and by the new motor that was installed in the summer of 2004. The costs and nature of the co-digestion material (certain amount of extra biogas) determine the level of productivity. It is expected that the new motor can generate more electricity than the 'old' motor through a better efficiency. However, when this report was drawn up there were still insufficient data available to substantiate this.

The research on the emission reduction of greenhouse gasses offers insufficient results to make a well-founded statement about the achieved reduction in greenhouse gas emissions with the installation of the fermenter at De Marke. Measurements show a huge spread in emissions. The measurements have probably been affected by unexpected factors (such as a gas leak in the storage container for digested manure). The electricity production from manure offers a reliable reduction in greenhouse gas emission between 67 to 102 tons of CO₂ equivalents per year for De Marke for the 'old' and 'new' motor respectively.

In the meanwhile other studies on digestion have been initiated at De Marke, such as the co-digestion test in which the effect of co-digestion on the content of heavy metals in manure is investigated and research at manure in which the N-effect of digested manure is compared with other types of manure.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding.....	1
2	Realisatie vergister.....	2
2.1	Tijdpad.....	2
2.2	Vergunningverlening.....	2
2.2.1	Milieuvergunning.....	2
2.2.2	Bouwvergunning.....	2
2.3	Installatie.....	3
2.4	Levering groene elektriciteit.....	4
3	Resultaten.....	5
3.1	Opbrengsten biogas en energie.....	5
3.1.1	Opstartfase.....	5
3.1.2	Stabiele fase.....	5
3.1.3	Biogasproductie uit alleen mest.....	6
3.1.4	Biogasproductie uit co-vergisting.....	7
3.1.5	Energieopbrengsten.....	7
3.2	Broeikasgassen.....	8
3.2.1	Opzet.....	8
3.2.2	Resultaten broeikasgasemissies.....	8
3.2.3	Reductiepotentieel in emissie van broeikasgassen.....	9
3.3	Overig onderzoek.....	11
3.3.1	Bemestingsproef.....	11
3.3.2	Covergisting.....	11
4	Rentabiliteit/economie.....	12
5	Demonstratie en communicatie.....	13
6	Discussie, conclusies en aanbevelingen.....	14
	Literatuur.....	16
	Bijlagen.....	17
	Bijlage 1 Toevoeging substraat.....	17
	Bijlage 2 Overzicht publicaties in media.....	18

Het praktijkcentrum De Marke, met aan de zijkant van de stal de grote mestsilo



1 Inleiding

Praktijkcentrum voor Melkveehouderij en Milieu De Marke (in Hengelo Gld.) onderzoekt sinds begin jaren negentig de mogelijkheden van een rendabele melkveehouderij die voldoet aan strenge milieueisen. De Marke streeft naar een duurzame melkveehouderij voor een breed scala milieudoelen. Sinds de start van het onderzoek ligt de prioriteit bij het terugdringen van stikstof- en fosfaatverliezen. Hier zijn inmiddels grote vorderingen geboekt. Een belangrijke nevendoelestelling is reductie van het energiegebruik en de uitstoot van broeikasgassen.

De landbouw draagt ongeveer 11% bij aan de nationale emissie van broeikasgassen. Daarvan komt tweederde op rekening van de melkveehouderij door met name de emissie van de 'overige broeikasgassen' methaan en lachgas.

Met een mestvergister kan een belangrijke stap worden gezet in reductie van de methaanemissie en de productie van groene energie. Daarnaast biedt de techniek mogelijk perspectieven voor een nog efficiëntere mineralenbenutting op het bedrijf omdat de vergiste mest mogelijk een betere N-werking heeft. Dit aspect is nog onderwerp van onderzoek.

Eind jaren negentig zijn de mogelijkheden voor duurzame energieopwekking op De Marke verkend (Koskamp e.a. 2000). Daaropvolgend is het initiatief genomen om een mestvergistingsinstallatie op De Marke te realiseren om de perspectieven voor de praktijk en milieuaspecten te onderzoeken en te demonstreren. Dit rapport beschrijft het project waarbinnen de mestvergister is gerealiseerd en onderzoek is gestart. Met de realisatie van de installatie en de start van het onderzoek vormt dit project het beginpunt voor het lopende onderzoek en demonstratie naar mestvergisting op De Marke.

De doelstelling van het project is:

- bouw van een mestvergistingsinstallatie op bedrijfsniveau;
- onderzoek naar reductie van broeikasgassen en energieproductie;
- demonstratie.

2 Realisatie vergister

2.1 Tijdpad

De vergistingsinstallatie op De Marke is eind februari 2003 opgeleverd (tabel 1). Dit is ruim anderhalf jaar later t.o.v. het oorspronkelijke projectplan. De oorzaken voor deze vertraging zijn het vertraagd beschikbaar komen van aanvullende financiering (uiteindelijk is in het najaar van 2001 aanvullende financiering beschikbaar gekomen vanuit eigen onderzoeksmiddelen van het Praktijkonderzoek Veehouderij, het huidige Praktijkonderzoek van de Animal Sciences Group, P-ASG) en het feit dat de vergunningverlening meer tijd vergde dan verwacht. Hieronder lichten we het doorlopen traject van vergunningverlening verder toe.

2.2 Vergunningverlening

2.2.1 Milieuvergunning

Voorafgaand aan het project was door de gemeente (Hengelo Gld.) aangegeven dat een melding in het kader van de milieuvergunning van De Marke voldoende zou zijn voor de bouw van de installatie.

In september 2001 is opnieuw contact opgenomen met de gemeente m.b.t. de te volgen procedure. Door de gemeente is toen aangegeven dat de installatie toch milieuwetplichtig is. Hiervoor is een aanvulling nodig op de huidige vergunning. Een behoorlijke tegenvaller, hadden we dit eerder geweten dan hadden we de procedure eerder kunnen opstarten. Door de gemeente werd de invullijst afgegeven: Wet Milieubeheer aanvraag vergunning – tevens beschrijving. Dit werd aangevuld met de tekeningen en technische omschrijving van de biogasinstallatie en informeel ingediend 20 dec. 2001. Inmiddels was de afspraak dat we zouden streven naar onderlinge consensus t.a.v. de inhoud van de aanvraag. Echter na deze eerste ruwe, informele aanvraag besloot de gemeente een totale revisie van de bestaande milieuvergunning te vragen c.q. te eisen. Vanaf toen is een adviseur van GLTO in de arm genomen die het vervolg heeft behartigd. Met name door deze eis heeft de vergunningverlening veel tijd gevraagd. Uiteindelijk is de definitieve milieuvergunning in december 2002 toegekend.

De gemeente Hengelo had niet eerder een aanvraag voor een biogasinstallatie behandeld. Ook was er weinig informatie voorhanden aangaande de eisen die vergunningtechnisch aan een dergelijke installatie gesteld zouden moeten worden. Besloten is toen de verschillende aspecten van de installatie gezamenlijk te beoordelen en die onderdelen te benoemen waaraan eisen gesteld moeten worden en welke. Deze werkwijze was effectief en heeft voor beide partijen een werkbaar geheel opgeleverd.

2.2.2 Bouwvergunning

Voor de bouw van een object is in bijna alle gevallen een bouwvergunning vereist. Op De Marke is t.b.v. de vergistingsinstallatie een mestzak en een container geplaatst. De mestzak valt onder de verordening mestopslagen waarvoor geen bouwvergunning vereist is maar een melding afdoende is. Dit betekent dat alleen voor de container een bouwvergunning is aangevraagd en afgegeven. Omdat de bouw van de installatie binnen het bouwblok van het bedrijf viel was de gemeente het bevoegd gezag.

De bouw van de mestvergistingsinstallatie op De Marke



Tabel 1 Het doorlopen tijdpad bij de realisatie van de vergistingsinstallatie op De Marke

	Start	Gereed
Aanvraag en toekenning NOVEM-subsidie	Najaar 2000	December 2000
Aanvullende financiering	Najaar 2000	Najaar 2001
Vergunningverlening	Zomer 2001	December 2002
Ontwerpfase	Zomer 2001	November 2002
Bouw installatie	Januari 2003	Eind februari 2003
Opstarten vergistingsproces	Eind februari 2003	Zomer 2003
Onderzoek mestvergisting	Najaar 2003	Loopt door binnen andere projecten

2.3 Installatie

De mestvergistingsinstallatie is gebouwd op het praktijkcentrum De Marke in Hengelo (Gld.) met gebruikmaking van zoveel mogelijk de bestaande situatie. Dit betekent dat de bestaande mestsilos (inhoud 1400 m³) is omgebouwd tot reactor. Voor na-opslag van de vergiste mest is een mestzak geplaatst. De mestzak wordt tegelijkertijd benut om het gevormde biogas op te slaan.

Hieronder beschrijven we het vergistingsproces en de installatie op De Marke van mest in de stal tot en met levering van elektra aan het net.

De jaarlijkse mestproductie van de 75 melkkoeien in de melkveestal van De Marke bedraagt zo'n 3000 m³. De dagelijkse mestproductie die in de mestkelder van de stal terecht komt varieert tussen ± 6 (zomers bij weidegang) en ± 8 m³ (stalperiode). De drijfmest in de kelder wordt dagelijks gemixt met een dompel/vleugelmixer. In de kelder bevindt zich ook een dompelpomp die na het mixen 1 keer per dag een hoeveelheid mest automatisch overpompt naar de mestsilos (de reactor). De dompelpomp pompt een vooraf ingestelde hoeveelheid. Met een doorstroommeter wordt deze hoeveelheid gemeten. In de kelder blijft continu een laag van ± 50 cm (± 150 m³) drijfmest aanwezig. Dit is nodig om het mixen en overpompen mogelijk te maken. Doordat de mest goed gemixt wordt en dagelijks overgepompt voorkomt we dat de mest daar gemiddeld lang aanwezig is met een te groot verlies aan methaan door spontane biogasvorming als gevolg.

De voormengput heeft als doel om co-vergistingsmateriaal met mest te mengen en van daaruit in de reactor te brengen. De voormengput heeft een capaciteit van 10 m³. Co-vergistingsmateriaal kan via een deksel in de bovenkant worden toegediend. Het materiaal wordt verkleind en met mest gemengd met een versnijdende pomp. Deze zelfde pomp pompt het mengsel van mest en co-vergistingsmateriaal naar de reactor.

Het vergistingsproces vindt plaats in de bestaande mestsilos die daarvoor is omgebouwd tot reactor.

De silos is geïsoleerd met purschuim en het dak en de wand zijn aan de binnenkant afgedicht met een mest- en gasbestendige coating. Op een hoogte van een meter is in de silos een verwarmingssysteem aangelegd dat bestaat uit een spiraalvormig buizensysteem met speciale coating en 29 kWth interne warmtewisselaar.

Het mixen van de mest in de reactor vindt plaats met een 7,5 kWh dompelmixer op vaste hoogte en een trekkergedreven wandmixer aan de overzijde in de silos. Deze laatste mixer werd aanvankelijk incidenteel door een trekker aangedreven. Naderhand is deze uitgerust met een elektromotor om frequenter en intensiever te kunnen mixen. De mixers in de reactor draaien een kwartier per twee uur.

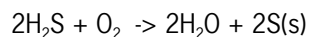
Ongeveer éénmaal per maand wordt de vergiste mest via een overloop uit de reactor gelaten. Omdat vergiste mest zwaarder is dan onvergiste wordt de vergiste mest aan de onderkant van de silos onttrokken nadat de silos een dag niet gemixt is.

De vergiste mest wordt opgeslagen in een mestzak met een inhoud van 1000 m³. In dezelfde mestzak wordt boven de mest het biogas opgeslagen. De mestzak heeft een capaciteit van minimaal 500 m³ bij een geheel met mest gevulde mestzak voor biogas (bij lege mestzak 1500 m³).

Het biogas wordt door de afzuiging van de WKK-motor naar de container met WKK en generator gevoerd. Het biogas wordt in de WKK omgezet in warmte en elektriciteit. De warmte van de motor wordt benut om het vergistingsproces in de reactor op temperatuur te houden.

Bij de bouw van de installatie is een Ford LRG 425 motor met 18 kWh elektrisch en 29 kW thermisch vermogen als WKK geïnstalleerd. Door de veel hogere dan verwachte biogasopbrengsten is deze WKK in de zomer van 2004 vervangen door een WKK met meer capaciteit (Man E 0824 E 302 gasmotor met 30 kWh elektrisch en 60 kW thermisch vermogen).

De aanwezige waterdamp en H₂S worden uit het biogas gereinigd door gebruik te maken van natuurlijke processen. De waterdamp wordt verwijderd door het gas op een laag en koud punt te laten condenseren met een zogenaamde drip-trap. Dit vindt plaats in het foliebassin. Het condenswater hieruit komt direct terug in de mest. Het H₂S wordt op biologische wijze uit het biogas verwijderd. Door toevoeging van 2-4% lucht aan het biogas in de reactor kunnen H₂S oxiderende bacteriën het H₂S omzetten in water en vaste zwavel. De in lucht aanwezige zuurstof dient als oxidator tijdens dit biologische proces dat volgens onderstaande vergelijking verloopt:



Het water en de vaste zwavel komen weer terecht in de mest zodat er geen verlies van zwavel in het proces optreedt.

De vergistingsinstallatie is uitgerust met de volgende meet- en regelapparatuur:

- Losse meter voor gassamenstelling (CH₄, CO₂ en zwavel)
- H₂S melder
- Gasmeter voor volume biogas
- Elektrameter
- Urenteller WKK
- Mest doorstroommeter

2.4 Levering groene elektriciteit

De mestvergistingsinstallatie levert elektriciteit dat deels als groene elektriciteit wordt afgezet op het net en deels op het eigen bedrijf wordt gebruikt. De afnemer van de groene elektriciteit die op het net wordt geleverd is Energie Service Maastricht BV. De prijs die De Marke ontvangt (situatie eind 2004) voor de levering van groene elektriciteit is opgebouwd uit subsidies (MEP en REB, vanaf 2005 alleen MEP) en een vergoeding voor de elektriciteit o.b.v. de energiewaarde. Bij elkaar bedraagt de vergoeding (gemiddeld over dag- en nachttarief) zo'n 12 €cent per kWh.

Alvorens in aanmerking te komen voor het verkrijgen van subsidie op de productie van groene stoom, de zogenaamde MEP vergoeding, zijn de volgende acties ondernomen.

1. Verzoek tot aanmelding en registratie via CertiQ
2. Biomassa verklaring via CertiQ
3. Aanvraag Mep-Subsidie via EnerQ
4. Installatie en goedkeuring van elektrameter via aanvankelijk ContiNUON en later Intechno.
5. Vaststellen van Aggregator (samen met producent verantwoordelijk voor meetgegevens en groen%)
6. Contract aangaan met afnemer groene elektriciteit via groencertificaten en te verwachten productie.
7. Na verloop van ieder jaar wordt een accountantsverklaring gevraagd.

Met name de eerste drie onderdelen bleken onnodig ingewikkeld, vertonen veel overlap van gevraagde gegevens en verlopen traag. Voor veel onderdelen geldt dat de veronderstelling is dat het gaat om grote industriële installaties die risicovolle materialen verwerken en gevoelig zijn voor fraude. Ook brengt deze werkwijze onnodig hoge kosten met zich mee, voor zowel de verlenende instantie alsook de aanvrager. In feite gaat het om een eenvoudige, overzichtelijke installatie die enkel systeemeigen stoffen verwerkt.

3 Resultaten

3.1 Opbrengsten biogas en energie

3.1.1 Opstartfase

Mestvergisting vergt een opstartfase waarin de techniek geoptimaliseerd en het vergistingsproces opgestart dient te worden. Er is begonnen met het verwarmen van de mest met een gasolie gestookte kachel. Aanvankelijk heeft de motor nog op aardgas gedraaid. Er is toen ook stroom opgewekt en de warmte diende om de reactor op temperatuur te krijgen. Het bacteriologische proces van biogasvorming is hierdoor vanzelf op gang gekomen. De ervaring op De Marke is dat binnen 2 maanden het vergistingsproces stabiel verloopt. Er was duidelijk meer tijd nodig om de techniek goed af te stellen, bijv. het afstellen van de WKK op het verbranden van het biogas. Ook zijn een behoorlijk aantal 'kinderziekten' opgetreden die verholpen moesten worden. Met name het gasdicht maken van de tot reactor omgebouwde mestilo bleek moeilijker dan verwacht.

3.1.2 Stabiele fase

Vanaf november 2003 is het vergistingsproces van mest stabiel met een continue opbrengst globaal tussen 27 en 32 m³ biogas per m³ mest. Dit is een zeer hoge gasopbrengst en veel hoger dan verwacht (15-19 m³ biogas/m³ mest). In de periode na 8 februari 2004 is gestart met co-vergisting. Tot en met het einde van 2004 zijn drie verschillende co-vergistingsproducten (snijmaïs, herfstgras en aardappelen) afzonderlijk aan het vergistingsproces toegevoegd. Hier presenteren we de resultaten van de vergisting van mest alléén en van de vergisting van mest en co-producten samen. De resultaten van de toevoeging van aardappelen konden in deze rapportage nog niet worden betrokken omdat bij het schrijven de analyse van de resultaten nog niet compleet was

Voor een goed lopend vergistingsproces is een stabiel milieu in de vergistingstank van belang. Onder invloed van mest in- en uitpompen, toevoeging organisch materiaal, hoeveelheid mest in de vergistingstank, etc. kunnen de procesparameters van tijd tot tijd grote of kleine verschillen geven.

De temperatuur in de vergistingstank ligt gemiddeld tussen de 35 en 40 °C. Bij een hoge gasproductie draait de WKK meer uren per dag en zal de mest ook opwarmen. Het gemiddelde methaangehalte (CH₄) is 63%, het zwavelgehalte (H₂S) vrijwel nul ppm en het zuurstofgehalte (O₂) lager dan 2%. De hoogte van deze parameters geven aan dat het geproduceerde biogas van goede kwaliteit is en de procesomstandigheden in de vergistingstank goed zijn.

De verblijftijd van de mest in de vergistingstank wordt door veel factoren bepaald. Hoeveel ruimte is er in de opslag, hoeveel mest is nog beschikbaar om aangewend te worden en hoeveel moet er nog aangewend worden? In de situatie van De Marke is het onderzoek ook bepalend voor de verblijftijd. Gemiddeld kunnen we stellen dat de verblijftijd twee tot drie maanden is.

“De Marke koeien” leveren de mest voor de vergistingsinstallatie

Dagelijks is in de periode van november 2003 tot en met 8 februari 2004 gemiddeld 7,8 m³ rundmest uit de stal van De Marke overgepompt naar de vergister. Met een gemiddeld organisch stofgehalte van 7,2 gr/kg betekent dat een gemiddelde organisch stof toevoer van 558 kg/dag.

Vanaf februari 2004 is afzonderlijk snijmaïs (1 ton per dag) en herfstgras (1,5 ton per dag) toegevoegd aan de mest (± 8 m³ per dag) (Bijlage 1) als co-vergistingsmateriaal. Beide producten zijn ingekuilde ruwvoerders. De snijmaïs is aangekocht en het herfstgras is afkomstig van De Marke zelf.



3.1.3 Biogasproductie uit alleen mest

In figuur 1 is de opbrengst aan biogas per kg ingevoerde organische stof (os) uit mest in de periode tussen november 2003 en februari 2004 weergegeven. De gemiddelde opbrengst in die periode bedraagt 0,42 m³ biogas per kg os uit mest. Omgerekend naar m³ mest betekent dit 30 m³ biogas per m³ mest.

De best vergelijkbare eenheid voor energetische opbrengst uit mest is de methaanproductie per kg os uit mest. Met een gemiddeld methaangehalte van 63% is dat op De Marke 0,16 kg CH₄ per kg os uit mest. Dit is aanzienlijk hoger dan verwacht op basis van literatuurwaarden en kennis uit het buitenland (tabel 2). In het hoofdstuk discussie en conclusies geven we een aantal verklaringen en nuanceringen voor deze hoge opbrengst.

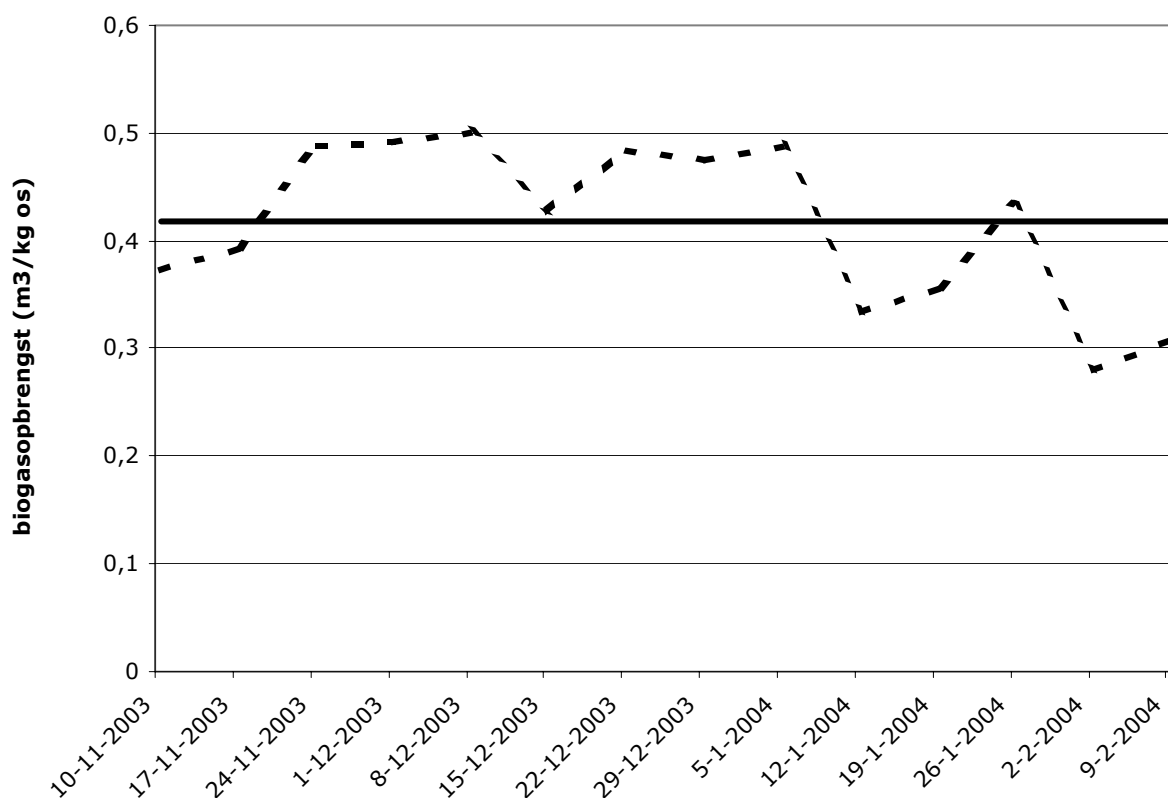
Tabel 2 De verwachte (o.b.v. Koskamp e.a. 2000, Lent & Dooren 2001, Tijmensens e.a. 2002 en Leeden e.a. 2003) en gerealiseerde biogasopbrengst uit melkveedrijfmest op De Marke in de periode van november 2003 tot en met juni 2004

		Verwachting	De Marke
Biogasopbrengst	m ³ /m ³	15-19	30
	m ³ /kg os	0.26-0.33	0.42
	Kg CH ₄ /kg os	0.11-0.14	0.16 ¹
Elektriciteitsproductie	KWh/m ³ mest	18-23	36

¹ o.b.v. 63% methaan

Figuur 1 De opbrengst aan biogas (m³/kg os) uit mest alleen op De Marke

— ■ — ■ biogasopbrengst/kg organische stof (m³) — — — — — gemiddelde biogasopbrengst uit mest (m³/kg os)



In figuur 1 is af te lezen dat er een duidelijke spreiding zit in productie rond het geconstateerde gemiddelde. In de periode half november tot eind december 2003 is de productie bovengemiddeld. Na 1 januari 2004 zakt het tot onder het gemiddelde.

3.1.4 Biogasproductie uit co-vergisting

In 2004 is gestart met een co-vergistingsproef. In dit onderzoek wordt gedurende ongeveer 6 weken een co-product vergist. Na 6 weken co-vergisting volgde een periode van 6 weken van vergisting van alleen mest. Zodoende kon de meeropbrengst aan biogas uit het co-product t.o.v. biogas uit mest bepaald worden. Bij de interpretatie van de resultaten moet met het volgende rekening worden gehouden: De vorming van biogas uit maïs hield na stopzetten van toediening langer en op een hoger niveau stand dan vooraf ingeschat. Vooraf waren we er van uitgegaan dat na 6 weken vergisting van het co-product er geen biogasvorming uit dat co-product meer zou plaatsvinden. Dat zou betekenen dat na 6 weken na het stopzetten van het co-product de biogasproductie weer terug zou moeten zijn op het niveau van biogasproductie uit alleen mest. Echter de biogasopbrengsten bleken na het stopzetten van het toedienen van snijmaïs niet binnen 6 weken af te nemen tot het niveau van mest alleen maar hielden langer aan. Op het moment dat de co-vergisting van het herfstgras begon was de biogasproductie nog niet terug op het niveau van mest alleen.

Na de periode waarin herfstgras is toegevoegd zijn problemen met de metingen van het biogas ontstaan en is de vergisting tijdelijk stilgelegd vanwege problemen met het mixen van de vergisterinhoud. Voor de opbrengsten aan biogas uit herfstgras kunnen we alleen gebruik maken van de data in de periode van toevoeging. Mogelijk geeft dat een onderschatting van de extra biogasopbrengst door toevoeging van gras. Doordat, net als bij maïs, de vorming van biogas uit gras langer aanhoudt dan zes weken. Het is echter ook mogelijk dat een overschatting mogelijk is doordat de meeropbrengsten aan biogas uit maïs nog doorwerken terwijl gras is toegevoegd. Hoe beide effecten netto op het resultaat uitwerken is niet met zekerheid te zeggen.

In tabel 3 geven we de biogasopbrengsten van de co-vergisting van maïs en herfstgras met mest. Door toevoeging van ongeveer 12,5 % maïs (op gewichtsbasis) neemt de biogasopbrengst per ton substraat toe met ruim 40%. Bij gras zien we een stijging van ruim 50% bij een toevoeging aan de mest van bijna 20% (op gewichtsbasis).

Tabel 3 De gerealiseerde biogasopbrengst uit het mengsel van mest en de co-producten snijmaïssilage en ingekuuld herfstgras op De Marke in het voorjaar van 2004

	Mest + snijmaïs ¹	Mest + herfstgras ²
M ³ biogas/ton mengsel	43	47
Kg CH ₄ /kg os mengsel	0,19 ³	0,20 ³

¹ Opbrengst o.b.v. 7 weken mest+snijmaïs plus 6 daaropvolgende weken van alleen mest

² Opbrengst o.b.v. 6 weken mest+herfstgras

³ O.b.v. 63% methaan

Als we uitgaan van een continue productie aan biogas uit mest van 30 m³ per m³ mest tijdens het co-vergisten dan is een biogasproductie uit de co-producten af te leiden van 249 en 126 m³ biogas per ton product voor resp. snijmaïs en herfstgras. Dit zijn hogere waarden dan opbrengsten in literatuur (o.a. Koskamp e.a. 2000, Lent & Dooren 2001, Tijmensens e.a. 2002 en Leeden e.a. 2003): 206-233 m³ biogas per ton voor snijmaïs en 95 m³ biogas per ton voor gras.

3.1.5 Energieopbrengsten

In de periode november 2003 tot en met 8 februari 2004 is gemiddeld 232 m³ biogas per dag uit mest gevormd. De op dat moment aanwezige 'kleine' WKK draaide bijna continu op deze productie met gemiddeld 20,8 uur per dag. De 11 m³ biogas die gemiddeld per uur door de WKK werd benut resulteerde in 13,6 kWh. De elektriciteitsproductie per m³ biogas komt daarmee op 1,2 kWh. Per m³ mest is dat 36 kWh en per kg os uit mest 0,51 kWh.

Na de start van de co-vergisting waren we door de veel hogere biogasopbrengsten genoodzaakt om een grotere WKK met meer capaciteit te plaatsen. We verwachten met deze grotere WKK een hoger rendement in omzetting te halen. Volgens de leverancier is een rendement van 1,8 kWh per m³ biogas mogelijk. Echter door problemen met het afstellen heeft de WKK nog niet optimaal kunnen functioneren na ingebruikname. Bij het schrijven van dit rapport zijn nog geen data beschikbaar van een voldoende lange periode om een betrouwbare uitspraak te doen over het elektrisch rendement van de nieuwe WKK. Uitgaande van een rendement van 1,8 kWh per m³ biogas kan de elektriciteitsproductie per m³ mest op De Marke stijgen van 36 naar 54 kWh, een toename van 50%.

Meer dan tweederde van de opgewekte energie in de 'oude' WKK komt beschikbaar als warmte (bij de nieuwe een iets kleiner gedeelte vanwege een efficiëntere omzetting in elektriciteit). Het grootste gedeelte van deze warmte wordt benut om het proces op temperatuur te houden. Echter door de hogere dan verwachte biogasopbrengst is er ook meer warmte geproduceerd dan nodig voor verwarming van het proces. Om de resterende warmte af te voeren is daarom een extra warmtewisselaar geplaatst.

3.2 Broeikasgassen

De reductie in emissie van broeikasgassen door de ingebruikname van de mestvergistingsinstallatie is door A&F (voorheen IMAG) onderzocht. Daarvoor is de emissie van methaan in de situatie vóór en ná realisatie van de vergister gemeten. Lopende het onderzoek is gebleken dat bij het meten van de emissies uit zowel de stal als de mestsilos allerlei praktische belemmeringen zijn opgetreden. Gedurende het onderzoek is daarvoor zoveel mogelijk een oplossing gezocht. Sommige punten bleken echter binnen de bedrijfsvoering en het uitgezette onderzoek niet op te lossen. In dit rapport bespreken we deze punten en de behaalde resultaten van dit onderzoek op basis van het interne onderzoeksrapport van A&F (Hilhorst e.a., 2004).

3.2.1 Opzet

De emissie vanuit de stal is bepaald door gebruik te maken van de SF₆ tracer ratio-methode. Samengevat wordt met deze methode het debiet (hoeveelheid uitgaande stallucht) en de samenstelling van de uitgaande stallucht bepaald en gecombineerd tot een emissie van gassen zoals methaan. Opzet was om de methaanemissie uit de stal op te splitsen in emissie uit de kelder en uit de koeien (door pensfermentatie). De emissie uit koeien zal namelijk ongewijzigd blijven na realisatie van de vergister. Echter de emissie uit de kelder kan dalen door de realisatie omdat de mest korter in de mestkelder zal verblijven (omdat deze zo snel mogelijk naar de vergister wordt gepompt om methaanverliezen juist te voorkomen). De emissies uit de stal op De Marke zijn bepaald in het voorjaar van 2002 in een periode dat de koeien in en buiten de stal waren, om onderscheid te kunnen maken tussen de emissies door pensvertering en die van de mest.

In het voorjaar en het najaar van 2002 zijn de emissies vanuit mestsilos onderzocht. Om de emissies uit de mestsilos te kunnen bepalen kon geen gebruik worden gemaakt van de methode om buiten de silo de emissie te meten. De poging om met de SF₆ tracer gas-methode de emissie te bepalen bleek onbetrouwbaar omdat de SF₆ niet goed en gelijkmatig kon worden geïnjecteerd. A&F heeft daarom een alternatieve methode moeten ontwikkelen. Deze methode kwam er op neer dat na ventilatie van de ruimte boven de opgeslagen mest de silo werd afgedicht en door toename van de concentratie gassen in de silolucht de emissie kon worden geschat.

De emissies van de vergistingsinstallatie zijn gemeten aan de mestzak en aan de gasmotor. De mestsilos waarin het vergistingsproces plaatsvindt is luchtdicht gemaakt en om te voorkomen dat daar toch gas ontsnapt wordt deze op onderdruk gehouden. De emissies vanuit de gasmotor zijn bepaald door metingen van de uitlaatgassen en metingen in de zeecontainer waar de motor in geplaatst is.

Diffusieverliezen uit de mestzak zijn bepaald via een massabalansmethode. Hierbij wordt de concentratie gas boven- en benedenwinds gemeten en gecombineerd met de hoeveelheid luchtverplaatsing tot een schatting van de gasverliezen. De emissies van de vergistingsinstallatie zijn in december 2003 gemeten.

3.2.2 Resultaten broeikasgasemissies

De methaanemissie uit mest in de stal bleek niet goed te onderscheiden t.o.v. de totale methaanemissie uit de stal (pensvertering+mest). Dit kwam doordat in de 'lege' periode (stal zonder koeien) de methaanemissie langzamer dan verwacht bleek af te nemen waardoor geen goed onderscheid kon worden gemaakt tussen emissie uit pensvertering en emissie uit de mestkelder. Hilhorst e.a. (2004) geven toch een schatting van de methaanemissie uit de mest in de stal van 0,029 m³ CH₄/koe/dg. Dit resultaat geldt alleen voor de situatie vóór realisatie van de vergister. Na realisatie van de vergister is niet meer in de stal gemeten vanwege de complicatie dat er onvoldoende onderscheid gemaakt kon worden tussen emissie uit pensvertering en uit de mestkelder. In een stal met een drijfmeststelsel zoals De Marke is emissie van lachgas niet aannemelijk. Uit het onderzoek bleek dat deze broeikasgasemissie inderdaad verwaarloosbaar is omdat dit gas niet boven de detectielimiet is aangetroffen.

De emissieschattingen voor methaan uit de mestsilos bedragen 0,8 en 1,9 m³ CH₄ per uur voor de gehele silo in resp. het voor- en najaar. Hieruit blijkt dat de methaanemissie uit een silo als gevolg van factoren als meteorologie, mesttemperatuur en mestveroudering een factor twee uiteen kunnen liggen. A&F geeft als gemiddelde emissie 1,4 m³ CH₄ per uur met een spreiding van 40%.

Door een zeer gering aantal metingen aan silos kan A&F niet inschatten of deze waarde representatief is. De schatting van de N₂O emissie uit de silo is onzeker doordat deze emissie hoogstwaarschijnlijk is beïnvloed door de meetmethode waarbij de lucht boven de mest is ververst. In een normale situatie van mestopslag in een gesloten silo gebeurt dat niet.

De methaanemissie die is bepaald voor de mestzak bedraagt $1,3 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$ per uur met een onzekerheid van $\pm 10\%$. Bij dit resultaat dient opgemerkt te worden dat slechts op één moment is gemeten en de metingen wellicht beïnvloed zijn. De metingen vonden plaats op een rustige middag met weinig wind in december 2003. Nadat deze metingen waren afgerond is in de mestzak een lek geconstateerd. Onbekend is of dit gaslek reeds tijdens de metingen in december 2003 aanwezig was. De methaanemissie uit de gasmotor bedraagt $0,14 \text{ m}^3$ per uur.

3.2.3 Reductiepotentieel in emissie van broeikasgassen

Eén van de doelstellingen van de biogasinstallatie op De Marke is reductie in emissie van broeikasgassen en dan met name methaan. Hier beschrijven we op welke bedrijfsonderdelen emissiereductie is te behalen met mestvergisting en geven we voor zover mogelijk een kwantitatieve onderbouwing daarvan. Op bedrijfsniveau integreren we de afzonderlijke reducties in een totaal reductiepotentieel.

Mest in de stal

In de situatie zonder vergisting verblijft de mest in de mestkelder onder de stal totdat deze geheel gevuld is. Dan wordt de mest overgepompt naar de mestsilo. In de mest in de mestkelder zal door een spontaan optredende vergisting methaan ontstaan. De vorming van methaan wordt positief beïnvloed door een langere opslag en een hogere temperatuur. Hilhorst e.a. (2004) geven een schatting van de methaanemissie uit de opgeslagen mest in de stal van $0,029 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{koe}/\text{dg}$. Op jaarbasis is dit $7,7 \text{ kg CH}_4/\text{koe}$ dat uit de mestopslag in de stal komt. Dit is behoorlijk lager dan de circa 21 kg CH_4 per koe per jaar die Monteny e.a. (2001) berekenen. Mogelijk is de sleufvloer op De Marke een verklaring voor dit verschil t.o.v. de gangbare roostervloeren in melkveestallen. In de situatie met mestvergisting verblijft de mest gemiddeld zo'n 19 dagen in de mestkelder (continu niveau van 150 m^3 waar dagelijks 8 m^3 aan wordt toegevoegd en 8 m^3 naar de vergister wordt gepompt). Het onderzoek van Hilhorst e.a. (2004) geeft geen informatie over de methaanemissie uit de mestkelder in deze situatie. Voor de reductie van methaan uit de mestkelder kunnen we een schatting geven van de reductie in methaan. Daarbij nemen we aan dat de mest in de situatie met vergisting tekort in de kelder aanwezig is om methaan te vormen. De methaanreductie is dan $7,7 \text{ kg CH}_4$ per koe per jaar en 578 kg CH_4 op bedrijfsniveau als we uitgaan van de emissieschatting van Hilhorst e.a. (2004). Deze reductie kan minder zijn doordat er toch methaan ontsnapt in de korte opslagperiode in de mestkelder bij vergisting en het kan hoger zijn als de methaanemissie uit mest in de stal op het berekende niveau van Monteny e.a. (2001) ligt.

Mestsilo

Op basis van de gegevens van Hilhorst e.a. (2004) is de emissie van methaan uit de mestsilo vóór de situatie met vergisting vergelijkbaar met de methaanemissie uit de mestzak en container met WKK in de situatie met vergisting. Dit zou betekenen dat op dat punt geen emissiewinst is geboekt door de realisatie van vergisting. Het is echter onzeker of de emissiemeting van de situatie met vergisting representatief is door mogelijke beïnvloeding van de emissies door een tijdelijk gaslek in de mestzak.

Uitgaande van een optimale situatie waarin geen emissie plaatsvindt uit de mestzak dan is de emissiereductie als volgt: Vanuit de mestsilo is een methaanemissie van $1,4 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$ per uur gemeten door Hilhorst e.a. (2004) met een spreiding van 40%. Op jaarbasis is dit $12264 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$ wat gelijk is aan 8760 kg CH_4 ($0,18 \text{ kton CO}_2\text{-eq}$). In de situatie met vergisting veronderstellen we de methaanemissie uit de mestzak 0. Dit is in de gewenste situatie dat de mestzak normaal functioneert en gasdicht is. Metingen op De Marke toonden aan dat er wel methaanemissie uit de mestzak was maar mogelijk werd dat veroorzaakt door een later geconstateerd gaslek. Dit gaslek is daarna afgedicht en nu gaan we ervan uit dat de mestzak gasdicht is. De emissie uit de container met WKK is $0,14 \text{ m}^3$ per uur. Op jaarbasis is dit 876 kg CH_4 . De reductie door de ingebruikname van vergisting is dan 7884 kg CH_4 ($0,17 \text{ kton CO}_2\text{-eq}$) uit de mestopslag. Echter de spreiding hierin is groot (45%) door de onzekerheid van de emissie van de mestsilo.

Opwekking groene elektriciteit

De elektriciteit die wordt opgewekt met de biogasinstallatie vervangt elektriciteit die met fossiele energie is opgewekt. De hierbij vermeden CO_2 emissie telt mee in de totale broeikasgasreductie door mestvergisting.

Uitgaande van de situatie met de 'oude' WKK waarbij 36 kWh per m³ mest wordt opgewekt dan is de jaarlijkse netto elektriciteitsproductie 103.000 kWh (gelijk aan bruto elektriciteitsproductie van 108.000 kWh – 5000 kWh voor uitvoering vergisting) uit mest. Bij de nieuwe motor verwachten we een netto elektriciteitsproductie uit mest van 157.000 kWh uit mest.

Vervanging van 103.000 of 157.000 kWh elektriciteit op fossiele basis door groene energie uit de vergister levert een CO₂ besparing van resp. 66.950 of 102.050 kg CO₂ per jaar op bedrijfsniveau.

Bij co-vergisting wordt extra energie opgewekt en dus extra CO₂ vermeden. Echter deze co-producten zijn op bedrijfsniveau aangevoerd of het was nodig om vervangend voeder aan te voeren. Ten opzichte van de situatie zonder vergisting betekent dit een extra aanvoer van grondstoffen. Daarom nemen we de co-vergisting vooralsnog niet mee in deze berekening.

Mestaanwending

Er is onvoldoende wetenschappelijke basis om een kwantitatieve onderbouwing te geven aan een mogelijk emissiereducerend effect voor lachgas van vergiste mest t.o.v. onvergiste mest bij aanwending (Bosker en Kool, 2004). Bosker en Kool (2004) onderbouwen wel de hypothese dat bij aanwending van vergiste mest op grasland de lachgasemissie verhoogt t.o.v. onvergiste mest. Op bouwland is het effect juist omgekeerd en geeft aanwending van vergiste mest een lagere lachgasemissie dan onvergiste mest. Van beide effecten kan echter nog geen goed onderbouwde kwantitatieve inschatting gegeven worden. Daarom laten we deze emissiepost verder buiten de berekening van de totale emissiereductie op bedrijfsniveau.

Het aanbod van meer N-min in vergiste mest kan mogelijk N uit kunstmest vervangen. Uit onderzoek op De Marke blijkt vooralsnog weinig verbetering in N-werking met vergiste mest (zie hieronder het kopje 'overig onderzoek'). Wel is op De Marke gekozen om de N-kunstmestgift geheel achterwege te laten. Dit staat echter los van de toepassing van vergiste i.p.v. onvergiste mest. Daarom nemen we de reductie in broeikasemissie door verminderd kunstmestgebruik niet mee bij de berekening van het reductiepotentieel door vergisting.

Totaal reductiepotentieel

De totale reductie in broeikasgassen op De Marke is o.b.v. bovenstaande analyse zo'n 245 – 280 ton CO₂ eq. per jaar (tabel 4). Dit is echter met een behoorlijke onzekerheid door de hierboven beschreven mogelijke variaties die zowel in gunstige als ongunstige richting de uitkomst kunnen beïnvloeden. Alleen de CO₂ beperking door opwekking van groene elektriciteit is relatief zeker.

Tabel 4 Het geschatte broeikasreductiepotentieel van de situatie met mestvergisting op De Marke t.o.v. de situatie zonder mestvergisting

	Geschatte reductie		Opmerkingen
	Kg CH ₄ of kWh/jaar	ton CO ₂ eq/jaar	
Mestkelder in stal	578 kg CH ₄	12	Mogelijk lager door emissies in situatie met vergisting en mogelijk hoger door hogere emissie o.b.v. literatuur
mestopslag	7884 (± 45%) kg CH ₄	166 (± 75)	Forse spreiding in meting
Groene elektriciteit	103.000-157.000 kWh	67 – 102	
Totaal		245 – 280	

Bij een mestproductie van 3000 m³ per jaar op De Marke is dit een reductie van 82 kg CO₂ eq. per m³ mest per jaar. Als we dit doortrekken naar sectorniveau kunnen we een inschatting maken (met alle hierboven genoemde onzekerheden) van het reductiepotentieel voor de Nederlandse melkveehouderij. In 2003 waren er 2500 bedrijven met meer dan 100 melkkoeien (LEI, 2004). Als we er van uitgaan dat voor de helft daarvan mestvergisting rendabel zou zijn en dat die bedrijven gemiddeld zo'n 150 melkkoeien hebben, dan hebben we het over 187.500 melkkoeien op bedrijven met vergisting. Bij elkaar produceren deze dieren zo'n 5,6 miljoen m³ mest wat neerkomt op een totaal reductiepotentieel van 462 kton CO₂ eq. in de melkveehouderij. Deze berekening geeft slechts een indicatie van het reductiepotentieel door de onzekerheden in emissiereductie en grove aannames over implementatie van vergisting in de sector.

3.3 Overig onderzoek

3.3.1 Bemestingsproef

Eén van de voordelen van vergiste mest t.o.v. onvergiste mest die vaak wordt aangehaald is het hogere gehalte minerale stikstof wat zou kunnen leiden tot een efficiëntere stikstofbenutting. Onderzoek op dit punt vormt geen onderdeel van dit project maar deze vraag maakt deel uit van een uitvoerige bemestingsproef die Plant Research International (PRI) in 2002 op De Marke is gestart. Dit is een vierjarige bemestingsproef waarin vier verschillende rundermestsoorten (stalmest, drijfmest met laag N-min, drijfmest met gemiddeld N-min en vergiste drijfmest) en N-kunstmest (KAS) worden vergeleken op bemestende waarde en milieueffecten. Op blijvend grasland wordt voor deze mestsoorten de N-levering in het gras, de hoeveelheid N in de bodem en invloed op de bodemfauna bepaald. Parallel aan de veldmetingen wordt van elke mestsoort de ammoniakemissie onder geconditioneerde omstandigheden in het lab gemeten.

Deze proef loopt tot en met 2005 en de resultaten zullen kort daarna openbaar gemaakt worden. Uit voorlopige resultaten kunnen wel enkele belangrijke nuanceringen t.o.v. het hierboven aangehaalde voordeel van vergiste mest worden aangegeven: De samenstelling van vergiste mest en dan met name het gehalte minerale N verandert onvoldoende t.o.v. onvergiste mest om grote effecten in bemestende waarde respectievelijk opbrengst te verwachten (Schröder, 2004). Voor zover de samenstelling van de mest al verandert, is het maar de vraag of dat verschil zich vertaalt in een betere N-werking. De extra aanwezige minerale stikstof is namelijk ook zeer gevoelig voor verliezen, zoals ammoniakemissie (Schröder, 2004).

3.3.2 Covergisting

In 2004 heeft het CLM i.s.m P-ASG in opdracht van VROM onderzoek naar co-vergisting op De Marke opgestart. Doel is om het risico van verspreiding van zware metalen door gebruik van co-producten in beeld te brengen. Daarnaast volgen we veranderingen in mestsamenstelling die mogelijk van invloed zijn op de bemestende waarde. In dit onderzoek, wat loopt tot het voorjaar van 2005, worden vier plantaardige co-producten (snijmais, herfstgras, aardappelen en maisstro) onderzocht. Resultaten zullen in het voorjaar van 2005 beschikbaar komen.

Bedrijfseigen afval van het melkveebedrijf kan prima dienst doen als covergistingsmateriaal



4 Rentabiliteit/economie

Om de investering in de mestvergisting laag te houden is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de bestaande situatie (zie 2.3). Voor realisatie van de installatie was al berekend dat de huidige veestapel op De Marke niet voldoende mest produceert om de installatie rendabel te maken. Hiervoor zou i.p.v. de mest van 80 melkkoeien de mest van ongeveer 150 melkkoeien nodig zijn. Toevoeging van co-vergistingsmateriaal zou het rendement van de installatie kunnen verhogen. In tabel 5 is een berekening opgenomen van het saldo bij vergisting van alleen de mest van 75 melkkoeien. Voor de opbrengsten is gerekend met gemeten en dus werkelijk gerealiseerde waarden.

Tabel 5 Rentabiliteitsberekening vergistinginstallatie De Marke (in €)

Investering	
Aanschaf installatie	145.000,-
Kosten meterkastaansluiting	1.000,-
Kosten overig (grondwerk, infrastructuur, etc.)	5.000,-
Bruto-investering	151.000,-
EIA-voordeel (29% van de bruto-investering)	43.790,-
Netto-investering	107.210,-
Jaarlijkse opbrengsten	
MEP-subsidie	10.000,-
Elektriciteitslevering	800,-
Besparing elektriciteit	2.800,-
Totale opbrengsten	13.600,-
Jaarlijkse kosten	
Onderhoud (€ 0,023 per kWh)	2.400,-
Rente (5% per jaar)	2.680,-
Afschrijving (10 jaar; restwaarde 20%)	8.577,-
Totale jaarlijkse kosten	13.657,-
Saldo	-/ 57,-

Uit de berekening blijkt dat vergisting van mest op De Marke niet rendabel is. De huidige hoeveelheid van 3.000 m³ mest is te weinig om de installatie rendabel te maken. Door verhoging van de te vergisten hoeveelheid mest kan de rentabiliteit verhoogd worden.

Een andere optie is co-vergisting van overige organische producten. In 2004 is op De Marke gestart met onderzoek naar co-vergisting. Bij een toevoeging van 400 ton maïs per jaar nemen de opbrengsten met ruim € 11.000,- toe. Echter deze meeropbrengsten zijn onvoldoende om de maïs op de veevoedermarkt aan te kopen (400 ton á € 35,- per ton = € 14.000,-) en om de extra arbeidsinzet voor co-vergisting te vergoeden (al gauw 1 uur per dag).

De hierboven beschreven resultaten zijn gebaseerd op de 'oude' 18 kWh motor met een rendement van 1,2 kWh per m³ biogas. Inmiddels is een nieuwe motor met een hoger vermogen geïnstalleerd die 1,8 kWh per m³ zou moeten kunnen produceren. Resultaten en rendement zijn nog niet bekend van de nieuwe motor. Met dat rendement zou echter een 50% hogere opbrengst mogelijk zijn wat kan resulteren in een positief saldo.

Een andere mogelijkheid voor verhoging van het saldo is de toevoeging van organisch materiaal dat in aanschaf minder of niets kost en nog een hogere gasopbrengst kan realiseren dan maïs.

De mate van rentabiliteit voor mestvergisting op De Marke wordt vooral bepaald door het toegevoegde organische materiaal. Wat zijn de kosten hiervan en welke gasopbrengst staat hier tegenover?

5 Demonstratie en communicatie

Ingebruikname

De mestvergistingsinstallatie is in februari 2003 feestelijk geopend door de voormalige Minister van LNV, de heer Braks. De opening vond plaats tijdens de open dagen van De Marke die door zo'n 2500 bezoekers zijn bezocht. Bij de vergister was een ruime informatiestand ingericht waar het CLM de onderzoeksmatige achtergrond van de vergister op De Marke uitlegde en de leverancier van de installatie informeerde over de technische details. Ten behoeve van de opening is voorlichtingsmateriaal gemaakt met info over vergisting (bijvoorbeeld posters). Daarvoor is o.a. gebruik gemaakt van een tekening dat een modern melkveebedrijf met vergisting uitbeeldt (figuur 2). Na de opening is een video/DVD gemaakt over mestvergisting op De Marke.

Figuur 2 Afbeelding van een modern melkveebedrijf met vergisting dat voor voorlichting is en wordt gebruikt



Regulier bezoek De Marke

Sinds de start van de vergister op De Marke in februari 2003 hebben zo'n 1800 bezoekers De Marke bezocht. Biogas is een actueel onderdeel van de excursies. Tijdens bezoek kan de video/DVD over vergisting op De Marke worden getoond. Wekelijks bellen geïnteresseerde veehouders naar de mogelijkheden voor hun situatie en regelmatig bezoeken kleine groepen geïnteresseerden de installatie.

Publiciteit in de media

Sinds de start van de bouw van de installatie is in verscheidende artikelen in regionale en landelijke vakbladen de vergister op De Marke onder de aandacht van de praktijk gebracht. In bijlage 2 is een overzicht opgenomen van publicaties over de vergister op De Marke.

De ingebruikname van de vergister is uitgezonden in het televisieprogramma 'het agrarisch journaal'.

Via de website van De Marke (via www.projectdemarke.nl) is recente informatie over de mestvergisting beschikbaar.

Overige publicitaire activiteiten

Symposium 'mijlpaal mestvergisting' in Ede op 25 november 2003.

Afgelopen zomer trok de biogasinstallatie tijdens de inloopdag (23-6-2004) veel belangstelling van de in totaal 200 bezoekers.

Na het afronden van dit project loopt de demonstratie van vergisting op De Marke nog volop door. Voor vragen over excursiemogelijkheden kunt u terecht bij Praktijkcentrum De Marke, Roessinkweg 2, 7255 PC Hengelo (Gld.) Telefoonnummer 0575 - 467323.

6 Discussie, conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk bespreken we het project, trekken conclusies daaruit en geven indien relevant aanbevelingen (cursief gedrukt) voor de praktijk of voor nader onderzoek.

De vergunningverlening heeft meer tijd in beslag genomen dan vooraf ingeschat. De vergunningverlener is tot tweemaal toe teruggekomen op de voorgestelde procedure. Eerst bleek toch een milieuvergunning noodzakelijk i.p.v. een melding, daarna bleek een totale revisie van de vergunning voor het gehele bedrijf noodzakelijk i.p.v. een vergunning voor alléén de installatie.

Deze situatie geldt specifiek voor De Marke en niet in algemeen voor de Nederlandse praktijk. Zo was het bijvoorbeeld specifiek een wens van de gemeente Hengelo om de gehele milieuvergunning van De Marke te herzien omdat deze al meer dan 10 jaar oud was. Dit beleid kan per gemeente verschillen. Wel kunnen we een aantal belangrijke aandachtspunten hieruit halen:

Voor de initiatiefnemer in de praktijk is het belangrijk om voldoende tijd te reserveren voor het traject van vergunningaanvraag en het bevoegd gezag vroeg bij de plannen te betrekken.

De aanvraag om in aanmerking te komen voor de subsidie op levering van groene elektriciteit blijkt ingewikkeld, vertoont veel overlap en verloopt traag. Hierdoor brengt dit veel investering in tijd en dus kosten met zich mee voor zowel aanvrager als betrokken instanties. Achtergrond van deze werkwijze is de veronderstelling dat het gaat om grote industriële installaties die risicovolle materialen verwerken en gevoelig zijn voor fraude.

Voor zowel de vergunningverlening alsook de subsidieaanvraag zou onderscheid gemaakt moeten worden tussen kleinschalige boerderijvergisters en grootschalige industriële vergisters. Eén aanvraag bij één loket en een eenvoudige (eind)controle is met name voor kleine installaties wellicht voldoende.

Op De Marke is gekozen voor ombouw van de bestaande mestsilo tot reactor. Achteraf kunnen we constateren dat deze optie minder aantrekkelijk is dan vooraf ingeschat. Er zijn onvoorziene problemen opgetreden (zoals het goed gasdicht maken van de silo en gaslekken in de mestzak) die achteraf bezien wellicht voorkomen hadden kunnen worden met een nieuwe vergistertank en de bestaande silo als na-opslag.

Voor de praktijk bevelen we aan om bij de ombouw van een bestaande situatie rekening te houden met mogelijke onvoorziene problemen zoals die zijn opgetreden op De Marke. Deze problemen kunnen resulteren in verlies aan biogas wat economische (minder opbrengsten) en milieutechnische (emissie broeikasgas) nadelen heeft en kunnen leiden tot onvoorziene kostenposten (voor reparatie). Dit dient te worden meegewogen in de afweging tussen investering in een nieuwe vergistingsinstallatie en ombouw van de bestaande situatie.

De vergisting van mest op De Marke geeft een behoorlijk hogere dan verwachte biogasopbrengst uit rundermest. Mogelijke verklaringen zijn:

- Lange verblijftijd van de mest in de vergister. Normaal gesproken wordt bij mesofiele vergisting een verblijftijd van 4-6 weken aangehouden. De verblijftijd van mest in de vergister van De Marke is zeker in de winterperiode veel langer. In de periode van september tot en met januari wordt de vergister bijna geheel gevuld. Door de grote capaciteit van de vergister van 1400 m³ resulteert dit in een lange verblijftijd van gemiddeld twee tot drie maanden.
- Navergisting. Nadat de mest is uitvergist wordt deze opgeslagen in een mestzak. In het geval dat er door navergisting nog biogas ontstaat dan wordt dat in de mestzak opgevangen die tevens dienst doet als gasopslag. Op deze wijze blijft het nagevormde biogas behouden.
- Hoge temperatuur. Mogelijk zijn de bacteriën actiever en vormen meer biogas door de vrij hoge temperatuur.
- Rantsoen. Op De Marke wordt in het rantsoen gestreefd naar een zo hoog mogelijke inzet van op het eigen bedrijf geproduceerde (ruw)voeders ter (gedeeltelijke) vervanging van mengvoeders. Wellicht dat uit de organische stof uit ruwvoeders meer overblijft voor vergisting ná passage door de koe dan bij mengvoeders. Mengvoeders zijn immers over het algemeen beter verteerbaar door het dier.
- De mest wordt zo snel mogelijk overgepompt van de stal naar de vergister. Hierdoor wordt natuurlijke methaanvorming in de stalkelder zoveel mogelijk voorkomen en is de mest relatief vers bij aanvoer in de vergister.
- Omdat het praktijkonderzoek betreft kunnen we de invloed van deze factoren niet afzonderlijk meten. Een belangrijke factor is waarschijnlijk de lange verblijftijd van de mest in de vergister. Opbrengsten die in literatuur worden aangehaald zijn meestal gebaseerd op kortere verblijftijden.

Wat dat betreft is de situatie op De Marke met een naar verhouding zeer grote reactor specifiek. In een situatie waarin de reactor nieuw wordt gebouwd, zal gekozen worden voor een kortere verblijftijd op basis van een optimalisatie van kosten (bepaald door de omvang) en opbrengsten. De opbrengsten stijgen naarmate de mest langer in de reactor verblijft (tot een maximum) maar na een week of zes neemt de meeropbrengst dermate af dat deze niet meer opweegt tegen de extra investering in een grotere capaciteit reactor.

Indien de gasopbrengsten werkelijk hoger zijn door een langere verblijftijd dan kan dat een extra voordeel zijn om een bestaande mestsilo om te bouwen tot reactor omdat dat doorgaans resulteert in een grotere vergistingcapaciteit en dus langere verblijftijd. Daarbij dienen dan echter wel de mogelijke nadelen van ombouw, zoals hierboven beschreven, te worden meegenomen.

Hilhorst e.a. (2004) kenmerken de mest op De Marke o.b.v. emissiemetingen met een hoge 'biogaspotentie'. Wellicht dat dit veroorzaakt wordt door de factor rantsoen zoals hierboven omschreven.

Op basis van de huidige resultaten kunnen we onvoldoende onderbouwen dat de hogere opbrengsten het gevolg zijn van de langere verblijftijd en/of de rantsoensamenstelling op De Marke.

Nader onderzoek naar de oorzaak voor de hoge biogasopbrengst op De Marke is gewenst om gerichter te kunnen adviseren over de perspectieven van mestvergisting (biogasopbrengsten en financiële resultaten) en maatregelen (bijv langere verblijftijd aanhouden) om de biogasproductie te optimaliseren.

De huidige mestvergistingsinstallatie op De Marke is met alleen vergisting van mest niet rendabel. Door de nieuwe motor kan dat resultaat verbeteren. Met co-vergisting kan de installatie wél rendabel worden. De kosten en de aard van het co-vergistingmateriaal (bepaalt hoeveelheid extra biogas) bepalen de hoogte van de rentabiliteit.

Uit het onderzoek naar de emissiereductie van broeikasgassen komt het beeld naar voren dat de emissie van methaan uit de vergistingsinstallatie vergelijkbaar is met de methaanemissie uit de mestsilo (zonder mestvergisting). Echter het is niet ondenkbaar dat de emissies uit de vergister te hoog worden ingeschat omdat deze zijn beïnvloed door een gaslek in de mestzak dat toen al aanwezig was. Inmiddels is dit gaslek afgedicht. Verder is de spreiding in de bepaalde emissie voor de mestsilo hoog (40%) waardoor het resultaat een lage betrouwbaarheid heeft. Verder is met deze meting het systeem nogal verstoord waardoor mogelijke afwijkingen in het emissiepatroon t.o.v. de normale situatie niet ondenkbaar zijn. Deze factoren betekenen dat de resultaten met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd dienen te worden.

Wat betreft reducties in methaanemissie vanuit de stal door een kortere verblijftijd van de mest in de kelder kunnen we geen uitspraken doen. Dit komt door het ontbreken van metingen in de situatie met een kortere verblijftijd. Daarbij komt dat de schatting van de emissie uit mest in de stal in de situatie vóór vergisting met de nodige onzekerheid is omgeven.

Op basis van dit onderzoek is dus slechts een beperkte inschatting te geven van de reductie in broeikasgasemissie tussen de situatie vóór en ná realisatie van de vergister op De Marke. Dit komt voornamelijk door het ontbreken van een voldoende onderbouwing in het verschil tussen methaanemissie uit de stal vóór en ná realisatie van de vergister, de mogelijke beïnvloeding van de metingen aan de mestzak door een gaslek en de grote spreiding in de geconstateerde emissies uit de mestsilo (vóór realisatie vergister). De enige zekere emissiereductie betreft de opwekking van groene elektriciteit.

Het geconstateerde hoge emissieniveau van de mestzak (al dan niet veroorzaakt door een gaslek) geeft aan dat het in de praktijk belangrijk is om de installatie zorgvuldig te construeren en te controleren op goed functioneren om zodoende ongewenste verliezen te voorkomen.

Literatuur

Bosker, T. en A. Kool 2004. Emissies bij aanwending van vergiste mest. CLM, Culemborg.

Hilhorst, M.A., P. Hofschreuder & J.W.H. Huis in 't Veld 2004. Methaanemissie voor en na plaatsing van een biogasininstallatie op De Marke. Intern rapport. A&F, Wageningen.

Koskamp, G.J., O.J.H. van der Laan, N. Middelkoop & F.C. van der Schans 2000. Energie op De Marke. Proefbedrijf voor Melkveehouderij en Milieu, De Marke, rapport no. 28, CLM-rapport 448.

Leeden, R.H.C. van der, P.P.M.J. van Roovert & A.H.M. van de Wassenberg 2003. Mestvergisting op boerderijniveau. HAS Kennis Transfer, 's-Hertogenbosch.

LEI, 2004. Land- en Tuinbouwcijfers 2004. LEI Wageningen-UR & CBS, Wageningen.

Lent, A.J.H. van & H.J.C. van Dooren, 2001. Perspectieven mestvergisting op Nederlandse melkvee- en varkensbedrijven. PR, Lelystad.

Monteny, G.J., C.M. Groenestein en M.A. Hilhorst 2001. Interactions and coupling between emissions of methane and nitrous oxide from animal husbandry. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 60 (2001), pag. 123-132.

Schröder, J.J. 2004 Persoonlijke mededeling. Plant Research International, Wageningen.

Tijmensen, M.J.A., R.C.A. van den Broek, R. Wasser, A. Kool, R. de Mol en M.A. Hillhorst. 2002. Mestvergisting op boerderijschaal in bestaande opslagsystemen. Ecofys, CLM en IMAG-DLO, Utrecht en Wageningen.

Bijlagen

Bijlage 1 Toevoeging substraat

Tabel B1.1 De toevoeging van substraat aan de vergistingsinstallatie op De Marke, uitgedrukt in kg organische stof per dag

	3 nov. 03 – 8 febr. 04	9 febr. 04 – 28 maart 04	29 maart 04 – 9 mei 04	10 mei 04 – 21 juni 04	20 sept. 04 – 24 okt. 04	25 okt. 04 – 9 dec. 04
Mest	558	552	576	562	592	578
Mais ¹		341				
Herfstgras ¹				268		
Aardappelen						323
Totaal	558	893	576	830	592	901

¹ Bij een os gehalte in snijmaïssilage en ingekuuld herfstgras van resp. van 333 en 173 g per kg product

Bijlage 2 Overzicht publicaties in media

Een overzicht van de publicaties over de mestvergister op De Marke van najaar 2002 tot en met najaar 2004.

- Vakblad Duurzame Energie oktober 2002
- GLTO nieuws 17 december 2002
- Agrarisch Dagblad 23 en 28 januari 2003
- Veehouderij Techniek februari 2003
- Boerderij 7 februari 2003
- Vee en Gewas 22 februari 2003
- Oogst februari 2003
- Agrarisch Dagblad 20 februari 2003
- Boerderij 24 maart 2004
- Oogst 5 maart 2005
- WB 11 maart 2004
- Staats Courant 15 maart 2004
- De Gelderlander 27 maart 2004
- GLTO Nieuws 24 juni 2004
- Ecoland september 2004