



PraktijkRapport Rundvee 62

Vergisting van gras uit natuurgebieden in combinatie met runderdrijfmest



Januari 2005

Rundvee





Colofon

Uitgever

Animal Sciences Group / Praktijkonderzoek
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 – 238 238
Fax 0320 – 238 050
E-mail info.po.asg@wur.nl
Internet <http://www.asg.wur.nl/po>

Redactie en fotografie

Animal Sciences Group

© Animal Sciences Group

Het is verboden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever deze uitgave of delen van deze uitgave te kopiëren, te vermenigvuldigen, digitaal om te zetten of op een andere wijze beschikbaar te stellen.

Aansprakelijkheid

Animal Sciences Group aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen

Bestellen

Eerste druk 2005
Prijs € 17,50

Losse nummers zijn schriftelijk, telefonisch, per E-mail of via de website te bestellen bij de uitgever.

Referaat

Door een toenemende omvang van natuurgebieden met een verschrallingsdoelstelling komt in de komende jaren steeds meer natuurgras beschikbaar. Vergisting met drijfmest is een mogelijke manier om dit gras te benutten. Deze rapportage doet verslag van een pilot waarbij natuurgras vergist is met runderdrijfmest. Vergisting blijkt mogelijk te zijn. Of het een rendabele manier van verwerken is zal mede afhangen van de kosten voor alternatieve verwerkingsmethoden.

Abstract

Higher amounts of grass from nature reserve areas lead to increasing costs. Digestion with dairy slurry may possibly increase value of this grass. In this pilot grass was digested. Whether or not this is a promising method on a larger scale depends on costs of alternatives methods.

ISSN 1570-8616

Dooren, H.J.C. van, G. Biewenga, J. L. Zonderland (Praktijkonderzoek) Vergisting van gras uit natuurgebieden met drijfmest (2005)
29 pagina's, 3 figuren, 14 tabellen.

Trefwoorden:

Vergisting, natuurgras, drijfmest, natuurgebieden.

Digestion, grass, nature reserve areas, dairy slurry



PraktijkRapport Rundvee 62

Vergisting van gras uit natuurgebieden in combinatie met runderdrijfmest

Digestion of grass from nature reserve areas in combinatie with dairy slurry

H.J.C. van Dooren
G. Biewenga
J.L. Zonderland

Januari 2005

Voorwoord

Mestvergisting is een onderwerp dat de laatste jaren aan belangstelling wint onder agrariërs en overheid. De agrariërs hebben belangstelling vanwege een mogelijk extra inkomensbron boven de normale bedrijfsvoering en de overheid vanwege de bijdrage die mestvergisting kan leveren aan het realiseren van beleidsdoelen op het gebied van de uitstoot van broeikasgassen. Maar ook ander partijen zoals aanbieders van organisch materiaal hebben interesse in de ontwikkelingen op het gebied van (mest)vergisting. In dat kader heeft het Praktijkonderzoek van de Animal Sciences Group van Wageningen-UR, in opdracht van It Fryske Gea, Staatsbosbeheer en Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, de geschiktheid van gras uit natuurgebieden voor vergisting met drijfmest, zogenaamde co-vergisting, onderzocht. Dit rapport doet verslag van dit onderzoek.

Aan de medewerkers van Praktijkcentrum Nij Bosma Zathe is dank verschuldigd voor de uitvoering van de praktische aspecten van het onderzoek.

Samenvatting

Door een toename in het aantal hectares met een beheersdoelstelling die afvoer van biomassa inhoudt en de afname van de bestaande afzetmogelijkheden naar veehouders is de verwachting dat de komende jaren een overschot aan gras uit natuurgebieden zal ontstaan. De toenemende kosten voor verwerking van dit gras is aanleiding geweest voor een pilot naar de mogelijkheden voor vergisting van gras met drijfmest en de opwekking van (duurzame) energie.

Doelstelling van de pilot is het bepalen van de biogasopbrengst van natuurgras, het opdoen van praktische ervaringen met de toevoeging van natuurgras in een vergister en het in kaart brengen van de gevolgen voor de afzet van het vergiste mengsel.

Uit de hierboven beschreven pilot kunnen de volgende conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan worden:

- De maximale massaverhouding tussen natuurgras en runderdrijfmest was gemiddeld 1:25
- Het maximaal haalbare drogestofgehalte van het mengsel van natuurgras en runderdrijfmest was 10%.
- De zogenaamde beladingsgraad was tijdens de pilot 2,4 kg organische stof per dag per m³ vergisterinhoud.
- De methaan- en biogasopbrengst per kg ingevoerde organische stof van het mengsel van gras en mest bedroeg respectievelijk 0,20 en 0,32 m³.
- Omgerekend bedroeg de specifieke methaanopbrengst van natuurgras 0,25 m³ per kg OS.
- De toegevoegde waarden door vergisting van natuurgras bedroeg tussen €81 en €150 per ton droge stof. Dit is exclusief extra elektriciteitsverbruik en de te maken kosten voor de verkleining en verwerking van het gras. Uitgangspunt was dat de overtollige warmte niet nuttig ingezet kan worden.
- Kosten voor verkleining van het gras worden ingeschat op minimaal € 200 per ton bij 2 ton en lopen terug tot €120 per ton bij de verwerking van 20 ton ineens.
- Voor de verwerking van al het natuurgras dat jaarlijks in gebieden van Staatsbosbeheer in de provincies Drenthe en Groningen geproduceerd wordt zijn tussen de 230 en 320 melkveebedrijven nodig.
- Door de aard van de pilot hebben de berekeningen een indicatief karakter. Voordat eventuele besluitvorming over grootschalige toepassing van vergisting van natuurgras plaatsvindt is verdere detaillering aan te bevelen.
- Uitgangspunt bij de berekeningen in dit rapport is de werkwijze zoals die gevolgd is tijdens de pilot. Het traject van maaien, drogen, transporteren en opslaan van het gras is echter efficiënter in te richten. Bij het op grotere schaal toepassen van vergisting van natuurgras dalen daardoor de kosten van transport en verwerking. De locatie van de vergistingsinstallatie kan daarbij ook een rol spelen. Wellicht is het voordeliger de een grotere installatie dichtbij het natuurgebied te bouwen dan meerder installatie op melkveebedrijven. Afwegingen daarbij kunnen zijn: transportkosten van gras en mest, afzetmogelijkheden van de warmte. Voordat besloten wordt tot grootschalige vergisting van natuurgras wordt een verder studie hierna aanbevolen.
- Naast een economische afweging kunnen ook milieuafwegingen een rol spelen bij de beslissingen rond de vergisting van natuurgras. In deze pilot is daar geen aandacht aan besteed. Een energie- en CO₂-balans en een overzicht van overige emissie naar lucht, grond of water kunnen onderdeel uitmaken van de uiteindelijke overweging evenals een vergelijking met alternatieve verwerkingsmethoden voor natuurgras.

Summary

Till now the most common use of grass from nature reserve areas is the use as fodder for dairy cattle. The increasing number and sizes of nature reserve areas and the decreasing possibilities to market the grass from these areas leads however to a growing problem for organisations owning or managing the areas. Rising costs of removal and processing of the grass was reason to investigate the possibilities of alternative options. One of the possibilities to increase added value of the grass is digestion together with dairy slurry. With the biogas that is produced in the process electricity and heat can be generated.

Objective of this pilot study was to determine the gas production and the production of electricity and heat and to evaluate this alternative economically.

The pilot started with a literature review on previous results and experiences of the (co-)digestion of grass and was followed by a digesting experiment on the dairy research farm of the Animal Sciences Group in Fryslân, Nij Bosma Zathe. On this farm a plug flow digester is operated. Content and amount of grass and slurry, gas production, methane content and electricity and heat production was monitored. The main results, conclusions and recommendations were:

- The maximum grass slurry ration was 1:25
- The maximum DM content of the mixture of grass and slurry was 10%.
- The average loading of the digester during the pilot was 2,4 kg organic matter per day per m³ digester capacity.
- The biogas production was 0,32 m³ per kg dry matter input of grass slurry mixture.
- The methane production was 0,20 m³ per kg dry matter input of grass slurry mixture.
- The contribution of the grass to total methane production was 0,25 m³ per kg organic matter from grass.
- The added value of grass was calculated €81 en €150 per ton dry matter. This is without extra electricity used by pump and without costs of chopping the grass and with the presupposition that the generated heat could not be used for other means than heating the digester.
- Costs for chopping the grass were estimated on € 200 per ton with batches of 2 ton and €120 per ton with batches of 20 ton.
- For digestion of the total amount of grass from nature reserve areas in Fryslân, Groningen and Drenthe managed by Staatsbosbeheer 230 to 320 dairy farms are needed. Central digesting is however another option which has not been considered in this pilot.
- Because of the nature of the pilot the results are only indications. Before definitive decisions are made it is recommended to set up a more detailed experiment.
- The calculations are based on the process as it was followed in the pilot. However handling and transport can be organized more efficiently. Location of the digester can play an important role in reducing the costs. Other considerations can be the possibilities to sell the heat produced by the total energy module.
- Besides economic motives also environmental aspects can play a role in the decision whether or not the grass should be digested. A total energy balance and an evaluation of the total emission of greenhouse gases should be aspects considered in the final decision.

Inhoudsopgave

Voorwoord	
Samenvatting	
Summary	
1 Inleiding	1
2 Achtergronden	2
2.1 Achtergronden van vergisting	2
2.2 Literatuuronderzoek	3
3 Materiaal en Methoden	7
3.1 Beschrijving installatie Nij Bosma Zathe	7
3.2 Metingen	7
4 Resultaten en discussie	9
4.1 Algemeen	9
4.2 Aangevoerd materiaal	9
4.3 Gasproductie	11
4.4 Toegevoegde waarde van natuurgras	13
4.5 Ervaringen Nij Bosma Zathe	15
4.6 Relatie met mestwetgeving en overige aspecten	15
5 Conclusies en aanbevelingen	17
5.1 Conclusies	17
5.2 Aanbevelingen	17
Literatuur	18
Bijlagen	19

1 Inleiding

Realisatie van de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) is een belangrijk onderdeel van het nationale natuurbeleid. Door ontwikkeling van nieuwe natuur en bescherming van bestaande, moet in 2018 een netwerk van 750.000 ha aaneengesloten natuurgebieden ontstaan (RIVM, 2003). Ontwikkeling van nieuwe natuur gebeurt door aankoop of het afsluiten van beheersovereenkomsten met agrariërs en particulieren.

Veel van deze natuurgebieden worden beheerd door natuurbeschermingsorganisaties als Staatsbosbeheer, Vereniging Natuurmonumenten of Provinciale Landschappen. Daarnaast kunnen ook particulieren of particuliere organisaties natuur beheren. De overheid heeft daarvoor de subsidieregeling Programma Beheer in het leven geroepen. De verwachting is dat het areaal natuur- en beheersgebieden de komende jaren zal blijven toenemen. Natuurgebieden kunnen ingedeeld worden naar natuurdoeltypen terwijl het areaal onder Programma Beheer onder te verdelen valt naar verschillende beheersdoelstellingen. Van de 92 natuurdoeltypen die beschreven zijn hebben 13 betrekking op grasland en binnen Programma Beheer hebben de weidevogeldoelstelling en de botanische doelstellingen betrekking op grasland (Braker *et al.*, 2004). Deze beheersdoelstellingen of natuurdoeltypen leiden tot verschillende vormen van beheer maar houden vrijwel altijd in dat de gebieden één of meerdere keren per jaar gemaaid worden en dat het gemaaide gras wordt afgevoerd. Voor de beheerders is de afzet van dit gras een probleem dat, gezien het toenemende areaal natuur- en beheersgebied, naar verwachting in de toekomst zal toenemen.

Verschillende natuurbeschermingsorganisaties, waaronder It Fryske Gea en Staatbosbeheer kampen dus met een overschot aan gras uit natuur- en beheersgebieden of verwachten dat op korte termijn een overschot ontstaat. Uit de gebieden van Staatbosbeheer in Drenthe en Groningen komt jaarlijks tussen de 15.000 en 20.000 ton gras beschikbaar (Dam, 2004). De kosten voor het maaien en afvoeren van het gras komen voor rekening van de beherende organisatie. Bij voldoende voederwaarde is afzet, eventueel na kunstmatige droging, als veevoer naar veehouders of particulieren mogelijk. De voederwaarde van het natuurgras is echter vaak laag en wisselend en verslechterd naarmate het materiaal langer op het land ligt. Afzet als ruwvoer is daarom lang niet altijd mogelijk. Veel van het gras wordt daarom nu bij composteerders verwerkt, wat kosten met zich meebrengt. Er is daarom een groeiende behoefte aan alternatieve verwerkingsmethoden. Vergisting van het gras in combinatie met drijfmest zou er daarvan één kunnen zijn. Vergisting in Nederland wordt op dit moment nog niet op grote schaal toegepast maar op verschillende plaatsen wordt door veehouders de haalbaarheid van een installatie onderzocht. Vaak blijkt echter dat alleen de vergisting van mest onvoldoende rendement oplevert. Door organische producten toe te voegen aan de mest wordt de totale gasproductie hoger en is de installatie eerder rendabel. Toevoeging van gras aan een vergistingsinstallatie zou daarom een verhoogd rendement op kunnen leveren waardoor het gras een aantrekkelijk product wordt voor veehouders en daardoor een toegevoegde waarde krijgt. Voor particuliere natuurbeheerders zou hierdoor een belemmering voor uitbreiding van het areaal weggenomen kunnen worden. In Nederland zijn echter weinig of geen ervaringen met de vergisting van natuurgras.

Om een eerste indruk te krijgen van de meeropbrengst van gras, de technische uitvoerbaarheid en de consequenties voor de afzet van het eindproduct in verband met MINAS, is een pilot opgezet waarbij op beperkte schaal gras vergist wordt samen met mest. Deze pilot is uitgevoerd op Nij Bosma Zathe, Praktijkcentrum voor de noordelijke melkveehouderij en onderdeel van Praktijkonderzoek in opdracht van Staatsbosbeheer, It Fryske Gea en Ministerie van LNV.

Doelstelling

Doelstelling van de pilot is het bepalen van de biogasopbrengst van natuurgras, het opdoen van praktische ervaringen met de toevoeging van natuurgras in een vergister en het in kaart brengen van de gevolgen voor de afzet van het vergiste mengsel.

Activiteiten

Om bovenstaande doelstelling te realiseren worden de volgende activiteiten uitgevoerd.

1. Een korte literatuurscan waarin ervaring met vergisting van gras, de biogasopbrengst en de invloed van vergisting op kieming van onkruidzaden geïnventariseerd wordt;
2. Het vergisten van het gras in de installatie van Nij Bosma Zathe waarbij metingen aan gasopbrengst en – samenstelling worden verricht en de in- en uitgaande stromen geanalyseerd worden,
3. Inventarisatie van praktische ervaringen en invloed van huidige regelgeving op mogelijkheden voor vergisting van natuurgras.

2 Achtergronden

2.1 Achtergronden van vergisting

Vergisting is een proces waarbij organische stof door anaëroob werkende bacteriën wordt afgebroken. Daarbij wordt biogas gevormd, dat voor een groot deel (ca. 60%) bestaat uit methaan. De energie die door de afbraak van organische verbindingen vrijkomt wordt grotendeels opgeslagen in de vorm van dit methaan. De netto calorische waarde van methaan is 802 kJ/mol ofwel 35,8 MJ/Nm³ (Gasunie, 1980). Door dit biogas te gebruiken als brandstof voor een warmte krachtkoppeling (WKK) komt deze energie vrij en kan elektriciteit en warmte opgewerkt worden. Over alle opgewekte duurzame elektriciteit krijgt de producent MEP¹ subsidie. De opgewekte elektriciteit kan op eigen bedrijf gebruikt worden of verhandeld worden terwijl met de opgewekte warmte het vergistingsproces op temperatuur gehouden wordt. Als het restant aan warmte nuttig kan worden ingezet kunnen aardgas of andere fossiele brandstoffen uitgespaard worden.

Het proces van vergisting is op sterk vereenvoudigde manier weer te geven als:



De anaërobe omzetting van organische stof gebeurt echter in verschillende fasen met tussenproducten die in de volgende fase weer gebruikt worden. Elke fase heeft een eigen populatie micro-organismen met specifieke optimale omstandigheden. Er zijn globaal drie fasen te onderscheiden.

Hydrolyse. Tijdens de hydrolyse worden onoplosbare organische componenten (bv. eiwitten, vetten en koolhydraten) omgezet in kleinere oplosbare delen (w.o. aminozuren, lange vetzuurketens, suikers en glycerol). Deze eerste stap is bepalend voor de snelheid van het hele proces (de Mes *et al.*, 2003).

Zuurvorming. In de volgende stap worden de eindproducten van de hydrolyse omgezet in vluchtige vetzuren en alcohol en uiteindelijk in azijnzuur, waterstof en kooldioxide. In deze fase komt ook de organisch gebonden stikstof in opgeloste vorm vrij als ammonium.

Methaanvorming. In de laatste fase maken methaanvormende bacteriën uit waterstof, azijnzuur en kooldioxide het biogas, een mengsel van methaan en kooldioxide.

Bij de afbraak van organische stof en de vorming van methaan spelen een aantal factoren een rol die het proces of een deel daarvan kunnen beïnvloeden.

Temperatuur

Vergisting kan in verschillende temperatuurtrajecten plaatsvinden met elk een groep, aan deze temperatuur aangepaste bacteriën. Over het algemeen worden drie soorten temperatuurtrajecten onderscheiden. Bij *psychrofiële vergisting* (< 20°C), ook wel koude vergisting genoemd wordt het te vergisten mengsel niet verwarmd. Het is dus vergisting bij omgevingstemperatuur. Onder Nederlandse omstandigheden betekent dit dat de verblijftijd van het te vergisten mengsel lang moet zijn om een redelijke biogasopbrengst te bereiken. Het volume van de vergister neemt daardoor sterk toe. Deze manier van vergisten is onder Nederlandse omstandigheden vrijwel niet interessant. *Mesofiële vergisting* vindt plaats bij temperaturen tussen 20 en 40 °C. Het te vergisten mengsel wordt op temperatuur gebracht met een verwarmingssysteem gevuld met warm water. Dit warme water is over het algemeen afkomstig van de warmte geproduceerd door de gasmotor waarin het biogas verbrand wordt. Bij *thermofiële vergisting* ligt de temperatuur tussen de 40 en 60 °C. Ook hier wordt deze temperatuur bereikt door het te vergisten materiaal op te warmen met bv. koelwater van de gasmotor. Het voordeel van thermofiële vergisting ligt in de kortere verblijftijden en daardoor de kleinere en goedkopere installaties en het grotere effect van doding van pathogenen. Aan de andere kant is het mesofiële vergistingsproces stabielere waardoor de kans op verstoring van het proces minder is. Dit is van belang als de te vergiste stromen (mest en overige biomassa) wisselends qua samenstelling zijn en omdat bij toepassing van vergisting op boerderijschaal de arbeidsinzet laag moet blijven en de kennis van het proces beperkt is. Veranderingen in temperatuur hoeven niet direct te leiden tot verstoring van het proces. Binnen bepaalde marges kan de bacteriepopulatie zich aanpassen aan veranderende omstandigheden, mits deze niet plotseling plaatsvinden.

Zuurgraad (pH)

¹ MEP (Milieukwaliteit elektriciteitsproductie) is een regeling waarmee het onrendabele deel van de productie van duurzame elektriciteit (zon, water, wind en biomassa) gesubsidieerd wordt.

Vooraf de methaanvormende bacteriën hebben een kritisch optimaal gebied dat tussen pH 6,5 en 7,5 ligt. Daarbuiten wordt de methaanvorming geremd. Het is dus van belang dat de snelheid van de methaanvorming nauw afgestemd is op de snelheid van de zuurvorming of dat het gevormde zuur gebufferd kan worden om verandering van de pH, en daardoor remming van de methaanvorming, te voorkomen.

Verblijftijd

De verblijftijd van het substraat (ook wel digistaat genoemd) moet voldoende lang zijn om de methaanvorming op gang te brengen. De verblijftijd van de organische stof moet daarom minimaal 15 dagen zijn (de Mes *et al.*, 2003). Verblijftijd, volume van de vergister en aanbod van te vergisten materiaal zijn drie grootheden die bij het ontwerp van een vergistingsinstallatie goed op elkaar moeten worden afgestemd.

Organische stof is een overkoepelende term voor het koolstofbevattende deel van de droge stof. Binnen dat deel wordt dan ook weer verder onderscheid gemaakt. De afbreekbaarheid van de organische stof door microbiële activiteit kan echter sterk verschillen en daarmee de gasopbrengst per eenheid ingebracht materiaal. Suikers, vetten en eiwitten zijn snel beschikbaar voor afbraak terwijl cellulose een veel lagere afbraaksnelheid heeft. Lignine tenslotte wordt nauwelijks aangetast door microbiële leven en zal daarom ook geen bijdrage leveren aan de gasopbrengst. Er bestaan verschillende methoden om de afbreekbaarheid vast te stellen. Een daarvan is het meten van het biologische of chemische zuurstofverbruik (BZV en CZV) of ook wel in Engelstalige literatuur BOD en COD genoemd ('biological oxygen demand' of 'chemical oxygen demand'). Deze beoordeling zegt niets over de samenstelling van de organische stof maar alleen over de afbreekbaarheid van het geheel. Een andere methode is het bepalen van de verschillende onderdelen van de organische stof. Bij de beoordeling van diervoeders wordt vaak gebruik gemaakt van de indeling van organische stof in eiwitten, vetten, celstof en overige koolhydraten. Aansluitend bij deze indeling is de gasopbrengst en –samenstelling van het verteerbare deel van deze componenten bepaald (TopAgrar, 2003).

Tabel 1: Gasopbrengst en –samenstelling van het verteerbare deel van verschillende organische stoffracties.

Organisch stoffractie	Gas [m ³ /kg]	Aandeel CH ₄
Verteerbaar ruw eiwit (VRE)	0,70	71%
Verteerbaar ruw vet (VRVET)	1,25	66%
Verteerbare ruwe celstof (VRC)	0,79	50%
Verteerbare overige koolhydraten (VOK)	0,79	50%

Aan de hand van een gewasanalyse waarbij de aanwezigheid van de verschillende componenten en de bijbehorende verteerbaarheidsfactor bepaald wordt kan de te verwachten biogasproductie uitgerekend worden.

Dierlijke mest bevat van nature bacteriën die de organische stof, die na vertering in het maagdarm stelsel is overgebleven, afbreken. De meeste mest in Nederlands wordt geproduceerd als verpompbare drijfmest. In drijfmest heersen overwegend zuurstofloze omstandigheden waardoor het proces van biogasvorming al in de mestopslag op gang komt. Verder heeft mest een bufferende werking voor het zuur dat tijdens de vergisting als tussenproduct wordt geproduceerd. Deze drie eigenschappen (verpompbaar, bufferende werking en aanwezigheid van methaanvormende bacteriën) maken drijfmest een geschikt materiaal voor vergisting. Drijfmest heeft echter een relatief laag organische stofgehalte. De gasopbrengsten per kg product zijn daardoor relatief laag. Daarnaast is de in de mest aanwezige organische stof het restproduct van afbraakprocessen in het maagdarm stelsel waarbij de processen in de pens van herkauwers vergelijkbaar zijn met die in een vergister. Het relatief snel afbreekbare deel van de organische stof is daarmee al omgezet. Ook de gasopbrengsten per kg organische stof uit de mest zijn daardoor relatief laag. Hoewel mest dus goed als basismateriaal voor vergisting kan dienen is door organisch materiaal rechtstreeks aan de mest toe te voegen de gasopbrengst te verhogen zonder veel extra kosten te maken. Dit wordt over het algemeen co-vergisting genoemd. Natuurgras is één van de materialen die geschikt zouden kunnen zijn voor co-vergisting

2.2 Literatuuronderzoek

Om inzicht te krijgen in resultaten en ervaringen van vergisting van (natuur)gras is een beperkt literatuuronderzoek uitgevoerd dat zich voornamelijk gericht heeft op Duitstalige landen.

Graf (2001) geeft een overzicht van de kennis rond de vergisting van gras die in de afgelopen decennia is opgedaan bij praktijkinstallaties in Duitsland. Gras is daarbij vaak het enige materiaal dat vergist wordt, hooguit geënt met een relatief kleine hoeveelheid dierlijke mest om het vergistingsproces snel op gang te brengen.

Kenmerkend voor de samenstelling van gras in vergelijking met mest is het hogere gehalte aan, snel afbreekbare, koolhydraten. De eerste stap van de vergisting (de zuurvorming) gaat daardoor veel sneller. Tegelijk heeft gras een veel mindere bufferende werking voor het gevormde zuur dan mest waardoor de methaanvorming zwaarder belast wordt en eerder het risico bestaat dat dit proces verstoort raakt (Graf, 2001). Dit effect wordt minder naarmate het gras structuurrijker is, zoals gras uit natuurgebieden. Van twee projecten worden resultaten uitgebreid besproken: het project *Energiegras* en het project *Graskraft*.

Energiegras liep tussen 1993 en 1996 in Zwitserland. In het project is specifiek aandacht besteed aan de herkomst van het gras. Er is onderscheid gemaakt tussen intensief grasland en extensief grasland en ook werd de gasopbrengst van verschillende grassoorten bepaald. De gasopbrengsten en de afbraaksnelheid van het gras van extensief benutte weiden en de grassoorten, Thimothee, Kroppaar en Rietgras verschilden niet veel van elkaar (500-600 liter biogas per kg organische stof). De afbraaksnelheid en gasopbrengst van Vossestaart was duidelijk minder (420 liter biogas per kg organische stof). Gras van intensieve gebruikte percelen gaf een opbrengst van ongeveer 700 liter biogas per kg organische stof. Vossestaart en rietgras zijn soorten die niet in Nederlandse graslanden met een productiedoelstelling voorkomen maar wel in graslanden met een natuurdoelstelling. Kroppaar en Thimothee worden wel gevonden in productieweiden en kunnen ook aanwezig zijn in vegetaties van natuurgebieden.

De vergistingstemperatuur had praktisch geen invloed op de gasopbrengsten bij de vergisting van gras. Vergisting op 34 °C leverde een gasopbrengst van 570 liter biogas per kg organische stof terwijl bij vergisting op 55 °C een gasopbrengst van 600 liter biogas per kg organische stof gerealiseerd werd. De verblijftijd was bij beide temperaturen 45 dagen. Hogere temperaturen leiden wel tot een snellere afbraak van het materiaal waardoor de verblijftijd in de vergister naar beneden kan tot minimaal 15 dagen. Wanneer echter verblijftijden van 20-25 dagen aangehouden worden (zoals vaak in de praktijk bij mesofiele vergisting het geval is) heeft temperatuur geen invloed van betekenis meer. Ook het verkleinen van het gras of toepassing van verschillende conserveringsmethoden hebben (mits goed uitgevoerd) geen wezenlijke invloed op de gasopbrengsten.

In het Duitse Triesdorf is in 1995 een proefinstallatie van start gegaan onder de naam *Graskraft* waarin alleen gras werd vergist. Gemiddeld werd bij de vergisting van gras een gasopbrengst van 450-460 liter biogas per kg organische stof gemeten, met een methaangehalte van 65%. Het gras was afkomstig van braakliggende percelen en werd vers of als graskuil vergist. Onduidelijk is echter wat de bemestingstoestand van deze percelen was. Verschillen tussen vers gras en graskuil waren klein, 1-3% in het voordeel van het graskuil. De gasopbrengst liep terug bij een toenemende belasting van de vergister, uitgedrukt in kg droge stof per m³ vergisterinhoud per dag.

Een andere belangrijke bron van informatie is het onderzoek dat door Lemmer en Oechsner is uitgevoerd aan de Universiteit van Hohenheim (Lemmer en Oechsner, 2001). In onderzoek naar gasopbrengsten van gras van verschillende herkomst als co-vergistingsmateriaal bij mest, is ook gras uit natuurgebieden meegenomen. De reden daarvoor is vergelijkbaar met de Nederlandse situatie: een toenemend aanbod aan gras dat niet gebruik kan worden voor veevoeding.

Algemene aanbeveling uit het onderzoek is om het droge stofgehalte van het mengsel van gras en mest niet hoger dan 10-12% te laten stijgen en het mengsel steeds goed te homogeniseren. De gasopbrengsten van de verschillende grassen zijn duidelijk verschillend. Gasopbrengst van gras van intensief gebruikte percelen (4 snedes per jaar) bedroeg bij een verblijftijd van 25 dagen 410 liter methaan per kg organische stof. Gasopbrengst van gras van extensief benutte percelen (2 snedes per jaar, in de Nederlandse waarschijnlijk te omschrijven als percelen met een beheersdoelstelling) leverde 240 liter methaan per kg organische stof op, terwijl gras uit natuurgebieden slechts 110 liter methaan per kg organische stof opleverde. Die laatste waarde ligt lager dan de methaanopbrengst van rundermest die 180 liter per kg organische stof bedroeg. Verlenging van de verblijftijd tot 40 dagen leverde een verhoging van de gasopbrengst op van 12,5% voor gras uit natuurgebieden en van 9% voor gras van extensieve percelen.

Op basis van bovenstaande gegevens wordt in Top Agrar Fachbuch Biogas (TopAgrar, 2002) een berekening van kosten en opbrengsten gepresenteerd. Uitgegaan wordt van een melkveebedrijf met 100 grootvee eenheden (GVE). Dagelijks wordt gras met een drogestof gehalte van 35% aan de 5 m³ mest met 7% droge stof toegevoegd waardoor een mengsel van mest en gras met droge stofgehalte van 10% ontstaat. De WKK waarmee de elektriciteit wordt opgewekt draait 18 uur per dag en heeft een elektrisch rendement van 30%. De vergister heeft een volume van 250 m³ en de verblijftijd in de vergister is 40 dagen. Naast kosten voor de vergister worden kosten voor opslag van het gras en extra mestopslag gerekend. In de arbeidsbehoefte is ook de verbouw en oogst van het gras meegenomen. Arbeidsvergoeding bedroeg € 12,50

Tabel 2: Overzicht van kosten voor vergisting van gras uit natuurgebieden (Bron: TopAgrar, 2003)

		Gras intensief	Gras extensief	Natuurgras
Aantal dieren	GVE	100	100	100
Grasvoer (vers)	t/dag	0,6	0,8	0,8
Benodigd oppervlak	Ha	7,2	13,9	60,2
Opbrengst	t ds/ha	12,5	6,5	1,5
Methaanopbrengst	m ³ /kg os	0,41	0,24	0,10
WKK vermogen	kW _e	29	23	18
Jaarkosten vergister	€	11258	10383	9714
Jaarkosten grasopslag en extra mestopslag	€	1516	1526	357
Jaarkosten teelt, oogst en verwerking	€	2903	3172	14380
Methaanproductie	m ³ /jaar	57652	45366	35971
Elektriciteitsproductie	kWh/jaar	190251	149707	118703
Arbeidsbehoefte	Uur/jaar	452	492	844
Productiekosten electriciteit	€/kWh	0,10	0,13	0,27
Jaarlijks benodigde vergoeding	€/ha		301	333

In de berekening wordt geen rekening gehouden met de benutting van de warmte anders dan voor het op temperatuur houden van de vergister. Op melkveebedrijven is dit een reëel uitgangspunt.

Ten tijde van de berekening bedroeg de vergoeding voor groene stroom in Duitsland 10,2 eurocent per kWh.

Gras van intensieve percelen kan in dat geval kostenneutraal vergist worden. Voor gras van extensief beheerde percelen en natuurgras moet een vergoeding van respectievelijk € 301 en € 333 per hectare gegeven worden om het kostenneutraal te kunnen vergisten. Uitgangspunt is dat de veehouder het gras zelf maait en afvoert.

Wanneer in de Nederlandse situatie de kosten van het maaien en afvoeren van het gras uit natuurgebieden voor rekening van de natuurbeheerorganisaties komen ligt de arbeidsbehoefte voor de veehouder lager en kan daardoor de benodigde vergoeding ook lager zijn

Door Schrade *et al.* (2003) is de invloed van vergisting op de kiemkracht van zaden onderzocht. Vermindering van kiemkracht van zaden van probleemkruiden speelt vooral een rol bij co-vergisting van natuurgras. Door de aanvoer van natuurgras kunnen ook een groot aantal onkruidzaden op het bedrijf komen die later met de drijfmest op het bouw- of grasland terecht komen. In vakliteratuur wordt veelvuldig gesteld dat de kiemkracht van deze zaden afneemt door vergisting maar experimentele gegevens ontbreken vaak. Het onderzoek van Schrade *et al.* (2003) is uitgevoerd met zaden van Wintertarwe, Duist (*Alopecurus myosuroides*), Koolzaad, Tomaat, Melganzevoet (*Chenopodium Album*), Witte Krodde (*Thlaspi arvense*), Ridderzuring (*Rumex obtusifolius*) en Herik (*Sinapsis Arvensis*). De zaden werden in een vergister op laboratoriumschaal vergist op twee temperaturen (35-37 °C en 53-55°C) en bij 6 verschillende verblijftijden (1,2, 3, 7, 21, of 35 dagen). Voor elke behandeling werden 400 zaden per soort gebruikt. Na vergisting volgde een kiemtest waarbij geprobeerd werd de zaden gedurende 7 weken, met afwisselend 12 uur licht bij 30 °C en 12 uur donker bij 3 °C, tot kiemen te brengen. In deze kiemtest werd van elk soort ook een controle meegenomen van onbehandelde, niet vergiste, zaden. Al na een verblijftijd van 1 dag bij thermofiele vergisting kiemde geen van de onderzocht zaden meer. Bij mesofiele vergisting gedroegen de soorten zich verschillend. Voor Wintertarwe, Koolzaad, Duist en Herik was een verblijftijd van 1 dag voldoende de kiemkracht tot nul te reduceren. Na 7 dagen waren alle zaden van de Ridderzuring niet meer kiemkrachtig. Het hardnekkigste waren de Melganzevoet zaden. Na 3 dagen was de kiemkracht nog nauwelijks aangetast, pas na 21 dagen was de kiemkracht volledig verdwenen. Wel werd voor alle wel kiemende zaden een tragere kieming vastgesteld vergeleken met de onbehandelde zaden. Naast mechanische beschadiging, pH en de gedeeltelijke afbraak van zaden door bacteriën wordt in Schrade *et al.* (2003) vooral het temperatuurseffect in combinatie met verblijftijd verantwoordelijk gehouden voor de teruglopende kiemkracht. Bij een gemiddelde verblijftijd van 40 dagen in een volledig gemengde vergister wordt ook bij mesofiele vergisters de kiemkracht voldoende aangetast om grootschalige verspreiding van onkruidzaden door vergisting te voorkomen. Of dit een voldoende behandeling is zal echter afhangen van de acceptatiegrens ten aanzien van onkruidzaden bij de afnemers van het digistaat.

Een belangrijk probleemkruid in natuurgras is Jakobskruid (*Senecio Jacobaea ssp Jacobaea*).

Jakobskruid is zeer giftig voor zoogdieren en komt vooral voor op schrale gronden. De plant wordt vers vermeden maar is in het hooi niet meer herkenbaar. Het veroorzaakt ernstige leveraandoeningen. Kiemremming van de zaden van Jakobskruid is dus erg belangrijk. De verwachting is dat na vergisting ook het zaad van Jakobskruid niet meer zal kiemen.

Omdat gras in combinatie met mest vergist gaat worden zijn ook kengetallen over de gasopbrengst van runderdrijfmest van belang. In Van Lent en Van Dooren (2001) wordt een overzicht gegeven van de gasproducties uit drijfmest zoals die gevonden zijn in verschillende literatuurbronnen.

Tabel 3: Overzicht literatuurgegevens van gemiddelde biogas- en methaanproducties uit rundveemest

Kengetal	Eenheid
Specifieke methaanproductie	0,17 m ³ CH ₄ /kg OS
Specifieke biogasproductie	0,30 m ³ biogas/kg OS
Specifieke methaanproductie	13,2 m ³ CH ₄ /m ³ mest
Specifieke biogasproductie	20,5 m ³ biogas/m ³ mest
Methaangehalte	62 %

Tenslotte blijkt in Nederland de haalbaarheid van vergisting van gras eerder onderzocht te zijn. De Biomass Technology Group heeft voor het Ministerie van Defensie de haalbaarheid onderzocht van energieopwekking uit biomassa van defensie terreinen (BTG, 2001). In het rapport wordt geconcludeerd dat naast (snoei)hout, gras de meest perspectiefvolle stroom biomassa is voor energieopwekking. Voor de verwerking van gras wordt gekozen voor het co-vergisten met mest in een installatie van een veehouder op 50 km afstand. De berekening van de financiële haalbaarheid gaat uit van een aantal gegevens ten aanzien van investeringen, kosten voor mestafzet en vergoeding voor geleverde elektriciteit die inmiddels veranderd zijn. Hierdoor is de waarde van de berekening afgenomen. Van blijvende waarde zijn echter de aannames die betrekking hebben op de hoeveelheid energie die uit een bepaalde hoeveelheid gras gehaald kan worden. Uitgangpunt in het rapport is een droge stofgehalte van gras van 30%, een organische stofgehalte van 24%, een biogasopbrengst van 0,5 m³ per kg organische stof en een stookwaarde van 20 MJ/m³ biogas op basis van een methaangehalte in het biogas van 56%. Dat betekent dat per ton gras, 120 m³ biogas wordt geproduceerd waarmee met een gasmotor met een elektrisch rendement van 30%, 200 kWh kan worden opgewerkt. Daarnaast komt 367 kWh aan warmte vrij bij een thermisch rendement van de gasmotor van 55%. Geconcludeerd wordt dat, er vanuit gaande dat er op korte termijn alleen kleinschalige vergistingsinstallaties gerealiseerd zullen worden, energieopwekking uit gras door co-vergisting bij een varkenshouder een aantrekkelijke optie is. Daarbij is echter uitgegaan van een volledige benutting van de opgewekte warmte op het varkensbedrijf en is geen rekening gehouden met een vergoeding voor de arbeid en risico en een winstmarge voor de varkenshouder en maakkosten voor het Ministerie van Defensie. Verder is de uitkomst van de berekening sterk afhankelijk van de afzetkosten voor het vergiste mengsel.

3 Materiaal en Methodes

3.1 Beschrijving installatie Nij Bosma Zathe

De pilot is uitgevoerd op Praktijkcentrum Nij Bosma Zathe te Goutum. Nij Bosma Zathe is een melkveebedrijf op kleigrond. Op het bedrijf wordt ongeveer 130 stuks melkvee en bijbehorend jongvee gehouden. Daarnaast heeft Nij Bosma Zathe een mestvergistingsinstallatie. De installatie is van het type propstroom waarmee in het mesofiele temperatuurtraject mest wordt vergist. Daarnaast is het mogelijk om overige organische materialen aan de mest toe te voegen. Hiervoor is een voormengput voorzien van een mixer aanwezig. De vergister heeft een inhoud van 80 m³ zodat met een verblijftijd van 28 dagen per jaar ruim 1000 m³ vergist kan worden. Deze mest wordt wekelijks vanuit de melkveestal naar de voormengput gepompt en vandaar meerder keren per dag in kleine hoeveelheden naar de vergister. De vergister bestaat uit een horizontaal geplaatste tank waar de mest aan één kant ingepompt wordt en gedurende de verblijftijd naar de andere kant van de tank getransporteerd wordt, (zie Bijlage 2). In de tank bevindt zich een roerwerk dat voor verticale menging zorgt en zodoende bezinklagen voorkomt. Het roerwerk dient ook als warmtewisselaar om de mest op temperatuur te houden. Tijdens de tweede helft van de verblijftijd in de tank wordt het biogas gevormd. Dat gas wordt opgevangen in een gaszak boven de tank. Verder wordt 4 volume-% lucht aan het gas toegevoegd waardoor het erg corrosieve zwavelwaterstofgas (H₂S) dat in het biogas zit reageert tot zwavel (S₈) en neerslaat op de mest. In de gaszak koelt het gas af waardoor de waterdamp condenseert. Daarna wordt het dagelijks, gedurende circa 8 uur, verbrand in een warmte krachtkoppeling (WKK) met een elektrisch vermogen van 37 kW. Deze WKK is van het type Zündstrahl wat inhoudt dat naast het biogas ook een hoeveelheid diesel wordt mee verbrand. De warmte die onttrokken wordt aan het koelsysteem van de motor en de rookgassen wordt ten dele gebruikt om de geïsoleerde vergister op temperatuur te houden. De overige warmte wordt aangewend om het kantoorgebouw te verwarmen. Na verblijf in de vergister wordt de mest in een zogenaamde navergister gepompt waar het afkoelt tot omgevingstemperatuur en waar het nog ontwijkende biogas wordt opgevangen. Na afkoeling wordt de vergiste mest opgeslagen in een afgesloten kelder onder de voergang in de melkveestal. Daar blijft het totdat het in het groeiseizoen op de gebruikelijke wijze wordt toegediend op gras- of maisland.

Het toevoegen van het gras gaat als volgt in zijn werk: voordat het gras werd toegevoegd aan de voormengput wordt deze eerst volgepompt met runderdrijfmest uit de melkveestal. Het gras wordt daarna gewogen, de ronde balen worden in een voermengwagen losgesneden en uit elkaar gehaald en tenslotte in een wiers op het erf gelegd. Daarna wordt het gras gehakseld door een veldhakselaar. Het gehakseld gras wordt opgevangen in een voermengwagen en wordt van daaruit in de voormengput gebracht. Vervolgens wordt het geheel gemengd met de mixer in de voormengput. Gedurende de daaropvolgende dagen wordt 3 keer per dag een hoeveelheid mengsel uit de voormengput in de vergister gepompt. Voor het inpompen van het mengsel wordt de hele voormengput telkens weer gemixt om drijfslagen en daardoor verstoppingen te voorkomen. Het streven is om wekelijks, op een vaste dag, de voormengput met drijfmest en gras te vullen.

3.2 Metingen

Tijdens het vergistingsproces worden verschillende parameters gemeten. De hoeveelheid mest die in de vergister wordt gepompt wordt bijgehouden met een mestdoorstroommeter. Op drie punten in de tank wordt wekelijks een monster van de inhoud genomen waarvan de pH en het droge stofgehalte wordt bepaald. Met een gasdoorstroommeter wordt de hoeveelheid biogas die van de gaszak naar de motor stroomt gemeten. In het zelfde traject vind ook de meting van het methaangehalte in het biogas plaats. Daarnaast wordt wekelijks de concentratie CH₄, CO₂, NH₃ en H₂S gemeten met gasbuisjes. Hierbij dient de methaanmeting als controle. De hoeveelheid elektriciteit en warmte die wordt geproduceerd door de WKK wordt continue gemeten door middel van kWh en warmtemeters. In het motormanagementprogramma wordt verder het aantal draaiuren bijgehouden en het aandeel diesel dat wordt meeverbrand.

Naast deze metingen die standaard aan de mestvergistingsinstallatie worden verricht, zijn in het kader van deze pilot extra metingen gedaan. Voor het toevoegen van het gras en na het mixen van het mengsel is het volume in de voormengput bepaald door meting van het mestniveau in de put. Het gewicht van het toegevoegde gras is gemeten en er zijn monsters genomen van zowel de drijfmest als het natuurgras afzonderlijk als monster van het mengsel van drijfmest en natuurgras voor en na vergisting. Deze monsters zijn geanalyseerd door Agrarisch Laboratorium Noord-Nederland (ALNN) in Wergea. Analyse van drijfmest en het mengsel voor en na vergisting bestond uit bepaling van droge stofgehalte (DS), organische stofgehalte (OS), ruw asgehalte (RAS), ammonium stikstof (N-NH₃), nitraat stikstof (N-NO₃), organische stikstof (N-Org.), totale stikstof (N-Tot.) en fosfaat (P₂O₅).

Het natuurgras is geanalyseerd op DS, ruw eiwit (RE), ruwe celstof (RC), RAS, ammoniak fractie (NH₃), vet en N-Tot. Tenslotte is de arbeidsbehoefte voor het verwerken van het natuurgras voor toediening aan de voormengput bijgehouden.

Om de maximale hoeveelheid gras die aan de drijfmest kan worden toegevoegd te kunnen bepalen werd vooraf een schema opgesteld waarin begonnen werd met 0,5 ton gras (versgewicht) op 20 m³ drijfmest oplopend tot 5 ton gras (versgewicht) op dezelfde hoeveelheid mest. Uitgaande van te verwachten drogestofgehalten van mest (6%) en gras (80%) werd zo uiteindelijk een mengsel met een drogestofgehalte van 20% bereikt waarbij een kwart van het te vergisten mengsel uit natuurgras bestaat (Tabel 4).

Tabel 4: Geplande mengverhouding van drijfmest en natuurgras en resulterend drogestofgehalte van het mengsel

Week	Mest [m3]	Gras [ton]	DS mengsel [%]	Aandeel gras [w/w ²]
12	20	0,5	7,8%	2%
13	20	1	9,6%	5%
14	20	1,5	11,2%	7%
15	20	2	12,8%	10%
16	20	2,5	14,2%	12%
17	20	3	15,7%	15%
18	20	3,5	17,0%	17%
19	20	4	18,4%	20%
20	20	4,5	19,6%	22%
21	20	5	20,8%	25%

² w/w: op basis van gewicht

4 Resultaten en discussie

4.1 Algemeen

Tussen 17 maart en 7 mei is acht keer natuurgras aan de runderdrijfmest toegevoegd. Dit gras is geleverd door 'It Fryske Gea' en was afkomstig uit natuurgebied 'de Alde Feanen'. Daar is het in augustus 2003 gemaaid en in ronde balen geperst, opgeslagen en in december 2003 vervoerd naar Nij Bosma Zathe. Daar is het tenslotte droog opgeslagen. Voor het hakselen van het gras is loonbedrijf Westra uit Franeker ingeschakeld. Deze heeft met een veldhakselaar van het merk Claas, type Jaguar 340 met een vermogen van 380 pk en een hakselaar van New Holland type JX48 ingezet. Van de maximaal 24 messen waren er tijdens het hakselen van het gras 12 gemonteerd. Het hakselen van 1 baal koste slechts enkele minuten. Doordat een aantal balen in voorraad werden gehakseld was de hakselaar, inclusief reis- en wachttijd 2,5 uur per keer bezig. Gemiddeld werd per keer 2 ton natuurgras gehakseld. Het uurtarief van de hakselaar inclusief chauffeur bedroeg € 120,=. Daarnaast was de arbeidsinzet aan voorbereidende werkzaamheden van twee medewerkers van Nij Bosma Zathe, 2,5 uur per persoon per keer. Door omstandigheden (overige werkzaamheden op Nij Bosma Zathe en beschikbaarheid veldhakselaar) is een aantal keren van de vaste dag voor het mengen van de voormengput afgeweken.

4.2 Aangevoerd materiaal

In Tabel 5 is de hoeveelheid gras die aan de mest is toegevoegd weergegeven.

Tabel 5: Overzicht van de hoeveelheden gras en mest die zijn vergist.

Week	Datum	Natuurgras [kg]	Drijfmest [ton]	Aandeel gras [w/w]
12	17-3-2004	480	16,1	3,0%
13	24-3-2004	750	16,1	4,7%
14	31-3-2004	765	16,5	4,6%
15	8-4-2004	750	16,1	4,7%
16	17-4-2004	640	15,6	4,1%
17	22-4-2004	765	16,1	4,8%
18	29-4-2004	700	16,1	4,4%
19	7-5-2004	580	16,1	3,6%
	Totaal	5430	128,5	4,2%

Vergelijking met Tabel 4 leert dat bij lange na niet de geplande hoeveelheden gras aan de drijfmest zijn toegediend. Het gemiddelde gewichtspercentage natuurgras bedroeg niet meer dan 4,2% terwijl het volumepercentage slechts 17,2% was. Dat betekent dat op elke ton natuurgras, met een drogestofpercentage dat vergelijkbaar is met het materiaal dat op Nij Bosma Zathe is gebruikt, 25 ton drijfmest beschikbaar moet zijn. Deze lage verhouding had voornamelijk te maken met de verwerking van het materiaal. Van mest, gras en het mengsel van mest en gras voor en na vergisting is een monster genomen dat geanalyseerd is. In Tabel 6 en Tabel 7 zijn de resultaten van deze analyses weergegeven.

Tabel 6: Analyseresultaten mest en mengsel van gras en mest³ in g/kg product.

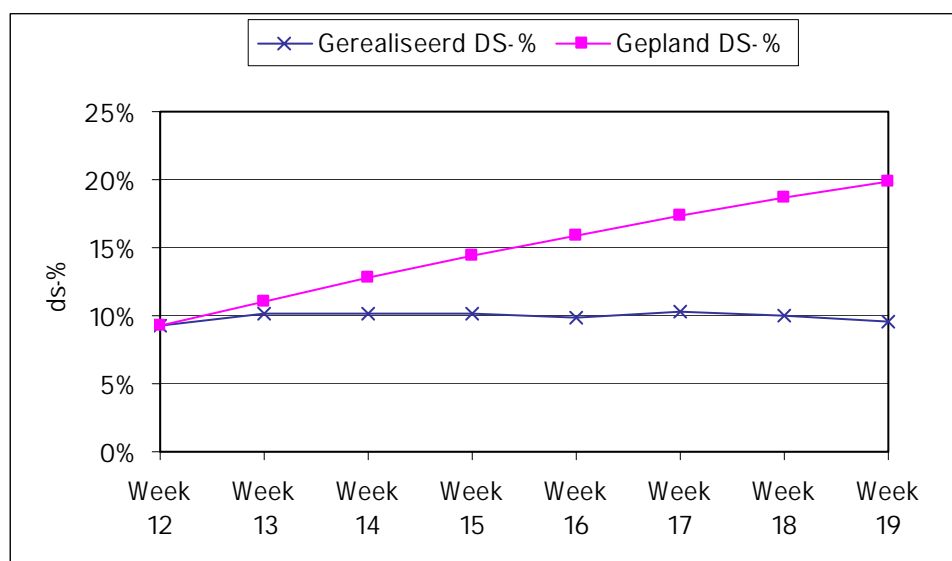
	DS	OS	RAS	N-NH ₃	N-NO ₃	N-Org.	N-Tot	P ₂ O ₅
Drijfmest week 12	73	56	17	1,6	0,05	1,8	3,4	1,4
Drijfmest week 19	75	58	17	1,7	0,05	1,7	3,5	1,3
<i>Gemiddelde drijfmest</i>	<i>74</i>	<i>57</i>	<i>17</i>	<i>1,7</i>	<i>0,05</i>	<i>1,8</i>	<i>3,5</i>	<i>1,4</i>
Mengsel voor vergisting week 12	86	69	17	1,6	<0,05	1,9	3,5	1,4
Mengsel voor vergisting week 19	87	69	18	1,8	<0,05	1,0	3,7	1,4
<i>Gemiddelde mengsel voor vergisting</i>	<i>87</i>	<i>65</i>	<i>18</i>	<i>1,7</i>	<i><0,05</i>	<i>1,5</i>	<i>3,6</i>	<i>1,4</i>
Mengsel na vergisting week 12	60	42	18	1,7	<0,05	1,9	3,6	1,6
Mengsel na vergisting week 19	36	23	13	1,8	<0,05	1,1	2,9	0,8
Mengsel na vergisting week 21	55	38	17	1,7	0,05	1,5	3,3	1,1
<i>Gemiddelde mengsel na vergisting⁴</i>	<i>46</i>	<i>31</i>	<i>15</i>	<i>1,8</i>	<i><0,05</i>	<i>1,3</i>	<i>3,1</i>	<i>1,0</i>

³ Uitgedrukt in kg per ton product

Tabel 7: Analyseresultaten natuurgras⁵ in g/kg product voor DS en g/kg droge stof voor overige.

	DS	RAS	OS	RE	RC	NH ₃	Vet	N-Tot	P
Natuurgras wk 12	678	55	623	73	371	2%	13,0	11,0	0,8
Natuurgras wk 19	727	82	645	93	347	1%	12,0	14,3	1,2
<i>Gemiddelde natuurgras</i>	<i>703</i>	<i>69</i>	<i>634</i>	<i>83</i>	<i>359</i>	<i>1,5%</i>	<i>12,5</i>	<i>12,7</i>	<i>1,0</i>

Hoewel er een verschuiving van organische naar minerale stikstof kan plaatsvinden verandert de totale hoeveelheid stikstof niet of nauwelijks door vergisting. De afname van N-totaal tijdens vergisting is daarom wijten aan meetonnauwkeurigheid. Vooral voor vergisting is het mengsel wel goed gemengd maar niet homogeen. Combinatie van gegevens uit Tabel 5, Tabel 6 en Tabel 7 geeft een overzicht van de toevoer van drogestof en organische stof aan de vergister (Tabel 8) en het verloop van het drogestofgehalte in het te vergisten mengsel (Figuur 1).

**Figuur 1:** Overzicht van de geplande en gerealiseerde drogestofgehalte van het ingaande mengsel.

Al snel na begin van de pilot bleek dat de geplande mengverhouding niet haalbaar was. Een drogestofgehalte van het mengsel van 10% bleek het maximaal haalbare. De verwachting was dat zich bij hogere drogestofgehalten verstoppingen zouden gaan voordoen en dat het steeds moeilijker zou worden om het gras en de drijfmest goed gemengd te houden.

Tabel 8: Totale toevoer en specifieke toevoer per dag per m³ vergisterinhoud van droge en organische stof uit gras en mengsel van gras en drijfmest

Week	Datum	Droge stof		Organische stof			Beladingsgraad [kg OS*m ⁻³ *dag ⁻¹]
		Natuurgras [kg]	Mengsel [kg]	Natuurgras [kg]	Mengsel voor vergisting [kg]	Mengsel na vergisting [kg]	
12	17-3-2004	337	1527	304	1221	505	2,2
13	24-3-2004	527	1717	476	1392	513	2,5
14	31-3-2004	537	1757	485	1424	526	2,5
15	8-4-2004	527	1717	476	1392	513	2,2
16	17-4-2004	450	1602	406	1294	495	1,8
17	22-4-2004	537	1727	485	1402	514	3,5
18	29-4-2004	492	1682	444	1360	512	2,4
19	7-5-2004	407	1597	368	1284	508	2,0
Gemiddelde		477	1666	430	1346	511	2,4

⁴ In de gemiddelde waarde van het vergiste mengsel zijn alleen de waarden van week 19 en 21 meegenomen.

⁵ Droge stof uitgedrukt in kg per ton product, NH₃-fractie in %, OS berekend op basis van DS en RAS, overige resultaten in gram per kilogram droge stof.

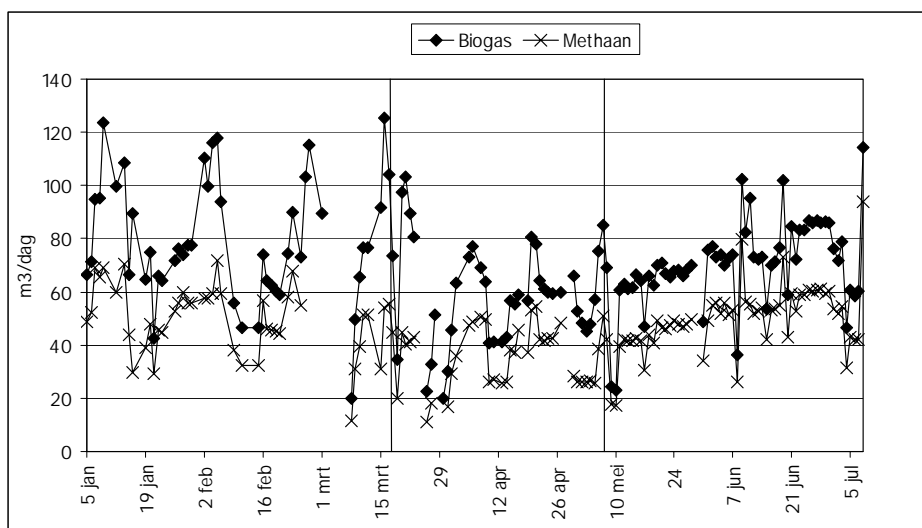
Uit Figuur 1, Tabel 5 en Tabel 8 blijkt dat de invoer van natuurgras, zowel uitgedrukt in versgewicht als per kg droge en organische stof, vrij constant is geweest gedurende de pilot. Hoewel in een oplopende hoeveelheid natuurgras voorzien was heeft een constante hoeveelheid als voordeel dat de gasopbrengst per kg natuurgras nauwkeuriger te berekenen is.

Om de toevoer van organische stof tussen verschillende vergisters vergelijkbaar te maken wordt vaak gerekend met een beladingsgraad. Dit is de specifieke toevoer van materiaal uitgedrukt in kg organische stof per dag per m³ inhoud van de vergister. De gemiddelde specifieke toevoer van organische stof aan de vergister bedroeg 2,4 kg per m³ vergister inhoud per dag. Dat is een goede waarde gezien het niveau waar in de praktijk naar wordt gestreefd nl. minimaal 2,5 kg organische stof per m³ vergister inhoud per dag. De voeding van de vergister was daarmee dus voldoende groot. Wel blijkt dat nog niet de helft van de invoer aan organische stof wordt bijgedragen door het natuurgras.

De gemiddelde waarden van het vergiste mengsel zijn berekend op basis van de gegevens van de monsters uit week 19 en 21 (zie Tabel 6). De gegevens van week 12 zijn niet meegenomen omdat het vergiste mengsel toen nog geen natuurgras bevatte maar bestond uit mest en maïs die voor het begin van de pilot is toegevoegd. Op basis van deze gemiddelde waarden blijkt dat 835 kg (62%) van de organische stof die wordt aangevoerd is afgebroken tijdens vergisting. Uit de analyseresultaten is niet af te lezen welk deel van de afbraak voor rekening komt van natuurgras en welk deel voor de runderdrijfmest.

4.3 Gasproductie

In Figuur 2 is de biogas en methaanproductie vanaf 1 januari 2004 tot en met 7 juli 2004 weergegeven. De twee verticale lijnen geven het begin- en eindpunt van de natuurgraspilot aan. Daarvoor en daarna werd wekelijks een mengsel van drijfmest en ingekuilde snijmaïs toegevoegd aan de vergister. Het is waarschijnlijk dat snijmaïs een hogere gasopbrengst levert dan natuurgras. De voederwaarde voor herkauwers van maïs is immers ook hoger dan de voederwaarde die verwacht mag worden van natuurgras. De gemiddelde biogas- en methaanopbrengst voor en tijdens de pilot die in Tabel 9 worden weergegeven zijn daarmee volgens verwachting. Maar hoewel de gasproductie plaatsvindt in het laatste deel van de vergister en er dus in de eerste 14 dagen na aanvang van de pilot eigenlijk nog geen effect op de gasproductie te verwachten zou moeten zijn, daalt de biogas- en methaanproductie toch vrijwel direct na de start van de pilot. Mogelijk heeft dit ook te maken met de storing die op 24 en 25 maart plaats heeft gevonden waardoor geen gasproductie is gemeten. Wel blijft de gasproductie zoals verwacht ook na het beëindigen van de toevoer van gras op het zelfde, lagere niveau. Vanaf 31 mei is al het natuurgras uit de vergister verdwenen en neemt de gasproductie weer langzaam toe. De methaanproductie volgt in grote lijnen de gasproductie maar op een lager niveau.

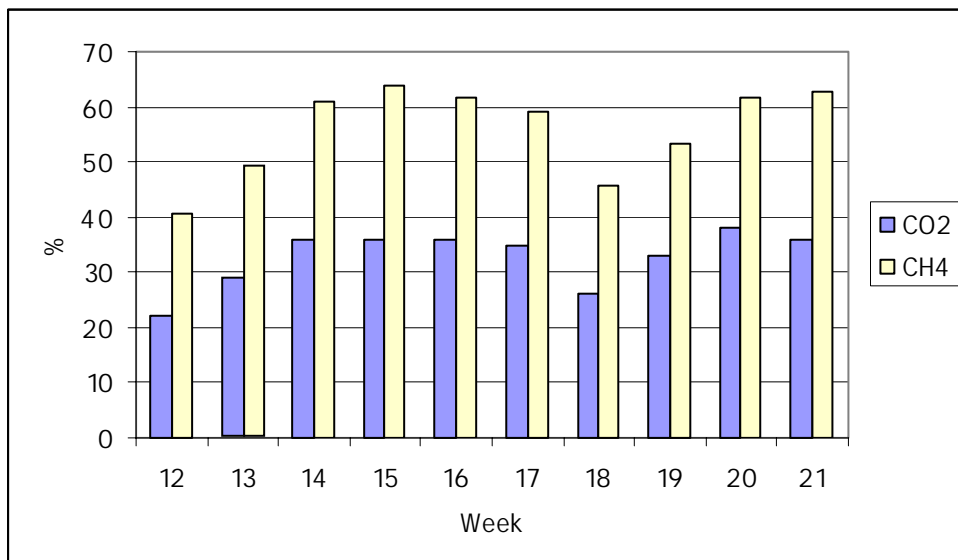


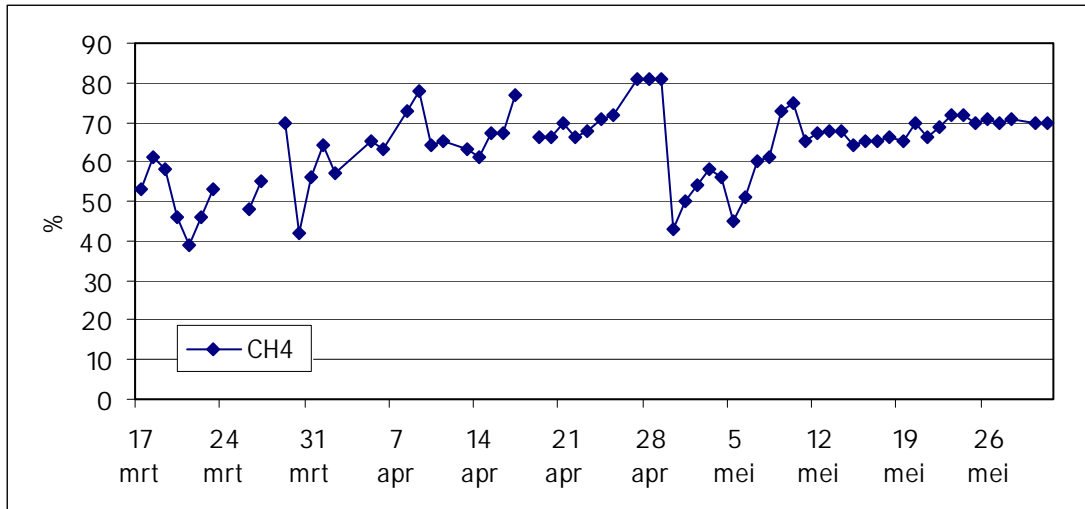
Figuur 2: Overzicht van biogas- en methaanproductie in m³/dag tussen 1 januari en 7 juli 2004.

Tabel 9: Gemiddelde gasproductie en standaarddeviatie (m³/dag).

Periode	Materiaal	Biogas		Methaan	
		Gemiddelde	SD	Gemiddelde	SD
1/1/2004 - 16/3/2004	Drijfmest en snijmais	79,2	23,3	45,5	19,0
17/3/2004 - 31/5/2004	Drijfmest en natuurgras	60,3	18,1	37,1	12,6

In Figuur 3 wordt een overzicht gegeven van het gehalte methaan en kooldioxide zoals dat gedurende de pilot periode wekelijks is gemeten met gasbuisjes. Het gemiddelde methaangehalte bedroeg in die periode 57% (8%) en het gemiddelde kooldioxidegehalte was 33% (5%)⁶. Het methaangehalte zoals dat continue gemeten is in de gasleiding is weergegeven in Figuur 4. Het gemiddelde van die waarnemingen bedroeg 63,6% (9,6%)³. Dit verschil was niet het gevolg van een aantal uitschieters die het gemiddelde beïnvloeden maar was structureel. Een sluitende verklaring ervoor is niet te geven. Het verschil was aanleiding om na het beëindigen van de pilot de locatie van de methaanmeter in de gasleiding te veranderen. Mogelijk dat de meter te dicht bij een bocht in de leiding was geplaatst waardoor als gevolg van turbulenties de methaanmetingen verstoort zijn. Hoewel de gemiddelde waarden dus verschillen is het verloop van de methaanconcentratie wel vergelijkbaar. In beide grafieken is een daling van het methaangehalte te zien vlak na 28 april 2004 (week 18). Een duidelijke verklaring voor deze daling in het methaan- en kooldioxidegehalte is niet te geven. De meest waarschijnlijke verklaring is dat de daling het gevolg is van een variatie in de graskwaliteit.

**Figuur 3:** Overzicht van kooldioxide- en methaangehalte in biogas (waarden in week 13 zijn schattingen) wekelijks gemeten met gasbuisjes.⁶ Standaarddeviatie tussen haakjes



Figuur 4: Verloop methaangehalte gemeten in biogas tijdens pilot, dagelijks gemeten in gasleiding.

Op basis van de gemiddelde gas- en methaanproductie en de aanvoer van organische stof per dag is de gemiddelde gasproductie per kg organische stof uit te rekenen (Tabel 10).

Tabel 10: Samenvattende kengetallen rond de vergisting van natuurgras in combinatie met runderdrijfmest

Kengetal	Eenheid
Aanvoer mengsel	19,31 m ³
Aanvoer mengsel per dag	2,72 m ³ /dag
Aanvoer OS	1346 kg
Aanvoer OS per dag	190 kg/dag
Gasproductie per dag	60,3 m ³ /dag
Methaanproductie per dag	37,1 m ³ /dag
Specifieke methaanproductie	13,6 m ³ CH ₄ /m ³ mengsel
Specifieke biogasproductie	22,1 m ³ biogas/m ³ mengsel
Specifieke methaanproductie	0,20 m ³ CH ₄ /kg OS
Specifieke biogasproductie	0,32 m ³ biogas/kg OS

Met het geproduceerde biogas is gemiddeld 109 kWh per dag aan elektriciteit opgewekt. Dit getal is vastgelegd door de WKK en gecorrigeerd voor het aandeel diesel die mee verbrand wordt in de Zündstrahl motor. Een berekening gebaseerd op de geproduceerde hoeveelheid methaan per dag (37,1 m³), de verbrandingswaarde daarvan (35,8 MJ/m³) en een elektrisch rendement van de WKK van 30%, komt uit op 111 kWh per dag.

4.4 Toegevoegde waarde van natuurgras

De toegevoegde waarde van natuurgras voor vergisting ten opzicht van drijfmest blijkt uit de vergelijking van Tabel 3 en Tabel 10. Door de toevoeging van natuurgras wordt 0,03 m³ methaan per kg organische stof of 0,04 m³ methaan per m³ mengsel extra geproduceerd. Van het totale mengsel was gemiddeld 32% van de organische stof afkomstig van natuurgras (60,4 kg organische stof uit natuurgras tegenover 129,4 kg uit drijfmest). Wanneer uitgegaan wordt van een methaanproductie uit runder drijfmest van 0,17 m³/kg organische stof, is 22,0 m³ van de 37,1 m³ methaan die per dag geproduceerd wordt, afkomstig van mest en derhalve 15,1 m³ methaan uit natuurgras. Dat betekent 0,25 m³ (250 liter) methaan per kg organische stof uit natuurgras. Bij een gemiddeld organische stofgehalte van 63,4% is dat meer dan door Lemmer en Oechsner (2001) is gemeten. Zij kwamen op een specifieke opbrengst van 110 liter methaan per kg organische stof. Eén van de verklaringen hiervoor kan de samenstelling van het gras zijn. Gras van een bodem met een hogere bemestingstoestand levert meer gas op dan van een schrale grond. Het natuurgras uit 'De Alde Feanen' dat gebruikt is in deze pilot zou dan van grond met een hoger bemestingsniveau afkomstig moeten zijn. Bekend is dat zich op veengrond, ondanks het nalaten van stikstofbemesting, hoge stikstofniveau's kunnen voordoen door nalevering van stikstof uit het veen. Mogelijk is dit het geval, bodemanalyses zouden hier uitkomst over kunnen geven.

Op basis van de gegevens in Tabel 1 en de samenstelling van natuurgras uit Tabel 7 is de theoretische gasproductie te berekenen. In de handleiding voederwaardeberekening ruwvoerders van het Centraal Veevoederbureau (CVB, 2001) is gezocht naar passende verteringscoëfficiënten van de verschillende componenten. In de handleiding zijn echter geen gegevens opgenomen over natuurgras zodat ook geen verteringscoëfficiënten bekend zijn. Daarom is gekozen voor de verteringscoëfficiënten van graszaadstro omdat de gehalten van RE, RVet en RC zoals die gevonden zijn in natuurgras in de buurt liggen van die van graszaadstro. Op basis van deze gehalten in het natuurgras en de verteringscoëfficiënten van deze componenten voor graszaadstro zou een gasproductie van natuurgras te verwachten zijn zoals die in Tabel 11 is weergegeven.

De methaanopbrengst van 217 liter per kg organische stof ligt in de buurt van de waarde van 250 liter die hierboven berekend is op basis van de gemeten methaanproductie van het mengsel van drijfmest en natuurgras. Op basis de gemeten waarde van 0,25 m³/kg OS en gegevens over organische en droge stofgehalte uit Tabel 7, de verbrandingswaarde van methaan (35,8 MJ/m³) en het elektrisch rendement van de WKK (30%) is de hoeveelheid elektriciteit te berekenen die wordt opgewekt. De geldelijke waarde van deze elektriciteit is afhankelijk van het tijdstip van opwekking en de manier waarop deze elektriciteit wordt ingezet. De MEP-vergoedingen spelen daarin een belangrijke rol (Tabel 12) naast de kosten voor aankoop van elektriciteit.

De MEP-vergoeding wordt gegeven op alle geproduceerde elektriciteit, ook wanneer die zelf gebruikt wordt. Gebruik van met vergisting opgewekte elektriciteit tijdens piekuren (7:00-23:00) heeft daarom een waarde van € 0,2235 per kWh en gebruik tijdens daluren (23:00-7:00) een waarde van € 0,1735 per kWh. Wanneer de elektriciteit aan het net geleverd wordt is de vergoeding totale vergoeding € 0,1200 per kWh. Op basis van deze vergoedingen is in Tabel 13 een overzicht gegeven van de opbrengsten van natuurgras per ton droge stof. Ter vergelijking zijn ook de opbrengsten van snijmaïs weergegeven uitgaande van een opbrengst van 0,40 m³ methaan per kg organische stof en een droge en organische stofgehalte van respectievelijk 33% en 32%.

Tabel 11: Berekening van gasopbrengst in liter per kg DS en OS op basis van samenstelling en natuurgras en de verteringscoëfficiënten van graszaadstro.

	Ruw Eiwit	Ruw vet	Ruwe celstof	Overige koolhydraten
Aangegeven voederwaarde [g/kg DS]	83	12,5	356	437
Verteringscoëfficiënt	36%	65%	58%	54%
Fractie beschikbare DS [g/kg DS]	29,88	8,13	206,48	235,98
Specifieke gasopbrengst [l/gr]	0,70	1,25	0,79	0,79
Specifieke methaangehalte	71%	66%	50%	50%
Gasopbrengst l/kg DS]	20,92	10,16	163,12	186,40
Methaanopbrengst [l/kg DS]	14,85	6,70	81,56	93,21
Gasopbrengst l/kg DS]			380,62	
Methaanopbrengst [l/kg DS]			196,33	
Gasopbrengst l/kg OS]			422,04	
Methaanopbrengst [l/kg OS]			217,69	

Tabel 12: Tarieven voor opwekking, aankoop en teruglevering van elektriciteit

	Tarief [€/kWh]
MEP-vergoeding	0,097
Piekuren (7:00-23:00)	0,1265
Dal (23:00-7:00)	0,0765
Vergoeding Elektriciteitsbedrijven	0,023

Tabel 13: Opbrengsten aan elektriciteit van natuurgras en maïs in euro per ton droge stof

	Natuurgras	Snijmaïs
Terugleveren	€ 81	€ 139
Eigen gebruik tijdens piekuren	€ 150	€ 259
Eigen gebruik tijdens daluren	€ 117	€ 201
Gewogen gemiddelde piek/dal	€ 134	€ 231

Met deze inkomsten moeten de kosten vergoed worden van het extra elektriciteitsverbruik van de vergistingsinstallatie bij toepassing van natuurgras en de kosten voor het geschikt maken van het gras voor vergisting. Het gemiddelde eigen elektriciteitsverbruik van de installatie lag tijdens de pilot 2,4 kWh per dag hoger dan in de periode voorafgaand aan de pilot. Verwerking van een ton materiaal kost ongeveer twee dagen waardoor per ton droge stof 6,8 kWh aan elektriciteit extra verbruikt wordt. De kosten daarvoor zijn relatief laag, nog geen euro per ton droge stof.

Het geschikt maken van het gras voor vergisting is tijdens de pilot gebeurd door het gras te hakselen. Uitgaande van 1,5 uur reistijd, 0,5 uur/ton bewerkingstijd en een uurtarief €120 voor de loonwerker en 2,5 uur/ton voorbereidingstijd voor een uurtarief van €20 voor een veehouder, komen de bewerkingskosten op €200 per ton bij 2 ton materiaal en lopen terug tot € 120 per ton wanneer 20 ton in één keer wordt verwerkt.

4.5 Ervaringen Nij Bosma Zathe

Tijdens de pilot hebben de medewerkers van Nij Bosma Zathe een aantal praktische ervaringen opgedaan met de verwerking van het natuurgras. Tijdens de pilot bleek het noodzakelijk om de mixer in de voormengput vaker en langer te laten draaien dan bij de vergisting van alleen drijfmest of een mengsel van drijfmest en snijmais. Het mengsel van drijfmest en natuurgras had de neiging om snel te ontmengen waardoor een drijfslag van gras ontstond. Verder is tijdens de pilot een nieuwe pomp geïnstalleerd die het te vergisten mengsel in de vergister pompt. Dit was niet naar aanleiding van de pilot maar de nieuwe, versnijdende pomp met een groter vermogen bleek beter te functioneren dan de oude pomp.

Gezien de ervaringen op Nij Bosma Zathe bij een ds-gehalte van het mengsel van gras en mest van 10% lijkt het verstandig om niet met gras met een grovere structuur te gaan vergisten. Verkleining door hakselen kan ook de beschikbaarheid van de afbreekbare organische stof in het gras vergroten.

4.6 Relatie met mestwetgeving en overige aspecten

Afgelopen voorjaar heeft de overheid het nieuwe mestbeleid vanaf 2006 gepresenteerd. Tot die tijd is het huidige MINAS systeem van toepassingen. Of de aanvoer van natuurgras financiële consequenties heeft hangt af van de MINAS balans vóór de aanvoer van het gras. In het meest ongunstigste geval zal voor elke kilogram aangevoerde stikstof een heffing betaald moeten worden. Deze bedraagt € 2,27 per kg N. Het stikstofgehalte in natuurgras is 8,89 kg N per ton bij een droge stofgehalte van 70,3% oftewel 12,65 kg N per ton droge stof. In dat geval moet dan €28,71 per ton droge stof natuurgras aan MINAS-heffing betaald worden.

In het nieuwe mestbeleid vervalt het MINAS-systeem en gaat een maximum gelden voor de stikstofgift per hectare uit dierlijke mest. Wanneer minimaal 70% uit grasland bestaat zal die norm waarschijnlijk 250 kg N per hectare worden. Aan de hand van forfaitaire waarden voor de uitstoot van stikstof per dier kan de maximale intensiteit uitgedrukt in dieren per hectare uitgerekend worden. Deze forfaitaire normen zullen waarschijnlijk 110 kg N per melkkoe per jaar zijn en voor pinken en kalveren een lagere waarde. Hoe is 2006 wordt omgegaan met co-vergisting in het algemeen en natuurgras in het bijzonder is nog onbekend.

Volgens de Meststoffenwet uit 1947 mogen meststoffen alleen maar vervoerd en verhandeld worden als ze voorkomen op de lijst met meststoffen die is vastgelegd in de meststoffenbeschikking van 1977 óf wanneer een ontheffing verleend is door de minister van LNV. Een vergist mengsel van drijfmest en co-vergistingsproducten staat niet op deze lijst met meststoffen en mag dus niet zonder ontheffing verhandeld of over de openbare weg vervoerd worden. Dit geldt daardoor ook voor het vergiste mengsel van drijfmest en natuurgras. Het aanvragen van een ontheffing is een dure en tijdrovende zaak. Deze situatie vormde een grote belemmering voor de introductie van mestvergisting. De minister van LNV heeft daarom afgelopen juni de meststoffenbeschikking uit 1977 zodanig aangepast dat ook een vergist mengsel van drijfmest en één van de genoemde producten⁷ vervoerd en verhandeld mag worden. Natuurgras wordt niet letterlijk genoemd in deze lijst maar valt in ingekuilde vorm onder 'kuilgras'. De status van tot hooi verwerkt gras zoals in deze pilot het geval was is onduidelijk. Het is hierdoor niet helemaal zeker dat het vergiste mengsel van drijfmest en natuurgras te vervoeren en te verhandelen is. Overigens is het voor veehouders die geen mest hoeven af te zetten en hun mest niet hoeven te vervoeren over de openbare weg nu al mogelijk om co-vergisting toe te passen. Voor deze groep veehouders gelden bovengenoemde opmerkingen dus niet.

⁷ De volgende producten worden genoemd: Gerst, Haver, Rogge, Tarwe, Weidegras, kuilgras, snijmais, kuilmais/maissilage, Corn Cob Mix (CCM), voederbieten, aardappelen, (suiker)bieten, bietenstaartjes of –puntjes, witlofpennen, erwten, lupinen, veldbonen, energiemais (5 meter hoog), koolzaad, zonnebloempitten, olievlas, vezelvlas of groente en fruit.

De beschikbaarheid van natuurgras is niet constant over het jaar heen. In de maanden juni en september komt het meeste gras beschikbaar. Opslag is dus noodzakelijk. Wanneer het gras in de vorm van hooi wordt aangevoerd is een overdekte opslag voldoende. Een andere mogelijkheid is het gras minder lang te laten drogen op het veld en het daarop in te kuilen en als silage aan de vergister toe te voegen. Dit vraagt echter een betere organisatie door de tereinbeheerder, kennis van zaken wat betreft het inkuilen een plek waar dat kan gebeuren. Verder moet het materiaal wanneer het in een later stadium verkocht wordt aan een veehouder uitgehaald en opnieuw ingekuild worden. Voor de benodigde hoeveelheid opslag en de investeringen en jaarkosten daarvan kan uitgegaan worden van de gegevens over weidegras in de KWIN-Veehouderij en het handboek melkveehouderij, beiden uitgaven van het Praktijkonderzoek.

Voor transport van het gras per vrachtwagen moet een bedrag van 4 - 11 eurocent per ton gras per kilometer worden gerekend op basis van een combinatie die 25 ton kan vervoeren.

Uitgaande van een mengverhouding van 1 deel natuurgras op 25 delen runderdrijfmest is, bij de eerdergenoemde 'productie' van 15.000 tot 20.000 ton natuurgras, voor de verwerking van al dit gras via mestvergisting 375.000 tot 500.000 ton runderdrijfmest nodig. Dat betekent dat voor de verwerking van dit gras tussen de 230 en 320 melkveebedrijven nodig zijn die hun gemiddeld 70 aanwezige melkkoeien en bijbehorend jongvee jaarrond op stal houden, waarbij is uitgegaan van een gemiddelde mestproductie van 60 liter per dier per dag. In Tabel 14 is een overzicht gegeven van het aantal bedrijven met melk- en kalfkoeien in de drie noordelijke provincies. Op basis van deze gegevens lijkt in Drenthe voldoende mest beschikbaar te zijn voor vergisting van het vrijkomende gras. Overigens zegt dit nog niets over de economische haalbaarheid van vergisting op deze bedrijven.

Tabel 14: Aantal bedrijven met melk- en kalfkoeien per regio en categorie in 2003 (Bron: CBS, 2004)

	Totaal	1-30	30-70	70 of meer
Groningen	1199	165	487	547
Friesland	3540	295	1448	1797
Drenthe	1403	182	671	550

Wanneer wordt uitgegaan van een droge stofopbrengst van 1500 kg per ha moet elk bedrijf het gras van ongeveer 15 hectare natuurgebied verwerken. Ondanks de ruime marge die door de onnauwkeurigheid van de berekening aangenomen moet worden lijkt dit een haalbare hoeveelheid.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Uit de hierboven beschreven pilot kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- De maximale massaverhouding tussen natuurgras en runderdrijfmest was gemiddeld 1:25
- Het maximaal haalbare drogestofgehalte van het mengsel van natuurgras en runderdrijfmest was 10%.
- De zogenaamde beladingsgraad was tijdens de pilot 2,4 kg organische stof per dag per m³ vergisterinhoud.
- De methaan- en biogasopbrengst per kg ingevoerde organische stof van het mengsel van gras en mest bedroeg respectievelijk 0,20 en 0,32 m³.
- Omgerekend bedroeg de specifieke methaanopbrengst van natuurgras 0,25 m³ per kg OS.
- De toegevoegde waarden door vergisting van natuurgras bedroeg tussen € 81 en € 150 per ton droge stof. Dit is exclusief extra elektriciteitsverbruik en de te maken kosten voor de verkleining en verwerking van het gras. Uitgangspunt was dat de overtollige warmte niet nuttig ingezet kan worden.
- Kosten voor verkleining van het gras worden ingeschat op minimaal € 200 per ton bij 2 ton en lopen terug tot € 120 per ton bij de verwerking van 20 ton ineens.
- Voor de verwerking van al het natuurgras dat jaarlijks in gebieden van Staatsbosbeheer in de provincies Drenthe en Groningen geproduceerd wordt zijn tussen de 230 en 320 melkveebedrijven nodig.
- Gezien de opzet deze pilot zijn de berekeningen die gemaakt zijn op basis van de uitkomsten indicatief van aard.

5.2 Aanbevelingen

- Door de aard van de pilot hebben de berekeningen een indicatief karakter. Voordat eventuele besluitvorming over grootschalige toepassing van vergisting van natuurgras plaatsvindt is verdere detaillering aan te bevelen.
- Uitgangspunt bij de berekeningen in dit rapport is de werkwijze zoals die gevolgd is tijdens de pilot. Het traject van maaien, drogen, transporteren en opslaan van het gras is echter efficiënter in te richten. Bij het op grotere schaal toepassen van vergisting van natuurgras dalen daardoor de kosten van transport en verwerking. De locatie van de vergistingsinstallatie kan daarbij ook een rol spelen. Wellicht is het voordeliger de een grotere installatie dichtbij het natuurgebied te bouwen dan meerder installatie op melkveebedrijven. Afwegingen daarbij kunnen zijn: transportkosten van gras en mest, afzetmogelijkheden van de warmte. Voordat besloten wordt tot grootschalige vergisting van natuurgras wordt een verder studie hierna aanbevolen.
- Naast een economische afweging kunnen ook milieuafwegingen een rol spelen bij de beslissingen rond de vergisting van natuurgras. In deze pilot is daar geen aandacht aan besteed. Een energie- en CO₂-balans en een overzicht van overige emissie naar lucht, grond of water kunnen onderdeel uitmaken van de uiteindelijke overweging evenals een vergelijking met alternatieve verwerkingsmethoden voor natuurgras.

Literatuur

Braker, M., G. Remmelink, H. Valk, D. Durksz, M. Plomp, H. van der Mheen, 2004, Inpassing van gras uit natuurbeheer in rantsoenen van melkvee, Praktijkonderzoek Animal Sciences Group, Lelystad, In voorbereiding.

BTG, 2001, Haalbaarheid biomassa van defensierterreinen voor duurzame energie, Enschede, 52 p.

CBS, 2004, Statline, www.cbs.nl

CVB, 2001, Handleiding voor voederwaardeberekening ruwvoerders, Centraal Veevoederbureau, Lelystad, herziene uitgave.

Dam, J. , 2004, Persoonlijke mededeling

Gasunie, 1988, Physical properties of natural gases, Groningen, 254p.

Graf, W., (2001), Kraftwerk Wiese. Strom und Wärme aus Gras, www.graskraft.de, Zweite erweiterte Auflage, 156 p.

Lemmer, A en H. Oechsner (2001), Kofermentation von Gras und Silomais, Landtechnik 56 (6), pp. 412-413

Mes, T.Z.D. de, A.J.M. Sams, J.H. Reith, G. Zeeman, (2003), Methane production by anaerobic digestion of wastewater and solid wastes, In: Reith, J.H., R.H. Wijffels and H. Barten (eds.) Bio-methane & Bio-hydrogen, Status and perspectives of biological methane and hydrogen production, Den Haag, 167p.

Mähnert, P., M. Heiermann, M. Plöchl, H. Schelle and B. Linke (2002) Verwertungsalternativen für Grünlandbestände, Landtechnik 2002 (5) pp. 260-261.

RIVM, (2003) Natuurcompendium, Bilthoven, 494 p.

Schrade, S., H. Oechsner, C. Pekrun, W. Claupein, (2003) Einfluss des Biogasprozesses auf die Keimfähigkeit von Samen, Landtechnik 58 (2) pp. 90-91.

TopAgrar, 2002, Fachbuch Biogas: Strom aus Gülle und Biomasse, Münster, 120 p.

Bijlagen

Bijlage 1. List of tables and figures.

- Figure 1:** Planned and realised dry matter content of ingoing mixture.
- Figure 2:** Biogas and methane production in m³ per day between January, 1st and July, 7th 2004
- Figure 3:** Carbon dioxide and methane concentration in biogas measured with gas tubes (values of week 13 were estimated).
- Figure 4:** Methane concentration in biogas during pilot daily measured in gas pipe.
- Table 1:** Gas production and content of the digestible part of different fractions of organic matter.
- Table 2:** Costs of digestion of grass.
- Table 3:** Average biogas and methane production from dairy slurry based on literature.
- Table 4:** Planned ration between slurry and grass and presumed dry matter content of mixture
- Table 5:** Overview of amounts of digested grass and slurry
- Table 6:** Analyses results of slurry and mixture of slurry and grass in gram per kg product.
- Table 7:** Analyses results of grass in gram per kg product (DM) and gram per kg DM for other fractions.
- Table 8:** Total supply of digester in kg and kg per m³ digester per day of dry matter and organic matter
- Table 9:** Average gasproduction and standard deviation (m³ per day).
- Table 10:** Summary of data from digestion of slurry and grass.
- Table 11:** Calculation of gas production in litre per kg DM and OM based on analyses of grass
- Table 12:** Prices for electricity production and supply to the grid
- Table 13:** Electricity rewards of grass and maize in euro per kg DM
- Table 14:** Number of dairy farms per region in 2003 (Source: CBS, 2004)
- Photo 1:** The bales are cut and laid in heaps.
- Photo 2:** The heaps are chopped ...
- Photo 3:** ... and blown into a fodder wagon.
- Photo 4:** The grass is added to a pit, mixed with dairy slurry and pumped into the digester.
- Photo 5:** The plug flow digester with a sack for gas storage on top.
- Photo 6:** The total energy module (TOTEM).
- Photo 7:** Left the pit where slurry is cooled before it is pumped to the storage under the dairy barn. Right a pump and mixer.
- Photo 8:** The internal stirrer in the plug flow digester.

Bijlage 2 Foto's



Foto 1: De balen worden in een voermengwagen los gesneden en in een wiers op het erf gelegd.



Foto 2: Deze wiers wordt gehakseld door de hakselaar...



Foto 3: ...en het gras wordt in de opraapwagen geblazen



Foto 4: Vanuit de opraapwagen wordt het in de voormengput gedraaid waar het gemixt wordt met mest en tenslotte door de pomp (blauw) naar de vergister gepompt wordt.



Foto 5: De liggende propstroomvergister met daarboven de gaszak



Foto 6: De Warmte Kracht koppeling (WKK)



Foto 7: Links de navergister waar de vergiste mest afkoelt voordat het naar de opslag onder de stal wordt gepompt. Rechts de voormengput met pomp en dompelmixer.



Foto 8: Het inwendige roerwerk van een propstroomvergister.