

Kennisbundeling covergisting

Anton Kool (CLM)

Maikel Timmerman, Herman de Boer, Hendrik-Jan van Dooren (P-ASG)

Bas van Dun, Michiel Tijmensen (Ecofys)

CLM Onderzoek en Advies BV, P-ASG en Ecofys

Culemborg, 2005

CLM 621 - 2005

ISBN 90-5634-196-0

Auteursrecht: SenterNovem

Lay-out: F. de Groot, CLM

Drukwerk: Multicopy, Utrecht Centrum

Oplage 50

Samenvatting

In dit rapport is beschikbare en recente kennis over covergisting gebundeld. Het beschrijft de verschillende aspecten die van belang zijn bij covergisting; rendement, biogasopbrengsten, proces en techniek, wetgeving en milieuaspecten.

Rendement

Het rendement van covergisting wordt door een aantal factoren bepaald die in zekere mate met elkaar samenhangen; biogasopbrengsten uit mest en co-materialen, vergoeding voor geleverde elektriciteit, inkoop (of teelt) van co-materialen en afzet van digestaat en investeringskosten.

Uit gevoeligheidsanalyses blijkt dat de rentabiliteit van met name kleinschalige vergisters vooral gevoelig is voor variaties in de opbrengsten aan elektriciteit (bepaald door de biogasopbrengst en de MEP-vergoeding) en de inkoopprijs of teeltkosten van coproducten. De MEP blijft tot 1 januari 2008 op het huidige niveau, daarna is een daling aannemelijk. Het is de vraag of na 10 jaar de MEP wordt vervangen door een andere subsidie en, belangrijker, of installaties dan kunnen renderen bij de dan geldende vergoeding uit de markt voor groene stroom. Bij grootschalige, centrale vergistingsinstallaties komen daar de investeringskosten als belangrijke factor voor de rentabiliteit bij. Dit betekent dat het juist bij centrale vergisters zaak is om de investeringskosten te drukken door bijvoorbeeld gebruik te maken van bestaande infrastructuur (bijvoorbeeld ombouw van bestaande mest-opslagen). Overige aspecten, zoals afzet van de overtollige warmte, kunnen een positief effect hebben op de rentabiliteit.

Mestvergisting kan op zowel boerderij- als centraal niveau rendabel zijn. De rentabiliteit hangt af van de specifieke omstandigheden per initiatief. Voldoende schaalomvang en toepassing van covergisting zijn in ieder geval essentieel om een initiatief succesvol te maken.

Samenwerking tussen agrariërs en derden in een centraal vergistinginitiatief biedt een aantal voordelen. Veehouders kunnen kapitaal aantrekken door samen te werken met externe financiers (bijv. energiebedrijven, projectontwikkelaars). Dergelijke partijen kunnen vaak meer gebruik maken van fiscale voordelen zoals MIA en EIA. Verder kan het voor energiebedrijven interessant zijn om te participeren in vergisting om zodoende te voorzien in productiecapaciteit voor groene elektriciteit.

Biogasopbrengsten

De meeste gegevens in deze rapportage hebben betrekking op resultaten uit het buitenland (m.n. Duitsland en Denemarken). Er zijn slechts zeer beperkt gegevens beschikbaar over in Nederland behaalde biogasopbrengsten van coproducten. Er zijn veel gegevens bekend over biogasopbrengsten van de teeltgewassen maar hierin constateren we een grote range. Dit heeft verschillende oorzaken zoals verschillende methoden om de gasopbrengst te bepalen, uiteenlopende samenstelling van coproducten en wisselende procesomstandigheden.

Van de producten afkomstig uit de Voeding- en Genotsmiddelen Industrie (VGI) ontbreken veelal gegevens over biogasopbrengsten.

Modelberekeningen kunnen mogelijk een goede oplossing zijn voor het gebrek aan kennis over biogasopbrengsten uit coproducten. We beschrijven een Duits model dat een vrij goede inschatting geeft van biogasopbrengsten. Het voordeel van een dergelijk model boven praktijkproeven is met name kosten- en tijdsbesparing.

Keuze van coproducten

In de praktijk wordt de keuze voor coproducten bepaald door regelgeving, verschil tussen kosten en baten per coproduct, procesparameters en de investering. De balans tussen kosten (zoals aanschaf, transport en afzetkosten digestaat) en opbrengsten per coproduct bepaalt in belangrijke mate de keuze van de initiatiefnemer.

Specifieke wetgeving voor covergisting is de Positieve Lijst. De Positieve Lijst geeft die producten aan die aan de mest mogen worden toegevoegd waarbij het digestaat nog steeds als meststof wordt gezien i.p.v. als afval te worden bestempeld. De Positieve Lijst is in ontwikkeling. Tot nu toe zijn met name gewassen en enkele producten uit de Voeding- en Genotsmiddelen Industrie (VGI) opgenomen. Binnen de nieuwe mestwetgeving betekent de toevoeging van extra mineralen met covergisting aan de mest, een toename van de hoeveelheid dierlijke mest. De benodigde afzetruimte voor dierlijke mest neemt hiermee toe. Op bedrijfsniveau kan dit toenemende afzetkosten tot gevolg hebben. Op nationaal niveau betekent dit extra druk op de mestmarkt.

Een optimaal verloop van het covergistingsproces wordt met name bepaald door: een constant aanbod van voedingsstoffen, in een juiste verhouding (C/N) en in een gelimiteerde hoeveelheid (organische stofbelasting).

Digestaat en milieuaspecten

De samenstelling en eigenschappen van het eindproduct van covergisting (digestaat) wordt bepaald door een veelheid aan factoren zoals samenstelling en mengverhouding van het coproduct en mest, de verblijftijd en het type vergister. De combinatie van deze factoren is in iedere situatie weer anders en daarmee ook het effect van covergisting op het digestaat. Er is onvoldoende literatuur op dit gebied om coproducten te onderscheiden naar invloed op samenstelling en eigenschappen van het digestaat.

Mestvergisting heeft een reducerend effect op de emissie van broeikasgassen door opwekking van elektriciteit en warmte (en het daarmee uitsparen van fossiel opgewekte energie) en reductie van methaanemissie uit de mestopslag. In dit onderzoek beschrijven we een methode om het verschil in broeikasemissie te bepalen wanneer een product als coproduct wordt gebruikt i.p.v. het gangbare gebruik. Kwantitatief inzicht in dit verschil ontbreekt.

Op basis van de verandering in samenstelling door vergisting (relatief meer minerale stikstof en een hogere pH) is bij aanwending van vergiste mest een hogere ammoniakemissie te verwachten dan bij onvergiste mest. Echter met de beperkt beschikbare onderzoeksgegevens wordt dit niet bevestigd. Uit die resultaten lijkt zelfs een lagere ammoniakemissie bij vergiste mest op te treden. Over specifieke effecten van bepaalde coproducten op de ammoniakemissie is geen informatie beschikbaar.

Vergisting verlaagt de emissie van geur, zowel qua intensiteit als verspreidingsgebied bij aanwending van het digestaat. Door toepassing van covergisting kan echter rond de installatie wel meer geuremissie plaatsvinden. Dit kan veroorzaakt worden door opslag- en toedieningsmethoden van coproducten waarbij veel ruimte is voor geuremissie.

Summary

This report pulls together available and recent knowledge on codigestion. It describes various important aspects of codigestion: performance, biogas production, processes and engineering techniques, legislation and environmental aspects.

Performance

Performance is determined by a number of factors that are to a certain extent related: biogas production from manure and second-source wastes, the prices paid for the electricity supplied, procurement (or cultivation) of second-source materials, the disposal of the digestate, and investment costs.

Sensitivity analyses have shown that the performance of small-scale anaerobic digesters in particular are sensitive to variability in the returns from electricity produced (determined by the biogas yield and the subsidy paid under the Electricity Production (Environmental Quality) Act, or 'MEP subsidy') and the purchase price or cultivation costs of second-source materials. The MEP subsidy will remain at the present level until 1 January 2008, after which it is likely to be reduced. It is doubtful whether, after ten years, the MEP incentive scheme will be replaced by another subsidy and, more importantly, whether codigestion plants will then be profitable at the market prices for green electricity. Investment costs are an additional important factor in determining the performance of large-scale centralised anaerobic digestion plants. This underlines the importance of reducing investment costs for the centralised anaerobic digestion schemes, for example by making use of existing infrastructure (e.g. converting existing manure storage facilities). Other aspects, such as the sale of surplus heat, may have a positive effect on overall performance.

Both on-farm and centralised anaerobic digestion of manure can be profitable. Profitability depends on the specific circumstances in each case. One essential factor for the success of codigestion initiatives is a sufficient scale of operation.

Cooperation between farmers and third parties in a centralised anaerobic digestion scheme has several advantages. Livestock farmers can acquire capital by working with external financiers (such as energy companies and developers). These parties are often in a better position to take advantage of tax benefits such as MIA (a tax allowance for investments in environmentally-friendly plant) and EIA (a tax allowance for investments in energy-saving and renewable energy facilities). Furthermore, it can be interesting for energy companies to participate in anaerobic digestion schemes in order to expand their production capacity for green electricity.

Biogas yields

Most of the data in this report are from schemes in other countries (especially Denmark and Germany). Very few data are available on biogas yields from coproducts in the Netherlands. A considerable amount of data is available on biogas yields from crops, but these display a wide range of values. There are a number of reasons for this, such as the different methods used to determine biogas yields, wide differences in the composition of coproducts and variable process conditions.

Data on biogas yields from products derived from the food products, beverages and tobacco industry (FBT) are often not available. Model calculations may provide a good alternative to compensate for the lack of data on biogas yields from coproducts, and we describe a German model that provides quite good estimates of biogas yields. The main advantages of using such a model, as opposed to conducting experimental trials, are savings in time and costs.

Choice of coproducts

In practice, the choice of coproducts is determined by the regulations, the difference between the costs and benefits of each coproduct, process parameters and the required investments. The balance between the costs (such as procurement, transport and disposal costs of the digestate) and returns per coproduct plays a large part in determining the choice of coproducts.

A key regulation on codigestion is the Positive List. The digestate resulting from codigestion of manure with products on this list may still be classified as manure rather than waste. The Positive List is still in preparation. So far the list mainly includes crops and several products from the food products, beverages and tobacco industry (FBT).

Under the new manure legislation, adding extra minerals to the codigestion of manure results in an increase in the amount of manure. The area of land needed to dispose of this manure will therefore increase, raising the cost of disposing of the manure. This can have consequences for individual farms, and at the national level puts extra pressure on the market for manure.

An optimal codigestion process is determined primarily by the need for a constant supply of food products with the right ratio of carbon to nitrogen content and in fixed quantities (because there is a limit to the amount of organic matter that may be added to the reactor each day).

Environmental aspects of the digestate

The composition and properties of the end product of codigestion (digestate) are determined by several factors, such as the composition and ratio of coproduct to manure in the mixture, the retention time within the reactor and the type of reactor. The combination of these factors, and thus the effects of codigestion on the digestate, are different in each situation. The literature on this topic is too scanty to allow us to identify the different effects of various coproducts on the composition and properties of the digestate.

Anaerobic digestion of manure reduces the emissions of greenhouse gases because it generates electricity and heat (and therefore replaces fossil fuels) and reduces methane emissions from manure storage facilities. The research describes a method for determining the difference in greenhouse gas emissions when agricultural products are used coproducts in the anaerobic digestion of manure as opposed to their standard uses. The difference has not been quantified.

Given the change in composition as a result of anaerobic digestion (a relatively higher concentration of mineral nitrogen and a higher pH), digested manure is expected to lead to higher ammonia emissions when applied to the land than undigested manure. However, the limited research results available cannot confirm this.

Results even suggest that using digested manure leads to lower ammonia emissions. No information is available on the specific effects of individual coproducts on ammonia emissions.

Anaerobic digestion reduces odour emissions when the digestate is applied to the land, both in terms of the strength of the smell and the area affected. However, codigestion may result in greater odour emissions around the reactor itself. This may be because methods for storing coproducts and feeding them into the reactor allow odours to escape.

Inhoud

Samenvatting

Summery

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Aanleiding	1
1.2 Doel	1
1.3 Afbakening	1
1.4 Anaëroob vergistingsproces	3
1.5 Leeswijzer	4
2 Proces en techniek	5
2.1 Procesomstandigheden en -parameters	5
2.1.1 Voeding	5
2.1.2 Verblijftijd	6
2.1.3 Temperatuur	6
2.1.4 Zuurgraad, pH-waarde	7
2.1.5 Remmende stoffen en verontreinigingen	7
2.1.6 Droge stofgehalte	8
2.2 Technische aspecten	8
2.2.1 Aanvoer	9
2.2.2 Opslag	10
2.2.3 Mengen en voorbehandeling	10
2.2.4 Invoer	10
2.2.5 Vergister	12
2.2.6 Sanitatie	16
2.2.7 Gasopslag	16
2.2.8 WKK	17
2.2.9 Procesmonitoring en -besturing	18
2.2.10 Naopslag van digestaat	19
2.2.11 Veiligheidsaspecten	19
2.3 Voorbeelden van vergistinginstallaties	20
3 Wetgeving en organisatie	23
3.1 Wettelijke kaders voor covergisting in Nederland	23
3.1.1 Toelating coproducten	23
3.1.2 Vergunning	24
3.1.3 Mestwetgeving	26
3.2 Organisatievormen	26
3.3 Subsidies en fiscale voordelen bij investeringen	27
3.4 Financiering	30
3.4.1 Centrale vergisting	30
3.4.2 Boerderijvergisting	30
4 Biogasopbrengsten	33
4.1 Algemeen	33
4.2 Modelberekening	34

4.3 Opbrengsten teeltgewassen	35
4.4 Producten uit Voeding- en Genotmiddelen Industrie (VGI)	38
4.5 Dierlijke mest	39
5 Effecten op digestaat en emissies	41
5.1 Digestaat	41
5.1.1 Effect op samenstelling	42
5.1.2 Opslag en verwerking van co-vergiste mest	45
5.1.3 Effect op de bemestende waarde	46
5.1.4 Input zware metalen en microverontreinigingen	48
5.2 Effect op broeikasgasemissies	50
5.2.1 Methode	50
5.2.2 Verandering bij gebruik als coproduct	51
5.2.3 Uitwerking van de veranderingen	53
5.3 Effect op ammoniak	56
5.4 Effect op geur	58
6 Economische situatie	61
6.1 Kosten en baten van mestvergisting	61
6.1.1 Baten uit electriciteit	61
6.1.2 Baten uit warmte	62
6.1.3 Overige inkomsten	62
6.1.4 Kosten van kapitaal	63
6.1.5 Investeringskosten	63
6.1.6 Kosten van bedrijfsvoering, onderhoud en verzekering	63
6.1.7 Arbeid	64
6.1.8 Kosten voor inname en afzet mest en co-substraten	64
6.2 Financiële haalbaarheid	64
6.2.1 Economische situatie	64
6.2.2 Gevoeligheidsanalyse	66
7 Discussie, conclusies en aanbevelingen	69
7.1 Beschouwing	69
7.2 Conclusies	73
7.3 Kennishiaten	74
7.4 Aanbevelingen	74
Bronnen	77
Bijlage 1 Toetsing wet milieubeheer	83
Bijlage 2 Normeringen installatieonderdelen	87
Bijlage 3 Voorbeeld van vergisting in samenwerkingsverband	89
Bijlage 4 Stimuleringsmaatregelen	91
Bijlage 5 Modeluitkomsten biogasopbrengsten	93
Bijlage 6 Beschrijving coproducten	97
Bijlage 7 Zware metalen	99
Bijlage 8 Economische situatie	101

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Sinds korte tijd neemt de interesse voor mestvergisting en covergisting sterk toe in Nederland. Met de publicatie van de 'positieve lijst' in 2004 is een belangrijke belemmering voor de realisatie van covergisting weggenomen. Daarnaast is door een wijziging van de subsidiëring (MEP) de rentabiliteit van vergistingsinstallaties sterk verbeterd.

Er zijn echter in Nederland geen of maar zeer beperkt ervaringen met covergisting die initiatiefnemers kunnen ondersteunen bij hun afwegingen om te investeren in deze techniek. Vooral de rentabiliteit is belangrijk bij deze afweging.

Sinds enkele jaren zijn op de praktijkcentra van het Praktijkonderzoek van de Animal Sciences Group (P-ASG) De Marke, Sterksel en Nij Bosma Zathe mestvergistingsinstallaties operationeel. In de installaties wordt de mest van de aanwezige dieren vergist en in 2004 is op zowel De Marke, Sterksel als Nij Bosma Zathe gestart met covergisting van overige organische producten.

In de praktijk zijn de laatste jaren verschillende initiatieven rond mestvergisting inclusief covergisting opgezet, zowel op boerderijschaal als op grotere schaal met centrale vergistingsinstallaties. Sommige van deze initiatieven hebben inmiddels geleid tot de bouw van een vergistingsinstallatie. Echter de meeste initiatieven bevinden zich nog in een oriënterende fase en wachten met name de ontwikkelingen op het gebied van de regelgeving rond covergisting af.

Voor deze initiatiefnemers ontbreekt een gebundeld aanbod van de in Nederland beschikbare kennis op het gebied van covergisting. Met dit rapport willen we de beschikbare kennis verzamelen en geïntegreerd aanbieden.

1.2 Doel

Doel van deze rapportage is om de kennis in Nederland (en waar mogelijk aangevuld met buitenlandse kennis) m.b.t. covergisting te verzamelen en te bundelen.

1.3 Afbakening

Onder covergisting wordt in dit rapport verstaan het produceren van biogas uit de vergisting van dierlijke meststoffen samen met organische producten (par. 1.4), zoals energiegewassen, gewasresten en organische reststromen uit de levensmiddelenindustrie. We beperken ons tot de coproducten die zijn opgenomen in de positieve lijst (publicatie 1e lijst zomer 2004 en de aanvulling van zes producten in het voorjaar 2005, tabel 1.1). Voor deze groep producten verzamelen we beschikbare kennis in Nederland en daarbuiten. Van een beperkt aantal van deze producten zijn resultaten uit onderzoek op de Nederlandse praktijkcentra bekend.

Tabel 1.1. De coproducten die we in dit onderzoek meenemen, met daarbij moment van opname in de positieve lijst en of we onderzoeksgegevens van een betreffend Nederlands onderzoekscentra in dit onderzoek betrekken.

Coproduct	Positieve lijst	Onderzoeksgegevens beschikbaar van:
Aardappelen	juni 2004 ¹	De Marke
Bietenpuntjes	juni 2004 ¹	Nij Bosma Zathe
Corn cob mix (CCM)	juni 2004 ¹	
Energiemaïs (5 m. hoog)	juni 2004 ¹	
Erwten	juni 2004 ¹	
Gerst	juni 2004 ¹	
Gras	juni 2004 ¹	De Marke ³ , Nij Bosma Zathe ⁴
Groente en fruit	juni 2004 ¹	
Haver	juni 2004 ¹	
Koolzaad	juni 2004 ¹	
Kuilgras	juni 2004 ¹	
Kuilmaïs/maïssilage	juni 2004 ¹	De Marke, Nij Bosma Zathe
Lupinen	juni 2004 ¹	
Olievlas	juni 2004 ¹	
Rogge	juni 2004 ¹	
Suikerbieten	juni 2004 ¹	
Tarwe	juni 2004 ¹	
Voederbieten	juni 2004 ¹	
Veldbonen	juni 2004 ¹	
Vezelvlas	juni 2004 ¹	
Witlofpennen	juni 2004 ¹	
Zonnebloempitten	juni 2004 ¹	
Protomylasse	mei 2005 ²	
Primair aardappelzetmeelslib	mei 2005 ²	Sterksel
Tarwegistconcentraat	mei 2005 ²	Sterksel
Aardappelstoomschillen	mei 2005 ²	
wortelstoomschillen	mei 2005 ²	
amysteep	mei 2005 ²	

¹ Wijziging Meststoffenbeschikking juni 2004(LNV, 2004)

² Wijziging Meststoffenbeschikking mei 2005 (LNV, 2005)

³ herfstgras

⁴ natuurgras

Op het moment van schrijven van dit rapport worden overige producten op de praktijkcentra onderzocht (op biogasopbrengsten etc.). Dit betreft maïsstro (restproduct van maïskolvensilage,MKS), retourzuivel en een mengsel van gerst en erwten op resp. De Marke, Sterksel en Nij Bosma Zathe. De resultaten van deze producten kunnen we niet in deze rapportage opnemen. Voor die resultaten verwijzen we naar de rapportages die van de betreffende onderzoeken beschikbaar zullen komen (Sterksel eind 2005/begin 2006, De Marke voorjaar 2006).

Mest- en covergisting kan op diverse schaalgrootte worden uitgevoerd. In deze rapportage onderscheiden we:

- Boerderijvergister
- Grote boerderijschaal vergister
- Centrale of regionale vergister.

Het covergisten kan een agrarische activiteit zijn wat een boerderijvergister wordt genoemd. Deze boerderijvergister zal in het algemeen alleen mest en landbouwgewassen verwerken die van eigen bedrijf worden aangevoerd en veelal wordt ook het digestaat weer op eigen grond aangewend.

Naast de boerderijschaal vergister onderscheiden we een "grote boerderijschaal vergister". Hier is nog steeds sprake van een agrarische activiteit echter hierbij worden ook covergistingsmaterialen van derden aangevoerd om het proces te optimaliseren.

Bij grotere schaalvolumes spreken we niet meer van een agrarische activiteit maar van een industriële activiteit. Men spreekt dan over een centrale of regionale vergister waarbij meststoffen van meerdere veehouders worden aangevoerd naar een centrale locatie. Deze locatie kan in het buitengebied liggen of de locatie ligt op een industrieterrein. De locatie (industrieterrein of buitengebied) is, afhankelijk van het bestemmingsplan of het streekplan¹, in principe geen limitering in de omvang van de te vergiste materialen, echter door projectontwikkelaars wordt veelal de grens aangehouden van 36.000 ton/jaar. Dit is de grens voor het wel of niet dienen uit te voeren van een omvangrijke Milieu Effect Rapportage (MER) (InfoMil, 2003). Ondanks dat men met 36.000 ton per jaar de gestelde MER grens van 100 ton/dag niet overschrijdt kan de provincie, in geval van regionale vergister veelal het bevoegd gezag, toch eisen dat voor de vergunning een MER beoordeling notitie wordt opgesteld. Voor meer achtergronden m.b.t. vergunningverlening verwijzen we naar de handleiding "Een standaard bouw- en milieuvergunning voor mestvergisters met een capaciteit tot 36.000 ton per jaar" (Vis, 2003).

De schaalgrootte van covergisting heeft invloed op diverse zaken zoals investeringen, logistiek aanleveren van mest afvoer etc. In hoofdstuk 3 gaan we nader in op deze verschillen.

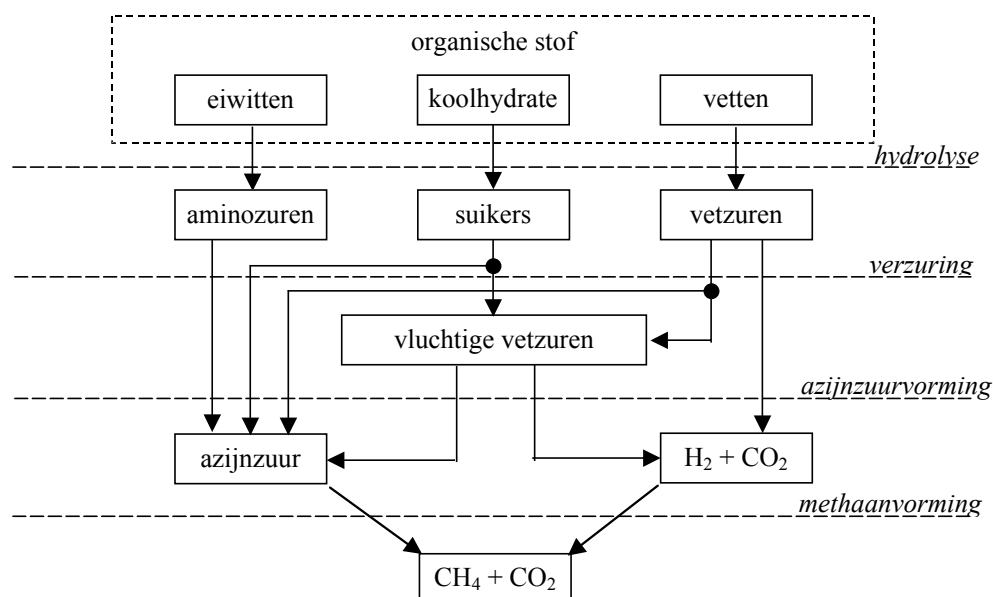
1.4 Anaëroob vergistingsproces

In het biologische anaëroob vergistingsproces wordt organisch materiaal door micro-organismen in een aantal stappen afgebroken met als eindproduct een gasvormig mengsel van hoofdzakelijk methaan (CH_4) en koolstofdioxide (CO_2). Het proces van anaërobe vergisting kan worden onverdeeld in vier fasen waarin specifieke micro-organismen een rol spelen:

- Hydrolyse: omzetting van complexe, onopgeloste organische stoffen naar eenvoudige, opgeloste organische stoffen;
- Verzuring (acidogenesis): omzetting van eenvoudige, opgeloste organische stoffen naar vluchtige vetzuren en koolstofdioxide;
- Azijnzuurvorming (acetogenesis): omzetting van vluchtige vetzuren naar azijnzuur en waterstof;
- Methaanvorming (methanogenesis): omzetting van azijnzuur en koolstofdioxide en waterstof in methaan.

In figuur 1 staan schematisch het anaërobe vergistingsproces weergegeven.

¹ De "Leidraad mest" van de Provincie Noord-Brabant (2001) stelt aan mestvergisting in het buitengebied een maximum van 25.000 ton/jr.



Figuur 1 Vereenvoudigd schematische weergave van het vergistingsproces (Sanders, 2001).

Uit de bovenstaande processen ontstaat het zgn. biogas dat hoofdzakelijk uit methaan (45-75%) en koolstofdioxide (25%-45%) bestaat. Daarnaast bevat het nog een aantal andere gassen (tabel 1.2).

Tabel 1.2 Gemiddelde samenstelling van biogas

Component	concentratie
Methaan (CH ₄)	45-75%
Koolstofdioxide (CO ₂)	24-45%
Water (H ₂ O)	2-7%
Zwavelwaterstof (H ₂ S)	20-20.000 ppm
Stikstof (N ₂)	< 2%
Zuurstof (O ₂)	< 2%
Waterstof (H ₂)	< 1%

1.5 Leeswijzer

De procesvoorwaarden en techniek van covergisting komen in hoofdstuk 2 aan bod. De wettelijke kaders en organisatorische aspecten beschrijven we in hoofdstuk 3. Voor zover relevant beschrijven we in die twee hoofdstukken verschillen tussen covergisting op boerderijschaal en op centrale/regionale schaal en verschillen in voorwaarden tussen de verschillende coproducten. De opbrengsten (biogas en energie) per coproduct beschrijven we in hoofdstuk 4. Daaropvolgend beschrijven we in hoofdstuk 5 het effect van covergisting op digestaat en emissie van broeikasgassen, geur en ammoniak. In hoofdstuk 6 beschrijven we de economische situatie voor covergisting. Hoofdstuk 7 geeft tegelijkertijd een overzicht van de belangrijkste punten, discussie, conclusies en aanbeveling.

2 Proces en techniek

De installatie voor covergisting dient aan enkele procesmatige en technische voorwaarden te voldoen. Een aantal voorwaarden zijn additioneel of van groter belang in het geval van covergisting t.o.v. vergisting van alleen mest. Dit geldt met name voor een constante voeding van het proces (§ 2.1), de organische stofbelasting (§ 2.1), vooropslag (§ 2.2), invoer en mixen (§ 2.2).

Daarnaast spelen verschillende organisatorische aspecten waarmee rekening dient te worden gehouden bij covergisting. Deze aspecten worden in dit hoofdstuk behandeld.

2.1 Procesomstandigheden en –parameters

Het vergistingsproces van mest en coproducten is gebonden aan een aantal procesmatige factoren:

- 'Voeding' van het proces: constant en maximaal aanbod nutriënten;
- Verblijftijd;
- Temperatuur: 3 temperatuurzones;
- Zuurgraad, pH-waarde;
- Vorming van remmende stoffen (zoals ammoniak);
- Droge stofgehalte; een maximum om een verpompbaar mengsel te houden;
- Verontreiniging: fysiek (stenen, zand etc.) of remmend op het biologische proces (bijv. antibiotica).

2.1.1 Voeding

Het aanbod van voedingsstoffen voor het vergistingsproces dient zo constant mogelijk te zijn. Zo dienen sterke veranderingen in de samenstelling en onregelmatige toevoer van de producten in de vergister vermeden te worden. Deze wisselingen in de 'voeding' werken negatief op de biogasproductie. Het beste resultaat verkrijgt men wanneer de toevoer van coproducten langzaam wordt opgebouwd, zodat de bacteriën zich kunnen aanpassen aan de nieuwe biomassasamenstelling.

Voor het afbreken van koolhydraten, vetten en eiwitten hebben de bacteriën een goede voorziening van voedingsstoffen nodig zoals ammonium, mineralen en spoorelementen. In mest zijn deze voedingsstoffen in voldoende mate aanwezig (Schulz en Eder, 2001). Verder is voor een goed procesverloop een evenwichtige C/N-verhouding van het ingaande mengsel nodig. Voor een ongestoord procesverloop moet de C/N-verhouding liggen in het bereik 10-30.

De samenstelling van de biomassa is van invloed van de hoogte van de biogasproductie en de samenstelling van het biogas. In het algemeen geldt dat koolhydraatrijke producten zorgen voor een lager methaangehalte in het biogas dan vetrijke producten. In hoofdstuk 4 gaan we nader in op de biogasopbrengsten uit de verschillende coproducten en mestsoorten.

De organische stofbelasting (os belasting) is een belangrijke parameter voor de bepaling van de biologische belasting van het vergistingsproces. Hiermee wordt aangegeven hoeveel organische stof (os) (kg os per m^3 inhoud van de vergistingstank per dag) aan het proces kan worden toegevoerd zonder dat de bacteriën 'overvoerd' worden. Door een overvoeding van het proces raken de bacteriologische processen ontregeld en valt het vergistingsproces stil. Normaal gesproken ligt de organische belasting bij mesofiele vergisting tussen de 2 en 3 kg os/m^3 per dag. Een grove vuistregel voor de bovengrens van de organische stofbelasting is 4 à 5 kg os/m^3 per dag (Brüggemann e.a., 2002). Bij de 7 gemonitoorde Deense centrale mesofiele vergisters ligt de os belasting tussen de 3 en de 6 kg os/m^3 reactor/dag, terwijl dit voor de 13 thermofiele installaties was dit tussen de 3 en de 10 kg os/m^3 reactor/dag (Tafdrup, 2005). In Duitsland is de gemiddelde os belasting van 72 boerderijschaal installaties in NRW 2,8 kg OS/m^3 reactor/dag; 10% van de installaties heeft een belasting van meer dan 5 kg OS/m^3 reactor/dag (Technik, 7/2004, Beratungsoffensive Biogas, 2004).

2.1.2 Verblijftijd

De verblijftijd geeft aan wat de gemiddeld tijdsduur is van invoer van het mengsel tot afvoer uit de vergistingstank. De verblijftijd wordt berekend door de netto inhoud van de vergistingstank te delen door de gemiddeld dagelijkse toegevoerde hoeveelheid. Bij een te kleine verblijftijd hebben de bacteriën te weinig tijd om de toegevoerde organische stof af te breken en is de afvoer van bacteriën groter dan de aanwas. Daarom moet de verblijftijd zo gekozen worden dat deze past bij de afbraaksnelheid van de toegevoerde producten (FNR, 2004). Voor mesofiele vergisters (30-40°C) geldt een verblijftijd van 25-40 dagen, voor thermofiel vergisters (40-55°C) van 15-25 dagen. Praktijkdata van de Deense centrale vergisters geven aan dat de mesofiele vergisters (gemiddeld 37°C) 15-23 dagen verblijftijd hebben; thermofiele vergisters (gemiddeld 53°C) 9-20 dagen. Een verklaring voor deze relatief korte verblijftijden kan liggen in het gebruik van met name vetachtige co-substraten zoals visvet en flotatievet in Denemarken. Deze vetachtige producten kunnen in een relatief korte tijd door de bacteriën worden afgebroken.

Bij een geringe organische belasting van de vergistingstank en een lange verblijftijd wordt een hoge biogasproductie bereikt per kilogram toegevoerd organische stof. Echter in dit geval is de totale biogasproductie per volume vergistingstank laag. Voert men de organische belasting op, dan neemt de gemiddelde verblijftijd van de biomassa af. Hierbij stijgt de totale gasproductie maar de specifieke biogasproductie per kilogram organische stof neemt af. Hierin zit een optimum die afhankelijk is van welke biomassa vergist wordt. Daarom wordt de verblijftijd meestal langer genomen als dit optimum om het proces minder gevoelig te maken.

2.1.3 Temperatuur

In het vergistingsproces is de activiteit van enzymen en de snelheid van de chemische reacties afhankelijk van de temperatuur. In het algemeen geldt hoe hoger de temperatuur, hoe sneller het proces verloopt. Er zijn drie typische temperatuurtrajecten waarin anaërobe vergisting kan worden ingedeeld:

- Psychrofile of koude vergisting bij een temperatuur van 10-20 °C. De vergisting vindt plaats bij omgevingtemperatuur, er wordt geen extra warmte toegevoegd. Er is een hoge processtabiliteit, maar de verblijftijd is hierbij lang en de biogasopbrengsten zijn laag.
- Mesofiele vergisting bij een temperatuur van 30-40 °C. Het voordeel van mesofiele vergisting is een hoge processtabiliteit met relatief hoge biogasopbrengsten.

- Thermofiele vergisting bij een temperatuur van 50-60 °C. Het voordeel van thermofiele vergisting is dat door een hoge procestemperatuur een hoge biogasopbrengst wordt behaald met kortere verblijftijden. Het nadeel is een hogere warmtetoevoer en het proces is gevoeliger voor wisselingen in de samenstelling van het te vergisten materiaal en verstoringen door toxische stoffen en hoge gehalten aan ammoniak.

De bacteriën produceren zelf tijdens het vergistingsproces maar een geringe hoeveelheid warmte, waarmee het proces niet op temperatuur gehouden kan worden. Daarom moet bij mesofiele en thermofiele vergisting de vergistingtank geïsoleerd en verwarmd worden om een optimale temperatuur voor de bacteriën te kunnen handhaven. Een grote invoer van producten met een sterk afwijkende temperatuur ten opzichte van de temperatuur in de vergistingtank kan leiden tot een remming van het vergistingsproces. Voorverwarmen of afkoelen van deze producten (eventueel gecombineerd met hygiëniseren) of het toevoeren in zo klein mogelijke hoeveelheden gedurende de dag beperken deze effecten.

2.1.4 Zuurgraad, pH-waarde

De verschillende micro-organismen in het vergistingsproces hebben hun eigen optimale zuurgraad (pH). Voor de hydrolyserende en zuurvormende bacteriën ligt het optimum tussen pH 4,5-6,3. Voor de azijnzuurvormende en methaanvormende bacteriën ligt dit tussen 6,8-7,5. Vinden alle processen plaats in één vergistingstank dan moet de zuurgraad (pH) van het vergistingsproces afgestemd worden op de laatste groep bacteriën wat neerkomt op een pH van rond 7,5. Een grote invoer van producten met een lage pH-waarde kan leiden tot een remming van het vergistingsproces. Omdat de methaanvorming de beperkende stap is in het vergistingsproces kan ook door een snel verlopende hydrolyse en zuurvorming de pH in de vergister dalen. Dit gevaar bestaat bij snel afbreekbare biomassa.

Drijfmest heeft echter een grote zuurbufferende werking, waardoor het gevaar van verzuring onder mesofiele omstandigheden beperkt is.

2.1.5 Remmende stoffen en verontreinigingen

Tijdens het vergistingsproces worden stoffen gevormd die een remmende werking op het proces kunnen hebben. Zo wordt bij de afbraak van eiwitten ammoniak gevormd. En ammoniak kan al vanaf concentraties van 0,15 g/l een beperking vormen voor de activiteit van bacteriën (FNR, 2004). Bij het vergisten van eiwitrijke producten bestaat het gevaar voor een te hoog ammoniakgehalte in de vergistingstank wat een remmende werking kan hebben op de biogasproductie. Ook bij het vergisten van kippenmest dient men rekening te houden met een hoog stikstofgehalte dat remmend kan werken op het proces. Echter bij langzaam opvoeren van de ammoniakconcentratie kunnen de bacteriën zich aanpassen aan deze hogere concentraties. Sterke schommelingen in de ammoniakconcentraties moeten echter vermeden worden, omdat dit een sterk negatief effect heeft op het vergistingsproces. Tijdens het vergistingsproces wordt ook zwavelwaterstof gevormd, wat in opgeloste vorm al in concentraties vanaf 50 mg/l een remmend kan werken op het proces (FNR, 2004). Naast de samenstelling van de biomassa kunnen bepaalde stoffen zoals antibiotica en schoonmaakmiddelen een negatieve werking op het vergistingsproces hebben. Daarom moeten hoge concentraties van deze stoffen in producten zoveel mogelijk vermeden te worden. Dit speelt onder andere in de melkveehouderij waar door het gebruik van formaldehyde als ontsmettingsmiddel in pootbaden grote hoeveelheden in de mest terecht kunnen komen.

Voor een storingsvrije werking van het vergistingsproces en de installatie dienen verontreinigingen zoals stenen, zand, metaal en plastic zoveel mogelijk te worden vermeden. Deze storende delen dienen bij voorkeur in de vooropslag of tijdens het invoerproces verwijderd te worden.

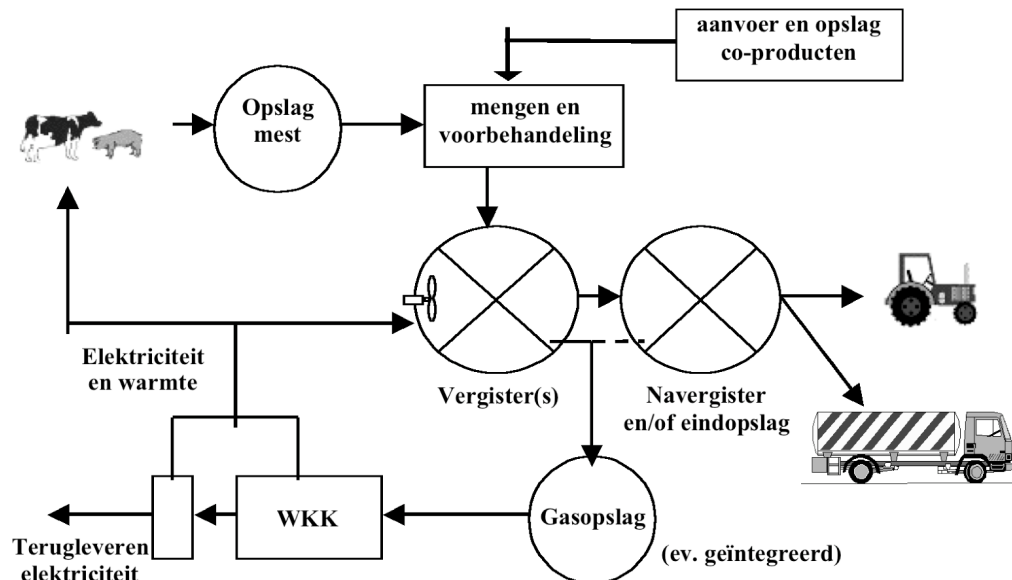
2.1.6 Droge stofgehalte

Om een roerbaar mengsel te houden is het gemiddelde drogestofgehalte aan een maximum gebonden. Het maximale droge stofgehalte in een staande vergister ligt tussen de 15-20%. Voor een horizontale (propstroom) vergister ligt het maximale droge stofgehalte op 20-25%. Daarnaast zegt droge stofgehalte nog niet alles. Het droge stofgehalte van melk is bijvoorbeeld hoger dan dat van drijfmest. Toch is drijfmest veel dikker dan melk. Afhankelijk van aard en de afbreekbaarheid van de co-substraat kan er meer droge stof worden toegevoegd. Als bijvoorbeeld vet wordt vergist kan het droge stofgehalte hoger zijn.

2.2 Technische aspecten

De basisprincipes van een boerderijvergister en een centrale vergister zijn overeenkomstig. Dezelfde hoofdcomponenten zijn aanwezig maar vanwege de opschaling van een doorzet van ca. 5.000 naar ca. 35.000 ton/jaar of meer kunnen bij centrale vergisting enkele componenten gesplitst zijn in deelcomponenten. Voor de technische beschrijving in dit gedeelte is daarom geen onderscheid gemaakt tussen boerderij of centrale vergisting.

In figuur 2.1 staat schematisch de onderdelen van een vergistingsinstallatie met covergisting weergegeven.



Figuur 2.1 Schema van een mestvergistingsinstallatie met covergisting

2.2.1 Aanvoer

Bij een vergistinginstallatie op boerderijniveau wordt meestal alleen de mest van het eigen bedrijf gebruikt terwijl bij regionale vergistinginstallatie de mest vanaf diverse locaties per vrachtwagen wordt aangevoerd. In tegenstelling tot een installatie op boerderijniveau waar veelal gewerkt wordt met een tijdsgestuurde pomp voor aanvoer van de mest vanuit de stallen of tussenopslag dient men bij een regionale vergister rekening te houden met weekeinden en vakanties waarin aanvoer van mest beperkt is of vergunningtechnisch is beperkt.

Vanwege de locatie van een regionale vergister, doorgaans een industriële zone, zijn er beperkingen vanwege mogelijke emissies van geur en geluid naar de omgeving. De vergunningverlener, doorgaans de provincie, eist in de praktijk doorgaans dat vrijwel alle aangevoerde materialen inpandig worden gelost en de daarvoor noodzakelijke bedrijfshal permanent dient te worden afgezogen (onderdruk). Bij de aanvoer kan echter onderscheid gemaakt worden tussen verpompbare en niet verpompbare stromen. De verpompbare stromen kunnen betrekkelijk eenvoudig zonder geuroverlast aangevoerd en opgeslagen worden. Een overkapping van losplaats lijkt voldoende. Deze losplaats kan gecombineerd worden met een reinigingsplaats. Om sanitaire redenen is het aan te bevelen voertuigen voor vertrek goed te reinigen. Bij de niet verpompbare materialen is het risico van geuroverlast veel groter. Langdurige opslag moet voorkomen worden om ongecontroleerd verlies van organische stof en daarmee gepaard gaande geuroverlast te voorkomen. Overkapping en afzuiging van lucht kan hier zinvol zijn. Vanzelfsprekend dient de vrijkomende lucht vervolgens te worden behandeld (biofilter). Aangezien de aanvoer gebeurt vanuit verschillende bronnen dient een weeginstallatie op of in de nabijheid van het terrein aanwezig te zijn en moeten faciliteiten voor monsternamen beschikbaar zijn.

De aanvoer van de mest bij boerderijvergisters heeft vooral betrekking op het verplaatsen van mest uit de stal naar de vergister of vooropslag. In het algemeen is het belangrijk de mest zo snel mogelijk te vergisten. Al tijdens de opslag van de mest wordt methaan gevormd. De energie-inhoud van de mest neemt daarmee dus al af. In de varkenshouderij komen een groot aantal manieren van mestverzameling en -opslag voor. Bij oudere stallen kan opslag onder de stal nog voorkomen. Bij nieuwere stallen wordt de mest met rioleringsystemen vaak al zo snel mogelijk uit de stal verwijderd om ammoniakemissie te voorkomen. Het meest geschikte systeem in de melkveehouderij is een dichte vloer met mestschuiven en dagelijkse afvoer van de mest naar de vergisting. Dit beperkt het verlies van methaan tot een minimum. In de melkveehouderij is opslag onder de stal echter nog veel gebruikelijker, meestal in combinatie met roostervloeren. Nadeel van opslag onder de stal is een verlies aan biogas door koude vergisting. Om dit veranderen vraagt echter zowel in de varkens- als de melkveehouderij grote ingrepen in het stal gebouw. Een tussenoplossing is het verlagen van het mestniveau in de opslag onder de stal. Er moet echter minimaal een laag van ongeveer 60 cm over blijven om het mixen van de mest mogelijk te maken. Zowel bij varkens- als rundveemest treedt ontmenging op waardoor zonder mixen alleen het waterige deel naar de vergister wordt gepompt. Regelmatige controle van het droge stofgehalte van de mest die vergist wordt is aan te bevelen.

2.2.2 Opslag

De functie van de vooropslag is om een buffervoorraad te hebben van biomassa zodat door menging van de diverse partijen een constante en regelmatige toevoer van de verschillende soorten biomassa naar de biogasinstallatie mogelijk is. De opslagmethoden en ruimtebeslag hangt af van het soort biomassa en vergunning. Voor dierlijke meststoffen kunnen de gebruikelijke opslagmethoden gebruikt worden zoals kelders en silo's. Bij opslag van mest geldt dat langdurige vooropslag moet worden vermeden omdat de kwaliteit van de mest achteruit gaat door koude vergisting. Het kwaliteitsverlies treedt op doordat de organische stof wordt afgebroken en omgezet in methaan. Deze emissie van methaan wordt niet opgevangen en verbrand in de WKK, waardoor de potentiële biogasopbrengst daalt. Voor opslag van vloeibare coproducten uit de voedings- genotsmiddelenindustrie (VGI) kunnen tanks, die ook worden toegepast bij het vervoeren van brijvoer, gebruikt worden. Deze tanks, waarin het product gedurende enkele dagen verblijft en van waaruit de vergistingstank vrijwel continu gevoed wordt, dienen te worden voorzien van een roerwerk om ontmenging te voorkomen. Voor enkele producten uit de VGI dient men de tank te isoleren en/of te verwarmen om stolling gedurende de opslag te voorkomen. Voor vaste coproducten komen sleufsilos en/of kuilen in aanmerking. Hierbij is net als bij regionale vergisting het voorkomen van geuremissie een belangrijk aandachtspunt. De kosten van opslag van coproducten zijn hetzelfde als wanneer deze producten als voedermiddel worden opslagen. In KWIN-Veehouder (ASG, 2004) wordt uitgebreide informatie gegeven over de investering en kosten van mestopslagen en opslagen voor voedermiddelen.

2.2.3 Mengen en voorbehandeling

Een voorbehandeling van materialen alvorens ze in het vergistingsproces in te voeren kan nodig zijn om verstoringen of verstoppingen te voorkomen. Typische voorbehandelingsprocessen zijn:

- Verwijderen van verontreinigen zoals stenen en zand. Dit om te voorkomen dat er bezinklagen ontstaan in de vergister. Deze bezinklagen verkleinen de inhoud van de vergister en kunnen in het slechtste geval de roerwerken beschadigen. Voor het afvangen van stenen en andere grote delen kan een stenenvanger in de aanvoerleiding worden geplaatst;
- Verkleinen van materiaal, t.b.v. oppervlakte vergroting en voorkomen van verstoppingen van leidingen verder in het proces;
- Mixen en homogeniseren dient te gebeuren ter verbetering van de homogeniteit van de invoer van de biomassa zodat een geleidelijke en constante voeding van de bacteriën is gegarandeerd. Kosten van dompelmixers liggen in de range € 5.000,- tot € 10.000,- op basis van KWIN (ASG, 2004);
- Sanitatie van producten ter voorkoming van verspreiding van ziektekiemen. Dit geldt met name voor producten die volgens de Dierlijke Bijproducten Verordening 2002/1774 verplicht een hittebehandeling dienen te ondergaan bij verwerking in een vergistinginstallatie.

2.2.4 Invoer

Er is een scala aan invoersystemen voor coproducten op de markt die men toe kan passen. Bij de keuze voor een invoersysteem is van belang of het coproduct verpomptbaar is of niet. Verpompbare producten kunnen rechtstreeks in de vergister gebracht worden of van tevoren met een hoeveelheid mest gemengd worden in een voormengput. De keuze van de pomp hangt af van de plaats waar deze gemonteerd kan worden

en het droge stofgehalte van het in te voeren mengsel. Over het algemeen zijn verdringerpompen beter geschikt omdat zij robuuster zijn qua opbouw en een hoog droge stofgehalte aankunnen. Nadeel is dat ze gevoeliger zijn voor verontreinigingen zoals stenen.

Voor stapelbare, niet verpompbare producten is een vast stofinvoer nodig. Deze kan worden onderverdeeld:

- Inspoelschachten
- Invoerbakken met schroef
- Invoerbakken met molpomp

Voordeel van invoerbakken met vijzel, schroef of molpomp is dat de invoer gecombineerd is met een kleine opslag, eventueel voorzien van versnijdinginrichting, zodat de invoer geautomatiseerd kan worden. Om ook het bevoorraden van de invoerbakken te automatiseren kunnen de opslagen worden voorzien van automatische transport systemen zogenaamde walking floors (in NL schuifbodem). Deze verplaatsen middels een automatisch systeem de biomassa naar een centraal punt vanwaar automatisch middels transport banden en/of transportschroeven de biomassa verder kan worden getransporteerd. Het voordeel van dergelijke systemen is dat slechts periodiek vaste biomassa dient te worden aangevoerd.

In tabellen 2.1 en 2.2 staan de voor- en nadelen en de kosten van de verschillende systemen beschreven.

Tabel 2.1 verschillende invoersystemen voor coproducten.

Invoersysteem	Voordelen	Nadelen
Voormengput	• Eenvoudige techniek • Universeel inzetbaar • Kostengunstig	• Hoge eisen pompen • Maximaal ds-gehalte te verpompen • Arbeid • Geuremissie • kans op rommel door handmatige invoer
Inspoelschachten	• Eenvoudige techniek • Universeel inzetbaar • Kostengunstig	• Verstopping • Slechte dosering • Vergiste mest als spoelvoerstof zorgt voor geuremissie
Invoerbak met vijzel	• Snijden en verkleinen • Mengen • Tijdssturing invoer • Meerdaagse voorraad	• Kosten • Dichtheid • Roestvorming • storingsgevoeligheid
Invoerbak met pers	• Gasdichte invoer • Meerdaagse voorraad • Tijdsturing invoer • Verkleinen en mengen • Vloeistofdicht	• Kosten • Grote invoeropening nodig • storingsgevoeligheid

Tabel 2.2. De investeringskosten van de verschillende invoersystemen.

Invoersysteem	Investeringskosten
Voormengput	€5.000 – 15.000
Inspoelschachten	€ 3.000 – 5.000
Invoerbak met vijzel	€ 25.000 – 40.000
Invoerbak met pers	€ 30.000 – 50.000

Op boerderijniveau kan men vanwege de hoge investeringskosten voor de invoer van coproducten naast drijfmest, onmogelijk dure systemen veroorloven. Aangezien personele kosten anders zijn door te berekenen bij een regionale vergister zal men daar eerder neigen voor automatische systemen te kiezen.

2.2.5 Vergister

Er bestaan verschillende soorten vergisters afhankelijk van de schaalgrootte, de manier van mengen en de temperatuur van het proces. Er zijn verschillende criteria waarop vergistingtanks kunnen worden ingedeeld:

1. Manier van toevoermateriaal
 - a. Discontinue
 - b. Quasicontinue
 - c. Continue
2. Droge stofgehalte van materiaal
 - a. Droge vergisting
 - b. Natte vergisting
3. Het aantal processtappen
 - a. Een fase vergisting
 - b. Twee fase vergisting
4. Procestemperatuur
 - a. Psychrofiel
 - b. Mesofiel
 - c. Thermofiel

Het soort vergister wordt voornamelijk bepaald door de manier waarop het te vergisten materiaal wordt toegevoegd en het droge stofgehalte van het materiaal. Bij een batch vergister wordt de vergister nadat het materiaal vergist is helemaal leeggehaald en opnieuw gevuld met vers materiaal (discontinue). Deze methode wordt vooral gebruikt bij materiaal dat niet verpompbaar is (droge vergisting). Wanneer het materiaal wel verpompbaar (natte vergisting) is wordt in de praktijk vrijwel uitsluitend continue vergist.

In een één fase systeem vinden alle processtappen in één reactor plaats en gebeurt hydrolyse (zuurvorming) en methanogenese (methaanvorming) in één tank. In deze reactor heersen dus dezelfde omstandigheden voor alle bacteriën die bij de verschillende processen betrokken zijn. Meerfase systemen bestaan uit een tank voor de hydrolyse en een tank waar de methanogenese plaatsvindt. In de wetenschapswereld bestaat er grote onenigheid omtrent het nut van het scheiden van verschillende fasen in het vergistingsproces. Het scheiden van de fasen houdt in dat men meerdere vergistingtanks dient te plaatsen. In verband met schaalfactoren is het scheiden van de fasen voor vergistingtanks op boerderijschaal niet economisch haalbaar. Vergisting kan plaatsvinden in 3 temperatuurstrajecten (zie paragraaf 2.1.3 voor een beschrijving daarvan).

In de praktijk de meest voorkomende reactortypen zijn de propstroomvergister en de volledig gemengde vergister (CSTR). Ze verschillen in constructie en de manier van mengen. Een volledig gemengde vergister bestaat uit een stalen of betonnen silo met een inhoud die minimaal gelijk is aan de dagelijks beschikbare hoeveelheid te vergister materiaal vermenigvuldigd met de gewenste verblijftijd. Vers ingebracht materiaal wordt direct gemengd met al aanwezig 'oud' materiaal.

Voorafgaand of tegelijk met het inbrengen van vers materiaal verdwijnt er een gelijke hoeveelheid 'oud' materiaal. In de hele tank heersen vrijwel dezelfde

procesomstandigheden wat betreft temperatuur en pH die afgestemd zijn op de methaanvormende stap van het vergistingsproces. De verblijftijd is een gemiddelde verblijftijd.

Een propstroomvergister bestaat uit een, meestal horizontale stalen, tank waarbij aan de ene kant vers materiaal ingepompt wordt terwijl op datzelfde moment aan de andere kant materiaal de tank verlaat. Ook hier is de omvang van de tank gelijk aan het dagelijks aanbod maal de gewenste verblijftijd. In de tank is een roerwerk aangebracht dat voorkomt dat zich drijf- of bezinklagen vormen. Vers materiaal wordt op deze manier niet in contact gebracht met 'oud' materiaal. De verblijftijd is geen gemiddelde maar een werkelijke verblijftijd en in de vergister kunnen verschillende omstandigheden heersen wat betreft temperatuur en pH. Het voordeel van propstroom t.o.v. volledig geroerde vergister is dat een hogere drogestofgehalte kan worden verwerkt en de gasopbrengst per kg ingebracht materiaal hoger is of, bij gelijke gasopbrengsten, de verblijftijd lager kan zijn door optimale opstandigheden voor deelprocessen. Daardoor kan, bij een gelijk aanbod van te vergisten materiaal, de inhoud van een propstroomvergister kleiner zijn dan van een volledig gemengde vergister. Voordeel van een volledig gemengde vergister is de eenvoudige constructie en het feit dat dit type vergister beter aansluit bij bestaande mestopslagsystemen op veehouderijbedrijven. Daarnaast is het eenvoudiger en goedkoper om een grote silo te bouwen en moet er voor een propstroomvergister eerder voor twee vergisters gekozen worden. Al met al komt een propstroomvergister vooral tot zijn recht bij relatief kleine hoeveelheden te vergisten materiaal met een hoog droge stofpercentage.

Een vergistingstank bestaat in hoofdzaak uit de volgende onderdelen: tank, isolatie, verwarmingssysteem en een mixsysteem.

De tank kan uitgevoerd worden in staal of beton. Voordeel van stalen silo's is dat de bouwtijd korter is en ze wat flexibeler zijn in het achteraf aanbrengen van doorvoeringen of mangaten. Nadeel is dat de technische installaties in de vergister zoals pomp of mixer extra ondersteund moeten worden omdat de silowand te weinig draagvermogen heeft. Voordeel van beton is dat de silo geïntegreerd kan worden met de fundering en de bodem. Besteed bij de bouw van een betonnen silo voldoende aandacht aan de betonkwaliteit en, bij ter plekke gestort beton, aan de verwerking op de bouwplaats. Voor de bouw van betonnen vergisters kan gebruik gemaakt worden van de kennis en ervaring uit de bouw van mestsilos. Omdat de vergisters vallen onder het besluit mestbassins moet bij de bouw gewerkt worden volgens de (handleiding bij de) bouwtechnische richtlijnen mestbassins (BRM, 1991 en BRM, 1990). Isolatie van de silo is nodig om de inhoud van de silo op temperatuur te houden en onnodig warmteverlies te voorkomen. Isolatie kan aan de buitenkant en aan de binnenkant van de silo aangebracht worden. Aan de buitenkant moet de isolatie dan beschermd worden tegen weersinvloeden. Er is een groot aanbod van verschillende isolatiematerialen. Wat betreft verwerking en isolatiewaarde heeft polystyrol de voorkeur.

Om de mest op temperatuur te brengen en te houden is een verwarmingssysteem nodig. Dit kan geïntegreerd zijn in de silo of als warmtewisselaar buiten de vergister opgesteld zijn. De interne systemen bestaan uit warmwater buizen die aan de binnenkant van de wand gemonteerd worden of bij betonnen silo meegestort worden en in de silowand zitten. Ook de bodem van de silo kan voorzien zijn van verwarmingsbuizen. Dat laatste is niet aan te raden wanneer de kans op bezinklagen bestaat. Een externe warmtewisselaar verwarmt de mest voordat het in de silo wordt gebracht. Voordeel hiervan is dat het materiaal op temperatuur is als het in de vergister komt er dus minder (plaatselijke) temperatuurschommelingen plaatsvinden. De bacteriën in de vergister zijn erg gevoelig voor plotselinge temperatuursveranderingen. Verder is de warmteoverdracht naar het te vergisten materiaal bij externe warmtewisselaars veel efficiënter en is de uiteindelijke temperatuur van het materiaal goed regelbaar.

Groot nadeel van deze vorm van verwarming is dat het om een technisch veel ingewikkeldere installatie gaat die ook veel duurder is.

Het belangrijkste bij covergisting is dat het mixsysteem afgestemd moet zijn op het te vergisten materiaal. Worden alleen vloeibare, makkelijke vergistbare producten ingebracht, dan kan volstaan worden met een relatief eenvoudig mixsysteem zoals een dompelmixer. Worden echter moeilijk vergistbare materialen verwerkt die voor drijf- of bezinklagen zorgen dan zal men moeten kiezen voor een uitgebreider mixsysteem zoals een pedelroerwerk of meerder mixers in combinatie met een bodemschraper. Daarnaast is ook menging door rondpompen van mest of inbrengen van gas mogelijk.

Bij gebruik van een standaard vergister, op basis van een continu geroerde tank reactor dient bij de verwerking van sterk bezinkende en/of drijvende biomassa stromen de vergister om de ca. 2 a 3 jaar te worden stopgezet, leeg te worden gemaakt om vervolgens het sediment te verwijderen. Gedurende het verwijderen van het sediment treden er emissies van methaan en geur op naar de omgeving, is er minder opbrengst door stilstand en opstart van het proces en het is daarbij ook nog kostbaar en vuil werk. Dit kan men voorkomen door te kiezen voor een kleiner voorvergister waar de hydrolyse plaatsvindt. Het reinigen van deze relatief kleine voorvergister kost minder tijd, de gas- en geuremissie is beperkt en het proces is sneller op te starten doordat in de grote vergister voldoende actief materiaal op de juiste temperatuur beschikbaar is. Een andere mogelijkheid is het aanbrengen van voorzieningen om de bezinklagen uit de silo te verwijderen zonder het proces te stoppen. Dit kan door de bodem van de vergister uit te voeren als een conische trechter met in het midden een afvoer. Het bezinksel verzamelt zich dan in het midden. Hetzelfde kan ook bereikt worden door een bodemschraper. Wanneer de afvoer wordt geopend zal door de stroomsnelheid het bezinksel afgevoerd worden. Deze methode wordt 'flushen' genoemd.

Naast een meerfase systeem werkt men bij een regionale vergister vaak met twee parallelle vergisters. Dit omdat een systeem met één vergistingtank voor een dergelijke omvang moeilijk te homogeniseren is en indien er calamiteiten ontstaan men niet het gehele proces dient stil te zetten maar op halve kracht verder kan werken.

De kosten van een vergister hangen sterk samen met de uitvoering (grootte, staal/beton, isolatiewaarde, verwarmingsysteem, etc) en welke kosten wel/niet worden meegerekend (pompen, leidingen, etc.). De specifieke kosten liggen tussen € 100,- en € 300,- per m³ inhoud.

Tabel 2.3 Een overzicht van de verschillende mixsystemen met voor- en nadelen.

Type	Beschrijving	Voordelen	Nadelen
Dompelmixer	• Snel lopend (300-1500 rpm) • Benodigd vermogen: 10 kW/1000m³ • Beschikbaar vermogen: 0,35-35 kW per eenheid	• Zeer goede menging in alle delen van de vergister • Breekt drijf- en bezinklagen	• Veel bewegende delen in vergister • Grote vermogensbehoefte bij intervalgebruik • Vergister moet open voor onderhoud • Elektrische componenten in vergister
Lange as mixer	• Middelsnel lopend (300-1500 rpm) • Benodigd vermogen: 10 kW/1000m³ • Beschikbaar vermogen: 2-30 kW per eenheid	• Goede menging • Aandrijving buiten vergister • Continue bedrijf mogelijk	• Bereikt niet alle delen van vergister • Grote vermogensbehoefte bij intervalgebruik • Geluidsoverlast door motoren buiten • Doorvoer door vergisterwand
Axiaalmixer	• Langzaam lopend (<200 rpm) • Benodigd vermogen 2 kW/1000 m³ • Beschikbaar vermogen: <25 kW en 22m silo diameter	• Geen draaiende delen in vergister • Goed toegankelijk voor onderhoud	• Bereikt niet alle delen van vergister • Bij randen kans op drijf- en bezinklagen
Peddelroerwerk	• Langzaam lopend (<200 rpm) • Benodigd vermogen erg afhankelijk van covergistingsmateriaal • Vooral geschikt voor hoge droge stofgehaltes	• Drijfbladen worden goed gemengd • Robuust	• Doorvoer door vergisterwand
Type	Beschrijving	Voordelen	Nadelen
Gasmenging	• Menging door gas onder op de bodem van de vergister te injecteren • Benodigd vermogen: 15 kW compressor voor 1400 m³ vergister.	• Goede doormening op alle plaatsen in silo mogelijk • Geen mechanische delen in vergister • Eenvoudig systeem	• Alleen mogelijk bij vloeibare covergistingsmaterialen die geen drijf- of bezinklagen vormen
Vloeistofmening	• Mening door inhoud van vergister rond te pompen • Benodigd vermogen vergelijkbaar met dat voor pompen	• Goede doormening op alle plaatsen in silo mogelijk (vooral met beweegbare spuitkoppen) • Geen mechanische delen in vergister • Eenvoudig systeem	• Alleen mogelijk bij makkelijk verpompbare covergistingsmaterialen

2.2.6 Sanitatie

Sanitatie van de materialen kan op diverse punten in het proces geschieden. Bij een boerderijschaal vergister is sanitatie mogelijk niet noodzakelijk vanwege de verwerking van uitsluitend mest en coproducten van eigen bedrijf. Bij een regionale vergister is sanitatie vrijwel standaard. Een hygiëniseringsstelsel bestaat veelal uit meerdere sanitatietanks, waarin de materialen gedurende ten minste 1 uur op 70 °C worden verwarmd om ziektekiemen en onkruidzaden af te doden. Veelal wordt de sanitatie na de na-vergister geplaatst. Echter bij systemen die van een combinatie mesofiele voorvergisten en thermofiel na-vergisten gebruik maken kan de sanitatie tussen deze twee processen plaats vinden ter vermindering van het energieverbruik voor opwarmen van de biomassa.

2.2.7 Gasopslag

Voor de opslag en verwerking van biogas maakt het in principe niet uit of naast dierlijke mest wel of niet covergist wordt. Bij covergisting zal door de sterk verhoogde biogasproductie de verschillende onderdelen opgeschaald dienen te worden. Deze onderdelen zijn in principe onafhankelijk van het materiaal dat wordt verwerkt in een vergistinginstallatie.

De opslag van biogas zal op boerderijschaal in de meeste gevallen geïntegreerd zijn met de vergistingstank. Hiertoe bevindt zich boven op de tank een flexibel gasmembraan. Externe opslag onder een gasmembraan of in een gaszak is ook mogelijk en ook combinatie met de naopslag, bijvoorbeeld een mestbassin, zoals op Praktijkcentrum De Marke, kan toegepast worden maar is niet gebruikelijk. Voordeel van een gasopslag boven de vergister is dat er geen extra grondoppervlak ingenomen wordt. Nadeel is echter dat het gasmembraan moeilijk te isoleren is zodat er relatief veel warmteverlies optreedt via het membraan. Door de grote inhoud en de vermenging van 'oud' en 'nieuw' gas levert de meting van het methaangehalte geen betrouwbare informatie over het actuele verloop van het proces. Verder is een gasmembraan bovenop een silo gevoeliger voor wind.

Het gasmembraan kan enkelvoudig en dubbel uitgevoerd worden. Bij een dubbel membraan wordt het buitenste membraan op druk gehouden door een compressor die lucht blaast tussen de twee membranen. Deze druk zorgt samen met het gewicht van het binnenste membraan voor een overdruk in de gasopslag waardoor het gas naar de WKK stroomt. Nadeel zijn de kosten en de stroombehoefte. Bij enkelvoudig moet echter boven het mestniveau een zolder aangebracht worden waarop het membraan kan rusten wanneer de opslag niet vol genoeg is om het membraan op spanning te houden. Voorkomen moet worden dat het membraan het mestniveau raakt. Gezien de schaalgrootte kan bij regionale vergisting gekozen worden voor gescheiden biogasopslag. In bovenstaande opslagmethoden heerst een overdruk van 0,05-1 mbar. Gasopslag onder hogere druk (tot 250 bar) is ook mogelijk. Dat gebeurt dan in stalen drukhouders of flessen. Grote voordeel daarvan is de beperking van het opslagvolume maar nadeel daarbij is de energie die nodig is voor het op druk brengen van het gas (0,22-0,30 kWh/m³). Deze manier van gasopslag wordt dan ook alleen toegepast bij grote installaties en wanneer het gas over grote afstanden getransporteerd moet worden. De grote van de gasopslag moet afgestemd zijn op de te verwachten biogasopbrengst, de capaciteit van de WKK en het aantal draaiuren van de WKK (continue of alleen tijdens piekuren). In de praktijk wordt voornamelijk gekozen voor geïntegreerde biogasopslagen. Om schade aan het gasmembraan door over- of onderdruk te voorkomen dient de biogasopslag te voorzien van een over/onderdrukbeveiliging. Bij grootschalige vergisters kan deze gecombineerd worden met een verplichte affakkelininstallatie.

Voordat het biogas verbrand kan worden moeten een aantal schadelijke componenten uit biogas verwijderd worden. De belangrijkste componenten zijn waterdamp, ammoniak (NH_3) en zwavelwaterstof (H_2S). Ontzwaveling zal op boerderijniveau plaatsvinden door het inblazen van een kleine hoeveelheid lucht (ongeveer 4 vol-%) in de biogasopslag. De zuurstof reageert met het zwavelwaterstof tot zwavel dat neerslaat op de mest. Verder wordt zwavelwaterstof omgezet door bacteriën. Voor een goede ontzwaveling valt het daarom aan te raden om ook een houten dek boven in de tank te installeren waar de zwavelbacteriën zich kunnen hechten. Voor regionale schaal kan de ontzwaveling ook plaatsvinden middels externe biologische ontzwavelingskolommen. Het voordeel van de interne biologische reiniging is dat het erg eenvoudig en goedkoop is. Een simpele compressor en een venturie ventiel is voldoende. Nadeel is dat er geen zicht is op de effectiviteit van de zuivering. Dat is bij externe biologische of chemische zuivering wel mogelijk maar de kosten hiervan zijn beduidend hoger. Het geproduceerde biogas is verzadigd met waterdamp en een groot deel van het water dient verwijderd te worden. Dit kan gebeuren middels via een ondergrondse gasleiding en een condensput of een koelapparaat dat het biogas koelt waardoor water condenseert. Voordeel van deze methode is dat er veel meer waterdamp verwijderd wordt dan bij de methode waarbij de leiding ondergrond door een condensatieput loopt. De maximale ontwatering bij die methode afhankelijk van de bodemtemperatuur en de lengte van de ondergrondse leiding. Nadeel van actieve koeling is dat dit energie vraagt.

Omdat ammoniak goed oplosbaar is in water zal door de condensatie van de waterdamp ook het grootste deel van de ammoniak uit het biogas verwijderd worden. De controle op gaskwaliteit gebeurt bij boerderijvergisters continue en automatisch als het gaat om het methaangehalte en periodiek handmatig als het gaat om zwavelwaterstof en ammoniak. Bij grote systemen is er vaak een betere kwaliteitscontrole voor de samenstelling van het biogas mogelijk en extra ontzwaveling systemen naast de gebruikelijke biologische systemen.

2.2.8 WKK

Het geproduceerde biogas zal na reiniging in de meeste gevallen worden verwerkt in een WKK (warmte krachtkoppeling), een verbrandingsmotor gekoppeld aan een generator, waardoor een gecombineerde productie plaatsvindt van elektriciteit en warmte. Er zijn twee typen verbrandingsmotoren beschikbaar voor de verbranding van het biogas. Het eerste type werkt volgens het Otto-principe en wordt ook wel gasmotor genoemd. De ontsteking van het gasmengsel gebeurt door bougies. Het tweede type werkt volgens het Diesel-principe en wordt ook wel Zündstrahlmotor genoemd. Samen met gas wordt altijd een kleine hoeveelheid diesel ingespoten. Het mengsel komt door drukverhoging tot ontbranding. In Nederland is alleen gebruik van de gasmotor relevant omdat de Zündstrahlmotor niet voldoet aan emissie-eisen voor stook installaties (waar WKK's onder vallen).

Voordelen van de gasmotor zijn de lagere onderhoudskosten, de gunstige en de uitlaatgasemissies het hogere totale rendement van de motor. Nadeel is dat de motor niet kan draaien bij slechte biogaskwaliteit ($<45\% \text{CH}_4$). Om stilstand te voorkomen en om bij het opstarten van de vergister warmte te kunnen produceren moet een aardgas aansluiting gemaakt worden.

Voordelen van de Zündstrahlmotor zijn de lagere aanschafprijs, een hoger elektrisch rendement, geen minimeisen aan de biogaskwaliteit en de mogelijkheid om ook als stand-alone installatie te fungeren. Grote beperking van de Zündstrahlmotor is de hogere uitstoot van met name NO_x . Vervanging van diesel door plantaardige olie of biodiesel is mogelijk en vermindert de uitstoot van koolstofmonoxide en zwaveloxiden.

De specifieke kosten voor een WKK liggen tussen de € 500,- en € 1.200,- per kW, waarbij de kosten per kW dalen van kleine naar grote motoren. Gemiddeld liggen de investeringskosten op € 800,- per kW (FNR, 2004).

Naast de gasmotor vinden er ontwikkelingen plaats op het gebied van brandstofcellen en gasturbines wat de toepassing van deze systemen binnen 5 à 10 jaar mogelijk kan maken. Aangezien er geen MEP-subsidie voor groen/duurzaam gas is zullen systemen waarbij geen elektriciteit wordt opgewekt vooralsnog weinig opgang vinden. Dit heeft met name betrekking op de directe invoer van biogas in het aardgasnet of gebruik in ketels voor verwarming van gebouwen en stallen. Echter in specifieke gevallen of bij veranderde omstandigheden (bijvoorbeeld stijging aardgaskosten of nieuwe ontwikkelingen/innovaties) kan het mogelijk wel toegepast gaan worden. Biogas kan ook toegepast worden als voertuigbrandstof. Daarvoor moet het naast de eerder genoemde zuivering ook ontdaan worden van kooldioxide. In Zweden, Frankrijk en Zwitserland rijden bussen, vrachtauto's en personenauto's op biogas.

Voor grootschalige installaties is, in tegenstelling tot boerderijvergister, een alternatieve verwerking van het biogas naast de gebruikelijk gasmotor verplicht om emissies bij calamiteiten te voorkomen. Deze alternatieve verwerking kan geschieden op diverse manieren zoals noodfakkel, een biogasketel of extra WKK. De noodfakkel zal vergunningtechnisch veelal verplicht in een gesloten uitvoering moeten worden uitgevoerd. Een ketel wordt in enkele gevallen verkozen boven een noodfakkel zodat men gebruik kan maken van de warmte hetzij ten bate van het vergistingproces hetzij voor alternatieve afzetmogelijkheden. Een derde mogelijkheid is het plaatsten van 2 WKK's met de helft van het benodigde vermogen in plaats van 1 grote WKK. Dit heeft als voordeel dat er bij storing of onderhoud aan één van de twee motoren toch elektriciteit en warmte geproduceerd kan worden. Zeker wanneer er een contract met een energie-maatschappij is afgesloten waarbij een leveringsverplichting is opgenomen is deze optie te overwegen. Het niet tegemoet komen aan de leveringsverplichting leidt namelijk tot boetes. Een nadeel van de keuze voor twee WKK's is dat de totale efficiëntie van één motor hoger ligt dan die van twee motoren met een even grote gezamenlijke capaciteit.

Met een vergistinginstallatie zijn partijen in staat om stuurbaar vermogen in duurzame energie te creëren. Bij voldoende opslagcapaciteit van het biogas kan men door het dusdanig overdimensioneren van de gasmotor kiezen voor een periodieke conversie van het biogas in elektriciteit tijdens piekuren. Dit leidt tot hogere inkomsten uit de verkoop van de geproduceerde elektriciteit. Met name piek / dal levering (peak / off peak) direct aan bedrijven of het openbare net kan een extra investering in een grotere gasmotor rendabel maken. Men moet dan wel rekening houden met discontinue warmte levering, dat te ondervangen is door een warmtebuffer. Verder dient men rekening te houden met een kortere levensduur en extra onderhoudskosten door de vele starts en stops van de gasmotor.

2.2.9 Procesmonitoring en -besturing

Voor een goede beoordeling op een optimaal verloop van het vergistingsproces is het belangrijk om regelmatig controlewerkzaamheden uit te voeren. De volgende parameters dienen regelmatig gecontroleerd te worden:

- Procestemperatuur
- Zuurgraad (pH)
- Gashoeveelheid

- Gassamenstelling (op componenten CH₄, CO₂ en H₂S met name voor garantie op de WKK)
- Hoeveelheid mest en covergistingsproducten
- Samenstelling van mest, coproducten en digestaat (kwaliteit van het coproduct is belangrijk i.v.m. de potentiële biogasopbrengst en stabiel verloop van het vergistingsproces)
- Mestniveau in vergister
- Gasniveau in gasopslag
- Vetzuursamenstelling

Vanwege de verdergaande automatisering van componenten in het systeem, veelal om personeelskosten te besparen, is een omvangrijke procesbesturing bij regionale vergisting systemen onontbeerlijk. De huidige procesbesturingen zijn in staat om naast de aanvoer en afvoer van biomassa onbemand te functioneren. Middels een internet verbinding kan de procesbesturing zelfs van afstand geschieden. Dit maakt het mogelijk om verschillende specialistische bedrijven in te huren voor de afzonderlijke componenten zoals een motormanagement systeem ter optimalisatie van de elektriciteitsinkomsten (vraag gestuurde schakeling), een separate biologische controle en voor adequate afhandeling van alarm signalering met een 24 uur service bedrijf uit de buurt. Apparatuur voor monitoring zitten deels vaak al standaard in de bijhorende apparatuur (temperatuursensoren in vergister, motormanagementsysteem van WKK), terwijl andere als optie aangeboden worden (bijv. gasanalyseapparatuur). De kosten voor monitoren hangen sterk samen met de keuze van apparatuur (zeer eenvoudig tot volledig geautomatiseerd) en bemonsterings-frequentie (wekelijks vs maandelijks) en variëren daardoor sterk van enkele honderden tot duizenden euro's.

2.2.10 Naopslag van digestaat

Na de vergisting moet het digestaat opgeslagen worden totdat het kan worden uitgereden of totdat het wordt afgevoerd van het bedrijf. Daarvoor kunnen standaardopslagsystemen die gebruikelijk zijn bij de opslag van varkens- en rundveemest gebruikt worden. Door afbraak van een deel van de organische stof in de mest zullen minder snel bezink- of drijfslagen gevormd worden. Toch wordt de naopslag vaak uitgevoerd met een mengsysteem. Ook hiervoor kunnen standaardoplossingen gekozen worden. Tijdens de opslag gaat de vorming van methaan door. Zeker in het begin, wanneer de mest nog aan het afkoelen is, kan de gasproductie aanzienlijk zijn en oplopen tot 20% van de totale productie. Het heeft dus zin om ook de naopslag te voorzien van een gasopvang.

2.2.11 Veiligheidsaspecten

Door de Federatie van Onderlinge Verzekeringsmaatschappijen in Nederland (FOV) heeft een preventiebrochure opgesteld voor de veiligheidsregels en preventierichtlijnen voor biogasinstallaties. Deze brochure is te downloaden via www.fov.nl. Het is aan te raden om daarin gesteld eisen en aanbevelingen te volgen om de installatie verzekeraar te laten zijn. Overleg met een assurantieadviseur tijdens het ontwerp én de bouw van de installatie is aan te bevelen. De belangrijkste gevaren die spelen bij een vergistingsinstallatie zijn verstikkingsgevaar, explosiegevaar en brandgevaar. Verstikkingsgevaar kan voorkomen worden door de kans op lekkage van biogas zo klein mogelijk te maken en tegelijkertijd te zorgen dat wanneer toch lekkage ontstaat de gevolgen beperkt zijn. Het risico van lekkage doet zich vooral voor bij de gasopslag.

De keuze van het materiaal van de gasopslag moet daarom aan de volgende eisen voldoen:

- Scheurvastheid van minimaal 50 N per 5 cm
- Gasdoorlaatbaarheid van maximaal 1 liter methaan per m² per dag bij 1 bar drukverschil
- Daarnaast moet de gasopslag beschermt worden tegen mechanische beschadigingen en moet een over- en onderdruk beveiliging aanwezig zijn.

Wanneer toch lekkage optreedt moet het gas snel vervluchtigen. Biogas heeft een vergelijkbare dichtheid als lucht maar zal zich vrijwel direct ontmengen. De zwaardere componenten zoals CO₂, H₂S en CO zullen dalen en de lichte componenten zoals CH₄ zullen stijgen. Gevaar van verstikking of vergiftiging is daarom waarschijnlijker dan explosiegevaar. Het FOV vindt het daarom niet wenselijk dat de gasopslag zich in een gebouw bevindt.

Tijdens de productie en opslag van biogas kan een explosief of brandbaar mengsel ontstaan. Biogas is zelf niet explosief maar door lekkages kunnen explosieve mengsels ontstaan. Een mengsel is explosief wanneer 6-12 vol-% uit biogas bestaat en er een ontstekingsbron aanwezig is. De gebieden met explosiegevaar worden ingedeeld in zones op basis van de kans op een gevaarlijke situatie. Zone 0 bevat gebieden met een voortdurende of langdurige kans op een explosief mengsel, zone 1 is het gebied waar incidenteel en zone 2 het gebied waar zelden of gedurende korte tijd een explosief mengsel kan ontstaan. Voor vergistingsinstallaties zijn de eisen die gelden voor zone 2 van toepassing. Binnen de zones worden eisen gesteld aan elektrische installaties.

Naast bovengenoemde zaken bevat het rapport van de FOV een aantal handleidingen voor de oplevering en ingebruikname van een vergistingsinstallatie en een reeks aanbevelingen. Een aantal zijn hieronder weergegeven.

- Gasleidingen mogen niet van koper zijn
- De WKK moet voorzien zijn van vlamdovers
- Over- en onderdrukbeveiligingen moeten vorstvrij gemonteerd zijn
- Wanneer de te verwachten hoeveelheden die worden afgeblazen bij een storing of overdruksituatie meer dan 20 m³/uur zijn moet een gasbrander of gasfakkel geïnstalleerd worden
- De ruimte waarin de WKK is opgesteld moet voldoende geventileerd worden. De ventilatieopeningen moeten een oppervlak hebben van minimaal 10*kW_e+175 cm²
- Het moet mogelijk zijn de gastoevoer buiten de WKK ruimte te onderbreken
- Hang een poederblusser in de buurt van de WKK en/of de vergister.

Meer informatie

Wat betreft de technische randvoorwaarden van een vergistingsinstallatie is meer informatie weergegeven in de volgende verschillende handboeken voor biogasinstallaties:

- Planning and installing – bioenergy systems; a guide for installers, architects and engineers; DGS & Ecofys, 2005
- Handreichung; biogasgewinnung und –nutzung, Institut für Energetik und Umwelt gGmbH, 2004
- Biogas Praxis – Grundlagen - Planung - Anlagenbau, Schulz, 2001.

2.3 Voorbeelden van vergistingsinstallaties

Voor drie voorbeeldsituaties op uiteenlopend schaalniveau geven we hieronder een beschrijving van een representatieve vergistingsinstallatie.

I. Kleine vergistinginstallatie op boerderijniveau

In een kleine vergistinginstallatie op boerderijniveau zullen met name producten die op het eigen bedrijf geproduceerd en geteeld worden als coproduct gebruikt worden. Dit voorbeeld betreft een melkveebedrijf met een omvang van 200 koeien met bijbehorend jongvee. Deze produceren jaarlijks 6.122 m³ drijfmest. Als covergistingmateriaal wordt jaarlijks 1250 ton snijmaïs en 750 ton vleeskuikenmest toegevoegd. De vergistinginstallatie bestaat uit een vooropslag van 100 m³, een vergister van 1200 m³ en een naopslag van 1245 m³. De WKK heeft een vermogen van 137 kW. Totaal wordt op dit bedrijf ruim 530.000 m³ biogas geproduceerd met een methaangehalte van gemiddeld 63%. Hieruit wordt 932.500 kWh elektriciteit geproduceerd, waarvan 108.000 kWh voor eigen consumptie is en 824.500 wordt teruggeleverd aan het net.

Tabel 2.4: Overzicht kleine boerderijvergister

Onderdeel	Omschrijving (grootte, etc)	Toelichting
Mestopslag	Kelder onder stal of dichte vloer	
Opslag coproducten	Sleufsilo/kuilen (560 m ²)	
Invoer coproducten	Voormengput 100 m ³	Vullen gebeurt m.b.v. voermengwagen
Voorhandeling	-	-
Sanitatie	-	-
Vergistingtank	1200 m ³	
WKK	137 kWe	
Gasopslag	Geïntegreerde gasmembraan op silo	
Gas beveiliging	over- en onderdukbeveiling	Dient tevens voor afvoer overtollig gas
Eindopslag	Mestbassin (1245 m ³)	

II. Grote vergistinginstallatie op boerderijniveau

In een grote vergistinginstallatie op boerderijniveau worden naast producten van het eigen bedrijf producten van derden aangevoerd zoals coproducten uit de levensmiddelenindustrie en dierlijke meststoffen. Dit voorbeeld betreft een gesloten varkensbedrijf met 600 zeugen en 4800 vleesvarkens. Deze produceren jaarlijks 9.400 m³ drijfmest. Daaraan wordt 3000 ton gist toegevoegd en 1500 ton vleeskuikenmest. De vergistinginstallatie bestaat uit een voormengput van 200 m³, een vergister van 2015 m³ en een navergister van 447 m³. De WKK heeft een vermogen van 208 kW. Totaal wordt op dit bedrijf bijna 874.100 m³ biogas geproduceerd met een gemiddeld methaangehalte van 63%. Daaruit wordt 1,50 MWh geproduceerd waarvan bijna 200.000 kWh voor eigen consumptie is en 1,30 MWh geleverd wordt aan het net.

Tabel 2.5: Overzicht grote boerderijvergister

Onderdeel	Grootte	Toelichting
Mestopslag	200 m ³	tussenopslag
Opslag coproducten	2x 50 m ³	brijvoersilo's
Invoer coproducten		rechtstreeks uit silo's
Voorhandeling	-	
Sanitatie	-	-
Vergistingtank	2015 m ³	
WKK	208 kWe	
Gasopslag	Geïntegreerde gasmembraan op silo	
Gas beveiliging	Over- en onderdukbeveiling	Dient tevens voor afvoer overtollig gas
Eindopslag	Mestbassin (447 m ³)	

III. Regionale vergistinginstallatie

Bij een regionale vergistinginstallatie worden alleen maar producten van de deelnemers en derden aangevoerd. De totale aanvoer is gelijk aan de MER grens van 100 ton per dag, 36.500 ton per jaar (mest plus comaterialen) De coproducten die worden aangevoerd betreffen grote afvalstromen uit de VGI aangevuld met kippenmest. Bij deze omvang is een WKK-installatie nodig met een vermogen hebben van ruim 500 kW. Verder zijn er twee vergistingtanks om risico op het stilvallen van het proces te vermijden.

Tabel 2.6: Overzicht centrale vergister

Onderdeel	Grootte	Toelichting
Mestopslag	1000 m3	
Opslag coproducten	200 m3	Sterk afhankelijk van type&hoeveelheden coproduct
Invoer coproducten	Droge stof invoer	
Voorhandeling	Geen	
Sanitatie	Ja	-
Vergistingtank	2x 1800 m3	
WKK	550 kWe	
Gasopslag	2x300 m3	
Gas beveiliging	gasfakkel	
Eindopslag	1000 m3	

3 Wetgeving en organisatie

Naast de technische en procesmatige aspecten gelden voor covergisting wettelijke kaders en spelen organisatorische aspecten zoals samenwerking en financiering. Deze aspecten behandelen we in dit hoofdstuk.

3.1 Wettelijke kaders voor covergisting in Nederland

Het realiseren en gebruiken van een mestvergistingsinstallatie is gebonden aan wetgeving. Het vergunningstraject voor een mestvergistingsproject is complex. Er kan bij de vergunningverlener (de gemeente of de provincie) te weinig kennis over mestvergisting aanwezig zijn, wat tot vertraging in het vergunningsproces kan leiden (Tijmensens et al., 2003). Ervaring van projectontwikkelaars leert dat het geruime tijd kan duren voordat duidelijk is hoe het systeem van vergunningen in elkaar steekt. Een vergunningstraject kan zelfs oplopen tot enkele jaren. In dit rapport gaan we in op de voornaamste wet- en regelgeving.

3.1.1 Toelating coproducten

In principe zijn in Nederland geen beperkingen aan het gebruik van bepaalde type coproducten. Coproducten die op de Positieve Lijst staan kunnen met dierlijke mest covergist worden, waarbij het digestaat nog steeds als meststof geldt volgens het Meststoffenbesluit. Een andere mogelijkheid is om bij het ministerie van LNV per specifiek coproduct een ontheffing op het meststoffenbesluit aan te vragen, aangezien bij afzet binnen de landbouw enkel erkende meststoffen mogen worden gebruikt.

Het ministerie van LNV heeft in juni 2004 een eerste Positieve Lijst (met een uitbreiding in mei 2005) gepubliceerd (LNV, 2004 en LNV, 2005) van producten die met dierlijke mest mogen worden covergist, waarbij de covergiste mest (=digestaat) nog steeds geldt als meststof volgens de Meststoffenwet. Het te vergisten mengsel moet wel in hoofdzaak bestaan uit dierlijke mest waaraan uitsluitend één of meer van de producten op de lijst mag worden toegevoegd. De positieve lijst kent slechts producten die gelet op de herkomst en samenstelling bij verantwoord landbouwkundig gebruik zowel op korte als lange termijn geen schadelijke effecten hebben op het milieu, de gebruiker, (landbouwhuis)dieren of planten. De volgende producten zijn toegestaan met dierlijke mest covergist, waarbij het digestaat nog gezien wordt als meststof indien het te vergisten mengsel wel in hoofdzaak bestond uit dierlijke mest (LNV, 2005):

- gerst, haver, rogge, tarwe
- weidegras, kuilgras, snijmaïs, kuilmaïs/maïssilage, corn cob mix (CCM), voederbieten
- aardappelen, bietenstaartjes/-puntjes, (suiker)bieten, witlofpennen
- erwten, lupinen, veldbonen
- energiemaïs (5 meter hoog)
- koolzaad, zonnebloempitten, olievlas
- vezelvlas
- groente en fruit

- ingedikt onteiwit aardappelvruchtwater
- primair aardappelzetmeelslib
- tarwegistconcentraat
- aardappelstoomschillen
- wortelstoomschillen
- maïsweekwater

Voor coproducten die niet op de Positieve Lijst staan kan een verzoek ingediend worden bij het Expertisecentrum van het ministerie van LNV (EC-LNV) in Ede tot plaatsing op de Positieve Lijst.

Een ontheffing op het Meststoffenbesluit voor een coproduct wordt door het ministerie van LNV verleend. Het RIKILT toetst voor het ministerie van LNV de toepassing van het coproduct op drie aspecten:

1. Effectiviteit van de organische stof: met name wordt gekeken of de in de meststof aanwezige organische stof op langere termijn werkzaam is als structuurverbeteraar
2. Milieutoets: samenstelling met betrekking zware metalen (en andere vervuilingen) mag niet uitstijgen boven bepaalde normen
3. Werkzaamheid van nutriënten: hierbij wordt met name de werkzaamheid t.a.v. stikstof (NO_3 en NH_4) en fosfor (P_2O_5) bekeken. Het effect van co-substraten en het vergistingsproces is hierbij niet volledig te voorspellen op basis van kennis van de samenstelling, en deze zal via praktijkproeven moeten worden aangetoond.

Een ontheffing van het meststoffenbesluit is slechts geldig voor een specifieke combinatie van meststof, coproduct, proces en aanvrager. Bij een significante verandering van één der parameters zal een nieuwe ontheffing moeten worden aangevraagd, omdat aangenomen kan worden dat hierbij een nieuwe (andere) meststof wordt geproduceerd. Relevante wet en regelgeving zijn de meststoffenwet 1947, het meststoffenbesluit 1977, de meststoffenbeschikking 1977 en de verschillende wijzigingen daarop en de ontheffingsbeschikking verbodsbepalingen meststoffen. Het aanvragen van de ontheffing op de meststoffenwet brengt aanzienlijke kosten met zich mee, vanwege de proeven die dienen te worden uitgevoerd. Covergisting van substraten van eigen bedrijf behoeft geen ontheffing op de meststoffenbesluit indien het digestaat op eigen bedrijf wordt gebruikt (Tijmensens ea., 2003). Meer informatie over een ontheffingsaanvraag en de benodigde formulieren zijn te verkrijgen bij EC-LNV in Ede.

3.1.2 Vergunning

In deze paragraaf belichten we de hoofdlijnen die spelen bij vergunningverlening. Voor gedetailleerde informatie verwijzen we naar Vis (2003) en de recent verschenen Handreiking (co)vergisting van mest van InfoMil (2005).

Voor de bouw van een biogasinstallatie moet men beschikken over een bouwvergunning. Daarnaast wordt een biogasinstallatie gezien als een vorm van mestbe- of verwerking waarvoor een milieuvergunning verplicht is. De aanvraag van een milieuvergunning wordt met name beoordeeld op de vergistingstank, gasopslag en energieopwekking. Hierbij wordt gelet op geluidshinder, bodembescherming, brandpreventie en emissies van ammoniak, geur en uitlaatgassen. Het bevoegd gezag die de vergunningen voor een biogasinstallatie verleend is afhankelijk van diverse factoren maar kan de gemeente en/of provincie zijn. In tabel 3.1 staat aangegeven wie in welke situatie het bevoegd gezag bij de verlening van de milieu- en bouwvergunning is.

Tabel 3.1 Bevoegd gezag voor de verlening van bouw- en milieuvergunning van een biogasinstallatie op een varkensbedrijf

	Gemeente	Provincie
Milieu-vergunning	Altijd, bij vergisting van: • mest van eigen bedrijf • minder dan 25.000 m³ inclusief aanvoer van mest van buiten het eigen bedrijf zonder aanvoer afvalstoffen van buiten de inrichting; indien ook afvalstoffen van buiten de inrichting ligt de grens bij 15.000 m³ afvalstoffen. • bedrijfsafvalstoffen van binnen het bedrijf • coproducten van binnen het bedrijf (van de positieve lijst en alle andere coproducten, mits afkomstig van het eigen bedrijf). • buiten het bedrijf aangevoerde coproducten - niet zijnde afvalstoffen	Alleen bij vergisting van: • meer dan 25.000 m³ mest van buiten het eigen bedrijf • meer dan 15.000 m³ afvalstoffen van buiten de inrichting
Bouw-vergunning	• Bouwaanvragen binnen het bestaande bouwblok • Wijziging bestemmingsplan: ○ nieuw bouwblok ○ wijziging / vergroten van het bestaande bouwblok	

Er dient in de vergunningaanvraag te worden aangetoond dat de installatie in werking kan zijn met een acceptabel niveau van geurhinder en met toepassing van maatregelen ter bestrijding van geuroverlast in overeenstemming met het ALARA-beginsel.

- Mestopslagen dienen te voldoen aan het Besluit mestbassins milieubeheer en te worden gebouwd volgens de bouwtechnische richtlijnen mestbassins (BRM, 1990) en de handleiding bij de bouwtechnische richtlijnen mestbassins (BRM, 1991) Voor de normeringen van installaties zie Bijlage 2.
- De geuremissie voor wat betreft de afstand tot stankgevoelige objecten dient te voldoen aan de richtlijn Veehouderij en stankhinder 1996 (inclusief de daarover gevormde jurisprudentie).

In verband met de Richtlijn inzake geïntegreerde preventie en bestrijding van verontreiniging (IPPC-richtlijn 96/61/EG) zal de Wet milieubeheer op een aantal punten worden gewijzigd. Een belangrijke wijziging is dat het ALARA principe wordt vervangen door BAT. Het instrument BAT (Best Available Techniques) wordt in de IPPC-richtlijn genoemd als een belangrijk instrument ten dienste van preventie en bestrijding van milieugevolgen. In de voorschriften behorend bij de vergunning zal men uitgaan van het toepassen van de best beschikbare technieken die voor de betrokken inrichting in aanmerking komen. Wat de best beschikbare technieken zijn voor de betreffende activiteit ligt vast in zogenaamde BREF's (BAT Reference Documents). De verschillende best beschikbare technieken zijn bedrijfstaksgewijs beschreven in een BREF. Voor mestverwerking is de BREF voor de intensieve veehouderij relevant (Reference Document on Best Available Techniques for Intensive Rearing of Pigs and Poultry, juli 2003). Deze BREF beschrijft de best beschikbare technologie en verstaat onder mestbehandeling onder andere een biologische behandeling waaronder ook (co-)vergisting wordt begrepen. Anaërobe vergisting van mest in een biogasinstallatie is hierbij best bestaande techniek indien voldaan wordt aan bepaalde randvoorwaarden. Zo dient er voldoende land beschikbaar te zijn, moet technische ondersteuning beschikbaar zijn, dient er een markt voor groene energie te zijn en dient het vergisten samen met co-substraten op grond van de geldende regelgeving te zijn toegestaan evenals het uitrijden van het digestaat.

Er is een MER beoordelingsplicht indien de technische capaciteit van de installatie meer dan 100 ton per dag is. Het aantonen van de technische begrenzing kan in de praktijk betekenen dat een installatie die net onder de 100 ton per dag toch een MER-beoordelingsplicht nodig heeft. In de praktijk zal er waarschijnlijk geoordeeld worden dat een MER niet noodzakelijk is. Dit hangt af van de specifieke situatie (locatie, omwonenden, geur, geluid) van de beoogde installatie. Zelfs voor een 200 ton per dag installatie is het mogelijk dat er geen MER geëist wordt. Dit is ter beoordeling van het bevoegd gezag.

Verder worden de vergisters getoetst aan Artikel 8.8 tot en met 8.10 Wet milieu-beheer. Zie bijlage 1 voor meer informatie omtrent deze toetsing.

3.1.3 Mestwetgeving

Op 1 januari 2006 treedt een nieuw mestbeleid met gebruiksnormen in werking. De gebruiksnormen stellen een maximum aan de hoeveelheid meststoffen die gebruikt mogen worden op landbouwgronden. Er zijn drie soorten:

- gebruiksnorm voor de hoeveelheid dierlijke mest
- gebruiksnorm voor de totale stikstofbemesting
- gebruiksnorm voor de totale fosfaatbemesting.

De gebruiksnorm voor dierlijke mest bedraagt maximaal 170 kg N/ha en voor bedrijven die voor derogatie in aanmerking komen 250 kg N/ha. De stikstofgebruiksnorm heeft betrekking op de stikstof uit kunstmest en op de werkzame stikstof uit dierlijke mest en overige meststoffen. Deze norm verschilt per gewas en grondsoort. De fosfaatgebruiksnorm gaat over de totale bemesting met fosfaat uit kunstmest, dierlijke mest en overige meststoffen. Er is een norm voor grasland en een norm voor bouwland. De stikstof- en fosfaatgebruiksnormen worden in de loop van de jaren aangescherpt. Bij afvoer van mest van het bedrijf zal het in de meeste gevallen verplicht zijn om deze te wegen en bemonsteren. Alle details van het nieuwe mestbeleid zijn nog niet bekend, maar bij de huidige stand van zaken zal het digestaat (vergiste mest met coproducten) geheel aangemerkt worden als dierlijke mest en als zodanig ook behandeld en afgevoerd moeten worden. Voor meer informatie over het nieuwe mestbeleid wordt verwezen naar de website van het LNV-Loket (www.lnvloket.nl) waar de actuele informatie staat. Door covergisting neemt dus dierlijke mest- en mineralenproductie op een bedrijf toe, wat een grote invloed heeft op de mestafzetmogelijkheden en -kosten.

3.2 Organisatievormen

Een regionale vergister wordt doorgaans als een separate activiteit opgezet (dus los van agrarische bedrijven). Terwijl een boerderijvergister, onderdeel is van het bedrijf en als zodoende een agrarische activiteit is binnen het bedrijf.

Initiatiefnemers, veelal een groep veehouders of akkerbouwers kunnen een centrale vergistingsinstallatie in verschillende vormen oprichten. Dit kan o.a. in een stichting, een maatschap of een b.v. die gezamenlijk een bestuur aanstellen die de belangen van de gehele groep behartigen. Om de opstart van een stichting te financieren wordt veelal op basis van een inleg per te verwerken ton mest een bedrag ingelegd. Bij voldoende belangstelling is de volgende stap een haalbaarheidsstudie voor een regionale vergister.

In het recente verleden, in de tijd van hoge mest afzetkosten, zijn vele overeenkomstige initiatieven opgericht met als doel een complete mestverwerking. Hiermee be-doelen we een dusdanige verwerking van mest dat de eindproducten niet meer als dierlijke meststof zullen worden afgezet of buiten Nederland worden afgezet. Om een reductie in afzetkosten te bewerkstelligen zijn initiatieven opgestart om mest te vergisten en vervolgens de vergiste mest te hygiëniseren, te scheiden in de componenten loosbaar water, rulle fractie en mineralenconcentraten. Dit scheiden zou het mogelijk maken om door export en vermindering van transportkosten de afzetkosten te reduceren.

Vanwege de huidige (lagere) mestafzetprijs zijn vele van deze initiatieven gestopt of wordt van de oorspronkelijke plannen alleen de eerste fase uitgevoerd, het vergisten van de mest. Mestvergisting heeft geen invloed op de afzetkosten van mest. Met vergisting verandert namelijk niet de hoeveelheid mineralen in de mest en de Nederlandse mestafnemers (akkerbouwers) rekenen geen meerwaarde toe aan vergiste mest.

Het economisch voordeel om toch dergelijke initiatieven te doorstarten en nieuwe initiatieven te ontplooien moet dus komen uit het vergistingsproces zelf. Enkele van deze initiatieven zijn: Cleanergy en Cobemi in Wanroij, het initiatief in Lop Lith, MVS in Oirschot, MiVeS in Someren en Clean Minerals in Esbeek. Deze initiatieven zijn momenteel in de laatste fase van hun ontwikkeling. Echter vrijwel alle van deze initiatieven ondervinden hinder en sterke vertraging door perikelen rond de vergunningverlening.

Enkele van deze initiatieven hebben zich aangesloten of zullen zich mogelijk aansluiten bij projectontwikkelaars of energiebedrijven en anderen blijven zelfstandig opereren. De aantrekkelijkheid van dit soort installaties voor projectontwikkelaars en energie bedrijven is dat deze de kosten kunnen reduceren in de onbalans tussen voorspelde en werkelijke afname van elektriciteit. Deze onbalans kan bijvoorbeeld ontstaan doordat er geen elektriciteit wordt opgewekt door windmolens in tijden dat het minder waait dan voorspeld. Een vergistingsinstallatie biedt dan de mogelijkheid om het opgeslagen biogas door directe aansturing vanaf afstand door de WKK om te zetten in elektriciteit en zo de onbalans op te heffen. Verder kunnen dergelijke partijen veelal gebruik maken van fiscale voordelen zoals de Milieu Investerings Aftrek (MIA) en de Energie Investerings Aftrek (EIA) waardoor de investeringslasten kunnen worden verlaagd.

Indien initiatiefnemers van een regionale vergister willen samenwerken met derden voor bijvoorbeeld de financiering is het zaak om naast de gezamenlijke doelstellingen, rendement op investeringen en/of reductie in afzetkosten ook de verantwoordelijkheden en kansen goed te definiëren.

In Bijlage 3 geven we een praktijkvoorbeeld van samenwerking tussen veehouders en een energiebedrijf bij de opzet van mestvergisting.

3.3 Subsidies en fiscale voordelen bij investeringen

De productie van duurzame energie kenmerkt zich t.o.v. energieopwekking met fossiele brandstoffen door hogere productiekosten. Om de ontwikkeling van duurzame energiebronnen een reële kans te geven, wordt de productie gestimuleerd met subsidies en fiscale instrumenten.

Fiscale voordelen en groen beleggen

De belangrijkste stimuleringsmaatregelen van dit type, die in het algemeen vrijwel altijd toepasbaar zijn en die een grote invloed hebben op de haalbaarheid kunnen hebben, zijn:

- Milieu Investeringsaftrek (MIA)
- Regeling willekeurige afschrijving milieu-investering (VAMIL)
- Energie Investerings Aftrek (EIA)
- Groen beleggen

Een korte beschrijving van deze regelingen wordt gegeven in bijlage 4. Voor meer detail verwijzen we naar Handleiding Financiering van Bio-energieprojecten van SenterNovem (Blaasse 2004).

Directe investeringssubsidies

Er zijn geen directe investeringssubsidies voor mestvergisting. Binnen het ROB-programma, het BSE-DEN subsidieprogramma en het CO2 reductie plan van Novem zijn voorheen subsidies beschikt (o.a. voor demonstratie en marktintroductie van vergisters). Ook zijn er Provinciale subsidies verleend zoals in Noord Brabant vanuit het Duurzame Energie Fonds (Energie 2050) en in Noord Holland vanuit het Provinciaal Afvalstoffen Fonds.

Milieukwaliteit Elektriciteitsproductie (MEP)

De Milieukwaliteit Elektriciteitsproductie (MEP) is in 2003 geïntroduceerd ter bevordering van de productie van duurzame elektriciteit. Om het investeringsklimaat voor duurzame energiebronnen te verbeteren is de hoogte van de subsidietarieven MEP voor een periode van 10 jaar gegarandeerd vanaf het moment van ingebruikname. Daarvoor gaat een exploitant van een duurzame energiebron een contractuele overeenkomst aan met EnerQ, een dochterorganisatie van de landelijke beheerder van het hoogspanningsnet Tennet. De MEP valt daardoor buiten de fiscale instrumentaria, die sterk wisselende budgetten en veranderingen kennen ten gevolge van wijzigingen in het politieke klimaat.

De MEP-subsidie bedraagt een vast bedrag en ligt voor mestvergisting op 9,7 eurocent voor iedere opgewekte kWh elektriciteit. Er is geen verplichting om deze opgewekte elektriciteit op het openbaar net te leveren en daarmee wordt het mogelijk om duurzame energie voor eigen gebruik op te wekken, het "achter de meter" leveren. Achter de meter leveren heeft het voordeel dat geprofiteerd wordt van de subsidie en tegelijkertijd bespaard wordt op de transportkosten van elektriciteit voor eigen gebruik.

De vergoeding door de MEP-regeling 0.097 €/kWh ligt vast voor een periode van maximaal 10 jaar. Hierna kan enkel nog de vergoeding voor grijze elektriciteit worden verkregen, plus een vergoeding voor groencertificaten (indien hier een markt voor is).

Een producent heeft de mogelijkheid om drie jaar (datum aanvraagformulier en ingangsdatum MEP < 3 jaar) vooruit een MEP-aanvraag te doen bij EnerQ, die dan 'onder voorwaarden' zal worden beschikt. Het is dan wel noodzaak om binnen drie jaar alsnog een productieverklaring van de netwerkbeheerder te krijgen. Dat is een vereiste voor het openen van een certificatenrekening bij CertiQ, dat vervolgens weer een vereiste is voor de beschikking van de MEP-subsidie. Als de termijn van drie jaar verstrijkt, zal de beschikking ingetrokken kunnen worden. Na intrekking kan niet opnieuw een aanvraag worden gedaan.

De producent geeft in de subsidieaanvraag aan welke ingangsdatum hij voor de MEP wenst te hebben. De aanvraag resulteert in een beschikking waarin de ingangsdatum van de MEP gelijk wordt gesteld aan de aangevraagde datum. Het geldend tarief op de aangevraagde ingangsdatum zal worden gehanteerd voor de beschikking en de periode van 10 jaar zal vanaf die datum starten. Tegen de beschikking kan 6 weken lang bezwaar worden aangetekend. Als de bezwaartermijn van 6 weken verstreken is, worden ingangsdatum, tarief en periode definitief vastgelegd overeenkomstig de beschikking (Wijngaard, 2004).

Het MEP-tarief voor de periode voor zelfstandige bio-energieopwekking van 0,097 EUR/kWh is gegarandeerd voor installaties waarvan de MEP-beschikking een ingangsdatum heeft eerder dan 1 januari 2008. De verwachting is dat na dat tijdstip de hoogte van het MEP-tarief afneemt, door o.a. een gestegen vergoeding voor de grijze component van de elektriciteitslevering. Momenteel kan een MEP beschikking worden aangevraagd indien een Wm vergunning is verleend.

De MEP zal worden uitgekeerd over het tegoed op de certificatenrekening van CertiQ. Voor netlevering krijgt men verhandelbare certificaten, voor levering aan de eigen installatie of aan de eigen inrichting ontvangt men niet-verhandelbare certificaten. Beide soorten certificaten geven aanspraak op MEP, zodat eigenlijk sprake is van uitbetaling van MEP-subsidie over de bruto-productie.

Op grond van de Europese regelgeving mag de totale steun voor een investering niet hoger zijn dan een bepaald plafond. Bij de aanmelding van de MEP-subsidie als staatssteun bij de Europese Commissie is er bij het berekenen van de MEP subsidietarieven van uitgegaan dat productie-installaties voor duurzame elektriciteit, naast de MEP-subsidie, uitsluitend steun ontvangen op grond van EIA, regeling groenfondsen, EINP en REB.

Er bestaat echter de mogelijkheid dat voor een covergistingproject ook andere staatssteun wordt verkregen. In die gevallen is het mogelijk dat de combinatie van MEP en het totaal aan financiële stimulerings-regelingen (subsidies, maar ook fiscale regelingen) uitstijgen boven het toegestane steunplafond van het Europese milieusteunkader (kortweg MSK).

Vanaf 10 december 2004 zijn daarom de Beleidsregels cumulatietoets exploitatiesteun duurzame energie-installaties gaan gelden². Deze Beleidsregels geven aan hoe exploitanten om moeten gaan met de oversubsidiëringsproblematiek.

EnerQ gaat na of aan deze beleidsregels wordt voldaan en laat hiertoe een cumulatietoets uitvoeren. Het ontvangen van andere overheidssteun dan waarbij bij de vaststelling van de MEP-subsidietarieven rekening mee is gehouden, kan consequenties hebben voor de MEP-bijdrage. In de meest ongunstige situatie kan dit leiden tot een negatieve bijstelling van uw toegezegde MEP-bijdrage ter hoogte van deze andere overheidssteun.

² Beleidsregels cumulatietoets exploitatiesteun duurzame energie-installaties" (Besluit van de Minister van Economische Zaken van 7 februari 2005, nr. WJZ 5005458, houdende wijziging van de Gelet op artikel 72 van de Elektricitwet 1998). Te downloaden op: <http://www.co2reductie.nl/upload/Wijziging%20Beleidsregels%20cumulatietoets%20exploitatiesteun.pdf>

3.4 Financiering

3.4.1 Centrale vergisting

Voor samenwerkingsverbanden tussen veehouders is het moeilijk om een project-financiering rond te krijgen zonder externe financier. De volgende factoren spelen hierbij een rol:

- er is geen of nauwelijks directe investeringssubsidie meer te verkrijgen
- het ontbreekt aan fiscale steunmaatregelen voor non-profit organisaties (stichtingen)
- er is slechts deels opneembare fiscale steun voor die coöperaties die niet vanuit een stichting maar vanuit een samenwerkingsverband met winstoogmerk samenwerken
- de Milieusteunkadertoets geeft beperkingen op een hoog rendement als gevolg van overheidssteun (korting op MEP).

Bij project financiering zal ten minste 40 % van het eigen vermogen door de veehouders dienen te worden ingelegd (uitgaande van gemiddeld 3.000 m³ mest per veehouder dienen er 12 veehouders een bedrag van zo'n ruim 80k€ per veehouder (40 % x 2,5 miljoen / 12). Dit eigen vermogen kan dan niet meer voor uitbreiding van het eigen bedrijf gebruikt worden. Aangezien covergisting invloed heeft op de afzet van nutriënten biedt het ook geen mogelijkheid om voor deze investering meer dierrechten te berekenen (uitbreiding van varkensbedrijven is alleen mogelijk indien men dierrechten heeft of bijkoopt). Indien men mestvergisting met mestverwerking kan combineren zou dit wel mogelijk zijn echter er zijn nog geen bewezen technieken hiervoor voorhanden. Samenwerking met externe financiers, zoals venture capitalists, energiebedrijven of risicodragende projectontwikkelaars, lijkt voor nieuwe samenwerkingsverbanden nodig om installaties te realiseren.

Voor een "venture capitalist" is het risico relatief hoog vanwege een relatief laag benodigd vermogen en niet uitzonderlijk hoge rendementen (beperkt door MSK). Hiernaast speelt het negatieve imago van mest mee voor dit type financiers. Samenwerking met energiebedrijven of andere inkooppartijen (partijen met een klein aandeel eigen opwerking) ligt voor de hand omdat deze partijen op deze wijze stuurbaar vermogen inkopen (piekvermogen dat op een gewenst moment ingezet kan worden; de motor kan op afstand aangestuurd worden). Het voordeel van een risicodragende projectontwikkelaar als (gedeeltelijke) financier is dat hiermee tevens een kundige partij betrokken is bij het project, waardoor de voortgang goed bewaakt zal worden.

Er kan gekozen worden voor 100% financiering door externe financiers, met enkel levering en afname van de mest door de coöperatie. Om de belangen van alle partijen afdoende te behartigen kan in dit geval een structuur als bij Clean Minerals (levering mest door een samenwerkingsverband van veehouders, zie Bijlage 3) gehanteerd worden. Er kan gekozen worden voor een bepaalde verdeling tussen eigen vermogen van de externe financier en de samenwerking van veehouders.

3.4.2 Boerderijvergisting

Voor individuele veehouders verloopt de financiering van de investering in een mestvergistingsinstallatie in principe niet anders dan die van investeringen in andere productiemiddelen. Voor het verkrijgen van een lening is voldoende onderpand nodig. Hoe groter het aandeel eigen vermogen met hoe minder onderpand de verstrekker van de lening genoeg neemt. Echter investeren zonder eigen vermogen is niet bij voorbaat

uitgesloten. Er is geen directe investeringssubsidie voor mestvergisting beschikbaar maar er bestaan mogelijkheden voor ondersteuning door SenterNovem (ROB programma 2005) mits de installatie voldoet aan de gestelde voorwaarden. Ook regionaal kunnen dit soort subsidies beschikbaar zijn.

Wel komt een investering in mestvergisting in aanmerking voor groenfinanciering. Dat levert een lager rentepercentage op dan een gangbare investering (0,5-1,5% ten opzichte van de marktrente).

Daarnaast zijn fiscale ondersteuningsmaatregelen beschikbaar zoals VAMIL en EIA (zie ook bijlage 4). Als voldoende winst wordt gemaakt door de ondernemer kan tot 30% voordeel worden behaald. Het maken van voldoende winst is echter in bij veel agrarische ondernemers een probleem. In dat geval kan leasen een voordelige optie zijn. Er zijn op dat gebied verschillende mogelijkheden. In het algemeen wordt de bank of financier eigenaar van de installatie en de veehouder betaald gedurende een vastgestelde periode een vast bedrag aan de bank. Na afloop van het contract wordt de veehouder eigenaar van de installatie. Voordeel van deze methode is in tegenstelling tot veehouders banken eenvoudiger gebruik kunnen maken van bijvoorbeeld de energie investerings aftrek (EIA) of toegang hebben tot andere subsidiemogelijkheden. Nadeel is dat de veehouder per saldo duurder uit is omdat de bank een vergoeding rekent voor het risico dat gelopen wordt.

4 Biogasopbrengsten

De biogasopbrengsten van dierlijke mest en coproducten zijn van grote invloed op de rentabiliteit van een vergistinginstallatie. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de biogasopbrengsten van producten die op de Positieve Lijst staan.

4.1 Algemeen

De samenstelling van mest en coproducten is samen met de procesomstandigheden bepalend voor de biogasproductie die gehaald kan worden. De samenstelling van coproducten hangt in grote mate samen met de omstandigheden waaronder ze geteeld of geproduceerd zijn. Bij gewassen voor covergisting zijn dus net zoals bij voeder gewassen zaken zoals bemesting en oogsttijdstip van belang voor de kwaliteit en opbrengst van het product. Voor granen, gras en snijmaïs bespreken we hieronder deze aspecten. Ook de samenstelling van mest en coproducten uit de levensmiddelenindustrie kan sterk wisselen en daarom verschillende opbrengsten geven.

Granen

Graan heeft een hoge afbraaksnelheid waardoor een verblijftijd van circa 20 dagen nodig is. Door een goede verteerbaarheid wordt een grote afbraak bereikt (tot 80%). Dit en het lage vochtgehalte van graan betekent dat er ook minder eindopslag nodig is (Sedlmeier en Maciejczyk, 2003). Onderzoeken naar de biogasopbrengsten van verse geoogste en ingekuilde granen (GPS) lieten zien dat het oogsttijdstip, graansoort en ras van invloed is op de biogasopbrengst per kilogram organische stof en per hectare (Heiermann e.a., 2002a; Amon e.a., 2005). Voor de hoogste methaanopbrengst per hectare blijkt dat verschillende soorten en rassen een ander optimaal oogsttijdstip hebben. Verder blijkt dat de hoogste gasopbrengst uitgedrukt in m³/kg of zeker niet ook altijd overeenkomt met de hoogste gasopbrengst per hectare.

Gras

Uit onderzoek naar de gasopbrengsten van acht verschillende grassoorten kwam naar voren dat tussen verschillende grassoorten geen verschil werd gevonden in gasopbrengsten en ook niet tussen vers en ingekuild gras (Mähnert e.a., 2002). In onderzoek naar covergisting van gras met mest hingen de biogasopbrengsten af van de herkomst van het gras. Intensief grasland leverde de hoogste biogasopbrengst, terwijl natuurgras de laagste opbrengst gaf. Het verschil in methaanopbrengst werd verklaard door het aandeel lignine, dat tijdens vergisting nauwelijks wordt afgebroken. Natuurgras bevat het hoogste aandeel lignine. Het methaangehalte was onafhankelijk van de graskwaliteit en lag tussen de 53-55%. De conserveringsmethode had in dit onderzoek weinig invloed op de biogasopbrengst. Voor een goede verwerking van gras wordt aanbevolen om tijdens de oogst het gras goed te verkleinen en om het drogestofgehalte van het mengsel van mest en gras niet boven de 10-12% te laten uitstijgen (Oech-sner en Lemmer, 2002). Daarentegen werd door Amon et al. (2004) wel verschillen gevonden tussen de gasopbrengsten als gevolg van conserveringsmethode. Zo gaf ingekuild gras de hoogste gasopbrengst, terwijl vers gras de laagste opbrengst gaf en gehooïd gras lag tussen deze waarden in.

Snijmaïs

Snijmaïs heeft een relatief hoog ruwe celstofgehalte en heeft een lange verblijftijd van circa 50 dagen nodig voor een goede afbraak. Ook door het relatief hoge vochtgehalte vergt het meer eindopslag in vergelijking tot graan (Sedlmeier en Maciejczyk, 2003). Net zoals bij granen blijkt het voor snijmaïs ook zo te zijn dat het oogsttijdstip en ras van invloed is op de biogasopbrengst per kilogram organische en per hectare (Oechser e.a., 2003; Amon e.a., 2005). Voor de hoogste methaanopbrengst per hectare blijkt dat verschillende soorten en rassen een ander optimum hebben. Verder blijkt ook dat de hoogste methaanopbrengst per hectare en de optimale oogsttijdstip afhangt van het ras.

Rundveemest

De verschillende diercategorieën (jongvee, vleesvee, melkvee) geven grote verschillen in biogasopbrengsten (zowel per kg product als per kg organische stof) van rundveemest. Verder kunnen verschillen ontstaan door de rantsoenen die rundvee gevoerd krijgen door bijvoorbeeld veel/weinig voeren van krachtvoer. Verschillen van 100% kunnen voorkomen in de maximale methaanproductie van rundveemest afkomstig van melkkoeien gevoerd met verschillende rantsoenen (Møller e.a., 2004). In vergelijking tot varkens en kippen is de biogasopbrengst van rundveemest lager doordat in het magenstelsel van de koe al een vergistingsproces plaatsvindt en dus al een deel van het beschikbare organische stof daar is afgebroken. Bij het gebruik van rundveemest dient rekening te worden gehouden dat het aanbod niet constant is over het jaar heen als de koeien geweid worden. Gedurende de periode dat de dieren geweid worden komt minder mest in de mestopslag beschikbaar. Afhankelijk van de duur dat de dieren per dag in de wei doorbrengen (varieert in de praktijk van enkele uren tot bijna 24 uur als de koeien alleen binnen komen voor het melken) kan het aanbod van mest in de mestopslag sterk dalen.

Varkensmest

Net zoals bij rundveemest geven de verschillende diercategorieën (zeugen, vleesvarkens) verschillen in biogasopbrengsten op van varkensmest. Verder kunnen verschillen ontstaan door de rantsoenen die varkens gevoerd krijgen. De verschillen blijken echter wel kleiner te dan als bij rundveemest (Møller e.a., 2004).

Kippenmest

Van de geproduceerde kippenmest in Nederland is het grootste deel afkomstig van leghennen en vleeskuiken. Aangezien deze beide mestsoorten een hoog drogestofgehalte moeten deze verdund worden met andere producten bijvoorbeeld rundveedrijfmest om in een vergistinginstallatie te kunnen worden verwerkt. Aandachtspunten bij vergisting van kippenmest zijn het hoge aandeel stikstof in de mest en grit die voor bezinklagen in de vergister kan zorgen.

4.2 Modelberekening

Keymer en Schilcher (1999) hebben voor de Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft een model opgesteld waarmee de biogasopbrengst berekend kan worden aan de hand van de chemische samenstelling van het co-substraat. Uitgangspunt is dat het gehalte eiwitten, vetten en koolhydraten, alsmede de verteerbaarheid van die componenten de biogasproductie bepalen.

Kern van het model is de biogasproductie die per kg verteerbare koolhydraten, eiwitten en vetten (tabel 4.1) gehanteerd wordt.

Tabel 4.1 De biogasopbrengst (in liters en CH₄-aandeel vol%) per kg verteerbare koolhydraten, eiwitten en vetten (bron: Baserga, 1998).

	Biogasopbrengst (l/kg organische stof)	Aandeel methaan (vol.% CH ₄)
Verteerbare koolhydraten	790	50
Verteerbare eiwitten	700	71
Verteerbare vetten	1250	68

Om hiermee de biogasopbrengst in te schatten dient het gehalte verteerbare koolhydraten, eiwitten en vetten bekend te zijn. Keymer en Schilcher (1999) hebben dat bepaald met behulp van voedingswaardetabellen uit Rutzmoser en Spann (2002). Bij de bespreking van de biogasopbrengsten uit teeltgewassen (par. 4.3) nemen we deze modeluitkomsten mee. Voor de producten uit de voedings- en genotsmiddelenindustrie (par. 4.4) zijn vooralsnog geen modeluitkomsten bekend.

In Bijlage 5 is een voorbeeldberekening opgenomen van de biogasopbrengst uit gras-silage.

De berekende biogasopbrengsten zijn uitgedrukt in 'normvolume' dus bij een temperatuur van 0 °C en een druk van 1013 hPa. In de praktijk wordt de biogasopbrengst bepaald bij een procestemperatuur van rond de 35 °C (mesofiele vergisting) of 55 °C (thermofiele vergisting). Dit kan leiden tot afwijkingen.

In Bijlage 5 is een overzicht opgenomen van berekende biogasopbrengsten met dit model. De globale indruk bij vergelijking van de berekende opbrengsten met de waarden die in de praktijk is dat deze redelijk goed overeenstemmen. Deze modeluitkomsten nemen we mee bij de behandeling van de biogasopbrengsten per coproduct in onderstaande paragraaf.

4.3 Opbrengsten teeltgewassen

Naast de toepassing van teeltgewassen als voedermiddel voor rundvee, varkens en kippen kunnen gewassen ook geteeld worden als grondstof voor een vergistinginstallatie. Achtereenvolgens worden de verschillende teeltgewassen, ook wel energiegewassen genaamd, die op de Positieve Lijst staan besproken. In bijlage 6 geven we een nadere beschrijving van de verschillende coproducten.

Aardappelen

Op Praktijkcentrum De Marke is een hoge gasopbrengst gerealiseerd van 0,61 m³ CH₄/kg os bij covergisting van aardappelen met rundveemest. In de literatuur worden lagere gasopbrengsten aangehouden voor aardappelen van omgerekend 0,38-0,40 m³ CH₄/kg os (Keymer, 2002; KTBL, 2005). Uit de modelberekening komt een waarde van 0,37 m³ CH₄/kg os. In Fins onderzoek (Kaparaju en Rintala, 2005) bleek door covergisting van aardappelen (20% op os-basis) met varkensmest de methaanopbrengst (van het mengsel mest+aardappelen) ruim te verdubbelen van circa 0,14 naar circa 0,31 m³ CH₄/kg os.

Corn cob mix (CCM)

In de literatuur wordt een gasopbrengst van 0,36 m³ CH₄/kg os aangehouden (Keymer, 2002). Onderzoeksresultaten laten een gasopbrengst van 0,32 m³ CH₄/kg os zien (Amon e.a., 2004). Uit de modelberekening komt een waarde van 0,35-0,37 m³ CH₄/kg os voor CCM.

Erwten

In de literatuur zijn geen gegevens gevonden van de gasopbrengsten van erwten. Uit de modelberekening komt een waarde van $0,38 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg os}$ voor erwtenkorrels.

Gerst

In de literatuur komen voor gerstsilage gasopbrengsten voor van $0,35\text{-}0,66 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg os}$ (Heiermann e.a., 2002a; Angelidaki en Ellegaard, 2003), terwijl uit de modelberekening waarden van $0,32\text{-}0,33 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg os}$. Afhankelijk van de voorbehandeling ligt de berekende gasopbrengst van gerstestro tussen $0,20\text{-}0,25 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg os}$, wat overeenkomt met waarden van $0,20\text{-}0,21 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg os}$ die in de literatuur zijn gevonden voor gerstestro (Keymer, 2002; Angelidaki en Ellegaard, 2003). De berekende waarden voor gerstkorrels ligt op $0,36 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg os}$.

Gras

Op Praktijkcentrum Nij Bosma Zathe werd een gasopbrengst gerealiseerd van $0,25 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg os}$ bij covergisting van natuurgras met rundveemest. Op Praktijkcentrum De Marke werd een gasopbrengst gerealiseerd van $0,32 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg os}$ bij covergisting van herfstgras met rundveemest. In de literatuur komen gasopbrengsten van grassilages voor die liggen tussen $0,25\text{-}0,63 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg os}$ (Zauner en Küntzel, 1986; Mähnert et al., 2002; Amon e.a., 2004; FNR, 2004; Kaiser e.a., 2004). Gasopbrengsten van natuurgras liggen tussen $0,08 - 0,25 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg os}$ (Oechsner en Lemmer, 2002; Dooren e.a., 2005).

In de centrale vergistinginstallatie van Scharlebelt is in 2003 een biogasproductie van zo'n 90 m^3 biogas per ton product gemeten. Met een biogaskwaliteit van 55% CH_4 en een organisch stofgehalte van 340 g/kg is dat een biogasopbrengst van $0,15 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg os}$. Bij dit initiatief was gerekend op een dubbel zo hoge opbrengst. Reden voor de lagere opbrengst is dat is gerekend met waarden die gelden voor goede kwaliteit kuilgras. Bermgras heeft in de praktijk een veel mindere kwaliteit door verliezen tussen maaien en conservering (Kasper, 2004).

Haver

In de literatuur komt voor haver een gasopbrengst voor van $0,25\text{-}0,37 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg os}$ (Pouech et al., 1998; Kaparaju et al., 2002).

Koolzaad

In de literatuur komt voor koolzaadsilage een gasopbrengst voor van $0,34 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg os}$ (Heiermann et al., 2002b) en voor koolzaadkoeken van $0,43 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg os}$ (Keymer, 2002). Uit de modelberekening komt een waarde voor koolzaadsilage van $0,34\text{-}0,38 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg os}$, voor koolzaadkorrels van $0,50 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg os}$ en koolzaadkoeken van $0,39\text{-}0,43 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg os}$.

Lupinen

In de literatuur zijn geen gegevens gevonden van de gasopbrengsten van lupinen.

Olievlas

In de literatuur zijn geen gegevens gevonden van de gasopbrengsten van olievlas.

Rogge

In de literatuur komen voor roggesilage gasopbrengsten voor van $0,14\text{-}0,49 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg os}$ (Heiermann et al., 2002a; FNR, 2004; Amon et al., 2005). Voor rogge en afgeleide producten komen uit de modelberekening waarden voor van $0,31\text{-}0,36 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg os}$. In de literatuur is voor roggestro een waarde gegeven van $0,36 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg os}$ (Angelidaki and Ellegaard, 2003).

Snijmaïs

Op Praktijkcentrum Nij Bosma Zathe werd een gasopbrengst gerealiseerd van 0,40 m³ CH₄/kg os bij covergisting van snijmaïs met rundveemest. Op Praktijkcentrum De Marke werd een gasopbrengst gerealiseerd van 0,42 m³ CH₄/kg os bij covergisting van snijmaïs met rundveemest. De biogasopbrengsten kwamen op Nij Bosma Zathe en De Marke vrijwel overeen, ondanks de verschillen in omstandigheden tijdens de periode van covergisting. In de literatuur komen voor snijmaïs gasopbrengsten voor van 0,25-0,40 m³ CH₄/kg os (Zauner and Küntzel, 1986; Amon et al., 2004; Oechsner et al., 2003; FNR, 2004; Kaiser et al., 2004). Voor maïssilage komen uit de modelberekeningen waarden voor van 0,29-0,33 m³ CH₄/kg os. Voor afgeleide producten van maïs komen uit de modelberekening waarden voor van 0,25-0,44 m³ CH₄/kg os.

Suikerbieten

In de literatuur komen voor suikerbieten gasopbrengsten voor van 0,35-0,63 m³ CH₄/kg os (Keymer, 2002; Linke, 2003; FNR, 2004). Uit de modelberekening komt een waarde van 0,35 m³ CH₄/kg os voor suikerbieten. In de literatuur komen voor suikerbietenblad gasopbrengsten voor van 0,23-0,39 m³ CH₄/kg os (Zauner en Küntzel, 1986; Keymer, 2002). Uit de modelberekening komt een waarde van 0,32-0,34 m³ CH₄/kg os voor suikerbietenblad.

Tarwe

In de literatuur komen voor tarwekorrels een gasopbrengsten voor van 0,18-0,38 m³ CH₄/kg os (Pouech et al., 1998; Keymer, 2002) en voor tarwesilage van 0,23-0,34 (Amon et al., 2005). Uit de modelberekening komt voor tarwekorrels een waarden van 0,37 m³ CH₄/kg os. Afhankelijk van de voorbehandeling ligt de berekende gasopbrengst van tarwestro tussen 0,19-0,24 m³ CH₄/kg os. In de literatuur komen voor tarwestro waarden voor van 0,15-0,31 m³ CH₄/kg os (Angelidaki and Ellegaard, 2003; Møller et al., 2004; Nordberg en Edström, 2005).

Veldbonen

In de literatuur zijn geen gegevens gevonden van de gasopbrengsten van veldbonen. Uit de modelberekening komt een waarde voor veldbonensilage van 0,28-0,29 m³ CH₄/kg os en voor veldbonenkorrels van 0,39 m³ CH₄/kg os.

Vezelvlas

In de literatuur zijn geen gegevens gevonden van de gasopbrengsten van vezelvlas.

Voederbieten

In de literatuur komen voor voederbieten gasopbrengsten voor van 0,34-0,40 m³ CH₄/kg os (Abdel-Hadi et al., 2002; Oechsner et al., 2003; FNR, 2004). Uit onderzoek van covergisting van voederbieten met rundveemest blijkt dat het percentage van covergisting van invloed is op de hoogte van de gasopbrengst en dat daar een optimum in zit (Abdel-Hadi et al., 2002). Uit de modelberekening komt een waarde van 0,32 m³ CH₄/kg os voor voederbieten. In de literatuur komen voor voederbietenblad gasopbrengsten voor van 0,29-0,31 m³ CH₄/kg os (Oechsner et al., 2003; FNR, 2004). Uit de modelberekening komt een waarde van 0,32 m³ CH₄/kg os voor voederbietenblad.

Zonnebloemzaden

Afhankelijk van de voorbehandeling ligt de berekende gasopbrengst van zonnebloemensilage tussen 0,24-0,44 m³ CH₄/kg os (Amon et al., 2005). Uit de modelberekening komt een waarde voor zonnebloemzaden van 0,44 m³ CH₄/kg os en voor afgeleide producten van 0,31-0,36 m³ CH₄/kg os.

Tabel 4.2 Gemiddelde samenstelling (Boer et al., 2003; CVB, 2004) en gevonden range van biogasopbrengsten (in m³ methaan/kg os) van teelt-gewassen

Gewas	drogestof (g/kg)	organische stof (g/kg)	Biogasopbrengst (m ³ CH ₄ /kg os)
Aardappelen	350	318	0,37-0,61
CCM	582	571	0,32-0,37
Erwten	867	839	0,38
Gerst	871	850	0,36
Gerst-silage	373	344	0,32-0,66
Gerstestro	860	786	0,20-0,25
Gras-silage	463	409	0,25-0,63
Gras-natuurgebieden ¹			0,08-0,25
Haver	889	863	0,25-0,37
Koolzaad	923	884	0,50
Lupinen	914	887	-
Olievlas ²			-
Rogge	872	856	0,31-0,36
Roggesilage	373	344	0,14-0,49
Roggestro	840	781	0,36
Snijmaïs	300	286	0,25-0,42
Suikerbieten	260	211	0,35-0,63
Suikerbietenblad	175	120	0,23-0,39
Tarwe	868	853	0,18-0,38
Tarwesilage	373	344	0,23-0,34
Tarwestro	902	812	0,15-0,31
Veldbonen	323	294	0,28-0,29
Vezelvlas ²			-
Voederbieten	143	131	0,32-0,40
Voederbietenblad	175	120	0,29-0,32
Zonnebloemzaden	940	906	0,24-0,44

¹ De aard van het product is te divers om een gemiddelde samenstelling te kunnen geven.

² Olievlas en vezelvlas komen niet voor in de veevoedertabel.

4.4 Producten uit Voeding- en Genotmiddelen Industrie (VGI)

De meeste producten uit de VGI worden momenteel gebruikt als veevoeder maar kunnen ook worden gebruikt als (co) substraat in vergisting installaties. De volgende substraten worden vernoemd op de Positieve lijst. In bijlage 6 geven we een nadere beschrijving van de verschillende coproducten. Van deze producten zijn geen model-uitkomsten beschikbaar.

Aardappelstoomschillen

In de literatuur zijn geen gegevens gevonden van de gasopbrengsten van aardappelstoomschillen. Uit de modelberekening komt voor aardappelstoomschillen een waarde van 0,31 m³ CH₄/kg os.

Aardappelvruchtwater

In de literatuur zijn geen gegevens gevonden van de gasopbrengsten van aardappelvruchtwater.

Aardappelzetmeelslib

Op Praktijkcentrum Sterksel werd een gasopbrengst gerealiseerd van 0,28 m³ CH₄/kg os bij covergisting van aardappelvoerzetmeel met varkensmest. In de literatuur zijn geen gegevens gevonden van de gasopbrengsten van aardappelzetmeelslib.

Bietenpuntjes/-staartjes

In de literatuur komt voor bietenpuntjes een gasopbrengsten voor van 0,34-0,37 m³ CH₄/kg os (Keymer, 2002; Gruber, 2005).

Groente en fruit

In de literatuur komt voor groente- en fruitrestanten een gasopbrengst voor van 0,38-0,48 m³ CH₄/kg os (Pesta en Meyer-Pitroff, 2002; FNR, 2004).

Maïsweekwater

In de literatuur zijn geen gegevens gevonden van de gasopbrengsten van maïsweekwater.

Tarwegistconcentraat

Op Praktijkcentrum Sterksel werd een gasopbrengst gerealiseerd van 0,57 m³ CH₄/kg os bij covergisting van tarwegistconcentraat met varkensmest. In de literatuur zijn geen gegevens gevonden van de gasopbrengsten van tarwegistconcentraat.

Witlofpennen

In de literatuur zijn geen gegevens gevonden van de gasopbrengsten van witlofpennen.

Wortelstoomschillen

In de literatuur zijn geen gegevens gevonden van de gasopbrengsten van wortelstoomschillen.

Tabel 4.3 Gemiddelde samenstelling (CVB, 2004) en gevonden range van biogas opbrengsten (in m³ methaan/kg os) van coproducten uit de levensmiddelenindustrie

Coproducten	drogestof (g/kg)	organische stof (g/kg)	Biogasopbrengst (m ³ CH ₄ /kg os)
Aardappelstoomschillen	124	114	0,31
Aardappelvruchtwater	575	425	-
Aardappelzetmeel	202	192	0,28
Bietenpuntjes	136	110	0,34-0,37
Groente en fruit ¹			0,38-0,48
Maïsweekwater	487	399	-
Tarwegistconcentraat	187	182	0,57
Witlofpennen	149	137	-
Wortelstoomschillen	54	47	-

¹ De aard van het product is te divers om een gemiddelde samenstelling te kunnen geven.

4.5 Dierlijke mest

Rundveemest

In de literatuur komen voor rundveemest gasopbrengsten voor van 0,12-0,21 m³ CH₄/kg os en voor vaste rundveemest 0,12-0,20 m³ CH₄/kg os (Abdel-Hadi et al., 2002; Angelidaki and Ellegaard, 2003; FNR, 2004; Møller et al., 2004).

Op Praktijkcentrum Nij Bosma Zathe werd een gasopbrengst gerealiseerd van 0,17 m³ CH₄/kg os bij vergisting van rundveedrijfmest bij een verblijftijd van 30 dagen (Timmerman et al., 2005). Op Praktijkcentrum De Marke werd een gasopbrengst gerealiseerd van 0,27 m³ CH₄/kg os bij vergisting van rundveedrijfmest bij een verblijftijd van 60-90 dagen (Kool et al., 2005).

Varkensmest

In de literatuur komen voor varkensdrijfmest gasopbrengsten voor van 0,14-0,30 m³ CH₄/kg os en voor vaste varkensmest 0,22-0,30 m³ CH₄/kg os (Angelidaki and Ellegaard, 2003; FNR, 2004; Møller et al., 2004; Kaparaju and Rintala, 2005). Op Praktijkcentrum Sterksel werd een gasopbrengst gerealiseerd van 0,20 m³ CH₄/kg os bij vergisting van varkensdrijfmest bij een verblijftijd van circa 50 dagen, maar de drijvende gasopslag functioneerde niet naar wens (Timmerman et al., 2005). In de centrale vergistinginstallatie van Scharlebelt is in 2003 een biogasproductie van zo'n 18 m³ biogas per ton varkensmest gemeten. Met een biogaskwaliteit van 55% CH₄ en een organisch stofgehalte van 340 g/kg is dat een biogasopbrengst van 0,20 m³ CH₄/kg os. Bij dit initiatief was gerekend op een ruim dubbel zo hoge opbrengst. Redenen voor de lagere opbrengst zijn dat de aangevoerde mest lang niet altijd vers was, van wisselende kwaliteit doordat het afkomstig is van wisselende diersoorten (bijv. ook fokzeugen) en bedrijven met wisselende rantsoenen. Verder is voor de mest uit gegaan van de theoretisch maximaal haalbare opbrengst die dus niet haalbaar bleek (Kasper, 2004).

Kippenmest

Voor de biogasopbrengst van kippenmest zijn waarden gevonden van 0,21-0,30 m³ CH₄/kg os (Angelidaki and Ellegaard, 2003; FNR, 2004).

Tabel 4.4 Gemiddelde samenstelling (ASG, 2004) en gevonden range van biogasopbrengsten (in m³ methaan/kg os) van dierlijke mest

Mestsoort	drogestof (g/kg)	organische stof (g/kg)	Biogasopbrengst (m ³ CH ₄ /kg os)
Rundveedrijfmest	86	64	0,12-0,21
Rundvee vaste mest	248	150	0,12-0,20
Kippenmest ¹			0,21-0,30
Varkensdrijfmest	55-90	35-60	0,14-0,30
Varkens vaste mest	230	160	0,22-0,30

¹ De aard van het product is te divers om een gemiddelde samenstelling te kunnen geven.

5 Effecten op digestaat en emissies

In dit hoofdstuk beschrijven we de effecten van covergisting op digestaat en emissies zoals broeikasgassen en ammoniak. We gaan met name in op het algemene effecten van vergisting op digestaat en emissies. Voor zware metalen en broeikasgassen maken we voor zover mogelijk onderscheid tussen verschillende coproducten in hun effect.

5.1 Digistaat

Met covergisting worden producten aan de mest toegevoegd. De toevoeging van de producten met elk een specifieke samenstelling beïnvloedt de samenstelling en bemestende waarde van het digestaat. Tabel 5.1 geeft een overzicht van de nutriënten die met de verschillende coproducten worden toegevoegd.

Tabel 5.1 Gemiddelde samenstelling van producten op Positieve Lijst (CVB, 2004)

Coproduct	N (g/kg)	P ₂ O ₅ (g/kg)	K ₂ O (g/kg)
Aardappelen	5,0	1,6	4,6
Aardappelstoomschillen	1,1	0,7	4,4
Aardappelvruchtwater ¹	31,8	14,8	97,0
Aardappelzetmeel	3,1	0,5	0,8
Bietenpuntjes	2,3	0,7	2,3
CCM	9,0	4,4	3,1
Erwten	33,8	8,9	11,9
Gerst	16,5	8,0	5,9
Gras	25,9	6,4	31,7
Groente en fruit ²			
Haver	16,6	7,6	5,6
Koolzaad	31,7	15,3	9,5
Kuilgras	30,6	9,6	41,1
Lupinen	50,6	6,4	9,2
Maïsweekwater	13,1	31,4	26,3
Olievlas ³			
Rogge	15,7	7,3	5,3
Snijmaïs	4,0	1,4	5,0
Suikerbieten	1,7	0,9	2,5
Tarwe	17,8	7,1	5,0
Tarwegistconcentraat	3,2	0,6	1,6
Veldbonen	8,6	2,1	10,1
Vezelvlas ³			
Voederbieten	1,8	0,7	4,2
Witlofpennen	1,4	0,9	4,0
Wortelstoomschillen	0,3	0,7	3,2
Zonnebloempitten	33,9	16,9	11,0

¹ Gehalten van aardappeldiksap, deze zijn echter representatief voor aardappelvruchtwater

² De aard van het product is te divers om een gemiddelde samenstelling te kunnen geven.

³ Olievlas en vezelvlas komen niet voor in de veevoedertabel

Verder gedraagt de co-vergiste mest zich anders in opslag dan onvergiste mest. Ten slotte vormt het toevoegen van coproducten aan mest een risico op input van zware metalen en microverontreinigingen. Deze aspecten behandelen we in onderstaande paragrafen.

5.1.1 Effect op samenstelling

Organische stof

Bij covergisting wordt een deel van de organische koolstof in het mengsel (drijfmest en coproduct) omgezet in methaan en koolstofdioxide. Hierdoor daalt het gehalte organische koolstof en daarmee ook het gehalte organische stof. De daling van het gehalte organische stof kan oplopen tot 80%. In onderzoek van De Boer (2004) nam door vergisting van alleen runderdrijfmest het gehalte organische stof af met 32%. In onderzoek van Abdel-Hadi (2003) werd bij covergisting van runderdrijfmest met bietenpulp 8 tot 64% van de organische stof afgebroken, bij covergisting met voedingsmiddelenresten 46 tot 63%, bij covergisting met resten van de fruitverwerkende industrie 39 tot 54%, en bij vergisting van alleen runderdrijfmest 4 tot 13%. Volgens Anonymus (2004) wordt bij vergisting van alleen drijfmest 24 tot 67% van de organische stof afgebroken en bij covergisting tot 80 %. Zethner et al. (2002) noemen een afbraak van 44 tot 65% van de drogestof als gevolg van covergisting.

De hoeveelheid afbraak hangt van een aantal parameters af. Dit zijn onder andere het gehalte organische stof in het mengsel, de samenstelling van deze organische stof, de verblijfsduur van het mengsel in de vergister en de temperatuur waarbij vergist wordt (mesofiel of thermofiel). De hoeveelheid en samenstelling van de organische stof in drijfmest wordt bepaald door de diersoort, samenstelling van het rantsoen en opslagduur van de mest. De afbreekbaarheid van de organische stof in de mest neemt doorgaans toe in de volgorde runderen, varkens en kippen. Organische stof in rundermest is minder afbreekbaar dan in varkens- of kippenmest omdat het rantsoen van runderen meer ruwe celstof bevat. De organische stof in mest van vleesvee is overigens weer beter afbreekbaar dan de organische stof in mest van melkvee.

Na een geslaagde covergisting is in het digestaat het gehalte makkelijk afbreekbare organische stof lager. De totale hoeveelheid organische stof neemt af, ondanks dat er organische stof is toegevoegd met het coproduct. In een uitzonderingsgeval zou het gehalte organische stof gelijk kunnen blijven of zelfs kunnen stijgen, namelijk wanneer een coproduct met moeilijk afbreekbare organische stof gebruikt wordt. Aangezien dit vanuit economisch oogpunt weinig aantrekkelijk is, zal een dergelijke situatie zich niet snel voordoen.

Stikstof

Als gevolg van de afbraak van organische stof kan ook organische stikstof worden afgebroken en omgezet in ammoniumstikstof. Hierdoor neemt het gehalte organische stikstof in de drijfmest af en het gehalte ammoniumstikstof toe. Anonymus (2004) noemt een verhoging van het aandeel ammoniumstikstof van 5-10% bij vergisting van alleen runderdrijfmest. De Boer (2004) vond geen toename van het gehalte bij vergisting van alleen runderdrijfmest. Zethner et al. (2002) noemen een toename van het ammoniumgehalte tot 27%. Een toename van het gehalte ammoniumstikstof vindt niet altijd plaats. Of het gehalte toeneemt lijkt afhankelijk te zijn van het stadium waarin het vergistingsproces zich bevindt op het moment dat de vergisting stopgezet wordt (De Boer, 2004). Het totale stikstofgehalte van drijfmest verandert in principe niet als gevolg van covergisting. Wel kan tijdens de vergisting een deel van de ammoniumstikstof als ammoniak ontwijken in het biogas.

Door toevoeging van een coproduct met een lager stikstofgehalte dan de drijfmest kan het stikstofgehalte van het digestaat afnemen. Zehntner et al. (2002) noemen een afname van het totale stikstofgehalte als gevolg van covergisting in de orde van grootte van 15 tot 27%; Pötsch et al. (2004) noemen een afname van het totale stikstofgehalte van 15-20%.

Fosfaat, kalium, magnesium, zwavel en andere nutriënten

De gehalten aan fosfaat, kalium en magnesium veranderen in principe niet als gevolg van covergisting. Wel kan door toevoeging van een coproduct met een lager of hoger gehalte nutriënten dan in de drijfmest het gehalte nutriënten in het digestaat af- of toenemen. De kans op gasvormige verliezen is klein. Van fosfaat kunnen hele kleine hoeveelheden ontwijken in de vorm van het zeer giftige gas fosfine (PH_3) (zie bijvoorbeeld Roels & Verstraete, 2001). In dat geval gaat het echter om hoeveelheden in de orde van grootte van nanogrammen per kg.

Het zwavelgehalte van de drijfmest daalt in eerste instantie tijdens de vergisting omdat zwavel in de vorm van H_2S met het biogas kan ontwijken. In de meeste vergistingsinstallaties wordt het biogas echter ontzwaveld om corrosie van de installatie en de WKK-motor te voorkomen. Bij de ontzwaveling wordt de zwavel in elementaire vorm weer aan het digestaat toegevoegd. Hierdoor is het zwavelgehalte in het digestaat vrijwel gelijk aan het gehalte in de onvergiste mest.

Covergisting heeft waarschijnlijk gevolgen voor de vorm waarin nutriënten in het digestaat voorkomen, en daarmee voor de opneembaarheid door gewassen na bemesting. Bij afbraak van de organische stof komen ook organisch gebonden nutriënten vrij in minerale, opgeloste vorm. De nutriënten kunnen opgelost aanwezig blijven of met andere opgeloste stoffen reageren en neerslaan. Uit onderzoek van Sommer & Husted (1995) blijkt dat Mg_2^+ , NH_4^+ en PO_4^{3-} in co-vergiste mest met elkaar kunnen reageren en neerslaan als struviet, en dat Ca_2^+ en CO_3^{2-} kunnen reageren en neerslaan als calciet. De vorming van struviet en calciet zou de beschikbaarheid van de betrokken nutriënten kunnen verlagen. In Gijsman & Hamwijk (1986) wordt vermeld dat Kranenburg en Stouthart (1983) concludeerden dat als gevolg van vergisting het Pw-getal van drijfmest met 28,9% toenam. Een toename van het Pw-getal wijst op een betere beschikbaarheid van fosfaat voor het gewas.

pH

De pH van onvergiste drijfmest ligt meestal iets boven de 7. Als gevolg van vergisting van alleen drijfmest neemt de pH met ongeveer 0,3-0,6 eenheid toe; bij covergisting kan de pH met ongeveer 1 eenheid toenemen. In onderzoek van de Boer (2004) nam de pH van rundermest als gevolg van vergisting licht toe van 7,8 tot 8,3. In onderzoek van Pain et al. (1990) nam bij vergisting van alleen varkensdrijfmest, gevoerd met respectievelijk brijvoer of mengvoer, de pH toe van respectievelijk 7,0 tot 7,6 en van 7,5 tot 8,1. In onderzoek van Rubaek et al. (1996) nam de pH door covergisting van een mengsel van varkensdrijfmest en runderdrijfmest met een restproduct uit de voedselindustrie toe van gemiddeld 7,4 tot 8,2. In onderzoek van Sommer & Husted (1995) nam de pH van drijfmest (vergist met 25% reststromen) toe van 7,4 tot 8,4.

Vluchtige vetzuren en carbonaten

De toename van de pH bij covergisting wordt onder andere veroorzaakt door de afbraak van vluchtige vetzuren en de vorming van carbonaten. Bij (co)-vergisting wordt meestal meer dan 90% van de vluchtige vetzuren afgebroken. (Chantigny et al., 2004; Sommer & Husted, 1995; Pain et al., 1990; Summers & Bousfield, 1980). Bij de afbraak van organische stof en de hydrolyse van ureum worden carbonaten gevormd. Door toename van het gehalte carbonaten stijgt de pH van co-vergiste mest.

Viscositeit

Bij vergisting worden organische stof en slijmstoffen in de drijfmest afgebroken. Hierdoor is vergiste mest doorgaans dunner en vloeibaarder dan de uitgangsmest.

Hygiëne

Als gevolg van de combinatie van anaërobe omstandigheden, het optreden van hydrolyseprocessen, hoge gehalten exo-enzymen in de drijfmest en het redoxpotentieel, kunnen pathogenen en onkruidzaden voor een belangrijk deel onschadelijk gemaakt worden (Edelmann, 2001). In welke mate dit gebeurt hangt af van het type patho-geen/onkruidzaad, de verblijftijd van de drijfmest in de vergister, de menging van de drijfmest, het type vergister, de fysisch-chemische omstandigheden waaronder de vergisting plaatsvindt en de temperatuur waarbij vergist wordt. Bij lange verblijftijd, goede menging, vergisting met een batch-vergister bij hoge temperatuur zal de saniterende werking van covergisting het grootst zijn. Volgens Anonymus (2004) wordt doorgaans het aantal ziekteverwekkers door covergisting sterk gereduceerd, alhoewel niet altijd volledig.

Bij volledige gemengde vergisters bestaat het risico dat een deel van het nieuw toegevoegde substraat na korte tijd de vergister al weer verlaat. Onkruidzaden en ziektekiemen kunnen op deze wijze de voedselkringloop binnenkomen. Dit risico is bij batch-vergisting (bijvoorbeeld in een propstroomvergister of geschakelde vergister) vrijwel afwezig. Zethner et al. (2002) concludeerden dat het aantal ziektekiemen in co-vergiste mest niet verschilde van de uitgangsdrijfmest of licht afnam. Hierbij werd opgemerkt dat tijdens opslag van de co-vergiste mest het aantal ziektekiemen verder zou kunnen afnemen. Als tijdens opslag het digestaat in contact komt met rauwe drijfmest kan het aantal ziektekiemen echter ook weer toenemen.

Broeze et al. (2005) concluderen op basis van een inventarisatie dat de meeste vegetatieve bacteriën mesofiele vergisting (35 °C) langer dan een dag overleven en thermofiele vergisting (>50 °C) minder dan een uur. Sporenvormende bacteriën zouden in het algemeen zowel thermofiele als mesofiele vergisting overleven. Virussen zouden een gelijke temperatuurgevoeligheid als bacteriën hebben, waarbij onder mesofiele omstandigheden de overlevingstijd van virussen wat korter is. Een enkel virus, zoals Bovine Parvovirus) kan onder thermofiele omstandigheden ongeveer een dag overleven. Volgens Broeze et al. (2005) zijn over het effect van mesofiele of thermofiele vergisting op overleving van plantpathogenen weinig gegevens bekend. Zij concluderen dat niet exact bekend is of de combinatie van vergisting met een pasteurisatiestap 100 % afdoende is om alle plantpathogenen en onkruidzaden te doden.

Om ziektekiemen en onkruidzaden uit risicomateriaal afdoende te doden dient een hygiënestap in het vergistingsproces ingebouwd te worden. Hierbij wordt de mest gedurende korte tijd (1 uur) verhit bij een temperatuur van 70 of 133 °C.

Zware metalen

Vergisting leidt niet tot verlies van zware metalen. Weliswaar kunnen zware metalen in verbinding met andere stoffen vervluchtigen, maar deze hoeveelheden zijn doorgaans zeer klein (zie b.v. Michalke et al., 2000). Door afname van het gehalte organische stof neemt het gehalte zware metalen, uitgedrukt op basis van droge stof, echter fors toe. Daarnaast kunnen zware metalen mogelijk met andere opgeloste stoffen reageren en neerslaan in moeilijk oplosbare verbindingen.

Microverontreinigingen

Over het effect van covergisting op diverse microverontreinigingen zijn weinig gegevens bekend. Zethner et al. (2002) analyseerden bij covergisting de

uitgangsdrijfmest, het coproduct (vetstoffen) en het digestaat op de concentraties van diverse microverontreinigingen. Voor een aantal stoffen gold dat de concentraties in het coproduct aanzienlijk hoger waren dan in de uitgangsdrijfmest. Bij geen of geringe afbraak gedurende de covergisting kan het gehalte van deze stoffen in het digestaat toenemen. Dit bleek het geval te zijn voor onder andere adsorbeerbare organische halogeenverbindingen, polychloorbifenylen (PCB's), hexachloorbenzon (HCB) en benzopyreen (een polycyclische aromatische koolwaterstof, PAK). De verontreiniging van het coproduct met Lindan (γ -HCH) was na covergisting niet meer terug te vinden in het digestaat, wat erop wijst dat deze stof via het biogas vervluchtigd is. Datzelfde gold voor diverse aromatische koolwaterstoffen en gechloreerde koolwaterstoffen. Voor de concentraties van dioxine of furaan gold dat deze gelijk waren aan achtergrondconcentraties. Over toe- of afname van deze concentratie in co-vergiste drijfmest konden geen uitspraken gedaan worden. Datzelfde gold voor tensiden. De concentraties aan lineaire alkylbenzosulfonaten (LAS) in het digestaat waren relatief hoog.

5.1.2 Opslag en verwerking van co-vergiste mest

Veranderingen in samenstelling

Gedurende opslag van co-vergiste drijfmest kan er navergisting plaatsvinden, waardoor het gehalte organische stof verder kan dalen (de Boer, 2004). Ook kan bij opslag van vergiste mest gedurende langere tijd de pH weer wat dalen (de Boer, 2004), mogelijk door vorming van vluchtige vetzuren. De mate van navergisting en daling van de pH zal waarschijnlijk afhangen van de hoeveelheid organische stof die nog in de co-vergiste mest aanwezig is.

Vanwege de hogere pH en de kans op een hoger gehalte ammoniumstikstof is het risico van ammoniakvervluchtiging tijdens opslag bij co-vergiste drijfmest groter dan bij onvergiste drijfmest. Dit geldt met name bij open opslag. Bij open opslag gedurende langere tijd kan door vervluchtiging bij co-vergiste drijfmest een groter deel van de ammoniumstikstof verloren gaan dan bij onvergiste drijfmest. Dit heeft een negatief effect op de waarde van co-vergiste drijfmest als stikstofmeststof. Een grotere vervluchtiging wordt ook gestimuleerd doordat er bij co-vergiste drijfmest zich nauwelijks een drijfslag op de mest kan vormen. Dit is het gevolg van de afbraak van organische stof. Een drijfslag kan de emissie van gassen uit de mest verkleinen. In Nederland komt slechts op beperkte schaal open opslag voor (alleen mestsilos van vóór 1987 mogen onafgedekt zijn). Bij vergisting dient opslag van vergiste mest in een dergelijke niet-afgedichte silo te worden voorkomen om het risico op hogere ammoniakvervluchtiging te beperken.

Bij een voldoende lange verblijftijd in de vergister kan de methaanemissie uit opgeslagen co-vergiste drijfmest afnemen. Enerzijds komt dit door afbraak van een groot deel van de makkelijk afbreekbare stof, anderzijds ook door de afbraak van slijmstoffen, waardoor de drijfmest minder methaan kan 'vasthouden'. Methaan lost zeer slecht op in water, en is in drijfmest voornamelijk aanwezig in gasbelletjes, die door de slijmerigheid van het substraat niet kunnen ontwijken.

Doordat co-vergiste drijfmest homogener en minder visceus is, verloopt het verpompen en mixen van de mest makkelijker. Bij co-vergiste drijfmest zou daarom volstaan kunnen worden met een kortere mixtijd vergeleken met onvergiste drijfmest.

5.1.3 Effect op de bemestende waarde

Stikstof

Op basis van de weinige beschikbare gegevens (o.a. de Boer (2004), Rubæk et al. (1996)) kan geconcludeerd worden dat als gevolg van covergisting de beschikbaarheid van stikstof uit drijfmest op korte termijn toeneemt en op langere termijn afneemt. De grotere beschikbaarheid op korte termijn wordt veroorzaakt door een combinatie van een hoger gehalte ammoniumstikstof, sneller afbreekbare organische stikstof en een lager gehalte organische stof vergeleken met de onvergiste drijfmest. Ammoniumstikstof is direct opneembaar voor het gewas, en een hoger gehalte kan leiden tot een hogere opname. Bij een snellere afbreekbaarheid van organische stikstof is ook meer stikstof op kortere termijn beschikbaar voor opname door het gewas. Het lagere gehalte organische stof in co-vergiste drijfmest verlaagt de kans op vastlegging van minerale stikstof in de bodem. Doordat op kortere termijn meer stikstof opgenomen wordt, zal op langere termijn minder stikstof aan het gewas nageleverd kunnen worden.

In sommige onderzoeken is het totale stikstofgehalte van co-vergiste drijfmest kleiner dan van onvergiste drijfmest. Dit kan onder andere veroorzaakt worden doordat bij vergisting, opslag of uitrijden van de mest meer ammoniumstikstof uit de co-vergiste mest vervluchtigt is, of doordat er sprake is van een slechte vergelijkbaarheid van de ingaande drijfmest en het digestaat.

Het bemestingsadvies voor stikstof in de Nederlandse veehouderij (www.bemestingsadvies.nl) is gebaseerd op het gehalte minerale en organische stikstof in de mest en werkingscoëfficiënten per stikstofsoort. Door het advies te volgen wordt daarom al voor een deel rekening gehouden met de verandering in stikstofsamenstelling als gevolg van covergisting. Dit geldt met name wanneer als gevolg van covergisting het gehalte minerale stikstof toeneemt en het gehalte organische stikstof afneemt. Wanneer covergisting voornamelijk leidt tot een snellere afbreekbaarheid van organische stikstof (en de gehalten niet veranderen), leidt toepassing van het advies tot een onderschatting van de hoeveelheid beschikbare stikstof voor het gewas.

Fosfaat, kali en andere nutriënten

Er zijn geen gegevens bekend over de opname van fosfaat, kali of andere nutriënten uit co-vergiste drijfmest. Möller & Vogt (2003) concluderen op basis van een experiment dat uit vergiste drijfmest meer fosfaat wordt opgenomen. Bij hun onderzoek kan echter niet uitgesloten worden dat de hogere fosfaatopname het gevolg was van een hogere stikstofopname. Bij een hogere stikstofopname neemt de fosfaatopname namelijk meestal ook toe. Dat bij afbraak van organische stof nutriënten in eerste instantie in minerale vorm vrijkomen, hoeft niet te betekenen dat ze ook beter opgenomen kunnen worden door het gewas. Nutriënten kunnen ook reageren met andere opgeloste stoffen en neerslaan in moeilijk oplosbare verbindingen, waarna ze voor het gewas slechter opneembaar zijn.

Bodemorganische stof

De afbraak van organische stof als gevolg van covergisting zou in theorie een negatief effect kunnen hebben op de humusopbouw in de bodem. De meningen hierover zijn verdeeld. Enerzijds wordt gesteld dat vergisting nauwelijks effect op de humusopbouw heeft, aangezien bij vergisting alleen de snel afbreekbare organische stof afgebroken wordt. De voor humusopbouw benodigde complexe lignineverbindingen worden niet afgebroken. Daar tegenover kan worden gesteld dat ook de makkelijk afbreekbare organische stof van belang is voor de bodem, mogelijk niet zozeer voor de humusopbouw maar wel voor de voeding van het bodemleven. Möller (2001) voert aan dat

onvergist drijfmest weliswaar meer organische stof bevat, maar dat een groot deel van deze organische stof tamelijk snel na toediening aan de bodem afgebroken wordt. Het effect van vergisting op de opbouw van organische stof zou daarom uiteindelijk gering zijn. Resultaten van Merz (1988) (overgenomen uit Möller (2001)) schijnen dit te bevestigen; in tweejarig onderzoek was het organisch stofgehalte na toediening van onvergiste drijfmest aan het eind van het eerste jaar hoger dan na toediening van co-vergist drijfmest. In het tweede jaar werd de overgebleven organische stof bij de behandeling met onvergiste drijfmest echter sneller afgebroken dan de organische stof bij de behandeling met co-vergist drijfmest. Ook gegevens van Reinhold et al. (1991) (overgenomen uit Möller (2001)) lijken er op te wijzen dat op de langere termijn (> 5 jaar) er geen verschillen optreden in humusopbouw bij aanwending van onvergiste of co-vergist drijfmest. Over het effect van covergisting op humusopbouw en bodemleven zijn verder nauwelijks gegevens bekend.

Tabel 5.2 Effecten van covergisting op digestaat

	Effect op gehalte in digestaat t.o.v. verse mest	Verandering
Mestsamenstelling		
organische stof	afname	tot 80%
minerale stikstof	gelijk/toename	0-27%
organische stikstof	gelijk/afname	0-27%
overige nutriënten	afname/gelijk/toename	-
pH	toename	tot 15%
viscositeit	afname	-
vluchtige vetzuren	afname	tot 90-95%
carbonaten	toename	-
zware metalen	afname/gelijk/toename	-
microverontreinigingen	afname/gelijk/toename	-
onkruidzaden	afname/gelijk/toename	-
ziektekiemen	afname/gelijk/toename	-
Mestopslag		
organische stof	afname/gelijk	-
minerale stikstof	gelijk	-
organische stikstof	gelijk	-
overige nutriënten	gelijk	-
pH	afname/gelijk	-
viscositeit	gelijk	-
vluchtige vetzuren	gelijk/toename	-
carbonaten	gelijk	-
zware metalen	gelijk	-
microverontreinigingen	gelijk	-
onkruidzaden	gelijk	-
ziektekiemen	gelijk	-
Bemestende waarde		
stikstofopname korte termijn	toename	-
stikstofopname uit nalevering	afname	-
andere nutriënten	onbekend	-
bodemorganische stof	onbekend/gelijk	-

5.1.4 Input zware metalen en microverontreinigingen

Het toevoegen van een product aan de mest middels covergisting brengt het risico met zich mee dat ongewenste stoffen in dat product via de mest in de bodem en de voedselketen terecht komen. Dit betreft de mogelijke aanwezigheid van zware metalen, arseen en micro-verontreinigingen.

Het risico op input van deze stoffen middels covergisting is een belangrijke criterium bij het plaatsen van producten op de positieve lijst. Alleen die producten die aangetoond tot een aanvaardbare hoeveelheid zware metalen, arseen en microverontreinigingen inbrengen worden toegelaten op de positieve lijst.

Dit betekent dat producten die op de positieve lijst staan voldoen aan door de wetgever gestelde eisen m.b.t. risico's voor milieukwaliteit t.a.v. zware metalen, arseen en microverontreinigingen (Ehlert e.a. (2004).

De hoeveelheden zware metalen die gehanteerd worden als 'aanvaardbaar' zijn gerelateerd aan de maximale vracht zware metalen uit het Besluit kwaliteit en gebruik Overige Organische Meststoffen (BOOM) en de hoeveelheid zware metalen die via mest wordt aangevoerd. Met mest wordt veel koper en zink aangevoerd (vaak meer dan de BOOM eisen). Het is dan oneerlijk om coproducten af te rekenen op de BOOM eisen terwijl in het mengsel coproductmest een groot aandeel koper en zink afkomstig is van mest.

Een coproduct dient aan in minimaal één van de volgende drie criteria te voldoen voordat het kan worden opgenomen op de positieve lijst:

1. Lagere vracht zware metalen en arseen (bij een gestandaardiseerde hoeveelheid coproduct per ha van 85 fosfaat uit dat product) dan de BOOM-normen (tabel 5.3);
2. Lagere of gelijke vracht koper en zink (bij 85 kg fosfaat uit dat product) dan de vracht koper of zink uit dierlijke mest (bij 85 kg fosfaat uit mest);
3. Bij een mengsel van coproduct:mest van 1:1 lagere of gelijke vracht koper en zink (bij 85 kg fosfaat uit dat mengsel) dan de vracht koper of zink uit dierlijke mest (bij 85 kg fosfaat uit mest) en een lagere vracht overige zware metalen en arseen dan de BOOM-normen.

Tabel 5.3 Maximaal toegelaten vracht aan zware metalen en arseen berekend uit de samenstellingseisen van zuiveringsslib en de maximaal toegestane dosering op bouwland (BOOM).

contaminant	Maximale vracht g/ha/jaar
Cd	2,5
Cr	150
Cu	150
Hg	1,5
Ni	60
Pb	200
Zn	600
As	30

Het gebruik van deze verschillende criteria geeft aan dat er verschillende gradaties zijn in de vracht zware metalen die met coproducten van de positieve lijst wordt aangevoerd. In tabel 5.4 geven we een overzicht welke coproducten van de positieve lijst aan welk criterium voldoen. De producten die voldoen aan het eerste criterium hebben een lagere of gelijke vracht zware metalen als de BOOM normen (bij 85 kg fosfaat/ha

uit dat product). De producten die voldoen aan het tweede criterium bevatten meer koper en zink dan de producten van de eerste lijst en overschrijden de BOOM normen (bij 85 kg fosfaat/ha uit dat product). Echter de vracht koper en zink is lager dan of vergelijkbaar met varkensmest.

De producten die voldoen aan het derde criterium bevatten nog meer zware metalen. Echter het mengsel van mest en coproduct (1:1 obv kg product) voldoet aan de BOOM-normen en de vracht koper en zink is lager of gelijk aan de vracht met mest.

Tabel 5.4 Overzicht welke coproducten aan welke criteria voor zware metalen voldoen.

Voldoen aan criterium 1: de BOOM normen	
Aardappelen	Kuilgras
Corn cob mix (CCM)	Lupinen
Erwten	Olievlas
Gerst	Rogge
Gras	Tarwe
Groente en fruit	Veldbonen
Haver	Zonnebloempitten
Koolzaad	
Voldoen aan criterium 2: gehalten Cu en Zn $\leq$ mest	
Energiemaïs (5 m. hoog)	Vezelvlas
Kuilmaïs/maïssilage	
Voldoen aan criterium 3: bij mengsel 1:1 met mest, gehalten Cu en Zn $\leq$ mest, overige zm voldoen aan BOOM normen	
Suikerbieten	Bietenpuntjes
Voederbieten	Witlofpennen
Producten waarmee de positieve lijst in voorjaar 2005 is uitgebreid. Score op criteria niet bekend, maar voldoen minimaal aan criterium 3.	
Protomylasse	Aardappelstoomschillen
Primair aardappelzetmeelslib	wortelstoomschillen
Tarwegistconcentraat	amysteep

De coproducten op de Positieve lijst zijn dus onder te verdelen in 3 categorieën wat betreft gehalte zware metalen. Maar in alle gevallen voldoet de toevoeging zware metalen met die coproducten aan mest aan de wettelijke toetsingskaders.

De producten van de eerste positieve lijst konden niet worden getoetst op Arseen wegens gebrek aan data. Ehlert e.a. (2004) geven echter aan dat er geen aanwijzingen zijn dat arseen een risico is bij deze producten. Ook voor microverontreinigingen wordt verondersteld dat deze producten geen risico op te hoge gehalten vormen.

Voor de producten die in het voorjaar van 2005 zijn toegevoegd aan de positieve lijst zijn nog geen gegevens beschikbaar in welke mate ze voldoen aan de hierboven gestelde criteria en hoe ze zijn beoordeeld m.b.t. arseen en microverontreinigingen. In ieder geval voldoen deze producten minimaal aan criterium 3.

In Bijlage 7 is een overzicht opgenomen aan de vracht en gehalten zware metalen in coproducten van de eerste positieve lijst.

Op De Marke loopt sinds 2004 onderzoek naar de risico's op insleep van zware metalen met covergisting. In Bijlage 7 (tabel B7.3 staat de aanvoer van zware metalen met drie onderzochte coproducten in vergelijking met runderdrijfmest weergegeven.

De gehalten zware metalen zijn in deze drie coproducten uitgedrukt per kg droge stof lager dan in mest. Dit betekent dat per kg droge stof het gehalte zware metalen verdund wordt door covergisting t.o.v. normale rundermest.

De gemeten gehalten op De Marke schommelen rond de waarden die in literatuurbronnen zijn gegeven.

5.2 Effect op broeikasgasemissies

Covergisting heeft effect op de emissies van broeikasgassen. Over het algemeen kunnen we de volgende effecten van mest- en covergisting identificeren: Met de opwekking van elektriciteit en warmte kan gebruik van fossiele energiedragers en daarmee gepaard gaande CO₂ emissie vermeden worden (zie o.a. Anonymus, (2003) en Os e.a. (2003)). Verder wordt methaanemissie uit de mestopslag vermeden door een veel korter verblijf van mest in de vooropslag (bijv. kelder onder de stal) en een geheel gasdichte biogasinstallatie t.o.v. een niet gegarandeerd dichte traditionele mestopslag. Tenslotte heeft de veranderde samenstelling van het digestaat t.o.v. onvergiste mest effect op de emissie van broeikasgassen bij aanwending (afhankelijk van de omstandigheden kan de lachgasemissie toe- danwel afnemen bij aanwending van vergiste t.o.v. onvergiste mest) (Bosker en Kool, 2004). Deze effecten van vergisting t.o.v. een situatie zonder vergisting vormen verder geen onderdeel van dit rapport³. In dit rapport richten we ons op de verschillen tussen coproducten in het effect op broeikasgasemissie.

Covergisting is over het algemeen een alternatieve bestemming van producten t.o.v. het gangbare gebruik. Snijmaïs bijvoorbeeld wordt in een gangbare situatie gebruikt als veevoeder. Bij covergisting krijgt het met energieopwekking een andere bestemming.

In dit hoofdstuk behandelen we een aanpak om de vraag 'wat het effect is op broeikasgasemissies indien producten als covergistingsmateriaal worden ingezet t.o.v. het normale gebruik', te beantwoorden.

5.2.1 Methode

Met de TEWI methodiek kan het verschil in broeikasgasemissies tussen een referentie en een alternatieve situatie berekend worden. In de TEWI berekening wordt rekening gehouden met directe en indirecte broeikasgasemissies ten gevolge van verandering in energiegebruik en/of materiaalgebruik (Anonymus, 2003, Os e.a. 2003). De methode is gebaseerd op de LCA methodiek (Life Cycle Assessment) die voor een bredere scoop milieuthema's de verschillen tussen referentie en alternatieve situatie in beeld brengt.

In dit onderzoek beschrijven we de methode die gehanteerd kan worden om de inzet van producten als covergistingsmateriaal te vergelijken met het 'oorspronkelijke' gebruik. Deze methode is gebaseerd op een eerder toegepaste LCA-studie naar het effect van een ander gebruik van bierbostel (Rougoo en Blonk, 2001). Gezien de beperkte omvang van dit onderzoek kunnen we slechts summier een kwantitatieve invulling geven aan het onderzoek.

³ Voor relevante studies en rapporten die ingaan op deze effecten verwijzen we naar de site van het ROB-programma van SenterNovem (www.robklimaat.nl)

De referentie is de situatie waarin het product op de gangbare manier wordt gebruikt. Voor bijvoorbeeld snijmaïs is dat als ruwvoeder in de melkveehouderij.

De alternatieve situatie is de situatie waarin het betreffende product wordt ingezet als coproduct in de vergistingsinstallatie. Hiermee wordt energie (elektriciteit en warmte) opgewekt die fossiele energie vervangt. Voor de verschillende coproducten beschrijven we hieronder de verschillen in de alternatieve t.o.v. de referentie situatie.

Voor beide situaties dient het uitgangspunt gelijk te zijn, dit is de zogenaamde functionele eenheid. Voor deze vergelijking kiezen we als functionele eenheid 1 ton product.

Hier beperken we ons tot die effecten die het directe gevolg zijn van het veranderd gebruik van het coproduct. Bij covergisting zijn ook effecten op broeikasgasemissies te verwachten die toe te schrijven zijn aan een veranderd gebruik van mest. Bijvoorbeeld de reductie in emissies vanuit de mestopslag door een korte opslag van mest.

De focus van deze paragraaf is gericht op de effecten die het directe gevolg zijn van het veranderd gebruik van het coproduct. Indien een referentiesituatie van normaal gebruik van mest en coproduct wordt vergeleken met het alternatief mest- en covergisting dienen daarnaast ook de effecten die toe te schrijven zijn aan mest (emissiereductie van methaan uit mestopslag en opwekking elektriciteit) te worden meegenomen. Deze zijn beschreven door Os e.a. (2003).

De verschillende coproducten die voor de Nederlandse situatie relevant zijn kunnen we onderverdelen naar type referentie (tabel 5.5). De referentie situaties zijn de routes die een product normaal gesproken aflegt in een situatie zonder covergisting.

Tabel 5.5 De coproducten ingedeeld naar verschillende referentie situaties.

Coproduct	Welke coproducten?	Referentie situatie
Voedergewassen	Voedergewassen (bijv. gras, snijmaïs)	(ruw)voeder in melkveehouderij
Gewassen/vruchten t.b.v. de verwerkende voedingsmiddelenindustrie	Granen, rooivruchten, vlinderbloemigen en oliehoudende zaden (bijv. tarwe, suikerbieten)	Grondstof voor de voedingsmiddelenindustrie of afzet als veevoeder(grondstof) (relevant voor partijen met lage kwaliteit)
Gewassen/vruchten t.b.v. consumentenmarkt	groente en fruit, aardappelen	Directe afzet ri consument zonder noemenswaardige bewerking of afzet als veevoeder (relevant voor partijen met lage kwaliteit)
Restproducten uit de voedingsmiddelenindustrie	Producten van lijst 2 (bijv. aardappelstoomschillen, beukersgist)	Voederproduct in veehouderij of afvalverwerking (storten/verbranden)
Overige	Vezelvlas, energiemaïs	specifiek

5.2.2 Verandering bij gebruik als coproduct

De inzet als coproduct in de alternatieve situatie geeft een aantal wijzigingen t.o.v. de referentie situatie. Deze wijzigingen verschillen voor de verschillende coproducten en beschrijven we hieronder. We richten ons daarbij op het gebruik van het product. Veranderingen in transport en de afvalfase (na gebruik) laten we hier buiten beschouwing omdat deze ketenonderdelen waarschijnlijk in vergelijking met de gebruiksfase

een kleine bijdrage hebben aan het verschil in broeikasemissies. Deze aspecten dienen in een volledige TEWibenadering wel degelijk te worden meegenomen.

Voedergewassen

De referentiesituatie bij voedergewassen is gebruik als (ruw)voeder op melkveebedrijven. Bij gebruik als coproduct in de alternatieve situatie zien we de volgende wijzigingen:

- Vervanging van het betreffende voedergewas door een ander (ruw)voedermiddel in het rantsoen voor het melkvee;
- Vervanging van fossiele energie door de met covergisting opgewekte energie.

Gewassen/vruchten t.b.v. de verwerkende voedingsmiddelenindustrie en de consumentenmarkt

Bij deze groepen producten is het van belang om te onderscheiden of het coproduct als restproduct (bijv. afzet als veevoeder) of als 'hoofd'product (verwerking in voeding of naar consumenten) in de referentie zou worden afgezet. Het is aannemelijk dat vooral die producten die niet geschikt zijn voor verwerking en afzet richting consumenten of worden 'doorgedraaid' vanwege marktredenen (bijv doordraai van fruit) de weg vinden naar covergisting. In de referentiesituatie zouden die producten afgezet worden als resp. veevoeder of worden gestort.

Het is minder aannemelijk dat producten die geschikt zijn als grondstof in de voedingsmiddelenindustrie en als direct consumeerbaar product worden gebruikt als covergistingsmateriaal. De toegevoegde waarde als grondstof in de voedingsmiddelenindustrie en als direct consumeerbaar product is waarschijnlijk veel hoger dan als coproduct. De referentiesituatie waarbij deze producten worden ingezet als grondstof in de voedingsmiddelenindustrie en als direct consumeerbaar product is daarmee minder relevant. Toch zijn hier echter wel uitzonderingen voor denkbaar. Bijvoorbeeld C-bieten (bieten die boven het quotum geproduceerd worden) die een lage prijs opbrengen maar normaal gesproken wel als suikergrondstof gebruikt worden, zouden als coproduct kunnen worden ingezet.

Bij gebruik als coproduct in de alternatieve situatie zien we de volgende wijzigingen:

- Vervanging van het betreffende product door een ander veevoedermiddel;
- Óf vermijding van stort of verbranding van het product;
- Óf gebruik van een vergelijkbare grondstof in de betreffende industrie of vergelijkbaar product voor consumptie. In dit geval gaan we ervan uit dat dan dezelfde producten wordt gebruikt⁴. Dit betekent dat er dan extra productie van datzelfde product zal gaan plaatsvinden. Analooq aan LCA-methodiek gaan we ervan uit dat die teelt plaatsvindt op braakliggende grond;
- Vervanging van fossiele energie door de met covergisting opgewekte energie.

Het product vezelvlas dat als grondstof voor de vezelindustrie dient in de referentiesituatie benaderen we ook op deze wijze.

Restproducten uit de voedingsmiddelenindustrie

De referentiesituatie bij deze producten is voor het grootste deel gebruik als veevoeder in de veehouderij. Deze (veelal natte) bijproducten worden grotendeels afgezet richting de melkvee- en varkenshouderij.

Indien de restproducten uit de voedingsmiddelenindustrie in de alternatieve situatie als coproduct worden ingezet zien we de volgende wijzigingen:

- Vervanging van het restproduct door een ander voedermiddel in het rantsoen;
- Vervanging van fossiele energie door de met covergisting opgewekte energie.

⁴ Zoals gebruikelijk in de LCA methodiek gaan we ervan uit dat de markt (consumptie en vraag, zowel kwantitatief als kwalitatief) van producten niet verandert in de alternatieve situatie t.o.v. de referentie situatie.

Energiegewas

Onder energiegewas vallen gewassen die specifiek gericht op energieopwekking geteeld worden. Energiemaïs is in dit kader het enigste energiegewas dat op de positieve lijst is vermeld. Energiemaïs is een gewas dat specifiek geteeld wordt voor energieopwekking. Dit impliceert een andere benadering. De functionele eenheid is dan een bepaalde hoeveelheid geproduceerde energie (bijv. 1000 kWh electra). Opwekking van die hoeveelheid energie met energiemaïs vergelijken we dan met de referentie elektra uit fossiele bronnen. De teelt van energiemaïs op een bepaalde oppervlakte in de alternatieve situatie vergelijken we met braakliggende grond in de referentie situatie. Voor inzet van een energiegewas als coproduct zien we de volgende wijzigingen in de alternatieve t.o.v. de referentie situatie:

- Vervanging van fossiele energie door de met covergisting opgewekte energie;
- Vervanging van braakliggende grond door de teelt van het energiegewas.

5.2.3 Uitwerking van de veranderingen

Vervanging van fossiele energie

Het vervangen van de met fossiele bronnen opgewekte energie is een CO₂ voordeel dat bij alle coproducten in de TEWI benadering meegenomen dient te worden. Bij vervanging van grijze stroom en warmte dat met fossiele energie is opgewekt wordt CO₂ emissie uitgespaard (tabel 5.6).

Tabel 5.6 De CO₂ emissie bij opwekking van elektra en warmte met fossiele bronnen (bronnen: Groot, 2004 en NOVEM 2002).

	CO ₂ emissie
Stroom	0,50 kg CO ₂ per kWh ¹
Warmte	0,059 kg CO ₂ per MJ ²

¹ voor de mix aan fossiele brandstoffen die gemiddeld in NL worden ingezet om grijze stroom te produceren. Tussen energiebedrijven is een variatie in gebruikte grondstoffen wat een spreiding geeft van 0,48 – 0,63 kg CO₂/kWh

² obv een emissiefactor van 56 kg CO₂/GJ aardgas en een rendement voor ruimteverwarming van 95%

Afhankelijk van de hoeveelheid biogas dat ontstaat bij covergisting van een coproduct kan een bepaalde hoeveelheid stroom en warmte geproduceerd worden.

Daarbij dient de hoeveelheid stroom en warmte die weer wordt ingezet in de vergistingsinstallatie (bijv. om te mixen en om het proces op temperatuur te houden) te worden afgetrokken. Alleen de stroom en warmte die buiten de vergister wordt ingezet ter vervanging van fossiele energie kan worden meegeteld als CO₂ uitsparing. Hierbij dient te worden opgemerkt dat benutting van de warmte niet in alle gevallen (m.n. vergister op boerderijschaal) vanzelfsprekend is. Doordat er vaak geen of een onvoldoende constante warmtevraag op het bedrijf of in de nabije omgeving is, kan de warmte niet of onvolledig benut worden en wordt het geloosd. In dat geval kan geen CO₂ uitsparing met warmteopwekking worden meegerekend.

Ter illustratie geven we o.b.v. indicatieve cijfers de CO₂ uitsparing bij opwekking van energie uit snijmaïs: Bij vergisting van 1 ton snijmaïs is een biogasproductie van 249 m³ biogas gemeten (De Marke). Met een elektrisch rendement van 1,8 kWh per m³ biogas betekent dit netto 446 kWh (bruto 448 kWh – 2 kWh per ton voor mixen en pompen) stroom uit 1 ton snijmaïs. Met een thermisch rendement van 65% wordt

14,7 MJ warmte per m3 biogas opgewekt. Dus uit een ton snijmaïs komt bruto 3660 MJ warmte. Daarvan gaat een groot gedeelte retour naar de vergistingstank om het proces op temperatuur te houden. Ongeveer 1/3 deel komt beschikbaar als netto warmte wat kan worden ingezet ter vervanging van fossiele bronnen. Per ton snijmaïs betekent dit een besparing van 223 en 72 kg CO₂ voor productie van resp. duurzame elektriciteit en warmte (tabel 5.7).

Tabel 5.7 De CO₂ uitsparing door vervanging van fossiele energiebronnen wanneer snijmaïs wordt ingezet als coproduct.

Coproduct	biogasopbrengst	energieopbrengst		CO ₂ uitsparing (kg CO ₂ /ton product)
		Bruto	netto	
1 ton snijmaïs	249 m3 biogas	448 kWh stroom 3660 MJ warmte	446 kWh stroom 1220 MJ warmte	223 72

Vervanging van een voederproduct door een ander voedermiddel

Deze vervanging is relevant voor (ruw)voedergewassen, gewassen en vruchten die niet als grondstof voor de voedingsmiddelenindustrie of naar de consument worden afgezet maar als voedermiddel aan de veehouderij worden geleverd en restproducten. De voedergewassen en (rest- of bij-)producten die worden ingezet als veevoeder op de positieve lijst hebben als voedermiddel elk specifieke eigenschappen. Zo is snijmaïs (wordt meestal als ingekuild product; silage, vervoerd) een ruwvoeder met een relatief hoog energiegehalte en een relatief laag eiwitgehalte. Met deze eigenschappen vormt het een goede aanvulling van een rantsoen met gras dat relatief veel eiwit en minder energie bevat.

Bij vervanging van een voedergewas of (rest- of bij-)product in een rantsoen dient rekening te worden gehouden met die specifieke voederwaarde. Als vervanging dient dus een voedermiddel of combinatie van voedermiddelen gekozen te worden dat een vergelijkbare voederwaarde vertegenwoordigt.

Van dit vervangende voedermiddel(len) dient het volgende te worden bepaald:

- Broeikasemissie in de productiefase (gehele keten van teelt, fabricage, tot transport boerderij);
- Veranderend broeikasemissie bij gebruik (effect op methaanvorming in de pens en evt. N₂O en methaanemissie vanuit de mest).

Kwantificering van bovenstaande aspecten valt buiten de kaders van dit onderzoek. Voor een goed onderbouwde keuze voor bijvoorbeeld vervanging in het rantsoen is een uitgebreide studie nodig waarin alle veevoedkundige zaken goed meegewogen moeten worden.

In de literatuur zijn gegevens beschikbaar over broeikasgasemissies die gerelateerd zijn aan de productie van verschillende voedermiddelen (daarin is de gehele keten van teelt, verwerking en transport meegenomen). Zo hebben Rougoor en Blonk (2001) o.a. het effect op broeikasemissies bepaald bij vervanging van bierbostel door andere voedermiddelen in een melkveerantsoen. Ter illustratie; productie en transport van mengvoeder geeft een CO₂ emissie van ongeveer 400 kg CO₂ per ton (obv 88% ds) (Blonk, 2005). De teelt van een ruwvoeder zoals snijmaïs kost zo'n 300 kg CO₂ per ton product (Blonk, 2005).

Indien een voedermiddel in een melkveerantsoen wordt vervangen door een ander product kan de emissie van methaan uit de pens wijzigen. Momenteel loopt onderzoek naar de effecten van voeding op de methaanemissie uit de koeienpens. Aspecten als verteerbaarheid etc. spelen een belangrijke bron. Mengvoerders met een hogere verteerbaarheid dan ruwvoerders geven over het algemeen lagere methaanemissies. (Zijderfeld en Van Straalen, 2004 en Veen, 2000). Voordat echter een uitspraak wordt

gedaan over het kwantitatieve effect op de methaanemissie dient het vervangende rantsoen duidelijk te zijn.

Vermijding van stort of verbranding

Het vermijden van stort of verbranding is relevant voor die producten die in de referentie als afvalproduct worden behandeld en worden gestort of verbrand. Als een product wordt ingezet als coproduct in plaats van te worden gestort of verbrand dan is de vermeden CO₂-emissie een CO₂ voordeel in de TEWI berekening. Kwantificering daarvan valt buiten de kaders van dit onderzoek.

Teelt van een vervangend product op braakgrond

Dit aspect is relevant wanneer een product dat normaal gesproken wordt afgezet als grondstof voor de voedingsmiddelenindustrie of naar consumenten wordt co-vergist. Omdat we uitgaan van een gelijke vraag naar dat product dient een vervangend product geproduceerd te worden. Daarbij veronderstellen we dat die productie plaatsvindt op braakgrond. De teelt van producten geeft CO₂emissie. Bijvoorbeeld de teelt van tarwe geeft een CO₂ emissie van zo'n 290 kg CO₂ per ton tarwe (Blonk, 2005). Deze CO₂ emissie is ten nadele van de inzet van het product als coproduct in de mestvergisting.

Teelt van een energiegewas op braakgrond

Analoog aan de teelt van een vervangend product op braakgrond moeten we bij de teelt van een energiegewas de CO₂ emissie die daarmee gemoeid is meetellen. Deze CO₂ emissie moet worden afgetrokken van het CO₂ voordeel dat het energiegewas heeft met vervanging van grijze stroom (en warmte). De CO₂ emissie Bij de teelt van energiemais is onbekend maar een goede indicatie is de CO₂ emissie bij de teelt van snijmais; zo'n 300 kg CO₂ per ton (Blonk, 2005).

Schematisch is het effect op broeikasgasemissie bij inzet van coproducten in tabel 5.8 weergegeven. Positief (reductie van CO₂ emissie) is de vervanging van met fossiele bronnen opgewekte energie. Echter het vervangen van het coproduct in bijvoorbeeld het rantsoen of het telen van het coproduct resulteert in extra broeikasemissie. Het netto verschil tussen CO₂ reductie en extra emissie bepaalt of inzet als coproduct een positieve danwel negatieve bijdrage heeft aan CO₂ reductie. Bij het gebruik van snijmais als coproduct is het CO₂ voordeel door uitsparing van fossiele energieopwekking vergelijkbaar met de CO₂ emissie die de teelt van snijmais oplevert (resp. 295 vs zo'n 300 kg CO₂ per ton). Dit betekent dat teelt van snijmais voor energieproductie m.b.v. covergisting geen CO₂ winst oplevert. Dit geeft aan dat het vermeende CO₂ voordeel door de inzet van geteelde coproducten (ruwvoerders) in covergisting ongegrond kan zijn. Dit aspect verdient nader onderzoek.

Alleen bij inzet van coproducten die anders zouden worden gestort of verbrand kunnen we er van uit gaan dat de zowel de vervanging van fossiele energie als vermijding van stort of verbranding beide positief bijdraagt aan CO₂ reductie. De kwantificering van de plussen en minnen in onderstaand schema vergt nader onderzoek.

Tabel 5.8 Een kwalitatief beeld van de positieve (broeikasemissie-reducerende) en negatieve (broeikasemissie-vermeerderende) gevolgen van inzet van producten als coproduct in het vergistingsproces.

		Vervanging fos- siele energie	Vervanging door ander voeder- middel in rant-	Vermijding stort of verbranding	Teelt van ver- vangend product op braakgrond	Teelt van ener- giegewas op braakgrond
voedergewassen	Gras, snijmaïs	+	-	nvt	nvt	Nvt
Gewassen/vruchten tbv verwerkende voeding- smid. industrie en tbv consumentenmarkt	Granen, suiker- bieten, groente en fruit , aardappelen	+	- ¹	+ ¹	- ¹	nvt
Restproducten uit de voedingsmiddelen- industrie	Aardappelstoom- schillen	+	-	nvt	nvt	nvt
Energiegewas	energiemaïs	+	nvt	nvt	nvt	-
overige	vezelvlas	+	nvt	nvt	-	nvt

¹ Per product is slechts 1 van deze drie referentie situaties relevant.

5.3 Effect op ammoniak

Opslag

Het vergistingsproces vindt plaats onder anaërobe omstandigheden en moet daarom worden toegepast in gasdichte mestopslagen. Uit de vergistingstank zal daarom geen emissie van ammoniak optreden. De opslag van het digestaat (= uitvergiste mest) vindt echter plaats in normale mestopslagen. Voor mestsilos in Nederland die gebouwd zijn na juli 1987 geldt de wettelijke verplichting om deze af te dekken.

Sommer (1997) en Jäkel et al. (2002) beschrijven voor resp. de Deense en Duitse situatie, verschillen in ammoniakemissie tussen afgedekte en niet-afgedekte mestopslagen bij gebruik van vergiste en onvergiste mest.

Deens onderzoek geeft de verschillen in ammoniakemissie bij verschillende afdekkingen van mestopslagen van co-vergiste mest (75% mest en 25% organische reststromen). De ammoniakemissie uit een mestopslag zonder afdekking varieerde van 0 g N/m² per dag bij temperaturen onder nul tot 30 g N/m² per dag tijdens warme, zonnige zomerdagen. Bij mestopslagen met een afdekking van stro of kleikorrels werd de ammoniakemissie significant gereduceerd. De jaarlijkse ammoniakemissie van de mestopslagen met co-vergiste mest zonder afdekking, afdekking met stro of met kleikorrels werd geschat op respectievelijk 3,3, 0,27 en 0,1 kg N/m² (Sommer, 1997). In Duits onderzoek is het effect van afdekkingen van mestopslagen met co-vergiste mest vergeleken met onvergiste mest zonder afdekking. Hieruit blijkt dat een drijfslaag op vergiste mest de ammoniakemissie sterk reduceert in vergelijking met onvergiste mest zonder afdekking of drijfslaag (Jäkel et al., 2002). Vergeleken met onvergiste mest zonder afdekking of drijfslaag was bij vergiste mest met een drijfslaag van 5-10 cm de reductie in ammoniakemissie meer dan 80%. Echter zonder drijfslaag nam de emissie bij vergiste mest toe met gemiddeld meer dan 45% in vergelijking tot onvergiste

mest zonder afdekking of drijfslaag. De verwachting is dat bij mestopslagen met een ander afdekking vergelijkbare lage emissies worden behaald.

In Nederland is het merendeel van de mestopslagen afgedekt. Het effect op de ammoniakemissie van opslag van co-vergiste mest i.p.v. onvergiste mest in deze afgedekte mestopslagen komt niet uit bovengenoemde onderzoeken naar voren. In deze onderzoeken is namelijk niet de vergelijking gemaakt tussen de ammoniakemissie van co-vergiste mest en onvergiste mest in afgedekte mestopslagen.

We kunnen desondanks aangeven dat we weinig verschil verwachten tussen ammoniakemissie van vergiste vs. onvergiste mest in afgedekte silo's voor de Nederlandse situatie. Het is immers duidelijk dat, net als bij onvergiste mest, afdekking van vergiste mest de ammoniakemissie substantieel terugbrengt en die reductie voldoet aan de wettelijke norm van 75%.

Uitrijden

Er is veel onderzoek gedaan naar het effect van aanwendingsmethode op de emissie van ammoniak uit onvergiste mest. Onderzoek naar de ammoniakemissie van vergiste mest tijdens en na uitrijden is veel minder gedaan. Pain et al. (1990) hebben in Engeland onderzoek gedaan naar de ammoniakemissie van twee soorten vergiste varkensmest (met en zonder covergisting) bij bovengrondse aanwending op grasland. Ondanks een hogere pH van vergiste varkensmest werd een lagere ammoniakemissie ten opzichte van onvergiste varkensmest gevonden, maar dit verschil was niet significant. Als verklaring werd een betere infiltratie van vergiste mest aangevoerd als gevolg van een lagere drogestof gehalte in vergiste mest. In Denemarken heeft tweejarig onderzoek plaatsgevonden naar de ammoniakemissie tijdens aanwending van onvergiste rundveemest en co-vergiste mest (20% reststromen met varkens- en rundveemest) met behulp van een mestinjecteur en een tank met sleepslangen (Rubaek et al., 1996). De ammoniakemissie tussen beide jaren verschilde door wisselende weersomstandigheden. De ammoniakemissie was bij een tank met sleepslangen hoger dan bij mestinjectie. Er werd geen significant verschil gevonden in ammoniakemissie tussen de onvergiste en co-vergiste mest bij mestinjectie. Bij toediening met behulp van een tank met sleepslangen was er in 1993 wel een significant verschil in het voordeel van co-vergiste mest, maar niet in 1994. Dit werd enerzijds toegeschreven aan de betere infiltratie van vergiste mest in de grond (Thompson et al., 1990), waardoor de mest minder lang is blootgesteld aan de atmosfeer. En anderzijds aan dat droge grond water kan afstoten (Bisdorf et al., 1993). Ook Wulf et al. (2002) hebben onderzoek gedaan naar de invloed van de aanwendingsmethode op de ammoniakemissie van co-vergiste (30% reststromen met 70% rundveemest) en onvergiste rundveedrijfmest op bouw- en grasland. Hoe meer de mest de grond in werd gewerkt of dichter bij het bodemoppervlak werd gebracht hoe lager de ammoniakemissie was. Bij toediening met sleepslangen op bouw- en grasland werd geen significant verschil in ammoniakemissie gevonden tussen onvergiste en co-vergiste drijfmest. Er werd echter wel een opvallend verloop in ammoniakemissie gevonden op grasland, waarbij de vergiste mest na toediening in het begin meer emitteerde maar de onvergiste mest langer bleef emitteren waardoor de geaccumuleerde ammoniakemissie over vier dagen bij onvergiste mest hoger was dan bij de co-vergiste mest. Ook hiervoor werd als verklaring gegeven dat door vergisting de viscositeit van de mest afneemt en daardoor beter uitvloeit en makkelijker de bodem in dringt. Uit alle drie de onderzoeken blijkt dat de ammoniakemissie bij uitrijden van (co)vergiste mest niet hoger is dan van onvergiste mest en soms zelfs lager. We kunnen echter op basis van deze beperkte resultaten geen uitspraken doen over het effect van vergisting op de ammoniakemissie bij aanwending van mest. Bij het schrijven van dit rapport (zomer 2005) is in Nederland onderzoek gaande naar het verschil in ammoniakemissie bij aanwending van onvergiste en vergiste rundermest. A&F voert dit onderzoek uit op Praktijkcentrum De Marke.

5.4 Effect op geur

Algemeen

Geur afkomstig van mest is opgebouwd uit verschillende geurstoffen. Veel geurstoffen ontstaan door een onvolledige afbraak van organisch materiaal in mest tijdens opslag. Geurstoffen kunnen ingedeeld worden in zwavelhoudende stoffen, vluchtige vetzuren (VVZ), fenolen, indolen, ammonia en vluchtige aminen (Le et al., 2004). Concentraties van bepaalde gassen kunnen gebruikt worden als een indicatie voor de geurintensiteit van mest. Velsen (1981) vond in vergiste mest sterk lagere gehalten aan geurstoffen ten opzichte van onvergiste mest. Ook Zhang et al. (2000) vond lagere gehalten aan geurstoffen in vergiste mest ten opzichte van onvergiste mest. De gehalten aan zwavelhoudende stoffen (H_2S , CH_3SH) waren 99% lager en het gehalte aan VVZ lag ongeveer 4 à 5 keer lager bij vergiste rundvee- en varkensmest. Resultaten van Welsh et al. (1977) lieten zien dat vergisting de geur van varkensdrijfmest effectief kan reduceren en dat dit effectiever gebeurde bij 35 °C dan bij 25 °C. Powers et al. (1999) deden onderzoek naar de geur van vergiste rundveedrijfmest uit een volledige geroerde vergister bij verschillende verblijftijden. De ingaande mest had een drogestof percentage van circa 2%. De geurintensiteit van de vergiste mest nam ten opzichte van onvergiste mest lineair af met de duur van de verblijftijd. De geurconcentratie werd door een geurpanel gescoord op een schaal van 1 tot 10, waarbij 10 de hoogste geurintensiteit had. Bij de langste verblijftijd (20 dagen) was de geurintensiteit van de vergiste mest de helft van de onvergiste mest (3,01 vs. 6,56). Vergeleken met de onvergiste mest waren de concentraties aan vluchtige vetzuren en phenol in de vergiste drijfmest sterk gereduceerd. In 2003 is door Kuijk et al. onderzoek gedaan naar de geurconcentratie en hedonische waarde (maat voor geurbeleving) van vergiste en onvergiste mest van Praktijkcentrum Sterksel. Uit het onderzoek bleek dat de geurconcentratie van vergiste varkensmest vier keer zo laag was dan van verse varkensmest en twee keer zo laag dan die van oude varkensmest. De hedonische waarde daartegen was voor vergiste en onvergiste mest vrijwel gelijk. Kuijk et al. (2003) verwachtten dat dit ook zal gelden voor co-vergiste mest. Door slecht management en planning van de installatie kan bij covergisting echter wel geuroverlast ontstaan (Neumann, 2004; Liebich, 2004). Door het toepassen van goede opslag- en toedieningsmethoden voor mest en coproducten en een goed management van de installatie kan geuroverlast voorkomen worden.

Opslag

Het vergistingsproces vindt plaats in een gasdichte, geïsoleerde mestsilos waardoor emissies van geur net zoals bij afgesloten mestopslagen worden voorkomen. De in het biogas aanwezige geurstoffen (H_2S en VVZ) worden verbrand in een warmtekrachtkoppelinginstallatie (WKK), waarbij het rendement van geurverwijdering circa 99% bedraagt. Hierdoor draagt de gasopslag en de uitlaat van de WKK niet bij aan de geuremissie (Kuijk et al, 2003). Bij mestopslagen zonder afdekking of drijfslag was de geuremissie van vergiste mest 31% lager ten opzichte van onvergiste mest (Jäkel et al., 2002). Bij een drijfslag van 5-10 cm werd de geuremissie gereduceerd met 77% vergeleken met onvergiste drijfmest.

Uitrijden

Metingen van de geuremissie tijdens en na het verspreiden van mengmest afkomstig van varkens gaven bij onvergiste mest een factor 3 hogere geuremissie dan bij vergiste mest (Harreveld, 1981). De geur was bij de onvergiste mest na twee dagen verdwenen, terwijl bij vergiste mest de geur al na één dag was verdwenen. Pain et al. (1990) constateerden bij aanwending van vergiste en co-vergiste varkensmest op grasland een reductie van 70-80% in geuremissie gedurende de eerste zes uur na aanwending vergeleken met onvergiste varkensmest. Ook vonden ze een reductie in geurintensiteit bij vergiste mest waardoor de geurbelaste afstand sterk afnam.

De geurbeleving verschilde echter niet tussen vergiste en onvergiste varkensmest. Ook uit onderzoek in Denemarken bleek een duidelijk verschil in geuremissie tussen vergiste en onvergiste mest na aanwending. Al vijf minuten na aanwending werd een verschil gevonden in geuremissie en na 12 uur was het verschil verder toegenomen. Hierdoor was het stankbelaste gebied bij vergiste mest drastisch kleiner vergeleken met onvergiste mest (Bosker en Kool, 2004). Uit de verschillende onderzoeken blijkt dus dat door vergisting de geuremissie uit mest beduidend afneemt en het gebied met geuroverlast kleiner is.

6 Economische situatie

6.1 Kosten en baten van mestvergisting

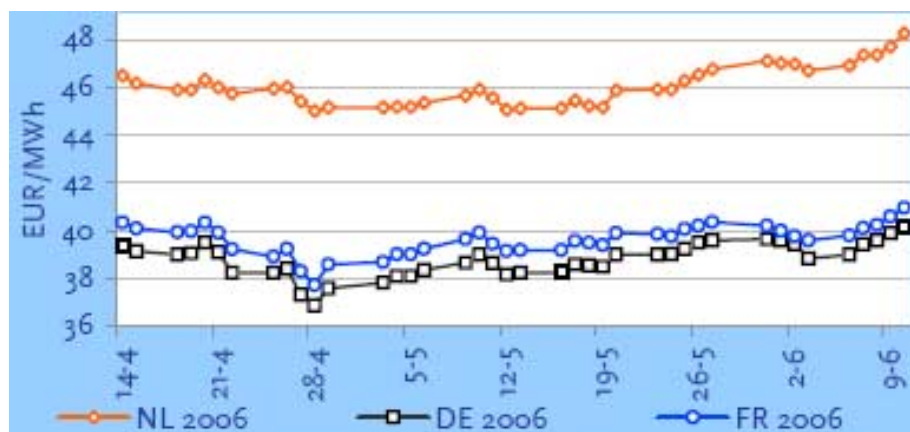
Mestvergisting is een techniek waar geld mee verdiend kan worden. Of een vergistingsinstallatie in een bepaalde situatie rendabel is, hangt af van vele parameters. Hierbij kan gedacht worden aan de kosten van de co-substraten, de afzetmogelijkheden van de warmte, de aan- en afvoerkosten van de te vergisten materialen etc. In dit hoofdstuk zullen de belangrijkste economische aspecten aan de orde komen.

6.1.1 Baten uit electriciteit

De inkomsten van een covergistingsinstallatie bestaan voornamelijk uit de opbrengsten uit de verkoop van elektriciteit en/of warmte. De MEP is een productiesubsidie, die bovendien afgerekend wordt per kWh elektriciteit, en draagt tengevolge daarvan bij aan de inkomsten.

De prijs van elektriciteit is afhankelijk van het soort afnemer en de wijze waarop afgekeurd wordt. Bedrijven betalen voor basis- en pieklast een andere prijs. Basislast is de afname van een constante hoeveelheid elektriciteit over 24 uur per dag. Bedrijven met een continu productieproces kunnen een groter deel als basislast contracteren dan bedrijven met een discontinu en wisselend afnamepatroon. Deze bedrijven zullen een groter deel als pieklast moeten contracteren. Pieklast is de afname van elektriciteit tussen 7-23 uur.

Beide lasten worden op de OTC-markt (Over The Counter; lange termijnhandel) verhandeld en kunnen gecontracteerd worden voor toekomstige kwartalen en jaren. Gecontracteerde hoeveelheden zullen in het algemeen afgenomen moeten worden, tenzij anders is afgesproken in het contract. Indien minder afgenomen wordt zal voor dat deel toch betaald worden, tenzij de hoeveelheid van te voren op de APX-markt (korte termijn- of day ahead-markt voor elektriciteit) verkocht wordt. Bij een grotere afname zal dit resulteren in een onbalanstarief dat extra in rekening wordt gebracht.



Figuur 6.1 Elektriciteitsprijzen op de OTC-markt voor 2004 en 2005 (bron: DTE)

Figuur 6.1 laat zien hoe de prijzen van contracten voor 2004 en 2005 voor beide lasten zich hebben ontwikkeld en wat de verwachting is voor 2006 (stijging verwacht).

Bij bepaling van de financiële haalbaarheid gaan we ervan uit dat een deel van de geproduceerde elektriciteit wordt afgenomen op het bedrijf zelf en het surplus wordt geleverd aan het openbare elektriciteitsnet. Voor de vergoeding van deze elektriciteit wordt uitgegaan van een gemiddelde basislast tegen een prijs van €0,035/kWh (tabel 6.1) Gebruik van elektriciteit op het eigen bedrijf spaart aankoop van elektriciteit van het net uit. De besparing op aankoop van elektriciteit is afhankelijk van het tarief. Dit hangt af van piek of dalgebruik. In de berekeningen van de economische haalbaarheid is met een vast verkoop tarief gerekend.

Tabel 6.1 Opbouw van totaalprijs elektriciteit geleverd aan het net (2005)

Prijs grijze elektriciteit	€/kWh	0,035
MEP	€/kWh	0,097
Totaal	€/kWh	0,132

Door het grote aandeel van de MEP in het totaal, zullen prijsontwikkelingen op de OTC-markt een minder grote invloed hebben op de totaalprijs.

6.1.2 Baten uit warmte

Als een installatie naast elektriciteit ook warmte levert kan men de prijs van deze warmte waarderen als vermeden aardgaskosten welke ca. €0,30/m³ bedraagt. Om de inkomsten uit warmte te bepalen zal deze prijs omgerekend moeten worden naar €/GJ. De Gasunie T&S hanteert hiervoor een prijs voor ca. €2,76/GJ.

De afname van warmte kan periodiek of incidenteel wisselen. Er zijn processen die 's nachts, in de weekenden, en in de zomermaanden minder warmte vereisen. Om een wisselende warmtevraag in berekeningen op te nemen, is het gebruikelijk de vraag uit te drukken in vollast(equivalent)uren. Het aantal vollasturen is het quotiënt van de totale geleverde warmte en de maximaal geproduceerde warmte. Als een bedrijfstijd voor de levering van proceswarmte genoemd wordt, betreft dit het aantal vollasturen.

Of het aanleggen van een warmteleiding rendabel is hangt af van de warmtevraag en de benodigde lengte van de warmteleiding. Als vuistregel kan gerekend worden met kosten voor een warmteleiding van €50,-/m voor een boerderijschaal vergister en tussen de €100,- - €300,- /m voor een centrale vergister. Bij veel boerderijschaal vergisters kan de warmte niet economisch efficiënt gebruik worden. Toch zien we in de praktijk dat warmtelevering aan woonhuizen wel regelmatig voorkomt. Bij varkenshouderijen, met name met zeugen kan warmtelevering wel economisch interessant zijn. Bij centrale vergisters kan er in sommige gevallen een afzet worden gevonden, bijvoorbeeld binnen een nageschakeld droogproces. In de berekeningen is uitgegaan van geen benutting van warmte.

6.1.3 Overige inkomsten

In sommige analyses wordt gerekend met de inkomsten uit CO₂-emissiehandel. Er dient echter rekening gehouden te worden met het feit dat slechts enkele partijen die een CO₂-emissieplafond hebben (grote bedrijven), CO₂ kunnen handelen.

Op boerderijschaal vergisting is dit sowieso niet van toepassing voor vergisting omdat het schaalomvang van vergistingsinstallaties te klein is en de investeerder vaak geen plafond heeft. Op centraal niveau kunnen er enkel inkomsten worden gegenereerd indien de investeerder een plafond heeft, zoals een elektriciteitsbedrijf.

6.1.4 Kosten van kapitaal

Voor het verkrijgen van vreemd vermogen voor de financiering van risicovolle projecten zullen banken eisen stellen aan de eigen inbreng van kapitaal. Was tot voor kort een 25% inbreng van eigen vermogen een gangbare norm van banken, inmiddels is dit opgelopen tot 40% (Schoolderman, 2003). Grote bedrijven zijn hierin aanzienlijk in het voordeel, en kan volstaan worden met een lagere inbreng omdat eventuele verliezen gespreid worden op de totaalbalans van dat bedrijf.

6.1.5 Investeringskosten

De investeringskosten zijn vaak een turn-key bedrag, d.w.z. dat de installatie volledig werkend wordt opgeleverd. Op boerderijschaal kunnen deze kosten nog enigszins gedrukt worden indien de veehouder zelf meehelpt bij de aanleg. De bij de berekening van de financiële haalbaarheid gehanteerde investeringskosten zijn op basis van praktijkervaring op de boerderijschaal praktijkcentra en op basis van ervaring met projectontwikkeling van grootschalige installaties van Ecofys. Voor centrale vergisters zijn de grondprijs en de kosten voor civiele voorzieningen (zoals een bedrijfshal etc) en projectontwikkeling meegenomen. Dit ligt in de orde grootte van enkele honderdduizenden euro's, rond de 20-30% van de totale investeringskosten. Op dit deel van de kosten kan geen EIA, MIA en VAMIL worden verkregen.

Het EIA voordeel is 12.2% van de bruto subsidiabele investering bij 30.5% belasting, het MIA voordeel 8.3%. Het VAMIL voordeel is 6.37% van bruto subsidiabele investering bij afschrijving in 10 jaar en een belastingtarief van 30.5%. In de praktijk kan dit, afhankelijk van de belastingschaal van het bedrijf of de veehouder, anders zijn. Indien de veehouder geen winstbelasting betaalt kan er voor een leaseconstructie worden gekozen. Dit zal in de praktijk minder voordeel met zich meebrengen. Gezien de eerder genoemde MSK toets ligt het voor de hand enkel met de EIA te rekenen. Dit is in de rekenvoordelen dan ook gedaan.

6.1.6 Kosten van bedrijfsvoering, onderhoud en verzekering

De kosten van bedrijfsvoering, onderhoud en verzekering dienen mee te worden genomen in de berekeningen. Met laatstgenoemde wil een investeerder zich indekken voor een aantal onvoorziene zaken. Voor verzekeringen wordt op basis van eerdere ervaring van Ecofys aangenomen dat de kosten op jaarbasis 0,65% van de investeringskosten bedragen.

Kosten van bedrijfsvoering en onderhoud (O&M: Operations % Maintenance) zijn een andere jaarlijkse kostenpost. Periodiek zullen er inspecties gehouden en onderhoud gepleegd worden aan de installatie. Deze kunnen groot van aard zijn zoals het groot onderhoud aan de WKK dat telkens na enkele jaren bedrijfsvoering wordt gedaan. Maar ook het dagelijkse en wekelijkse routineonderhoud, dat gebeurt als de installatie in bedrijf is, behoren hiertoe. In de praktijk wordt er vaak een onderhoudscontract afgesloten voor de WKK en eventueel aanvullend voor de vergister.

De meegenomen kosten (rond de 5% van de investeringskosten) beslaan zaken als vervanging en voorraad van materialen, vloeistoffen, personeelskosten en management.

6.1.7 Arbeid

Op boerderijschaal varieert de benodigde arbeid voor vergisting, afhankelijk van de installatie (bijv. wijze van toedienen) en type coproducten, van ongeveer een half uur tot twee uur per dag. Vaak worden hier geen kosten voor toegerekend. Op centraal niveau moet er zeker op 2-3 uur per dag gerekend worden. Arbeid is, zowel op boerderijschaal als op centraal niveau, toegerekend met een uurloon van €20 tot €35,-.

6.1.8 Kosten voor inname en afzet mest en co-substraten

Voor de inname van mest van buiten het bedrijf dient rekening gehouden te worden met transportkosten en analysekosten. Voor de aan- en afvoer van co-substraten dient er naast het poorttarief tevens rekening gehouden te worden met de extra afzetkosten (transport en nutriëntenafzet). Hierbij kan de gewichtsreductie van het digestaat t.o.v. de verse biomassa (orde grootte 3-15%) worden meegenomen.

Een belangrijk uitgangspunt is de biogasopbrengst per eenheid co-substraat, in verhouding tot de kosten voor het co-substraat. Voor de boerderijschaal vergisters is uitgegaan van levering van co-substraten uit energiegewassen, zoals maïs of energiegras. Deze co-substraten hebben relatief hoge kosten. Bij centrale vergisting zal men zich met name richten op relatief goedkope afvalstromen uit de VGI sector en kippenmest (met een relatief hoge gasopbrengst). Op boerderijschaal zijn deze stromen minder interessant daar er aparte opslagen voor nodig zijn en daar ze in relatief grote partijen vrijkomen.

6.2 Financiële haalbaarheid

6.2.1 Economische situatie

Voor de drie voorbeeldsituaties met vergisting (beschreven in paragraaf 2.3) geven we hier een overzicht van de economische situatie (tabel 6.2). Een uitwerking hiervan is gegeven in bijlage 8.

Bij financiering van 40% eigen vermogen met een gewenste rate of return van 10% en 60% lening tegen 5% rente is een vereiste project IRR 7%. Overigens kan het in de praktijk goed voorkomen dat externe financiers een rendementseis van 15% op eigen vermogen hanteren, waarmee de rendementseis voor het project op 9% zou komen.

Op kleine schaal is er vanuit gegaan dat er geen extra mest wordt aangevoerd. De meerkosten voor transport komen voort uit het uitrijden van het extra digestaat door covergisting. Bij middelgrote schaal wordt er additioneel mest aangevoerd en eveneens afgevoerd. Bij een centrale vergister wordt alle mest aan- en afgevoerd. Op middelgrote schaal is mestvergisting rendabeler dan op kleine schaal. Met een relatief kleine meerinvestering is de elektriciteitsproductie (en hiermee de inkomsten) aanzienlijk hoger. Een centrale vergister heeft aanzienlijk hogere investeringskosten, met name ook omdat er land aangekocht dient te worden en er voor- en naopslagen gebouwd dienen te worden, evenals een sanitatietank. Aan de andere kant kan in dit

type installaties waarschijnlijk wel een bredere range aan (goedkopere) coproducten worden ingenomen.

Tabel 6.2. De economische situatie voor de 3 voorbeeld vergistingsinstallaties van verschillende grootte (omschrijving zie paragraaf 2.3).

		kleinschalig	middelgroot	centraal
Input vergistingsinstallatie				
Mest	ton/jaar	6122	9400	28500
Co-materialen	ton/jaar	2000	4500	8000
Proces				
		0	0	0
Inhoud vergister	m ³ 1 x 1200		2020	2 x 1800
Sanitatie	nee		nee	ja
Biogas productie	Nm ³ /jaar	533,050	811,899	2,312,500
Gasopslag	m ³	250	2400	600
WKK				
		0	0	0
Elektrisch vermogen gasmotor	kWe	137	208	549
Elektriciteitsproductie	kWh/jaar	932,515	1,502,013	4,393,750
Investering				
Investeringskosten - bruto	€	497,000	611,668	2,150,000
EIA	€	60,634-	74,623-	262,300-
Investeringskosten - netto	€	436,366	537,045	1,887,700
Prijzen				
Inkoop co-materialen (incl. transport)	€/ton	18	12	5
Transportkosten mest	€/ton	0	10	3
Transportkosten digestaat	€/ton	10	0	3
Resultaat				
Totale baten	€/jaar	127,719	228,235	579,975
Totale kosten	€/jaar	129,268	211,153	539,782
Jaarresultaat	€/jaar	1,549-	17,082	40,193
Terugverdientijd	jaar	7.3	5.8	6.2
Project IRR	%	6.2%	11.3%	9.9%

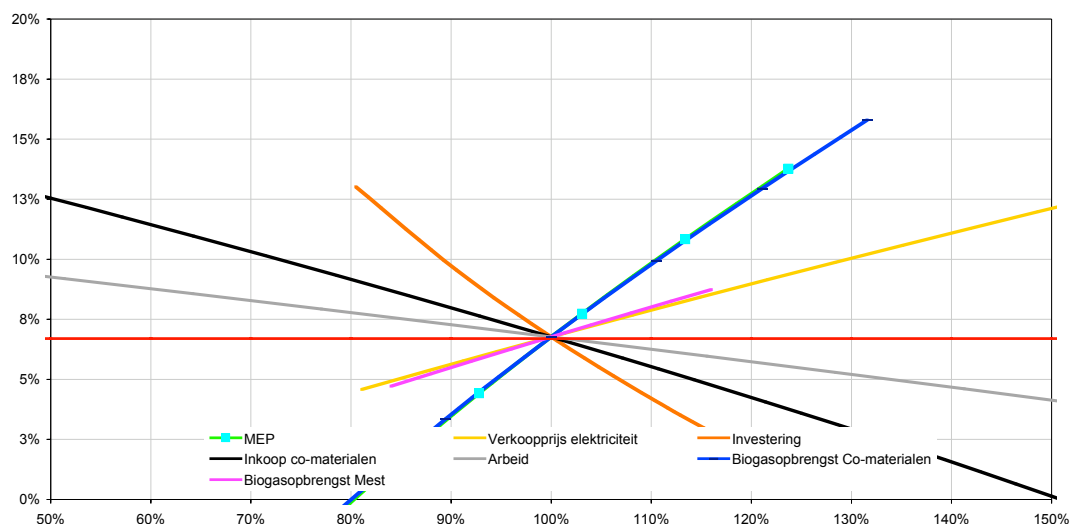
Het daadwerkelijke rendement van een installatie in de praktijk hangt af van de precieze invulling van kosten en baten en de verhouding daartussen. Een aantal factoren zijn met name bepalend voor de financiële situatie:

- Vergoeding voor geleverde elektriciteit, met name de MEP omdat deze voor bijna driekwart de totaalprijs van geleverde elektriciteit bepaald
- Biogasopbrengsten uit mest en co-materialen
- Inkoop van co-materialen en afzet van digestaat
- Investering
- Arbeid

Hieronder gaan we na in welke mate de hier geschetste factoren invloed hebben op het rendement d.m.v. een gevoeligheidsanalyse.

6.2.2 Gevoeligheidsanalyse

Om meer inzicht te verkrijgen in de effecten van diverse factoren op het rendement (project IRV voor belasting) van het project zijn er gevoeligheidsanalyses gemaakt. Voor de visualisatie van de gevoeligheid is op basis van de financiële berekening de interne rentevoet berekend na respectievelijk verhoging als verlaging van mogelijke factoren met bijvoorbeeld 10 en 20%. Dat wil zeggen dat bijvoorbeeld de investeringskosten zijn verhoogd met 10 % en vervolgens de interne rentevoet is berekend. De uitkomsten van deze berekeningen zijn weergegeven in de onderstaande grafiek, vervolgens 20 % verhoogt en wederom weergegeven etc.



Figuur 6.2: gevoeligheidsanalyse van de belangrijkste parameters op de interne rentevoet voor de kleinschalige vergister. Op de x-as de parameter variatie en op de y-as de IRV. De horizontale lijn geeft een vereist projectrendement van 7% aan.

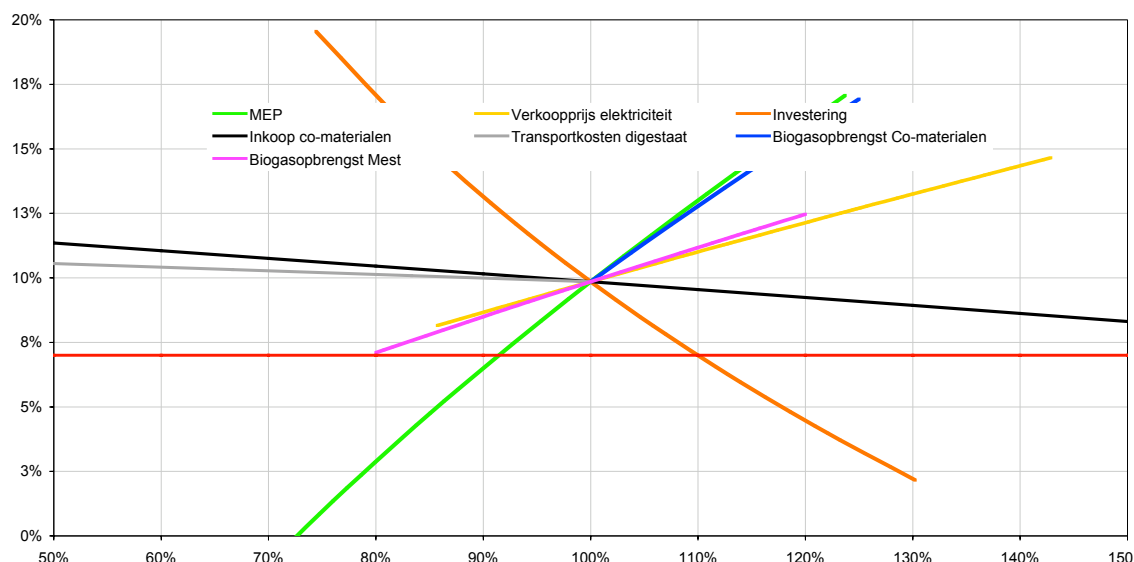
Uit figuur 6.2 blijkt dat een kleinschalige vergister aan de baten zijde zeer gevoelig is voor variaties in de inkomsten uit elektriciteitsproductie. Deze worden met name bepaald door de biogasproductie en de MEP en in mindere mate door de grijze elektriciteitsprijs. Een variatie in biogasopbrengst door bijvoorbeeld slechte kwaliteit van substraten kan grote gevolgen hebben. Een daling van de MEP subsidie, iets wat voor installaties die na 1 januari 2008 in bedrijf worden genomen een reële mogelijkheid is, heeft eveneens een sterk effect op de IRV. Aan de andere kant is de verwachting dat de grijze elektriciteitsprijs flink zal gaan stijgen. Het effect hiervan op de IRV zal minder groot zijn. Aan de kostenzijde is de inkoop prijs van co-substraten is een kritieke factor. Toename hiervan zal een sterk drukkende werking op de IRV hebben. Indien de investeringskosten dalen met 20%, wat hetzelfde is als het verkrijgen van een subsidie van 25%⁵, dan stijgt de IRV tot bijna 14%.

Indien de restwarmte van de kleinschalige vergister volledig benut zou kunnen worden, ongeveer 3,000 GJ netto, zou dit bij 2,76 €/GJ ongeveer 8.000 €/jr extra inkomsten opleveren. Hierdoor stijgt de IRV in dit geval van 6.2% naar 8.9%. De extra benodigde investeringskosten zijn hierbij niet meegenomen. Restwarmte benutting op

⁵ Hierbij moet wel rekening gehouden worden met de MSK toets, zie paragraaf 2.7

boerderijschaal zal dus geen grote invloed hebben op de IRV, maar kan een project wel net over de rentabiliteitsgrens trekken.

In figuur 6.3 staat een gevoeligheidsanalyse voor een centrale vergister weergegeven.



Figuur 6.3: gevoeligheidsanalyse van de belangrijkste parameters op de interne rentevoet voor een centrale 36.000 ton vergister. Op de x-as de parameter variatie en op de y-as de IRV. De horizontale lijn geeft een vereist projectrendement van 7% aan.

In principe zien we in figuur 6.3 dezelfde gevoeligheden als bij de kleinschalige vergister. Echter, de invloed van variatie in de investeringskosten is groter. Een reductie van investeringskosten, bijvoorbeeld door gebruik te maken van bestaande centrale mestopslagen, heeft een sterk positief effect op de IRV. Het effect van de inkoopprijs van co-substraten is onverminderd groot. In de figuur lijkt het effect kleiner, maar dit komt doordat de uitgangswaarde (5 €/ton) minder groot is waardoor de variatie op de as 2,5 €/ton tot 7,5 €/ton betekent. In de praktijk kan de variatie aanzienlijk groter zijn.

Indien de restwarmte van de centrale vergister volledig benut zou kunnen worden, ongeveer 13.000 GJ netto, zou dit bij 2,76 €/GJ ongeveer 36.000 €/jr extra inkomsten opleveren. Hierdoor stijgt de IRV in dit geval van 9,9% naar 12,5%. De extra benodigde investeringskosten zijn hierbij niet meegenomen. Restwarmte benutting bij een centrale vergister zal dus geen grote invloed hebben op de IRV, maar kan een project wel net over de rentabiliteitsgrens trekken.

De verwachte toename in mestafzetkosten (door nieuw mestbeleid) naar € 10-15 per ton (LEI, 2004) zal een extra impuls zijn voor centrale mestvergisting. De combinatie van vergisting met mestbewerking, zoals scheiding of hygiëniseren waarbij proceswarmte kan worden benut, kan een beter verkoopbaar (of exporteerbaar) mestproduct tot gevolg hebben. De meerwaarde van deze bewerking, ook in verhouding tot de kosten, zal per situatie moeten worden ingeschat.

7 Discussie, conclusies en aanbevelingen

7.1 Beschouwing

Covergisting is in de eerste plaats een economische activiteit die voldoende rendement dient op te leveren voor de initiatiefnemer. Het rendement van covergisting wordt door een aantal factoren bepaald die in zeker mate met elkaar samenhangen:

- Biogasopbrengsten uit mest en co-materialen;
- Vergoeding voor geleverde elektriciteit, met name de MEP (=3/4 van totaalprijs van geleverde elektriciteit);
- Inkoop (of teelt) van co-materialen en afzet van digestaat;
- Investeringskosten.

Uit gevoeligheidsanalyses blijkt dat de rentabiliteit van, met name kleinschalige, vergisters vooral gevoelig is voor variaties in de opbrengsten aan elektriciteit (bepaald door de biogasopbrengst en de MEP vergoeding) en de inkoopprijs of teeltkosten van coproducten. Bij grootschalige, centrale vergistingsinstallaties komen daar de investeringskosten als belangrijke factor voor de rentabiliteit bij. Hieronder bespreken we die factoren en andere behandelde onderwerpen (digestaat, zware metalen en microverontreinigingen, broeikasgassen ammoniak en geur).

Biogasopbrengsten

De verschillende coproducten hebben uiteenlopende biogasopbrengsten en daarmee opbrengsten aan elektriciteit. Er zijn slechts zeer beperkt gegevens beschikbaar over in Nederland behaalde biogasopbrengsten van coproducten. De meeste gegevens in deze rapportage hebben dan ook betrekking op resultaten uit het buitenland (m.n. Duitsland en Denemarken).

Wat opvalt is dat de meeste gegevens bekend zijn over biogasopbrengsten van de teeltgewassen. Van de producten afkomstig uit de Voedings- en Genotsmiddelen Industrie (VGI) ontbreken veelal gegevens over biogasopbrengsten. Bij de biogasopbrengsten van teeltgewassen constateren we een grote range in biogasopbrengsten. Dit heeft verschillende oorzaken:

- verschillende methoden om de gasopbrengst te bepalen (laboratorium vs. praktijk-schaal, verschillende methoden op laboratoriumniveau);
- uiteenlopende samenstelling van coproducten (door bijvoorbeeld teelt en management, rassenkeuze, oogsttijdstip en productieproces);
- wisselende procesomstandigheden (verblijftijd, vergistertype batch vs continue vergisting, type inoculum en verhouding met het substraat dat wordt gebruikt en de organische belasting).

Momenteel is geen inzicht beschikbaar in biogasopbrengsten per ras van de verschillende teeltgewassen. Dit inzicht is van belang bij de rassenkeuze m.b.t. teelt van gewassen als coproduct.

Over de overdraagbaarheid van gasopbrengsten van labschaal naar praktijkschaal zijn weinig gegevens gevonden. Volgens Kaiser et al. (2005) blijkt dat in vergelijking met labschaal in de praktijk 17-27% lagere gasopbrengsten worden gerealiseerd. Een ander punt vormt dat in de praktijk meestal een mengsel van producten wordt vergist en niet een enkel product en optellen van gasopbrengsten van afzonderlijke producten niet altijd gelijk is als de gasopbrengst van het mengsel zoals blijkt uit onderzoek van Abdel-Hadi et al. (2002).

Modelberekeningen kunnen mogelijk een goede oplossing zijn voor het gebrek aan kennis over biogasopbrengsten uit coproducten. In hoofdstuk 4 beschrijven we een Duits model van Keymer en Schilcher (1999) dat op basis van voederwaardegegevens een inschatting geeft van biogasopbrengsten. Uit onderzoek van Gruber (2005) blijkt dat gemeten waarden in de praktijk hier vrij aardig mee overstemmen. Het voordeel van een dergelijk model boven praktijkproeven is met name kosten- en tijdbesparing.

De biogasopbrengst van coproducten is voor teeltgewassen redelijk bekend maar daar blijkt een grote variatie in te zijn (oorzaken zijn hiervoor beschreven). Voor producten uit de VGI zijn amper data bekend. Dit zijn juist die producten waarvan men in de praktijk hoge biogasopbrengsten verwacht. Dit betekent voor een initiatiefnemer vóóraf weinig zekerheid over biogasopbrengsten, terwijl dit juist een belangrijke bepalende factor voor de rentabiliteit van de installatie is. Een behoudende inschatting van de biogasopbrengsten is wenselijk om teleurstellingen achteraf te voorkomen. Een modelmatige inschatting van de biogasopbrengsten kan hier een oplossing voor bieden.

Keuze van coproducten

In de praktijk is de keuze voor coproducten niet ongelimiteerd. Bij de afweging welke coproducten het interessantst zijn voor een initiatiefnemer bepalen de volgende aspecten de uiteindelijke keuze:

- Wet- en regelgeving
- Balans tussen kosten en baten per coproduct
- Procesparameters
- Investeringskosten

De keuze van covergistingsproducten wordt in Nederland via wet- en regelgeving vooral beperkt door de Positieve Lijst. De Positieve Lijst geeft die producten aan die aan de mest mogen worden toegevoegd waarbij het digestaat nog steeds als meststof wordt gezien. Anders wordt de mest als afval bestempeld en kan het niet meer als meststof worden afgezet en getransporteerd.

De Positieve Lijst is in ontwikkeling. Tot nu toe zijn met name gewassen en enkele producten uit de voedings- en genotsmiddelen industrie (VGI) opgenomen. Het hantieren van een dergelijke lijst kent beperkingen voor de praktijk. De ontheffing van coproducten op de lijst geldt alleen voor specifieke producten en uitbreiding van de lijst gaat langzaam.

De balans tussen kosten en opbrengsten (= rentabiliteit) per coproduct bepaalt in belangrijke mate de keuze van de initiatiefnemer. De kosten die gemoeid zijn met gebruik van coproducten zijn: aanschaf, teelt (gewassen), transport, investeringen in installatie (bijv. opslag, invoer, mixersystemen) en afzetkosten digestaat.

De inkoopprijs van coproducten is een kritieke factor voor het al dan niet renderen van de installatie. Doordat de huidige wetgeving slechts een beperkt aantal coproducten (Positieve Lijst) toestaat is het niet ondenkbaar dat door marktwerking de prijzen van die producten sterk zullen oplopen. De rentabiliteit van covergisting kan daarmee in het gedrang komen.

Met covergisting worden extra mineralen aan de mest toegevoegd. Binnen de kaders van de mestwetgeving betekent dit een toename van de hoeveelheid dierlijke mest. Initiatiefnemers dienen zich dus te realiseren dat met covergisting de hoeveelheid N en P in dierlijke mest toeneemt en dus ook de benodigde afzetruimte voor dierlijke mest. Op bedrijfsniveau kan dit toenemende afzetkosten tot gevolg hebben. Op nationaal niveau betekent dit extra druk op de mestmarkt. Daarnaast zal door de invoering van het nieuwe mestbeleid in 2006 (gebruiksnormen) de druk op de mestmarkt ook toe-

nemen. Een stijging van de kosten voor mestafzet lijkt hierdoor aannemelijk maar in welke mate is ongewis. Initiatiefnemers zullen in ieder geval bij planvorming rekening moeten houden met deze ontwikkelingen.

Naast de mestwetgeving stelt ook het covergistingsproces grenzen aan de toevoeging van coproducten. Voor een optimaal verloop van het covergistingsproces is een constant aanbod van voedingsstoffen uit de coproducten in een juiste verhouding (C/N) en in een gelimiteerde hoeveelheid (organische stofbelasting) essentieel. Overige aspecten zoals mogelijke verontreinigingen (fysiek en chemisch) en een maximaal droge stoftoevoer bepalen mede een succesvolle covergisting.

De aard van de covergistingsmaterialen bepaalt gedeeltelijk de technische uitvoering van de installatie. Type invoer- en mixsysteem (bijv. verpomp- of stapelbaar), voorbehandeling en evt. sanitatie zijn afhankelijk van het type coproduct. In de planfase moet de keuze van covergistingsmaterialen tezamen met de mest (het 'menu') goed worden afgestemd voor een optimaal procesverloop en ook met de inrichting van de installatie. Hierbij dient de initiatiefnemer zich te realiseren dat een eenmaal gekozen inrichting van de covergistingsinstallatie (m.b.t. invoer en mixer) wijzigingen in het 'menu' (keuze van covergistingsmaterialen) beperkt.

Vergoeding elektriciteit

De MEP blijft tot 1 januari 2008 in ieder geval op het huidige niveau. Daarna is een daling daarvan aannemelijk. Dit betekent dat het na die datum minder interessant kan worden om te starten met vergisting. De MEP geldt voor 10 jaar. Het is de vraag of na 10 jaar de MEP wordt vervangen door een andere subsidie en, belangrijker, of installaties dan kunnen renderen bij de dan geldende vergoeding uit de markt voor groene stroom.

Investeringskosten

De invloed van de investeringskosten op de rentabiliteit is bij centrale vergisters groter dan bij boerderijvergisters. Dit betekent dat het juist bij centrale vergisters zaak is om de investeringskosten te drukken door bijvoorbeeld gebruik te maken van bestaande infrastructuur (bijvoorbeeld ombouw van bestaande mestopslagen).

Overige aspecten m.b.t. de rentabiliteit

Bij de berekening van de financiële haalbaarheid is geen rekening gehouden met afzet van en vergoeding voor warmte. Indien een initiatiefnemer de overtollige warmte kan verwaarden zal dit een positief effect hebben op de rentabiliteit. Deze warmte vervangt met fossiele energiedragers opgewekte warmte en kan als zodanig als 'groene warmte' bestempeld worden.

In het verleden is gebleken dat de mestmarkt bepalend is voor het succes van mestverwerking. Om te komen tot een succesvolle covergisting zullen initiatiefnemers adequaat moeten inspelen op deze 'grillen' van de mestmarkt. Dit kan bijvoorbeeld door verdere verwerking van het digestaat tot eindproducten die buiten de (Nederlandse) mestmarkt kunnen worden afgezet of inspelen op de vraag door levering van kwalitatief hoogwaardig digestaat.

Mestvergisting in z'n algemeenheid kan op zowel boerderij- als centraal niveau rendabel zijn. Het hangt van de specifieke omstandigheden per initiatief af of het al dan niet rendabel is. Voldoende schaalomvang en toepassing van covergisting zijn in ieder geval essentieel om een initiatief succesvol te maken.

Samenwerking tussen agrariërs en derden in een centraal vergistinginitiatief biedt een aantal voordelen. Veehouders kunnen kapitaal aantrekken door samen te werken met externe financiers (bijv. energiebedrijven, projectontwikkelaars). Dergelijke partijen

kunnen vaak meer gebruik maken van fiscale voordelen zoals MIA en EIA. Verder kan het voor energiebedrijven interessant zijn om te participeren in vergisting om zodoende te voorzien in productiecapaciteit voor groene elektriciteit.

Digestaat

Een groot aantal factoren bepaalt bij covergisting de samenstelling en eigenschappen van het digestaat. Dit zijn onder andere de samenstelling van het coproduct, de samenstelling van de drijfmest, de mengverhouding van coproduct met de drijfmest, de verblijftijd van het mengsel in de vergister, de vergistingstemperatuur en het type vergister. De combinatie van deze factoren is in iedere situatie weer anders, en daarmee ook het effect van covergisting op het digestaat. Er is onvoldoende literatuur op dit gebied om coproducten te onderscheiden naar invloed op samenstelling en eigenschappen van het digestaat. Een eerste aanzet voor onderscheiding van coproducten naar invloed op digestaat wordt gedaan door Broeze e.a. (2005). Zij geven aan dat coproducten met een hoog drogestofgehalte (bijv. snijmaïs), eiwitrijke producten, schroten en kaliumrijke producten resp. het organisch stof-, stikstof-, fosfaat- en kaliumgehalte in het digestaat verhogen.

De coproducten van de positieve lijst voldoen aan de criteria die de overheid heeft gesteld wat betreft toevoeging van zware metalen aan dierlijke mest.

Broeikasgassen

Mestvergisting heeft in z'n algemeenheid een reducerend effect op de emissie van broeikasgassen door met name:

- Opwekking van elektriciteit en warmte, het daarmee uitsparen van gebruik van fossiele energiedragers plus de daarmee gepaard gaande CO₂ emissie.
- Reductie van methaanemissie uit de mestopslag.

In dit rapport richten we ons op het effect op de emissie van broeikasgassen als producten i.p.v. de gangbare afzet worden gebruikt als coproduct. Emissieverlagend is het effect door opwekking van energie uit coproducten t.o.v de gangbare inzet. Minder eenduidig is het effect van het onttrekken van een product aan de gangbare afzet. Dit kan verschillende gevolgen hebben:

- Bij voedergewassen en restproducten uit VGI die worden ingezet als veevoeder zal een vervangend voedermiddel geproduceerd of geteeld moeten worden. Deze productie of teelt resulteert in een bepaalde emissie van broeikasgassen (bijv. door gebruik van kunstmest).
- Bij gewassen en/of vruchten die dienen als grondstof voor VGI of direct naar consumentenmarkt worden afgezet zal een vervangend voedermiddel geproduceerd of geteeld moeten worden. Deze productie of teelt resulteert in een bepaalde emissie van broeikasgassen.
- Teelt van coproducten als energiegewas op braakgrond geeft een emissie van broeikasgassen (door gebruik van diesel, kunstmest etc.)
- Vermijding van stort of verbranding en het daarmee vermijden van emissie van broeikasgassen.

Het netto verschil tussen enerzijds het broeikasreducerende effect van de energieopwekking en anderzijds de extra broeikasgasemissies door onttrekking aan de gangbare afzet bepaald of een inzet van een product als coproduct resulteert in een reductie danwel stijging van de broeikasgasemissie. Op dit moment kunnen we geen kwantitatieve inschatting geven van deze balans.

Alleen indien een coproduct in de gangbare afzet als afvalstof zou worden gestort of verbrand kunnen we met zekerheid aannemen dat inzet als coproduct een reductie geeft op emissie van broeikasgassen.

Ammoniak

Op basis van de verandering in samenstelling door vergisting (relatief meer minerale stikstof en een hogere pH) is bij aanwending van vergiste mest een hogere ammoniakemissie te verwachten dan bij onvergiste mest. Echter met de beperkt beschikbare onderzoeksgegevens wordt dit niet bevestigd. Uit die resultaten lijkt zelfs een lagere ammoniakemissie bij vergiste mest op te treden. Als verklaring hiervoor lijkt de snellere infiltratie in de bodem de meest plausibele. Daarnaast kan sprake zijn van een indirect effect op de ammoniakemissie doordat bij vergisting zoveel mogelijk getracht wordt de vooropslag van verse mest (bijv. in de stal) in te korten. Een korte-/geringere opslag van mest in stallen zal de ammoniakemissie vanuit die bron beperken.

Over specifieke effecten van bepaalde coproducten op de ammoniakemissie is geen informatie beschikbaar.

Geur

Vergisting verlaagt de emissie van geur, zowel qua intensiteit als verspreidingsgebied bij aanwending van het digestaat.

Door toepassing van covergisting kan echter rond de installatie wel meer geuremissie plaatsvinden. Dit kan veroorzaakt worden door opslag- en toedieningsmethoden van coproducten waarbij veel ruimte is voor geuremissie. Het is daarom belangrijk om bij het ontwerp rekening te houden met welke coproducten men wenst te gaan vergisten. Want het toepassen van goede opslag- en toedieningsmethoden voor mest en coproducten en een goed management van de installatie worden mogelijke bronnen van geuroverlast voorkomen.

7.2 Conclusies

Bepalende factoren voor een rendabele vergistingsinstallaties zijn:

- Biogasopbrengsten;
- De vergoedingen voor geleverde stroom;
- Inkooprijks van coproducten;
- Investeringskosten bij grootschalige, centrale vergistingsinstallaties.

De gevonden biogasopbrengsten in buitenlandse literatuur van teeltgewassen vertonen veel variatie door wisselende samenstellingen (o.a. ten gevolge van verschillen in oostijdstip en ras) en procesomstandigheden.

Voor producten uit de Voedings- en Genotsmiddelen Industrie (VGI) zijn slechts zeer summier biogasopbrengsten bekend.

Het Duitse model van Keymer en Schilcher (1999) o.b.v. voederwaardegegevens lijkt een redelijke inschatting te kunnen geven van de te verwachten biogasopbrengsten van coproducten.

Voor de bepaling van biogasopbrengsten in laboratoria bestaan geen standaarden.

Covergisting vergroot het volume digestaat en bij toevoeging van mineralen (stikstof en fosfaat) vergroot covergisting de hoeveelheid dierlijke mest en daarmee de benodigde mestafzetruimte. Dit kan leiden tot meer mestafzetkosten.

Mestvergisting reduceert de emissie van broeikasgassen door opwekking van energie uit hernieuwbare bronnen en reductie van methaanemissie uit de mestopslag.

Kwantitatief inzicht in het effect van de inzet van materialen als coproduct t.o.v. gangbaar gebruik ontbreekt vooralsnog. Dit kan zowel een reducerend als toenemend effect op de broeikasgasemissies hebben.

Mestvergisting verlaagt de emissie van geur, zowel qua intensiteit als verspreidingsgebied bij aanwending van de mest. Covergisting kan echter rond de installatie meer geuremissie geven.

Tijdens de opslag van mest is geen verschil in de ammoniakemissie te verwachten van onvergiste en vergiste mest. In Nederland is op de praktijkcentra onderzoek gaande naar het verschil in ammoniakemissie bij aanwending van vergiste en onvergiste mest.

7.3 Kennishiaten

Door de grote variatie in biogasopbrengsten in buitenlandse literatuur ontbreekt inzicht in de te verwachten biogasopbrengsten van teeltgewassen in de Nederlandse situatie.

Over biogasopbrengsten van producten uit de Voedings- en Genotsmiddelen Industrie (VGI) ontbreken toereikende gegevens.

Er is nog onvoldoende inzicht of het Duitse model van Keymer en Schilcher (1999) de biogasopbrengsten van coproducten adequaat kan voorspellen.

Er is nog onvoldoende kennis beschikbaar over de invloed van verschillende coproducten op de samenstelling en bemestende waarde van het digestaat.

Inzicht in het kwantitatieve effect op de emissie van broeikasgassen (reductie danwel stijging) bij inzet van materialen als coproduct (t.o.v. gangbaar gebruik) ontbreekt.

Over het effect van vergisting in het algemeen en van verschillende covergistingsproducten in het bijzonder op de emissie van ammoniak bij mestaanwending zijn onvoldoende onderzoeksresultaten beschikbaar.

7.4 Aanbevelingen

De inkoopprijs van coproducten is een bepalende factor voor de rentabiliteit. Met betrekking tot de Positieve Lijst roepen we de praktijk op om actief coproducten aan te dragen bij het Ministerie van LNV voor plaatsing op de Positieve Lijst. De uitdaging voor de wetgever is om te komen tot een stelsel waarin generiek ontheffing aan producten wordt verleend. Dit remt een eventueel prijsstuwend effect in de markt voor coproducten.

Omdat de biogasopbrengst een bepalende factor is voor de rentabiliteit, en het ras van teeltgewassen hierop van invloed is, bevelen we aan om in de praktijk een rassenlijst op te stellen voor energiegewassen conform de rassenlijsten voor voedergewassen. Dit maakt het maken van een keuze voor een bepaald ras door de agrariër makkelijker en kan op die manier de teelt beter inpassen in zijn bedrijfsvoering.

Gezien het economisch belang van een juiste inschatting van de biogasopbrengst van coproducten verdient het aanbeveling om na te gaan of Het Duitse model van Keymer

en Schilcher (1999) goed bruikbaar is voor de Nederlandse situatie. Daarbij dient na te worden gegaan of de benodigde input overeen komt met beschikbare voederwaarde gegevens in Nederland en dient het model gevalideerd te worden. Ook zal moeten worden nagegaan of andere modellen beschikbaar en bruikbaar zijn.

In het geval dat gasopbrengsten in proeven worden bepaald bevelen we aan om een Europese standaardmethode (volgens een ISO-norm en/of DIN-norm) voor de bepaling van gasopbrengsten in laboratoria voor batch- en continuïtesten te ontwikkelen en stimuleren. Hierdoor verbetert de onderlinge vergelijkbaarheid van de resultaten van gasopbrengsten. Hieraan kan dan direct gekoppeld worden in welke mate de resultaten van laboratoriumonderzoeken overeenkomen met resultaten die in de praktijk (kunnen) worden gehaald en in welke mate modelberekeningen overeenkomen met deze resultaten.

Nader onderzoek naar het effect van covergisting en met name de verschillen tussen coproducten op het digestaat is gewenst. De volgende aspecten zijn daarbij van belang:

- De hoeveelheid mineralen die worden aangevoerd met covergisting omdat deze meegenomen dienen te worden binnen de mestboekhouding.
- De bemestende waarde van het digestaat. Door een toevoeging van specifieke coproducten kan gestuurd worden in de samenstelling en bemestende eigenschappen van het digestaat. Hierdoor kan beter ingespeeld worden op specifieke wensen vanuit de markt. Onder bemestende waarde verstaan we fysische eigenschappen (gehalte organische stof, organische en minerale stikstof, oplosbaarheid nutriënten) en kwaliteitsaspecten zoals bemestende waarde van stikstof en overige nutriënten voor het gewas en bodemleven op korte en lange termijn en opbouw van organische stof/humus in de bodem.
- Risico op pathogenen en onkruidzaden. De risico's op pathogenen en onkruidzaden bij verschillende coproducten dienen goed in beeld te zijn.

Bij het onderzoek naar covergisting op bovenstaande aspecten dienen de variabelen soort coproduct, hoeveelheid coproduct, mengverhouding, verblijftijd in vergister, vergistingstemperatuur te worden meegenomen.

De hier gepresenteerde resultaten geven aan dat de mogelijkheid bestaat dat er bij inzet van materialen als coproduct geen reductie in broeikasgasemissies behaald wordt. Kwantitatieve onderbouwing is gewenst om dit goed afgewogen in beeld te krijgen.

Aansluitend op de metingen van ammoniakemissie van vergiste mest op de praktijkcentra (zomer 2005), is het gewenst om inzicht te verzamelen over hoe de ammoniakemissie beïnvloed wordt door covergisting (variabelen: type, samenstelling en hoeveelheid coproduct en mengverhouding met mest).

Bronnen

Abdel-Hadi, M., J. Beck and T. Jungbluth, 2002. Methane yield from co-fermentation of ensiled fodder beet slurry. *Landtechnik* 57 (2): 96-97.

Abdel-Hadi M. 2003. Methangewinnung aus Nahrungsmittelabfällen und Betarüben durch Kofermentation (Dissertation). Forschungsbericht Agrartechnik 403, Institut für Agrartechnik, Universität Höhenheim, Stuttgart, Duitsland: 177 pp.

Amon et al., Optimierung der Biogaserzeugung aus den Energiepflanzen Klee gras Biogas production from the energy crops maize, Im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, Endbericht Juli 2003.

Amon, T., V. Kryvoruchko, B. Amon, S. Buga, A. Amid, W. Zollitsch, K. Mayer and E. Pötsch, 2004. Biogaserträge aus landwirtschaftlichen Gärgütern. Biogasproduktion – alternative Biomassennutzung und Energiegewinnung in der Landwirtschaft. 10^e Alpenländisches Expertenforum, 18-19 March 2004. Irdning, Austria.

Amon, T., V. Kryvoruchko, W. Zollitsch, V. Bodira and B. Amon, 2005. Biogaserzeugung aus Energiepflanzen. 2e Mitteldeutscher Bioenergietag, 29 April 2005. Tagungsband pp. 25-30.

Angelidaki, I. en L. Ellegaard, 2003. Codigestion of manure and organic wastes in centralized biogas plants. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 109: 95-106.

Anonymus, 2003. TEWI richtlijnen mestverwerking. CE, Grontmij, IMAG en Wageningen Universiteit.

Anonymus, 2004. Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., Gülzow, Duitsland: 232 pp.

ASG, 2005. Handboek Snijmaïs. Animal Sciences Group van Wageningen UR, Lelystad. Praktijkboek.

ASG, 2004. Kwantitatieve Informatie voor de Veehouderij 2004-2005. Animal Sciences Group van Wageningen UR, Lelystad. Praktijkboek 37.

Baserga U. 1998. Landwirtschaftliche Co-Vergärungs-Biogasanlagen, FAT-Berichte Nr. 512.

Baserga U. 2000. Vergärung organischer Reststoffe in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. FAT-Berichte 546.

Bisdorn, E.B.A., L.W. Dekker en J.F.T. Schoute, 1993. Water repellency of sieve fractions from sandy soils and relationships with organic material and soil structure. *Geoderma* 56: 105-118.

Blaasse, W. 2004 Handleiding Financiering van Bio-energieprojecten van SenterNovem.

Blonk H. 2005 Persoonlijke mededeling. Blonk Milieu Advies, Gouda.

Boer, H.C. de, G. van Duinkerken, A.P. Philipsen en H.A. van Schooten, 2003. Alternatieve voedergewassen. Animal Sciences Group van Wageningen UR, Lelystad. PraktijkRapport Rundvee 27.

Boer H.C. de , 2004. Stikstoflevering uit onvergiste en vergiste runderdrijfmest na zodebemesting van grasland op zware zeelei. Praktijkrapport Rundvee 51, Praktijkonderzoek Animal Sciences Group van Wageningen UR, Lelystad: 40 pp.

Bosker, T en A. Kool, 2004. Emissies bij aanwending van vergiste mest. Centrum voor Landbouw en Milieu, Culemborg.

BRM, 1990. Bouwtechnische richtlijnen mestbassins.

BRM, 1991. Handleiding bij de bouwtechnische richtlijnen mestbassins.

Broeze J., Hoeksma P., Willers H. en Corré W. 2005. De waarde van digestaat van covergisting ten opzichte van dierlijke mest. Rapport 411, Agrotechnology & Food Innovations, Wageningen: 28 pp.

Brüggemann, C., W. Eggersglüß, C. Gers-Grapperhaus, W. Gruber, U. Keymer en J. Matthias, 2002. Beratungsempfehlungen Biogas. Verband der Landwirtschaftskammern e.V., Bonn, Duitsland: 32 pp.

Chantigny M.H., Rochette P., Angers D.A., Massé D. en Côté D. 2004. Ammonia volatilization and selected soil characteristics following application of anaerobically digested pig slurry. *Soil Science Society of America Journal* 68: 306-312.

CVB, 2004. Tabellenboek Veevoeding 2004. Centraal Veevoederbureau 2004, Lelystad.

DGS&Ecofys, Planning and installing – bioenergy systems; a guide for installers, architects and engineers; 2005.

Delahaye, R., P.K.N. Fong, M.M. van Eerdt, K.W. van der Hoek en C.S.M. Olsthoorn. 2003 Emissies van zeven zware metalen naar landbouwgrond. CBS, Voorburg/Heerlen.

Dooren, H.J.C. van Dooren, G. Biewenga en J.L. Zonderland, 2005. Vergisting van gras uit natuurgebieden in combinatie met runderdrijfmest. PraktijkRapport Rundvee 62. Animal Sciences Group, Lelystad.

Edelmann W., 2001. Biogaserzeugung und -Nutzung. In: Kaltschmitt M. & Hartmann H. (Eds.) *Energie aus Biomasse*, Springer Verlag: 660-662.

Ehlert, P.A.I., P.H. Hotsma en J.W.M. Jansen 2004. Positieve Lijst covergistingsmaterialen. Expertisecentrum LNV, Ede.

FNR, 2004. Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., Gülzow, Duitsland: 232 pp.

Groot, M.I. 2004 Milieuprofiel van stroomaanbod in Nederland. CE, Delft.

Gruber, W., 2005. Monitoring biogas yields for different input materials on farm biogas plants. *Bau, Technik und Umwelt in der Landwirtschaftlichen Nutztierhaltung* 2005, Braunschweig, Germany. pp. 349-354.

Gijsman A. en Hamwijk E. 1986. Een vergelijkend onderzoek naar de bemestende waarde en gebruiksmogelijkheden van drijfmest en gegiste mest op een rundveehouderij. Botanische laboratorium, Rijksuniversiteit Utrecht, Utrecht: 48 pp.

Harreveld, A.P.H. van, 1981. De geuremissie tijdens en na het verspreiden van varkensmest. IMAG, Wageningen Rapport nr 37.

Heiermann, M., M. Plöchl, B. Linke en H. Schelle, 2002a. Preliminary evaluation of some cereals as energy crops for biogas production. In: World Renewable Energy Congress VII.

Heiermann, M., H. Schelle en M. Plöchl, 2002b. Biogaspotenziale pflanzlicher Kosubstrate. Bornimer Agrartechnische Berichte 32: 19-26.

InfoMil, handreiking – (co-)vergisting van mest, Den Haag, 2005.

Institut für Energetik und Umwelt gGmbH, Handreichung; biogasgewinnung und -nutzung, 2004.

Jäkel, J., U. Wanka en E. Albert, 2002. Wie aus dem Gärrest "Edelgülle" wird. Biogas Strom aus Gülle und Biomasse. Top Agrar Fachbuch, pp. 74-77.

Kaiser, F., M. Diepolder, J. Eder, S. Hartmann, H. Prestele, R. Gerlach, G. Ziehfrennd en A. Gronauer, 2004. Biogas yields from various renewable raw materials. Landtechnik 56 (4): 224-225.

Kaparaju, P., L. Luostarinen, E. Kalmari, J. Kalmari en J. Rintala, 2002. Co-digestion of energy crops and industrial by-products with cow manure: batch-scale and farm scale evaluation. Water Science and Technology 45 (10): 275-280.

Kasper, H. 2004 Grootchalige mestvergisting De Scharlebelt. De Scharlebelt B.V.

Keymer, Y., 2002. Wie rechnet sich biogas? In: Biogas – Strom aus Gülle und Biomasse. Top Agrar Fachbuch, Münster, Duitsland. pp. 40-45.

Keymer, U. & Schilcher, A. (1999). Überlegungen zur Errechnung theoretischer Gasaussbeuten vergärbare Substrate in Biogasanlagen. Landtechnik-Bericht Nr. 32. Freising.

Klein, P., S.A. van Esch, A.K.H. de Wit, A.D. Slokker, L. Brandes, J.J.B. Bronswijk en P. Maseeuw, 2004. Milieucompendium 2004. Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg.

Kool, A. en T.B. Bosker 2005. Ongewenste stoffen met covergisting. CLM, Culemborg.

Kool, A., G.J. Hilhorst en D.Z. van der Vegte, 2005. Realisatie van mestvergisting op De Marke. CLM, Culemborg.

Kranenburg F. en Stouthart F. 1983. Vergelijkend onderzoek naar de werking van gegiste mest op grasland. Botanisch laboratorium, Rijksuniversiteit Utrecht.

KTBL 1996 KTBL-Arbeitspapier 235 „Energieversorgung und Landwirtschaft“. In: <http://www.inaro.de/Deutsch/ROHSTOFF/ENERGIE/Biomasse/BIOMUMW1.HTM>.

KTBL, 2005. Gasaussbeute in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt, Germany. Arbeitsgruppe "Biogasertage".

Kuijk, A. van., A.M. Schakel en V.V. Besselink, 2003. Onderzoek naar de geuremissie bij (gebruik van) vergiste mest en onvergiste mest. Witteveen+Bos, Deventer.

Le, P.D., P.M. Becker, A.J.A. Aarnink, A.W. Jongbloed en C. van der Peet-Schwering, 2004. Odour from pig facilities: its relation to diet. Agrotechnology and Food Innovations, Wageningen. Report 115.

- Liebich, T., 2004. Gerüche an Biogasanlagen. Erneubare Energien. 5: 78-79.
- Linke, B., K. Baganz en R. Schlauderer, 1999. Nutzung von feldfrüchten zur biogasgewinnung. Agrartechnische Forschung 5 (2): 82-90.
- Linke, B., 2003. Biogas from energy crops. Agrartechnische Forschung 9 (5): 75-79.
- LNV, 2004. Wijziging Meststoffenbeschikking 1977. Staatscourant 16 juni 2004, nr.112/pag.16.
- LNV, 2005. Wijziging Meststoffenbeschikking 1977. Staatscourant 4 mei 2005, nr.86/pag.12.
- Mähnert, P., H. Schelle en M. Heiermann, 2002. Futtergräser als kosubtrat für die biomethanisierung. Bornimer Agrartechnische Berichte 32: 27-34.
- Merz H.U., 1988. Untersuchungen zur Wirkung von unbehandelter und methanvergorener Rindergülle auf den N-umsatz unter *Dactylis Glomerat* L, sowie auf das Keimverhalten verschiedener Pflanzenarten. Dissertation der Fakultät III, Agrarwissenschaften I der Universität Hohenheim.
- Michalke K., Wickenheiser E.B., Mehring M., Hirner A.V. en Hensel R. 2000. Production of volatile derivatives of metal(loid)s by microflora involved in anaerobic digestion of sewage sludge. *Applied and Environmental Microbiology* 66: 2791-2796.
- Möller K. 2001. Biogaswirtschaft im ökologischen Landbau - Pflanzenbauliche Aspekte, N-Haushalt, Spurengasemissionen. In: Internationales Biogas und Bioenergie Kompetenzzentrum (Hrsg.): Tagungsband der 10. Jahrestagung Biogas in der Landwirtschaft, 12. und 13. Dezember 2001 in Schwäbisch Hall, Univerität Giessen, Giessen, Duitsland: 14 pp.
- Möller K. en Vogt N. 2003. Einfluss der Zugabe von Rohphosphat in den Biogas-fermenter auf die Düngewirkung fermentierter Rindergülle. In: Freyer B. (Ed.) Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau vom 24. bis 26. Februar 2003 in Wien, Oostenrijk: 519-520.
- Møller, H.B., S.G. Sommer en B.K. Ahring, 2004. Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure. *Biomass and Bioenergy* 26: 485-495.
- Neumann, H., 2004. Biogas: wie sie geruchsprobleme vermeiden. Top Agrar. 7: 80-83.
- Nordberg, A. en M. Edström, 2005. Co-digestion of ley crop silage, straw and manure. www.ad-nett.org.
- NOVEM, 2002. Protocol Monitoring Duurzame Energie, NOVEM, Utrecht.
- Oechsner, H. en A. Lemmer, 2002. Gras vergären: eine alternative für restgrünland? In: Biogas – Strom aus gülle und biomasse. Top Agrar Fachbuch, Münster, Duitsland. pp. 92-96.
- Oechsner, H., A. Lemmer en C. Neuberg, 2003. Crops as a digestion substrate in biogas plants. *Landtechnik* 58: 58-59.
- Os, van R., J.Ag. Frijns, E.H.M. van Zundert, A.J.F. Brinkmann, H.J. Croezen, J.T.W. Vroonhof. R.W. Melse, H.V.M. Harmelers en A.H.M. Veeken. 2003. TEWI benadering mestbewerking en – verwerking. Grontmij, IMAG, Wageningen University, CE, De Bilt.
- Pain, B.F., T.H. Misselbrook, C.R. Clarkson en Y.J. Rees, 1990. Odor and ammonia emissions following the spreading of anaerobically-digested pig slurry on grassland. *Biological Wastes* 34: 259-267.

- Pesta, G. en R. Meyer-Pittroff, Y., 2002. Kofermente: so vermeiden sie fütterungsfehler. In: Biogas - Strom aus gülle und bio-masse. Top Agrar Fachbuch, Münster, Duitsland. pp. 78-83.
- Pouech, P., H. Fruteau en H. BEWA, 1998. Agricultural Crops for Biogas Production on Anaerobic Digestion Plants. In: Biomass for Energy and Industry,
- Powers, W.J., H.H. van Horn, A.C. Wilkie, C.J. Wilcox en R.A. Nordstedt, 1999. Effects of Anaerobic digestion and additives to effluent or cattle feed on odorant concentrations. *Journal of Animal Science*. 77: 1412-1421.
- Pötsch E.M., Pfundtner R., Resch R. en Much P. 2004. Stoffliche Zusammensetzung und Ausbringungseigenschaften von Gärrückständen aus Biogasanlagen. Biogasproduktion - alternative Biomassenutzung und Energiegewinnung in der Landwirtschaft, 10. Alpenländisches Expertenforum, 18.-19. März 2004, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, Inning, Oostenrijk: 11 pp.
- Reinhold G., Klimanek E.M. en Breitschuh G. 1991. Zum Einfluss der Biogaserzeugung auf Veränderungen in der Kohlenstoffdynamik von Gülle. *Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde* 35: 129-137.
- Roels J. en Verstraete W. 2001. Review paper: Biological formation of volatile phosphorus compounds. *Bioresource Technology* 79: 243-250.
- Rougoor, C.W. and T.J. Blonk, 2001. Life Cycle Analysis for spent grain processing. Internal report. CLM and BMA, Utrecht.
- Rubæk G.H., Henriksen K., Petersen J., Rasmussen B. en Sommer S. G. 1996. Effects of application technique and anaerobic digestion on gaseous nitrogen loss from animal slurry applied to ryegrass (*Lolium perenne*). *Journal of Agricultural Science* 126: 481-492.
- Rutzmoser, K. en B. Spann, 2002. Zielwert-Futteroptimierung. Bayerische Landesanstalt für Tierzucht, Grub, Duitsland.
- Sanders, W.T.M., 2001. Anaerobic hydrolysis during digestion of complex substrates. Wageningen UR, Wageningen. Proefschrift.
- Schoolderman, Financieringswijzer duurzame energie, PWC i.o.v. Novem, 2003
- Schulz, H. en B. Eder, 2001. Biogas-Praxis: Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele. Ökobuch, Freiburg, 2001.
- Seldmeier, J. en M. Maciejczyk, 2003. Bewertung von Nawaros am Beispiel von Getreide und Silomais. *BIOGAS Journal* Nr. 2: 14-15.
- Sommer S.G. en Husted S. 1995. The chemical buffer system in raw and digested animal slurry. *Journal of Agricultural Science* 124: 45-53.
- Sommer, S.G., 1997. Ammonia volatilization from farm tanks containing anaerobically digested animal slurry. *Atmospheric Environment* 31: 863-868.
- Summers R. en Bousfield S. 1980. A detailed study of piggery-waste anaerobic digestion. *Agricultural Wastes* 2: 61-78.

Summers R. en Bousfield S. 1980. A detailed study of piggery-waste anaerobic digestion. *Agricultural Wastes* 2: 61-78.

Tafdrup, S. 2005 Personal Communication. Danish Energy Agency.

Thompson, R.B., B.F. Pain en D.R. Lockyer, 1990. Ammonia volatilization from cattle slurry following surface application. *Plant and Soil* 124: 109-117.

Timmerman, M., H.J.C. van Dooren en G. Biewenga, 2005. Mestvergisting op boerderijschaal. Animal Sciences Group van Wageningen UR, Lelystad. Rapport.

Top Agrar extra, Biogas - strom aus Gulle und biomasse.

Tijmensen, M., R. van den Broek, B. van Dun, F. Schilling, J. Holm-Nielsen, I. Kunto en D. Martin, 2003. Internationale verkenning mestvergisting. Ecofys, Utrecht: 134 pp.

Veen, W.A.G. 2000. Veevoedermaatregelen ter vermindering van methaanproductie door herkauwers. De Schothorst, Lelystad.

Velsen, F.M., van, 1981. Anaerobic digestion of piggery waste. Landbouwhogeschool, Wageningen. Proefschrift.

Vis. M. 2003. Een standaard bouw- en milieuvergunning voor mestvergisters met een capaciteit tot 36.000 ton per jaar.BTG iov SenterNovem (2021-02-22-03-008).

Wagenberg, A.V. en M. Timmerman, 2003. Realisatie mestvergistinginstallatie Praktijkcentrum Sterksel. Animal Sciences Group van Wageningen UR, Lelystad. Rapport.

Welsh, F.W., D.D. Schudelte, E.J. Kroeker en H.M. Lapp, 1977. The effect of anaerobic digestion upon swine manure odors. *Canadian Agriculture Engineering* 19: 122-126.

Wulf, S, M. Maeting en J. Clemens, 2002. Application technique and slurry co-fermentation effects on ammonia, nitrous, and methane emissions after spreading: I. Ammonia Volatization. *Journal of Environmental Quality* 31: 1789-1974.

Wijngaard vd C, ,2004. Persoonlijke mededeling, EnerQ.

Zauner, E. en U.Küntzel, 1986. Methane production from ensiled plant material. *Biomass* 10 (3): 207-223.

Zethner G., Pfundtner E. en Humer J. 2002. Qualität von Abfällen aus Biogasanlagen. Monographien, Band 160, Umweltbundesamt GmbH (Federal Environment Agency Ltd), Wien, Oostenrijk: 50 pp.

Zhang, R.H., J. Thao en P.N. Dugba, 2000. Evaluation of tw-stage anaerobic sequencing batch reactor systems for animal wastewater treatment. *Transactions of the ASAE* 43: 1795-1801.

Zijdeveld, S. Van en W.M. van Straalen 2004. Validatie van de IPCC-methaanconversieffactor voor omstandigheden waaronder Nederlands melkvee gehouden wordt. Schothorst Feed Research, Lelystad.

Bijlage 1 Toetsing wet milieubeheer _____

Artikel 8.8 tot en met 8.10 Wet milieubeheer

De artikelen 8.8 tot en met 8.10 Wm omvatten het toetsingskader voor vergunning aanvragen voor regionale vergisters. Onderstaande tekst, uit de beschikking van de Gedeputeerde Staten van de provincie Noord-Brabant op de aanvraag om milieuvergunning voor de mestvergistingsinstallatie van Clean Minerals te Esbeek, geeft een goed voorbeeld van toetsing op deze artikelen.

Lucht

Het onderhavige procédé dient plaats te vinden in een geheel gesloten systeem inclusief alle opslag- en losactiviteiten. De opslag van drijfmest, de vergisting, de hygiënisatie en de navergisting kunnen plaats vinden in uitpandig gelegen tanks. De bedrijfshal en de uitpandig gelegen tanks dienen gasdicht te worden uitgevoerd of dienen permanente op onderdruk te worden gehouden; hierbij dient de verdringslucht en de afgezogen lucht centraal behandeld en via het biofilter in de buitenlucht gebracht.

De emissies van het biofilter dienen te worden getoetst aan de bijzondere regeling A1 "Mestverwerkende bedrijven" uit hoofdstuk 3.3 van de Nederlandse emissie Richtlijn (NeR) en overigens aan de algemene bepalingen van de NeR.

De emissies van de WKK (gasmotor) dienen te voldoen aan de eisen van Het Besluit emissie-eisen Stookinstallaties B (BEES-B). Dit besluit stelt eisen aan de emissie van stikstofoxiden. Het BEES-B is direct werkend. Dit betekent dat in de Wm-vergunning geen voorschriften met betrekking tot de emissies van de gasmotor worden opgenomen.

De fakkelininstallatie wordt uitsluitend gebruikt in noodgevallen (als de gasmotor uitvalt en overtollig biogas moet worden geloosd) of tijdens onderhoudswerkzaamheden aan de gasmotor.

Besluit luchtkwaliteit

De grenswaarden voor de luchtkwaliteit uit het Besluit Luchtkwaliteit, betreffende grenswaarden voor zwaveldioxide, stikstofdioxide en stikstofoxiden, koolmonoxide, zwevende deeltjes, lood en benzeen in de lucht worden ons als toetsingscriterium gehanteerd.

Mestvergisting installaties stoten stoffen uit waarvoor in het Besluit luchtkwaliteit grenswaarden zijn gesteld, te weten zwaveldioxide en stikstofoxiden.

Geurhinder

Samen met het toepassen van het ALARA principe wordt het algemeen uitgangspunt van het geurbeleid, het zoveel mogelijk beperken van geurhinder en het voorkomen van nieuwe hinder toegepast binnen het nationale geurbeleid.

Voor het bepalen van het acceptabele hinderniveau geeft de NeR de hindersystematiek. Met behulp hiervan kan een situatie van geuroverlast worden beoordeeld.

Toepassen van de hindersystematiek leidt tot een specifieke afweging voor een individuele situatie of tot het toepassen van een bijzondere regeling.

Geluid

Langtijdgemiddeld beoordelingsniveau en maximale geluidniveaus. Het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau en de maximale geluidniveaus dienen te worden getoetst aan de grenswaarden in de "Handreiking Industrielawaai en Wm-vergunningverlening" d.d. 21 oktober 1998. In de handreiking is in paragraaf 1.5 een overgangssituatie beschreven, namelijk:

"Zolang een gemeente nog geen beleid voor industrielawaai heeft vastgesteld, kan er nog niet van de hoofdstukken 2 en 3 inzake de gemeentelijke nota industrielawaai en de grenswaarden gebruik worden gemaakt. Wat betreft de grenswaarden voor de geluidnormering bij de Wm-vergunningverlening moet dan nog gebruik worden gemaakt van de normstellingsystematiek zoals die in de Circulaire Industrielawaai was opgenomen."

Deze systematiek is nu geactualiseerd opgenomen in hoofdstuk 4 van de voornoemde handreiking.

Maximale geluidniveaus

In hoofdstuk 4 van de Handreiking wordt niet expliciet op de systematiek conform de voormalige Circulaire Industrielawaai voor maximale geluidniveaus ingegaan. Handreiking zijn opgenomen in relatie tot de gemeentelijke nota industrielawaai.

Hierbij wordt evenals in de Circulaire Industrielawaai, aangegeven dat de maximale geluidniveaus beperkt moeten blijven tot maximaal 70 dB(A) in de dagperiode, 65 dB(A) in de avondperiode en 60 dB(A) in de nachtperiode.

Verkeersaantrekkende werking

Het equivalente geluidsniveau veroorzaakt door het verkeer van en naar de inrichting wordt getoetst aan de voorkeursgrenswaarde van 50 dB(A) zoals voorgesteld door de minister van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) in de "Circulaire inzake geluidhinder veroorzaakt door het wegverkeer van en naar de inrichting; beoordeling in het kader van de Wm" van 29 februari 1996.

Bodem

- Het kader voor de bescherming van de bodem

Het (nationale) preventieve bodembeschermingbeleid is vastgelegd in de Nederlandse Richtlijn Bodembescherming (NRB) bedrijfsmatige activiteiten. De provincie kan het NRB beoordelen als het primaire toetsingskader voor de beoordeling van bodembedreigende activiteiten.

Binnen een mestvergisting installatie vinden een aantal potentieel bodembedreigende activiteiten plaats zoals opslag van mest dat dient plaats te vinden in gesloten en vloeistofdichte bovengrondse tanks. die dienen te voldoen de "Richtlijnen mestbassins 1992" die mede toezien op het voorkomen van bodem- en grondwaterverontreiniging.

Om in geval van lekkages en calamiteiten eventuele verontreiniging van bodem en grondwater te voorkomen dient de bedrijfshal voorzien van een vloeistofdichte vloer, vergezeld van een PBV-Verklaring, met vloeistofdichte voorzieningen voor lekopvang. Voorts dient de opslag van de chemicaliën in emballage te voldoen aan de bepalingen van CPR 9-6 welke mede zijn bedoeld om verontreiniging van bodem en grondwater te voorkomen.

Evenzo dient het rioleringsstelsel vloeistofdicht te zijn uitgevoerd en bestand te zijn tegen de binnen de inrichting vrijkomende stoffen.

Energie

Het geschatte energieverbruik van de inrichting is getoetst aan de circulaire "Energie in de milieuvergunning" van 1999. Ten aanzien van de inrichting is geen meerjarenafspraak energiebesparing gemaakt terwijl volgens de aanvraag meer dan 50.000 kWh elektriciteit per jaar wordt verbruikt. Volgens het bepaalde in de circulaire is daarom in principe een onderzoek naar energiebesparingmogelijkheden noodzakelijk.

Externe Veiligheid

Het externe veiligheidsbeleid in Nederland is gericht op het verminderen en beheersen van risico's van activiteiten voor de omgeving (mens en milieu). Het gaat hierbij om de risico's die verbonden zijn aan de opslag en het gebruik van gevaarlijke stoffen. Door het covergisting proces wordt biogas gevormd dat naast methaan en kooldioxide waterstofsulfide bevat. Het biogas is brandbaar, zodat ongecontroleerde emissies ervan moeten worden voorkomen.

Aangezien brand en/of explosies niet kunnen ontstaan zonder ontsteking, dienen ontstekingsbronnen (grondfakkel, elektrische apparatuur, statische elektriciteit, reparaties, blikseminslag, open vuur en roken en dergelijke) binnen bepaalde gevarenczones te worden geweerd. Voorts dienen gasdetectie- voorzieningen aanwezig te zijn voor methaan en waterstofsulfide.

Bijlage 2 Normeringen installatie onderdelen

Normeringen waar ten minste regionale vergister aan dienen te voldoen. (zie voor meer details Vis (2003) en InfoMil (2005).

CPR	Uitgaven van de Commissie Preventie van Rampen door Gevaarlijke Stoffen, uitgegeven door het Directoraat Generaal van de Arbeid (DGA), te verkrijgen bij SDU Uitgeverij te 's-Gravenhage.
CUR/PBV-aanbeveling 44	"Beoordelingscriteria van vloeistofdichte voorzieningen" (Stichting CUR, 1998).
Geluidgevoelige bestemmingen	Gebouwen of objecten, als aangewezen bij algemene maatregel van bestuur krachtens de artikelen 49 en 68 van de Wet geluidshinder.
KIWA	Keuringsinstituut voor waterleidingartikelen, te Rijswijk ZH.
Langtijdgemiddeld beoordelingsniveau (LAr,LT)	De energetische sommatie van de equivalente A-gewogen geluidsniveaus op een beoordelingspunt over een specifieke beoordelingsperiode ten gevolge van specifieke bedrijfstoestanden, zo nodig gecorrigeerd voor de aanwezigheid van impulsachtig geluid, zuivere tooncomponent of muziekgeluid.
Maximale geluidsniveau (LAmax)	Het maximaal te meten A-gewogen geluidsniveau gemeten in de meterstand 'fast' gecorrigeerd met de meteocorrectieterm Cm.
NEN 1014	"Bliksembeveiliging".NNI, 1992/1996(zal deels vervangen worden door NEN-EN 50164-1).
NEN 1078	"Voorschriften voor aardgasinstallaties", GAVO-1987, deel 1 Algemeen.
NEN 2078	"Voorschriften voor aardgasinstallaties" GAVO-1987, deel 2 Aanvullende voorschriften voor grotere bijzondere installaties.
NEN 3011	"Veiligheidskleuren en tekens".
NEN-normen	Bij het Nederlands Normalisatie Instituut (NNI) te Delft uitgegeven en te verkrijgen normbladen.
NeR	Nederlandse Emissie Richtlijnen lucht, Stafbureau NeR Bilthoven (1992), zoals laatstelijk gewijzigd.
NPR 3220	"Buitenriolering-beheer.

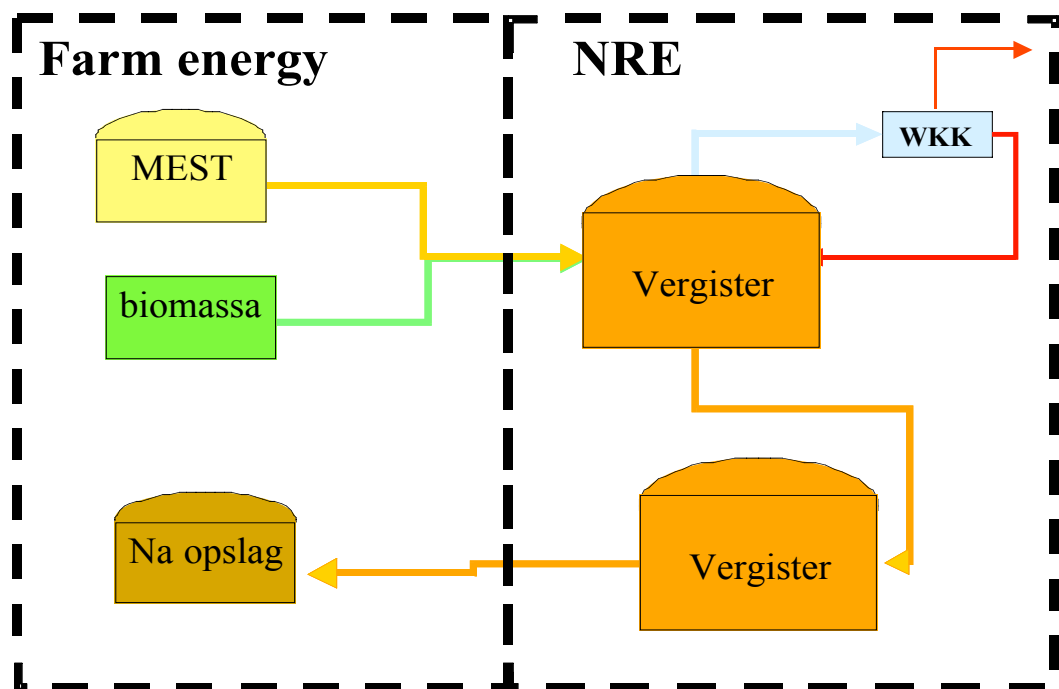
NPR 7910	Toelichting bij NEN 10079-10-"Gevarenzone-indeling met betrekking tot gasontploffingsgevaar"(voorheen P182 van het ministerie van SZW).
NPR	Nederlandse PraktijkRichtlijnen, uitgegeven door het Nederlands NormalisatieInstituut (NNI) te Delft.
NRB	Nederlandse Richtlijn Bodembescherming bedrijfsmatige activiteiten uitgegeven door het Informatiecentrum Milieuvergunningen te Den Haag.
PBV-Verklaring vloeistofdichte voorziening	Verklaring op basis van het KIWA/PBV document 99-02 Model Verklaring vloeistofdichte voorziening.
Protocol Nulsituatie/BSB-onderzoek	Publicatie van het ministerie van VROM, SDU uitgeverij Den Haag (1993).
RiVePro	Werkgroep Richtlijnen Veiligheid Procesindustrie, die de Directeur Veiligheid van het Directoraat-Generaal van de Arbeid adviseert en voorlichtingsbladen op stelt.
Vloeistofdichte vloer of voorziening	Een vloer of voorziening geïnspecteerd en goedgekeurd overeenkomstig CUR/PBV-aanbeveling 44.

Bijlage 3 Voorbeeld van vergisting in samenwerkingsverband

In deze bijlage beschrijven we een praktijkvoorbeeld hoe in samenwerkingsverband mestvergisting wordt opgepakt. Het betreft het initiatief 'Clean Minerals' in Esbeek.

Clean Minerals BV is oorspronkelijk een initiatief van 19 veehouders uit de regio Hilvarenbeek met het oorspronkelijke doel een complete mestverwerking. Om deze plannen te realiseren is door de initiatiefnemers een perceel op het in ontwikkeling zijnde industrie terrein in Esbeek aangeschaft waarop vergunningen zijn aangevraagd voor de vergisting en verdere verwerking van drijfmest en co-substraten.

Door diverse ontwikkelingen is na het verkrijgen van de vergunningen besloten om samen te werken met de energiemaatschappij NRE energie b.v. (NRE). Daarbij is besloten om het initiatief te splitsen: NRE heeft de b.v. Clean Minerals overgenomen en de veehouders participeren via Farm Energy b.v.. In onderstaande figuur geven we de bedrijfsopzet weer en daaronder leggen we de rol van deze twee partijen toe.



Figuur B3.2 Schematische weergave bedrijfsopzet Clean Minerals project

Farm Energy

Activiteiten:

- aanleveren mest en covergisting producten,
- afvoeren van het digestaat
- zoeken naar een optimale productenmix van mest en covergisting producten tbv een zo hoog mogelijke gasopbrengst = elektriciteitsopbrengst

Rechten:

- het op een later tijdstip eventueel (laten) realiseren van een mest scheidingsinstallatie op het terrein van NRE INSTALLATIE BV tegen nader overeen te komen voorwaarden en condities
- Vergoedingen voor transport, mineralenadministratie en het uitvoeren van analyses van de aangeleverde (co-)vergistingmaterialen
- Delen in de extra winst door aanlevering van biomassa (mest en co-substraten) met meer gasopbrengst

Plichten:

- Levering van 36.000 ton mest en covergisting producten per jaar met een minimale energetische inhoud. Ter voorkoming van de levering van biomassa (mest en co-substraten) met een mindere energetische opbrengst is een boeteclausule opgenomen.

NRE

Activiteiten:

- opwekken en verkoop van elektriciteit en warmte uit biomassa (mest en co-substraten)

Activa:

- industriegrond
- Mestvergisting installatie

Rechten

- beslissingbevoegd om verzoeken vanuit Farm Energy om af te wijken van de overeengekomen levering van biomassa, met als doel een verbetering van de hoeveelheid biogas, goed of af te keuren.

In verband met juridische zaken is besloten om een contract te ontwikkelen waardoor de biomassa immer in eigendom van Farm Energy blijft. Na een bepaalde tijd komt het digestaat weer beschikbaar voor Farm Energy om zelf te gebruiken als mest of om af te zetten. NRE betaalt hiervoor aan Farm Energy een vergoeding voor transport, analyses en mineralenadministratie.

Met deze opzet acht men het oorspronkelijke doel van het initiatief – een duurzame oplossing voor het mestprobleem van betrokkenen en een reductie in de afzetkosten middels afzet buiten de Nederlandse landbouw – haalbaar.

De inkomsten van de installatie bestaan uit de levering van elektriciteit die middels de WKK wordt opgewekt uit het biogas. Voor een maximale productie is het zaak dat er binnen de grenzen van de installatie zoveel mogelijk biogas geproduceerd wordt. De hoeveelheid te verwerken biomassa is beperkt door de vergunning tot 36.000 ton/jaar. Dus kan er alleen meer biogas worden geproduceerd indien Farm Energy biomassa aanlevert met een hogere energetische inhoud. Uitgangspunt hierbij is de overeengekomen levering van biomassa met een door de leverancier van de installatie ingeschatte en contractueel vastlegde hoeveelheid biogas. Ontstaat er door het aanleveren van betere biomassa meer biogas dan vindt er een verdeling plaats van de extra inkomsten tussen Farm Energy en NRE. Deze situatie geldt ook in het geval van lagere opbrengsten. Bij levering van biomassa van mindere kwaliteit wordt het verschil in inkomsten door de lagere biogasproductie verrekend.

Bijlage 4 Stimuleringsmaatregelen

Energie Investeringsaftrek (EIA)

De Energie Investeringsaftrek (EIA) is een regeling ter stimulering van energiebesparing en de inzet van duurzame energie door het Nederlandse bedrijfsleven. Voor de EIA komen die energiemiddelen in aanmerking die een doelmatig gebruik van energie bevorderen en voldoen aan bepaalde energieprestatie-eisen. Energieprestatie-eisen kunnen een besparingsnorm per geïnvesteerde euro of een rendementseis zijn. De EIA biedt ondernemer een fiscaal voordeel als geïnvesteerd wordt in energiebesparende bedrijfsmiddelen en duurzame energie.

In het jaar van aanschaf mag 44% (EIA 2005) van het investeringsbedrag ten laste worden gebracht van de winst. Aan de hand van onderstaand voorbeeld kan het voordeel geïllustreerd worden.

Om maximaal gebruik te maken van het fiscale voordeel dient een voldoende grote winst gemaakt te worden. Dit zal niet altijd het geval zijn waardoor een deel van het fiscale voordeel verloren gaat. Een oplossing kan dan zijn dat het fiscale voordeel door derden met een voldoende grote winst benut wordt en vervolgens in een lease constructie aan u doorgegeven wordt.

De energiemiddelen en hun energieprestatie-eisen staan beschreven in de Energielijst die jaarlijks door SenterNovem wordt uitgegeven (SenterNovem 2005).

Regeling willekeurige afschrijving milieu-investering (VAMIL)

Indien een energie middel uit de Milieulijst

(http://www.senternovem.nl/mmfiles/Brochure%202005_tcm24-115911.pdf) een A code bevat dan mag hiervoor ook de VAMIL worden toegepast. Dankzij de VAMIL-regeling kan men zelf bepalen wanneer investeringskosten van een bedrijfsmiddel worden afgeschreven. Het is zelfs mogelijk om de totale investering al in het jaar van aanschaf volledig af te schrijven. Door sneller af te schrijven drukt men de fiscale winst wat tot een aanzienlijk voordeel kan leiden. Over dat jaar hoeft men dus minder inkomsten- of vennootschapsbelasting te betalen. Uiteraard valt er dan in latere jaren minder af te schrijven. Daarentegen boekt men een liquiditeits- en een rentevoordeel doordat het betalen van belastingen naar de toekomst wordt verschoven.

Milieu Investerings Aftrek (MIA)

MIA staat voor milieu-investeringsaftrek. Dit is een fiscale aftrekregeling voor ondernemers die investeren in milieuvriendelijke bedrijfsmiddelen. Via MIA zijn 15, 30 of 40% van de investeringskosten op bepaalde bedrijfsmiddelen aftrekbaar van de fiscale winst. Investeringskosten van minder dan € 1.900 komen niet voor MIA in aanmerking. De MIA-regeling heet officieel de Aanwijzingsregeling milieu-investeringsaftrek. Mestvergisting maakt onderdeel uit van de MIA lijst (http://www.senternovem.nl/mmfiles/2005%20brochure%20compleet_tcm24-112727.pdf).

In de energielijst onder nummer A 9181 (zie:

http://www.senternovem.nl/mmfiles/Brochure%202005_tcm24-115911.pdf) staan de componenten beschreven waarop de betreffende stimuleringsmaatregelen van kracht zijn.

Anaërobe vergistinginstallatie bestemd voor: het anaëroob vergisten van organische reststoffen, en bestaande uit: reactor, (eventueel) menger, (eventueel) dual fuel brander, biogashouder, warmtewisselaar, (eventueel) silo, (eventueel) biogasbehandeling, (eventueel) gasmotor of -turbine, (eventueel) generator, (eventueel) compressor.

Voor de categorie (A) waar de vergistingsinstallatie in valt, geldt 30% MIA plus Vamil.

Fiscaal voordeel algemeen

Het totale voordeel van fiscale voordelen is afhankelijk van het belastingtarief van de investeerder. In de praktijk kan er zo'n 30% voordeel worden behaald (na belasting), indien de investeerder voldoende winst maakt. Maakt de investeerder niet voldoende winst, dan kan een lease-optie uitkomst bieden. Het netto voordeel op de investeringskosten is in dit geval naar schatting 20% voor de investeerder. De lease partij neemt de rest van het belastingvoordeel. Verder is groenfinanciering mogelijk voor een deel van de investering: dit is een lening tegen een rentetarief dat 0,5 tot 0,75% lager ligt dan de marktrente.

Groen beleggen

Groen Beleggen is een fiscale regeling die voorziet in een lagere rentelast voor investeerders in 'groene projecten'. Groen beleggen is mogelijk op grond van artikel 5.13 van de Wet Inkomstenbelasting 2001 en bestaat uit twee regelingen: de regeling groenfonds en de regeling groenprojecten. Eerstgenoemde regelt de aanwijzing van krediet- en beleggingsinstellingen tot groene instellingen en stelt eisen met betrekking tot het functioneren. De meeste Nederlandse banken hebben een groenfonds of een groenbank.

De Regeling groenprojecten maakt in combinatie met de Wet inkomstenbelasting groene financiering mogelijk. Daarvoor trekt een groenfonds financiële middelen aan van particuliere beleggers. Normaliter betalen zij 1,2% vermogensrendementsheffing over het gespaarde of belegde bedrag. Deelnemers in groenfonds zijn tot een gesteld maximum hiervan vrijgesteld. Daarnaast krijgen zij, tot hetzelfde maximum, een heffingskorting van 1,3% van de waarde van het groen belegde bedrag. Ten opzichte van gewoon sparen of beleggen levert dit een fiscaal voordeel op van tezamen 2,5%. Particulieren kunnen daardoor genoeg nemen met een lagere vergoeding van de bank voor hun inbreng. Vanuit het groenfonds verstrekt de bank of instelling vervolgens een lening aan een investeerder in een groenproject. Omdat spaarders en beleggers genoeg nemen met een lagere vergoeding kunnen groenfonds leningen met een lager rentetarief aanbieden. Het rentetarief hangt af van de gekozen leenvorm, maar uit de praktijk blijkt dat door groen beleggen een 0,5 tot 0,75% lagere rente geboden kan worden.

Bijlage 5 Modeluitkomsten biogas-opbrengsten

Keymer en Schilcher (2002) hebben voor de Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft een model opgesteld waarmee de biogasopbrengst berekend kan worden aan de hand van de chemische samenstelling van het co-substraat. In deze bijlage geven we een voorbeeld van een berekening van de biogasopbrengst van grassilage en een overzicht van modeluitkomsten.

Keymer en Schilcher (2002) geven het volgende voorbeeld van een berekende biogasopbrengst voor grassilage.

De samenstelling van het product is:

	Gehalte (g/kg ds)	Verteerbaarheid (%)
RC (ruwe celstof)	293	74,3
Nfe (overige koolhydraten)	436	69,97
RE (ruw eiwit)	132	65,09
RVet (ruw vet)	37	67,51

Organisch droge stofgehalte (Ods) = (Ruwe celstof+Nfe+Ruw eiwit+Ruw vet)/1000g = 89,9%

Het gehalte verteerbare koolhydraten, eiwitten en vetten per kg droge organische stof (Ods) is:

Verteerbare koolhydraten = ((gehalte RC*verteerbaarheid RC) + (gehalte Nfe*verteerbaarheid Nfe))/ Ods = 582 g/kg Ods

Verteerbare eiwitten = (gehalte RE*verteerbaarheid RE)/ Ods = 96 g/kg Ods

Verteerbare vetten = (gehalte RVet*verteerbaarheid RVet)/ Ods = 28 g/kg Ods

Met de biogasopbrengsten per component zoals in tabel 4.1 is dan de totale biogasopbrengst te bepalen, zie tabel B5.1.

Tabel B5.1 De berekende biogasopbrengst van grassilage

	Biogasopbrengst (l/kg organische stof)	Aandeel methaan (vol.% CH ₄)	Gehalte in Ods (kg/kg Ods)	Biogasop- brengst uit component (l/kg Ods)	CH ₄ aandeel (%)
Verteerbare koolhydra- ten	790	50	0,582	460	40,9
Verteerbare eiwitten	700	71	0,096	67	8,5
Verteerbare vetten	1250	68	0,028	35	4,2
Totaal				562	53,6

Voor dit voorbeeld resulteert dit in een biogasopbrengst van 562 l biogas per kg droge organische stof met een methaangehalte van 54% (afgerond). Met een droge stof- en organisch stofgehalte (in ds) van resp. 40% en 89,8% komt dit overeen met 202 m3 biogas per ton product.

De berekende biogasopbrengsten zijn uitgedrukt in 'normvolume' dus bij een temperatuur van 0°C en een druk van 1013 hPa. In de praktijk wordt de biogasopbrengst bepaald bij een procestemperatuur van rond de 35°C (mesofiele vergisting) of 55 °C (thermofiele vergisting). Dit kan leiden tot afwijkingen.

Tabel B5.2 Modeluitkomsten voor biogasopbrengsten van granen

Substraat	Duitse naam	DS (%)	ODS (%)	m3/kg ODS	CH4 (%)	m3 CH4/kg ODS
gerst	Gerste Körner vierzeilig	87.0	97.3	677.8	52.7	357.2
gerst	Gerste Körner zweizeilig	87.0	97.2	684.1	52.7	360.5
gerst	Gerste grün i.Ährenschieben	24.0	91.8	611.3	54.1	330.7
gerst	Gerstensil.i. Ährenschieben	35.0	93.3	607.3	52.6	319.4
gerst	Gerstenstroh	86.0	93.7	387.2	50.5	195.5
gerst	Gerstenstroh NH3 aufgeschl.	86.0	94.1	456.6	51.4	234.7
gerst	Gerstenstroh NaOH aufgeschl.	86.0	89.2	489.5	50.5	247.2
rogge	Roggen Körner	87.0	97.8	701.7	52.0	364.9
rogge	Roggenfuttermehl	87.5	96.4	652.7	53.5	349.2
rogge	Roggengrießkleie	87.8	94.7	588.8	53.7	316.2
rogge	Roggenkleie	88.1	94.0	573.9	53.7	308.2
rogge	Roggennachmehl	87.8	96.8	677.8	53.5	362.6
tarwe	Weizen Körner	87.0	98.1	700.9	52.8	370.1
tarwe	Weizenflocken	87.0	98.3	704.5	52.8	372.0
tarwe	Weizenfuttermehl	88.2	95.7	675.5	54.9	370.8
tarwe	Weizengrießkleie	87.8	94.5	585.7	55.0	322.1
tarwe	Weizenkeime	87.2	95.1	734.7	58.4	429.1
tarwe	Weizenkleie	88.0	93.5	531.2	54.8	291.1
tarwe	Weizennachmehl	88.1	96.2	695.7	55.1	383.3
tarwe	Weizenspreu	89.0	86.5	340.9	50.7	172.8
tarwe	Weizenschlempe flüssig	6.0	94.0	639.2	58.9	376.5
destillatie resten						
tarwestro	Weizenstroh	86.0	91.9	369.2	50.8	187.6
tarwestro	Weizenstroh NH3 aufgeschl.	86.0	92.9	431.7	51.7	223.2
tarwestro	Weizenstroh NaOH aufgeschl.	86.0	90.0	479.1	50.8	243.4

Tabel B5.3 Modeluitkomsten voor biogasopbrengsten van voedergewassen

Substraat	Duitse naam	DS (%)	ODS (%)	m3/kg ODS	CH4 (%)	m3 CH4/kg ODS
CCM	CCM Kornspind.gem. 3.5% Rfas	65.0	97.9	669.1	52.7	352.6
CCM	CCM Kornspind.gem. 5.3% Rfas	60.0	97.9	664.7	52.7	350.3
CCM	CCM Maiskornsil. 2% Rfas	65.0	98.0	708.4	52.6	372.6
gras	Gras 1.S. für Silo angewelkt	35.0	91.1	582.1	54.1	314.9
gras	Gras 2.f.S für Silo angewelkt	35.0	90.3	548.6	54.6	299.5
mais (divers)	Maisfuttermehl	88.6	97.0	695.9	53.6	373.0
mais (divers)	Maiskeimextr.schrot Mühlenind.	89.3	95.7	670.6	52.6	352.7
mais (divers)	Maiskeimextr.schrot Stärkeind.	88.9	94.9	686.5	55.4	380.3
mais (divers)	Maiskleber	90.5	97.9	673.9	66.0	444.8
mais (divers)	Maiskleberfutter bis 23% RP	88.0	93.7	663.1	55.3	366.7
mais (divers)	Maiskolbensschrot 7.6 % Rfaser	55.0	97.9	652.9	52.6	343.4
mais (divers)	Maiskornsilage	65.0	98.0	708.4	52.6	372.6
mais (divers)	Maiskörner trocken	87.0	98.3	690.2	52.8	364.4
mais destilla- tie rest	Maisschlempe flüssig	7.0	94.7	677.6	58.6	397.1
mais restplant groen	Mais Restpflanze grün	35.0	92.3	488.0	51.5	251.3
maissilage	Maissilage	33.0	95.8	586.1	52.2	305.9
maissilage divers	Maissilage Pflückhäcksel 2+2	40.0	96.0	628.4	52.3	328.7
maissilage divers	Maissilage Pflückhäcksel 2+4	35.0	96.0	617.9	52.2	322.5
maissilage divers	Maissilage in Kolbenbildung	18.0	93.0	543.7	52.8	287.1
maissilage divers	Maissilage in Milchreife	22.0	94.6	563.1	52.4	295.1
maissilage divers	Maissilage teigreif. kö.reich	30.0	95.7	594.6	52.5	312.2
maissilage divers	Maissilage teigreif. körn.arm	26.0	94.8	562.6	52.3	294.2
maissilage divers	Maissilage teigreif. mitt. Kö.	28.0	95.5	577.8	52.1	301.0
maissilage divers	Maissilage wachs- reif.kö.reich	35.0	96.0	599.6	52.3	313.6
maissilage divers	Maissilage wachs- reif.körn.arm	32.0	95.4	573.0	52.2	299.1
maissilage divers	Maissilage wachsreif.mitt. Kö.	33.0	95.8	586.1	52.2	305.9
silogras	Grassil. naß 1.Sch.Beg.Rispsch	25.0	87.8	602.3	54.6	328.9
silogras	Grassil. naß 1.Sch.Mitte Blüte	25.0	88.2	557.3	53.8	299.8
silogras	Grassil. naß 1.Sch.Risp.spreiz	25.0	88.2	580.5	54.2	314.6
silogras	Grassil. naß 2.f.S.Beg.Rispsch	25.0	86.2	574.0	55.0	315.7
silogras	Grassil. naß 2.f.S.Beg.Schoss.	25.0	84.0	600.5	55.5	333.3
silogras	Grassil. naß 2.f.S.Risp.spreiz	25.0	87.8	546.4	54.3	296.7
voederbieten groen/zuiver	Futtermülsenblatt grün sauber	12.0	81.4	605.5	53.3	322.7
voederbieten silage	Futtermülsenblattsilage	15.0	79.1	596.8	54.2	323.5

Tabel B5.4 Modeluitkomsten voor biogasopbrengsten van rooivruchten

Substraat	Duitse naam	DS (%)	ODS (%)	m3/kg ODS	CH4 (%)	m3 CH4/kg ODS
aardappelen vers	Kartoffel roh mittl. Stärkegeh	22.0	93.8	727.5	51.5	374.7
aardappelstoomschillen	Kartoffelschälabfälle gedämpf.	10.8	91.6	606.0	51.7	313.3
suikerbieten vers	Zuckerrübe frisch	23.0	91.9	696.0	50.8	353.6
suikerbieten zuiver groen	Zuckerrübenblatt grün sauber	16.0	83.5	637.0	53.7	342.1
suikerbietenpuntjes?	Zuckerrübenvollschnitt	91.6	94.6	685.8	50.6	347.0
suikerbietensilage resten	Zuckerrübenblattsil.verschm.	18.0	74.5	592.6	54.3	321.8
suikerbietensilage zuiver	Zuckerrübenblattsil.sauber	18.0	80.5	608.8	54.4	331.2

Tabel B5.5 Modeluitkomsten voor biogasopbrengsten van vlinderbloemigen

Substraat	Duitse naam	DS (%)	ODS (%)	m3/kg ODS	CH4 (%)	m3 CH4/kg ODS
erwten	Erbsen Körner	87.0	96.3	693.9	55.0	381.6
veldbonen	Ackerboenen GPSilage	40.0	94.0	523.4	54.6	285.8
veldbonen	Ackerboenen Körner	87.0	96.1	696.2	56.1	390.6
veldbonen	Ackerboenen grün	18.0	91.2	503.9	55.0	277.1

Tabel B5.6 Modeluitkomsten voor biogasopbrengsten van oliehoudende gewassen

Substraat	Duitse naam	DS (%)	ODS (%)	m3/kg ODS	CH4 (%)	m3 CH4/kg ODS
koolzaad divers	Rapskuchen 8% Fett	91.0	92.0	636.1	60.9	387.4
koolzaad divers	Rapskuchen kaltpress. 15% Fett	91.0	93.2	682.9	62.5	426.8
koolzaad divers	Rapssamen	88.0	95.5	766.9	65.7	503.9
koolzaad divers	Rapssilage jung. blattreich	14.0	80.0	673.0	55.9	376.2
koolzaad divers	Rapssilage älter stengelreich	16.0	82.0	651.9	55.5	361.8
koolzaad groen stengelrijk	Raps grün älter. stengelreich	14.0	84.4	616.5	55.4	341.5
koolzaad groen/bladrijk	Raps grün jung. blattreich	12.0	85.5	644.5	55.2	355.8
koolzaadolie	Rapsöl	99.9	99.9	1200.0	68.0	816.0
koolzaadolie (schrootextract)	Rapsextraktionsschrot	88.6	92.1	607.9	59.8	363.5
koolzaadstro	Rapsstroh	80.0	94.3	248.5	52.1	129.5
zonnenbloempitten extract	Sonnenblu.extr.schrot entschä.	89.4	91.9	594.2	61.3	364.2
zonnenbloempitten extract	Sonnenblu.extr.schrot teilent.	89.9	93.0	502.9	61.3	308.3
zonnenbloemzaden	Sonnenblumen. Samen	88.0	96.6	699.4	63.5	444.1

Tabel B5.7 Modeluitkomsten voor biogasopbrengsten van overige producten

Substraat	Duitse naam	DS (%)	ODS (%)	m3/kg ODS	CH4 (%)	m3 CH4/kg ODS
fruit (appelresten)	Obsttrester Apfel	22.0	97.6	519.8	51.7	268.7
groenteafval	Gemüseabfälle	15.0	76.0	500.0	56.0	280.0

Bijlage 6 Beschrijving coproducten

Teeltgewassen

- Aardappelen worden geteeld voor pootgoed en consumptie. Met name voeraardappelen zullen als grondstof voor vergistinginstallatie gaan dienen.
- Corn cob mix (CCM) ontstaat uit het dorsen van maïskolven.
- Energiemaïs is een maïssoort die speciaal veredeld wordt voor de toepassing in een vergistinginstallatie.
- Erwten kunnen zowel als monocultuur als mengteelt met bijvoorbeeld gerst geteeld worden. De bruto-jaaropbrengst van erwtenstilage ligt tussen de 5–8,5 ton drogestof per hectare. Het drogestofgehalte van erwtenstilage bedraagt circa 30% (Boer et al., 2003).
- Granen kunnen zowel als korrel of als gehele-plant-silage (GPS) worden geoogst als grondstof voor een vergistinginstallatie. De volgende granen staan op de Positieve Lijst: gerst, haver, rogge en tarwe.
- Gras vormt op de meeste melkveebedrijven in Nederland gras het hoofdbestanddeel van het ruwvoerrantsoen. De teelt en oogst van gras is een bekend fenomeen in Nederland waar veel kennis over beschikbaar is. De bruto-jaaropbrengst van gras ligt tussen de 9–15 ton drogestof per hectare. Het meest gebruikte gras in Nederland is Engels raaigras (Boer et al., 2003).
- Koolzaad
- Lupinen kunnen zowel als zaden of als gehele-plant-silage worden geoogst. De zaadopbrengsten van lupinen liggen tussen de 3,5-4,0 ton product per hectare. Het drogestofgehalte van lupinezaad bedraagt circa 85-90%. De bruto-drogestofopbrengst van lupine-GPS ligt tussen de 5-8,5 ton drogestof per hectare (Boer et al., 2003).
- Olievlas wordt geteeld voor de winning van lijnzaad uit de vlas.
- Snijmaïs is naast gras een veel voorkomend bestanddeel van het ruwvoerrantsoen op melkveebedrijven in Nederland. Over de teelt en oogst van is snijmaïs ook veel bekend. Snijmaïs wordt geoogst bij een drogestofgehalte van 28-35% en de bruto-jaaropbrengst van snijmaïs ligt tussen de 10–18 ton drogestof per hectare (Boer et al., 2003). Voor meer informatie over de teelt en oogst van snijmaïs wordt verwezen naar het Handboek Snijmaïs (ASG, 2005).
- Suikerbieten
- Veldbonen
- Vezelvlas wordt geteeld voor de productie van linnen garens.
- Voederbieten hebben een bruto-jaaropbrengst die ligt tussen de 12–20 ton drogestof per hectare. Wordt ook het bietenblad mee geoogst stijgt de opbrengst met circa 3-4 ton drogestof per hectare. Het drogestofgehalte van voederbieten bedraagt circa 15% (Boer et al., 2003).
- Zonnebloempitten

Producten uit Voeding en Genotmiddelen Industrie (VGI)

- Aardappelstoomschillen is een coproduct dat bestaat uit schillen die met stoom zijn verwijderd van gewassen aardappelen. Het drogestofgehalte van aardappelstoomschillen ligt tussen de 12-16%.
- Aardappelvruchtwater: Ingedikt onteiwit aardappelvruchtwater (protomylasse) is een coproduct dat vrijkomt bij de verwerking van aardappels tot zetmeel, vezels en eiwit. Het drogestofgehalte van aardappelvruchtwater ligt tussen de 50-60%.
- Aardappelzetmeelslib zijn restanten aardappelzetmeel die met een bezinker zijn afgescheiden uit het afvalwater dat is vrijgekomen bij de productie van aardappel-zetmeel.
- Bietenpuntjes komen vrij bij de verwerking van suikerbieten in de fabriek. Het drogestofgehalte van ingekuilde bietenpuntjes bedraagt circa 14% (CVB, 2004).

- Groente en fruit vormen een veel omvattende categorie, waarbij covergisting met name betrekking zal hebben op restanten die vrijkomen bij de verwerking van groente en fruit, op doordraai van veilingen en uitgesorteerde producten. Afhankelijk van de soorten groente en fruit en verhoudingen in een zevental mengsel kan de biogasproductie sterk variëren.
- Maïsweekwater is ingedampt weekwater dat wordt verkregen bij de natte vermalings van maïs. Het drogestofgehalte van maïsweekwater bedraagt circa 49%.
- Tarwegistconcentraat is een coproduct wat vrijkomt bij de winning van alcohol uit tarwezetmeel. Het drogestofgehalte van tarwegistconcentraat ligt tussen de 14-17%.
- Witlofpennen (witlofwortelen) blijven over na de oogst van witlof. De pennen worden afgezet als veevoer. Het drogestofgehalte van gereinigde witlofpennen bedraagt circa 15% (CVB, 2004).
- Wortelstoomschillen is een coproduct wat bestaat uit schillen die met stoom zijn verwijderd van gewassen wortelen. Het drogestofgehalte van wortelstoomschillen bedraagt circa 5%.

Bijlage 7 Zware metalen

**Tabel B7.1 Gehaltes zware metalen in enkele coproducten
(bron: Kool en Bosker 2005).**

Covergistingsproduct	Zware metalen (mg/kg ds)						
	Cd	Hg	Pb	Ni	Cr	Cu	Zn
snijmaïs (vers)	0,10	0,01	0,10	0,87	0,26	3,69	36,96
snijmaïs (kuil)	0,10	0,01	0,10	0,87	0,26	4,25	38,49
energiemaïs	0,10	0,01	0,10	0,87	0,26	3,69	36,96
Gras vers	0,22	0,02	2,43	4,31	0,66	0,92	48,16
Gras kuil	0,23	0,02	2,26	3,88	1,29	7,65	39,98
bieten(afval) suikerbieten	0,16	0,00	0,60	0,39	0,86	4,40	24,79
voederbieten vers	0,26	0,01	1,02	0,60	1,44	7,00	40,31
voederbieten gereinigd en bewaard	0,36	0,01	1,41	0,82	1,99	9,70	55,82
koolzaad (schroot)	0,03	0,03	0,67	1,67	2,34	7,68	82,52
koolzaad (onbehandeld zaad)	0,02	0,02	0,41	1,04	1,45	4,77	51,24
aardappelstoomschillen	1	0,1	10				

De hierboven genoemde gehalten zijn vergelijkbaar met de gehalten die gehanteerd worden i.h.k.v. de Emissie Registratie van zware metalen (Delahaye e.a. 2003)

**Tabel B7.2 Vracht (g/ha) zware metalen bij een gift van 85 kg fosfaat in coproducten
van de eerste positieve lijst (Ehlert ea 2004).**

Gewas	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
<i>Graan (korrel)</i>							
Gerst	0,1	24	41	0,1	2	1	255
Haver	0,1	26	40	0,1	10	1	278
Rogge	0,2	11	36	0,1	10	3	334
Tarwe	0,1	25	45	0,1	9	1	271
<i>Voedergewas</i>							
Gras, vers gras, weidegras	2,0	6	83	0,2	39	22	436
Kuilgras	2,1	12	71	0,2	36	21	371
Snijmaïs	2,0	5	72	0,2	17	2	722
Kuilmaïs/maïssilage	2,0	5	83	0,1	17	2	752
Corn Cob Mix (CCM)	1,1	3	40	0,1	10	1	400
Voederbieten	7,4	41	200	0,2	17	29	1151
<i>Rooivruucht (hakvrucht)</i>							
Aardappelen	2,2	30	82	0,22	19	2	215
Suikerbieten, bieten staartjes en -puntjes	3,7	20	102	0,10	9	14	575
Witlofpennen	4,9	27	205	0,14	12	19	322

Gewas	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
<i>Vlinderbloemige</i>							
Erwten	0,2	13	72	0,12	8	4	305
Veldbonen	0,2	13	72	0,12	8	4	305
Lupinen	0,2	13	72	0,12	8	4	305
<i>Energiegewas</i>							
Energie maïs (5 m hoog)	2,0	5	72	0,2	17	2	722
<i>Oliehoudende zaden</i>							
Koolzaad	0,1	7	23	0,1	5	2	247
Zonnebloempitten (geen schroot)	0,5	3	67	0,1	5	5	263
Olievlas (lijnzaad)	1,5	3	65	0,1	13	5	267
<i>Overige</i>							
Groente/fruit	2,2	37	37	0,15	10	40	297
Vezelvlas	0,4	29	165	0,27	18	8	695
Max. toegestane vracht (BOOM)	2,5	150	150	1,5	60	200	600

Tabel B7.3 Het gehalte (mg/kg ds) en de vracht (bij 85 kg fosfaat uit dat product) zware metalen in onderzochte coproducten en verse runderdrijfmest op De Marke.

	Koper	zink	cadmium	chroom	nikkel	lood
	mg/kg ds	mg/kg ds	mg/kg ds	mg/kg ds	mg/kg ds	mg/kg ds
Snijmaïs	2,7	36,5	0,11 ¹	1,4 ²	1,1 ²	0,4 ²
herfstgras	10,4	45,0	0,06 ³	2,8 ⁴	2,0	0,7
aardappelen	7,0	22,0	0,05	2,8	3,8	0,6
mest	54,5	182,3	0,3 ⁵	5,5 ⁶	4,3 ⁷	4,1 ⁸
g /ha bij 85 kg fosfaat/ha uit dat product						
Snijmaïs	58	797	2,3 ¹	30 ²	23,6 ²	9,5 ²
herfstgras	100	434	0,6 ³	27 ⁴	18,8	16,0
aardappelen	110	347	0,7	44	59,8	9,3
mest	316	1059	1,6 ⁵	32,1 ⁶	24,7 ⁷	23,6 ⁸

¹ 1 vd 2 monsters gehalte < detectiegrens (dg) van 0,1 mg/kg ds, waarde is gem. v dg en analyse > dg

² 1 vd 2 monsters gehalte < dg van 0,5 mg/kg ds, waarde is gem. v dg en analyse > dg

³ beide monsters gehalte < dg v resp. 0,1 en 0,02 mg/kg ds, waarde is gem. v beide dg's

⁴ gebaseerd op 1 analyse

⁵ 5 vd 6 monsters gehalte < dg v 0,02 mg/kg prod., waarde is gem. v dg en 5 analyses > dg

⁶ alle monsters gehalte < dg v 0,5 mg/kg prod., waarde is gelijk aan dg van 0,5 mg/kg prod.

⁷ 2 vd 6 monsters gehalte < dg van 0,3 mg/kg prod., waarde is gem. v dg en 4 analyses > dg

⁸ 5 vd 6 monsters

Bijlage 8 Economische situatie

Tabel B8.1 Uitwerking van de economische situatie van de drie voorbeeld-vergistingsinstallaties.

		Boerderijschaal Kleinschalig 200 x melkvee	Regionale schaal 25.000 ton/jaar	Regionale schaal 36.000 ton/jaar
Proces				
Input veristings- installatie				
Rundveedrijfmest	ton/jaar	6,122	9,400	28,500
Co-materialen	ton/jaar	2,000	4,500	8,000
Totaal te vergisten	ton/jaar	8,122	13,900	36,500
Vergistingsproces				
Vooropslag	m ³	150	200	1,000
Systeem	m ³	1 x 1200	2020	2 x 1800
Na-opslag	m ³	1 x 1245	447	1,000
Procestemperatuur	° C	38	37	35
Sanitatie		nee	nee	ja
Biogas productie	m ³ /jaar	533,050	-	2,312,500
Verbrandingswaarde biogas	MJ/Nm ³	22.0	22.6	21.0
Gasopslag	m ³	250	2,400	600.00
WKK				
Elektrisch vermogen gas- motor	kWe	137	208	549
Elektriciteitsproductie	kWh/ jaar	932,515	1,502,013	4,393,750
Economie				
Investering				
Vergistingsinstallatie	€	171,300		€ 2,000,000
Vooropslag	€	19,400		€ -
Na-opslag	€	43,569		€ -
WKK	€	128,774		€ -
Overig	€	133,964	inclusief	€ 150,000
Investeringskosten - bruto	€	€ 497,000	€ 611,668	€ 2,150,000
Subsidies	€	€ 60,634-	€ 74,623-	€ 262,300-
Investeringskosten - netto	€	€ 436,366	€ 537,045	€ 1,887,700
Rente groenlening	%	4.5%	4.5%	4.5%
Vereist rendement op eigen vermogen	%	10%	10%	10%
Gemiddelde kapitaalkosten	%	7.0%	6.7%	7%
Levensduur	jaar	10	10	10
Annuïteit	€/jaar	€ 61,270	€ 75,406	€ 265,051

Prijzen

Inkoop elektriciteit	€/kWh	€	0.112	€	0.112	€	0.037
Verkoop elektriciteit	€/kWh	€	0.035	€	0.035	€	0.035
MEP	€/kWh	€	0.097	€	0.097	€	0.097
Inkoop co-materialen (incl. transport)	€/ton	€	17.500	€	12.0	€	5
Transportkosten mest	€/ton			€	10	€	3
Transportkosten digestaat	€/ton	€	10	€	-	€	3
Meerwaarde vergiste mest	€/ton	€	-	€	-	€	-
Analysekosten	€/ton	€	-	€	-	€	2

Baten

€/jaar

Vermeden inkoop elektriciteit		€	6,744	€	24,753	€	-
Verkoop elektriciteit		€	30,521	€	44,800	€	153,781
MEP		€	90,454	€	145,695	€	426,194
Warmtelevering				€	12,986	€	-
Meerwaarde vergiste mest		€	-	€	-	€	-
<i>Totale baten</i>		€	127,719	€	228,235	€	579,975

Kosten

€/jaar

Jaarlijkse investerings- kosten		€	61,270	€	75,406	€	265,051
O&M		€	16,898	€	20,797	€	96,750
O&M wkk		€	-	€	-	€	-
Arbeid		€	14,600	€	7,300	€	38,325
Electriciteit verbruik		€	-	€	-	€	8,128
Inkoop co-materialen		€	35,000	€	54,000	€	40,000
Transportkosten mest		€	-	€	53,650	€	-
Transportkosten digestaat		€	-	€	-	€	18,528
Analysekosten		€	1,500	€	-	€	57,000
Afvoer nutriënten door co-materialen		€	-	€	-	€	16,000
<i>Totale kosten</i>		€	129,268	€	211,153	€	539,782

Resultaat

Jaarresultaat	€/jaar	€	1,549-	€	17,082	€	40,193
Terugverdientijd	jaar		7.3		5.8		6.2
Project IRR	%		6.2%		11.3%		9.9%