

Haalbaarheidstudie van biomassavergisting in de glastuinbouw

L.M. van Boheemen

© 2006 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

“Haalbaarheidsstudie van biomassavergisting in de glastuinbouw”

Datum : Juli 2006
Plaats : Naaldwijk
Auteur : L.M. van Boheemen
Begeleiding : Ing. P. Vermeulen
Praktijkonderzoek Plant & Omgeving
Kruisbroekweg 5
2671 KT Naaldwijk

Ing. B. Bentvelzen
Hogeschool Inholland
Kalfjeslaan 2
2623 AA Delft

Projectnummer: 3241411100

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Business Unit Glastuinbouw

Adres : Kruisbroekweg 5, Naaldwijk
: Postbus 8, 2670 AA Naaldwijk
Tel. : 0174 - 63 67 00
Fax : 0174 - 63 68 35
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Voorwoord

In het kader van mijn afstuderen aan de Hogeschool Inholland (te Delft), studierichting Bedrijfskunde & Agribusiness, is een afstudeeronderzoek verricht voor Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (PPO) te Naaldwijk. Het onderzoek heeft plaatsgevonden in de periode februari tot en met juni 2006.

Voorafgaand is er een vraagstuk voorgelegd door dhr. P. Vermeulen, betreffende onderzoek naar de haalbaarheid van biomassavergisting in de glastuinbouw. Na goedkeuring van dit vraagstuk door Dhr. K. Vermeulen, stagecoördinator aan de Hogeschool Inholland te Delft, ben ik begonnen met het onderzoek.

Zoals verwacht en achteraf ook gebleken, is het moeilijk om door middel van deskresearch en interviews aan specifieke informatie te komen. Desalniettemin heb ik aan de hand van de beschikbare informatiebronnen, naar mijn mening een goede haalbaarheidstudie uit kunnen voeren. De onderzoeksaanpak, de resultaten, conclusies en aanbevelingen vindt u in dit verslag.

Ik heb gedurende mijn afstudeerperiode met plezier aan de opdracht gewerkt. De goede sfeer, behulpzaamheid en het hoge kennisniveau binnen de afdeling bedrijfskunde, hebben zeer positief bijgedragen aan dit onderzoek. Ik wil dan ook de 'bedrijfskundecollega's' bedanken voor hun bijdrage. Daarnaast bedank ik uiteraard ook mijn begeleider bij PPO dhr. P. Vermeulen en mijn begeleider van de Hogeschool Inholland (te Delft), dhr. B. Bentvelzen voor hun goede begeleiding en behulpzaamheid.

Léon van Boheemen

Samenvatting

Onze huidige samenleving draait nog hoofdzakelijk op energie die gewonnen wordt uit fossiele brandstoffen: aardolie, aardgas en steenkolen. Fossiele brandstoffen zijn de grondstoffen voor bijvoorbeeld benzine of aardgas. Ook energiecentrales leveren elektriciteit die voornamelijk wordt opgewekt uit aardolie, aardgas en steenkolen. Om minder afhankelijk te worden van deze fossiele brandstoffen richt men zich steeds meer op energie die gewonnen wordt uit duurzame energie- en brandstofbronnen. Duurzame energie- en brandstofbronnen komen voort uit ‘hernieuwbare’ bronnen. Dat wil zeggen dat de winning ervan op langere termijn niet leidt tot het uitputten van een voorraad. Co-vergisting is één van meerdere opties waardoor men duurzame energie kan creëren.

De probleemstelling die centraal staat in dit onderzoek luidt als volgt.

Is het economisch en technisch haalbaar om gas, warmte en CO₂ te winnen voor de glastuinbouw uit biomassavergisting?

Vergisten is het afbreken van organische stof in biomassa onder anaërobe omstandigheden (in afwezigheid van zuurstof) met behulp van methaanvormende micro-organismen. Deze biomassa kan bestaan uit mest, maar er kunnen ook diverse andere organische producten aan het mengsel worden toegevoegd (tot aan bijna 100% andere organische producten). Bij het vergistingsproces ontstaat biogas, een gasmengsel dat voornamelijk uit methaan en koolstofdioxide bestaat. Verder bevat het een kleine fractie waterstofsulfide, stikstof, zuurstof, waterstof en een verzadigde hoeveelheid water.

De meest geschikte producten voor vergisting zijn **biogasmaïs** en **snijmaïs**. Deze producten hebben namelijk de volgende voordelen: hoge biomassaopbrengst per hectare, hoge methaanproductie, eenvoudige teelt, goed te bewaren, veel aanbod op de markt, geen tarra vervuiling en er is in vergelijking tot andere interessante gewassen weinig transport en opslag.

Aan de hand van dit onderzoek zijn een aantal knelpunten voor biomassavergisting in de glastuinbouw duidelijk geworden. De gevonden knelpunten worden hieronder aangegeven.

- Onderwaardering van digestaat
Een van de redenen is dat digestaat op dit moment nog ondergewaardeerd wordt door akkerbouwers. Hierdoor is de afzet van digestaat zeer moeilijk en kostbaar te realiseren. Deze onderwaardering wordt gevormd door onbekendheid met het product.
- Regelgeving rond de afzet van digestaat
De andere reden is de regelgeving rond de afzet van digestaat. De regelgeving is op dit moment een van de grote redenen waarom co-vergisting nog maar langzaam voortgang boekt.
- Transport
De achterliggende gedachte van biomassavergisting is het opwekken van biogas op een duurzame manier. Men kan zich dus afvragen of grote transportafstanden naast het feit dat dit hogere kosten met zich zal meebrengen wel wenselijk is voor het duurzaamheidsaspect.
- Opslag
Bij biomassavergisting in de glastuinbouw zal er een aanzienlijke hoeveelheid aan te vergisten producten moeten worden opgeslagen. Voor een tuinder is opslag op

tuinbouwgrond financieel gezien zeker niet interessant. Men zal dus graag willen dat opslag bij de producent (akkerbouwer) plaats vindt.

De conclusies die door dit onderzoek naar voren zijn gekomen, worden hieronder puntsgewijs opgenoemd.

- Technisch gezien is biomassavergisting in de glastuinbouw haalbaar.
- Biogasmaïs gevolgd door snijmaïs is het meest interessante product voor biomassavergisting.
- Per situatie zal de economische haalbaarheid van een biomassavergistingsinstallatie onderzocht moeten worden. De haalbaarheid is afhankelijk van diverse factoren. De belangrijkste factoren zijn.
 - De MEP-subsidie.
 - De prijs van de te vergisten producten.
 - De afvoerkosten van het digestaat.
 - De prijs van aardgas per kubieke meter.

Aan biomassavergisting in de glastuinbouw kleven echter wel een aantal risico's en onzekerheden die men niet mag onderschatten.

Risico's:

- Het investeringsbedrag is velen malen hoger dan die van een WKK alleen op aardgas.
- Afhankelijkheid van subsidie. Zonder de MEP-vergoeding op de geproduceerde kilowatturen is een vergister in combinatie met een WKK veel duurder dan een WKK op aardgas.
- Stijging van de snijmaïs of biogasmaïs prijzen kan grote gevolgen hebben op de financiële haalbaarheid van biomassavergisting in de glastuinbouw.
- Stijging van de afvoerkosten kan grote gevolgen hebben op de financiële haalbaarheid van biomassavergisting in de glastuinbouw.
- Bij een daling van de gasprijs wordt de WKK op aardgas zeer snel financieel interessanter.

Onzekerheden:

- De kans op het stilvallen van het vergistingsproces, waardoor men geen biogas meer aangeleverd krijgt. De tuinder wordt op dat moment met zeer hoge aardgas prijzen geconfronteerd, omdat men geen gascontracten heeft afgesloten.
- Afzet van digestaat is onzeker door onduidelijke regelgeving. Het digestaat van maïsvergisting mag namelijk alleen uitgereden worden op het eigen land.

Naar aanleiding van dit onderzoek is er de volgende aanbeveling gedaan.

Onderzoek de mogelijkheid van een samenwerkingsverband tussen boer en tuinder. Als het vergistingsproces heeft plaatsgevonden, wordt het geproduceerde biogas dan via een gasleiding naar het glastuinbouwbedrijf getransporteerd.

Deze combinatie biedt zowel de akkerbouwer (of veehouder) als de tuinder een positief resultaat. Het zorgt voor optimaal gebruik van alle uitgaande stromen zoals: elektriciteit, warmte, CO₂ maar ook het digestaat en kan zo een hoop regelgeving die mogelijkwerwijs problemen had kunnen geven omzeilen.

Summary

Our current society still thrives on energy which is won from fossil fuels, such as: crude oil, gas and coals. Fossil fuels are the raw materials of for example petrol or gas. Also energy plants provide electricity which is mainly generated out of crude oil, gas and coals. In order to become less dependent on these fossil fuels, everybody is increasingly trying to extract energy from durable energy sources. Durable energy is being generated out of 'renewable' sources. This means that the extraction does not lead to the exhaustion of the source in the long term. Fermentation is one of several options that can create durable energy.

The central question in this research is as follows.

Is it economically and technically feasible to generate gas, warmth and CO₂ out of fermentation for the use in greenhouses?

Fermentation is the break down of organic substance (biomass) by micro-organisms under anaerobic circumstances (without any oxygen). This biomass can consist of manure, but also of a mixture of manure and several organic products (such as green maize) to a mixture of only (100%) organic products.

Biogas is the result of this process. Biogas is a gas mixture that consists mainly of methane gas and carbon dioxide (CO₂). It also contains a small quantity of hydrogen sulfide, nitrogen, oxygen, hydrogen and a quantity of water.

The products that are most suitable for fermentation are **energy maize** and **green maize**. These products have the following advantages: high biomass turnover by hectare, high methane production, simple cultivation, easy to store, the supply on the market is more than sufficient, no ground pollution and compared to other crops less transport and storage is needed.

There are several points that need to be considered for fermentation in the horticultural sector.

- Undervaluation of digestate

One of the problems is that digestate is underappreciated by agricultural farmers. It is difficult to sell a product to the farmers that they are not familiar with.

- Legislation around the sale of digestate

The other reason is the legislation around the sale of digestate. The legislation is at this moment one of the main reasons why fermentation is still making only slow progress.

- Transport

The idea of using biomass for fermentation is based on the fact that it is a durable way of creating energy. One can therefore wonder whether large transport distances (resulting in higher transportation costs), are desirable for the durable aspect.

- Storage

If you want to create biogas throughout the whole year, you will have to store a considerable amount of products. It is not desirable to store these products on expensive horticultural ground. So, the storage of products will have to be arranged with the agricultural farmers in order to keep these costs at a low level.

The conclusions of this research are as follows.

- Fermentation for greenhouses is technically feasible.
- The most interesting products for fermentation are energy corn followed by normal corn.
- Every single situation has to be examined for its economic perspectives. The feasibility depends on several factors. The most important factors are:
 - The MEP-subsidy.
 - The price of the products that will be used for fermentation.
 - The costs of disposing the digestate.
 - The price of fossil gas.

However, there are several risks and uncertainties with the fermentation of biomass for greenhouses, which should not be underestimated.

Risks:

- High investments are needed to realize it all (the investments are much higher in comparison with a combined heat and power production plant on fossil gas).
- Dependence on subsidy. It is not economically feasible without the MEP-subsidy on the produced kilo Watt hours.
- A slight increase of the price for energy maize or green maize will have a large impact on the financial feasibility of the installation.
- A slight increase of the costs of disposing the digestate will have a large impact on the financial feasibility of the installation.
- A decrease of the fossil gas price will have a large impact on the financial feasibility of the installation.

Uncertainties:

- There is always a chance that the fermentation process will come to a stop, due to a human error. When that happens, there will be no biogas available for generating the necessary warmth, electricity and CO₂ in the greenhouse.
- The sale of digestate is uncertain because of unclear legislation.

As a result of this research the following recommendation has been made.

Research the possibilities of a cooperation between a farmer and a horticultural company. After the fermentation process has taken place at a farm, the produced biogas will be transported through a gas pipe to the horticultural company.

This combination offers the agricultural farmer (or stock breeder) as well as the horticultural farmer a positive result. It ensures optimum use of all out going flows, such as: electricity, warmth, CO₂, and the digestate. Moreover, in this way it is possible to steer clear of troublesome legislation.

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Samenvatting	3
Summary	5
Inhoudsopgave	7
1. Inleiding	9
1.1 Omschrijving van het probleem	9
1.2 Opbouw van het rapport	11
2. Methode van onderzoek	12
2.1 Inleiding	12
2.2 Type onderzoek	12
2.3 Verkrijgen van mijn onderzoeksgegevens	12
3. Het vergistingsproces	14
3.1 Inleiding	14
3.2 Principe van mest- en co-vergisting	14
3.3 Type vergistingsinstallaties	16
3.2.1 Propstroomvergisters	16
3.2.2 Volledig gemengde vergisters	17
4. Inventarisatie van de te vergisten producten	18
4.1 Inleiding	18
4.2 Landbouwmeststoffen	18
4.3 Landbouwgewassen	19
4.4 Substraten van verdere behandelingen	20
4.5 Keuze van welke categorie als hoofdgrondstof	21
4.6 Specifieke keuze van grondstoffen uit categorie 2	23
5. Rekenmodel	25
5.1 Inleiding	25
5.2 Toelichting rekenmodel	25
5.2.1 Deel 1. Behoefte	26
5.2.2 Deel 2. Type voeding	28
5.2.3 Deel 3. Investering	29
5.2.4 Deel 4. Uitgangspunten variabele kosten	29
5.3 Rekenmodel	30
5.3.1 Samenvatting belangrijke gegevens	30
5.3.2 Procesgegevens	31
5.3.3 Financiële gegevens	31
5.3.4 Confrontatiematrix gevoeligheidsfactoren	31
5.4 Informatiebronnen	31
5.5 Toelichting voorbeeldrekenmodel	32

6. Discussie	33
6.1 Verdere uitleg van de gevoeligheidsfactoren.	33
6.2 Prijzen van de te vergisten producten.	34
6.3 Digestaat	35
6.4 Transport.	36
6.5 Opslag.	36
7. Conclusie	37
Financiële risico's	37
Onzekerheden.....	38
8. Aanbevelingen	39
Referenties	41
Bijlagen	42
<i>Bijlage 1: Het Rekenmodel</i>	42
<i>Bijlage 1.1 Het invulblad</i>	42
<i>Bijlage 1.2 Samenvatting belangrijke gegevens</i>	43
<i>Bijlage 1.3 Procesgegevens</i>	44
<i>Bijlage 1.4 Financiële gegevens</i>	47
<i>Bijlage 1.5 Confrontatiematrix gevoeligheidsfactoren</i>	51
<i>Bijlage 2: Toelichting co-vergisting van mest</i>	53
<i>Bijlage 3: Processchema Biomassavergisting</i>	55

1. Inleiding

In het laatste studiejaar van de opleiding Bedrijfskunde & Agribusiness aan de Hogeschool Inholland (locatie Delft) is de stage met daarin het afstudeeronderzoek een belangrijk element. De stage vindt plaats in de laatste twee studieblokken van het 4^e studiejaar, gedurende de maanden februari t/m juni.

De kern van de stageopdracht bestaat uit het in een praktijksituatie zelfstandig plannen, uitvoeren en rapporteren over een ‘bedrijfskundig’ onderzoek. De afstudeeropdracht richt zich in dit geval op een haalbaarheidsonderzoek naar biomassavergisting in de glastuinbouw.

Onze huidige samenleving draait nog hoofdzakelijk op energie die gewonnen wordt uit fossiele brandstoffen: aardolie, aardgas en steenkolen. Fossiele brandstoffen zijn de grondstoffen van bijvoorbeeld benzine of aardgas. Ook energiecentrales leveren elektriciteit die voornamelijk wordt opgewekt uit aardolie, aardgas en steenkolen. Om minder afhankelijk te worden van deze fossiele brandstoffen richt men zich steeds meer op energie die gewonnen wordt uit duurzame energie- en brandstofbronnen. Duurzame energie- en brandstofbronnen komen voort uit ‘hernieuwbare’ bronnen. Dat wil zeggen dat de winning ervan op langere termijn niet leidt tot het uitputten van een voorraad. Co-vergisting is een van meerdere opties waardoor men duurzame energie kan creëren.

De aandacht voor co-vergisting is de afgelopen jaren in Nederland sterk toegenomen. Inmiddels zijn er al enkele tientallen installaties gerealiseerd en worden er alleen al dit jaar zo’n 60 installaties gerealiseerd. En daarmee is het einde nog niet in zicht. Uit studies (Bron: Senter Novem) blijkt dat er plaats is voor 2500 tot 3000 installaties. Daarmee zou vier miljard kilowattuur groene stroom kunnen worden opgewekt. Dit is genoeg om 1,2 miljoen huishoudens van elektriciteit te voorzien. Het lijkt dat co-vergisting nu definitief een plaats heeft verworven in de Nederlandse land- en tuinbouw.

De toegenomen aandacht kan worden verklaard door een verbeterd financieel kader door de MEP regeling en ruimere mogelijkheden voor co-vergisting door aangepaste regelgeving.

Met co-vergisting worden producten aan de mest toegevoegd waarna dit mengsel wordt vergist. Doel van de toevoeging is het verhogen van de opbrengsten van de biogasinstallatie.

1.1 Omschrijving van het probleem

De Nederlandse glastuinbouw sector is een grootverbruiker van energie. Men heeft veel energie nodig, om zo een optimaal klimaat te creëren voor de planten. Doordat de olie- en gasprijzen nu steeds hoger worden, gaan de energiekosten een steeds groter deel uitmaken van de totale kosten. Gemiddeld genomen neemt de gasprijs nu ongeveer een 1/3 deel van de totale kostprijs voor zijn rekening. Het gevolg hiervan is dat men als innovatieve tuinder gaat kijken naar alternatieve manieren van energie opwekken. En biomassavergisting kan een van die alternatieve manieren zijn om energie op te wekken.

Dhr. P. Kempenaar is zo’n innovatieve tuinder die met zo’n vraag bij Praktijkonderzoek Plant & Omgeving te Naaldwijk aan klopte. Dhr. Kempenaar wilde graag weten of het nou mogelijk was om via biomassavergisting biogas te creëren wat vervolgens gebruikt kon worden om warmte, elektriciteit en CO₂ te produceren voor de glastuinbouw. Want, als dit mogelijk is, is dit misschien wel een alternatief voor zijn hoge gaskosten.

Nadat men dit voorstel voor onderzoek had goedgekeurd, zijn eerst een viertal studenten van de Hogeschool Inholland begonnen met een vooronderzoek. Dit vooronderzoek had het doel om te kijken wat de mogelijkheden zijn van biomassavergisting in de glastuinbouw. De resultaten uit dit vooronderzoek gaven aan dat er wel degelijk mogelijkheden zijn voor biomassavergisting in de glastuinbouw. Vandaar dit (vervolg)onderzoek naar de haalbaarheid van biomassavergisting in de glastuinbouw.

Probleemstelling:

De probleemstelling die uit de omschrijving van het probleem is op te maken luidt als volgt:

Is het economisch en technisch haalbaar om gas, warmte en CO₂ te winnen voor de glastuinbouw uit biomassavergisting?

Deelvragen:

Om antwoord te kunnen geven op de probleemstelling zijn er deelvragen opgesteld. Deze deelvragen luiden als volgt:

Aanvoer:

- Welke grondstoffen heeft men nodig om een biomassavergister te laten werken?
- Welke grondstoffen gaat men gebruiken?
- Waar haalt men deze grondstoffen vandaan (marktanalyse)?
- Onder welke omstandigheden (teeltplannen, ondergrond enz) kan men deze grondstoffen telen?
- Wie zijn mogelijke grondstofleveranciers?
- Welke grondstofleveranciers hebben interesse om deze grondstoffen te gaan telen?
- Wat zullen de kosten zijn voor de leverancier?
- Hoe gaat men dit logistiek gezien allemaal regelen?
- Welke voorwaarden stellen leveranciers aan de levering van de grondstoffen?

Opslag:

- Waar gaan de grondstoffen opgeslagen worden (centraal bij de teler, decentraal bij de leverancier of een combinatie van deze 2)?
- Welke voorwaarden stellen leveranciers voor opslag op hun erf?
- Wat zijn de kosten voor opslag bij leverancier?
- Welke voorwaarden stelt de teler bij centrale opslag?
- Wat zijn de kosten voor opslag bij teler?
- Geeft men de logistiek uit handen of nemen de leveranciers dit zelf in handen?
- Hoeveel gaat de logistiek kosten via een extern bedrijf?
- Hoeveel gaat de logistiek kosten als de leveranciers dit gaan doen?

Model berekening:

- Het opstellen van een modelberekening, waarin alle aspecten van het verhaal zoveel mogelijk meegenomen worden, om zo de economische en technische haalbaarheid van het gehele project duidelijk te krijgen.
- Aan de hand van een modelberekening gevoeligheidsfactoren zichtbaar maken en deze indien mogelijk ook oplossen?

- Aan de hand van een modelberekening een gevoeligheidsanalyse uitvoeren. Dit maakt de sterke en zwakke punten van het gehele (met uitzondering van juridische aspecten) project duidelijk.

Het doel van de opdracht:

Een haalbaarheidsstudie uitvoeren naar de potentiële bijdrage van biomassavergisting aan de verduurzaming van de glastuinbouw in Nederland?

Persoonlijke doelstellingen:

- Antwoord krijgen op de probleemstelling. Is het nou wel of niet haalbaar?
- In staat zijn om binnen beperkte tijd en praktisch volledig zelfstandig voor een externe opdrachtgever een opdracht uit te voeren op Hbo-niveau. De opdracht levert de opdrachtgever relevante conclusies en aanbevelingen op.
- In vooral een werksituatie en in mindere mate leersituatie, binnen de beroepspraktijk, de in voorgaande studiejaren verworven competenties toepassen.
- Verdere ontwikkeling van mijn computervaardigheden.
- Nadere en intensievere kennismaking met het mogelijke toekomstige beroepsprofiel en werkveld.
- Ervaren of een kantoorbaan voor mij past.
- Hbo-opleiding bedrijfskunde & agribusiness succesvol afronden.

1.2 Opbouw van het rapport

1. Inleiding
 2. Methode van onderzoek
 3. Het vergistingsproces
 4. Inventarisatie van de te vergisten producten
 5. Rekenmodel
 6. Discussie
 7. Conclusie
 8. Aanbevelingen
- Referenties*
Bijlagen

2. Methode van onderzoek

2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk geeft een algemene beschrijving van het onderzoek. Hierin komen de volgende onderwerpen aan bod:

- Type onderzoek
- Verkrijgen van onderzoeksgegevens

2.2 Type onderzoek

In het algemeen zijn drie soorten onderzoeken te onderscheiden, namelijk: beschrijvend, explorerend en toetsend. Een beschrijvend onderzoek richt zich uitsluitend op het beschrijven van een aantal kenmerken. Een explorerend onderzoek richt zich naast het beschrijven ook op het leggen van relaties tussen de kenmerken. Tenslotte wordt in een toetsend onderzoek een bepaalde theorie aan de werkelijke situatie getoetst.

Het is niet eenvoudig om een duidelijke grens aan te geven binnen de analyse van een bedrijfskundig probleem. Doordat het onderzoek zowel analyserend als oplossend is, kan vaak niet met een type onderzoek worden volstaan.

Het beschrijven van de vergistingstechnieken en methoden kan worden vergeleken met een beschrijvend onderzoek. De analyse van de knelpunten en gevoeligheidsfactoren bij biomassavergisting komt echter meer overeen met een beschrijvend onderzoek. Het toetsen van de literatuur aan de waarheidgetrouw en de werkelijkheid, kan als een toetsend onderzoek worden opgevat.

Het totale onderzoek kan worden gezien als een samengaan van deze soorten onderzoeken waarin uiteindelijk het toetsende onderzoek toch de overhand heeft. Dit vanwege het feit dat er in het begin van het onderzoek een probleemstelling geformuleerd is waarin je aan het einde van het onderzoek antwoord op geeft. Je toetst namelijk of biomassavergisting in de glastuinbouw wel of niet haalbaar.

2.3 Verkrijgen van mijn onderzoeksgegevens

Onderzoeksgegevens zijn op 2 manieren te verkrijgen, namelijk door: field research en desk research. Onder desk research verstaan wij informatie zoeken door middel van een literatuurstudie. Hierbij maak je gebruik van bestaande informatiebronnen (zoals: bibliotheken, internet, boeken, tijdschriften, enz.) die je gebruikt als bronnen voor je beweringen in het onderzoek.

Onder field research verstaan wij informatie verzamelen door middel van interviews, bijwonen van lezingen, en gesprekken hebben met mensen uit de praktijk. Door te praten met mensen uit de praktijk krijg je informatie over hoe men in de praktijk over bepaalde zaken denkt.

De voornaamste bron van informatie wordt in dit onderzoek gevormd door middel van literatuurstudie. Deze vorm van informatieverzameling heeft een aantal voor- en nadelen, namelijk:

Voordelen:

- De informatie die men vindt is goed te onderzoeken.
- De informatie is vaak gebaseerd op goed onderzoek door professionele onderzoekers.
- Het geeft vaak duidelijke informatie aangezien meerdere mensen het moeten kunnen begrijpen.

Nadelen:

- De theorie hoeft niet altijd overeen te komen met de praktijk. Hierdoor kan een verkeerd beeld ontstaan van bepaalde mogelijkheden en onmogelijkheden.
- De theorie kan verouderd zijn ten opzichte van de praktijk. Dit heeft tot gevolg dat je conclusies gaat baseren op verouderde en dus verkeerde gegevens.
- Tijdrovend. Een literatuurstudie kan veel tijd in beslag nemen. Bij het niet meezitten van het zoeken naar bepaalde gegevens kan men veel tijd verliezen.

Een deel van het onderzoek zal bestaan uit een literatuurstudie. Deze literatuurstudie zal met name gericht zijn op de onderwerpen “uitleg van het biomassavergistingsproces zelf” “de regelgeving rond biomassavergisting” en allerlei informatie die naast deze onderwerpen te maken heeft met biomassavergisting. Deze informatie samen vormt input voor het uiteindelijke verslag.

Doel van deze literatuurstudie:

Het verkrijgen van voldoende informatie en inzicht in de mogelijkheden van biomassavergisting in de glastuinbouw.

3. Het vergistingsproces

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt in het kort uitgelegd hoe het vergistingsproces nu werkt. Voor een uitgebreide uitleg verwijs ik u door naar de literatuurstudie. Eerst zal beschreven worden hoe het principe van vergisting verloopt. Hierin zullen alle factoren die van belang zijn bij het proces afzonderlijk nader worden beschreven. Daarnaast worden de verschillende reactortypen uitgelegd en tenslotte staat er beschreven wat er met de diverse producten uit de installatie gedaan kan worden.

3.2 Principe van mest- en co-vergisting

Vergisten is het afbreken van organische stof in biomassa onder anaërobe omstandigheden (in afwezigheid van zuurstof) met behulp van methaanvormende micro-organismen. Deze biomassa kan bestaan uit mest, maar er kunnen ook diverse andere organische producten aan het mengsel worden toegevoegd (tot aan bijna 100% andere organische producten). Om het vergistingsproces op gang te krijgen, heeft men altijd in het begin een bepaalde hoeveelheid mest nodig, aangezien in mest de methaanvormende bacteriën van nature al in zitten.

Bij het vergistingsproces ontstaat biogas, een gasmengsel dat voornamelijk uit methaan en koolstofdioxide bestaat. Verder bevat het een kleine fractie waterstofsulfide, stikstof, zuurstof, waterstof en een verzadigde hoeveelheid water. De samenstelling van biogas en de daarbij de verschillende concentraties van de samenstellingen staan hieronder in tabel 1 vermeld.

Tabel 1: Samenstelling + concentraties van biogas.

Biogas	
Samenstelling	Concentratie
• Methaan (CH ₄)	45-75%
• Koolstofdioxide (CO ₂)	25-45%
• Waterdamp (H ₂ O)	2-7%
• Waterstofsulfide (H ₂ S)	20-20.000 ppm
• Stikstof (N ₂)	<2%
• Zuurstof (O ₂)	<2%
• Waterstof (H ₂)	<1%

Bron: presentatie van Victor van Wagenberg.

Het uiteindelijke doel van vergisting is het produceren van biogas uit mest en eventuele co-producten, waarbij biogas omgezet kan worden in warmte, elektriciteit en CO₂ in een WKK (Warmte Kracht Koppeling). In bijlage 3 ziet u een schematische weergave van alle processen die voorkomen bij biomassavergisting.

Het vergistingsproces is te verdelen in twee hoofdstappen, de zure vergisting en de methaanvergisting. De zure vergisting vormt vooral vluchtige vetzuren. Bij de

methaanvergisting worden deze vetzuren omgezet in CO_2 en CH_4 . Verdere uitleg van de biochemische achtergrond van het vergistingsproces kunt u in de literatuurstudie vinden.

Het verloop van het vergistingsproces is afhankelijk van een aantal factoren, namelijk:

- De temperatuur
- De zuurgraad
- Verblijftijd
- C/N verhouding
- Procesremmende stoffen (zware metalen, medicijnen)
- Menging
- Drogestofgehalte

Hieronder wordt alleen de factor temperatuur nader toegelicht. Voor verdere informatie verwijst ik u door naar de literatuurstudie.

Temperatuur

De temperatuur van het gehele proces is van invloed op de snelheid waarmee het vergistingsproces verloopt. Bij een hogere temperatuur verloopt het proces sneller, waardoor er meer biogas in een kortere tijd vrijkomt. De totale hoeveelheid biogas die vrijkomt, blijft echter gelijk. Er zijn hierbij drie zones te onderscheiden, namelijk:

- Psychrofiële zone: 0 – 20°C, optimum 17° C
- Mesofiële zone: 20 – 45°C, optimum 33° C
- Thermofiële zone: 45 – 75°C, optimum 55° C

Het optimum in een zone is de temperatuur waarbij het vergistingsproces het beste verloopt. Hierbij is de biogasopbrengst bij een minimale tijdsduur dus maximaal.

Psychrofiële vergisting (ook wel koude genoemd) is het proces van vergisting dat zich afspeelt bij een optimumtemperatuur van 17°C. Psychrofiële vergisting treedt altijd op bij het opslaan van mest in traditionele kelders of silo's (spontane vergisting). Psychrofiële vergisting is niet geschikt om toe te passen in een aparte vergister, het biogas komt namelijk maar heel langzaam vrij. Daarom zal dit proces niet worden toegepast bij vergistinginstallaties bij glastuinbouwbedrijven.

Mesofiële vergisting speelt zich af bij een optimumtemperatuur van 33°C. Bij voorkeur moet de temperatuur tussen de 25 en de 45 graden blijven. Deze temperatuur is uitermate geschikt om in de vergistingreactor toe te passen. De methaanvormende bacteriën in dit proces zijn namelijk niet zo gevoelig voor veranderingen in de temperatuur of de zuurgraad in de reactor. De verblijftijd bij dit proces kan variëren van 15 – 40 dagen, afhankelijk van de input (het te vergisten product) en het type reactor.

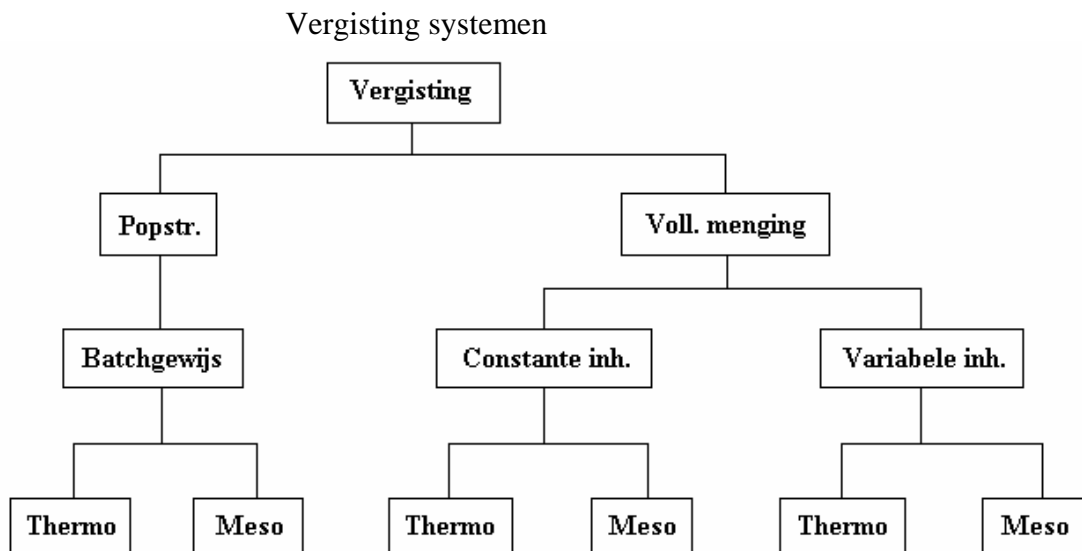
De meest voorkomende manier van vergisting is dan ook mesofiel. Mesofiële vergisting is een manier waar een goede gasopbrengst mee te realiseren is onder redelijk controleerbare omstandigheden.

Thermofiële vergisting speelt zich af bij een optimumtemperatuur van 55°C. Voordeel van de hoge temperatuur is dat het biogas sneller vrijkomt, waardoor volstaan kan worden met een kortere verblijftijd (10 – 20 dagen). De totale hoeveelheid biogas die vrijkomt, is echter niet hoger dan bij mesofiële vergisting. Het biogas komt alleen sneller vrij. Het CH_4 -gehalte in het biogas bij een thermofiel proces gemiddeld 3% lager dan bij een mesofiel proces.

Nadeel van het thermofiele proces is dat er relatief veel energie toegevoegd moet worden, om de inhoud van de reactor op temperatuur te houden. De methaanvormende bacteriën zijn bij thermofiele vergisting uitermate gevoelig voor schommelingen in temperatuur en zuurgraad. Een kleine schommeling van de zuurgraad kan al fataal zijn voor de thermofiele methaanvormende bacteriën. Temperatuurschommelingen in de vergister van 1 tot 2°C zijn geen probleem, maar grotere zorgen voor een afname van de gasopbrengst. Regeltechnisch is thermofiele vergisting dus veel ingewikkelder dan mesofiele vergisting.(7)

3.3 Type vergistingsinstallaties

In figuur 1 kunt u een schema zien van de belangrijkste type vergistingsinstallaties. Vergisters zijn in twee hoofdtypen in te delen: propstroomsystemen en volledig gemengde systemen. De volledig gemengde systemen kunnen vervolgens nog ingedeeld worden in vergister met constante inhoud en vergisters met variabele inhoud.



Figuur 1: Verschillende vergistingsystemen

Om de installatie te beschermen is het noodzakelijk om alle ingaande verse mest te filteren in een grove zeef met een maaswijdte van circa 100mm². Door grote vervuilingen zoals hout, ijzer, injectienaalden, stenen, enz uit de te vergisten substantie te halen, worden de gevoelige delen van de vergistingsinstallatie beschermd. Denk hierbij aan pompen en mengvijzels.

3.2.1 Propstroomvergisters

De propstroomvergister werkt volgens het “first in – first out”- principe. Dit wil zeggen dat de te vergisten producten die het eerste de vergister ingaan er ook als eerste weer uitgaan. In de reactor vindt geen menging van inhoud met verschillende verblijftijden plaats. De te vergisten producten gaan er als een volume pakketje, met een constante snelheid door de propstroomer. Door het niet mengen van de producten met verschillende verblijftijden, komt de tijd die een volume pakketje erover doet van het begin tot het eind, overeen met de totale verblijftijd van de producten in de reactor.

Moderne propstroomvergisters worden partieel geroerd met een langzaam lopende as met bladen in een horizontale tank. Door deze manier van mengen in de vergister is er wel een verticale menging en geen horizontale. De verblijftijd in de vergister is dus nog steeds van vrijwel alle producten gelijk.

In het begin van de vergister zitten nog weinig methaanbacteriën, aan het eind heel veel. Door een klein deel van de vergiste producten weer terug te pompen naar het begin van de vergister, worden er ook methaanbacteriën in de verse producten gebracht. De biogasproductie komt hierdoor sneller op gang en is minder gevoelig voor veranderingen in samenstellingen en processtoringsen.(7)

3.2.2 Volledig gemengde vergisters

Bij volledige geroerde systemen wordt de substantie in een horizontale silo gebracht en via mechanische roermechanismen en beweging gehouden. Volledig geroerde vergisters worden daarom ook wel staande vergisters genoemd. Het mengen van de biomassa is noodzakelijk om een intensief contact tussen de voeding en de anaërobe bacteriën te krijgen door het roeren zijn er ook geen problemen met drijf- en bezinklagen.

De verblijftijd van een volledig geroerd systeem is circa 40 – 60 dagen. De verblijftijd is gemiddeld lang genoeg, maar de mest blijft deels korter en deels langer in de vergister. Door het verschil in verblijftijden is de gasopbrengst iets lager, dan bij propstroomvergisters.

Bij een volledig geroerd systeem zijn er twee mogelijkheden:

- Een vergister met een constante inhoud.
- Een vergister met een variabele inhoud.

Een vergister met een constante inhoud bestaat uit een silo waarin de hoeveelheid weinig fluctueert. Op gezette tijden wordt een kleine hoeveelheid verse producten aan de vergistingsilo toegevoegd, tegelijkertijd loopt een zelfde hoeveelheid digestaat over uit de vergistingsilo. In de silo bevindt zich dus een substantie met verschillende verblijftijden. Door het digestaat dat uit de vergistingsilo stroomt apart op te vangen in een andere afgesloten silo, kan het digestaat nog nagisten. Hierdoor kan de totale biogasopbrengst verhoogd worden met 10%.

Een vergister met variabele inhoud werkt volgens hetzelfde principe als het systeem met constante inhoud. Bij constante inhoudsystemen is echter geen navergistings silo of digestaat silo nodig. Bij deze vergister, die dus tevens dient als mestopslag, kan de verblijftijd oplopen tot 6 maanden of meer. Omdat de toevoeging van producten en dus ook het vergistingsproces continu doorloopt, wordt bij het verwijderen van het digestaat uit de vergistingsilo ook niet uitvergiste producten afgevoerd. Hierdoor zal de biogasproductie enigszins lager zijn dan van een propstroomvergister.

Volledig geroerde reactoren zijn alleen geschikt voor dunne vloeistoffen (max. 8 – 10 % drogestof). Bij een hoger droge stofgehalte van de reactorinhoud treden problemen op met het mengen van de mest. Nadeel van dit systeem is dat veel proceswarmte nodig is om de substantie op temperatuur te houden. Dit wordt enigszins gecompenseerd door een langere verblijftijd en door te vergisten op een lagere temperatuur.(7)

4. Inventarisatie van de te vergisten producten

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt er een inventarisatie gegeven van de te vergisten producten. De te vergisten producten zijn onder te verdelen in 3 verschillende categorieën, namelijk:

- Landbouwmeststoffen.
- Landbouwgewassen.
- Substraten van verdere behandelingen en organische overgebleven substanties.

Elk van deze categorieën, zal ik hieronder apart nader toelichten en behandelen.

4.2 Landbouwmeststoffen

Als eerste categorie hebben we landbouwmeststoffen. Onder landbouwmeststoffen verstaan we mest die door dieren in de landbouw geproduceerd zijn. Hier kan men in principe alle dierlijke mest onder verstaan, dus van koeienmest tot paardenmest aan toe. De meest gangbare mestsoorten om te vergisten zijn varkens- en rundveemest. De hoeveelheid methaanvorming verschilt per mestsoort. In tabel 2 ziet u een overzicht van verschillende mestsoorten met de daarbij gemiddelde methaanopbrengsten.

Substraat	Substraat kenmerken (De voorwaarde van het substraat, behandeling, oorsprong)	Gemiddelde waarden					
		Droge Stof	oDS % van het DS	Gasopbrengst van de vergisting (L N/kg oDS)	Gasopbrengst van de vergisting (m3/t VM)	Methaan-gehalte (%)	Gasopbrengst in methaan uitgedrukt (m3/t VM)
		(%)	(%)				
Landbouwmeststoffen							
Kippenmest	Goed gedroogd, zonder stro	45	75	500	169	65	109.7
Paardenmest	Zonder stro	28	75	300	63	55	34.7
Rundveemest (I)	met veevoederresten	8	80	370	24	55	13.0
Rundveemest (I)	zonder veevoederresten	8	80	280	18	55	9.9
Rundveemest	-	25	80	450	90	55	49.5
Varkensmest (I)	-	6	80	400	19	60	11.5

Tabel 2: Richtlijnen voor gaswaarden bij de vergisting van bepaalde mestsoorten (bron KTBL),(15)

4.3 Landbouwgewassen

De tweede categorie die er te onderscheiden is, zijn de landbouwgewassen. Hieronder verstaan we alle oogstbare gewassen die in Nederland te telen zijn. Een flink aantal landbouwgewassen zijn vanwege hoge methaanopbrengsten zeer geschikt om te vergisten. In tabel 3 ziet u een overzicht van een aantal landbouwgewassen met de daarbij gemiddelde methaanopbrengsten bij vergisting.

Substraat	Substraat kenmerken	Gemiddelde waarden					
	(De voorwaarde van het substraat, behandeling, oorsprong)	Droge Stof	oDS % van het DS	Gasopbrengst van de vergisting	Methaan-gehalte	Opbrengst in methaangas uitgedrukt	Opbrengst in methaangas uitgedrukt
		(%)	(%)	(m ³ /t VM)	(%)	(m ³ /t VM)	m ³ /t DS
Het regenereren van grondstoffen							
graankorrels	Rogge/tarwe fijngemaakt	87	98	597	53	316	364
Korrel							
installatiekuilvoeder	middel korrelgrootte	40	94	196	52	102	254
Gras	vers en onbehandeld	18	91	98	54	53	295
Gras	nat kuilvoeder en onverwerkt	25	88	123	54	67	266
Groen roggebloed (meel)							
Aardappelen met gem. Sterkte	vroege snede, ingekuild	25	88	130	54	70	280
Maiskuilvoeder	gemalen (gemust)	22	94	151	52	79	357
Maiskuilvoeder	melkrijp	22	95	119	52	62	282
Maiskuilvoeder	deegrijp, korrelrijp	30	96	173	52	90	300
Maiskuilvoeder	Wax rijp, korrelrijp	35	96	202	52	105	300
Massabieten	-	11	88	68	52	35	320
Bietenbladeren	Siliert (suiker en veevoederwortel)	18	80	86	54	47	259
Witte kool bladeren	Vers	13	82	65	55	36	275
Tarwestro	Kortgehakselt	86	92	293	51	149	174
Gierst van de suiker/sudangras	-	18	91	90	53	48	265
Suikerbieten	Vers	23	92	148	51	76	328
Biogasmaïs	Gemiddelde	27.5		165	52	86	294

Tabel 3: Richtlijnen voor gaswaarden bij de vergisting van landbouwgewassen (bron KTBL).(15)

Als laatste in tabel 3 staat Biogasmaïs vermeld. Biogasmaïs (ook wel energiemaïs genoemd) is een relatief nieuw gewas dat speciaal geteeld wordt om te vergisten. Gezien het feit dat dit nog een relatief nieuw gewas is, is er nog weinig bekend over de exacte waarden van het gewas. De opbrengsten per hectare van dit gewas variëren nogal (van 50 tot 100 ton/ha verse massa), wat als gevolg heeft dat de gehaltenes ook sterk variëren. Daarom is er geprobeerd een acceptabel gemiddelde hiervan te nemen, zodat dit gewas vergeleken kan worden met andere gewassen. Dit gemiddelde is te zien in tabel 3. De waarden waar dit gemiddelde op gebaseerd is, zijn te vinden in tabel 4.

Substraat	Substraat kenmerken	Gemiddelde waarden						
	(De voorwaarde van het substraat, behandeling, oorsprong)	Droge	Opbrengst	Gasopbrengst	Methaan-	Opbrengst in	Opbrengst in	Opbrengst in
		Stof	in tonnen per ha VM	van de ver-	gehalte	methaangas	methaangas	Methaangas
		(%)	t/ha VM	gisting	(%)	uitgedrukt	uitgedrukt	Uitgedrukt
					(m ³ /t VM)	m ³ /t DS	m ³ /ha	
Biogasmaïs		30	50	164.51	52	85.55	293.54	4403.10
		27.5	75	164.51	52	85.55	293.54	6054.26
		25	100	164.51	52	85.55	293.54	7338.50
Biogasmaïs	Gemiddelde	27.5	75	164.51	52	85.55	293.54	5931.95

Tabel 4: Praktijkwaarden van het gewas biogasmaïs (bron: KTBL + Bram Prins).(15)

4.4 Substraten van verdere behandelingen

De derde categorie die wij kunnen onderscheiden is de categorie substraten van verdere behandelingen en organisch overgebleven substanties. Onder deze categorie vallen onder andere afvalproducten van verwerkingsindustrieën, afgekeurde organische producten, agro-industriële reststromen, gemeentelijk afval en slachtafval.

Een aantal voordelen van deze stromen zijn:

- ❖ Hoge methaan opbrengsten.
- ❖ Vanwege het feit dat dit restproducten zijn, zijn de producten vaak relatief goedkoop.
- ❖ Optimaal gebruik van restproducten.

Een aantal nadelen van deze stromen zijn:

- ❖ Wisselende samenstellingen van de producten leidt tot wisselende opbrengsten van methaangas.
- ❖ Onzeker of men het wettelijk na vergisting nog wel mag uitrijden over het land. Er zijn maar een aantal van deze producten goedgekeurd voor bijmenging (van max. 50%) bij mestvergisting.
- ❖ Onzekerheid in het aanbod van deze stromen.
- ❖ Wisselende samenstellingen van de producten zorgen ervoor dat optimale vergisting moeilijk te bereiken is.

In tabel 5 ziet u een overzicht van mogelijke producten/substraten uit deze categorie met de daarbij horende gemiddelde methaanopbrengsten bij vergisting.

Substraat	Substraat kenmerken (De voorwaarde van het substraat, behandeling, Oorsprong)	Gemiddelde waarden				
		Droge Stof (%)	oDS % van het DS (%)	Gasopbrengst van de vergisting (m ³ /t VM)	Methaan-gehalte (%)	Gasopbrengst in methaan uitgedrukt (m ³ /t VM)
Substraten van verdere behandelingen en organische overblijvende substanties						
Oud brood	-	65	97	479	53	254
Oogstresten	vers, onbehandeld	22	98	112	52	58
Biertreber	vers of uitgeperst	24	96	122	59	72
Bio afval	zie 3)	40	50	123	60	74
Zemelen van pinda's	-	93	90	435	62	270
Vetafscheider	-	5	90	45	68	31
Frituurvet	-	95	87	827	68	562
korrel (schlempe) (tarwe)	Alcoholproductie	6	94	36	59	21
Tarwe stof	-	87	65	385	53	204
Glycerine	-	100	99	845	50	421
Aardappel pulp (pülpe)	uitgeperst, voor de krachtvoerprod.	25	94	143	50	72
Aardappel schillen (schlempe)	Alcoholproductie	6	87	35	56	20
Malzkaffetreber	vers	20	98	100	57	57
Wei (hui)	vers	5	92	35	53	18
Maaginhoud	-	15	84	60	55	33
Kwark	vers	22	95	140	67	94
Koolzaadkoeken	15 % oliegehalte v/d reststoffen	91	93	575	63	363
Resten	gemiddelde vetgehalten	16	87	95	60	57
Volle melk	vers	13	95	111	63	70

Tabel 5: Richtlijnen voor gaswaarden bij vergisting van substraten van verdere behandelingen en organisch overgebleven substanties (bron KTBL).(15)

4.5 Keuze van welke categorie als hoofdgrondstof.

Nu men een duidelijk beeld heeft van de grondstoffen die men kan gebruiken voor vergisting, kan men op basis van deze waarden al een aardige schatting maken van wat er interessant is om te gaan vergisten.

Echter, bij de keuze van de grondstoffen voor een vergistinginstallatie bij een glastuinbouwbedrijf zijn dit niet de enige criteria die bepalen wat de meest interessantste grondstoffen zijn om te gaan vergisten. Er zijn een aantal andere factoren die grote invloed uitoefenen op de keuze van de grondstoffen. Deze factoren zullen hieronder besproken worden.

Zoals ik hierboven al aangaf zijn de grondstoffen onder te verdelen in 3 verschillende categorieën. Bij de keuze, hebben grondstoffen uit de verschillende categorieën allerlei voor- en nadelen. In tabel 6 staan deze weergegeven.

Categorie 1: Landbouwmeststoffen	
Voordelen	Nadelen
<ul style="list-style-type: none"> • Mest van dierlijke oorsprong is prijstechnisch zeer gunstig. Voor het afnemen van mest krijgt men vaak geld toe. • Het digestaat is (mits men zich aan de mestwet houdt) gewoon uitrijbaar over het land. • Mest bevat methaanvormende bacteriën die onder anaërobe omstandigheden organische stoffen uit biomassa vergisten. • Bij pure mestvergisting, wordt het volume van de mest kleiner. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mest levert relatief weinig methaangas op. Men moet dus met grote hoeveelheden werken om een grote hoeveelheid methaangas op te wekken. • Door de grote hoeveelheid die men nodig heeft zal het transport en opslag zeer hoog liggen, wat de kosten zal verhogen. • Grote hoeveelheden mest betekent een grote vergistinginstallatie. Dit vergt een grotere investering tegen relatief lage opbrengsten.
Categorie 2: Landbouwgewassen	
Voordelen	Nadelen
<ul style="list-style-type: none"> • Bepaalde grondstoffen uit categorie 2 leveren bij vergisting een hoge opbrengst op (veel methaangas). • Het aanbod van de grondstoffen is relatief groot. Dit zorgt ervoor dat men continue kan doorgaan met vergisten. • De samenstelling van de grondstoffen is redelijk stabiel. Dit zorgt ervoor dat het vergistingsproces makkelijker te controleren is. • Door de stabiele samenstelling van de grondstoffen krijgt men een redelijk constante hoeveelheid methaangas uit de vergisting (continuïteit is van groot belang voor glastuinbouwbedrijven, aangezien zij een constante aanvoer van elektriciteit, warmte en CO₂ nodig hebben). • Het digestaat is na ontheffing gewoon uit te rijden over het land waar het op is geproduceerd. Het digestaat valt dus niet onder de mestwet (mits er minder dan 50% mest in zit). 	<ul style="list-style-type: none"> • Grondstoffen zijn prijstechnisch duurder dan grondstoffen uit andere categorieën. • Bij een slechte oogst zal de prijs gauw omhoog gaan. • Opslag van de grondstof is vereist, aangezien men maar eenmalig per jaar kan oogsten. Dit zorgt voor hoge opslagkosten. • Door de extra opslag, kunnen de transportkosten ook hoger uitvallen.
Categorie 3: Substraten van verdere behandelingen en organische overgebleven substanties	
Voordelen	Nadelen
<ul style="list-style-type: none"> • Doordat het reststoffen zijn van andere productieprocessen is de kostprijs voor deze grondstoffen zeer laag. • Bepaalde grondstoffen uit categorie 3 leveren zeer hoge opbrengsten methaangas op. • Door de hoge opbrengsten methaangas per ton grondstof, zullen de transport- en opslagkosten relatief laag zijn in vergelijking met grondstoffen uit de andere categorieën. • Door gebruik te maken van reststoffen als grondstoffen is men milieutechnisch gezien duurzamer bezig. 	<ul style="list-style-type: none"> • Onzekere beschikbaarheid van de grondstof. De grondstoffen zijn restproducten, hierdoor is de hoeveelheid afhankelijk van de productie van de werkelijke producten. • De samenstelling van de grondstoffen kunnen zeer variëren. Hierdoor is het vergistingsproces zeer moeilijk te controleren. • Door de wisselende samenstelling van de grondstoffen is een constante output van methaangas zeer moeilijk te realiseren.

Tabel 6: Overzicht voor- en nadelen van de verschillende categorieën.

Voor een glastuinbouwbedrijf zijn de volgende punten het belangrijkste:

1. Stabiele levering van elektriciteit, warmte en CO₂
2. Economisch aantrekkelijker zijn dan het inkopen van aardgas.

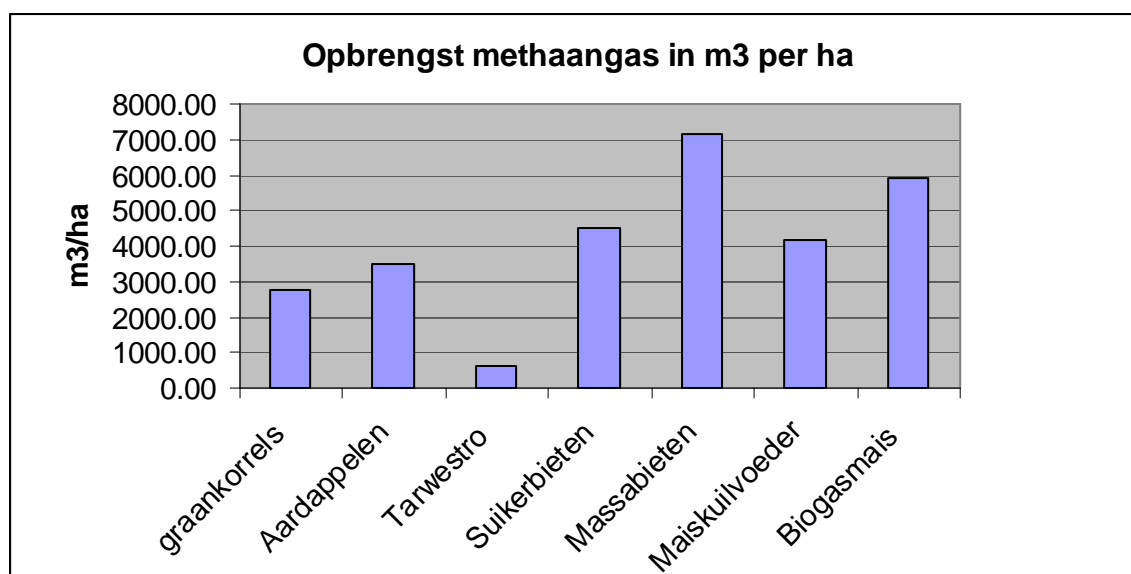
Als men naar de voor- en nadelen kijkt van alle categorieën en deze vergelijkt met de belangrijkste punten voor een glastuinbouwbedrijf, ziet men dat categorie 2 de meeste potentie heeft. Dit komt voornamelijk doordat er voldoende aanbod van grondstoffen en de samenstelling constant daarvan zal zijn. Categorie 3 is zeker interessant om te zien als mogelijke aanvulling op de grondstoffen uit categorie 2, maar door de onzekere samenstelling en beschikbaarheid van deze grondstoffen is het onverstandig om dit als hoofdgrondstoffen te zien.

Categorie 1 zal men in eerste instantie altijd nodig hebben om het vergistingsproces op gang te krijgen, maar is daarna minder interessant door voornamelijk de lage opbrengsten van methaangas.

4.6 Specifieke keuze van grondstoffen uit categorie 2

In categorie 2 staan verschillende grondstoffen vermeld die als input kunnen dienen voor een vergistinginstallatie. Tussen deze grondstoffen zijn grote verschillen in opbrengsten van methaangas op te merken. Hier kan men al enigszins uit afleiden wat echte interessante grondstoffen zijn, maar het is ook van belang dat men kijkt naar de opbrengsten per hectare van de producten.

Is de opbrengst per hectare geoogst product laag dan kan dit misschien wel veel methaangas opleveren. Maar door het feit dat men veel hectares nodig heeft om tot grote hoeveelheden te komen kan een bepaalde grondstof juist niet interessant zijn. Daarom hebben we van de meest interessante grondstoffen een staafdiagram gemaakt van wat de gemiddelde kubieke meter methaanopbrengst is per hectare. Dit overzicht is te vinden in figuur 2.



Figuur 2: Opbrengst methaangas in m³/ha.

Uit figuur 2 is af te leiden dat massabieten qua opbrengst methaangas per hectare het meest interessante gewas is om te vergisten. Hierna geeft Biogasmaïs gevolgd door suikerbieten en snijmaïs de hoogste methaan opbrengst per hectare. Hoewel massabieten de hoogste methaan opbrengst per hectare geeft, is het niet het meest geschikte product voor vergisting. Dit is echter **biogasmaïs** gevolgd door **snijmaïs**.

Biogasmaïs en snijmaïs hebben namelijk de volgende voordelen:

- ❖ **Hoge biomassaopbrengst per hectare.**
- ❖ **Hoge methaanproductie.**
- ❖ **Eenvoudige teelt.**
- ❖ **Goed te bewaren.**
- ❖ **Veel aanbod op de markt.**
- ❖ **Na ontheffing van het RIKILT is het digestaat gewoon uit te rijden over landbouwgronden.**
- ❖ **Samenstelling van het product is behoorlijk constant, wat het vergistingsproces ten goede komt.**
- ❖ **In vergelijking tot massabieten (en suikerbieten):**
 - **Geen tarra vervuiling.**
 - **Door de hogere droge stof gehalte is er minder transport nodig (massa- en suikerbieten bevatten relatief veel vocht en zijn dus in volume groter).**
 - **De verhouding prijs en kg organisch droge stof gehalte is beter.**

5. Rekenmodel

5.1 Inleiding

Om een indicatie te geven van de haalbaarheid van biomassavergisting in de glastuinbouw is er een rekenmodel ontwikkeld. Met dit rekenmodel (zie bijlage 1) wordt aan de hand van een aantal bedrijfsgegevens en actuele marktgegevens onder andere berekend: hoe groot de verschillende onderdelen van de installatie moeten zijn, hoeveel biomassa er nodig is om het gewenste aantal megawatt elektriciteit te creëren, wat het financiële plaatje is van zo'n vergister en wat de stroomproductiekosten zijn per kWh. Daarnaast wordt er nog een financieel plaatje aangegeven van wat de kosten zouden zijn geweest als men dit via een WKK (warmte kracht koppeling) op aardgas had moeten realiseren.

In dit hoofdstuk zal eerst het rekenmodel nader toegelicht worden. Nadat dit gedaan is zal er een gevoeligheidsanalyse van bepaalde factoren uit het rekenmodel worden besproken. Hierna zal er aan de hand van een voorbeeldsituatie de uit het rekenmodel gekomen resultaten getoond worden.

Het is van groot belang om aan te geven dat dit rekenmodel maar slechts een indicatie geeft van de opbrengsten en kosten van een biomassavergister en een WKK voor een glastuinbouwbedrijf.

Elke bedrijfssituatie is weer anders en zal weer andere problemen, kosten en opbrengsten met zich mee brengen. Het is aan te bevelen om bij gebruik van dit rekenmodel altijd nog extra informatie in te winnen bij verschillende leveranciers van vergistingsinstallaties en adviserende instanties zoals het Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (PPO) te Naaldwijk.

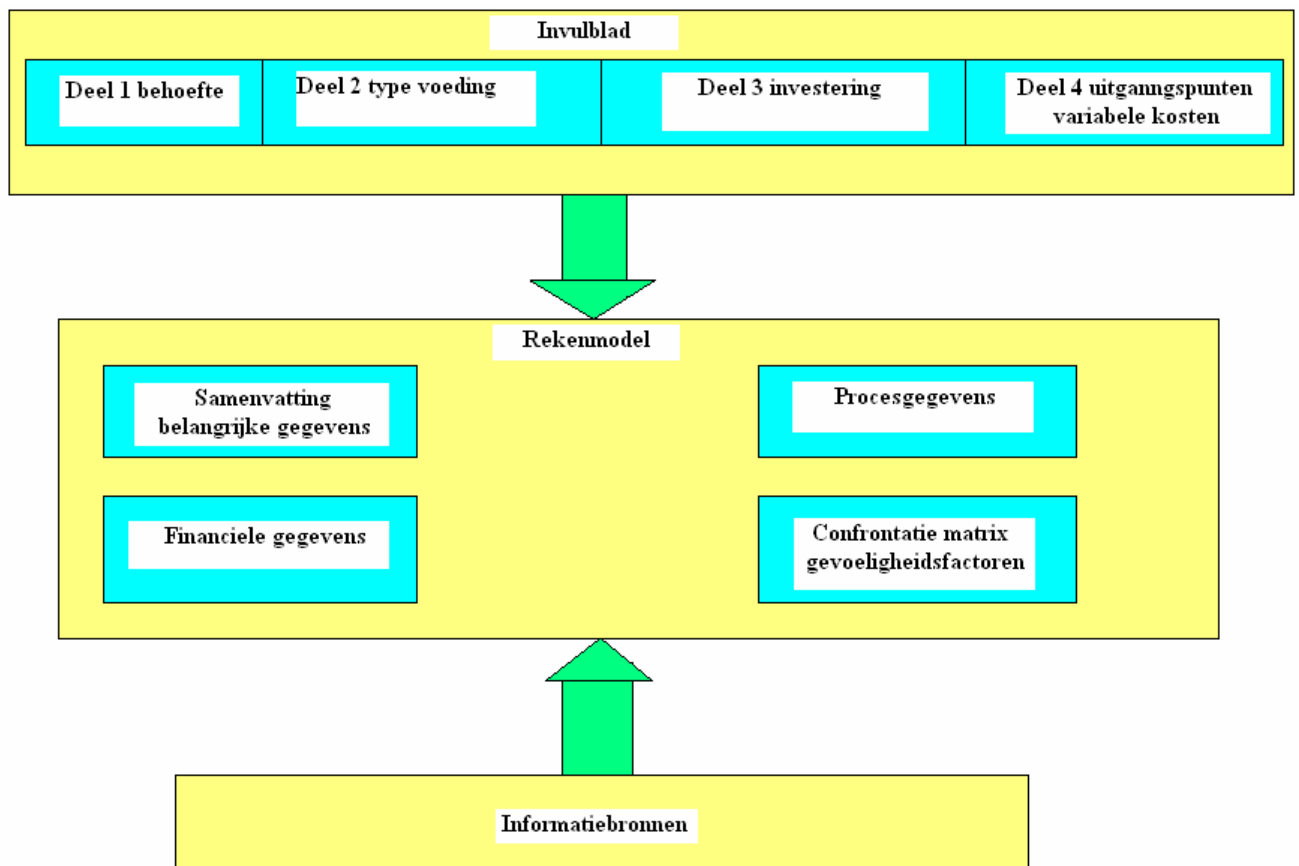
5.2 Toelichting rekenmodel

In figuur 3 is te zien hoe het rekenmodel in elkaar zit. In de toelichting hieronder zal men vertellen hoe het rekenmodel werkt. Het rekenmodel is uitgevoerd in het programma Microsoft Excel 2003. Per rekenschema zullen de belangrijkste aandachtspunten worden toegelicht.

Het rekenmodel is opgebouwd uit drie werkbladen, namelijk:

Werkblad 1	=	Invulblad
Werkblad 2	=	Rekenmodel
Werkblad 3	=	Informatiebronnen

In het rekenmodel zijn onderdelen die aan te passen zijn en onderdelen die niet aan te passen zijn. De aan te passen velden zijn met een lichtgele kleur aangegeven. In deze velden kunt u zelf verschillende waarden invullen voor uw eigen bedrijfssituatie en huidige marktsituatie.



Figuur 3: Overzicht rekenmodel.

De drie werkbladen zijn verdeeld in allerlei onderdelen, om zo het rekenmodel overzichtelijker te maken.

Het eerste blad in het rekenmodel bestaat uit een invulblad. Het invulblad dient gebruikt te worden als input voor het rekenmodel. Iedere bedrijfssituatie is weer anders en zo veranderen ook de huidige marktgegevens. Door deze velden zodanig te maken dat deze aan te passen zijn, is het rekenmodel voor meerdere bedrijven en een langere tijd te gebruiken.

Het invulblad bestaat uit vier delen, namelijk: behoefte, type voeding, investering en de uitgangspunten variabele kosten.

5.2.1 Deel 1. Behoefte

Het eerste deel de behoefte bestaat uit een negental invulvelden. Al deze velden zullen hieronder nader toegelicht worden.

Invulveld 1 Hoeveel elektriciteit in megawatt

Dit invulveld geeft u de mogelijkheid om aan te geven hoeveel elektriciteit u wilt opwekken. Dit dient ingevuld te worden in megawatt elektriciteit eenheden.

Invulveld 2 Hoeveel hectare glastuinbouw heeft u?

Dit invulveld geeft u de mogelijkheid om aan te geven hoe groot uw bedrijf is. Door dit en het volgende invulveld “de warmte behoefte van de kas” aan te geven is het mogelijk om de

warmtevraag in het rekenmodel grotendeels mee te nemen. Dit veld dient ingevuld te worden in de eenheid hectare.

Invulveld 3 Warmtebehoefte van de kas.

In dit invulveld kunt u uw warmtebehoefte van de kas invullen. Door dit aan te geven kan het rekenmodel de benutting van de warmte berekenen die bij het verbranden van biogas in de WKK vrijkomt.

Invulveld 4 Gasprijs (€/m³ aardgas)

Om te kunnen vergelijken met een WKK die op aardgas draait, is het nodig om de huidige gasprijs aan te geven. Dit dient te gebeuren in de eenheid euro per kubieke meter aardgas (€/m³).

Invulblad 5 Elektriteitsprijs (€/kWh)

Door aan te geven wat de huidige elektriteitsprijs is kan het rekenmodel de opbrengsten berekenen die uit het vergistingsproces worden gegenereerd. De elektriteitsprijs dient aan gegeven te worden in de eenheid euro per kilowatt uur (€/kWh).

Invulblad 6 MEP-vergoeding voor WKK op aardgas

De MEP-vergoeding is een regeling die door de overheid is opgesteld om milieubewust opgewekte elektriciteit te stimuleren. Dit betreft enerzijds duurzaam (biomassa, wind e.d.), en anderzijds een WKK op aardgas. Wat betreft de MEP-regeling voor biomassa geldt er een vast bedrag per opgewekt kilowattuur, namelijk 9,7 eurocent per kWh. De MEP-regeling voor een WKK op aardgas geldt een andere vergoeding. Deze vergoeding is opgebouwd uit de volgende formule:

MEP-vergoeding = (CO₂-index) x (aantal geproduceerde kWh-en) x (subsidiebedrag)

In dit invulveld dient het vastgestelde subsidiebedrag voor het desbetreffende jaar te worden ingevuld (voor meer informatie over MEP-regeling, zie literatuurstudie). De eenheid voor dit veld zijn euro's.

Invulblad 7 CO₂-index WKK motor

De CO₂-index is een onderdeel van de berekening van de MEP-vergoeding, die hierboven bij invulblad 6 staat uitgelegd. Jaarlijks wordt een tabel gepubliceerd in de staatscourant met de CO₂-indices voor het komende jaar voor alle bekende WKK-installaties op basis van een gasmotor. In deze tabel kan men de desbetreffende WKK opzoeken en dan vervolgens in dit invulveld invullen, om zo het rekenmodel de MEP-vergoeding te laten berekenen. Dit veld dient in procenten ingevuld te worden.

Invulblad 8 Elektrisch rendement WKK

Iedere Warmte Kracht Koppeling (WKK) heeft een bepaald elektrisch rendement. Dit rendement verschilt per WKK. Op dit moment wordt er door de bedrijven die WKK 's verkopen aangegeven, dat het rendement steeds hoger komt te liggen. Een percentage van 40 a 45 % schijnt ook zelfs nu haalbaar. De range waar men voor elektrisch rendement moet kijken ligt tussen de 30 en de 45%.

Invulblad 9 Thermisch rendement WKK

Naast het elektrische rendement heeft een WKK ook een thermisch rendement. In verhouding met het elektrische rendement verschilt dit ook afzonderlijk per WKK. Naarmate het elektrische rendement steeds hoger is wordt het thermische rendement steeds lager. De range waar men voor thermisch rendement moet kijken ligt tussen de 48 en de 63% en is complementair aan het elektrische rendement.

5.2.2 Deel 2. Type voeding

Nu het eerste deel van het invulblad is nader toegelicht, zal het tweede deel nu worden uitgelegd. Het tweede deel bevat de kop “Type voeding”.

Bij het deel type voeding moet men de volgende punten invullen:

1. Welke producten men wil gaan vergisten.
2. Hoeveel (in procenten %) men van elk product wil gaan vergisten, ten opzichte van het totaal aantal benodigde methaangas.
3. De inkooprijds die men op dat moment moet betalen voor de producten.

Deze punten zullen hieronder elk afzonderlijk behandeld worden.

1. Welke producten men wil gaan vergisten.

Doordat u in invulveld 1 van het onderdeel behoefte heeft aangegeven hoeveel elektriciteit u wilt opwekken, geeft het rekenmodel nu aan dat men methaangas nodig heeft om dit te kunnen realiseren. Dit kunt u gaan invullen door aan te geven welke producten u wilt gaan vergisten. Als u van het onderdeel “type voeding” een van de meeste linker lichtgele velden aanklikt, krijgt u in dat veld aan de rechterkant een pijltje dat naar beneden wijst te zien. Door hierop te klikken krijgt u een hele lijst van producten te zien die te vergisten zijn*.

Door een product uit te kiezen van deze lijst geeft u aan dat u dat product wil gaan vergisten. Deze mogelijkheid om producten uit te kiezen kunt daar onder nog vier keer uit voeren. Zo kunt u ervoor kiezen om meerdere producten samen te gaan vergisten.

2. Hoeveel (in procenten %) men van elk product wil gaan vergisten, ten opzichte van het totaal aantal benodigde methaangas.

Nadat u een keuze heeft gemaakt over welke producten u wilt gaan vergisten, kunt u in de velden die achter de desbetreffende producten staan gaan invullen hoeveel u van elk product wilt gaan vergisten. Dit doet men door aan te geven hoeveel procent van het totaal benodigde methaangas u wilt gaan invullen door elk product.

Onder deze velden kunt u dan zien hoeveel procent u nog moet aangeven om het gewenste resultaat te bereiken. Als u teveel heeft aangegeven, dan geeft het rekenmodel automatisch een waarschuwing hiervan.

* De producten die in het rood staan aangegeven in deze lijst zijn zeer onzeker of men deze na vergisting mag uitrijden. Men zal een ontheffing moeten verkrijgen van het RIKILT om het te mogen uitrijden en de kans hierop voor deze producten is zeer klein.

3. De inkoopprijs die men op dat moment moet betalen voor de producten.

Nadat u hebt aangegeven hoeveel procent u van het totaal met welk product wilt invullen, komen we bij het volgende invulveld, namelijk de inkoopprijs. De inkoopprijs is het bedrag dat u moet betalen voor 1 ton verse massa product.

Aangezien de inkoopprijs van de producten steeds door vraag en aanbod in de markt fluctueren, kunt u dit zelf zo nodig aanpassen naar de huidige marktprijzen.

Als u dit niet aanpast, worden gemiddelde prijzen aangenomen die gebaseerd zijn op de prijsvorming van voorgaande 3 jaren^{*}. Deze gemiddelde prijzen zijn terug te vinden in werkblad 3 “informatiebronnen” van het rekenmodel.

5.2.3 Deel 3. Investing

Deel 3 van het invulblad gaat over het onderdeel investeringen. Hier kunt u 4 velden invullen, zodat het rekenmodel weet hoeveel de investeringen zijn geweest.

Als eerste kunt u aangeven wat de totaalinvestering is. Hierna kan men het specialiseren in de investering voor de bouw van de vergister en voor de techniek van de vergister. Vervolgens kunt u ook aangeven wat de aanschaf van een Warmte Kracht Koppeling (WKK) is geweest. Zo kan het rekenmodel deze vaste kosten meenemen in het rekenmodel en onder andere een investeringsbedrag per kubieke meter vergister berekenen. Deze velden dienen in euro eenheden ingevuld te worden.

5.2.4 Deel 4. Uitgangspunten variabele kosten

Deel 4 is het laatste onderdeel van het invulblad, genaamd “uitgangspunten variabele kosten”. Hier kunt u vijf velden invullen, zodat de variabele kosten die per situatie verschillen meegenomen kunnen worden door het rekenmodel.

Invulveld 1. Analysekosten

Onder analysekosten verstaan we de kosten voor het wegen, monster nemen en het analyseren van het digestaat. De kosten voor mest zijn gemiddeld € 2, - per ton en zijn afhankelijk van de vrachtgrootte en het aantal monsters waaruit het mengmonster bestaat. Aangezien er geen duidelijk beeld is van prijsvorming bij de analysekosten van digestaat gaat men er nu vanuit dat dit overeen zal komen met mest, aangezien het dezelfde procedure moet doorlopen. Plaatselijk kunnen zich zeker afwijkingen in de prijs voordoen. Vandaar dat dit ook een invulveld is voor degene die met dit rekenmodel aan de slag gaat.

Invulveld 2. Afvoerkosten

Onder afvoerkosten verstaan we de kosten die er gemaakt moeten worden om het digestaat af te voeren. De afvoerkosten zijn gebaseerd op de huidige mestprijzen € 15, - per ton (incl. transport). Dit vanwege het feit dat er nog geen duidelijkheid is over wat de kosten zullen zijn voor de afvoer van digestaat. Deze kosten zijn zeer afhankelijk van de transport afstand en de hoeveelheid overschotten die er in het gebied aanwezig zijn.

Mede vanwege het feit dat het zeer moeilijk is om in te schatten wat de kosten hiervoor zullen gaan worden is er besloten om dit als een invulveld te vermelden. Zo kan men zelf bepalen wat de kosten hiervoor zullen zijn.

^{*} Voor een aantal producten waren er geen prijsgegevens bekend van voorgaande jaren. Men heeft voor deze producten deskundige aannames moeten geven.

Invulveld 3. Aanvullen van voorraadbak

Het aanvullen van de voorraadbak is ook een zelf in te vullen veld. Iedere situatie zal weer anders zijn, vandaar dat men dit zelf kan aangeven. De eenheid hiervoor is aantal ton per minuut dat men de voorraadbak kan aanvullen.

Invulveld 4. Controle van het vergistingsproces

De controle van het vergistingsproces is afhankelijk van verschillende punten, namelijk: de grootte van de vergister, wat voor een vergister het is, op welke temperatuur men aan het vergisten is, welke producten men aan het vergisten is, enz.

Vandaar dat dit een invulveld is voor de mensen die met dit rekenmodel aan de slag gaan.

Invulveld 5. Kosten personeel per uur

De kosten voor personeel is afhankelijk van verschillende punten, namelijk: werkniveau, onregelmatige werktijden, hoe lang de werktijden zijn, mate van hoe belangrijk het werk is, enzovoort.

De kosten van personeel per uur is daarom voor de mensen die met dit rekenmodel aan de slag gaan zelf in te vullen.

5.3 Rekenmodel

Nu we het invulblad nader toegelicht hebben, komt het volgende werkblad “Rekenmodel” aan de orde. Op dit veld komen de ingevulde gegevens van werkblad 1 en de gebruikte informatiebronnen van werkblad 3 eigenlijk allemaal bij elkaar en volgen er allerlei berekeningen. Deze berekeningen leiden uiteindelijk in de volgende overzichten, namelijk:

- Samenvatting belangrijke gegevens
- Procesgegevens
- Financiële gegevens
- Confrontatie matrix gevoeligheidsfactoren

Al deze overzichten zullen hieronder elk afzonderlijk besproken worden.

5.3.1 Samenvatting belangrijke gegevens

Als eerste onderdeel krijgt u een overzicht te zien van de belangrijke gegevens die het rekenmodel voor u heeft berekend. Hierdoor krijgt u in het kort een overzicht van bepaalde gegevens en uitkomsten waarna u kunt besluiten het rekenmodel verder te gaan bekijken of niet.

Deze samenvatting bevatten gegevens zoals: grootte van de vergister, hoeveel ton producten er nodig zijn om uw gewenste hoeveelheid aan megawatt elektriciteit te realiseren, de kosten voor het opwekken van de stroom en nog veel meer. In bijlage 1)E kunt u een overzicht zien van de uitkomsten van het voorbeeldbedrijf.

5.3.2 Procesgegevens

Als tweede onderdeel van het werkblad “Rekenmodel” krijgt u een overzicht van allerlei procesgegevens te zien. U krijgt informatie over de volgende onderdelen, namelijk:

- WKK gegevens.
- Elektriciteitsproductie.
- Warmteproductie.
- Energiewaarde van aardgas en methaangas.
- Type voeding dat er gebruikt wordt.
- Grootte van de vergister.
- Hoeveel opslag er nodig is.
- Hoeveel digestaat er geproduceerd wordt.

Zo krijgt u een beeld van wat er allemaal nodig is en hoe groot bepaalde onderdelen van het vergistingsproces moeten zijn.

5.3.3 Financiële gegevens

Als derde onderdeel van het werkblad “Rekenmodel” krijgt u een overzicht te zien van de kosten en opbrengsten die je bij een vergister met een WKK allemaal hebt. Om een vergelijking te kunnen maken is hiernaast een financieel overzicht gemaakt van een WKK op aardgas. Zo kunt u zien of de vergister met een WKK financieel gezien interessanter is dan een WKK op aardgas.

5.3.4 Confrontatiematrix gevoeligheidsfactoren

Als vierde en laatste onderdeel van het werkblad “Rekenmodel” krijgt u een confrontatiematrix te zien van de meest belangrijkste gevoeligheidsfactoren uit het rekenmodel. Zo krijgt u inzicht in de invloed van bepaalde kosten en opbrengsten in het hele rekenmodel. In de confrontatiematrix zijn eerst de gevoeligheidsfactoren elk afzonderlijk weergegeven.

Hierna is er een gemengde gevoeligheidsanalyse opgesteld. Hierin kunt u zelf meerdere gevoeligheidsfactoren tegelijkertijd aanpassen en direct zien wat het gevolg is op de stroomproductie kosten op jaarbasis en de stroomproductiekosten per kWh. Zo kunt u zien wat het gevolg is als er bijvoorbeeld de prijzen voor snijmaïs en de afvoerkosten dalen. In al deze invulvelden (invulvelden zijn geel gekleurd) behalve bij de gasprijs geldt er de eenheid procenten. Voor het invulveld gasprijs geldt de eenheid €/m³ aardgas.

5.4 Informatiebronnen

Het laatste werkblad van het hele rekenmodel is het blad “Informatiebronnen”. Dit werkblad is bedoeld om naast het eerste werkblad “Invulblad” het tweede werkblad “Rekenmodel” te voorzien van gegevens. Daarnaast dient het als broninformatie van bepaalde vaste gegevens die in het rekenmodel gebruikt worden. Hierdoor kunt u zien waar deze informatie vandaan komt en hoe deze informatie is samengesteld.

Het inwinnen van deze informatie is zeer moeilijk geweest. Het vergt een hoop tijd om de juiste gegevens bij elkaar te zoeken en soms is het gewoon niet mogelijk om bepaalde dingen volledig duidelijk te krijgen. Men moet dan keuzes maken en bepaalde aannames maken om

toch verder te kunnen. Er zijn veel verschillende bronnen gebruikt. Voor bepaalde opbrengst gegevens en bepaalde marktprijzen zijn het Centraal Bureau voor Statistiek (CBS) en het Landbouw Economisch Instituut (LEI) veelvuldig gebruikt. Daarnaast is er ook gebruikt gemaakt van een aantal Duitse onderzoeksverslagen. Deze hebben een duidelijke bijdrage geleverd aan het vaststellen van gaswaarden voor verscheidene te vergisten producten. Deze verslagen zijn terug te vinden in de literatuurlijst van dit verslag.

5.5 Toelichting voorbeeldrekenmodel

In het rekenmodel kunt u zien dat er in het invulblad overal al cijfers ingevuld staan. Deze cijfers zijn van een voorbeeldbedrijf en worden gebruikt om het rekenmodel te concretiseren. De basisinformatie van dit voorbeeldbedrijf zal hieronder in het kort worden weergegeven. De uitkomsten van dit voorbeeldbedrijf zijn te vinden in bijlage 1 het rekenmodel.

De ondernemer wil in 2006 gaan investeren in zijn glastuinbouwbedrijf. Men ziet hiervoor 2 opties, namelijk een biomassavergistingsinstallatie in combinatie met een Warmte Kracht Koppeling (WKK) of een WKK die op aardgas gaat draaien. Men wil 1,36 MEGAWATT aan elektriciteit gaan realiseren door middel van biomassavergisting of via een WKK op aardgas.

Het glastuinbouwbedrijf met een kasgrootte van 3 hectare heeft een (standaard) warmtebehoefte van 35,9 kubieke meter aardgas per vierkante meter per jaar (gebaseerd op een paprikabedrijf).

De gasprijs per juli 2006 is vastgesteld op 0,25 €/m³ aardgas en de gemiddelde elektriciteitsprijs (bij teruglevering aan het net) over het hele jaar 2006 is vastgesteld op 5,5 eurocent per geleverd kilowattuur.

De verwachte MEP-vergoeding voor een WKK op aardgas in 2006 is 2,51 eurocent per kilowattuur. De CO₂-index voor de WKK motoren die men wil aanschaffen zijn 31%.

Men wil in de biomassavergistingsinstallatie alleen snijmaïs gaan gebruiken. De reden hiervoor is dat men zo een constante methaangasaanvoer kan creëren.

Wat betreft investeringen in de vergister in combinatie met de WKK, denkt men de volgende bedragen aan kwijt te zijn:

Totaal investering	€	2.600.000
Waarvan: Bouw vergister	€	1.000.000
Techniek vergister	€	1.000.000
WKK	€	500.000
NET-aansluiting	€	50.000
Overige kosten	€	50.000

Het elektrisch en thermisch rendement van de WKK, is respectievelijk 35 % elektrisch en 55% thermisch. De kosten om het digestaat af te voeren naar veehouderij of akkerbouwbedrijven is geschat op 15,- €/ton digestaat. De analyse van het digestaat kost 2 € per ton.

Men denkt 2 uur per dag kwijt te zijn aan het controleren van het proces. Voor het aanvullen van de voorraadbak denkt men per minuut ongeveer 3,4 ton snijmaïs in de voorraadbak te kunnen gooien. De kosten voor personeel per uur zijn neergezet op 17 €/uur.

6. Discussie

In dit hoofdstuk zullen er een verschillend aantal knelpunten en discussies over bepaalde aannames worden besproken. Deze zullen allemaal apart behandeld worden.

6.1 Verdere uitleg van de gevoeligheidsfactoren.

In de confrontatiematrix in het rekenmodel zijn de belangrijkste factoren opgenomen die het meeste invloed hebben op het financiële kostenplaatje van biomassavergisting in de glastuinbouw.

Als eerste factor zijn de investeringen in de vergister en de WKK opgenomen. Het bouwen van een biomassavergistingsinstallatie vergt een behoorlijke investering die aanzienlijk hoger ligt dan de investering in een WKK die op aardgas draait. Hierdoor kan dit een grote invloed hebben op het kostenplaatje (zie bijlage 1.5 de confrontatiematrix).

De tweede factor is de prijs van het te vergisten product. De prijs die men moet betalen voor het te vergisten product heeft een zeer grote invloed op de variabele kosten en zo dus ook op de totale kosten (zie bijlage 1.4 financiële gegevens en 1.5 de confrontatiematrix). De prijsvorming is afhankelijk van de vraag en aanbod op de markt. Dit zorgt voor een extra risico bij vergisting. Door contracten aan te gaan met producenten kan men zich hier tegen enigszins indekken. Bij het opstellen van deze contracten is het ook aan te raden om gelijk een overeenkomst af te sluiten dat het geproduceerde digestaat weer direct teruggevoerd kan worden naar het land waar het op geteeld is. Hierdoor creëer je ook gelijk een vaste afvoerprijs waardoor je voor de afvoer van het digestaat ook niet afhankelijk bent van de vraag en aanbod op de markt. Daarnaast is het milieutechnisch gezien ook zeer verantwoord doordat er een kringloop ontstaat van organische stoffen en mineralen.

Als laatste gevoeligheidsfactor is de gasprijs opgenomen in de matrix. Enige daling of stijging van de gasprijs kan grote gevolgen hebben voor de financiële aantrekkelijkheid van een vergistinginstallatie ten opzichte van een WKK op aardgas (zie 1.5 de confrontatiematrix). De verwachting van analisten is dat de gasprijs zeker niet zal dalen en in de loop de jaren verder zal stijgen. Hoewel dit alleen maar verwachtingen zijn is dit op zich al een positief teken voor de financiële aantrekkelijkheid van vergistingsinstallaties.

6.2 Prijzen van de te vergisten producten.

Het vaststellen van hoeveel elk product op dit moment kost is altijd moeilijk. Hieronder zal er in het kort alle categorieën (die in hoofdstuk 4 zijn beschreven) behandelen.

- **Landbouwmeststoffen**
De prijs van de mest op dit moment is voor degenen die mest willen afnemen zeer gunstig. Dit komt voornamelijk door het feit dat er sinds januari 2006 een nieuwe mestwet is. Deze nieuwe mestwet heeft ervoor gezorgd dat er grote druk is ontstaan op de mestmarkt. De prijzen zijn hierdoor gaan stijgen met als gevolg dat afnemers nu zeer riant bedragen krijgen voor afnemen van mest. Men moet opmerken dat er een verschil in prijzen zit tussen mest afnemen via een mestafzetorganisatie of mest afnemen direct van een boer. In het rekenmodel op het werkblad informatiebronnen is te zien waar de mest prijzen nu op gebaseerd zijn. Ook in de literatuurstudie is er een onderdeel gewijd aan het inventariseren van de mestmarkt.
- **Landbouwgewassen**
Van de meeste landbouwproducten die normaal gesproken ook gewoon normaal verkocht worden zijn er wel gegevens over prijzen te vinden. Door het gemiddelde van meerdere (3 jaar) jaren te nemen hoopt men een geloofwaardige prijs opgesteld te hebben. Hoewel deze prijs een aardig gemiddelde is van enkele jaren mag er niet van uit gaan dat deze prijs altijd representatief is. Men zal altijd moeten kijken naar de huidige marktprijzen en zo bepalen wat representatief is voor een bepaald product.

Wat betreft de prijs voor de landbouwproducten massabieten en biogasmaïs is het al helemaal moeilijk om een prijs toe te kennen.

- Aangezien massabieten op dit moment nog niet in Nederland geteeld (althans, niet op grote schaal en zeker niet voor de verkoop) worden, is er ook geen zicht op de prijs van dit product. Om toch een prijs te kunnen bepalen voor dit product is er voor gekozen om deze prijs gelijk te stellen aan die van suikerbieten. Dit vanwege het feit dat suikerbieten een aanverwant product zijn en er veel overeenkomsten zijn.
 - Biogasmaïs is ook een landbouwproduct waar men ook nog zeer weinig weet over de prijsvorming daarvan. Dit komt door het feit dat het nog niet zo heel veel geteeld wordt en er eigenlijk nog geen handel in is. Men verbouwt dit product voornamelijk voor eigen gebruik. Om toch een prijs aan biogasmaïs toe te kennen heeft men besloten om dit gelijk te stellen aan de prijs van snijmaïs. Dit vanwege het feit dat snijmaïs en biogasmaïs zeer veel overeenkomsten tonen.
- **Substraten van verdere behandelingen en organisch overgebleven substanties**
Ook deze categorie is vanwege geringe informatie zeer moeilijk in te schatten. Een aantal van deze producten wordt op dit moment gebruikt als input voor de veevoederindustrie en aan de hand daarvan was het mogelijk om een prijs toe te kennen aan bepaalde producten (zie het rekenmodel in het Excel bestand). Producten die niet voor de veevoederindustrie worden gebruikt (zoals frituurvet en glycerine) zijn aan de hand van gesprekken met deskundigen en onderlinge discussies opgesteld. Als het mogelijk is moet men zeker meer informatie over deze producten inwinnen.

6.3 Digestaat

Digestaat dat bij biomassavergisting als restproduct ontstaat, is een belangrijk knelpunt in de biomassavergisting in de glastuinbouw. Er zijn een tweetal redenen hiervoor op te noemen, namelijk: onderwaardering van digestaat, de regelgeving rond de afzet van digestaat.

Onderwaardering van digestaat

Eén van de redenen is dat digestaat op dit moment nog ondergewaardeerd wordt door akkerbouwers. Hierdoor is de afzet van digestaat zeer moeilijk en kostbaar te realiseren. Deze onderwaardering wordt veroorzaakt door onbekendheid met het product. Door betere voorlichting aan akkerbouwers en analyses te laten maken van het digestaat kan men dit probleem aanpakken.

Regelgeving rond de afzet van digestaat

De andere reden is de regelgeving rond de afzet van digestaat. De regelgeving is op dit moment een van de grote redenen waarom co-vergisting nog maar langzaam voortgang boekt. In de publicatie in de Staatscourant is opgenomen dat het te vergisten mengsel in hoofdzaak (en dat betekent voor meer dan 50%) moet bestaan uit dierlijke mest, zodat het eindproduct (de co-vergiste mest) nog steeds dierlijke mest is in het kader van de meststoffenwet. Dit betekent dat wanneer **niet** in hoofdzaak dierlijke mest wordt vergist (dus bijv. 25% mest en 75% maïs), het digestaat niet wordt gezien als co-vergiste mest volgens deze positieve lijst en dan ook niet als meststof mag worden aangewend. De enige manier om het digestaat toch als meststof te kunnen aanwenden is het verkrijgen van een ontheffing op de meststoffenwet 1947 via een zogeheten "Rikilt ontheffing" (zie bijlage 2 en de literatuurstudie). Deze "Rikilt ontheffing" is ook nodig voor het toevoegen van een ander organisch materiaal dan genoemd in de positieve lijst. De overige bepalingen op basis van de Meststoffenwet zijn onverkort van kracht, zoals de verplichting tot onderwerken van mest op agrarische gronden.

Een ontheffing van de meststoffenwet is alleen geldig voor een bepaalde combinatie van meststof, co-substraat, proces en aanvrager. Bij significante verandering van een van de parameters zal een nieuwe ontheffing moeten worden aangevraagd, omdat men dan aanneemt dat hierbij dan een nieuwe (andere) meststof wordt geproduceerd. Het aanvragen van deze ontheffingen brengt aanzienlijke kosten met zich mee, vooral als er proeven dienen te worden uitgevoerd voor het verkrijgen van de ontheffing.

Op 28 juni 2006 heeft Minister Veerman bij de opening van de biogasinstallatie op het praktijkcentrum in Sterksel (Noord-Brabant) enkele maatregelen aangekondigd die het makkelijker maken om een biogasinstallatie te gebruiken. In een biogasinstallatie gaat meestal dierlijke mest en ander organisch materiaal waaronder maïs. Voor het restant dat overblijft na de vergisting geldt nu nog dat alles als mest moet worden gerekend. Straks telt alleen het deel mest en niet de andere toevoegingen, mits alle vergiste mest op het eigen bedrijf wordt gebruikt. Als er alleen maïs in de biogasinstallatie zit, mag het restant dat overblijft met een ontheffing als meststof worden gebruikt. De minister gaat onderzoeken bij welke gewassen dat nog meer kan. Daarnaast zijn er nu nog acht restanten van voedingsproducten benoemd die ook in de biogasinstallatie mogen.

Dat het digestaat van maïs na vergisting straks met een ontheffing als meststof mag worden gebruikt is in principe handig, maar het feit dat dit dan weer alleen op het eigen bedrijf mag worden gebruikt vormt een groot obstakel voor een tuinder. Hierdoor is het maar de vraag of men het digestaat mag afvoeren naar een akkerbouwer of veehouder.

6.4 Transport.

Transport is een belangrijk aspect in de haalbaarheid van biomassavergisting. Naarmate het te vergisten product en het digestaat over een grotere afstand vervoerd moeten worden, zullen de brandstofkosten voor het transport ook stijgen.

Ook zal het positieve effect van duurzame energie opwekking bij grotere transportafstanden steeds meer afnemen. Dit vanwege het feit dat er meer fossiele brandstoffen (brandstof voor het transport) nodig zijn om deze vorm van duurzame energie te creëren.

De achterliggende gedachte van biomassavergisting is het opwekken van biogas op een duurzame manier. Men kan dus zich afvragen of grote transportafstanden wel wenselijk zijn voor het duurzaamheidsaspect. In bijlage 1.3 procesgegevens kunt u zien hoeveelheid ritten er al nodig zijn om 1,36 MW aan elektriciteit op te wekken.

In Denemarken is er onderzoek gedaan naar wat de transportafstand tussen de teeltplek van het energiegewas en de plek van de vergistinginstallatie maximaal kan zijn. Uit dit onderzoek kwam naar voren dat als je het energieplaatje positief wil houden het wegtransport maximaal 15 - 20 kilometer mag bedragen (zie bron 6, verslag workshop 5). Hoewel de situatie in Nederland ongetwijfeld weer anders is, zal er toch ook in Nederland een zodanige grens zijn. Men gaat er nu vanuit dat deze ook in Nederland rond de 20 kilometer ligt.

6.5 Opslag.

Bij biomassavergisting in de glastuinbouw zal er een aanzienlijke hoeveelheid aan te vergisten producten moeten worden opgeslagen. Dit vanwege het feit dat snijmaïs of biogasmaïs maar een keer per jaar kan geoogst worden. Om jaarrond te kunnen vergisten zal men dus wel opslag moeten plegen. In bijlage 1.3 procesgegevens is te zien hoeveel opslag er nodig is om 1,36 MW aan elektriciteit op te wekken.

Voor een tuinder is opslag op tuinbouwgrond is financieel gezien zeker niet interessant. Men zal dus graag willen dat opslag bij de producent (akkerbouwer) plaats vindt. Afhankelijk van de ruimte voor opslag bij de desbetreffende akkerbouwers zal hier bepaalde prijs voor gerekend gaan worden. Deze prijs zal verschillen per regio, en zal dus in iedere situatie zelf verdere uitgezocht moeten worden.

7. Conclusie

Dit rapport geeft inzicht in de haalbaarheid van biomassavergisting in de glastuinbouw. Door uitvoerig naar alle facetten van biomassavergisting gekeken hebben is men tot een aantal conclusies gekomen, die hieronder puntsgewijs zullen worden opgenoemd.

- Technisch gezien is biomassavergisting in de glastuinbouw haalbaar. De techniek heeft zichzelf in het buitenland (voornamelijk: Duitsland en Denemarken) theoretisch en in de praktijk al voldoende bewezen. Ook in Nederland worden er steeds meer vergistingsinstallaties gebouwd en ziet men dat het werkt. Er zijn nog wel veel mogelijkheden om het vergistingsproces te optimaliseren.
- Biogasmaïs gevolgd door snijmaïs is het meest interessante product voor biomassavergisting.
- Economisch gezien (zie bijlage 1.4 en 1.5) is biomassavergisting in de glastuinbouw onder de volgende omstandigheden kostentechnisch gezien interessanter dan een WKK op aardgas:
 - Als de investeringen 80 % procent of lager van de huidige investeringen bedragen (zie bijlage 1.4). Daarnaast moeten de andere gevoeligheidsfactoren hetzelfde blijven zoals ze nu staan weergegeven.
 - Als de snijmaïs prijs of biogasmaïs standaard lager is dan € 35,80 per ton vers product. Daarnaast moeten de andere gevoeligheidsfactoren gelijk blijven zoals ze nu staan weergegeven.
 - Als de afvoerkosten standaard lager zijn dan € 13,6 per ton digestaat en hierbij alle andere gevoeligheidsfactoren hetzelfde blijven.
 - Als de gasprijs stijgt van 0,25 euro per kubieke meter aardgas naar 0,26 euro per kubieke meter en de andere gevoeligheidsfactoren hetzelfde blijven.

Bij al deze opties moet men wel een 2 grote kanttekeningen plaatsen, namelijk het financiële risico en de onzekerheden.

Financiële risico's

De risico's bij een vergister in combinatie met een WKK zijn veel hoger dan bij een WKK op aardgas. Dit heeft een aantal redenen die puntsgewijs hieronder staan aangegeven.

- Het investeringsbedrag is velen malen hoger dan die van een WKK alleen op aardgas. Financieel gezien is dat een veel groter risico. Daarnaast is de terugverdiendtijd ook veel langer is van een vergister.
- Afhankelijkheid van subsidie. Zonder de MEP-vergoeding op de geproduceerde kilowatturen is een vergister in combinatie met een WKK veel duurder dan een WKK op aardgas. Enige negatieve verandering van het overheidsbeleid op het gebied van die subsidie kan desastreuze gevolgen hebben voor de economische haalbaarheid van biomassavergisting.

- Stijging van de snijmaïs of biogasmaïs prijzen. Door toenemende aantallen biomassavergistinginstallaties is de kans aanwezig dat de vraag van snijmaïs op de markt het aanbod zal gaan overtreffen. Het gevolg hiervan zal zijn dat de snijmaïs prijzen zullen gaan stijgen. Hierdoor zullen de variabele kosten voor biomassavergisting ook sterk stijgen en het dus aanzienlijk duurder maken dan een WKK op aardgas.
- Stijging van de afvoerkosten. Als men naar de huidige mestmarkt kijkt dan ziet men dat de prijzen het afgelopen jaar behoorlijk gestegen zijn. Dit komt mede door de nieuwe mestwet. Daarnaast wordt het digestaat uit biomassavergistingsinstallaties door akkerbouwers nog steeds ondergewaardeerd ten opzichte van gewone mest. Als de regelgeving voor digestaat uit biomassavergistinginstallaties niet versoepeld wordt en dat de onderwaardering van digestaat bij akkerbouwers niet veranderd kan het in de loop der tijd zo zijn dat de afvoerkosten nog wel eens hoger komen te liggen.
- Daling van gasprij. Een daling van de gasprijs door een verhoging van de productiecapaciteit in de gasproducerende landen kan het gevolg hebben dat de gasprijs enigszins zal dalen. Bij een daling hiervan wordt de WKK op aardgas zeer snel weer interessanter.

Onzekerheden

Er zijn op dit moment nog een aantal onzekerheden wat betreft biomassavergisting in de glastuinbouw.

Betrouwbaarheid biomassavergistinginstallatie

Het vergistingsproces is een continu proces dat constant gecontroleerd moet worden. Voor alle installaties geldt dat ze in principe automatisch bedreven kunnen worden, maar dat in geval van storingen iemand beschikbaar zal moeten zijn om de installatie draaiende te houden. Hierdoor wordt er een belangrijke taak bij het personeel neergelegd die het vergistingsproces in de gaten moeten houden. Het risico is dus zeer zeker aanwezig dat er door een menselijke fout of een storing in de computer het vergistingsproces komt stil te liggen. Bij een dergelijke situatie zal men een aanzienlijke tijd van zeker 15 a 20 dagen weinig tot geen (en zeker geen maximale) methaangasopbrengst hebben. Als tuinder heb je dan een groot probleem aangezien je dan geen warmte, geen CO₂ en geen elektriciteit meer voor je kas binnen krijgt. Dit risico wordt verkleind als de samenstelling van de voeding zoveel mogelijk constant wordt gehouden.

Afzet digestaat

Afzet van digestaat is onzeker door onduidelijke regelgeving (zie discussiepunt digestaat). Het digestaat van maïsvergisting mag namelijk alleen uitgereden worden op het eigen land.

8. Aanbevelingen

In dit onderzoek zijn er enkele knelpunten voor haalbaarheid van biomassavergisting in de glastuinbouw naar voren gekomen. Verdergaand onderzoek en aanpassingen van regelgeving zijn belangrijke aandachtspunten om biomassavergisting in de glastuinbouw een toekomst te kunnen geven. Hieronder zal er een aanbeveling gegeven worden, namelijk:

Onderzoek de mogelijkheid van een samenwerkingsverband tussen boer en tuinder. Als het vergistingsproces heeft plaatsgevonden, wordt het geproduceerde biogas dan via een gasleiding naar het glastuinbouwbedrijf getransporteerd.

De combinatie van vergisting bij een akkerbouwer of een veehouder en biogas via gasleiding naar glastuinbouwbedrijf heeft voor beide partijen een aantal zeer belangrijke voordelen. Deze voordelen worden hieronder puntsgewijs aangegeven.

Voordelen voor de boer:

- Door vergisting toe te gaan passen op een landbouwbedrijf krijgt een boer de mogelijkheid om via een neventak extra inkomsten te genereren en de tuinder krijgt de mogelijkheid om een besparing te realiseren op zijn gaskosten.
- De boer kan door zich te gaan richten op de teelt van energiegewassen verzekeren van afzet van het eigen land geproduceerde product.
- De boer zal geen WKK-installatie hoeven aan te schaffen. Wel zal hij misschien een gedeelte moeten meebetalen aan de aanleg van een gasleiding naar het desbetreffende glastuinbouwbedrijf.
- De boer heeft de mogelijkheid om het digestaat zelf op eigen land af te zetten, waardoor er praktisch gezien geen afvoerkosten zullen zijn (behalve de kosten voor het uitrijden op eigen land).
- De boer kan door het terugbrengen van het digestaat op het land een besparing realiseren op kunstmest.
- De boer optimaliseert de rentabiliteit van de vergistinginstallatie, doordat de warmte en de geproduceerde CO₂ nu ook afgezet kunnen worden.
- Door het telen van energiegewassen kan men extra subsidie ontvangen vanuit de Europese Unie (voor het telen van energiegewassen). Of, doordat de warmte niet zoals bij elektriciteit opwekking op het boerenerf wordt vernietigd, maar door de tuinder kan worden gebruikt.
- De boer kan zich profileren als een duurzame ondernemer.

Voordelen van de tuinder:

- Is niet volledig afhankelijk van de biogasinstallatie doordat men nu daarnaast ook nog een deel van de warmte-, elektriciteit en CO₂ productie invult door aardgas te verbranden in een WKK.
- De tuinder hoeft geen tuinbouwgrond op te offeren om een biomassavergister op neer te zetten.
- De tuinder hoeft niet alle te vergisten producten aan te gaan kopen voor marktprijs.
- De tuinder heeft geen problemen met het afvoeren van het digestaat, aangezien er alleen biogas aan de tuinder wordt geleverd.
- De tuinder kan zo een besparing creëren op zijn inkoop van aardgas.

- De tuinder profileert zich als een tuinder die op een duurzame manier producten produceert.
- De tuinder hoeft alleen te investeren in een WKK-installatie (wat bij grote bedrijven al vaak aanwezig is) en een gasleiding van de desbetreffende boer naar zijn eigen bedrijf.

In het algemeen pakt men voornamelijk voordelen op risicospreiding, optimalisering van de stromen en de transportkosten. Daarnaast realiseert men een veel duurzamere manier van energieopwekking doordat alle stromen geoptimaliseerd zijn.

Een opmerking moet er wel geplaatst worden bij de kwaliteit van het biogas. Het biogas zal eerst moeten worden gezuiverd voordat men dit kan verbranden in de WKK. Ook kan de gasleiding vanwege de investeringen ook niet oneindig lang zijn. Men moet niet veel langer gaan dan 1 á 2 kilometer.

Bij te kleine landbouwbedrijven is een clustering van deze bedrijven ook een optie. Door gezamenlijk energiegewassen te telen voor een grote vergistinginstallatie die zij ook gezamenlijk door middel van een coöperatie in bezitten hebben creëert men een eigen afnemer. Ook de tuinder kan deelnemen aan deze coöperatie.

Er zal op deze manier gestreefd moeten worden naar een faire verdeling van de voordelen van biomassavergisting.

Referenties

1. Kool, April 2006, Co-vergisting De Marke, CLM 636, CLM Onderzoek en advies BV, Culemborg.
2. Anonymus, december 2004, Grootschalige Mestvergisting de Scharlebelt, Novem-Projectnummer: 0375-01-01-02-009, Novem, Nederland.
3. Anonymous, 2005, Ergebnisse des Biogas-Messprogramms, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Gülzow.
4. Anonymous, 2005, Handreiking (Co-)vergisting van mest, Infomil, Den Haag.
5. Anonymous, januari, Meer met energie: *Kansen voor Nederland*, Taskforce Energietransitie, Nederland.
6. Anonymous, september 2005, Praktijkdag Grootschalige Mestvergisting, SenterNovem, Lelystad.
7. Dhr. R.H.C. van der Leeden, Dhr. P.P.M.J. van Rovert, januari 2003, Mestvergisting op boerderijniveau, Novem B.V., 's-Hertogenbosch.
8. Drs. M. Tijmensens, e.a., November 2003, Internationale verkenning Mestvergisting, Ecofys bv, Utrecht.
9. Dr. M.J.A. Tijmensens, Ir. S.T.P. van Dun, januari 2004, Haalbaarheid Co-vergisting op de Oostwaardhoeve, Ecofys bv, Utrecht.
10. Ir. S.A.M. van der Berg, Ir. P.O. Cohn, Dr. Ir. R.L. Cornelissen, februari 2003, Businessplan Boerderij Plus Rapportage *ROB Agripower*, Cornelissen Consulting Services B.V., Enschede.
11. K. Hemmes, R.W.R. Zwart, A.B.J. Oudhuis, H. van Hest, september 2005, Inzet van Biomassa/afvalstromen in het droogproces van GIBO, ECN Biomassa, Nederland.
12. M. van der Voort, A. van der Klooster, J. van der Wekken, H. Kemp, P. Dekker, Covergisting van Gewasresten: Een verkennende studie naar praktische en economische haalbaarheid, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., Lelystad.
13. Netwerk Co-vergisting, februari 2005, Notitie "Duurzame samenleving en duurzame landbouw door co-vergisting van dierlijke mest", Animal Sciences Group, Lelystad.
14. Red. Animal Sciences Group, September 2005, Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2005- 2006 (KWIN), Animal Sciences Group, Wageningen.
15. Redaktion, Markus Schwab, 2005, Gasausbeute in landwirtschaftlichen Biogasanlagen, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt.
16. Red. Business-Unit Akkerbouw, Groente ruimte & Vollegrondsgroenten, december 2001, Kwantitatieve informatie Akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt 2002, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., Lelystad.

Internet:

17. www.agriholland.nl
18. www.biomassaholding.com
19. www.biomassandbioenergy.nl
20. www.cbs.nl
21. www.infomil.nl
22. www.lei.nl
23. www.mestenenergie2005.nl
24. www.robklimaat.nl
25. www.senternovem.nl

Bijlagen

Bijlage 1: Het Rekenmodel

Bijlage 1.1 Het invulblad

Invulblad

Behoefte			
Hoeveelheid elektriciteit in MW	1,36		
Hoeveel hectare glastuinbouw heeft u?	3	ha	
Warmte behoefte kas	35,9	m3/m2/jaar	
Gasprijs (€/m3 aardgas)	0,25	€/m3 aardgas	
Elektriciteitsprijs (€/kWh)	0,055	€/kWh gem. over het jaar	
MEP-vergoeding voor WKK op aardgas	0,0251	€/kWh	
CO2-index WKK motor (zie informatiebronnen A362)	31%		
Elektrisch rendement WKK	35%	Gem. elektr. rendement van WKK	
Thermisch rendement WKK	53%	Gem. therm. rendement van WKK	
Type voeding	% per dag	€ per ton VM	Ton VM/dag
Snijmaïs	100	37,11	109,38
Totaal		37,11	109,38
U moet nog		% bijvoegen	
Investing:			
Totaal investering	2.600.000	€	
waarvan:			
Bouw vergister	1.000.000	€	
Techniek vergister	1.000.000	€	
WKK (in kW)	500.000	€	
NET-aansluiting	50.000	€	
Overige kosten	50.000	€	
Uitgangspunten variabele kosten:			
Analysekosten	2	€/ton digestaat	
Afvoerkosten	15	€/ton digestaat	
Personeel:			
Aanvullen van voorraadbak	3,4	ton/ minuut	
Controle v/h vergistingsproces	2	uur/dag	
Kosten personeel per uur	17	€/uur	

Bijlage 1.2 Samenvatting belangrijke gegevens

Productie methaan (CH4)		
Benodigde methaanproductie per jaar	3.415.270	m3/jaar
Verbruik aardgas per jaar	3.871.718	m3/jaar
Vergister		
Volume effectief	7.586	m3
Opslag voeding		
Totaal volume voeding per jaar	26.948	m3 VM/jaar volume
Vrachtbewegingen 35 m3 / rit	770	ritten per jaar
Digestaat		
Totale productie digestaat per jaar	17.516	m3/jaar
Vrachtbewegingen 35 m3 / rit	500	ritten per jaar
Investerings in vergister		
Investering € per m3 effectief volume vergister	270	€/m3 vergister
Kosten		
<i>Jaarlijkse bedrijfskosten vergister:</i>		
Jaarlijkse vaste totaal kosten	216.340	€/jaar
Jaarlijks variabele kosten	2.038.888	€/jaar
Jaarlijkse totaal kosten	2.255.228	€/jaar
Jaarlijkse kosten vergister:		
Voor MEP subsidie	2.018.213	€/jaar
Na MEP subsidie	978.155	€/jaar
kWh prijzen:		
Stroomproductiekosten:		
WKK draaiend op methaangas uit biomassavergisting		
Voor MEP subsidie	0,210	€/ kWh
Na MEP subsidie	0,113	€/ kWh
WKK draaiend op aardgas		
Voor MEP- subsidie	0,085	€/ kWh
Na MEP-subsidie	0,078	€/ kWh

Bijlage 1.3 Procesgegevens

Procesgegevens			
WKK gegevens			
WKK vermogen elektrisch	1,36	mW	
elektrisch rendement	35%	Gem. elektr. rendement van WKK in %	
thermisch rendement	53%	Gem. therm. rendement van WKK in %	
Productie elektriciteit			
draaiuren WKK	7.884	uur/jaar 10% stilstand	
vermogen WKK elektriciteit	1.360	kWel	
verwachte productie WKK	4.896	MJ/uur	
Bruto elektriciteitsproductie WKK	10.722.240	kWh/jaar	
Eigen gebruik vergister	643.334	kWh/jaar	
Netto elektriciteitsproductie WKK	10.078.906	kWh/jaar	
Productie warmte			
draaiuren WKK	7.884	Uur/jaar	
vermogen WKK	2.048	kWth	
verwachte productie WKK	7.372	MJ/uur	
Bruto warmteproductie	58.120.668	MJ/ jaar	
Eigen warmte gebruik vergister	8.772.295	MJ/ jaar	
Netto warmteproductie	49.348.373	MJ/ jaar	
Warmtebesparing kas	met vergister	zonder vergister	
Warmtevraag kas	35,9	36	m3/m2/jaar
Dekking warmtevraag kas	88%	99%	
Benutting warmtevraag kas	30.006.172	33.774.486	MJ/jaar
Benutting warmteproductie WKK in kas	52%	58%	
Energiewaarde methaan	35,88	MJ/m3	
Benodigde methaanproductie per uur	390	m3/uur	
Benodigde methaanproductie per dag	9.357	m3/dag	
Benodigde methaanproductie per jaar	3.415.270	m3/jaar	
Energie waarde aardgas o,w,	31,65	MJ/m3	
Verbruik aardgas per uur	442	m3/uur	
Verbruik aardgas per dag	10.607	m3/dag	
Verbruik aardgas per jaar	3.871.718	m3/jaar	

Vervolg bijlage 1.3 Procesgegevens

Type voeding	Aandeel CH ₄ -prod. in % per dag	Ton VM/dag	DS % VM	oDS % DS	m ³ CH ₄ /ton VM	Som m ³ CH ₄ /dag	kg oDS/dag	t/m ³ volume verse massa	€ per ton VM	Tot, € VM per dag
Snijmaïs	100	109,4	29,0	95,7	85,5	9.357	30.346	0,68	37,11	4.059
Totaal	100	109				9.357	30.346			4.059
Benodigde CH ₄ -productie per dag						9.357				
Tekort / overschot CH ₄										

Vervolg bijlage 1.3 Procesgegevens

Vergister		
Totaal oDS per dag	30.346	kg oDS/dag
Organische stof belasting	4,0	kg/m3/dag
Volume effectief	7.586	m3
Hoogte	7	m
Grondbeslag	1.084	m2
Opslag voeding		
Totaal gebruik per jaar	39.924	ton/jaar verse massa
Volume voeding Snijmaïs	26.948	m3 VM/jaar volume
Totaal volume voeding per jaar	26.948	m3 VM/jaar volume
Digestaat		
Digestaat	0,65	m3/m3 voeding
Totale productie digestaat per jaar	17.516	m3/jaar
Productie digestaat per dag	48	m3/dag
Vrachtbeweging afvoer per dag 36 m3/rit	1,33	rit/dag
Vrachtbeweging afvoer 36 m3/rit	487	rit/jaar

Bijlage 1.4 Financiële gegevens

Financiële gegevens				
Investering vergister:				
Totaal investering			2.600.000	
Investering € per m3 effectief volume vergister			270	€/m3 vergister
Investering € per m2 kas			87	€/m2 kas
Jaarlijkse bedrijfskosten vergister:				
<u>Vaste Kosten</u>				
		Afschr. perc. per jaar (%)	Levensduur in jaren	€ / jaar
Afschrijvingen				
Bouw vergister	1.000.000	5	20	50.000
Techniek vergister	1.000.000	10	10	100.000
WKK	500.000	10	10	50.000
NET-aansluiting	50.000	10	10	5.000
Overige kosten	50.000	5	20	2.500
Totaal investering	2.600.000	€		
Verzekering	0,34	% v/d totaal investering		8.840
Jaarlijkse vaste totaal kosten				216.340
<u>Variabele kosten:</u>				
Onderhoudscontract vergister				4.400
Onderhoud WKK	0,007	(€/ kWh)		75.056
Verbruiksmateriaal				
<u>Personeel:</u>				
Aanvullen van voorraadbak	3,4	ton/ minuut	Totaal per dag	0,54
Controle v/h vergistingsproces	2	uur/dag		2
Kosten personeel	17	€/uur		43
<u>Totaal personeel</u>				15.737
Analysekosten	2	€ per ton VM*		73.000
Kosten voor het substraat				
Snijmaïs	37,11	€ per ton VM*	Ton VM/dag	109,4
				1.481.441
Totaal kosten substraat			39.924	1.481.441
Afvoerkosten	15	€/ton VM*	25.950	389.255
Jaarlijks variabele kosten				2.038.888
Jaarlijkse totaal kosten				2.255.228
*VM = verse massa				

Vervolg bijlage 1.4 Financiële gegevens

Jaarlijkse Opbrengsten				
Stroomopbrengst			kWh	€/jaar
Elektriciteit (MEP)	0,097	(€/ kWh)	10.722.240	1.040.057
Warmtebesparing kas			GJ/jaar	
Warmtevraag kas	35,9	m3/m2/jaar	34.087	
Dekking warmtevraag kas	88%		30.006	
Benutting warmtevraag kas	8	€/GJ	30.006	237.016
Jaarlijkse Opbrengsten				<u>1.277.073</u>
Jaarlijkse kosten vergister:				€/ jaar
Voor MEP subsidie				2.018.213
Na MEP subsidie				978.155
Stroomproductiekosten:				
WKK draaiend op methaangas uit biomassavergisting				
Voor MEP subsidie			0,188	€/ kWh
Na MEP subsidie			0,091	€/ kWh

Vervolg bijlage 1.4 Financiële gegevens

Investering WKK				
Totaal investering				550.000
Investering per kWe				400 €/kWe
Investering € per m2 kas				18 €/m2 kas
Jaarlijkse bedrijfskosten WKK				
<u>Vaste Kosten</u>				
Afschrijvingen		Afschr. perc. per jaar (%)		€ / jaar
WKK	500.000	10		55.000
NET-aansluiting	50.000	10		5.000
Verzekering	0,34	% v/d totaal investering		1.870
Jaarlijkse vaste kosten				61.870
<u>Variabele kosten</u>				
Onderhoud WKK	0,007	€/ kWh		75.056
			m3/jaar	
Kosten aardgas	0,25	€/m3	3.871.718	967.930
aansluitkosten	441,98		170	75.136
Jaarlijkse variabele kosten				1.118.121
Totaal jaarlijkse kosten				<u>1.179.991</u>

Vervolg bijlage 1.4 Financiële gegevens

Jaarlijkse Opbrengsten				
Stroomopbrengst			kWh/jaar	
Elektriciteit (MEP)	0,0251	€ / kWh	10722240	82.084
Warmtebesparing kas			GJ/jaar	
Warmtevraag kas	36	m3/m2/jaar	28.087	
Dekking warmtevraag kas	99%			
Benutting warmtevraag	8	€/GJ	33.774	266.781
Jaarlijkse Opbrengsten				<u>348.865</u>
Jaarlijkse kosten:				
Voor MEP-subsidie				913.210
Na MEP-subsidie				831.126
Stroomproductiekosten:				
WKK draaiend op aardgas				
Voor MEP-subsidie			0,085	€ / kWh
Na MEP subsidie			0,078	€ / kWh

Bijlage 1.5 Confrontatiematrix gevoeligheidsfactoren

Confrontatiematrix									
Gevoeligheidsfactoren		Kosten vergister		Kosten WKK		kWh-prijs vergister		kWh-prijs WKK	
		Voor MEP-subsidie	Na MEP-subsidie	Voor MEP-subsidie	Na MEP-subsidie	Voor MEP-subsidie	Na MEP-subsidie	Voor MEP-subsidie	Na MEP-subsidie
	100%	2.018.213	978.155	913.210	831.126	0,188	0,091	0,085	0,078
Investering € 2600000	50%	1.910.043	869.985	944.145	862.061	0,178	0,081	0,082	0,075
	75%	1.964.128	924.070	928.678	846.594	0,183	0,086	0,084	0,076
	100%	2.018.213	978.155	913.210	831.126	0,188	0,091	0,085	0,078
Kosten substraat € 36,97 per ton verse massa	50%	1.277.492	237.435	913.210	831.126	0,119	0,022	0,085	0,078
	75%	1.647.852	607.795	913.210	831.126	0,154	0,057	0,085	0,078
	100%	2.018.213	978.155	913.210	831.126	0,188	0,091	0,085	0,078
	125%	2.388.573	1.348.516	913.210	831.126	0,223	0,126	0,085	0,078
	150%	2.758.933	1.718.876	913.210	831.126	0,257	0,160	0,085	0,078
	200%	3.499.653	2.459.596	913.210	831.126	0,326	0,229	0,085	0,078
Afvoerkosten € 15 per ton digestaat	25%	1.726.271	686.214	913.210	831.126	0,161	0,064	0,085	0,078
	50%	1.823.585	783.528	913.210	831.126	0,170	0,073	0,085	0,078
	75%	1.920.899	880.842	913.210	831.126	0,179	0,082	0,085	0,078
	100%	2.018.213	978.155	913.210	831.126	0,188	0,091	0,085	0,078
	125%	2.115.526	1.075.469	913.210	831.126	0,197	0,100	0,085	0,078
	150%	2.212.840	1.172.783	913.210	831.126	0,206	0,109	0,085	0,078
	200%	2.407.467	1.367.410	913.210	831.126	0,225	0,128	0,085	0,078

Vervolg bijlage 1.5 Confrontatiematrix gevoeligheidsfactoren

Gasprijs € 0,25 per m3 aardgas	0,15	2.113.019	1.072.962	1.193.670	1.111.586	0,197	0,101	0,059	0,051
	0,20	2.065.616	1.025.558	1.053.440	971.356	0,193	0,096	0,072	0,064
	0,25	2.018.213	978.155	913.210	831.126	0,188	0,091	0,085	0,078
	0,30	1.970.809	930.752	772.981	690.896	0,184	0,086	0,098	0,091
Gemengde gevoeligheid van factoren									
	100%	2.018.213	978.155	913.210	831.126	0,188	0,091	0,085	0,078
Investering € 2600000	100%	2.018.213	978.155	913.210	831.126	0,188	0,091	0,085	0,078
Kosten substraat € 36,97 per ton verse massa	91%	1.877.476	837.418	913.210	831.126	0,175	0,078	0,085	0,078
Afvoerkosten € 15 per ton digestaat	100%	2.018.213	978.155	913.210	831.126	0,188	0,091	0,085	0,078
Gasprijs € 0,25 per m3 aardgas	0,25	2.018.213	978.155	913.210	831.126	0,188	0,091	0,085	0,078
Uitkomst gevoeligheid van verschillende factoren		1.877.476	837.418	913.210	831.126	0,175	0,078	0,085	0,078

Bijlage 2: Toelichting co-vergisting van mest

Het economische en procestechnische rendement van een mestvergistingsinstallatie kan aanzienlijk worden verbeterd door toepassing van co-vergisting. Bij co-vergisting worden organische materialen, producten of reststromen toegevoegd aan het vergistingsproces om de gasopbrengst te verhogen. De meevergiste stromen worden ook wel co-substraten genoemd en kunnen van binnen of buiten de inrichting afkomstig zijn.

In het verleden vormde de mestregelgeving een belemmering voor het toevoegen van co-substraten aan de mest. De mest mocht door het mengen niet zonder individuele RIKILT-ontheffing als mest worden aangewend.

Positieve lijst

Omdat de rijksoverheid co-vergisting als een wenselijke ontwikkeling ziet, is besloten de regelgeving aan te passen. Het ministerie van LNV heeft een positieve lijst vastgesteld van organische materialen/producten die mogen worden toegevoegd aan een mestvergistingsproces, waarbij het eindproduct nog steeds onder de definitie "meststof" valt. Deze wijziging van de Meststoffenbeschikking 1977 (hoofdstuk III bijlage I) is gepubliceerd in de Staatscourant nr. 86 van 4 mei 2005 (een eerdere uitbreiding is gepubliceerd in de Staatscourant nr. 112 van 16 juni 2004).

Op de positieve lijst staan op dit moment de volgende co-producten:

Co-producten op positieve lijst	
• Granen:	gerst, haver, rogge, tarwe
• Voedergewassen:	weidegras, kuilgras, snijmaïs, kuilmaïs/ maïssilage, corn cob mix (CCM), voederbieten
• Rooivruchten:	aardappelen, (suiker)bieten, bietenstaartjes/-puntjes, witlofpennen
• Vlinderbloemigen:	erwten, lupinen, veldbonen
• Energiegewas:	energiemaïs (5 meter hoog)
• Oliehoudende gewassen:	koolzaad, zonnebloempitten, olievlas
• Overige producten:	<ul style="list-style-type: none"> - vezelvlas, groente en fruit; - ingedikt onteiwit aardappelvruchtwater dat is vrijgekomen bij de verwerking van aardappels tot zetmeel, vezels en eiwit (protomylasse); - resten aardappelzetmeel die met een bezinker zijn afgescheiden uit het afvalwater dat is vrijgekomen bij de productie van aardappelzetmeel (primair aardappelzetmeelslib); - restproduct dat is vrijgekomen na vergisting van tarwezetmeel ten behoeve van alcoholproductie (tarwegistconcentraat); - vloeibaar product dat bestaat uit schillen die met stoom zijn verwijderd van vooraf gewassen aardappelen (aardappelstoomschillen); - vloeibaar product dat bestaat uit schillen die met stoom zijn verwijderd van vooraf gewassen wortelen (wortelstoomschillen); - ingedampt weekwater dat is verkregen bij de natte vermaling van maïs (amysteep).

Naast deze producten heeft LNV de co-producten bermgras en twee soorten slib in beraad. Deze co-producten voldoen ook aan de door LNV gestelde criteria. Voor bermgras geldt echter dat twee andere aanvragen van bermgras niet voldeden aan de criteria. Voor slib geldt dat ze dierlijke bijproducten kunnen bevatten waardoor ze

vallen onder de Verordening dierlijke bijproducten, Europese verordening (EC) nr. 1774/2002. LNV stelt dat vooralsnog geen producten op de positieve lijst worden geplaatst die (mogelijk) vallen onder categorie 2 of 3 van deze verordening, ook al voldoen ze aan alle criteria waaraan LNV co-producten toetst. Op EU niveau wordt de verordening aangepast waarna plaatsing op de positieve lijst wellicht mogelijk wordt. Tot slot zegt LNV de regelgeving over de verhandeling van meststoffen, inclusief de regelgeving voor covergisting, te willen vereenvoudigen. Het is de bedoeling dat de nieuwe regelgeving in 2006 van kracht wordt. Dan wordt ook duidelijk of bermgras kan worden covergist.

Behalve de bovengenoemde co-producten zijn in de tweede helft van 2004 nog 30 co-producten bij LNV ter beoordeling neergelegd. Dit heeft geleid tot verdere uitbreiding van de positieve lijst. Daarnaast kan men ieder moment nieuwe co-producten aanmelden waarna LNV toetst of plaatsing op de positieve lijst mogelijk is, zie ook de laatste paragraaf in deze toelichting.

In de publicatie in de Staatscourant is opgenomen dat het te vergisten mengsel in hoofdzaak (en dat betekent voor meer dan 50%) moet bestaan uit dierlijke mest, zodat het eindproduct (de co-vergiste mest) nog steeds dierlijke mest is in het kader van de meststoffenwet. Dit betekent dat wanneer **niet** in hoofdzaak dierlijke mest wordt vergist (dus bijv. 25% mest en 75% mais), het digestaat niet wordt gezien als co-vergiste mest volgens deze positieve lijst en dan ook niet als meststof mag worden aangewend. De enige manier om het digestaat toch als meststof te kunnen aanwenden is het verkrijgen van een ontheffing op de meststoffenwet 1947 via een zogeheten "Rikilt ontheffing". Deze "Rikilt ontheffing" is ook nodig voor het toevoegen van een ander organisch materiaal dan genoemd in de positieve lijst. De overige bepalingen op basis van de Meststoffenwet zijn onverkort van kracht, zoals de verplichting tot onderwerken van mest op agrarische gronden.

Toelichting op standaard voorschrift 1.1.6 over covergisting

Uit het bovenstaande volgt dat het product van vergisting van mest plus co-substraten op één van de volgende twee manieren als meststof kan zijn toegelaten in de meststoffenwetgeving (Meststoffenbeschikking 1977 en Meststoffenbesluit 1977):

1. *Co-substraten staan op de positieve lijst*

Het product van vergisting van de mest plus co-substraten wordt aangemerkt als co-vergiste mest volgens de Lijst van meststoffen van de Meststoffenbeschikking 1977. Dit geldt wanneer (i) in hoofdzaak mest wordt vergist, het aandeel co-substraten dient dus kleiner dan 50% te zijn; én (ii) de co-producten zijn genoemd op een lijst met toegestane co-substraten (ook wel de "positieve lijst" genoemd) in een Wijziging op de Meststoffenbeschikking 1977. De eerste lijst is te vinden in de Staatscourant nr. 112 (16 juni 2004) en de uitbreiding in de Staatscourant nr. 86 (4 mei 2005). In de loop van dit jaar volgen mogelijk meer aanvullende wijzigingen waarmee de lijst met co-substraten wordt uitgebreid.

2. *Rikilt ontheffing*

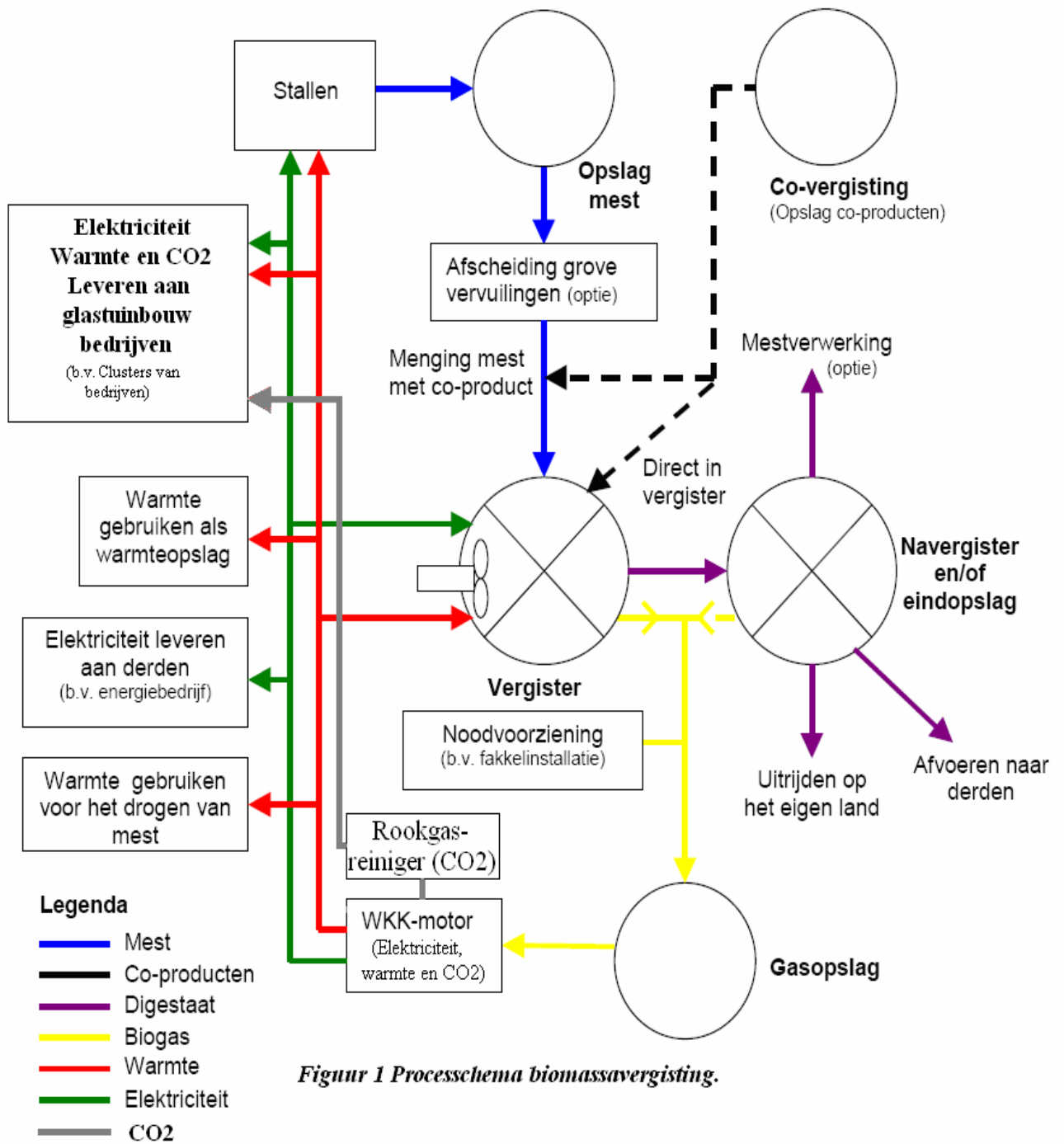
Voor het product van vergisting van mest en co-substraten is een ontheffing verkregen op het Meststoffenbesluit 1977 (zogenaamde Rikilt ontheffing). De voorwaarden voor deze ontheffing zijn geregeld in de Ontheffingsbeschikking verbodsbepalingen meststoffen (1977).

Een nieuw co-substraat kan in relatief korte tijd (enkele maanden) aan de positieve lijst worden toegevoegd (zie hieronder voor de procedure hiervoor). Daarmee zou het vereisen van een nieuwe Milieuvergunning bij vergisting van extra, niet in de huidige milieuvergunning genoemde co-substraten een relatief zware vereiste zijn. Zolang de aanvoer, de opslag en de benutting van nieuwe co-substraten geen extra milieubelasting t.o.v. aanvoer, opslag en benutting van de huidige co-substraten vormen, is er geen bezwaar om deze via een melding toe te staan. Deze melding is in de Wet Milieubeheer geregeld via artikel 8.19.

Toekomstige uitbreidingen van de positieve lijst

Ieder moment kan een verzoek tot plaatsing van een co-product op de positieve lijst bij LNV (Directie Kennis) worden ingediend. LNV streeft naar besluitvorming binnen 2 maanden, mits de aangeleverde informatie compleet is. (bron 21)

Bijlage 3: Processchema Biomassavergisting



Figuur 1 Processchema biomassavergisting.