

Animal Sciences Group

Divisie Veehouderij, kennispartner voor de toekomst



process for progress

Rapport 54

Opties voor duurzame energieproductie in de biologische landbouw

Juli 2007



ANIMAL SCIENCES GROUP

WAGENINGEN UR

Colofon

Uitgever

Animal Sciences Group van Wageningen UR

Postbus 65, 8200 AB Lelystad

Telefoon 0320 - 238238

Fax 0320 - 238050

E-mail Info.veehouderij.ASG@wur.nl

Internet <http://www.asg.wur.nl>

Redactie

Communication Services

Aansprakelijkheid

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

Liability

Animal Sciences Group does not accept any liability for damages, if any, arising from the use of the results of this study or the application of the recommendations.

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.

In Nederland vindt het meeste onderzoek voor biologische landbouw en voeding plaats in voornamelijk door het ministerie van LNV gefinancierde onderzoeksprogramma's. Aansturing hiervan gebeurt door Bioconnect, het kennisnetwerk voor de Biologische Landbouw en Voeding in Nederland (www.bioconnect.nl). Hoofduitvoerders van het onderzoek zijn de instituten van Wageningen UR en het Louis Bolk Instituut. Zij werken in de cluster Biologische Landbouw (LNV gefinancierde onderzoeksprogramma's) nauw samen. Dit rapport is binnen deze context tot stand gekomen.

De resultaten van de onderzoeksprogramma's vindt u op de website www.biokennis.nl. Vragen en/of opmerkingen over het onderzoek aan biologische landbouw en voeding kunt u mailen naar: info@biokennis.nl



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau.

Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Abstract

This report provides an overview of possibilities and bottlenecks of renewable energy production in organic farming. Focus is on anaerobic digestion, production of biodiesel and bio-ethanol from agricultural crops and the production of heat from wood burning.

Keywords

Renewable energy production, organic agriculture, digestion, bio fuels, wood burning.

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteur(s) H.J.C. van Dooren, M.P.J. van der Voort, B.G.H. Timmermans

Titel: TOpties voor duurzame energieproductie in de biologische landbouw
Rapport 54

Samenvatting

Het rapport geeft een overzicht van de mogelijkheden en knelpunten van duurzame energieproductie in de biologische landbouw. Aan bod komen anaerobe vergisting, productie van biobrandstoffen uit agrarische gewassen (biodiesel en bio-ethanol) en de productie van warmte door de verbranding van hout.

Trefwoorden:

Duurzame energieproductie, biologische landbouw, vergisting, biobrandstoffen, houtverbranding



Rapport 54

Opties voor duurzame energieproductie in de biologische landbouw

Production of renewable energy in organic farming

Dooren van, H.J.C.

Voort van der, M.P.J.

Timmermans, B.G.H

Juli 2007

Voorwoord

Voor u ligt de rapportage van het project Potentie van energieproductie in de biologische landbouw. Dit project valt onder het beleidsondersteunende onderzoeksprogramma van het ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit, Cluster Biologische Landbouw, Thema Energie en Broeikasgassen in de biologische landbouw. In dit thema wordt naast de productie van energie ook aandacht gegeven aan het totale energieverbruik in de biologische sector en de emissie van broeikasgassen zowel op bedrijfsniveau als in de keten. Meer informatie over deze onderwerpen is te vinden op www.biokennis.nl.

Het project Potentie van energieproductie in de biologische landbouw is uitgevoerd door Wageningen Universiteits en Research Centrum (Animal Sciences Group en Praktijkonderzoek Plan en Omgeving, business unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroente) in samenwerking met het Louis Bolk Instituut.

Samenvatting

Naast de traditionele productie van voedsel en veevoer ontstaat er in de landbouw de laatste jaren steeds meer belangstelling voor de productie van energie. Daarbij kan gedacht worden windenergie, zonne-energie, de vergisting van mest en aan de teelt van (energie)gewassen die ingezet worden bij de productie van biobrandstoffen of als co-vergistingmateriaal kunnen dienen. De productie van energie in de landbouw is nauw verweven met de koolstof- en nutriëntenkringloop. Ook in de biologische landbouw is interesse ontstaan voor de mogelijkheden die de productie van energie biedt. Doelstelling van het project zijn:

- Inventariseren van perspectievolle mogelijkheden voor de opwekking van duurzame energie in de biologische sector;
- Benoemen van de specifieke consequenties en kansen;
- Formuleren van plan van aanpak voor een vervolgproject in 2007 voor verder uitdieping.

In het project zijn de volgende methoden van energieproductie opgenomen en beschreven: vergisting van mest en overige biomassa, productie en gebruik van biodiesel en bio-ethanol uit akkerbouwgewassen en verbranding van hout.

Vergisting van mest en co-producten heeft de meeste relaties met het de biologische productiemethoden in zowel akkerbouw als veehouderij. Vergisting is zelf al in de de regelgeving rond biologische productie opgenomen en een voorwaarde om gangbare drijfmest te mogen toedienen. Onduidelijk is in hoeverre hier gebruik van wordt gemaakt. In het algemeen kan gezegd worden dat de kleinere bedrijfsomvang in de biologische veehouderij een belemmering is voor het rendabel toepassen van de vergistingstechnologie. Er zullen vergeleken met de gangbare sector minder bedrijven zijn die zelfstandig in deze techniek kunnen investeren. Mestvergisting kan dus dienen als katalysator voor samenwerking maar er zijn wellicht ook mogelijkheden om met kleinere 'low tech' vergistingsinstallaties op een rendabele manier biogas te produceren. Tegelijk is het aandeel gemengde bedrijven in de biologische sector groter dan in de gangbare landbouw. Deze bedrijven bieden kansen om zonder transport gewasresten of geteelde biomassa in te zetten als co-vergistingmateriaal. Door de toepassing van co-vergisting neemt de hoeveelheid mest toe. Het vergiste eindproduct van de co-vergisting van mest met producten die vermeld staan op de positieve lijst in een verhouding van 1:1, heeft namelijk de status dierlijke mest. In tegenstelling tot de gangbare landbouw is dat in de biologische landbouw een voordeel. Door aangescherpte eisen voor gebruik van mest ontstaat er een tekort aan biologische mest. Toename van het mestvolume door co-vergisting van biologische mest en biomassa draagt dus bij aan een oplossing voor dit tekort. Vergisting op zich doet dat ook omdat daarmee gangbare mest ook toegepast mag worden. Uit de regelgeving wordt niet duidelijk of co-vergisting van gangbare mest met biologische producten ook leidt tot biologische mest. Er staan in het geheel geen eisen of voorwaarden vermeld voor het vergisten van mest met co-producten.

Een belangrijk kritiekpunt op vergisting vanuit de biologische sector ligt in de omzetting van organische stof in methaan en kooldioxide. Deze organische stof is daarmee niet meer beschikbaar voor de opbouw van humus in de bodem. Vergisting zou daarmee de bodemkwaliteit bedreigen. Afgezien van het feit dat bij co-vergisting er ook extra organische stof wordt aangevoerd en er dus per saldo misschien wel meer organische stof aan de bodem toegevoegd wordt, is het ook nog onduidelijk of er inderdaad ook minder opbouw van organische stof in de bodem plaatsvindt als geen co-vergisting wordt toegepast. Het deel van de organische stof dat opgezet wordt in methaan en kooldioxide zal ook in de bodem snel omgezet worden. Of dit effect heeft op het bodemleven is nog vrijwel onbekend.

De hoeveelheid directe energie ligt bij de biologische teelt hoger ligt dan bij de gangbare teelt. Dat komt vooral door het hogere brandstofverbruik voor onkruidbestrijding. Omschakeling op biobrandstoffen zou dan wel geen financiële besparing betekenen maar toch de milieubelasting verlagen. Beperking van de CO₂-emissie uit fossiele brandstoffen verbetert de prestaties van de biologische landbouw sterk. Het telen van koolzaad, om in de eigen brandstofbehoefte te voorzien, is een manier om de CO₂-kringloop te sluiten. Uit de berekening voor koolzaadteelt blijken de kosten hoger als de opbrengsten. Een ander bouwplan, zonder suikerbieten, kan mogelijk een gunstiger beeld laten zien. Daarnaast is het verlies dusdanig dat deze door verhoging van de koolzaadopbrengst per hectare opgevangen kan worden. Een andere optie is de stijging van de prijs voor rode diesel. In beide gevallen kan er dan kostenneutraal in de eigen brandstofbehoefte worden voorzien.

Bij de voorgaande redenering is echter geen rekening gehouden met het gebruik en verwaarding van de overige (bij)producten van de koolzaadteelt namelijk koolzaadkoek (overblijfsel na persing van de olie) en koolzaadstro. Het gebruik van de koolzaadkoek, het bijproduct van de koude persing, in de veehouderij brengt een verder sluiting van de kringloop tot stand. Deze zogenaamde koolzaadkoek kan dienen als krachtvoer in de biologische veehouderij. Ook het koolzaadstro kan dienen als bodemverbeteraar, kan toepassing vinden in de veehouderij of kan dienen als biomassa voor verbranding

Wat betreft de teelt van suikerbieten en granen voor de productie van bio-ethanol ontbreekt het inzicht in het areaal. De verwachting is dat het areaal biologische suikerbieten en granen voor het grootste deel bedoelt is voor humane consumptie. Inzet van deze gewassen voor alterantieven (zoals bio-ethanol) lijkt economisch niet

interessant. Net als bij biodiesel bestaat er geen biologische variant van bio-ethanol en is de markt nog te klein om te verwachten dat die er binnenkort zal komen. De mogelijkheden voor de inzet van bio-ethanol als biobrandstof in de biologische landbouw zijn nog beperkter als die voor biodiesel. De vrijkomende reststromen bij de productie van bio-ethanol zijn ook niet rechtstreek inzetbaar als krachtvoer.

In de regelgeving rond de biologische landbouw is niets opgenomen over de verbranding van biomassa voor de opwekking van energie. Er worden dus geen eisen gesteld aan techniek of brandstof anders dan die ook voor de gangbare landbouw gelden. Voor een inventarisatie van de mogelijke bezwaren of kansen rond verbranding van biomassa moet onderscheid gemaakt worden in het type biomassa dat verbrand wordt. Hout is de meest gebruikte en schoonste brandstof voor verbranding. Wel is de herkomst van het hout van belang. Hout uit de omgeving dat niet geteeld is met het doel om energie mee op te wekken sluit goed aan bij de doelstelling van de biologische sector om grondstoffen regionaal te betrekken. Hout zou dan bijvoorbeeld afkomstig kunnen zijn van onderhoudswerkzaamheden aan natuurgebieden, singels, houtwallen etc. Landschaps- en natuurbeheer zijn taken die veelal met de biologische landbouw worden geassocieerd. Het beheren en dunnen van (wind)singels kan een bron van hout zijn voor verbranding in een biomassa kachel. Door verbranding van dit hout kan dus bijgedragen worden aan beheer en onderhoud van deze objecten.

De verwachting is dat de sector kritischer zal staan tegenover hout dat aangevoerd wordt over grotere afstand. Ten eerste vanwege de grotere transportafstanden en het daarmee gepaard gaande energieverbruik met uitstoot van broeikasgassen, NO_x en roet als gevolg maar ook vanwege de slechtere controleerbaarheid van productiemethoden.

Dit leidt tot de volgende conclusies en aanbevelingen

- Ook in de biologische sector zijn er mogelijkheden voor de opwekking van duurzame energie
- De op dit moment meest geschikte methoden zijn verbranding, kleinschalige productie van biobrandstoffen en vergisting.
- De teelt van koolzaad, suikerbieten of granen voor de productie van biobrandstoffen voor de reguliere biobrandstoffenmarkt is op dit moment niet interessant.
- Vergisting en kleinschalige biobrandstofproductie kunnen als draaipunt fungeren bij de combinatie van sectoren en technieken om duurzame energie op te wekken.
- Verzameling van verdere structuurgegevens van de huidige biologische landbouw wat betreft energieverbruik (warmte, elektriciteit en brandstoffen), teelt van energiegewassen voor vergisting en beschikbaarheid van biologische reststromen uit voedings- en genotsmiddelenindustrie.
- Onderzoek naar de verdere mogelijkheden om warmteopwekking door verbranding te combineren met landschapsonderhoud.
- Onderzoek naar de verdere mogelijkheden van geteelde "short rotation coppice" of energiegewassen voor verbranding en/of de productie van tweede generatie biobrandstoffen.
- Verder uitdiepen van de gevolgen van aangescherpte regelgeving t.a.v. biologisch krachtvoer in de veehouderij op beschikbaarheid van mest en de kansen voor de teelt van gewassen die zowel krachtvoercomponenten als biobrandstof opleveren.
- Onderzoek naar de mogelijkheden voor kleinschalige mestvergisting.
- Onderzoek naar de mogelijkheden voor droge mestvergisting.
- Onderzoek naar de mogelijkheden voor mono mestvergisting (zonder gebruik te maken van mest).
- Onderzoek naar de mogelijkheden om via kleinschalige biobrandstofproductie te voorzien in de eigen brandstofbehoefte.
- Verder uitwerking van koppeling van bedrijven uit verschillende sectoren rond mestvergisting en kleinschalige biobrandstofproductie
- Verzameling van bestaande kennis over de bijdrage die vergiste mest levert aan de opbouw van organische stof in de bodem en het effect van de toepassing van vergiste mest op opbrengst en stikstofkringloop.
- Verzameling van bestaande kennis over teelt, verwerking en productie van koolzaadolie en/of biodiesel op boerderijschaal. En de afzet van bijproducten naar de biologische veehouderij en/of vergisting.
- Ontwikkelen van combinaties van technieken voor opwekking van duurzame energie die gezamenlijk nieuwe kansen bieden.

Summary

Alongside the traditional production of food and cattle feed, interest has been growing in the agricultural sector in recent years for the energy production. For example, wind energy, solar energy, fermentation of manure and cultivating (energy) crops that can be used to produce bio-fuels or co-fermentation material. Energy production in agriculture is closely linked to the carbon and nutrient cycle. Organic farmers are also showing interest in the opportunities offered by energy production. The objectives of this project are:

- Listing interesting and promising possibilities to generate renewable/sustainable energy in the organic sector;
- Stating the specific consequences and opportunities;
- Formulating a plan of approach for a follow-up project in 2007 to study the question in more detail.

The project includes and describes the following methods of production: fermenting manure and other biomass, production and consumption of biodiesel and bio-ethanol obtained from arable crops and wood burning. Fermenting manure and co-products is more closely related to organic production methods in both arable farming and animal husbandry. Fermentation is already included in the legislation relating to organic production and is a condition to be able to use normal slurry. It is unclear to which extent this is used. It can be stated in general that the smaller size of organic livestock farms forms an obstacle to the profitable use of fermentation technology. Compared to the traditional sector, fewer organic farmers are able to invest in this technology independently. Manure fermentation can therefore act as a catalyst for cooperative projects, but there are also possibly opportunities to produce biogas in a profitable way using smaller 'low tech' fermentation installations. At the same time, the share of mixed farms in the organic sector is larger than in traditional farming. These farms offer opportunities to use crop residues or cultivated biomass as co-fermentation material, without requiring transport. The fermented end product of co-fermenting manure with products contained on the positive list in a ratio of 1:1, has the status of animal manure. Contrary to traditional farming, this is an advantage in organic farming. Through the tighter regulations for the use of manure, a shortage of organic manure occurs. An increase in the volume of manure by co-fermentation of organic manure and biomass therefore contributes to solving this shortage. Fermentation in itself already does this as regular manure can also be used. The legislation does not clearly indicate if co-fermentation of regular manure with organic products also produces organic manure. There are no demands or conditions stated for fermenting manure with co-products.

An important point of criticism of fermentation coming from the organic sector can be found in the conversion of organic matter into methane and carbon dioxide. This organic matter is therefore no longer available to create humus in the soil. In this way fermentation may threaten soil quality. Disregarding the fact that with co-fermentation extra organic matter is supplied, so therefore in balance maybe more organic matter is added to the soil, it is also unclear as to whether there is less build up of organic matter in the soil if no co-fermentation takes place. The portion of the organic matter converted into methane and carbon dioxide will also be converted quickly in the soil. Whether this impacts on soil organisms is still virtually unknown.

The amount of direct energy with organic growing is higher than with customary methods. This can mainly be attributed to the higher fuel consumption for weed control. Switching to biofuels may not represent any financial gains, but would lessen the burden on the environment. Limiting the CO₂-emissions from fossil fuels greatly improves the performance of organic farming. Cultivating rapeseed, in order to become self-supporting for energy, is one way of closing the CO₂-cycle. Calculations for the cultivation of rapeseed reveal that the costs are higher than the gains. Another plan, without sugar beet, may show a more favourable picture. In addition the loss is such that increasing the rapeseed yield per hectare can compensate it for. Another option is the rise in price for red diesel. In both cases, it is possible to be self-supporting for energy in a cost neutral way.

However, this argumentation fails to take into account the use and increasing the economic value of the other (by)products of rapeseed cultivation, namely rapeseed cake (the residue left after cold pressing) and rapeseed straw. The use of rapeseed cake, the by-product of the cold pressing process, in animal husbandry can close the cycle even more. This rapeseed cake can be used as compound feed in organic animal husbandry methods. The rapeseed straw can also be used as a soil improver, can be used in animal husbandry or can act as biomass for combustion.

As far as cultivation of sugar beet and cereals for bio-ethanol production is concerned, insight into the number of hectares used is lacking. It's expected that the majority of the land is used to grow organic cereals and sugar beet for human consumption. Using these crops for alternative purposes (such as bio-ethanol production) does not appear to be financially interesting. Similar to with biodiesel there is no organic version of bio-ethanol and the market is too small to expect this situation to change in the short term. The possibilities of using bio-ethanol as a biofuel in organic farming are even more limited than those for biodiesel. The released residue flows cannot be used directly as compound feed.

The legislation surrounding organic farming does not contain anything about biomass combustion to generate energy. In other words, no other demands or conditions are placed on the technology or fuel than those that

apply to traditional farming. For an inventory of the possible objections or opportunities relating to biomass combustion, a difference should be made between the types of biomass being burnt. Wood is the most widely used and cleanest fuel for combustion. An important factor is the origin of the wood. Wood from the local area, that hasn't been purpose grown to generate energy, is a good example of the objective of the organic sector to use regionally produced raw materials. For example, the wood may originate from maintenance activities in natural areas, coppices, wooded banks etc. Countryside and nature management are tasks often associated with organic farming. Managing and pruning wind breaks or coppices can provide wood, which can be burnt in a biomass burner. Burning the wood can also contribute to the management and maintenance of these objects. The sector is expected to become more critical about wood transported over great distances. Firstly because of the high number of transport kilometres and the associated energy consumption and emission of greenhouse gases, NO_x and soot, but also because the production methods are more difficult to check.

This leads to the following conclusions and recommendations:

- There are also possibilities in the organic sector for the production of sustainable energy
- The most suitable methods currently are combustion, small-scale production of biofuels and fermentation.
- Cultivating rapeseed, sugar beet or cereals for the production of biofuels for the regular biofuel market is currently uninteresting.
- Fermentation and small-scale production of biofuels can act as an impulse to combine different sectors and various forms of technology to generate sustainable energy.
- Collect further structural data about current organic farming concerning energy consumption (heat, electricity and fuels), cultivation of energy crops for fermentation and availability of organic residue flows from the food and stimulants industry
- Research into the further possibilities of combining heat production with landscape management.
- Research into the further possibilities of cultivated "short rotation coppice" or energy crops for combustion and/or production of second-generation biofuels.
- Further detailing of the consequences of tighter legislation relating to organic compound feed in animal husbandry on availability of manure and the opportunities for cultivating crops that can provide both ingredients for compound feed and biofuel.
- Research into the possibilities of small-scale manure fermentation.
- Research into the possibilities of dry manure fermentation.
- Research into the possibilities of mono manure fermentation (without using manure).
- Research into the possibilities of becoming self-supporting in energy via small-scale biofuel production.
- Further detailing of the possibilities of linking companies from different sectors around manure fermentation and small-scale biofuel production
- Amassing existing knowledge about the contribution made by fermented manure to the composition of organic matter in the soil and the effect of using fermented manure on yield and nitrogen cycle.
- Amassing existing knowledge about cultivation, processing and production of rapeseed oil and/or biodiesel at farm level. And selling by products to organic animal husbandry and/or fermentation.
- Developing combinations of techniques to generate sustainable energy that offer joint new opportunities.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
1.1	Doelstelling	1
1.2	Afbakening	1
1.3	Leeswijzer	2
2	Beschrijving biologische sector	3
2.1	Aantallen biologische bedrijven en bedrijfsomvang	3
2.2	Bedrijfstypen	4
2.3	Mestproductie	5
2.4	Specifieke regelgeving in de biologische landbouw	6
2.4.1	Diervoer	6
2.4.2	Mestgebruik	6
2.5	Direct en indirect energieverbruik in de biologische landbouw	7
2.6	De beginselen van de biologische landbouw	8
3	Vergisting van biomassa	10
3.1	Achtergronden mestvergisting	10
3.1.1	Basisprincipe	10
3.1.2	Procesvariabelen	11
3.1.3	Mestvergistingsinstallatie	11
3.1.4	Mest als uitgangspunt	12
3.1.5	Co-vergisting	13
3.1.6	Gasgebruik	14
3.2	Uitgangspunten voor een economische berekening	14
3.3	Gevolgen van mestvergisting	15
4	Productie en gebruik van biobrandstoffen	16
4.1	Welke biobrandstoffen zijn er?	16
4.1.1	Pure Plantaardige Olie (PPO)	16
4.1.2	Biodiesel	16
4.1.3	Bio-ethanol	17
4.1.4	Biogas	17
4.2	PPO/biodiesel	17
4.2.1	Biologische koolzaadteelt	17
4.2.2	Eigen brandstofteelt	18
4.2.3	Biologische koolzaadteelt voor biobrandstoffen nationaal bekeken	19
4.2.4	Bijproducten koolzaadteelt	21
4.3	Bio-ethanol	22
4.3.1	Bio-ethanol productie uit suikerhoudende gewassen	22
	Bio-ethanol productie uit zetmeelhoudende gewassen	22
	Biologische teelt van gewassen voor bio-ethanol	23

4.3.2	Bio-ethanol op een nationale schaal bekeken	23
4.4	Biogas	24
5	Thermische conversie van biomassa	25
5.1	Verbranding van biomassa	25
5.1.1	Houtgewassen	25
5.1.2	Houtgewassen ter voorkoming van uitspoeling in de veeteelt	26
5.1.3	Snoei en dunningshout	26
5.1.4	Verbranding van andere gewassen en gewasdelen	27
5.1.5	Gebruik van assen	27
5.2	Vergassing biomassa	28
5.3	Pyrolyse	28
6	Specifieke eisen en kansen voor de biologische sector	29
6.1	Vergisting	29
6.2	Productie van biobrandstoffen	30
6.3	Verbranding van biomassa	31
7	Conclusies en aanbevelingen voor verder onderzoek	32
7.1	Conclusies	32
7.2	Aanbevelingen	32
	Literatuur	33
	Bijlagen	35
Bijlage 1	Auteurs	35

1 Inleiding

Naast de traditionele productie van voedsel en veevoer ontstaat er in de landbouw de laatste jaren steeds meer belangstelling voor de productie van energie. Daarbij kan gedacht worden windenergie, zonne-energie, de vergisting van mest en aan de teelt van (energie)gewassen die ingezet worden bij de productie van biobrandstoffen of als co-vergistingsmateriaal kunnen dienen. De productie van energie in de landbouw is nauw verweven met de koolstof- en nutriëntenkringloop.

Ook in de biologische landbouw is interesse ontstaan voor de mogelijkheden die de productie van energie biedt. Net als in de gangbare landbouw zijn economische motieven (toenemend bedrijfsrendement) aanleiding deze mogelijkheden verder te onderzoeken. Daarnaast sluit energieproductie aan bij het streven naar duurzaamheid dat een grote rol speelt in de intenties van de biologische landbouw. Zo wordt door de vergisting van mest en co-producten de broeikasgasemissie verlaagd en biedt het een uitgelezen mogelijkheid voor samenwerking tussen plantaardige en dierlijke sectoren. Door aanvoer van organische materialen voor co-vergisting ontstaat verder een mogelijkheid om het gat in de mineralenbalans op sectoraal niveau (gedeeltelijk) te dichten. Verder worden er in de biologische plantaardige sector al veel mest en co-producten aangevoerd als meststof die ook geschikt zijn voor vergisting en zodoende tot meerwaarde gebracht kunnen worden. Tenslotte zou vergisting positief kunnen bijdragen aan de ambitie om zo min mogelijk energie met fossiele oorsprong te verbruiken. Het wordt wellicht zelfs mogelijk om van netto verbruiker van energie een netto leverancier van energie te worden. Soortgelijke afwegingen gelden ook voor andere vormen van energieopwekking.

Aan de andere kant wordt soms sceptisch aangekeken tegen de netto hoeveelheid energie die geproduceerd wordt of bestaan principiële bezwaren tegen sommige vormen van energieproductie. Zo wordt verschillend gedacht over vergisting en de toepassing van het digestaat dat ontstaat bij vergisting. Vooral angst voor insleep van afvalstoffen, onkruidzaden en ziekten en het mogelijke negatieve effect van digestaat op bodemkwaliteit (met name organische stof) spelen een rol.

Naast een overzicht van de mogelijkheden voor energieopwekking is er daarom behoefte aan inzicht in de consequenties (in positieve en negatieve zin) die energieopwekking heeft voor de biologische sector. Toetsing van de uitgangspunten bij energieopwekking aan de biologische intenties is gewenst evenals een visie op de optimale schaalgrootte.

Vanuit het programma Bioconnect is aan de divisie Veehouderij van de Animal Sciences Group van Wageningen UR (ASG) opdracht gegeven een aanzet te geven voor de beantwoording van deze vragen. De productwerkgroepen zuivel & rundvlees en akkerbouw & vollegrondsgroenten zijn inhoudelijk betrokken bij het project. Bij de uitvoering van het project zijn verder de businessunit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroente van het Praktijkonderzoek Plant en Omgeving van Wageningen UR (PPO-AGV) en het Louis Bolk Instituut (LBI) betrokken.

1.1 Doelstelling

Doelstelling van het project zijn:

- Inventariseren van perspectievolle mogelijkheden voor de opwekking van duurzame energie in de biologische sector;
- Benoemen van de specifieke consequenties en kansen;
- Formuleren van plan van aanpak voor een vervolgproject in 2007 voor verder uitdieping.

1.2 Afbakening

De opwekking van duurzame energie uit wind of zon heeft weinig verband met de specifieke eigenschappen en eisen van de biologische sector. Daarom wordt er in dit rapport geen aandacht aan geven. Alleen vormen van energieopwekking die gebruik maken van biomassa worden besproken. Verder beperkt de inventarisatie zich tot de op dit moment op praktijkschaal beschikbare en bewezen technologie. Technologie die nog in de ontwikkelfase zit wordt niet bij de inventarisatie betrokken. Dit houdt in dat alleen de thermische omzetting van biomassa, de teelt of het gebruik van biomassa voor de productie van biobrandstoffen en de anaerobe fermentatie van biomassa wordt besproken.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt een korte beschrijving gegeven van de biologische landbouw en wordt specifieke regelgeving die van belang is voor dit onderwerp benoemd. In hoofdstuk 3, 4 en 5 komen de verschillende opties voor energieopwekking aan de orde. In hoofdstuk 6 worden de specifieke consequenties en kansen voor de biologische sector van de verschillende mogelijkheden voor energieopwekking aan de orde en in hoofdstuk 7 worden tenslotte conclusies en aanbevelingen geformuleerd.

2 Beschrijving biologische sector

In deze paragraaf wordt de biologische sector in Nederland en zijn omvang beschrijven. Het doel hiervan is een overzicht te geven van de aantallen en grootte van de bedrijven om zo een indruk te krijgen van de potentieel te verbouwen hoeveelheden biomassa of de te vergisten hoeveelheden mest, zowel op nationaal als bedrijfsniveau. Daartegenover staat het energieverbruik van de sector dat in een aparte paragraaf wordt besproken. Tenslotte volgt een korte uitwijding over de principes van de biologische landbouw, in het kader waarvan potentiële energieproductie geplaatst moet worden.

2.1 Aantallen biologische bedrijven en bedrijfsomvang

Cijfers over de omvang van de biologische landbouw in Nederland worden op verschillende plaatsen verzameld. Het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) heeft cijfers beschikbaar tot en met het jaar 2004. Ook de stichting Biologica verzameld gegevens in de jaarlijkse EKO-monitor en baseert deze deels op cijfers van het CBS en deels op cijfers van de certificeringsorganisatie stichting Skal.

Het totale oppervlak aan biologisch landbouwgrond, inclusief tuinbouw, braakland en snelgroeiend hout, bedroeg volgens het CBS in 2004 39.720 hectare. Dat is 2,1% van het totale landbouwareaal. Zowel het absolute biologische areaal als het relatieve aandeel in het totale areaal is de afgelopen jaren gestegen. De stijging bedroeg ten opzichte van 2003 6,3% en ten opzichte van 2000 zelfs 48%. De toename van het biologische areaal in 2004 ten opzichte van 2003 werd vooral veroorzaakt door een toename in akkerland en grasland.

In 2004 waren er 1.201 biologische bedrijven terwijl er in dat jaar in totaal 83.885 land- en tuinbouwbedrijven waren in Nederland. Het aandeel biologische bedrijven bedroeg dus 1,4%. Wat opvalt is dat het aandeel biologische combinatiebedrijven (gemengde bedrijven) hoger ligt namelijk op 2,5% van het totaal aantal gemengde bedrijven. Van de biologische bedrijven zijn de meest bedrijven gespecialiseerder bedrijven met graasdieren (46%) gevolgd door gemengde bedrijven (17%) en akkerbouwbedrijven (15%). Bij de gangbare bedrijven ligt het aandeel graasdierbedrijven nog wat hoger (50%) maar volgen akkerbouwbedrijven op de tweede plaats met 13%.

Wat betreft bedrijfsgrootte uitgedrukt in hectares valt op dat vooral de kleinere bedrijven (<20 ha) oververtegenwoordigd zijn in de biologische sector. In 2004 waren er 43 bedrijven met een omvang van meer dan 100 hectare en 166 bedrijven met 50-100 hectare.

Volgens de EKO-monitor besloeg het areaal biologische landbouw in Nederland in 2005 een oppervlakte van 48.765; dat was 600 hectare meer dan in 2004. Verschillen met de cijfers van het CBS worden veroorzaakt doordat het CBS criteria stelt voor het meetellen van een bedrijf (bijvoorbeeld een minimum bedrijfsgrootte) en doordat de EKO-monitor telt via certificeringsgegevens van de stichting Skal. In Tabel 1 is de totale areaal, het aantal bedrijven en de gemiddelde bedrijfsgrootte voor 2004 weergegeven. In tabel 2 is de verdeling over de verschillende provincies in 2005 weergegeven.

Tabel 1 Gegevens van biologische bedrijven in Nederland in 2004 (CBS, 2007)

Type	Akkerbouw	Tuinbouw	Blijvende teelt	Graasdier	Hokdier	Combinaties	Totaal
Aantal bedrijven	180	135	77	552	59	198	1201
Totale oppervlakte (ha)	9493	584	442	23175	352	5673	39720
Oppervlak per bedrijf (ha)	52,7	4,3	5,7	42,0	6,0	28,7	33,1

Tabel 2 Areaal (ha) biologische landbouw in 2005 per provincie, uitgesplitst naar gewasgroep (EKO-monitor, 2005)

Provincie	AGF	Graan	Gras/voeder	Overig	Totaal	Aandeel (%)
Flevoland	3334	1599	2094	692	7719	8,5
Gelderland	353	999	4512	619	6483	2,7
Overijssel	72	552	3366	1884	5874	2,8
Friesland	245	113	4161	886	5405	2,3
Noord-Brabant	704	380	3578	495	5157	1,9
Groningen	153	404	3654	487	4698	2,8
Noord-Holland	228	169	3859	72	4328	3,1
Drenthe	44	444	1851	398	2737	1,8
Zuid-Holland	468	164	1707	84	2423	1,7
Utrecht	76	125	1697	37	1935	2,8
Zeeland	605	212	222	82	1121	0,9
Limburg	99	145	542	99	885	0,9
Totaal	6381	5306	31243	5835	48765	2,5

Eind 2005 waren er 1.468 primaire bedrijven aangesloten bij stichting Skal waarvan er 1.377 gecertificeerd waren. Dit aantal groeit met een 50 - 100 per jaar. De gemiddelde bedrijfsgrootte was in 2004 volgens het CBS 33,1 hectare. De EKO-monitor noteerde eind 2005 een gemiddelde omvang van de gecertificeerde bedrijven van 33,2 hectare. Dit is groter dan de gemiddelde omvang in de totale landbouw die in 2004 op 23 hectare lag en al jaren min of meer stabiel is. De gemiddelde omvang van biologische bedrijven neemt elk jaar toe. Waarschijnlijk heeft dit te maken met het toenemende aandeel natuurlandschap op de bedrijven.

2.2 Bedrijfstypen

In de plantaardige sector wordt de bedrijfstypering vooral bepaald door de geteelde gewassen. Tabel 3 geeft een overzicht van de geteelde gewassen in Nederland op biologische bedrijven en het aantal bedrijven dat deze gewassen teelt.

Tabel 3 Overzicht van biologische teelten in 2004 in aantal bedrijven en oppervlak met tussen haakjes het aandeel in totale landbouw (CBS, 2007)

Gewas	Omvang (ha)	Aantal bedrijven
Granen	5.366 (2,7%)	433
Peulvruchten	559 (5,4)	68
Graszaad	113 (0,4%)	21
Koolzaad	6 (0,4%)	3
Pootaardappelen	323 (0,5%)	63
Consumptieaardappelen	1.031 (1,2%)	199
Zetmeelaardappelen	24 (0,0%)	5
Suikerbieten	871 (0,9%)	119
Voederbieten	4 (1,6%)	8
Luzerne	1.016 (17,0%)	52
Snijmais	1.341 (0,6%)	219
Korrelmais	227 (1,0%)	41
CCM	78 (1,1%)	13
Uien	733 (2,8%)	120
Overig	377 (4,0%)	66

De dierlijke sector wordt vooral gekarakteriseerd door het aantal bedrijven met vee en aantallen dieren.

Tabel 4 geeft een overzicht van de aantallen dieren in Nederland op biologische bedrijven en het aantal bedrijven dat deze dieren houden.

Tabel 4 Overzicht van biologische bedrijven met vee in 2004 in aantal bedrijven en aantal dieren met tussen haakjes het aandeel in totale veehouderij (CBS, 2007)

Diersoort	Aantal dieren	Aantal bedrijven
Melkvee inclusief jongvee	29061 (1,1%)	384
Vleeskalveren	1067 (0,1%)	26
Vlees- en weidevee	9659 (2,6%)	255
Biggen	22932 (0,5%)	64
Vleesvarkens	24918 (0,5%)	106
Fokvarkens	5616 (0,5%)	72
Schapen	25963 (2,1%)	215
Paarden en Pony's	1042 (0,8%)	197
Geiten	23894 (8,5%)	140
Leghennen	558858 (1,6%)	105
Vleeskuikens	58360 (0,1%)	12
Ouderdieren	4350 (0,1%)	1
Overig pluimvee	10376 (4,3%)	4

Volgende de EKO-monitor waren er in 2005 57 bedrijven met biologische fokvarkens en 80 met biologische vleesvarkens. In totaal waren er in 2005 3.580 fokvarkens. Er waren in 2005 123 legpluimveehouderijen met gemiddeld 4.200 kippen per bedrijf, 325 gecertificeerde biologische melkveehouderijen met gemiddeld zo'n 50 koeien per bedrijf en 65 gecertificeerde melkgeitenbedrijven met zo'n 200 tot 300 geiten per bedrijf. De gegevens van het aantal stuks rundvee in 2005 zijn weergegeven in Tabel 5. Deze gegevens overlappen elkaar, aangezien meerdere soorten dieren op eenzelfde bedrijf gehouden kunnen worden.

Tabel 5 Gegevens van de aantallen biologisch rundvee in Nederland in 2005 (Bron: Stichting Skal bewerkt door LEI)

	Aantal bedrijven	Aantal dieren
Melkkoeien	305	15.898
Pinken	355	6.628
Kalveren	351	5.927
Weide- en zoogkoeien	186	3.762
Vleeskalveren	94	1.840
Vleesstieren	122	2.087
Dekstieren	79	127

2.3 Mestproductie

Sterk gelieerd aan het aantal dieren in de biologische sector is de beschikbaarheid van mest. Prins (2005) geeft een overzicht van het aanbod van dierlijke mest in tonnen N per jaar (tabel 6). Er wordt gesteld dat door de invoer van de nieuwe mestwetgeving, er in de graasdierensector (melkkoeien, vleeskoeien, melkgeiten, melkschape en vleeschape) en vooral bij de geitenbedrijven een mestoverschot is ontstaan door de hoge veebezetting. Dat betekent dat deze bedrijven meer mest produceren dan ze op hun eigen land kwijt kunnen. Door de verplichting van andere biologische bedrijven dat de gebruikte dierlijke mest van biologische oorsprong moet zijn heeft dit mestoverschot op bedrijfsniveau een hogere waarde dan in de gangbare landbouw.

Tabel 6 Mestproductie in de biologische landbouw in 2003 in ton N per jaar (Prins, 2005)

	Totaal	Excretie op land	Stalmest
Melkrundvee	2238	866	1372
Vleesrundvee	550	274	276
Melkgeiten	133	19	114
Melkschape	35	13	22
Vleeschape	195	149	45
Fokzeugen	76	9	67
Varkens	122	0	122
Moederdieren	10	2	8
Legkippen	110	22	88
Vleeskippen	23	0	23
Totaal	3492	1354	2137

2.4 Specifieke regelgeving in de biologische landbouw

In de biologische landbouw gelden er regels voor het gebruik van diervoer en mest. Deze kunnen van belang zijn voor mogelijk (her)gebruik van deel of restproducten van biomassa na energieproductie hieruit. Daarom willen we kort de geldende regelgeving voor de biologische landbouw op een rijtje zetten.

2.4.1 Diervoer

Aan diervoer voor de biologische landbouw worden eisen gesteld. Voor runderen, geiten en schape geldt dat minimaal 60% (op basis van drogestof) van het dagrantsoen uit ruwvoer moet bestaan. Dit ruwvoer moet altijd volledig biologisch zijn. In het totale dagrantsoen voor deze dieren mag tot 31 december 2007 maximaal 5% (op basis van drogestof) van gangbare oorsprong zijn. Vanaf 2008 moet zelfs 100% biologisch zijn. Voor varkens en pluimvee mag tot en met 2011 een afnemend gedeelte van het voer gangbaar zijn. Voor de voeding van rundvee worden vooral binnen de intensieve biologische veeteelt problemen verwacht. Bovendien moet het voer bij voorkeur van het eigen bedrijf afkomstig zijn. Toevoegingen aan het rantsoen mogen uitsluiten als ze vallen in een van de categorieën in de daarvoor opgezette lijst van toegestane toevoegingen (bijlage II C en D van de EU verordening 2092/91. Meer informatie is te vinden in het Informatieblad Regelgeving Dierlijke Productie op www.skal.nl. Deze informatiebladen regelgeving zijn een beschrijving in gewone taal van de geldende verordeningen. In de EU-verordening 2092/91 is een uitgebreide lijst van toegestane diervoers en toevoegmiddelen opgenomen.

2.4.2 Mestgebruik

In de laatste jaren zijn twee belangrijke wijzigingen ten aanzien van het gebruik van mest in de biologische sector ingevoerd. Dat zijn de maximale bemestingsnorm van 170 kg N/ha en de eis dat minimaal 35 kg N/ha daarvan een biologische oorsprong moet hebben (Prins, 2005). Uitgangspunt van de regelgeving is dat op biologische bedrijven alleen dierlijke mest of compost van biologische oorsprong worden gebruikt. In de situatie, dat er een tekort bestaat aan mest op een biologisch bedrijf en het niet mogelijk is dit uit biologische bronnen aan te vullen mag aanvullende bemesting van gangbare oorsprong worden toegepast. Wel geldt de regel dat van de totale hoeveelheid mest tenminste 35 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ van biologische oorsprong moet zijn. Additionele behoefte mag aangevuld worden met mest van gangbare oorsprong, echter aan de bedrijven waarvan de gangbare mest komt worden dan een aantal voorwaarden aangaande grondgebondenheid, intensiteit en dierwelzijn gesteld. Voor vloeibare (drijf)mest geldt verder de gebruiksvoorwaarde dat de mest vergist, verdund of belucht moet zijn voor toepassing. Dat een mestleverend gangbaar bedrijf hieraan voldoet moet het bedrijf zelf, of het bedrijf waaraan geleverd wordt, aantonen. Meer informatie is te vinden in het Informatieblad Regelgeving Plantaardige Productie op www.skal.nl. In de EU-verordening 2092/91 is een uitgebreide lijst van toegestane meststoffen en bodemverbeteraars opgenomen. Ook pure biomassa (zonder toevoeging van mest) mag, mits vergist of gecomposteerd, als meststof gebruikt worden.

2.5 Direct en indirect energieverbruik in de biologische landbouw

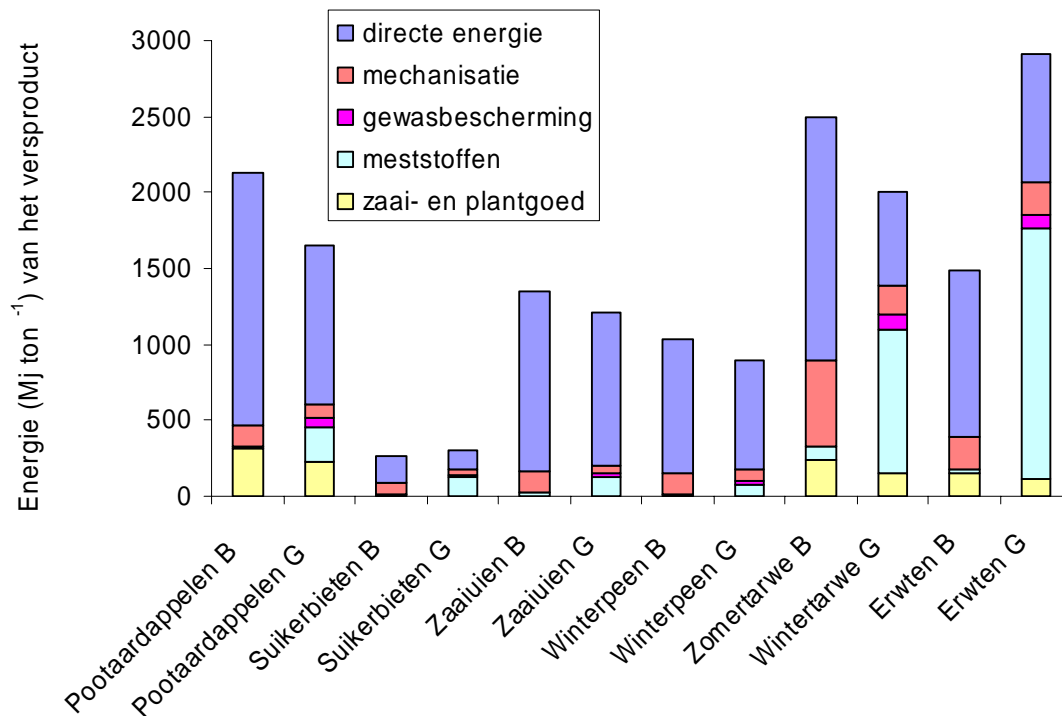
Algemene doelstelling van de biologische landbouw is zo weinig mogelijk gebruik te maken van niet hernieuwbare grondstoffen. Ook energie uit fossiele bronnen valt hieronder. Naast het inventariseren van de mogelijkheden om energie te produceren is het daarom ook raadzaam de mogelijkheden te onderzoeken van energiebesparing of vervanging van energie uit fossiele, niet hernieuwbare, bronnen door energie uit hernieuwbare bronnen. In het kader van dit onderzoek is het echter niet mogelijk alle aspecten daarvan te overzien. Daarom wordt volstaan met twee voorbeelden. In het eerste voorbeeld is gekozen voor het directe en indirecte energieverbruik bij de teelt van zomergerst. Gegevens zijn afkomstig van Jørgensen *et al.* (2005). Deze typerende energiebalans voor biologische en gangbare productie van zomergerst is bepaald voor een bedrijf op een zandgrond met irrigatie in Denemarken en is weergegeven in Tabel 7. Hieruit blijkt dat in het geval van zomergerst, de directe energie nodig voor de biologische productie groter is dan die voor de gangbare. Het verschil zit vooral in een hoger brandstofverbruik, dat bij de biologische productie in het voorbeeld bijna 50% hoger is! Dit ontstaat door meer mechanische onkruidbestrijding en het uitrijden van dierlijke mest. Het indirecte energieverbruik daarentegen is hoger in de gangbare landbouw. Dit komt vooral door bemesting met kunstmest: in de biologische landbouw is dat niet toegestaan. Over het geheel gezien kostte de productie van zomergerst in ons voorbeeld per hectare net wat minder energie (10 %) voor de biologische teelt dan in de gangbare teelt.

Tabel 7 Energie balansen in MJ per hectare voor de productie van zomergerst op een biologisch en gangbaar bedrijf op zandgrond met irrigatie in Denemarken (Jørgensen *et al.*, 2005)

Directe energie	Gangbaar	Biologisch
Brandstof	3,4	5,0
Smeermiddelen	0,3	0,4
Beregening	1,5	1,5
Drogen	0,5	0,4
Subtotaal	5,7	7,3
Indirecte energie		
Machines	1,1	1,6
Bemesting en kalk	6,7	0,1
Pesticiden	0,3	0
Subtotaal	8,1	1,7
Totaal energieverbruik	13,8	9,0
Opbrengst (SFU)	5000	3600
Energetische efficiency (10^6 J/SFU)	2,8	2,5

Onderzoek in Nederland ondersteunen bovengenoemde cijfers. Bij voorbeeld in Bote *et al.*, 2006 en Bos *et al.*, 2007. Het tweede voorbeeld is uit deze de recent verschenen modelstudie van Bos *et al.* (2007) genomen. Deze studie laat het energieverbruik zien van twee modelbedrijven voor de Nederlandse biologische en gangbare landbouw, op kleigrond. Beide modelbedrijven hadden een rotatie van zes vergelijkbare gewassen (figuur 1).

Figuur 1 Energieverbruik in MJ per ton vers product van een biologische en een gangbare modelbedrijf (50 ha) op kleigrond. B=biologisch, G = gangbaar (met kunstmest). Rotaties op beide bedrijven bevatten de bovenstaande 6 gewassen. Bron: Bos *et al.*, 2007



Deze gegevens laten een grote variabiliteit van energieverbruik tussen de verschillende gewassen zien en een iets lager energieverbruik per hectare voor de biologische bedrijven. Wanneer dezelfde gegevens worden uitgedrukt per eenheid product is het energieverbruik van de biologische teelt in veel gevallen even hoog of hoger (afhankelijk van gewassen) dan dat van de gangbare teelt. De bovenstaande gegevens zijn gebaseerd op slechts twee modelbedrijven en kunnen in de praktijk variëren. Temeer omdat er meestal geen sprake van soortgelijke gewasrotaties voor gangbare en biologische landbouw. Deze resultaten geven echter wel een algemeen beeld weer: het totale energieverbruik van de biologische teelt is (in ieder geval per eenheid product) van vergelijkbare orde van grote dan dat van de gangbare sector. Bovendien is de directe energie (vooral brandstof) de belangrijkste factor in het totale energieverbruik. Deze resultaten stemmen overeen met de eerder genoemde studie van Jørgensen *et al.* (2005). Vooral in het directe energieverbruik zijn er echter ook mogelijkheden om tot een verduurzaming te komen door besparing of de productie van duurzame energie.

2.6 De beginselen van de biologische landbouw

De vraag die nu voor de hand ligt is of energieproductie bij de ideeën van de biologische landbouw past. Hiertoe lijkt het relevant, deze ideeën kort te bespreken in het kader van energieproductie. In 2005 is door het IFOAM een eerste aanzet gemaakt tot het formuleren van de beginselen waarop de biologische landbouw wereldwijd gebaseerd is (www.ifoam.org/about_ifoam/principles/index.html). In het kort zijn deze de volgende vier:

- Gezondheid. Het in stand houden en versterken van de gezondheid van bodem, plant, dier, mens op allerlei niveau.
- Ecologie. De biologische landbouw moet gebaseerd zijn op levende ecologische systemen en kringlopen, met hen meewerken, ze versterken en in stand houden.
- Rechtvaardigheid. Biologische landbouw moet gebaseerd zijn op relaties die rechtvaardigheid waarborgen m.b.t. de gemeenschappelijke omgeving en ontwikkelingsmogelijkheden.
- Zorg en verantwoordelijkheid voor het welzijn van de huidige en toekomstige generaties en hun leefomgeving te beschermen.

In het algemene kan na het zien van de energiebalansen van de biologische landbouw geconcludeerd worden dat de productie van energie goed past bij het eerste, tweede en vierde beginsel van de biologische landbouw. Het gaat immers om het tegengaan van het gebruik van eindige fossiele energie.

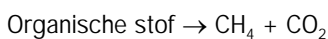
Daarnaast zijn er een aantal andere aspecten van belang. Zo moet in de biologische landbouw de bodemvruchtbaarheid op peil gehouden worden, moet de teelt mogelijk zijn zonder al te veel risico's op ziekten en plagen, moeten nutriëntverliezen zoveel mogelijk worden tegengegaan en moet de biodiversiteit zoveel mogelijk in stand worden gehouden (Timmermans & Koopmans, 2007). Energieteelten kunnen prima bij deze doelstellingen passen en ook voor de biologische landbouw lijkt dit dan ook een belangrijke kans. De manier waarop energie wordt geproduceerd moet echter nadrukkelijk bij deze kansen betrokken worden.

3 Vergisting van biomassa

3.1 Achtergronden mestvergisting

3.1.1 Basisprincipe

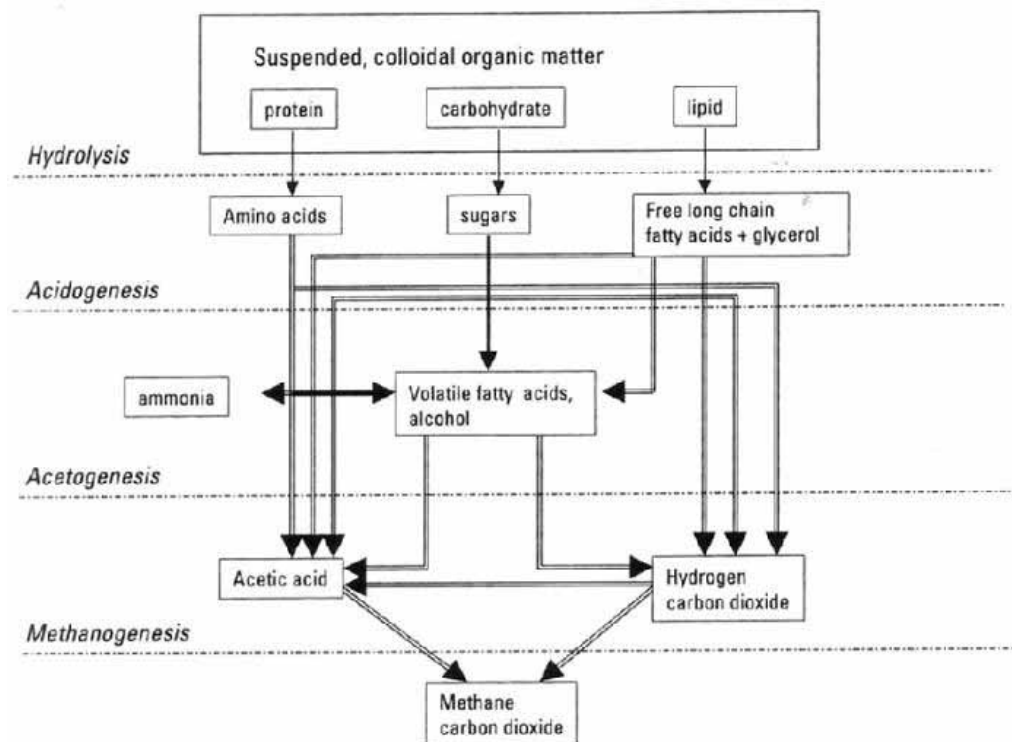
Net als compostering is vergisting een gecontroleerde afbraak van organische stof door microbiologische activiteit waarbij energie vrijkomt. Het belangrijkste verschil met compostering is echter dat deze afbraak zonder zuurstof plaatsvindt. Vergisting is dus een anaeroob proces. De energie die door de afbraak van organische verbindingen bij compostering vrijkomt als warmte, wordt bij vergisting opgeslagen in de vorm van biogas dat voor een belangrijk deel uit methaan bestaat. Deze energie in het biogas kan door verbranding vrijkomen en worden gebruikt voor de opwekking van elektriciteit en/of warmte. Het proces van vergisting is op sterk vereenvoudigde manier weer te geven als:



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

- Hydrolyse. Tijdens de hydrolyse worden onoplosbare organische componenten zoals eiwitten, vetten en koolhydraten, omgezet in kleinere oplosbare delen zoals aminozuren, lange vetzuurketens, suikers en glycerol.
- Zuurvorming. In de volgende stap worden de eindproducten van de hydrolyse omgezet in vluchtige vetzuren en alcohol. In deze fase komt ook de organisch gebonden stikstof in opgeloste vorm vrij.
- Azijnzuurvorming. Uit de vluchtige vetzuren of rechtstreeks uit de hydrolyseproducten wordt azijnzuur en waterstof gevormd.
- Methaanvorming. In de laatste fase maken bacteriën uit waterstof, azijnzuur en kooldioxide het biogas, een mengsel van methaan en kooldioxide.

Figuur 2 Schematisch overzicht van de vier stappen in het methaanvormingsproces (Sanders)



3.1.2 Procesvariabelen

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

Temperatuur

Vergisting kan in verschillende temperatuurtrajecten plaatsvinden met bij elk traject een groep, aan deze temperatuur aangepaste, bacteriën. Over het algemeen worden drie soorten temperatuurtrajecten onderscheiden. Bij *psychrofiële vergisting* ($< 20^{\circ}\text{C}$), ook wel koude vergisting genoemd, wordt het te vergisten mengsel niet verwarmd. Het is dus vergisting bij omgevingstemperatuur. Onder Nederlandse omstandigheden betekent dit dat de verblijftijd van het te vergisten mengsel lang moet zijn om een redelijke biogasopbrengst te bereiken. Het volume van de vergister neemt daardoor sterk toe. Deze manier van vergisten is onder Nederlandse omstandigheden over het algemeen daarom economisch niet interessant. *Mesofiele vergisting* vindt plaats bij temperaturen tussen 20 en 40 °C. Het te vergisten mengsel wordt op temperatuur gebracht met warm water. Dit water is over het algemeen afkomstig van de warmte geproduceerd door de gasmotor waarin het biogas verbrand wordt. Bij *thermofiele vergisting* ligt de temperatuur tussen de 50 en 60 °C. Ook hier wordt deze temperatuur bereikt door het te vergisten materiaal op te warmen met koelwater van de gasmotor. Het voordeel van thermofiele vergisting ligt in de kortere verblijftijden en daardoor de kleinere en goedkopere installaties en het grotere effect van doding van pathogenen. Aan de andere kant is het mesofiele vergistingsproces stabielier waardoor de kans op verstoring minder is. Dit is vooral van belang als de te vergiste stromen (mest en overige biomassa) wisselends qua hoeveelheid of samenstelling zijn. Veranderingen in temperatuur hoeven niet direct te leiden tot verstoring van het proces. Binnen bepaalde marges kan de bacteriepopulatie zich aanpassen aan veranderende omstandigheden mits deze niet plotseling plaatsvinden.

Zuurgraad (pH)

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

Verblijftijd

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

Afbreekbaarheid organische stof

Organische stof is een overkoepelende term voor het koolstofbevattende deel van de droge stof. Binnen dat deel wordt dan ook weer verder onderscheidt gemaakt. De afbreekbaarheid van de organische stof door microbiële activiteit kan echter sterk verschillen en daarmee de gasopbrengst per eenheid ingebracht materiaal. Bepaling van het chemisch of biologisch zuurstofverbruik (CZV, BZV) geven indicaties voor de afbreekbaarheid van de aanwezige organische stof en daarmee van de potentiële grasopbrengst van het te vergisten materiaal.

3.1.3 Mestvergistingsinstallatie

Om de hierboven beschreven processen op grote schaal goed te laten verlopen vind vergisting plaats in speciaal daarvoor ontworpen installaties. Vooral de laatste decennia heeft zich op dit gebied een grote ontwikkeling voorgedaan in landen als Duitsland en Denemarken. In Duitsland heeft men lange tijd vooral gewerkt aan kleinschalige vergisters, bedoeld voor één of een paar boeren. In Denemarken is met vrijwel direct begonnen met het opzetten van coöperaties waarin mestvergisting op een grootschalige manier werd georganiseerd. De ontwikkelingen in de Nederland lijken voorlopig nog niet die kant op te gaan maar de initiatieven die van de grond komen bestaan vaak wel uit een samenwerkingsverband van een aantal veehouders of akkerbouwers. Installaties kunnen grofweg aan de hand van drie criteria ingedeeld worden: aard van het materiaal (droog of nat), temperatuurtraject (mesofiel of thermofiel) en continue of batch vergisting. De meest eenvoudige installatie is een volledig gemengde continue vergister voor verpompbaar materiaal die in het mesofiele temperatuurtraject werkt. Omdat verwacht wordt dat dit type vergister in Nederland vooral opgang zal maken wordt in het vervolg hiervan uitgegaan en wordt de installatie hieronder kort beschreven.

Een volledig gemengde vergister is in feite een opslageenheid die geschikt is gemaakt voor vergisting door het aanbrengen van isolatie, een warmtewisselaar waarmee de inhoud op temperatuur gebracht wordt en een gasdichte overkapping waarin het biogas dat ontstaat wordt opgevangen en opgeslagen (zie Figuur 3). In de vergister bevindt zich het te vergisten materiaal dat voortduren gemengd wordt. Regelmatig wordt nieuw materiaal toegevoegd. Ook bestaande opslagunits kunnen worden omgebouwd tot vergisters, zij het dat daarbij het volume van de vergister niet meer kan worden afgestemd om aanbod en gewenste verblijftijd en het gasdicht maken van de overkapping problemen op kan leveren. Doordat het opgevangen biogas wordt afgekoeld condenseert de waterdamp en daalt de relatieve vochtigheid. Met het condensatiewater verdwijnt ook een groot deel van het ammoniak uit het gas. Verder wordt het gas biologisch gezuiverd van zwavelwaterstof door inbrengen van ongeveer 4 vol-% lucht. Vanuit de gasopslag wordt het gas naar een gasmotor gebracht waar het dient als brandstof. Deze gasmotor of warmte-krancht koppeling (WKK) drijft een generator aan die elektriciteit opwekt (zie Figuur 4). Van deze opgewekte elektriciteit is ongeveer 5% nodig voor de vergistingsinstallatie zelf. De warmte uit het koelcircuit van de motor en de uitlaatgassen wordt gebruikt voor opwarming van het te vergisten materiaal. Daarvoor is ongeveer 25% van de opgewekte warmte voor nodig.

Figuur 3 Volledig gemengde vergister



Figuur 4 Gasmotor geschikt voor de verbranding van biogas en de opwekking van elektriciteit en warmte



3.1.4 Mest als uitgangspunt

Bij mest vergisting wordt de basis wordt gevormd door de mestproductie. Deze mestproductie is afhankelijk van het aantal aanwezige dieren, voor melkvee aangevuld met het productieniveau en het beweidingregime dat door de veehouder wordt gehanteerd. Bij varkens speelt de voedermethode een rol. Uitgangpunten voor de berekening van de mestproductie staan weergegeven in de laatste versie van de Kwantitatieve Informatie Veehouderij (Hemmer *et al.*, 2005). Dierlijke mest bevat van nature bacteriën die de organische stof afbreken die na vertering in het maag-darm stelsel is overgebleven. De meeste mest in Nederlands wordt geproduceerd als

verpompbare drijfmest. In drijfmest heersen overwegend zuurstofloze omstandigheden waardoor het proces van biogasvorming al in de mestopslag op gang komt. Verder heeft mest een bufferende zuurwerking. Deze drie eigenschappen (verpompbaar, bufferende werking en aanwezigheid van methaanvormende bacteriën) maken drijfmest een geschikt materiaal voor vergisting. Drijfmest heeft echter een relatief laag organische stofgehalte. De gasopbrengsten per kg product zijn daardoor laag. Daarnaast is de in de mest aanwezige organische stof het restproduct van afbraakprocessen in het maagdarm stelsel waarbij de processen in de pens van herkauwers vergelijkbaar zijn met die in een vergister. Het relatief snel afbreekbare deel van de organische stof is daarmee al omgezet en benut voor onderhoud van het dier en productie van melk of vlees. Ook de gasopbrengsten per kg organische stof uit de mest zijn daardoor relatief laag. Hoewel mest dus goed als basismateriaal voor vergisting kan dienen is door organisch materiaal rechtstreeks aan de mest toe te voegen de gasopbrengst te verhogen zonder veel extra kosten te maken. Dit wordt co-vergisting genoemd.

3.1.5 Co-vergisting

Onder co-vergisting wordt de toevoeging van andere organische producten aan de mest verstaan. De hoeveelheid aanwezige mest biedt meestal onvoldoende basis om met mestvergisting te starten. Co-vergistingmateriaal wordt net voor vergisting aan de mest toegevoegd. Co-vergistingmateriaal is te onderscheiden in speciaal voor dit doel geteelde gewassen (bijvoorbeeld energiemais), gewassen of producten die niet speciaal voor energieproductie zijn geteeld of geproduceerd, resten afkomstig van andere niet voor dit doel geteelde gewassen (bijvoorbeeld bietenblad, prei loof), resten afkomstig van de verwerking van gewassen en producten door derden (bijvoorbeeld bietenpuntjes, aardappelstoomschillen) of andere reststromen uit voedings- en genotsmiddelenindustrie (bijvoorbeeld incidentele reststromen zoals 'reject' of 'recall' producten). Belangrijkste eigenschappen van co-vergistingsproducten zijn de prijs per eenheid product en de gasopbrengst. Deze gasopbrengst is afhankelijk van de samenstelling en de afbreekbaarheid van de organische stof in het materiaal. Wanneer de organische stof vooral als houtachtig materiaal aanwezig is zal de gasopbrengst duidelijk minder zijn dan wanneer de organische stof bestaat uit suikers, vetten of eiwitten.

Veel van de bovengenoemde producten mogen zonder meer aan als co-vergistingmateriaal aan de mest toegevoegd worden, voor andere gelden aanvullende eisen. Dat geldt bijvoorbeeld bij dierlijke bijproducten waarvoor eisen gelden die beschreven staan in de EU-verordening over bijproducten (1774/2002). Wanneer het vergiste eindproduct echter als dierlijke mest gebruikt wordt stelt met ministerie van LNV wel extra eisen aan de co-vergistingmaterialen. In dat geval mogen alleen producten vergist worden die zijn opgenomen op de zogenaamde positieve lijst en moet het mengsel van mest en co-vergistingproducten uit minimaal 50% mest bestaan. De bedoelde lijst is opgenomen in de Meststoffenbeschikking 1977 en onder andere te vinden op www.overheid.nl

Naast het co-vergisten van plantaardig materiaal samen met mest is het in principe ook mogelijk om alleen plantaardig materiaal te vergisten. Dit zou met name van belang kunnen zijn voor akkerbouwers. Vaak wordt deze vorm van vergisting aangeduid met droge vergisting maar dat is niet helemaal terecht. Van droge vergisting is sprake wanneer het materiaal in de vergister niet verpompbaar is. Hoewel plantaardig materiaal vaak een droge stofgehalte heeft waarbij het niet mogelijk is het te verpompen kan door de afbraak van organische stof tijdens vergisting wel een verpompbaar mengsel ontstaan.

Monovergisting van plantaardige biomassa wordt in Nederland nog vrijwel niet toegepast. In Duitsland is er inmiddels meer ervaring mee opgedaan. Daar is vooral sprake van monovergisting van mais. Belangrijkste verschil met co-vergisten van plantaardige biomassa met mest is de status van het eindproduct. Het eindproduct kan niet aangemerkt worden als dierlijke mest maar mag wel onder de BOOM-regeling (BOOM: Besluit Overige Organische Meststoffen) als meststof worden toegepast. Daar andere criteria die in deze regeling gelden zijn de toedieningsmogelijkheden van het vergiste eindproduct veel beperkter dan die van dierlijke mest. Een ander aspect is de stabiliteit van het vergistingsproces. Door het ammonium ammoniak evenwicht fungeert dierlijke drijfmest als een goede zuurbuffer. Wanneer geen mest wordt toegepast wordt het proces gevoeliger voor verstoringen, zeker wanneer afwisselend verschillende soorten biomassa wordt toegepast. Uit ervaring is gebleken dat installaties voor monovergisting na verloop van 2 à 3 jaar problemen krijgen met het procesverloop. De techniek voor droge vergisting wijkt behoorlijk af van die van vergisting van verpompbare producten. Er kan bijvoorbeeld niet continue vergist worden maar het materiaal wordt batchgewijst vergist. Dit betekent dat de installatie geladen wordt met materiaal dat gedurende een bepaalde tijd wordt vergist waarna de installatie weer wordt geopend en het vergiste materiaal wordt verwijderd. Dit heeft als nadeel dat bij elke batch het materiaal in het geheel weer op temperatuur moet worden gebracht en dat het vergistingsproces weer moet starten. In Nederland is geen ervaring met de droge vergisting van landbouwproducten. In de installatie van Biocell is Lelystad wordt GFT-afval samen met rest- en retourproducten uit de levensmiddelenindustrie vergist en daarna gecomposteerd.

3.1.6 Gasgebruik

Er zijn verschillende manieren waarop het biogas gebruikt kan worden. Biogas bestaat voor ongeveer 65% uit methaan en voor de rest uit kooldioxide (CO₂). Daarnaast bevinden zich sporen van ammoniak, zwavelwaterstof en andere koolwaterstoffen in het gas. Reiniging van het gas kan plaatsvinden door het te koelen waardoor de waterdamp condenseert en met opgelost ammoniak afgevoerd wordt. Zuivering van het schadelijke H₂S gebeurt door het inbrengen van lucht of met een actief koolstoffilter. Wanneer het biogas gebruikt wordt voor verbranding in een warmte krachtkoppeling of verbrandingsketel kan het, na reiniging, rechtstreeks gebruikt worden. Voor toepassing in het aardgasnet of als transportbrandstof moet het eerst ontdaan worden van het CO₂.

3.2 Uitgangspunten voor een economische berekening

Voor de berekening van de economische haalbaarheid van mestvergisting zijn de volgende uitgangspunten van belang.

- Mestproductie
- Co-vergistingsproducten
- Gasproductie
- Investeringsen. Op basis van de gemiddelde mestproductie per dag en de hoeveelheid co-vergistingsproducten en uitgaande van een verblijftijd van 50 dagen is de inhoud van de vergister te berekenen. Aan de hand van deze inhoud zijn de investeringen in silo, isolatie, overkapping, gasopslag, roerwerk en verwarming te berekenen. Investeringsen in de WKK vinden plaats op basis van het benodigde elektrische vermogen van de WKK. Belangrijke bijkomende kosten zijn die voor de aanpassing van de netaansluiting. Deze moet meestal verzwaaard worden. Kosten daarvoor hangen af van de locatie van de vergister ten opzicht van het openbare elektriciteitsnet. Naast voornoemde investeringen moet rekening worden gehouden met een aantal standaard posten zoals aanpassing van het verwarmingssysteem voor de benutting van de warmte in huis of stallen, bijkomende leidingwerk en de advisering, installering en het opstarten van de installatie. Wanneer voor co-vergisting gekozen wordt moet ook rekening gehouden worden met de opslag van het co-vergistingsmateriaal, een installatie om droog co-vergistingsmateriaal in de vergister te brengen en met investeringen in extra mestopslagcapaciteit. Voor de opslag van de co-vergistingsmaterialen kan meestal uitgegaan worden van een kuilplaat of sleufsilo en voor de opslag van de mest kan een foliebassin gebruikt worden. Uitgangspunten voor de berekening van het benodigde oppervlak en inhoud voor co-vergistingsmateriaal en mest zijn opgenomen in de laatste versie van KWIN-Veehouderij (Hemmer *et al.*, 2006), het Handboek Melkveehouderij (Roodbont, 2006) en het Handboek Snijmais (Groten *et al.*, 2005).
- Jaarkosten. Op basis van de investeringen kunnen jaarkosten voor afschrijving, rente en onderhoud berekend worden. Afschrijvings- en onderhoudspercentages zijn afhankelijk van verwachte levensduur en onderhoudsfrequentie. Dit zijn de vaste jaarkosten. De variabele jaarkosten bestaan uit arbeid, eventuele kosten voor aanschaf van co-vergistingsmateriaal, extra arbeid, de extra kosten voor mestafzet en de jaarlijkse accountantverklaring in verband met de MEP-vergoeding.
- Opbrengsten. Op basis van methaanproductie, verbrandingswaarden en omzettingsefficiëntie is de hoeveelheid opgewekte elektriciteit berekend. Van deze bruto hoeveelheid wordt 5% gebruikt voor de vergistingsinstallatie zelf. Na aftrek hiervan komt de netto opgewekte elektriciteit in aanmerking voor de MEP-subsidie. Deze subsidie komt voort uit de wet Milieukwaliteit Elektriciteitsproductie (MEP) en bedroeg tot 18 augustus 2006 € 0,097 per kWh. Per 18 augustus 2006 is de vergoeding echter op 0 eurocent gesteld. Afgezien van een overgangsregeling is het dus niet meer mogelijk om subsidie te krijgen op duurzaam opgewekte elektriciteit. Hoewel een herziening van deze wet is aangekondigd zal het naar verwachting nog tot eind dit jaar duren voordat daarover meer duidelijkheid is. Verder opbrengsten kunnen bestaan uit de verkoop van de opgewekte warmte. Hiervoor is echter geen eenduidig tarief te geven. Ook de rechtstreekse verkoop van het biogas aan een afnemer is een mogelijkheid die door het wegvallen van de subsidie op elektriciteit aantrekkelijker wordt. Dit gas kan dan ingezet worden voor de productie van warmte of als transportbrandstof. De prijs voor het biogas zal in dat geval afhangen van het gangbare alternatief. Bij de investering in een mestvergistingsinstallatie kan gebruik gemaakt worden van de EIA regeling (Energie Investeringsaftrek). De subsidie bedroeg in 2006 44% over het betaalde belastingtarief. De tarieven voor 2007 zijn nog niet bekend.

Op basis van deze gegevens is de economische haalbaarheid van mest- en co-vergisting uit te rekenen. Haalbaarheid wordt meestal uitgedrukt in de terugverdientijd in jaren of het rendement op het geïnvesteerde vermogen. Een goede maat voor de vergelijking met andere methoden van elektriciteitsopwekking is de kostprijs per kWh.

Uit haalbaarheidsstudies blijkt dat mestvergisting pas rendabel is bij een bedrijfsgrootte die overeen komt met een mestproductie van 4000 m³ drijfmest per jaar. Daarbij wordt dan uitgegaan van co-vergisting. Dit komt ongeveer overeen met 150 melkkoeien en een gesloten varkensbedrijf met 300 zeugen en 2400 vleesvarkens.

3.3 Gevolgen van mestvergisting

Het vergisten van mest heeft verschillende gevolgen op nationaal en bedrijfsniveau. Door de vergisting van mest wordt de uitstoot van methaan gereduceerd. Methaan is een broeikasgas dat bijdraagt aan de opwarming van de aarde. In Nederland wordt de uitstoot van methaan vooral veroorzaakt door de veehouderij. De voornaamste bron van methaan in de veehouderij is respiratie door herkauwers. Ongeveer 80% van de methaanuitstoot is het gevolg van de pensactiviteit van runderen, schapen en geiten. De overige 20% wordt veroorzaakt door anaerobe processen in mest. Door de mest te vergisten wordt deze emissie voorkomen. De methaan wordt opgevangen en omgezet in CO₂ dat een veel minder schadelijk effect heeft. Tegelijk wordt met het biogas elektriciteit opgewekt waarmee uitstoot van CO₂ tijdens de opwekking van grijze stroom wordt uitgespaard. Van Lent en van Dooren (2001) schatten de landelijke emissiereductie op 0,64 Mton. Het netwerk co-vergisting heeft in 2005 berekend dat er landelijk zelfs 3,4 Mton CO₂ equivalenten bespaard zou kunnen worden door co-vergisting (Netwerken, 2005).

Op bedrijfsniveau heeft mestvergisting met co-vergistingmaterialen in de eerste plaats een vergroting van het mestvolume tot gevolg. In een situatie waarbij er al een overschot aanwezig is en mest afgevoerd moet worden kan dit een groot nadeel zijn. In andere gevallen (bij akkerbouwers of wanneer er een schaarste aan biologische mest ontstaat) kan dit juist een voordeel zijn. Afzet van mest gaat in de gangbare landbouw namelijk vrijwel altijd gepaard met hoge kosten.

Hoewel de totale hoeveelheid mineralen in de mest niet veranderd door vergisting treedt er wel een verschuiving op van organisch gebonden naar minerale stikstof. Vergiste mest heeft daardoor een hogere werkingscoëfficiënt voor stikstof in het jaar van toediening.

Door de afbraak van organische stof is de vergiste mest dunner dan onvergiste mest en zijn ook de geurcomponenten in de mest grotendeels afgebroken. Er zal daarom minder geuroverlast ontstaan bij opslag of toediening van de mest.

4 Productie en gebruik van biobrandstoffen

Biobrandstoffen is de verzamelnaam voor brandstoffen die uit plantaardige en dierlijke producten (biomassa) te maken zijn. Hierbij kan worden gedacht aan gewassen zoals suikerbieten, tarwe en koolzaad, maar ook aan frituurvet of dierlijk vet. Door de toename van het wegverkeer neemt hiermee ook de uitstoot aan CO₂-uitstoot door het wegverkeer steeds verder toe. Hierdoor worden internationale afspraken, zoals het Kyoto-protocol, niet gehaald. Fossiele brandstoffen zorgen voor de uitstoot aan CO₂. Het gebruik van fossiele brandstoffen levert hiermee een belangrijke bijdrage aan de uitstoot van broeikasgassen en de opwarming van de aarde. Het vervangen van fossiele brandstoffen door biobrandstoffen zorgt dat de uitstoot van CO₂ sterk verminderd. De verbranding van biobrandstoffen geeft wel uitstoot van CO₂, maar doordat plantaardig (of dierlijk) materiaal eerst de CO₂ heeft vastgelegd is er sprake van een korte CO₂-kringloop. Er wordt dus niet meer CO₂-uitgestoten dat daarvoor door bijvoorbeeld de plant is vastgelegd (VROM, Dossier biobrandstoffen).

Om de toenemende uitstoot van het wegverkeer te keren, heeft de Europese Unie in 2003 de biobrandstoffen richtlijn geïntroduceerd. De richtlijn verplicht de lidstaten 2% biobrandstoffen te verstrekken in 2005 en 5,75% in 2010. Een groot aantal Europese landen, zoals Frankrijk, Duitsland en Zweden zijn vergevorderd met de invoering van biobrandstoffen. Nederland heeft nog nauwelijks actie ondernomen om aan de richtlijn te voldoen. In Nederland zijn voor een aantal 'proef'-projecten accijnsvrijstellingen verstrekt. Dit zijn vooral projecten rond Pure Plantaardige Olie (PPO). Per 2007 komt hierbij de verplichting aan oliemaatschappijen om fossiel brandstof tot een bepaald percentage bij te mengen met biobrandstof. Een aantal grote oliemaatschappijen heeft aangegeven hieraan te gaan voldoen. Waarschijnlijk zal de biobrandstof uit bijvoorbeeld Brazilië worden geïmporteerd. Dit uit kostprijs overwegingen (VROM, Dossier biobrandstoffen).

4.1 Welke biobrandstoffen zijn er?

Er zijn verschillende soorten en types biobrandstoffen. Allereerst wordt veelal de verdeling gemaakt in eerste en tweede generatie biobrandstoffen. De eerste generatie biobrandstoffen zijn de biobrandstoffen die met de huidige techniek kan worden toegepast in verbrandingsmotoren (auto, vrachtwagen, trekkers, enzovoort). De tweede generatie betreft biobrandstoffen die nog in ontwikkeling zijn. De tweede generatie biobrandstoffen kunnen in laboratoria wel geproduceerd worden, maar grootschalige productie zal naar verwachting nog zeker een 5 tot 10 jaar op zich laten wachten.

Eerste generatie biobrandstoffen zijn; bio-ethanol, biodiesel, Pure Plantaardige Olie (PPO) en Biogas. Tweede generatie biobrandstoffen zijn; Cellulose-ethanol, Bio-FT-diesel, DME, Biowaterstof, Synthesegas (SNG), Biomethanol, HTU en Pyrolyse-olie. Omdat toepassing van tweede generatie biobrandstoffen op korte termijn geen optie vormt wordt in deze rapportage alleen aandacht besteed aan de eerste generatie biobrandstoffen.

4.1.1 Pure Plantaardige Olie (PPO)

Pure Plantaardige Olie, vaak afgekort als PPO, is een biobrandstof die uit oliehoudende zaden kan worden gemaakt. Hierbij valt te denken aan koolzaad, olievlas, zonnebloemen, olijven, soja, jathropa en palmen. Het persen van de zaden van de betreffende gewassen levert plantaardige olie. De persing kan plaatsvinden door middel van koude of warme persing. Het verschil tussen de beide persingen is dat bij warme persing de koolzaad wordt verwarmt, waardoor een hoger percentage olie uit het zaad kan worden gewonnen.

De plantaardige olie kan worden toegepast in dieselmotoren. De dieselmotoren moeten hiervoor wel worden aangepast, omdat plantaardige olie dikker (viscositeit) is dan fossiele diesel. Op dit moment zijn er een aantal initiatieven waar koolzaad wordt (koud) geperst tot PPO. Bijvoorbeeld OPEK Zeewolde, de Noord-Nederlandse Oliemolen in Delfzijl en de oliemolen van Carnola te Lottum. De PPO wordt nu veelal toegepast in veegdienstvoertuigen en vrachtwagens.

4.1.2 Biodiesel

Biodiesel wordt gemaakt uit Pure Plantaardige Olie (PPO). PPO kent het hierboven genoemde nadeel, dat het niet zonder aanpassingen kan worden gebruikt in diesel motoren. Door het veresteren van de PPO ontstaat een biodiesel, die wat eigenschappen sterk lijkt op fossiele diesel. De verestering vindt plaats door toevoeging van methanol. Hiermee wordt de PPO ontdaan van glycerine, waardoor biodiesel ontstaat. Glycerine is een bijproduct van biodieselproductie.

In Nederland is momenteel één biodiesel fabriek operationeel. Het betreft de biodieselfabriek van Sunoil Biodiesel B.V. te Emmen. Verder zijn er een aantal biodieselfabrieken, die waarschijnlijk op korte termijn zullen worden gerealiseerd. In Duitsland en Frankrijk zijn de ontwikkelingen op biodiesel vlak al veel verder. In Duitsland zijn er

210.000 auto die rijden op biodiesel en 1.600 tankstations waar biodiesel verkrijgbaar is. In Frankrijk kiest men echter voor het bijmengen van biodiesel bij de fossiele diesel. De 'Franse' diesel kent een percentage van 2 tot 5% biodiesel. Door het mengen van de biodiesel en fossiele diesel kunnen alle auto's rijden op dit mengsel. Biodiesel kan bij oudere diesel modellen problemen geven. Biodiesel kan reageren met bepaalde typen rubbers die als brandstofleidingen worden toegepast. Vooral moderne dieselauto's van Duitse makelij kunnen zonder problemen op biodiesel rijden.

4.1.3 Bio-ethanol

Bio-ethanol is wereldwijd de meest geproduceerde biobrandstof. Bio-ethanol wordt uit suiker- en/of zetmeelhoudende gewassen geproduceerd. Deze gewassen zijn bijvoorbeeld, suikerbieten, suikerriet, tarwe, maïs en aardappels. Bio-ethanol ontstaat uit fermentatie van de suiker- en/of zetmeelhoudende gewassen. Bio-ethanol productie uit suikers heeft wel de voorkeur, omdat suiker makkelijker zijn om te zetten in bio-ethanol. In Nederland was Argos Oil de eerste maatschappij die in hun tankstation E85 verstrekt. E85 is benzine met 15% bio-ethanol. Inmiddels heeft Tamoil het voorbeeld van Argos opgevolgd en verstrekken ook E85 op haar tankstations. Het rijden op een mengsel van 15% of meer bio-ethanol vereist een aangepaste benzineauto. Onder andere Ford, Saab en Volvo verkopen auto's met de mogelijkheid om hiermee E85 te tanken. In Europa is Zweden vergoederd met invoering van bio-ethanol. Hier wordt alle fossiele benzine tot 5% bijgemengd met bio-ethanol. Ook in Frankrijk wordt een groot deel van de fossiele benzine bijgemengd met bio-ethanol. In Brazilië rijden alle benzine auto's op een mengsel van 30 tot 100 bio-ethanol. In de VS is bio-ethanolproductie uit maïs erg populair en wordt bio-ethanol bijgemengd in de fossiele benzine.

4.1.4 Biogas

Biogas ontstaat door anaerobe vergisting van biomassa, zoals bijvoorbeeld mestvergisting. Het biogas bestaat voornamelijk uit methaan (CH₄) en koolstofdioxide (CO₂). Na het verwijderen van koolstofdioxide en het samenpersen van het gas, kan het als brandstof dienen voor auto's die ook geschikt zijn voor het rijden op aardgas. In Nederland wordt biogas nog niet toegepast in de praktijk. Wel in Zweden en Frankrijk.

4.2 PPO/biodiesel

4.2.1 Biologische koolzaadteelt

Pure Plantaardige Olie (PPO) en biodiesel kennen beiden koolzaad als grondstof. Dit kan winterkoolzaad zijn dat eind augustus/begin september gezaaid wordt, of zomerkoolzaad dat in maart/april wordt gezaaid. Winterkoolzaad heeft ook op het biologische bedrijf een aantal voordelen maar ook een aantal nadelen ten opzichte van zomerkoolzaad. Als voordeel kan worden genoemd de hogere zaadopbrengst. De nadelen zijn naast de vroege zaai, de onkruidbestrijding in de herfst, de kans op slakkenschade op kleigronden en de beperktere toepassingsmogelijkheden van mest in het voorjaar (Borm *et al.*, 2005). Insectenaantasting is bij de biologische teelt van koolzaad de belangrijkste risicofactor en in geringere mate het optreden van ziekten, die o.a. door rassenkeuze deels kan worden beperkt. Daarnaast is opslag van uitgevallen zaad lastig in een aantal volggewassen. Bovendien fluctueert de opbrengst van koolzaad meer dan van granen. Van winterkoolzaad kunnen opbrengsten van circa 2.800 kg per ha worden verwacht en van zomerkoolzaad van circa 2.300 kg per ha (Borm *et al.*, 2005). Hieronder wordt het saldo vergeleken met enige concurrerende gewassen in het bouwplan. Hieruit blijkt dat koolzaad een positief saldo kent, maar wel een laagsalderend gewas is.

Tabel 8 Saldo vergelijking biologische akkerbouwgewassen in €

	Winter- koolzaad*	Zomer- koolzaad*	Zomergerst	Wintertarwe	Zomertarwe	Snijmais
Hoofdproduct	785	644	850	1.140	1.350	1.200
Bijproduct	125	100	135	150	150	
Bruto-geld opbrengst	955	790	985	1.290	1.500	1.200
Toegerekende kosten	255	275	295	650	505	720
Saldo eigen mechanisatie	700	515	690	640	995	480
Kosten loonwerk	405	410	400	580	515	285
Saldo loonwerk	295	105	290	60	475	195

*: Bruto-geld opbrengst van koolzaad is inclusief de €45,- energiesubsidie voor energieteelten.

Bron: KWIN-A, 2006 en Borm *et al.*, 2005

4.2.2 Eigen brandstofteelt

Koolzaad is relatief eenvoudig (koud) te persen tot koolzaadolie. Het zou voor landbouwbedrijven een optie kunnen zijn om in de eigen brandstofbehoefte te kunnen voorzien. Er dient dat voldoende koolzaad te worden ingezaaid, om de volledige 'directe' brandstofbehoefte van het bouwplan te kunnen voorzien. Met directe brandstofbehoefte wordt bedoeld de direct aan de teelt gebonden brandstofbehoefte, zoals deze ook in de KWIN 2006 te vinden is. De brandstofbehoefte uit de KWIN saldobladen is gebaseerd op alle handelingen (ploegen, landklaar maken, zaaien, bemesten, spuiten en oogsten) die nodig zijn voor de teelt van het betreffende gewas. In de onderstaande berekening is op basis van een biologisch bouwplan berekend of het financieel interessant is om fossiele brandstof te vervangen voor PPO. In de berekening wordt gekeken naar het 'bouwplan' saldo, besparing aan fossiele brandstoffen en de kosten voor verwerking. Als uitgangspunt is een 50 ha akkerbouwbouwplan genomen. In het bouwplan zijn opgenomen poot aardappels (8,33 ha), Suikerbieten (4,17 ha), doperwten (8,33 ha), zomertarwe (8,33 ha), zaaiuien (4,17 ha), winterpeen (8,33 ha) en gras/klover (8,33 ha). Een dergelijk biologisch bouwplan kent een dieselbehoefte van ongeveer 8400 liter. De CO₂-uitstoot per liter diesel is gesteld op 2,6 kg CO₂. Dit betekent een CO₂-uitstoot van 21.840 kg CO₂-uitstoot per jaar voor het 50 ha grote biologische akkerbouw bouwplan. Het saldo van het bestaande voorbeeld bouwplan is €107.985,-. Dit is gebaseerd op de KWIN saldi en het areaal van de verschillende gewassen in het bouwplan.

Om koolzaad op te nemen in het bouwplan moet een ander gewas en de hiermee samenhangende financiële opbrengst wijken. Hier tegenover staan besparing aan fossiele brandstofkosten en inkomsten uit koolzaadstro en koolzaadkoek. Verder zijn er nog kosten die gemaakt moeten worden voor de koolzaadpers, verwerking en ombouw van trekkers.

De aanpassing van het bouwplan kan door één of meerdere gewassen te vervangen voor het benodigde koolzaad areaal. Door aanpassing verandert ook het brandstofverbruik en het saldo op bouwplan niveau.

Tabel 9 Bestaand voorbeeld bouwplan

Gewas	Areaal (in ha)	Gewas	Areaal (in ha)
Poot aardappels	8,33	Zaaiuien	4,17
Suikerbieten	4,17	Winterpeen	8,33
Doperwten	8,33	Gras/klover	8,33
Zomertarwe	8,33		

Bron: Bos *et al.*, 2007

Wanneer de suikerbieten worden verwijderd uit het bouwplan en gras/klover gehalveerd te gunste van koolzaad, geeft dit een volgend financieel plaatje.

Tabel 10 Financieel overzicht aangepast bouwplan

Financieel overzicht			
Start saldo aangepaste bouwplan			106.439
<u>Kosten</u>			
Teeltkosten koolzaad	2.093		
Loonwerkkosten koolzaadteelt	3.363		
Kosten verwerking koolzaad	4.113		
Ombouwkosten trekkers (3 stuks)	1.090		
		10.659	
<u>Inkomsten/besparingen</u>			
Besparing fossiele brandstof	6.595		
Inkomsten uit stro en koek	6.314		
		12.909	
			2.250
Saldo aangepaste bouwplan			108.689
Accijns, Voorraadheffing en energiebelasting			1.874
Eind saldo aangepaste bouwplan			106.815

Het bestaande voorbeeld bouwplan had een bouwplansaldo van €107.985,-. Het aangepaste bouwplan leidt tot een lager saldo, een daling van €-1.170,-. Wanneer de door de staat misgelopen accijns, voorraadheffing en energiebelasting op rode diesel wordt doorberekend aan de teler, komt het aangepaste bouwplan uit op een negatief saldo van €-3.606,-.

De daling van het bouwplansaldo door het zelf telen van koolzaad voor de brandstofvoorziening kan door twee factoren worden verklaard. Allereerst worden de suikerbieten volledig vervangen door koolzaad. Biologische suikerbieten hebben een hoger saldo als koolzaad (koolzaad €295,- t.o.v. suikerbieten €770,-). Hierdoor moet de teelt van koolzaad voor de eigen brandstofvoorziening een gat overbruggen op saldo basis gezien. Tweede factor is dat winterkoolzaad biologisch een relatief lage opbrengst kent (2.800 kg). Bijvoorbeeld gangbare winterkoolzaadteelten kennen een opbrengst van 4.750 kg (KWIN-A, 2006). Dit verschil draagt eraan bij dat meer areaal koolzaad moet worden geteeld om dezelfde hoeveelheid brandstof te kunnen vervangen.

Verder is af te vragen in hoeverre het voorbeeld bouwplan een realistisch beeld schetst. Biologische suikerbieten teelt is door het stoppen van biologische suikerproductie inmiddels gestaakt. Vervanging van andere (lager) salderende gewassen zoals granen zouden een ander beeld laten zien. Suikerbieten en koolzaad passen slecht in één bouwplan, tenzij een ruimere rotatie als 1 op 6 kan worden gehanteerd (Brom, 2007). Verder is het verschil in opbrengst tussen biologisch geteelde en gangbaar geteelde koolzaad zeer groot (20-30%). Dit is opvallend voor een product zonder hoge kwaliteitseisen. Er is echter voldoende perspectief om bij het verschil kleiner te maken.

Positieve punten zijn er ook. De koolzaadkoek, bijproduct van het persen van koolzaad, is een gewild veevoeder component. Hierdoor ligt de prijs voor biologische koolzaadkoek hoger als gangbaar (€0,35 biologisch en €0,15 gangbaar). Ander positief punt is dat op het gehele bouwplan door gebruik van bio-brandstof in plaats van fossiele diesel een 22.867 kg CO₂-uitstoot wordt vermeden.

4.2.3 Biologische koolzaadteelt voor biobrandstoffen nationaal bekeken

De berekening is op basis van het rekenmodel voor de teelt van Energiegewassen in Vlaanderen (Energiegewassen telen in Vlaanderen - (Prof. Dr. Ir. D. Reheul (vakgroep Plantaardige Productie, FLTBW, RUG)). Bij deze berekening is uitgegaan van een aantal vooronderstellingen uitgegaan. Namelijk dat in een akkerbouw rotatieteelt van aardappelen, bieten, granen en tuinbouwgewassen geen koolzaad past. Omdat koolzaad een waardplant is voor het bietencystenaaltje. De teelt van koolzaad met bieten is daarmee geen reële optie. Hoewel er geen afzet van biologische suikerbieten plaats vindt, is er wel teelt van biologische suikerbieten. De teelt van suikerbieten is daarom als statisch gegeven opgenomen. Maar de hoeveelheid suikerbieten kan voor biologische teelten wel ingewisseld worden voor andere teelten, omdat er niet zoals gangbaar productiequota zijn. Bij het areaal bieten is tevens uitgegaan van een 1 op 6 teelt, dit vanwege het bietencystenaaltje en het feit dat dit een veelvoorkomende rotatiesnelheid is in de biologische landbouw. De voedergerassen voor de veeteelt zijn in deze berekening gelijk gebleven om zo voederproductie in stand te houden. En het areaal aan boomgaarden is ook gelijk gehouden.

Tabel 11 Potentieel areaal voor koolzaadteelt op basis van areaal in 2004 inclusief areaal in overgang naar biologisch

	Arealen per 2004 (ha)	
Totaal areaal biologische landbouw Nederland		41.524
Areaal bieten (maal 6)	5.514	
Areaal grasland	21.854	
Areaal groenvoedergewassen	2.565	
Areaal tuinbouw onder glas	98	
Areaal snelgroeiend hout	31	
		30.062
Resterende hoeveelheid in ha		11.462
Dit betekent bij 1 op 6 teelt		1.910
Bij halvering van het biologische bieten areaal		2.369

Bron: CBS, 2006

De berekening in (tabel 11) is indicatief voor de huidige situatie. De 1.910 ha is dus eerder een indicatief minimum als een maximum. In de berekening is gemaakt met een groot aantal variabelen, welke vast zijn gesteld om op deze manier een indicatieve waarde te genereren.

Zoals uit de bovenstaande tabel blijkt is dat er een areaal van 1.910 ha aan koolzaad mogelijk is. Om de koolzaad te telen dienen andere teelten wijken. Een deel van deze andere teelten brengen meer op dan de koolzaad. De economische invloeden om koolzaad wel of niet te telen zijn doorslag gevend voor invulling van het potentieel. De economische reden is onder andere afhankelijk van de financiële opbrengsten die koolzaad levert ten opzichte van andere gewassen. Per 2004 werd er een oppervlakte van 6 ha biologisch koolzaad geteeld. Een andere belemmering voor de teelt van koolzaad voor biobrandstoffen kan zijn de verkoop van koolzaadolie voor humane consumptie, als spijsolie. Uit een studie uit 2005 bleek dat de markt voor biologische spijsolie nog niet is voorzien (Borm *et al.*, 2005). De prijs voor biologische spijsolie ligt hoger als biobrandstoffen, waardoor het interessanter is om koolzaadolie als biologische spijsolie af te zetten.

De Europese Unie heeft als richtlijn een aandeel van 2% biobrandstoffen op het totaal aan brandstoffen in 2005 en 5,75% in 2010. Koolzaad is een vervanger voor diesel, wanneer uit het teelt potentieel de hoeveelheid koolzaadolie wordt herleidt en dit wordt afgezet tegen de totaal afgeleverde hoeveelheid gasolie (diesel) geeft dit de volgende cijfers.

Tabel 12 Van potentieel areaal naar het percentage biobrandstof op afgeleverde diesel in 2005

Potentieel areaal koolzaad		1.910 ha
Opbrengst per ha	2.800 kg	
Totaal opbrengst (ton)		5.349
39% is tot olie te persen		1.840
Totaal afgeleverde gasolie (diesel) in 2005 (ton)	8.026310	
Percentage koolzaadolie op totaal aan gasolie		0,02 %

Bron: Totaal afgeleverde autogasolie (diesel) in 2005 - CBS

De mogelijke CO₂-reductie naar aanleiding van het potentiële areaal aan koolzaad is aangegeven in Tabel 13. In de berekening is de diesel hoeveelheid in kilogrammen op basis van het soortelijk gewicht van 0,845 omgerekend naar liters, omdat de staatscourant rekent met kilogrammen CO₂ per liter diesel.

Tabel 13 CO₂-reductie op basis van het potentiële areaal koolzaad

	Hoeveelheid	Eenheid
Bespaarde diesel	2.044.500	liter
CO ₂ emissie (2,6 kg per liter diesel)	2,6	kg per liter
Bespaarde CO ₂ uitstoot	5.315.650	kg CO ₂

Bron: CO₂ emissie aan de hand van emissiefactoren, staatscourant, 2001

Bij de berekening in Tabel 13 is uitgegaan van één op één vervanging van diesel naar koolzaadolie. Voor biodiesel gaat de omzetting niet op. Omdat uit literatuur blijkt dat biodiesel in de praktijk veelal een hoger verbruik levert, dit in tegenstelling tot koolzaadolie. De bespaarde CO₂ uitstoot voor biodiesel zou daarom lager uitkomen.

4.2.4 Bijproducten koolzaadteelt

De koolzaadteelt en -verwerking kent een tweetal bijproducten. De bijproducten kunnen in de veehouderij worden ingezet, maar ook als energiebron. De bijproducten zijn koolzaadstro en koolzaadkoek. Stro wordt veelal ingezet als strooisel in stallen, vooral in de paardenhouderij. Koolzaadkoek wordt door de veevoederindustrie gebruikt als grondstof (Borm *et al.*, 2005¹).

Koolzaadkoek is een eiwitrijk product, waarvan het eiwit relatief onbestendig is (Tabel 14). Als enkelvoudig krachtvoer is koolzaadkoek geschikt voor rundvee als eiwitaanvulling naast eiwitarm ruwvoer met een lage OEB (onbestendig eiwit balans) zoals snijmaïs of graan-GPS (gehele plantensilage van graan). In mengvoeders kan koolzaadkoek worden toegepast als vervanger van andere eiwitrijke grondstoffen (vooral sojaschilfers, maar ook wel aardappeleiwit) (Borm *et al.*, 2005¹).

Naast een relatief hoog eiwitgehalte bevat koolzaadkoek in vergelijking met geëxtraheerde bijproducten van oliewinning (schroten) relatief veel vet. De variatie in het ruw vet gehalte wordt wellicht veroorzaakt door de verschillen in de methode van persing (koude of warm). Koolzaadkoeken van koude persing hebben een ruw vetgehalte variërend van 11 tot 18% (Jahreis *et al.*, 1996), terwijl koolzaadkoeken van warme persing een ruw vetgehalte hebben variërend van 7 tot 8% (Münger *et al.*, 1998). Koolzaadkoek van koude persing is dus een betere bron van plantaardig vet voor een rantsoen dan koolzaadkoek van warme persing, omdat het een hogere energiewaarde heeft. Plantaardig vet is zeer energierijk en wordt daarom soms toegepast om de energiedichtheid van een rantsoen te verhogen. Echter, de mogelijkheid tot verhoging van het vetgehalte in het rantsoen is beperkt, omdat een te hoog gehalte resulteert in een daling van de voeropname (Borm *et al.*, 2005).

Tabel 14 Samenstelling en voederwaarde van koolzaadkoek (koolzaadschilfers) in g/kg ds, tenzij anders aangegeven

	CVB	Rinne <i>et al.</i> (1999)	Ahvenjari <i>et al.</i> (1999)	ABCTA ¹
Drogestof	894	898	910	903
Ruw eiwit	364	355	351	322
Ruw vet	83 ²	118	102	152
Ruw as	78	75	75	65
Ruwe Celstof	133	115		129
Zetmeel	22			
Suiker	114			
NDF	238	275	290	
ADF	170		198	
ADL	71			
VEM/kg ds	1094			
DVE	140			
OEB	148			
FOS	519			
Stikstof	57,9		56,2	
Fosfor	12,1			

¹ Persoonlijke mededeling: W. Engberts

² Waarschijnlijk op basis van warme persing

Bron: Borm *et al.*, 2005¹

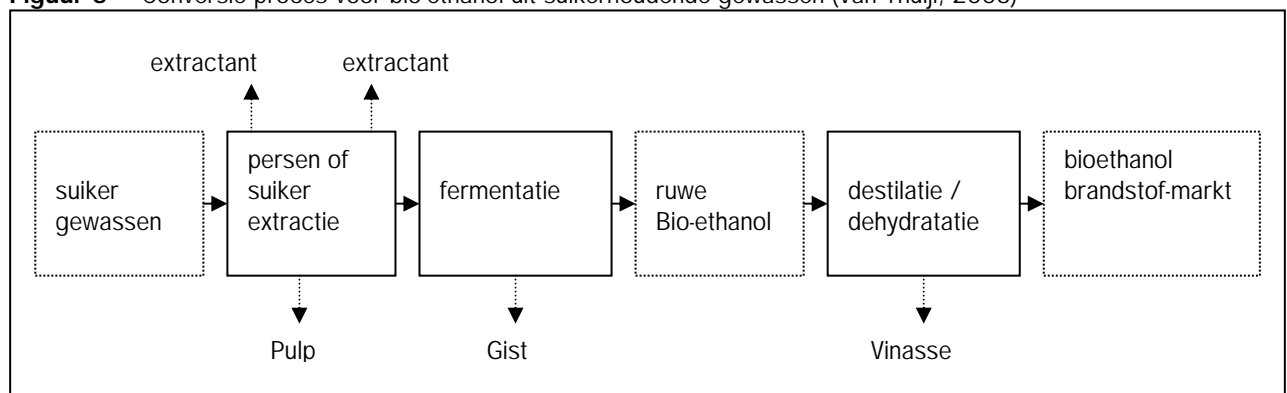
4.3 Bio-ethanol

Bio-ethanol wordt geproduceerd uit suikerhoudende en zetmeelhoudende gewassen. Uit gewassen zoals graan en suikerbieten, kan middels fermentatie bio-ethanol gewonnen worden. Bio-ethanol wordt gebruikt om bij te mengen in benzine. Pure toepassing van bio-ethanol vereist een aangepaste motor. Bio-ethanol kan zonder aanpassing van de motor tot 20% worden bijgemengd. Uit bio-ethanol kan ook ETBE (ethylbutylether) worden geproduceerd. ETBE is een octaangetal verbeteraar voor benzine en wordt daarom vaak als loodvervanger toegepast.

4.3.1 Bio-ethanol productie uit suikerhoudende gewassen

Suikergewassen bevatten simpele suikers die relatief eenvoudig te winnen zijn om vervolgens beschikbaar worden gesteld aan de gist in het fermentatie proces. Het winnen van de suikers wordt gedaan middels extractie of persing. In het geval van suikerbieten wordt dit door middel van een 'diffusion' proces gedaan. De volgende stap is het fermenteren van suiker tot ruwe bio-ethanol. Vervolgens wordt de ruwe bio-ethanol door middel van destillatie en dehydratatie gezuiverd, om een brandstofkwaliteit bio-ethanol te krijgen (Van Thuijl, 2003).

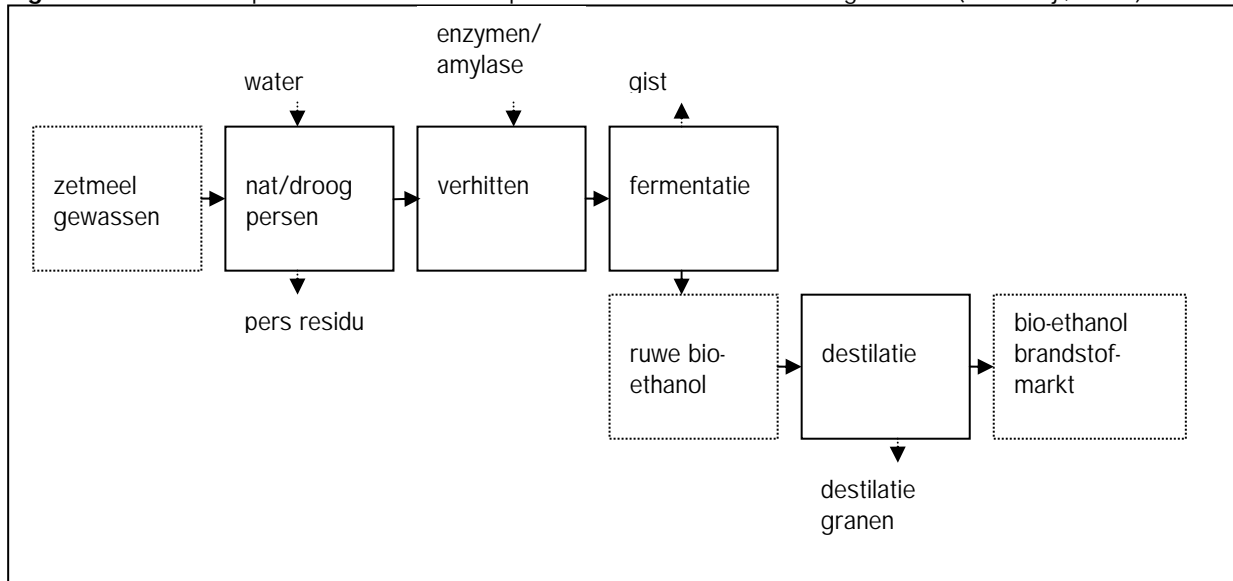
Figuur 5 Conversie proces voor bio-ethanol uit suikerhoudende gewassen (Van Thuijl, 2003)



Bio-ethanol productie uit zetmeelhoudende gewassen

Het inzetten van zetmeelgewassen voor de productie van bio-ethanol vereist meer bewerkingen, voordat tot fermentatie kan worden overgegaan. Door de langere en complexere molecuulstructuur van zetmeel moet deze eerst omgezet worden in suikers. In de extra stap worden de zetmeelhoudende gewassen geperst en verhit en vermengd in water tot opgelost zetmeel. Gelijktijdig wordt de zetmeel door enzymen of hydrolyse zuur omgezet in suikers. De hierop volgende processtappen zijn gelijk aan de productie van bio-ethanol uit suikerhoudende gewassen.

Figuur 6 Conversie proces voor bio-ethanol productie uit zetmeelhoudende gewassen (Van Thuijl, 2003)



Biologische teelt van gewassen voor bio-ethanol

Tabel 15 Saldo vergelijking biologische akkerbouwgewassen

	Suikerbieten	Zomergerst	Wintertarwe	Zomertarwe
Hoofdproduct	1.985,-	850,-	1.140,-	1.350,-
Bijproduct	,-	135,-	150,-	150,-
Bruto-geld opbrengst	1.985,-	985,-	1.290,-	1.500,-
Toegerekende kosten	820,-	295,-	650,-	505,-
Saldo eigen mechanisatie	1.165,-	690,-	640,-	995,-
Kosten loonwerk	395,-	400,-	580,-	515,-
Saldo loonwerk	770,-	290,-	60,-	475,-

Bron: (KWIN-A, 2006)

4.3.2 Bio-ethanol op een nationale schaal bekeken

De benzinemarkt is de belangrijkste afzetmarkt voor bio-ethanol. De totale benzine afzet als motorbrandstof in het wegverkeer ligt rond de 188,2 PJ (CBS, 2006). Op basis hiervan kan de volgende areaal inschatting per biobrandstoffen doelstelling worden gemaakt. Het calorisch vermogen van ethanol wordt op 26.8 MJ/kg gesteld. De onderstaande cijfers zijn gebaseerd op de totale Nederlandse landbouw.

Tabel 16 Potentieel areaal tarwe of suikerbieten voor bio-ethanol

EU biobrandstoffenrichtlijn	2%	5,75%
Bio-ethanol (PJ)	3,75	10,8
Bio-ethanol (ton)	140.000	403.000
Tarwe (ton brandstof/ha)	2,3	2,3
Tarwe (ha)	60.800	175.000
Suikerbieten (ton brandstof/ha)	4,8	4,8
Suikerbieten (ha)	29.200	84.000

*Berekening gebaseerd op tabel 1, Achtergronddocument Biobrandstoffen, Ministerie van de Vlaamse gemeenschap, Maart 2005

Het totale areaal aan suikerbieten in Nederland is 91.313 ha. Het areaal aan suikerbieten is, op basis van CBS cijfers, tussen 2000 en 2005 bijna 20% gedaald. Dit betekent een daling van bijna 20.000 ha suikerbieten. Wanneer de daling van de suikerbietenteelt wordt gebruikt in de bio-ethanol productie kan hiermee een groot deel

van de 2% richtlijn (29.200 ha) worden voorzien. Het areaal tarwe (winter en zomer) in Nederland in 2005 is 136.700 ha.

Biologisch werd er per 2004 een areaal van 2.841 ha tarwe geteeld (winter- en zomertarwe). Voor bieten (suiker- en voederbieten) was het areaal 919 ha per 2004.

4.4 Biogas

Biogas bestaat voor het grootste deel uit methaan. Dit kan gebruikt worden voor als transportbrandstof. Hetzelfde gebeurt met aardgas dat ook grotendeels uit methaan bestaat. Voordat het gebruikt kan worden moet biogas dan wel gereinigd worden. Deze reiniging houdt een verwijdering van het CO₂ en kleine fracties andere gassen uit het gas in. Het CO₂ is niet schadelijk maar verlaagd de verbrandingswaarde van het gas. De andere fracties (o.a. H₂S, NH₃, CO) zijn dat wel en moeten om die reden verwijderd worden.

Er zijn verschillende technieken beschikbaar voor de verwijdering van CO₂. Naast de reiniging van het gas verschilt ook de techniek om het aan de motor toe te voeren met die van de in Nederland vooral bekende LPG techniek. Methaan wordt i.t.t. LPG niet vloeibaar opgeslagen maar blijft gasvorming. Hierbij kan biogas echter aansluit bij of meeliften met de ontwikkeling van techniek en logistieke keten die voor aardgas als transportbrandstof wordt ontwikkeld. Met name in Zweden wordt biogas als regelmatig ingezet als transportbrandstof voor personenauto's, bussen voor het openbaar vervoer en zelfs treinen.

5 Thermische conversie van biomassa

Met thermische conversie van biomassa wordt het uiteenvallen van biomassa bij hoge temperatuur (hoger dan 300°C) bedoeld. Er zijn een drietal processen te onderscheiden waarmee dit kan gebeuren: verbranding, vergassing en pyrolyse. Het verschil zit hem in de hoeveelheid zuurstof die tijdens het proces aanwezig is en in de toepasbaarheid van de techniek op praktijkschaal. Verbranding is een beproefde techniek die breed toepasbaar is. Dat is met vergassing en pyrolyse anders. Vergassing wordt ook al op grote schaal toegepast maar is op kleine (boerderij)schaal nog niet erg gangbaar. Pyrolyse wordt nog slecht in proefinstallaties toegepast en is nog niet rijp voor brede toepassing in de praktijk. Ondanks het feit dat de vergassings- en pyrolysetechniek dus nog niet volledig praktijkrijp is wordt er in dit hoofdstuk kort aandacht aan besteed. Niet alle biomassa is geschikt voor thermische conversie. Vooral het drogestofgehalte van de biomassa is van belang. Als vuistregel kan de grens van 50% drogestof gelden. Is het vochtgehalte hoger dan is de biomassa waarschijnlijk geschikter voor andere conversietechnieken zoals vergisting of moet het eerste drogen. Ligt het vochtgehalte onder die 50% dan kan de biomassa ingezet worden voor verbranding maar ook dan geldt dat hoe droger hoe efficiënter de omzetting naar warmte is.

5.1 Verbranding van biomassa

Directe verbranding van biomassa is veruit de meest toegepaste vorm van biomassaconversie. Wereldwijd zijn miljarden mensen afhankelijk van biomassa-verbranding voor hun dagelijkse energievoorziening. Echter, ook in vele industrieën wordt biomassa verbrand voor de productie van proceswarmte, stoom en/of elektriciteit (papier- en pulpindustrie, houtverwerkende industrie, suikerindustrie) en ook wordt biomassa in toenemende mate bij- of meegestookt door energiebedrijven (BTG, 2005).

Bij het verbrandingsproces moet er ruim voldoende zuurstof aanwezig zijn, in ieder geval genoeg om biomassa totaal om te zetten in water en koolstofdioxide. Bij verbranding is de energiebalans positief: er wordt voldoende warmte geproduceerd om het proces gaande te houden en om ook nog energie te produceren. De vrijgekomen energie is thermische energie van de gasvormige verbrandingsproducten (voornamelijk water en koolstofdioxide dus). De temperatuur bij verbranding is ongeveer 800 – 1000°C.

Bij elektriciteitsopwekking wordt de vrijkomende warmte in de praktijk gebruikt om stoom te maken, die dan weer een stoomturbine of motor aandrijft die via een generator elektriciteit maakt. Afhankelijk van schaal zal het totale elektrische rendement tussen de 15 – 35 % liggen (voor installaties van respectievelijk 1 – 100 MWe) (ECN, 2007)

De landbouw kan een aantal geteelde gewassen leveren voor verbranding, hierbij valt te denken aan;

- Geteelde gewassen zoals hennep, miscanthus, wilgen, populieren en elzen
- Snoeiafval
- Dunningshout
- Agrarische reststoffen zoals stro en eventueel (droge) mest.

Uit literatuur voor hennep (KWIN-AGV, 2006), miscanthus (Defra, ???; LEK, 2003) en wilg (LEK, 2003) blijkt dat hennep en miscanthus een lager of gelijk saldo hebben als granen halen.

5.1.1 Houtgewassen

In de literatuur wordt dit 'Short Rotation Coppice' (SRT) genoemd. Dit zijn relatief kort groeiende houtgewassen, zoals wilg, populier of els, die een jaar of 20 tot 25 kunnen groeien. Vooral de eerste fase van de groei van deze boomsoorten is extreem snel, waardoor er na enkele jaren al een behoorlijke hoeveelheid biomassa staat. Na de eerste jaren neemt de groeisnelheid echter af. Theoretisch gezien zou het hierom ideaal zijn te oogsten in een interval van 5-6 jaar. geoogst worden om te worden verbrand, waarbij de takken worden weggehaald en het gewas opnieuw opkomt uit de stronken. Punt is dat in de praktijk, waar dit systeem gebruikt wordt, niet zo lang op oogst gewacht kan worden. Hierom is de oogstfrequentie meestal iets korter, bv. eens in de 3-4 jaar. Productiviteit is een functie van een aantal factoren, als dichtheid, oogst interval, klimaat, water en nutriëntbeschikbaarheid en soort bomen. Daarom zijn gepubliceerde getallen erg variabel. Over het algemeen zijn er een aantal klonen van populier en wilg waarvan bekend is dat ze opbrengsten van 10 – 15 ton droge stof ha⁻¹ jaar⁻¹ wel halen (El Bassam, 1996 en tabel 17). Maxima van productie liggen echter rond 18 – 22 ton droge stof ha⁻¹ jaar⁻¹.

Tabel 17 Enkele klonen wilgen en populieren met consistent hoge opbrengst (10 – 15 ton droge stof ha⁻¹ jaar⁻¹) (El Bassam, 1996)

Wilg	Populier
<i>Salix triandra x viminalis</i> (= <i>x mollissima undulata</i>) "ST/2481/55"	<i>Populus trichocarpa x deltoides</i> (= <i>interamericana</i>) Boelare
<i>Salix triandra x viminalis</i> (= <i>x mollissima undulata</i>) "Q83"	<i>Populus trichocarpa x deltoides</i> (= <i>interamericana</i>) Beaupre
<i>Salix viminalis</i> "lysta Q699"	<i>Populus x trichocarpa</i> Tricobel
<i>Salix viminalis</i> "Q683"	<i>Populus x trichocarpa</i> Columbia River

Zo komt ook in een Nederlandse studie (Kuiper, 2003) naar houtteelten voor energieproductie wilg positief naar voren. In proeven zijn verschillende waarden gehaald voor energie en droge stof opbrengsten per ha.

Tabel 18 Energie- en droge stofopbrengst per ha wilg (LEK, 2003)

	Laag	Hoog
GJ/ha	72	263
Organisch ds/ha	4	14,6

Hierbij wordt gerekend met een energie inhoud van 18 GJ (1 MWh) per ton hout, wat ongeveer half de energetische inhoud van kolen en een derde van de energetische inhoud van olie is.

5.1.2 Houtgewassen ter voorkoming van uitspoeling in de veeteelt

Zo hebben deze houtgewassen een grote capaciteit om uitspoeling van stikstof te voorkomen. Hierdoor worden er in een aantal gevallen dieren (kippen vaak) in gehouden. Uitspoeling van nitraat uit de uitwerpselen van pluimvee is schijnbaar een groot probleem en als een van de standaard oplossingen wordt gras hieronder aangeraden (en is in sommige landen zelfs verplicht). Dit is echter moeilijk in leven te houden, terwijl de veel dieper wortelende houtgewassen daar geen problemen mee hebben (Jørgensen *et al.*, 2005).

In Nederland kan daarnaast nog gedacht worden aan een andere toepassing van houtige gewassen, namelijk in de (voor biologische systemen) verplichte uitloop voor varkens en kippen. Deze uitloop wordt gegund vanuit het oogpunt van dierenwelzijn maar heeft negatieve effecten op milieugebied: uitspoeling van overmaat aan stikstof, ammoniakemissie, ophoping en uiteindelijk uitspoeling van fosfaat. (Aarnink *et al.*, 2005).

Begroeiing anders dan opgaande houtige gewassen is moeilijk handhaafbaar boven bepaalde dieraantallen per oppervlakte en naast begroeiing is daadwerkelijk afvoer van nutriënten een voorwaarde om tegemoet te komen aan genoemde milieuproblemen. De kwantitatieve bijdrage aan de vermindering van het mineralenoverschot door blijvende houtige gewassen te introduceren in de uitlopen van varkens en kippen zou verder onderzocht kunnen worden, zowel modelmatig als in praktijk. Het effect van houtige begroeiing op de stikstofdynamiek zal wezenlijk verschillen van het effect op de kalium en fosfaat balans.

Door een combinatie van houtteelt en uitloop kan sprake zijn van een win-win situatie: een voor uitloop noodzakelijke oppervlakte wordt aantrekkelijker voor de dieren, de mineralenbelasting vermindert en de oppervlakte levert productie van hout op. Dat de behoefte aan oplossingen urgent is blijkt uit de recente start van een project "Inrichting uitloop biologische pluimveehouderij" gericht op optimalisatie van uitloop bij biologische pluimveehouderijen (Bestman, 2007)

5.1.3 Snoei en dunningshout

Naast teelt van energiegewassen als hennep, miscanthus en wilgen en populieren, zijn snoei en dunningshout mogelijke bronnen voor verbranding. Houtwallen rond percelen en het boerenerf vormen een bron van snoei en dunningshout. Houtwallen langs percelen zijn in delen van Nederland onderdeel van het landschap. De houtwallen (als landschapskenmerken) moeten in stand gehouden worden, zonder of met geringe vergoeding. Het snoeien en dunnen van houtwallen voor bio-energie productie is daarom een goede optie.

Naast bio-energie productie is er nog een mogelijke aantrekkelijke reden voor houtwallen in combinatie met biologische teelt. De houtwallen stimuleren natuurlijke vijanden van plagen (BOB 23, 2005).

5.1.4 Verbranding van andere gewassen en gewasdelen

Naast verbranding van hout en houtachtige gewassen, is ook de verbranding van graan een optie. In Denemarken wordt graan verbranding in kachel al redelijk veel toegepast. De Denen hebben beperkt hout beschikbaar voor verbranding. 1 kilogram tarwe levert bij verbranding ongeveer 15 MJ. Ook het prijsverschil tussen graan en gas draagt bij aan de interesse voor graankachels. De prijs van graan ligt ongeveer op 0,16 cent per kilogram (15 MJ energie) en 1 kuub gas is ongeveer 0,53 cent (30 MJ). Twee kilogram tarwe komt qua energie ongeveer over met één kuub aardgas. De 0,21 cent verschil kan bij een groter verbruik interessant zijn. De graankachels zijn wel duurder als CV-installaties op gas.

Tabel 19 Energie-inhoud verschillende gewassen

Gewas	Energie inhoud GJ/ton ds	Droge stof Ton/ha/jr	Bruto opbrengst GJ/ha/jr	Netto opbrengst GJ/ha/jr
Populier	18	12	216	182
Miscanthus	17	12	187	170
Wintertarwe (stro)	15	3,9	58	53
Koolzaad (stro)	15	4,4	66	57
Suikerbieten (wortel)	18,5	15,1	280	255
Wintertarwe (zaad)	17	6,6	112	92
Koolzaad (zaad)	27,6	3,1	85	67

(Bron: Commissie AMPERE, Bijlage F. Hernieuwbare en alternatieve energieën)

5.1.5 Gebruik van assen

Verbranding van hout levert gemiddeld 1% as op (Tabel 18). Deze as, die ontstaat na verbranding van (houtachtige) gewassen kan potentieel worden teruggebracht op het land. Houtassen zijn echter inhomogene producten, die te verdelen zijn in een aantal verschillende soorten. De grootste hoeveelheid (60 – 90 %) van alle as blijft achter in de verbrandingskamer. Consistentie van deze as is grof en met veel "slakken", vooral als er behalve hout ook nog boomschors of stro is verbrand, waarop meer zand en verontreinigingen zitten. Over het algemeen zijn de assen afkomstig van de verbranding van schoon hout van goede kwaliteit. Hoofdbestanddeel van deze assen is calcium, gevuld door ijzer, kalium, magnesium, mangaan, natrium en fosfor. De meeste van deze elementen stammen uit het verbrande hout zelf, met uitzondering van ijzer, wat in wisselende hoeveelheden voor kan komen door allerlei verontreinigingen met nagels, prikkeldraad, granaatscherven, enz. Over het algemeen bevat deze grove as niet veel zware metalen. Assen opgevangen in filters zijn wisselend, maar bevatten nu en dan hoge concentraties van zware metalen, waarvan het gevaar van accumulatie bestaat. As die restant is van verbranding van andere biomassa dan hout is over het algemeen minder hoge concentraties van zware metalen. Dit komt door twee oorzaken: in de eerste plaats staat een eenjarig gewas minder lang op het veld dan een houtgewas, waardoor verontreiniging van de buitenzijde door depositie veel kleiner is. Bij hout is de bast dan ook het meest verontreinigt en is de verontreiniging überhaupt erger naarmate een houtgewas ouder is. Een tweede oorzaak hiervoor is dat het verbranden van andere biomassa dan hout meestal meer as oplevert, waardoor concentraties van schadelijke stoffen verdund worden. Verbranding van stro of graangewassen of hooi levert zo 3% as op.

Assen zijn vooral nuttig als K-meststof, maar hebben ook nuttige concentraties van Mn, Mg en P, waarbij de laatste echter vaak moeilijk door planten te benutten is (Schicker, 2003).

Tabel 20 Hoeveelheid asproductie bij verbranding (Schicker, 2003)

Brandstof	Asproductie na verbranding (% droge stof)
Hout zonder bast, houtsnippers, briketten	0,2 - 1
Geschoonde Bast, bastsnippers	2 - 4
Ongeschoonde bast	5 - 15
Gebruikshout	0,5 - 10
Stro en eenjarige gewassen	3 - 10

5.2 Vergassing biomassa

De techniek voor vergassing is ontwikkeld voor de productie van stadsgas uit steenkool. In de Tweede Wereldoorlog zijn talloze kleine houtvergassers gebouwd om het gebrek aan benzine op te vangen (ECN-subsite, www.vergassing.nl). In tegenstelling tot verbranding, wordt bij vergassing slecht een beperkte hoeveelheid zuurstof aan het systeem toegevoerd. Deze hoeveelheid is net genoeg om de warmte te produceren waarmee het proces in gang gehouden wordt. Het deel van de biomassa dat niet reageert met zuurstof tot warmte wordt omgezet in een brandbaar gas. De belangrijkste brandbare componenten in dat stookgas zijn waterstof (H₂), koolmonoxide (CO) en methaan (CH₄). Na reiniging kan dit brandbare gasmengsel worden gebruikt als brandstof voor gasmotoren, gasturbines of brandstofcellen waarmee (groene) warmte en elektriciteit wordt geproduceerd (www.SenterNovem.nl). De energie in de biomassa wordt tijdens de vergassing omgezet in thermische energie en in de chemische energie van het gasmengsel. Als men het rendement van de omzetting berekent, wordt meestal alleen de chemische energie van de biomassa vergeleken met de chemische energie van het gasmengsel, wat het koude gasrendement wordt genoemd: dit ligt tussen de 75 en 80 %.

De verwachting is dat vergassen van biomassa op den duur goedkopere elektriciteit oplevert dan verbranding (ECN website). Het voordeel van vergassen boven verbranden is verder dat de energie niet vrijkomt in de laagwaardige en moeilijk te transporteren vorm van warmte maar in de vorm van gas dat op te slaan en te transporteren is en waarmee ook een hoogwaardigere vorm van energie (elektriciteit) te produceren is. Voor vergassing wordt veelal hout of houtachtige producten als biomassa stroom toegepast. Een aantal van de gewassen die onder verbranding zijn benoemd, kunnen ook als brandstof voor vergassing dienen. Verder is ook het vergassen van mest een mogelijkheid.

5.3 Pyrolyse

Pyrolyse is een proces waarbij biomassa ontleedt zonder de aanwezigheid van zuurstof. Het proces kan plaatsvinden bij temperaturen boven de 300°C, meestal 400 - 800°C, waarbij het materiaal uiteenvalt, via chemische reacties die energie kosten. Hierom moet extra warmte worden toegevoegd tijdens het proces. Dit kan bijvoorbeeld worden gedaan door verbranden van biomassa, of een deel van de producten.

De producten van pyrolyse zijn een brandbaar gas en een vast restmateriaal dat voornamelijk uit koolstof bestaat en waarvan een deel na afkoeling vloeibaar wordt (pyrolyse olie). De temperatuur van het proces en de verblijftijd van de biomassa in de reactor bepalen de verhouding van de eindproducten. Zo kan er 70 % van de energie in de biomassa blijven, maar ook 80 % van in de pyrolyse olie zitten. Zaak is dus om dit goed te reguleren!

Uiteindelijk kan de chemische energie van de pyrolyse producten worden gebruikt voor de productie van elektriciteit. Dit kan zowel via verbranding in een gasmotor, als via vergassing.

6 Specifieke eisen en kansen voor de biologische sector

In dit hoofdstuk wordt aandacht besteed aan de invloed die specifieke eisen van de biologische sector hebben op de mogelijkheden van opwekking van duurzame energie met behulp van de beschreven technieken. Maar ook wordt gekeken naar de specifieke kansen die deze manier van energieopwekking bieden voor de sector. Deze eisen en kansen zijn niet voor alle beschreven technieken gelijk. De in de vorige hoofdstukken beschreven technieken hebben een verschillende invloed op de bedrijfsvoering van een biologisch land of tuinbouwbedrijf. Zo grijpt de verbranding van biomassa het minst in terwijl vergisting van mest en biomassa veel invloed heeft op andere bedrijfsprocessen.

6.1 Vergisting

Vergisting van mest en co-producten heeft de meeste relaties met het de biologische productiemethoden in zowel akkerbouw als veehouderij. Vergisting is zelf al in de in de regelgeving rond biologische productie opgenomen en een voorwaarde om gangbare drijfmest te mogen toedienen. Onduidelijk is in hoeverre hier gebruik van wordt gemaakt.

In het algemeen kan gezegd worden dat de kleinere bedrijfsomvang in de biologische veehouderij een belemmering is voor het rendabel toepassen van de vergistingstechnologie. Er zullen vergeleken met de gangbare sector minder bedrijven zijn die zelfstandig in deze techniek kunnen investeren. Mestvergisting kan dus dienen als katalysator voor samenwerking maar er zijn wellicht ook mogelijkheden om met kleinere 'low tech' vergistingsinstallaties op een rendabele manier biogas te produceren.

Tegelijk is het aandeel gemengde bedrijven in de biologische sector groter dan in de gangbare landbouw. Deze bedrijven bieden kansen om zonder transport gewasresten of geteelde biomassa in te zetten als co-vergistingsmateriaal.

Door de toepassing van co-vergisting neemt de hoeveelheid mest toe. Het vergiste eindproduct van de co-vergisting van mest met producten die vermeld staan op de positieve lijst in een verhouding van 1:1, heeft namelijk de status dierlijke mest. In tegenstelling tot de gangbare landbouw is dat in de biologische landbouw een voordeel. Door aangescherpte eisen voor gebruik van mest ontstaat er een tekort aan biologische mest. Toename van het mestvolume door co-vergisting van biologische mest en biomassa draagt dus bij aan een oplossing voor dit tekort. Vergisting op zich doet dat ook omdat daarmee gangbare mest ook toegepast mag worden. Uit de regelgeving wordt niet duidelijk of co-vergisting van gangbare mest met biologische producten ook leidt tot biologische mest. Er staan in het geheel geen eisen of voorwaarden vermeld voor het vergisten van mest met co-producten. Zo lijkt het aannemelijk dat biologische mest alleen mag worden vergist in combinatie met biologische producten maar is deze eis niet opgenomen in de regelgeving.

Mestvergisting kan ook direct bijdragen aan de beperking van stikstofverliezen wanneer gewasresten na de oogst niet op het land blijven liggen maar worden vergist. Vanuit het oogpunt van de koolstofbalans is het achterlaten van gewasresten op het land wenselijk maar het leidt tot verhoogd stikstofverlies. Wanneer deze gewasresten tijdens of na de oogst worden verzameld en vergist blijft de stikstof behouden.

Een belangrijk kritiekpunt op vergisting vanuit de biologische sector ligt in de omzetting van organische stof in methaan en kooldioxide. Deze organische stof is daarmee niet meer beschikbaar voor de opbouw van humus in de bodem. Vergisting zou daarmee de bodemkwaliteit bedreigen. Afgezien van het feit dat bij co-vergisting er ook extra organische stof wordt aangevoerd en er dus per saldo misschien wel meer organische stof aan de bodem toegevoegd wordt, is het ook nog onduidelijk of er inderdaad ook minder opbouw van organische stof in de bodem plaatsvindt als geen co-vergisting wordt toegepast. Het deel van de organische stof dat opgezet wordt in methaan en kooldioxide zal ook in de bodem snel omgezet worden. Of dit effect heeft op het bodemleven is nog vrijwel onbekend.

Een ander punt van zorg is de kans op insleep van onkruidzaden wanneer co-vergistingsmateriaal van buiten het bedrijf wordt aangevoerd. Vergisting heeft een negatief effect op de kiemkracht van zaden maar onduidelijk is of dit voldoende is om een toenemende onkruiddruk te voorkomen.

De huidige vergistingstechnologie gaat uit van vloeibare, verpompbare mest. In de biologische veehouderij is stapelbare, storrige mest gebruikelijker dan in de gangbare landbouw en wordt ook gewaardeerd. Deze soort mest is met de gangbare vergistingsinstallaties niet te vergisten. Bedrijven die dit soort mest produceren lijken dus uitgesloten van deze mogelijkheid.

Een belangrijk deel van het co-vergistingmateriaal in de gangbare landbouw zal bestaan uit reststromen van de voedings- en genotsmiddelenindustrie. Er is echter geen enkel zicht op de omvang van het biologische deel van deze reststromen.

Specifiek voor de biologische is de aandacht voor lokale samenwerking en de discussie over schaalgrootte. Wanneer de rendabele toepassing van vergisting leidt tot een toename van de transportbewegingen door aanvoer van mest en/of co-producten zal hier kritisch naar gekeken worden. Nauw hiermee gerelateerd is de schaalgrootte waarop vergisting plaatsvindt. Ten opzichte van de gangbare landbouw lijkt er een grotere belangstelling te bestaan voor kleinere maar goedkoper uitgevoerde vergistinginstallaties waardoor al bij een kleinere schaal een rendabele ontstaat.

6.2 Productie van biobrandstoffen

Uit Tabel 7 blijkt dat de hoeveelheid directe energie bij de biologische teelt hoger ligt dan bij de gangbare teelt. Dat komt vooral door het hogere brandstofverbruik voor onkruidbestrijding. Omschakeling op biobrandstoffen zou dan wel geen financiële besparing betekenen maar toch de milieubelasting verlagen. Beperking van de CO₂-emissie uit fossiele brandstoffen verbetert de prestaties van de biologische landbouw sterk. Het telen van koolzaad, om in de eigen brandstofbehoefte te voorzien, is een manier om de CO₂-kringloop te sluiten. Uit de berekening voor koolzaadteelt blijken de kosten hoger als de opbrengsten. Een ander bouwplan, zonder suikerbieten, kan mogelijk een gunstiger beeld laten zien. Daarnaast is het verlies dusdanig dat deze door verhoging van de koolzaadopbrengst per hectare opgevangen kan worden. Een andere optie is de stijging van de prijs voor rode diesel. In beide gevallen kan er dan kostenneutraal in de eigen brandstofbehoefte worden voorzien. Tegelijkertijd is dit een sprong voorwaarts in milieuprestaties. Er gelden echter in de biologische landbouw geen aanvullende voorschriften voor het gebruik van smeermiddelen en brandstoffen. Er zijn ook geen biologische biobrandstoffen beschikbaar en daar lijkt (op dit moment) ook geen markt voor te zijn. De markt vraagt niet op specifiek biologisch geteelde biobrandstoffen. Zo bezien is er ook geen specifieke aanleiding voor biologische akkerbouwers om gewassen te gaan telen voor de productie van biobrandstoffen voor de brandstofmarkt, omdat deze toch als gangbare producten zullen worden afgezet. Eventuele meerkosten als gevolg van de biologische productiewijze worden dus niet (gedeeltelijk) terugverdiend door een hogere afzetprijs. Het overschakelen op biobrandstoffen doet de kostprijs van de geteelde gewassen zelfs nog verder stijgen aangezien de prijs per liter biodiesel hoger ligt van de voor de landbouw gebruikte gangbare, zogenaamde rode diesel. Koolzaad kan ook afgezet worden als biologische spijsoolie voor humane consumptie. De opbrengst hiervan is zelfs hoger dan die van biobrandstoffen. Het produceren voor de brandstoffenmarkt lijkt daarom vooralsnog geen optie.

Bij de voorgaande redenering is echter geen rekening gehouden met het gebruik en verwaarding van de overige (bij)producten van de koolzaadteelt namelijk koolzaadkoek (overblijfsel na persing van de olie) en koolzaadstro. Het gebruik van de koolzaadkoek, het bijproduct van de koude persing, in de veehouderij brengt een verder sluiting van de kringloop tot stand. Deze zogenaamde koolzaadkoek kan dienen als krachtvoer in de biologische veehouderij. Het gehalte krachtvoer van biologische oorsprong moet de komende jaren toenemen. Dat kan ruimte bieden voor de uitbreiding van de teelt van koolzaad waarbij dan biobrandstoffen dan min of meer tot een bijproduct worden gedegradeerd. Ook het koolzaadstro kan dienen als bodemverbeteraar, kan toepassing vinden in de veehouderij of kan dienen als biomassa voor verbranding. Verbranding van koolzaadstro draagt ook bij aan de verbetering van de energie- en milieuprestaties van de biologische landbouw.

Wat betreft de teelt van suikerbieten en granen voor de productie van bio-ethanol ontbreekt het inzicht in het areaal. De verwachting is dat het areaal biologische granen en suikerbieten voor het grootste deel bedoeld is door humane consumptie. Inzet van deze gewassen voor alternatieven (zoals productie van bio-ethanol) lijkt economisch niet interessant. Net als bij biodiesel bestaat er ook geen biologische variant bij bio-ethanol en is de markt nog te klein om te verwachten dat die er binnenkort wel zal komen. De mogelijkheden voor de inzet van bio-ethanol als biobrandstof in de biologische landbouw zijn nog beperkter dan die voor biodiesel. De vrijkomende reststromen zijn ook niet rechtstreeks inzetbaar als krachtvoer.

Voordeel van biologische teelt is dat er geen gebruik wordt gemaakt van kunstmest en gewasbeschermingsmiddelen. Biobrandstoffen sterk worden afgerekend op hun kringloop, een zo laag mogelijke uitstoot in CO₂-equivalenten. De productie van kunstmest en gewasbeschermingsmiddelen zorgen voor een aanzienlijk energiegebruik en uitstoot van broeikasgassen. De geringe aandacht voor biologisch geteelde grondstoffen voor biobrandstof, kan omslaan als deze elementen van groter belang worden.

Het gebruik van biogas als autobrandstof is sterk gerelateerd aan de alternatieve toepassingen. Wanneer zoals momenteel het geval is geen subsidie op met biogas opgewekte elektriciteit wordt gegeven is andere toepassing van biogas (bijvoorbeeld als transportbrandstof) interessant. Wel moeten voordat biogas toepasbaar is

investeringen in gasreiniging en voertuigtechniek gedaan worden. Wat betreft voertuigaanpassingen kan wellicht meegelift worden op de toepassing van aardgas (ook voornamelijk methaan).

6.3 Verbranding van biomassa

In de regelgeving rond de biologische landbouw is niets opgenomen over de verbranding van biomassa voor de opwekking van energie. Er worden dus geen eisen gesteld aan techniek of brandstof anders dan die ook voor de gangbare landbouw gelden. Voor een inventarisatie van de mogelijke bezwaren of kansen rond verbranding van biomassa moet onderscheid gemaakt worden in het type biomassa dat verbrand wordt. Hout is de meest gebruikte en schoonste brandstof voor verbranding. Wel is de herkomst van het hout van belang. Hout uit d omgeving dat niet geteeld is met het doel om energie mee op te wekken sluit goed aan bij de doelstelling van de biologische sector om grondstoffen regionaal te betrekken. Hout zou dan bijvoorbeeld afkomstig kunnen zijn van onderhoudswerkzaamheden aan natuurgebieden, singels, houtwallen etc. Landschaps- en natuurbeheer zijn taken die veelal met de biologische landbouw worden geassocieerd. Het beheren en dunnen van (wind)singels kan een bron van hout zijn voor verbranding in een biomassa kachel. Door verbranding van dit hout kan dus bijgedragen worden aan beheer en onderhoud van deze objecten.

De verwachting is dat de sector kritischer zal staan tegenover hout dat aangevoerd wordt over grotere afstand. Ten eerste vanwege de grotere transportafstanden en het daarmee gepaard gaande energieverbruik met uitstoot van broeikasgassen, NO_x en roet als gevolg maar ook vanwege de slechtere controleerbaarheid van productiemethoden.

Ten aanzien van eigen geteeld hout zal naar verwachting weinig bezwaren bestaan aangezien deze teelt van zogenaamd 'short rotation coppice' ook bij kan dragen aan beperking van mineralenverlies of ander functies kan vervullen zoals het bieden van beschutting voor pluimvee in een uitloop.

Gebruik van andere specifiek voor dit doel geteelde biomassa kan gevoeliger liggen in de biologische sector hoewel er ook buiten de biologische sector daarbij bedenkingen zijn. Een bekend voorbeeld is de verbranding van graan. Hoewel dit economisch in sommige gevallen aantrekkelijker is dan de verbranding van gas stuit de verbranding van graan op ethische bezwaren. Bij andere gewassen als miscanthus ligt dit ethische aspect minder voor de hand zeker als het gewas op braakland geteeld zou worden. Deze mogelijkheid bestaat binnen de Europese richtlijnen.

Tenslotte behoort ook verbranding van mest tot de mogelijkheden. Vooral droge (pluimvee)mest komt daarvoor in aanmerking. De verwachting is echter dat hiertegen grote bezwaren uit de biologische sector zullen bestaan vanwege de mogelijk negatieve milieueffecten veroorzaakt door de verbrandingsgassen maar meer nog vanwege het gedeeltelijk onttrekken van de toch al schaarse biologische mest van de markt en het wegnemen van mineralen uit de kringloop. Verbranding van stro zou wat dat betreft op minder bezwaren kunnen rekenen al is de vraag naar biologisch groot en kunnen er bezwaren bestaan ten aanzien van het onttrekken van koolstof uit de kringloop. De assen die vrijkomen bij verbranding zouden als wel meststof kunnen dienen hoewel ze momenteel niet als zodanig erkend zijn. De concentratie aan zware metalen vormt een mogelijk knelpunt. Wanneer de verbrandingsgassen weer teruggebracht worden op de percelen waarvan het hout of andere biomassa afkomstig is hoeft dit niet tot accumulatie te leiden.

7 Conclusies en aanbevelingen voor verder onderzoek

7.1 Conclusies

- Ook in de biologische sector zijn er mogelijkheden voor de opwekking van duurzame energie
- De op dit moment meest geschikte methoden zijn verbranding, kleinschalige productie van biobrandstoffen en vergisting.
- De teelt van koolzaad, suikerbieten of granen voor de productie van biobrandstoffen voor de reguliere biobrandstoffenmarkt is op dit moment niet interessant.
- Vergisting en kleinschalige biobrandstofproductie kunnen als draaipunt fungeren bij de combinatie van sectoren en technieken om duurzame energie op te wekken.

7.2 Aanbevelingen

- Verzameling van verdere structuurgegevens van de huidige biologische landbouw wat betreft energieverbruik (warmte, elektriciteit en brandstoffen), teelt van energiegewassen voor vergisting en beschikbaarheid van biologische reststromen uit voedings- en genotsmiddelenindustrie.
- Onderzoek naar de verdere mogelijkheden om warmteopwekking door verbranding te combineren met landschapsonderhoud.
- Onderzoek naar de verdere mogelijkheden van geteelde "short rotation coppice" of energiegewassen voor verbranding en/of de productie van tweede generatie biobrandstoffen.
- Verder uitdiepen van de gevolgen van aangescherpte regelgeving t.a.v. biologisch krachtvoer in de veehouderij op beschikbaarheid van mest en de kansen voor de teelt van gewassen die zowel krachtvoercomponenten als biobrandstof opleveren.
- Onderzoek naar de mogelijkheden voor kleinschalige mestvergisting.
- Onderzoek naar de mogelijkheden voor droge mestvergisting.
- Onderzoek naar de mogelijkheden voor mono mestvergisting (zonder gebruik te maken van mest).
- Onderzoek naar de mogelijkheden om via kleinschalige biobrandstofproductie te voorzien in de eigen brandstofbehoefte.
- Verder uitwerking van koppeling van bedrijven uit verschillende sectoren rond mestvergisting en kleinschalige biobrandstofproductie
- Verzameling van bestaande kennis over de bijdrage die vergiste mest levert aan de opbouw van organische stof in de bodem en het effect van de toepassing van vergiste mest op opbrengst en stikstofkringloop.
- Verzameling van bestaande kennis over teelt, verwerking en productie van koolzaadolie en/of biodiesel op boerderijschaal. En de afzet van bijproducten naar de biologische veehouderij en/of vergisting.
- Ontwikkelen van combinaties van technieken voor opwekking van duurzame energie die gezamenlijk nieuwe kansen bieden.

Literatuur

- Aarnink A.J.A., Hol J.M.G., Beurkens A.G.C. en Wagemans M.J.M. (2005). Ammoniakemissie en mineralenbelasting op de uitloop van leghennen. Agrotechnology and Food Innovations B.V., rapport 337. Wageningen UR, Wageningen.
- Anoniem (2005) Energie uit Biomassa, Achtergrondinformatie over beleid, chemie en techniek, BTG Biomass Technology Group B.V., Enschede
- Anoniem (2006) Tarwe in plaats van aardgas, Nieuwe Oogst (gewas), nummer 22, 2006, blz. 6-7
- Baar, Jacqueline, (2005) Verdienen aan oude houtwal, Syscope, nummer 7, 2005
- Bestman (2007) persoonlijke communicatie
- Bos, J.; J. de Haan; W. Sukkel (2007) Energieverbruik, broeikasgasemissies en koolstofopslag: de biologische en gangbare landbouw vergeleken. Plant Research Internationa, Wageningen-UR, Rapport 140
- Bote, Adungna D. Steph Buijs, Diana van Dijk, Vera Espindola Rafael and Byjesh Katterkandi. (2006) The Global Footprint of Farming, Wageningen.
- Borm, G.E.L., Geel, W. van, Vermeij, I., Voort, M. van der (2005) Intersectorale samenwerking in de biologische landbouw: perspectieven koolzaad, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, PPO 32530126
- Borm, G.E.L., Geel, W. van, Vermeij, I., Voort, M. van der (2005) Intersectorale samenwerking in de biologische landbouw: perspectieven koolzaad in Overijssel, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, PPO 3253012603, december 2005
- Brom, G.E.L. (2007) Persoonlijke mededeling
- El Bassam, N. (1996). Renewable Energy. Potential energy crops for Europe and the Mediterranean region. FAO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations), Rome.
- Jørgensen, U, Dalgaard, T, Kristensen, E.S. (2006). Biomass energy in organic farming-the potential role of short rotation coppice. Biomass and Bioenergy 28, 237-248
- Klooster, A. van der, Wolf, M. de (2006) Kwantitatieve informatie, Akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt 2006, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, PPO 354, ISSN: 1571-3059.
- Kuhlman, Tom, Elst, Michelle van der, Betgen, Marcel (2005) Landbouw of landschap?, Ontwikkelingen in het agrarisch grondgebruik in twee gebieden in Friesland, LEI, rapport 4.05.05.
- Möller, K., Stinner, W. and Leithold, G. (2006). Biogas in organic agriculture: effects on yields, nutrient uptake and environmental parameters of the cropping system. In: Proceedings of the joint organic congress, Odense Denemarken 30-31 mei 2006
- Prins, U. (2005) Intersectorale samenwerking in de biologische landbouw: Verzelfstandiging van de biologische landbouw op het gebied van mest, voer en stro. Louis Bolk Instituut, Driebergen.
- Schicker, C. (2003) Ablagerung von asche aus der biomasseverbrennung. Diplomarbeit, Fachhochschule Augsburg.
- Thuijl, E. van, Ree, R. van, Lange, T.J. de, (2003) Biofuel Production chains, background document for modelling the EU biofuel market using the BIOTRANS model, ECN, ECN-C-03-088.
- Timmermans, B.G.H. en Koopmans, C.J. (2007) Biomassa als energiebron: een missie voor de duurzame en biologische landbouw? LBI rapport, 23 pp. Louis Bolk Instituut, Driebergen.

Voort, M.P.J. van der (2003) Biobrandstoffen, een alternatief voor de Nederlandse landbouw?, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Rapport PPO 319

Voort, M.P.J. van der, (2007) Saldi van energiegewassen, Saldoberekeningen van energiegewassen voor covergisting en bio-ethanolproductie, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, PPO 32500580.

Websites:

ECN (2007) www.verbranding.nl Verbrandingswebsite Nederland, Centrum voor Energie Nederland (ECN)

Vergassingswebsite Nederland, Centrum voor Energie Nederland (ECN)

Pyrolyse website Nederland, Centrum voor Energie Nederland (ECN)

VROM, dossier biobrandstoffen (www.vrom.nl)

Overige informatie:

Informatieblad Plantaardige Productie, Skal

Informatieblad Dierlijke Productie, Skal

Eko Monitor 2005, Biologica

Land- en tuinbouwcijfers 2006, LEI (WUR) en Centraal Bureau voor de Statistiek CBS

Bijlage F. Hernieuwbare en alternatieve energieën, Commissie Ampere, Ministerie van Economie, oktober 2000

Review of the Economic Case for Energy Crops in the UK, L.E.K. Consulting LLP, 29 January 2004

Ongebruikelijke maatregelen houden ziekten en plagen in bedwang, Biologisch onderzoeksbericht 23,

Bijlagen

Bijlage 1 Auteurs

Hendrik Jan van Dooren is onderzoeker binnen het cluster Milieu, Huisvesting en Energie van ASG Veehouderij BV. ASG Veehouderij BV vormt samen met de divisies Infectieziekten, Producten en het Departement Dierwetenschappen van Wageningen Universiteit de Animal Sciences Group van Wageningen UR.

Marcel van der Voort is onderzoeker binnen de afdeling Economie & Management van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., Akkerbouw, Groene ruimte en vollegrondsgroenten. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. vormt samen met Plant Research International en het Departement Plantenwetenschappen van de Wageningen Universiteit de Plant Sciences Group van Wageningen UR.

Bart Timmermans is werkzaam als onderzoeker teelt binnen de sectie bodem en plant van het Louis Bolk Instituut (LBI)