



Kansen voor Groen Gas

Concurrentie Groen Gas met andere biomassa opties

Notitie
Delft, April 2011

Opgesteld door:
G.C. (Geert) Bergsma
H.J. (Harry) Croezen



Voorwoord

Deze notitie is in opdracht van Platform Nieuw Gas (PNG), EnergieTransitie gemaakt.



Inhoudsopgave

Voorwoord

1 Inleiding

2 Biogas- en Groen Gas-opties, concurrenten en ondersteuning

3 Beschikbaarheid van biomassa

4 Biomassa uit Nederland

5 Biomassa uit het buitenland

6 (Co)vergisting van mest

7 Vergassing van biomassa

8 Conclusies en aanbevelingen

Literatuur

Bijlage A Beschikbaarheid van biomassa voor groen gas

Bijlage B Berekeningen prestaties biogas toepassingen



1 Inleiding

Biomassa kan gebruikt worden in veel verschillende toepassingen en sectoren. Al deze toepassingen verschillen in milieueffecten, kosten, landgebruik en effecten op de energievoorzieningszekerheid.

Omdat de hoeveelheid duurzame biomassa beperkt is lijkt het verstandig om biomassa daar in te zetten waar een zo groot mogelijke bijdrage aan maatschappelijke doelstellingen wordt gerealiseerd.

Het Platform Nieuw Gas vraagt zich af wat de kansen zijn van groen gas als rekening wordt gehouden met het potentiële aanbod van biomassa en vooral ook met de concurrentie van andere gebruikers. Met als doel het groen gas vooral te produceren uit biomassasoorten die minder geschikt zijn voor andere toepassingen en vooral in te zetten in sectoren waar andere bio-opties minder efficiënt zijn.

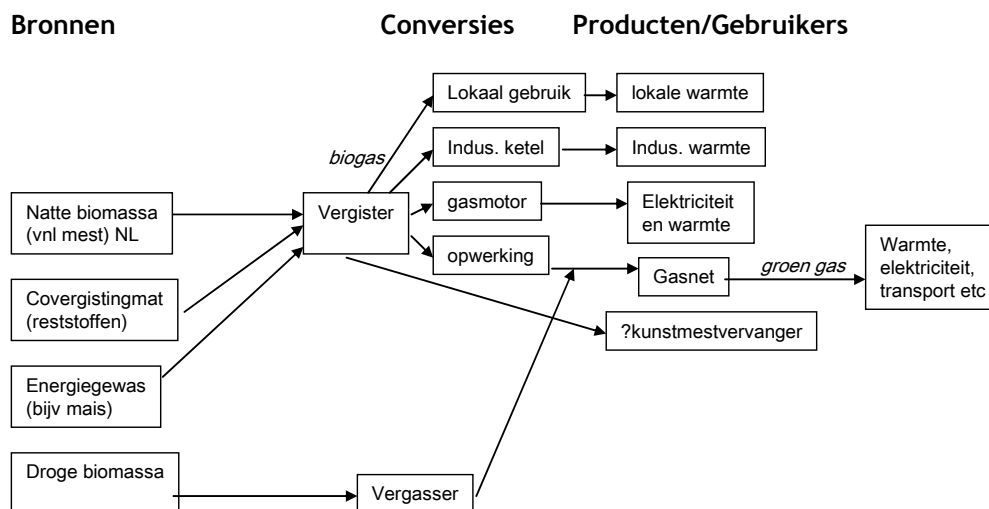
Voor deze notitie is geen compleet nieuw model opgesteld waarmee de mondiale, Europese of Nederlandse energievoorziening wordt gemodelleerd. Op basis van bestaande kennis en modellen is in interactie met de opdrachtgever deze notitie over Groen gas in het brede biomassa landschap opgesteld.

Deze notitie sluit sterk aan op het rapport 'Goed gebruik van biomassa' dat parallel aan deze notitie is geschreven voor het Platform Groene Grondstoffen. Er wordt regelmatig naar dit rapport verwezen maar deze notitie is echter ook zelfstandig leesbaar.

2 Biogas- en Groen Gas-opties, concurrenten en ondersteuning

Biogas of groen gas kan op verschillende manieren worden geproduceerd. In Figuur 1 is geschetst dat vergisters en vergasser uit verschillende biomassa-stromen (nat vooral van dichtbij en droog van dichtbij en ver weg) warmte, elektriciteit en gas kunnen produceren.

Figuur 1 Biogas-/Groen gas-opties



In deze notitie hanteren we voor het product dat uit een vergister komt (mengsel van methaan en andere gassen) het begrip biogas. Opgewerkt en gereinigd biogas met dezelfde eigenschappen als aardgas noemen we groen gas.

Een vergister werkt het best met een mix van natte biomassa als bijvoorbeeld mest en toevoegingen op basis van agrarische reststromen of energiegewassen. Een vergasser verwerkt droge biomassa.

Biogas uit vergisting en vergassing kan via verschillende stappen ingezet worden voor warmte, elektriciteit en als gas voor in het gasnet. Via deze laatste route wordt gas in veel toepassingen ingezet waaronder ook de inzet voor transport.

Omdat deze technieken bijdragen aan duurzamere economie, minder klimaatemissies en besparing van fossiele energie hanteert de overheid een stimuleringsbeleid voor biogas en groen gas.

In deze notitie wordt niet ingegaan op biogas gewonnen bij stortplaatsen en uit rioolzuiveringsinstallaties. Dit zijn op zich zeer interessante opties die een groot klimaatvoordeel opleveren (minder emissie van sterk broeikasgas-methaan) maar deze opties zijn beperkt qua omvang en groeipotentie.

Digestaat

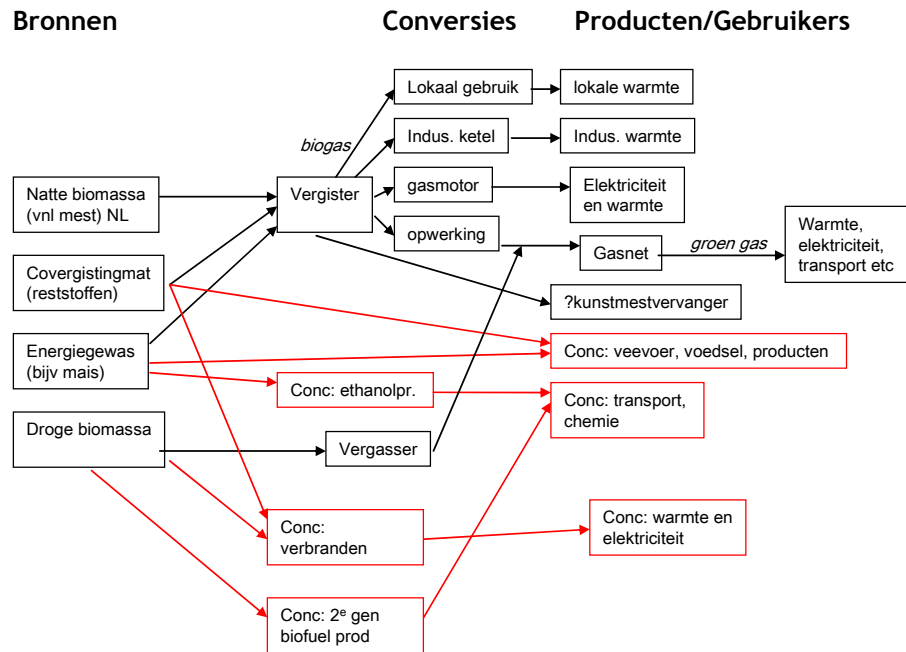
Er is discussie of digestaat (bijproduct bij vergisting) beschouwd kan worden als kunstmestvervanger. In deze notitie zijn we daar nog niet vanuit gegaan. Mocht in de toekomst opgewerkt digestaat wel als kunstmestvervanger gebruikt kunnen worden dan dalen de kosten van vergisting en stijgen de milieuvordelen. De precieze berekening hiervan valt buiten de reikwijdte van deze notitie.

Concurrentie

Met name de droge biomassa maar ook energiegewassen en reststromen kunnen ook voor andere biomassaopties worden toegepast. In Figuur 2 zijn in rood de belangrijkste concurrenten aangegeven.



Figuur 2 Biogas-/Groen gas-opties en concurrenten

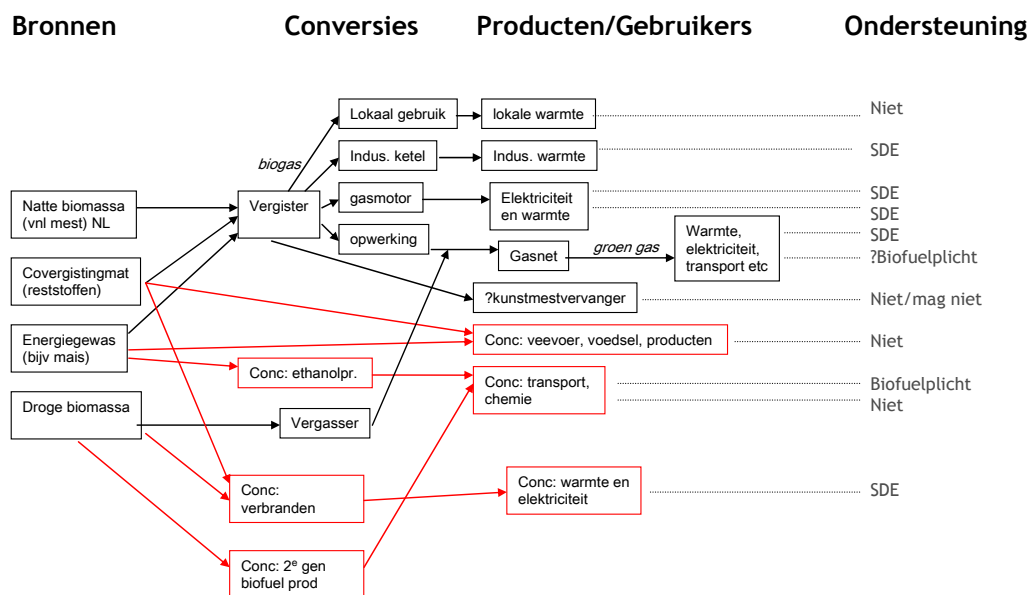


Droge biomassa wordt op dit moment al veel verbrand voor de productie van elektriciteit en warmte. Op termijn wordt het waarschijnlijk mogelijk om droge biomassa ook in te zetten voor transportbrandstoffen via 2^e generatie technieken al is nu nog onduidelijk hoe duur deze technieken zullen zijn. Energiegewassen als bijvoorbeeld energiemaïs zijn op dit moment ook in te zetten als bron voor ethanolproductie voor het transport. Daarnaast is er concurrentie met veevoertoepassing. Ook covergistingmateriaal (agrarisches reststromen) is deels als veevoer in te zetten.

Concurrentie wordt beïnvloed door verschillend overheidsingrijpen

Op zich is het heel normaal dat verschillende economische sectoren concurreren om dezelfde grondstoffen. Indien dit het geval is is het echter wel belangrijk dat de maatschappelijke randvoorwaarden voor deze sectoren goed op elkaar aan sluiten. Bij de hierboven geschetste opties is vooral het overheidsstimuleringsbeleid verschillend. In Figuur 3 is voor de verschillende opties rechts aangegeven wat voor ondersteuning er vanuit de overheid wordt aangeboden.

Figuur 3 Biogas-/Groen gas-opties en concurrenten



Veel opties kunnen subsidie krijgen uit de Subsidiereregeling Duurzame Energie (SDE). Sommige opties als bijvoorbeeld het lokaal gebruiken van biogas voor lokale warmte kregen echter niets. Aangekondigd is dat in de nieuwe SDE+ biogas en duurzame en warmte wel gestimuleerd zullen worden. Opties die leveren aan de transportsector krijgen geen SDE maar vallen onder de biobrandstoffen verplichting die geldt in deze sector. Door de harde verplichting is dit de meest krachtige stimulering en zuigt deze sector het sterkst aan alle grondstoffen die zij kan gebruiken. Toepassing in de veevoersektor, chemie of als product wordt niet gestimuleerd. Deze sectoren zullen het steeds moeilijker krijgen om hun grondstoffen tegen een redelijke prijs in te kopen.

Een aantal studies laten zien dat juist combinaties van biomassa gebruik voor zowel voedsel, veevoer, chemie en energie (gebruik van alle delen van de plant en bioraffinage) waarschijnlijk op termijn het efficiëntst kunnen zijn. Dat vergt echter een evenwichtige stimulering omdat anders door scheef overheidsingrijpen het volledig verbranden van de biomassa aantrekkelijker blijft.

Geconcludeerd kan worden dat met name voor natte biomassa vergisting naar biogas de aangewezen techniek is zonder op dit moment veel concurrentie van andere technieken en opties. Voor droge biomassa is er wel veel concurrentie.

3 Beschikbaarheid van biomassa

Omdat mest relatief laagcalorisch is (hoog vochtgehalte) en omdat er rond mest veel overheidsregels bestaan is het niet rendabel om met mest grote afstanden af te leggen. Voor biogas op basis van mest kan daarom voor het potentieel gekeken worden naar de beschikbaarheid in Nederland.

Het kan ook interessant zijn om biogas te produceren uit vergassing van droge houtige biomassa. Deze is wel goed te transporteren. De verwachting is dat hout(pellets) in 2020 een commodity worden die over de hele wereld

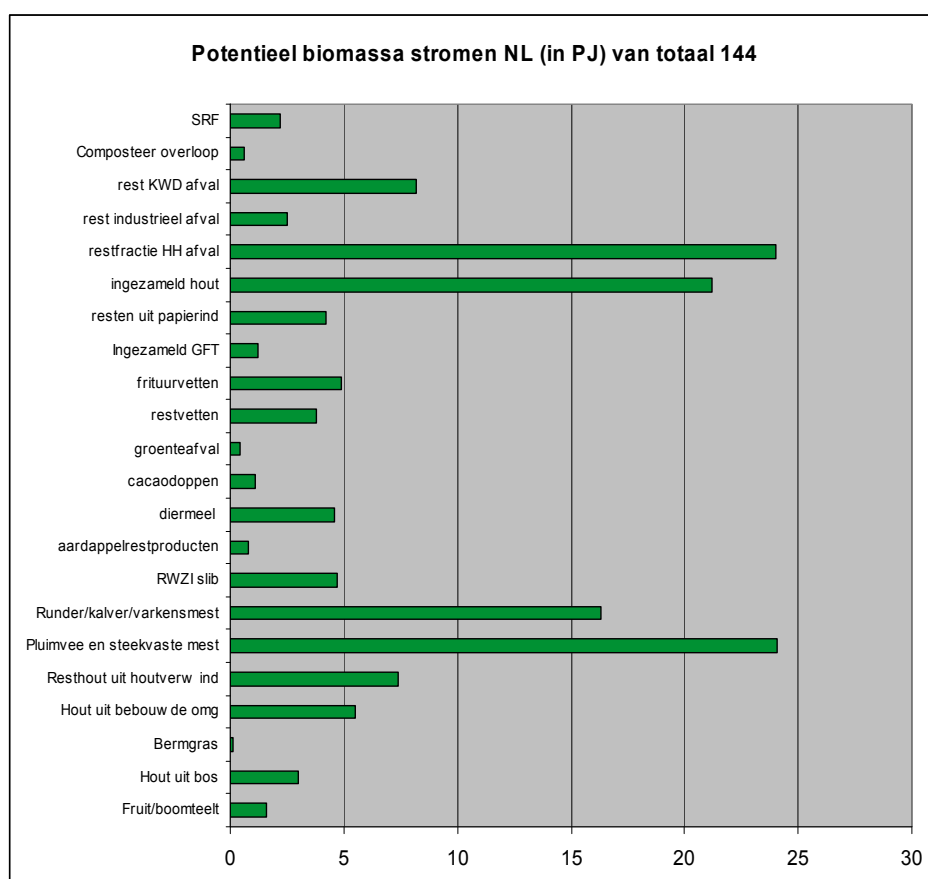


verhandeld wordt. Voor de beschikbaarheid van hout dient daarom gekeken te worden naar de mondiale beschikbaarheid en concurrerende vragers [CE, 2010].

4 Biomassa uit Nederland (1 à 1,5 miljard NM3 biogas)

Koppejan et al. (2009) heeft recent onderzoek gedaan naar de hoeveelheden biomassa beschikbaar voor energietoepassing die vrijkomen in Nederland in 2020. Hierbij is rekening gehouden met andere bestaande gebruikers van biomassa. In figuur 1 is het totaal van 144 PJ onderverdeeld.

Figuur 4 Biomassa beschikbaar voor energie in Nederland in 2020



Totaal zou Nederland dus 0,15 EJ biomassa kunnen produceren in 2020. Dat is ongeveer 5% van de Nederlandse energievraag (3 EJ).

Uit Koppejan et al. (2009) kan worden geconcludeerd dat de hoofdstromen biomassa bestaan uit:

- a afval- en resthout;
- b mest (ca. 40 PJ);
- c het biodeel in huishoudelijk- en bedrijfsafval.

Door Koppejan wordt geprognosticeerd dat afval- en resthout voorlopig vooral wordt omgezet in elektriciteit en warmte, dat afval vooral wordt ingezet in afvalverbrandingsinstallaties en dat mest vergist kan worden tot biogas.

Vloeibare biomassa (waaronder ook co-substraten als maïs) kan goed worden vergist. Droge biomassastromen zijn hiervoor niet geschikt. Aan de ene kant omdat ze niet oplossen en verpompbaar zijn maar ook vanwege cellulosehoudende materie die moeilijk afbreekt in een vergister. Deze biomassa is dus beter geschikt voor andere energietoepassingen zoals verbranding of vergassing.

Koppejan et al. (2009), berekent dat er ongeveer 30 PJ biogas geproduceerd kan worden uit deze mest per jaar (= 1 miljard NM3 aardgas eq. = 2,4% van de jaarlijkse afzet van aardgas in Nederland. Met name de lastige afzet van digestaat is nu een belemmering bij dit potentieel. Koppejan et al. beveelt aan om in de EU te pleiten voor een soepeler beleid voor het toepassen digestaat. Ander punt is de vraag of er voldoende ruimte is voor teelt van snijmaïs als covergistingmateriaal (Koppejan et al. spreekt over 5.000 à 10.000 ha (= 5 a 10% akkebouwareaal in NL) voor 75 à 150 kton).

Andere studies zijn regelmatig optimistischer. Zo hebben in 2007 de Duitse Grünen een rapport uitgebracht waarin ze aangaven een potentieel van 330 miljard NM3 voor heel de EU. Daarin is echter aangenomen dat ook al het hout, stro en alle energieteelt gebruikt zal worden voor de productie van biogas. Er is geen rekening gehouden met toepassing voor elektriciteit en warmte (hout) en transportbrandstoffen (met name energieteelt). Voor Nederland prognosticeert men in deze studie voor 2020 48PJ uit mest en 44PJ uit energieteelt. De opbrengst uit mest is vooral hoger omdat er gerekend wordt met een relatief hoog omzettingsrendement (95%). Gezien de concurrentie van transportbrandstoffen is verder energieteelt specifiek voor biogas niet waarschijnlijk in Nederland.

Op dit moment wordt er vervolg onderzoek gedaan door Koppejan e.a naar biomassastromen uit de VGI-industrie. Dit zou een extra potentieel kunnen opleveren op termijn. Aan de andere kant wordt er ook steeds meer gesproken over verplichting voor bijstoken voor kolencentrales waar deze stroom ook interessant voor is.

Als bandbreedte voor het potentieel voor biogas in Nederland geproduceerd uit vergisting kan uitgegaan worden van de 30 à 48 PJ. Dat is ongeveer 1 à 1,5 miljard NM3 aardgas-eq.

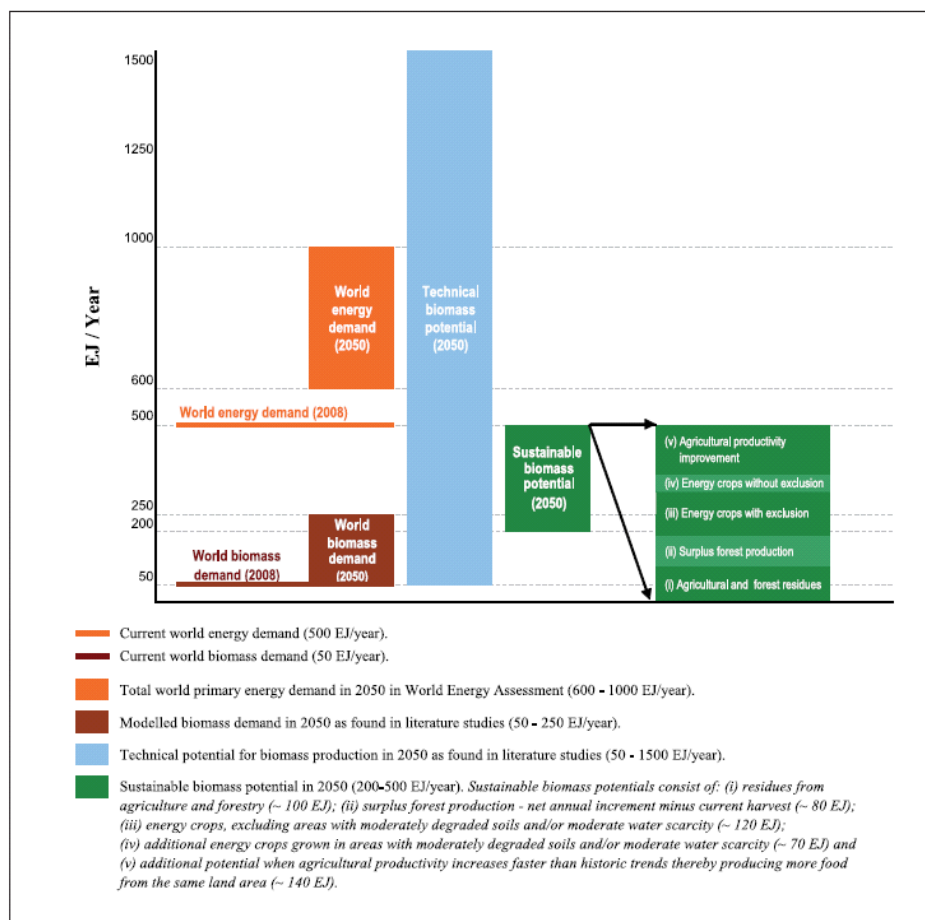
5 Biomassa uit het buitenland

Droge biomassastromen voor vergassing of verbranding kunnen ook goed geïmporteerd worden omdat Nederland met haar zeehavens gunstig is gelegen voor deze import. Natte biomassa voor vergisting kan niet rendabel over grote afstanden worden vervoerd. Op dit moment wordt mondiaal 10% van de mondiale energievraag (IEA, 2006) ingevuld middels biomassa (50 EJ).

Over het potentieel van duurzame biomassa op de lange termijn is veel discussie. Een optimistische inschatting die uitgaat van een sterke groei van de mondiale landbouwproductiviteit geeft een potentieel van 500 EJ (volledige groene blok Figuur 5).



Figuur 5 Biomassa potentieel



Bron: EIA bioenergy, 2009.

In deze inschatting is echter geen rekening gehouden met duurzaamheids-criteria en waterbeschikbaarheid en ook gebruik gemaakt van verouderde data over de toekomstige vraagstijging naar voedsel. Een latere berekening van Dornburg et al. komt op een economisch winbaar potentieel van 200 EJ. Een pessimistischere inschatting die meer gesteund wordt door partijen uit de landbouw die water en nutriënten cruciaal vinden en ook de landbouw-efficiency lager inschatten (FAO, WUR, Bindraban, Rabbinge) komt maximaal tot een potentieel van 100 EJ aan reststromen uit de land- en bosbouw.

Mondiaal zou daarmee in 2050 10 à 20% (100 à 200 EJ) van de energievoorziening kunnen draaien op biomassa. Welk deel van dit aanbod beschikbaar zou kunnen zijn voor Nederland hangt sterk af van de prijs die we voor deze biomassa wensen te bepalen. Op dit moment is de prijs van biomassa geschikt voor energie in regio's met *vrijhandel* (palmolie in Zuid Oost-Azie en ethanol in Brazilië en pellets in Canada) gekoppeld aan de prijs van fossiele energie. In regio's met *veel beleid* (verplichtingen en subsidies zoals in de EU) ligt de biomassaprijs duidelijk boven die van fossiele grondstoffen. In een toekomstige wereld met mondiaal klimaatbeleid is het te verwachten dat de vraag naar biomassa flink zal stijgen en dat de prijs van biomassa overall hoger zal komen te liggen dan de fossiele prijs.

Of Nederland de prijs voor biomassa kan betalen hangt ook van de vorm van het beleid af. Bij een subsidiesysteem is er een directe beleidsconcurrentie met het subsidiesysteem in buurland Duitsland. Bij een verplicht aandeel biogas in de gasector speelt deze beleidsconcurrentie minder.

Potentieelstudies geven ook aan dat de beschikbaarheid van biomassa ook belangrijk verhoogd kan worden op verschillende manier die nu veelal buiten het bestaande biomassa beleid vallen:

- het verbeteren van de logistiek van landbouwrestproducten mondiaal
- het opwaarderen van laagwaardige landbouwrestproducten (ter plekke) middels voorbehandelingen als torrefactie en pyrolyse)
- het verhogen van de productie van de landbouw mondiaal zodat er grond vrijkomt voor energiegewassen.

6 (Co)vergisting van mest

Voor Groen gas is het covergisten van mest een belangrijke optie. In Tabel 1 zijn door de auteurs berekende scores op het criterium meer kosten per ton CO₂ zoals die berekend zijn voor 2020 opgegeven. (Voor de berekening zie Bijlage B). Bij covergisting van mest en bijproduct is voor het bijproduct bietenblad als bijproduct beschouwd.

Voor het bepalen van de meerkosten per eenheid uitgespaarde broeikasgasemissie worden de broeikasgasemissies over de gehele keten van restproduct, mest of geteelde biomassa bepaald, inclusief eventuele emissies bij toepassing van het geproduceerde biogas (bijvoorbeeld methaanslip bij gasmotor).

De emissies over de keten worden vergeleken met de emissies voor de referentiesituatie, inclusief eventuele emissies uit methaanopslag.

Meerkosten voor gebruik van biomassa betreffen het verschil tussen de kosten gerelateerd aan productie en inzet of opwerking van biogas en de kosten voor inkoop van de door afzet of toepassing van biogas vermeden fossiele energie (transportbrandstoffen, aardgas, elektriciteit).

Bij de kosten gerelateerd aan productie en inzet of opwerking van biogas worden meegenomen:

- afschrijvingen over investeringen in apparatuur (vergister, gasopwerking, WKK-gasmotor, etc.);
- kosten voor onderhoud van apparatuur;
- kosten voor inkoop van substraat en eventueel in te kopen elektriciteit;
- afvoerkosten voor digestaat.

Bij covergisting scoort met name de optie waarbij covergisting met WKK en maximale warmteafzet wordt gecombineerd vrij goed. Hier moet echter wel bij vermeld worden dat deze optie alleen mogelijk is voor een beperkt aantal gevallen waar er substantiële en continue lokale warmtevraag is - bijvoorbeeld bij een zwembad of een industrieel proces met een continue vraag naar lage druk stoom of warm water (zuivel, brouwerij, papierfabriek).

Biogas WKK met maximale warmteafzet geeft een betere score vanwege 1) het niet hoeven inkopen van elektriciteit en 2) een hogere economische opbrengst uit afzet van energiedragers. Voor het overige zijn investeringen, afschrijvingen en operationele kosten voor de WKK-optie en andere opties vergelijkbaar.



Ter vergelijking zijn ook voor een aantal andere biomassaproduct routes de scores toegevoegd.

Omdat bij een combinatie van mest en maïs de CO₂-reductie voornamelijk afkomstig is van de mest (vermijden van methaanemissies uit de mest) is ook berekend hoe de scores zijn als mest alleen wordt vergist. De CO₂-reductie over de keten is met 300 a 400% (door het voorkomen van methaan emissies uit mest) zeer goed waardoor de kosten per ton CO₂ uiteindelijk ook heel goed uitkomen. (Deze CO₂ scores worden op dit moment verwerkt in de officiële CO₂ rekenmodule die ontwikkeld wordt door Ecofys voor Agentschap NL).

Ook in de nieuwe CO₂ emissiereductieberekeningen van Eurostat waar tegenwoordig de energie-inhoud van eindproduct als referentie geldt komt Groen Gas in de top 3 van de meest kosteneffectieve vormen van duurzame energie.

In de huidige praktijk komt solo mestvergisting echter niet heel sterk naar voren omdat het ondersteuningbeleid zich richt op het vergoeden van kWh elektriciteit en NM3 biogas. Dat solo mestvergisting per eenheid geleverde energie veel meer CO₂-voordeel heeft wordt in de huidige stimuleringsregeling niet beloond. Het is sterk te overwegen dit onderscheid wel te gaan maken.

Tabel 1 Euro per ton CO₂-reductie van covergisting van mest vergeleken met andere opties 2020

Optie/€/ton CO ₂ -reductie	Maïs covergisting (50/50)	Bijproduct covergisting (50/50)	Mestvergisting (100%)
Groen gas opties			
– Enkel elektriciteit	268 - 385	316 - 379	-2 - 24
– WKK, maximale warmteafzet	104 - 176	226 - 274	-16 - 6
– Biogas regionaal via pijpleiding	293 - 398	362 - 422	16 - 41
– Biogas naar naastgelegen bedrijf	266 - 368	347 - 406	11 - 36
– Groen gas op RTL	335 - 471	385 - 458	17 - 47
– CBG (groen gas in transport)	294 - 424	363 - 435	12 - 41
Elektriciteitsproductie opties			
– Houtgestookte bio-WKK		5-150	
– Meestoken		30-70	
Transportbrandstoffen			
– 1 ^e gen. biofuels		60-100	
– 2 ^e gen. biofuels		40-300	
Materialen en grondstoffen			
– biochemie		60-300	
– biostaal		50-90	

Vergisting is een technologie die nog sterk in ontwikkeling is. Dit betreft het vergistingsproces zelf en ook de verdere verwerking van het overblijvende digestaat. Voor vergisting wordt onder andere gewerkt aan:

- thermische, mechanische en akoestische voorbehandelingstechnieken;
- optimalisatie van het proces zelf, bijvoorbeeld door de verschillende fasen van het proces van elkaar te scheiden in plaats van ze in één en dezelfde reactor te laten plaatsvinden of door vereenvoudiging en verkleining van het proces (zie bijvoorbeeld Microferm van HoST).

Bij verdere verwerking van digestaat wordt het digestaat over het algemeen gescheiden in:

- een dikke, fosforrijke fractie die wordt gedroogd voor export of wordt gecomposteerd voor korte of lange kringloop toepassing als meststof;
- een dunne en stikstof- en kalirijke fractie die als voedsel voor algen of eendenkroost wordt gebruikt of wordt opgewerkt tot drinkwater en kunstmest.

Op dit moment is nog niet goed in te schatten hoe deze aanpassingen zullen doorwerken in kosten en broeikasgasbalans.

Op dit moment worden verschillende nieuwe technieken voor mono-mestvergisting (alleen mest) ontwikkeld (bijvoorbeeld GET en microferm van Host). Deze technieken resulteren in een goede broeikasbalans en hebben minder problemen met de mestwetgeving van dan covergisting.

Geconcludeerd kan worden dat mestvergisting voor natte biomassa en met name mest een interessante techniek is die relatief goedkoop CO₂-eq. emissie kan vermijden Per kWh lijkt deze optie echter duurder dan andere duurzame energieopties omdat die minder CO₂ in de keten besparen.

Covergistingmateriaal zorgt voor meer opbrengst aan biogas maar maakt de kosten per ton CO₂ vermeden minder gunstig. Als de regels voor digestaat inzet versoepeld zouden worden zakken de kosten van mestvergisting.

7 Vergassing van biomassa

In Tabel 2 zijn de resultaten van vergassing van hout naar groen gas opgenomen (zie voor berekeningen Bijlage B). Hiervoor is in principe het potentieel veel groter omdat er ook gebruik gemaakt kan worden van import biomassa (bijvoorbeeld houtpellets). Uit de vergelijking met andere opties die gebruik kunnen maken van hout als grondstof blijkt echter dat de meerkosten van veel van deze opties bij elkaar in de buurt kunnen gaan liggen waardoor er een sterke concurrentie om hout kan ontstaan.

Tabel 2 Score van vergassing van hout op goed gebruik criteria vergeleken met andere opties 2020

Optie	Ton CO ₂ /ha/jaar reductie	CO ₂ reductie procentueel	Euro per ton CO ₂ grootschalig
Groen Gas invoeden in gasnet	9 - 10	90%	40 - 70
CBG (groen gas in transport)	9 - 10	80%	60 - 100
Conc E: Bio-WKK op hout Bijstoken bij kolen	6 - 14 25	68%-90% 90%	4 - 150 30 - 70
Conc Tr: 1 ^e gen Biofuels 2 ^e gen Biofuels	2 - 4 4 - 12	10%-80% 60%-90%	60 - 100 40 - 300
Conc Mat: Biochemie Biostaal	6 - 11 16 - 28	92% 90%	40 - 300 50 - 90

Uit Tabel 2 is af te lezen dat de kostenranges van opties die houtige biomassa kunnen gebruiken elkaar overlappen. Er is dus een stevige competitie om houtige biomassa in 2020 te verwachten.



Deze competitie wordt ook sterk beïnvloed door verschillen in overheidssturing van de sectoren. De sterkste sturing vindt momenteel plaats op het gebied van biofuels (verplicht aandeel in de brandstof). Ook als tweede generatie biobrandstoffen relatief duur blijven (bijvoorbeeld € 250/ton CO₂) dan is het goed mogelijk dat deze sector gezien de verplichting de prijs van hout gaat bepalen.

Voor opties die gestimuleerd worden met subsidie (nu bio-elektriciteit en groen gas) is ook de beleidsconcurrentie met subsidies in buurlanden sterk bepalend. Het subsidiesysteem in Duitsland kan sterk bepalend zijn voor prijs van hout voor energie.

Het potentieel voor vergassen van biomassa en inzet in het gasnet is potentieel zeer groot maar sterk afhankelijk van de competitie met andere biomassastromen om biomassa (prijs is onzeker). Daarnaast is de daadwerkelijke inzet sterk afhankelijk van de vorm van overheidssteuning.

8 Conclusies en aanbevelingen

Het is interessant om natte biomassa (met name mest) te vergisten voor de productie van biogas voor elektriciteit, warmte of transport. Door de hoge CO₂-eq. emissiereductie in de keten zijn de kosten vergeleken met andere klimaatemissiereductiemaatregelen relatief laag. Per kWh_e lijkt deze optie in sommige analyse duurder dan andere duurzame energieopties omdat deze minder CO₂ in de keten besparen.

De schatting voor het potentieel van biogas lopen uiteen van 1 tot 1,5 miljard Nm³ aardgasequivalent in 2020. Vergisting van biomassa kan nog verder ontwikkeld worden. Daarnaast kan het verruimen van de regels voor inzet van digestaat deze optie goedkoper maken.

In tabel 3 zijn de belangrijkste kansen en bedreigingen van inzet van groen gas in verschillende sectoren samengevat. Met name de inzet in de transportsector is nu zeer interessant wegens de verplichte inzet van biograndstoffen en de dubbeltelling van groen gas op basis van reststromen daarbij. Toepassing voor warmte en elektriciteit is ook kansrijk op basis van de bestaande of nieuwe subsidie regelingen. Potentieel zou inzet van groen gas in de chemie ook interessant kunnen zijn maar door het ontbreken van stimulering in die richting en gesubsidieerde vraag uit andere sectoren is deze inzet nu in de praktijk niet kansrijk.

Tabel 3 Kansen Groen Gas per toepassing (met bestaande overheidsregelgeving)

Toepassing Groen Gas	Kansen	Bedreigingen
Warmte	Opname in SDE+ regeling Locale warmte nabij vergister	Kosten infrastructuur Competitie andere sectoren
Elektriciteit	In combinatie met wamtevraag efficiënte optie	Competitie van vraag uit transport
Mobiliteit	Interessante optie door verplichting biobrandstoffen en dubbeltelling groen gas	
Chemie	Groen gas goed inpasbaar in groot aantal chemische processen als grondstof en energiebron	Economisch niet rendabel wegens ontbreken stimuleringsregeling en of verplichting en wel stimulans van andere sectoren



Vergassing van droge biomassa voor inzet van dit gas in het gasnet is ook een interessante techniek voor de productie van groen gas met op termijn een veel groter potentieel. De toekomst van deze optie is veel onzekerder omdat er competitie zal zijn om biomassa met de elektriciteits- en warmtesector om houtige biomassa. Ook is deze optie sterk afhankelijk van de vraag welke economische sectoren de grootste overheidssteuning krijgen voor het gebruik van biomassa.

Aanbevelingen

Versoepeling van de regels voor inzet van digestaat als kunstmestvervanger kan biomassa vergisten aanmerkelijk goedkoper maken. Ook wordt het milieuprofiel hierdoor beter. Het is aan te bevelen hier verder onderzoek naar te doen.

Biomassa vergisten toetsen aan het criteria € per ton CO₂ vermijding leidt tot een heel ander speelveld dan het uitdrukken van de meerkosten per kWh. Mestvergisting is vooral een goedkope manier om broeikasgassen te beperken en zou zo ook beoordeeld kunnen worden.

Groen Gas kan nuttig ingezet worden voor elektriciteit, warmte, transport en chemie. De overheidstimulering voor deze verschillende sectoren kan meer op elkaar worden afgestemd. Met name inzet in de chemie komt nu niet van de grond wegens het ontbreken van een stimuleringskader.

De optie vergassen van droge biomassa concurreert sterk met de inzet van biomassa in de elektriciteitssector en op termijn met de inzet van hout voor tweede generatie biobrandstoffen waar een verplichting voor geldt. Voor de toepassing van vergassing van biomassa is daarom lange termijn duidelijkheid over overheidsbeleid essentieel.

Het is te overwegen parallel aan de duurzame energie verplichting voor benzine en diesel en een eventuele DE verplichting voor elektriciteit ook voor de gasector en verplicht aandeel groen gas in te voeren. Dit zou duidelijkheid en een evenwichtig speelveld tussen sectoren kunnen geven.

Het ambtelijke versnellerteam Groen Gas gaat aan de slag met deze aanbevelingen.

9 Literatuur

[CE, 2010a] Goed Gebruik van Biomassa, Bergsma, e.a., CE Delft 2010

[CE, 2010b] Rijden en varen op gas, Kosten en milieueffecten van aardgas en groen gas in transport, Kampman, e.a. CE Delft 2010

[Koppejan 2009] Koppejan et al. 2009, Beschikbaarheid van Nederlandse biomassa voor elektriciteit en warmte in 2020, Procede Biomass BV, WUR, LEI (2009)

[Grünen, 2007] Möglichkeiten einer europäischen Biogaseinspeisungsstrategie Eine Studie im Auftrag der Bundestagsfraktion Bündnis 90/Die Grünen Teilbericht I, Potenzialeerstellt von Daniela Thrän, Michael Seiffert, Franziska, Müller-Langer, André Plättner, Alexander Vogel, 2007



Over beschikbaarheid van biomassa is veel discussie. Voor deze analyse is de studie van Koppejan et al., die als pessimistisch wordt beschouwd gelegd naar die van de Duitse Grünen die een veel optimistischer verhaal hebben gemaakt.

Koppejan et al. 2009, Beschikbaarheid van Nederlandse biomassa voor elektriciteit en warmte in 2020, Procede Biomass BV, WUR, LEI (2009)

In dit onderzoek is op basis van bestaande literatuur geprognosticeerd hoeveel biomassa uit Nederland in 2020 beschikbaar zou kunnen zijn voor elektriciteit en warmte. Beschikbaar is gedefinieerd als aanwezig in Nederland, om te zetten met technologie in energie, juridisch mogelijk en financieel mogelijk. Er is ook rekening gehouden met toepassing van biomassa voor niet gesubsidieerde bestaande toepassing als veevoer, bodemverbeteraar, meststof, etc. Zo wordt er voor Nederlands stro geconstateerd dat dat niet beschikbaar is voor energie omdat er een bestaande niet-energie markt is die meer geld biedt dan de energiesector. Er wordt in deze studie wel aandacht besteedt aan groen gas maar niet aan extra inzet van biomassa voor transport of chemie.

Er zijn vier scenario's gebruikt die de economische wereldorde beschrijven. Er is onderscheid naar mondiale vrijhandel of regionale gerichtheid en een onderscheid naar wel of geen klimaatbeleid. In de voor Nederland minder relevante scenario's zonder klimaatbeleid wordt ingeschat dat de toepassing de productie van bio-elektriciteit zal toenemen met 25% (van 30 naar 38 PJ), biowarmte ongeveer gelijk zal blijven (van 13 naar 15 PJ) en dat groen gas zich vrijwel niet zal ontwikkelen (1 PJ). In de scenario's met klimaatbeleid komt groen gas naar boven (10-13 PJ), stijgt bio-elektriciteit met 60% (49-51 PJ) en verdubbelt biowarmte (van 13 PJ naar 28 à 35PJ). Bij nadere bestudering van de variabelen in de scenario's blijkt dat toename voor bio-elektriciteit en voor groen gas vrijwel volledig bestaat uit extra biogasproductie die mogelijk wordt als het toegestaan wordt om digestaat als kunstmestvervanger te gebruiken in Nederland. Deze beleidskwestie is gekoppeld aan de scenario's terwijl dat ook als losse kwestie gezien kan worden. Ook wordt de uitkomst sterk bepaald door de aanname dat de helft van het biogas wordt ingezet voor bio-elektriciteit en de helft voor groen gas. Deze aanname is een expertinschatting.

Belangrijkste bronnen van biomassa uit Nederland zijn resthout en afvalhout, mest, restvetten en het biodeel van huishoudelijk afval en KWD-afval. Als interessante technieken worden bio-WKK voor elektriciteit en warmte en vergisting van drijfmest genoemd. Voor deze laatste optie is het opdoen van ervaring van invoeden van groen gas in het aardgasnet belangrijk. Omdat mestvergisters moeilijk hun warmte kwijt kunnen is het interessant om het geproduceerde gas op te waarden tot groen gas. In de studie is aangenomen dat de helft van het geproduceerde biogas wordt ingezet voor de productie van elektriciteit via een gasmotor en de andere helft voor de productie van groen gas.

Ook bijstoken van biomassa in kolencentrales blijft belangrijk. Aanbevolen wordt om digestaat beleidsmatig gelijk te stellen aan kunstmest om vergisting meer kans te geven.

Deze studie spreekt zich niet expliciet uit over goed gebruik. Er wordt uitgegaan van de bestaande overheidsdoelstellingen en, nog belangrijker, van



de bestaande overheidsregelingen waarvan de SDE-regeling voor bio-elektriciteit (evt. met warmtebonus) en groen gas de belangrijkste is.

De focus van de studie is op de elektriciteit- en warmtemarkt. Eventuele inzet van groen gas in de transportmarkt is niet beschouwd en ook de eventuele inzet van hout voor tweede generatie biobrandstoffen is wel genoemd maar niet in analyse meegenomen.

Studie	Beschikbaarheid biomassa voor E+W, 2009
Zichtjaar	2020
Criteria	Bestaand overheidsbeleid blijft grofweg gehandhaafd met subsidie voor bio-energie en warmteopties en groen gas. Met dit als kader wordt gekozen voor de goedkoopste opties. Bij de klimaatgerichte scenario's worden beleidsmatig knelpunten voor vergisting sneller weggenomen.
Advies op basis criteria	Ontwikkel inzet van groen gas in aardgasnet. Maak inzet van digestaat als meststof mogelijk. Belangrijkste biomassaopties voor Nederland zijn bio-WKK op basis van afval/resthout en biogas (deels gasmotor voor elektr., deels groen gas) op basis van mest.

Conclusies beschikbaarheidsstudie Koppejan

- Potentieel voor biogas en groen gas samen is ongeveer 30 PJ in 2020.
- Potentieel wordt sterk bepaald door digestaatbeleid.

Möglichkeiten einer europäischen Biogaseinspeisungsstrategie Eine Studie im Auftrag der Bundestagsfraktion Bündnis 90/Die Grünen

Teilbericht I, Potenziale erstellt von Daniela Thrän, Michael Seiffert, Franziska, Müller-Langer, André Plättner, Alexander Vogel, 2007

In dit rapport is eerst een analyse gedaan van beschikbaarheid van biomassa in Duitsland in 2005.

Biomassa Duitsland beschikbaar 2005

Waldholz 32%
Energiepflanzen 35%
Stroh 14%
Biogas 9%
Altholz 6%
Industrieholz 4%
Totaal 1.300 PJ/a

Vergeleken met het onderzoek van Koppejan et al. is deze studie veel optimistischer over de beschikbaarheid van energieteelt en stro voor biomassa gebruik. Bij energieteelt wordt uitgegaan van set-aside land. Inmiddels is deze grond echter weer in gebruik genomen voor voedsel of voor de teelt van biotransportbrandstoffen (in Duitsland met name voor biodiesel). Dat aspect komt in deze studie niet aan de orde.

Op basis van de aanname dat al deze grondstoffen omgezet worden in biogas middels vergisting en vergassing komt men tot een totaal potentieel voor Europa van 300 miljard NM³/a voor heel Europa waarvan 117 benutbaar zou



zijn. Ingezoomd op Duitsland en alleen gekeken naar mest bedraagt de inschatting voor met 3,3 miljard NM3. Energieteelt en hout zijn de grootste bronnen en worden in deze studie totaal toegerekend naar de biogassector.

Ingeschat wordt dat het potentieel voor 2020 ongeveer 60% hoger is voor vrijwel alle bronnen (484 Miljard NM3 heel Europa). De verdeling van bronnen over de grondstoffen is vergelijkbaar met die ingeschat voor 2005. Energieteelt en hout uit de bosbouw zijn de grootste bronnen.

Men gaat uit van een zeer hoog omzettingsrendement van grondstof naar biogas van 95%.

In de bijlagen zijn ook potentieel schattingen specifiek voor Nederland opgenomen.

Tabel 4 Potentieel inschattingen biogas studie voor NL

	2010	2020
Mest	47 PJ	48 PJ
Energieteelt	18 PJ	44 PJ
Totaal	65 PJ	93 PJ

Conclusie

Deze Duitse studie komt tot grote potentiële biogas potentiëlen voor heel Europa door:

- alle beschikbare stromen toe te rekenen naar biogasproductie;
- geen rekening te houden met een sterke toenemende vraag naar land voor voedselproductie tussen nu en 2020;
- geen rekening te houden met beleid en doelstellingen voor biotransportbrandstoffen (5,75% in 2010 en 10% in 2020) en bio-elektriciteit en -warmte.

Zeker gezien het biotransportbrandstoffen doel van 10% is het onwaarschijnlijk dat er in Nederland echt veel grond vrijkomt voor energieteelt voor groen gas.

Als alleen naar opbrengst uit mestvergisting gekeken wordt dan liggen de inschattingen van Koppejan et al. en deze studie niet zo heel ver uit elkaar. 48 PJ versus 30 PJ. Het verschil is waarschijnlijk te verklaren uit een grotere toename in productie van mest en een hoger omzettingsrendement.

Als totaal potentieel nemen wij daarom een range van 30 à 48 PJ aan.



Uitgangspunten en methodieken

De verschillende toepassingen van biogas uit vergisting van mest en covergisting van mest en cosubstraten zijn in deze studie gewaardeerd ten opzichte van elkaar aan de hand van meerkosten per eenheid uitgespaarde broeikasgasemissies.

Waardering in ton vermeden broeikasgasemissie per hectare per jaar (in ton CO₂-eq./jaar/ha) zoals in CE (2010) is niet goed mogelijk. Deze parameter is relevant voor commercieel geteelde gewassen. Voor de bereidstelling van mest en bijproducten uit de voeding- en genotmiddelenindustrie is geen land nodig - tenminste, niet in directe relatie.

Voor het bepalen van de meerkosten per eenheid uitgespaarde broeikasgasemissie worden de broeikasgasemissies over de gehele keten van restproduct, mest of geteelde biomassa bepaald, inclusief eventuele emissies bij toepassing van het geproduceerde biogas (bijvoorbeeld methaanslip bij gasmotor). De emissies over de keten worden vergeleken met de emissies voor de referentiesituatie, inclusief eventuele emissies uit methaanopslag.

Meerkosten voor gebruik van biomassa betreffen het verschil tussen de kosten gerelateerd aan productie en inzet of opwerking van biogas en de kosten voor inkoop van de door afzet of toepassing van biogas vermeden fossiele energie (transportbrandstoffen, aardgas, elektriciteit).

Bij de kosten gerelateerd aan productie en inzet of opwerking van biogas worden meegenomen:

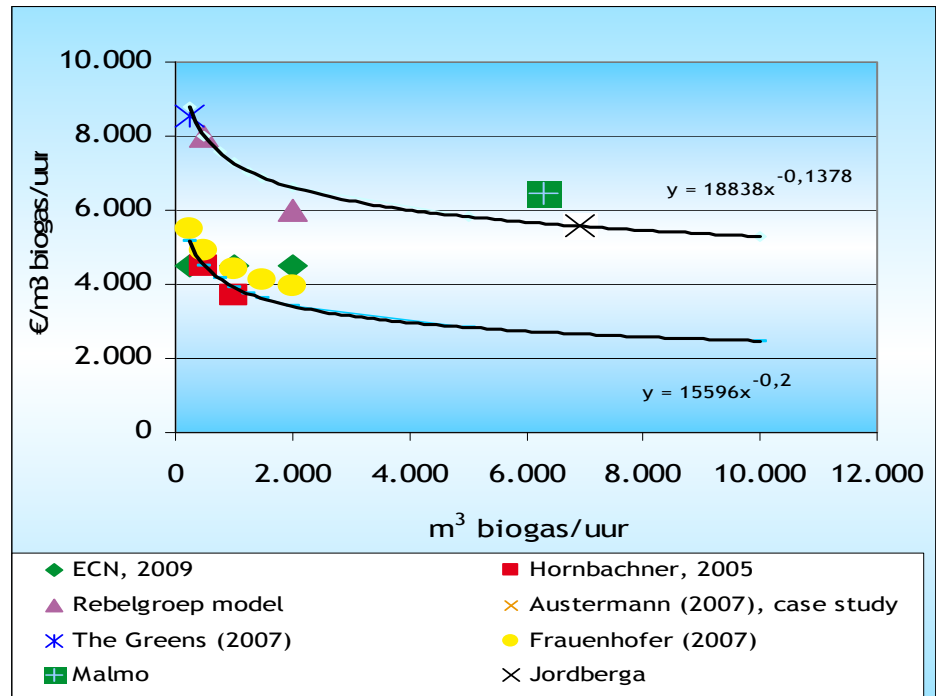
- afschrijvingen over investeringen in apparatuur (vergister, gasopwerking, WKK-gasmotor, etc.);
- kosten voor onderhoud van apparatuur;
- kosten voor inkoop van substraat en eventueel in te kopen elektriciteit;
- afvoerkosten voor digestaat.

Investeringskosten en onderhoudskosten voor vergister, biogas opwerking, compressor, WKK-gasmotor, etc. zijn geschat aan de hand van de in CE (2009) verzamelde informatie (zie Figuur 6 t/m Figuur 8). Voor de investeringen in de vergister is een bandbreedte aangehouden omdat de investeringen sterk kunnen verschillen al naar gelang de lokale omstandigheden, aanbieder van de vergistingsinstallatie en ontwerp.

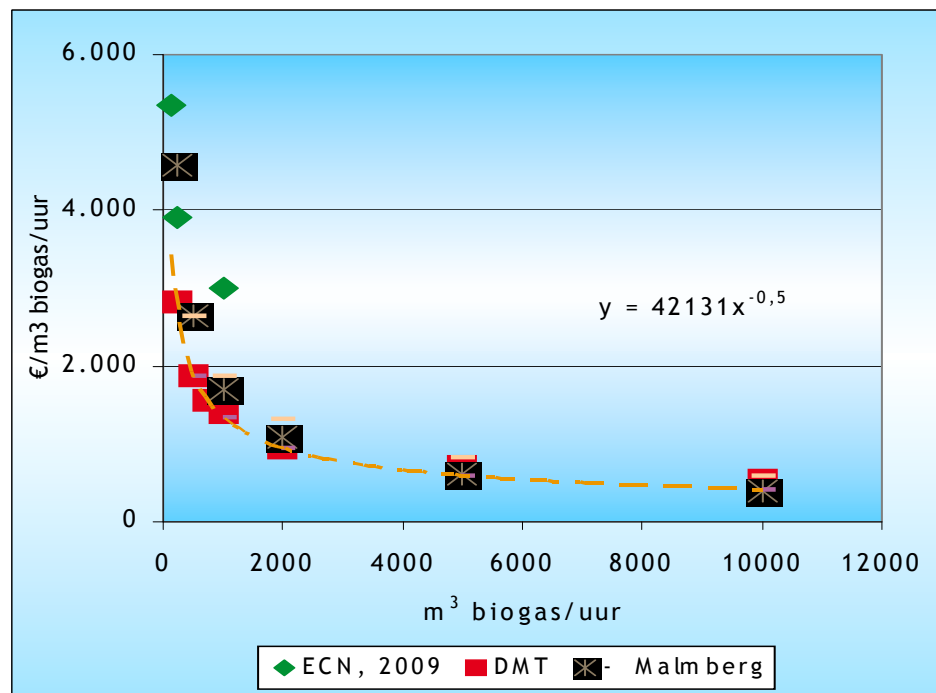
De gehanteerde economische parameters zijn gegeven in Tabel 5 en Tabel 6. Digestaat is verondersteld volledig te moeten worden afgevoerd. Voor de afzet is een gemiddelde kostprijs van € 20/ton n.s. aangehouden, ruwweg het gemiddelde voor de afzetkosten in Zuid-Nederland (€ 30/ton) en Noord en Oost-Nederland (€ 5/ton) (Meijer, 2008).

De meerkosten zijn bepaald voor een vergister met een ruw biogas productie van 500 m³/uur en een vergister met een ruw biogas productie van 2.000 m³/uur. De eerste schaalgrootte is te vergelijken met een grote vergister bij een veehouderij. De tweede schaalgrootte is te vergelijken met een grote vergister bij een bedrijf in de voedings- en genotmiddelenindustrie.

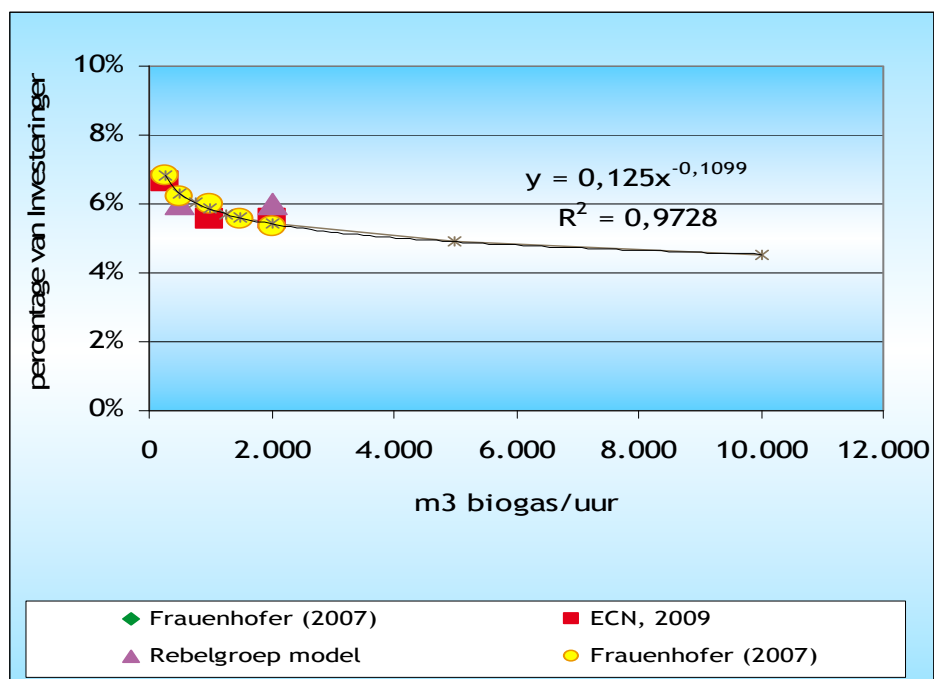
Figuur 6 Praktijk investeringskosten en de in deze studie aangehouden ondergrens en bovengrens



Figuur 7 Investeringskosten voor biogas opwerkingsinstallaties (natte water)



Figuur 8 Jaarlijkse operationele kosten, als percentage van de investeringen



Tabel 5 Gehanteerde economische parameters

<i>Economische parameters</i>		
Operationele uren/jaar	8.000	
Beschouwde schaalgroottes vergister		
Voor de boerderij:	500	m ³ ruw biogas
Voor centrale vergisting	2.000	m ³ ruw biogas
CAPEX-lasten	12%	
Kostprijs substraat		
- Snijmaïs	21	€/ton
- Groenbemester	11	€/ton
- Gewasrest	3,2	€/ton
Afvoerkosten digestaat	20	€/ton
Stroomprijs	0,14	€/kWhe
	38,9	€/GJ

Tabel 6 Gehanteerde referentieprijzen en referentie broeikasgasemissies voor fossiele energie

Olieprijs =	GHG-balans (kg CO ₂ -eq./GJ)		€/GJ	
	Precombustion (JRC, 2007)	Brandstof		
\$/barrel 50				
Aardgas	9	55	64	7,1
LT warmte			67	15,7
HT warmte			71	7,9
Benzine	13	71	84	11,9
Diesel	14	76	90	11,9
Steenkool	16	95	110	2,7
Elektriciteit			164	15,9

In Tabel 7 zijn de specificaties van de verschillende beschouwde (co)substraten gegeven.
 Bietenblad - eigenlijk een gewasrest - is representatief verondersteld voor covergiste restproducten in het algemeen.

Tabel 7 Substraat specificaties

	Maïs	Bietenblad	RDM	VDM
m ³ biogas/ton o.s.	575	300	300	350
m ³ biogas/ton vers	165,6	45,60372	22,5	20
Percentage CH ₄	55%	55%	60%	60%
Gehalte o.s.	28,8%	15,2%	7,5%	5,7%
Percentage o.s. in d.s.	96%	73%	71%	73%
Percentage d.s. in mengsel	0	0	0	0
Verhouding mestsoorten	0	0%	50%	50%
Hoeveelheden	0,0	0,0	0,0	0,0
- Natte stof	47,4	32,3	23,7	23,7
- Droge stof	14,2	14,2	2,5	1,8
Gehaltes	in d.s.	in d.s.	in mest	in mest
N	1,3%	1,3%	0,4%	0,8%
P	0,2%	0,2%	0,3%	0,4%
K	1,5%	1,5%	0,6%	0,6%

Resultaten

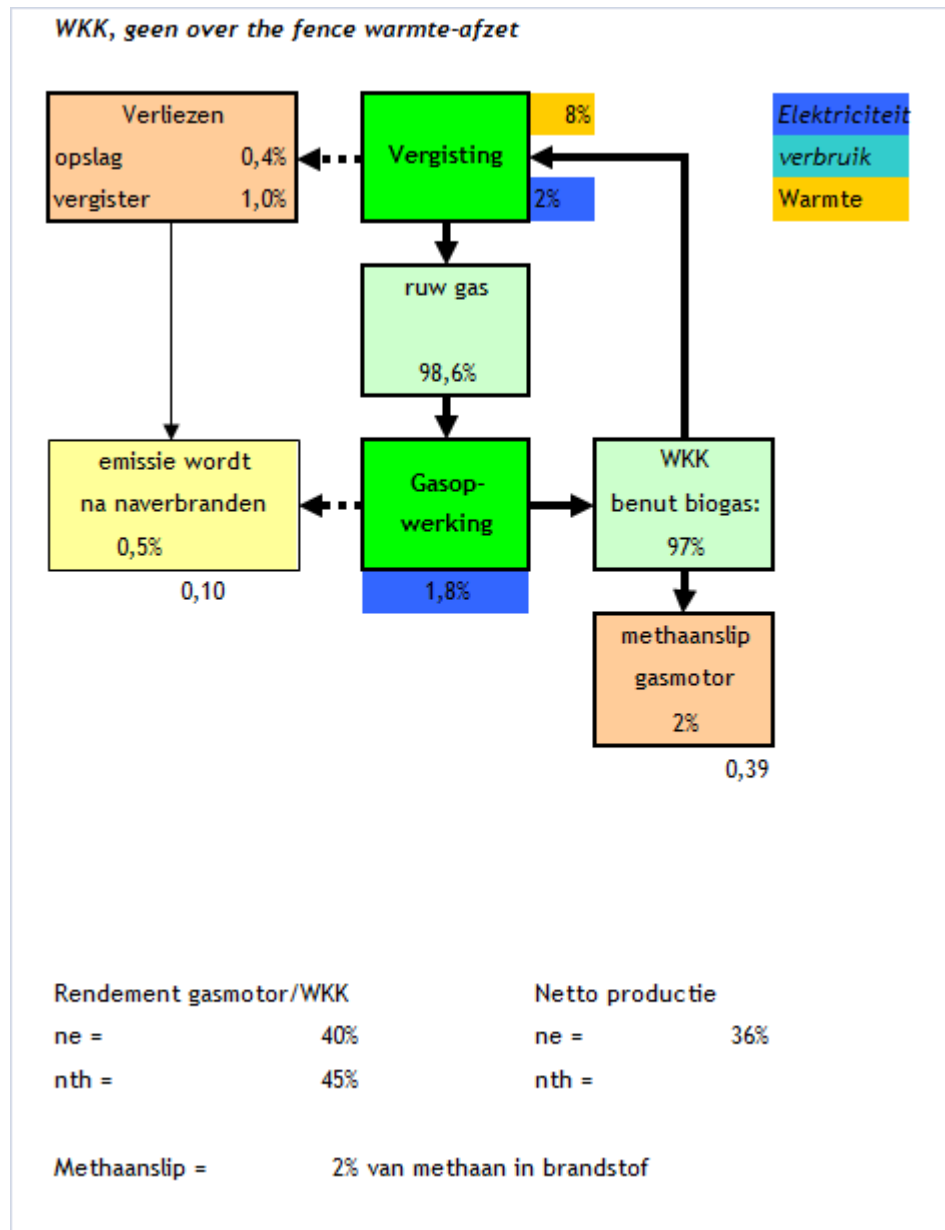
De berekende netto reducties in broeikasgasemissies en de meerkosten worden in Tabel 8 tot en met Tabel 16 gegeven.

Ter illustratie is in de Figuren 9 tot en met 12 voor maïs covergisting de energiebalans over de verschillende biogastoepassingen gegeven.

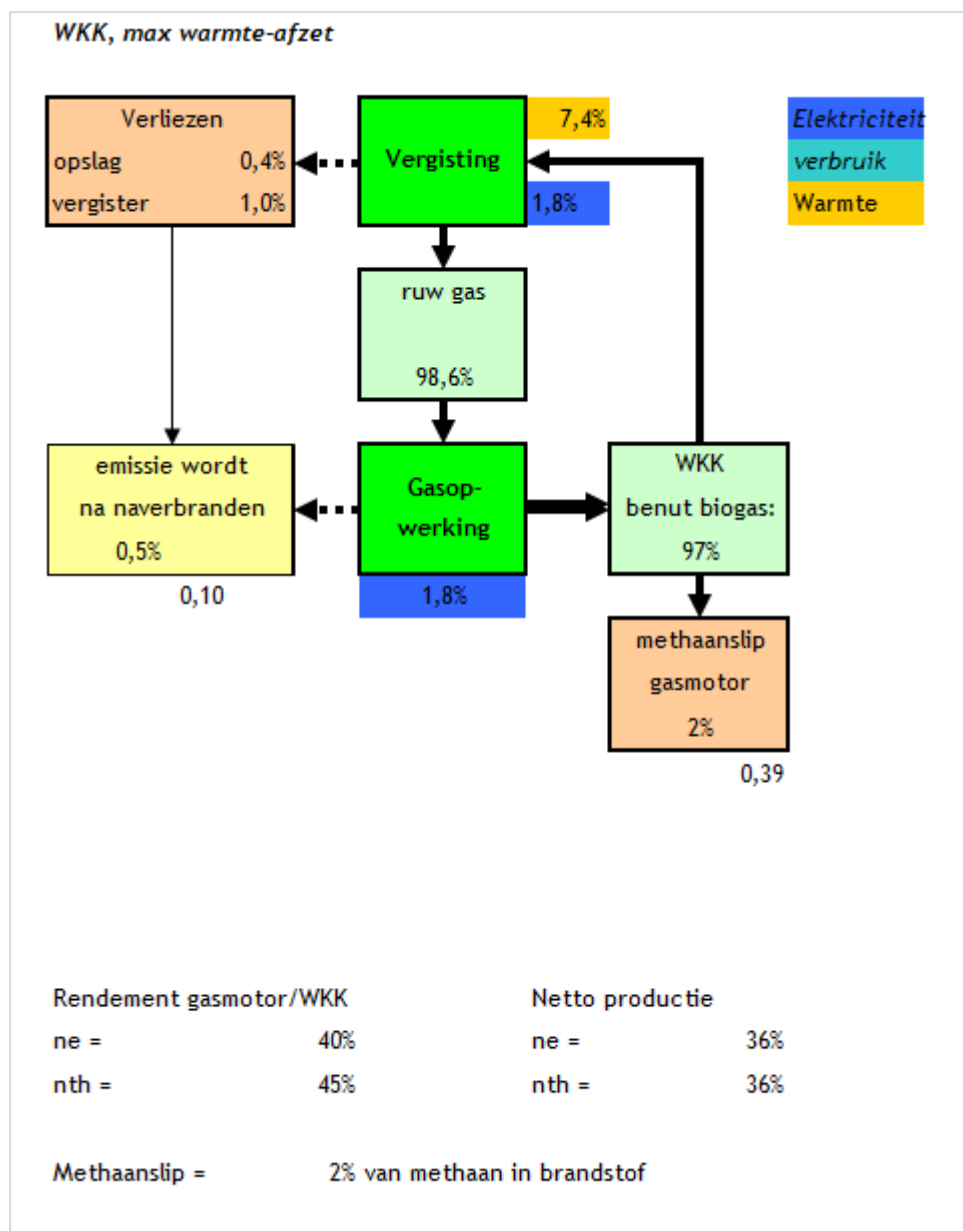
De per GJ biogas uitgespaarde broeikasgasemissie neemt toe naarmate het aandeel biogas uit mest in de totale biogas productie groter is.

Energiebalansen voor mais en mest covergisting.

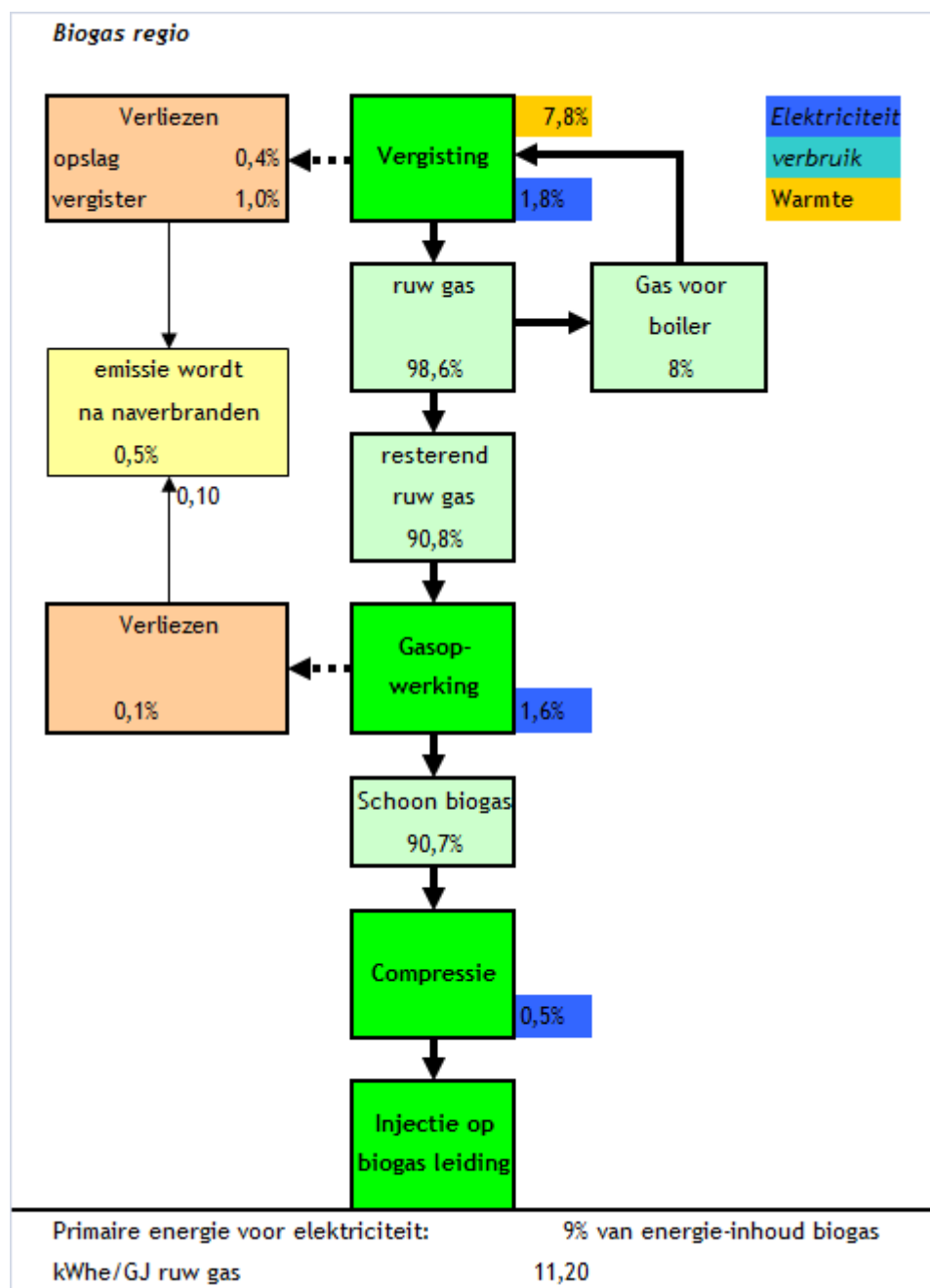
Figuur 9 Energiebalans voor gasmotor, enkel elektriciteit



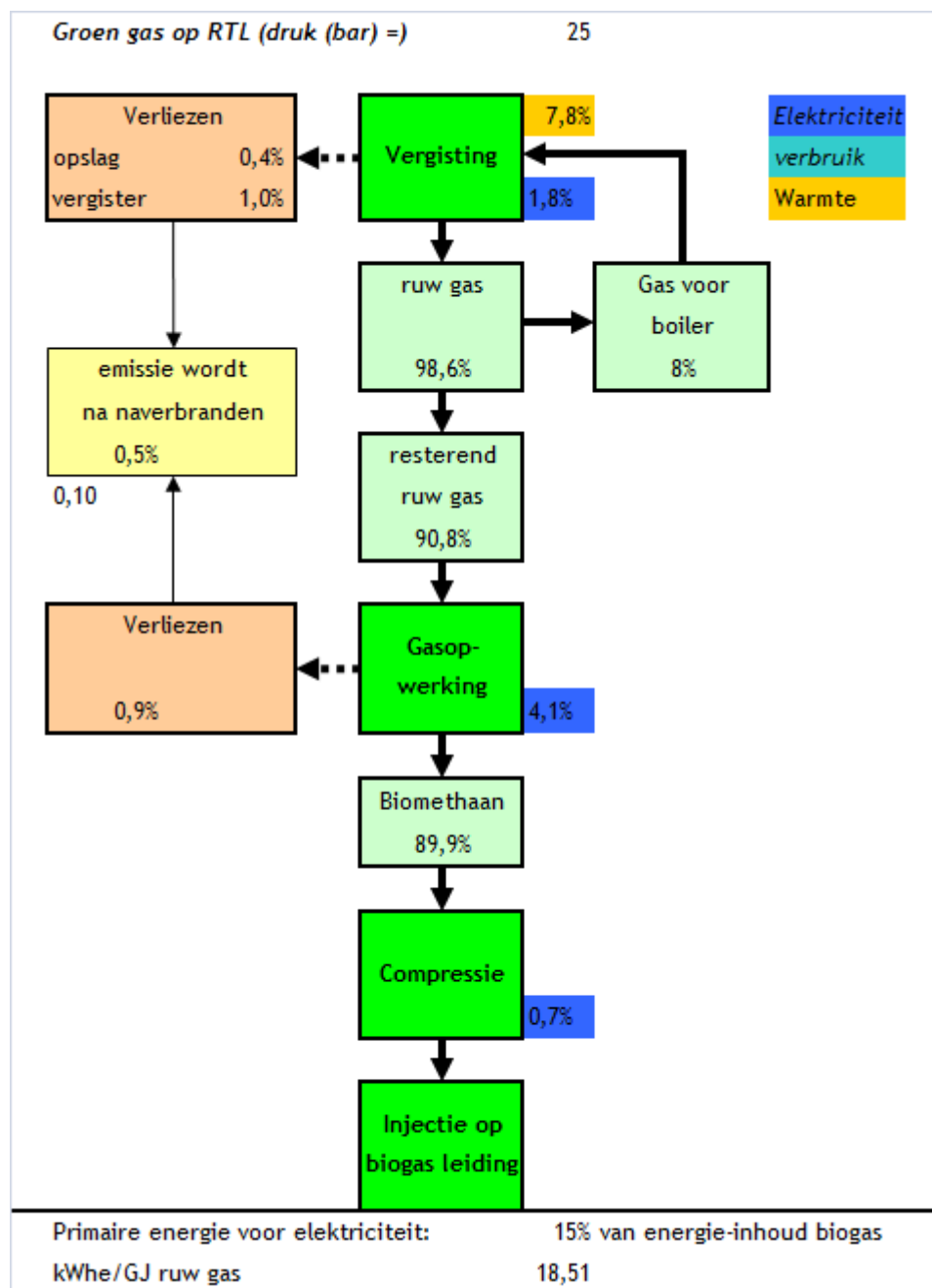
Figuur 10 Energiebalans voor WKK-gasmotor met maximale warmteafzet



Figuur 11 Energiebalans voor biogas afzet via pijpleiding



Figuur 12 Energiebalans voor groen gas levering



Kosten en broeikasgasbalans voor mais covergisting

Tabel 8 Overzicht meerkosten en broeikasgasbalans

overzicht	Gasmotor, geen warmte	wkk, max warmte	biogas pijpleiding	biogas lokaal	groen gas	CBG
kg CO2/GJ ruw biogas	-51,9	-76,0	-52,6	-53,5	-47,6	-49,8
ton CO2/ha	-9,1	-13,4	-9,3	-9,4	-8,4	-8,8
GHG reductie	88%	92%	91%	93%	83%	82%
€/ton CO2, kleinschalig						
van	314	124	322	294	389	346
tot	385	176	398	368	471	424
€/ton CO2, grootschalig						
van	268	104	293	266	335	294
tot	330	147	355	327	404	359

Broeikasgasbalans (kg CO2/GJ ruw biogas)

Biogas productie en toepassing	Gasmotor, gekk, max warm	gas pijpleid	biogas lokaal	groen gas	CBG
- vergisting	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5
- lekkages	10,5	10,5	2,1	2,1	2,2
- ingekochte elektriciteit			6,6	5,7	11,0
Uitgespaard					
Aardgas			-57,8	-57,8	-57,3
LT warmte		-24,2			
HT warmte					
Benzine					
Diesel					-61,0
Steenkool					
Elektriciteit	-58,8	-58,8			
	-51,9	-76,0	-52,6	-53,5	-47,6
					-49,8



Tabel 9 Gegevens voor kleinschalige vergisting

De case voor ruw biogas (m ³ /uur)	500	4.000.000		substraat	digestaat	
- na boiler bij groen gas of biogas levering	454	m ³ /jaar ruw		21.408	37.169	ton/jaar
	Gasmotor, geen warmte	wkk, max warmte	biogas pijpleiding	biogas lokaal	groen gas	CBG
Investerings						
- vergister						
van	2.250.035	2.250.035	2.250.035	2.250.035	2.250.035	2.250.035
tot	3.991.360	3.991.360	3.991.360	3.991.360	3.991.360	3.991.360
- gasopwerking	264.872	264.872	264.872	264.872	897.672	897.672
- compressie			30.000		60.000	90.000
- WKK	600.000					
- aansluiting op RTL of biogasleiding			€ 634.921			
- tankstation/vulpunt						
	3.114.907	2.514.907	3.179.827	2.514.907	3.207.707	3.237.707
	4.856.232	4.256.232	4.921.152	4.256.232	4.949.032	4.979.032
CAPEX lasten						
van	373.789	301.789	381.579	301.789	384.925	388.525
tot	582.748	510.748	590.538	510.748	593.884	597.484
Operationele kosten techniek						
van	179.219	155.219	156.419	155.219	189.259	190.459
tot	262.446	262.446	263.646	262.446	290.158	291.358
Substraat	449.558	449.558	449.558	449.558	449.558	449.558
Digestaat afvoer	743.383	743.383	743.383	743.383	743.383	743.383
Elektriciteit inkoop						
- kWh/GJ ruw biogas			11,20	9,70	18,51	21,12
- kWh/jaar			889.400	769.924	1.469.147	1.676.597
			124.516	107.789	205.681	234.724
Uitgespaard						
€/GJ	-5,7	-11,4	-6,4	-6,4	-6,4	-8,1
€/jaar	-451.713	-901.892	-509.263	-509.263	-504.675	-639.711
Totale kosten						
van	1.294.236	748.057	1.346.192	1.248.475	1.468.130	1.366.938
tot	1.586.422	1.064.244	1.662.379	1.564.661	1.777.989	1.676.796
GJ ruw biogas/jaar	79.384	79.384	79.384	79.384	79.384	79.384
per jaar uitgespaard (ton CO2)	-4.116	-6.037	-4.176	-4.247	-3.778	-3.955

Tabel 10 Gegevens voor grootschalige vergisting

De case voor ruw biogas (m ³ /uur)	2000	16.000.000		substraat	digestaat	
- na boiler bij groen gas of biogas levering	1816	m ³ /jaar ruw		85.630	148.677	ton/jaar
	Gasmotor, geen warmte	wkk, max warmte	biogas pijpleiding	biogas lokaal	groen gas	CBG
Investeringsen						
- vergister						
van	6.820.830	6.820.830	6.820.830	6.820.830	6.820.830	6.820.830
tot	12.860.549	12.860.549	12.860.549	12.860.549	12.860.549	12.860.549
- gasopwerking	980.036	980.036	980.036	980.036	1.795.345	1.795.345
- compressie						
- WKK	600.000					
- aansluiting op RTL of biogasleiding			2.539.683			
- tankstation/vulpunt						
	8.400.866	7.800.866	10.340.549	7.800.866	8.616.175	8.616.175
	14.440.585	13.840.585	16.380.268	13.840.585	14.655.894	14.655.894
CAPEX lasten						
van	1.008.104	936.104	1.240.866	936.104	1.033.941	1.033.941
tot	1.732.870	1.660.870	1.965.632	1.660.870	1.758.707	1.758.707
Operationele kosten techniek						
van	442.518	418.518	418.518	418.518	459.284	459.284
tot	735.918	735.918	735.918	735.918	768.531	768.531
Substraat	1.798.234	1.798.234	1.798.234	1.798.234	1.798.234	1.798.234
Digestaat afvoer	2.973.532	2.973.532	2.973.532	2.973.532	2.973.532	2.973.532
Elektriciteit inkoop						
- kWh/GJ ruw biogas						
- kWh/jaar			3.557.599	3.079.694	5.876.587	6.706.389
			498.064	431.157	822.722	938.895
Uitgespaard						
€/GJ	-5,7	-11,4	-6,4	-6,4	-6,4	-8,1
€/jaar	-1.806.853	-3.607.568	-2.037.054	-2.037.054	-2.018.702	-2.558.844
Totale kosten						
van	4.415.536	2.518.821	4.892.161	4.520.492	5.069.011	4.645.041
tot	5.433.702	3.560.987	5.934.327	5.562.658	6.103.024	5.679.054
GJ ruw biogas/jaar	317.535	317.535	317.535	317.535	317.535	317.535
per jaar uitgespaard (ton CO ₂)	-16.464	-24.147	-16.705	-16.988	-15.112	-15.820

Kosten en broeikasgasbalans voor bietenblad covergisting

Tabel 11 Overzicht meerkosten en broeikasgasbalans

overzicht	Gasmotor, geen warmte	wkk, max warmte	biogas pijpleiding	biogas lokaal	groen gas	CBG
kg CO2/GJ ruw biogas	-94,7	-112,6	-90,3	-91,1	-85,9	-87,9
ton CO2/ha	-4,1	-4,9	-3,9	-4,0	-3,7	-3,8
GHG reductie	178%	159%	174%	176%	167%	160%
€/ton CO2, kleinschalig						
van	341	239	379	363	414	391
tot	379	274	422	406	458	435
€/ton CO2, grootschalig						
van	316	226	362	347	385	363
tot	350	254	398	382	423	399

Broeikasgasbalans (kg CO2/GJ ruw biogas)

Biogas productie en toepassing	Gasmotor, geen warmte	wkk, max warmte	biogas pijpleiding	biogas lokaal	groen gas	CBG
- vergisting	-55,2	-55,2	-55,2	-55,2	-55,2	-55,2
- lekkages	13,6	13,6	5,2	5,2	5,4	5,4
- ingekochte elektriciteit			11,5	10,7	15,3	16,7
Uitgespaard						
Aardgas			-51,8	-51,8	-51,4	
LT warmte		-18,0				
HT warmte						
Benzine						
Diesel						-54,8
Steenkool						
Elektriciteit	-53,1	-53,1				
	-94,7	-112,6	-90,3	-91,1	-85,9	-87,9

Tabel 12 Gegevens voor kleinschalige vergisting

De case voor ruw biogas (m ³ /uur)	500	4.000.000		substraat	digestaat	
- na boiler bij groen gas of biogas leverir	407	m3/jaar ruw		59.832	114.069	ton/jaar
	Gasmotor, geen warmte	wkk, max warmte	biogas pijpleiding	biogas lokaal	groen gas	CBG
Investeringsen						
- vergister						
van	2.250.035	2.250.035	2.250.035	2.250.035	2.250.035	2.250.035
tot	3.991.360	3.991.360	3.991.360	3.991.360	3.991.360	3.991.360
- gasopwerking	264.872	264.872	264.872	264.872	850.323	850.323
- compressie			30.000		60.000	90.000
- WKK	600.000					
- aansluiting op RTL of biogasleiding			€ 634.921			
- tankstation/vulpunt						
	3.114.907	2.514.907	3.179.827	2.514.907	3.160.357	3.190.357
	4.856.232	4.256.232	4.921.152	4.256.232	4.901.683	4.931.683
CAPEX lasten						
van	373.789	301.789	381.579	301.789	379.243	382.843
tot	582.748	510.748	590.538	510.748	588.202	591.802
Operationele kosten techniek						
van	179.219	155.219	156.419	155.219	186.891	188.091
tot	262.446	262.446	263.646	262.446	288.264	289.464
Substraat	192.648	192.648	192.648	192.648	192.648	192.648
Digestaat afvoer	2.281.387	2.281.387	2.281.387	2.281.387	2.281.387	2.281.387
Elektriciteit inkoop						
- kWh/GJ ruw biogas			19,42	18,09	25,84	28,14
- kWh/jaar			1.569.892	1.462.688	2.088.587	2.274.577
			219.785	204.776	292.402	318.441
Uitgespaard						
€/GJ	-5,1	-9,3	-5,8	-5,8	-5,7	-7,2
€/jaar	-415.375	-755.672	-465.349	-465.349	-461.157	-584.548
Totale kosten						
van	2.611.668	2.175.371	2.766.469	2.670.470	2.871.415	2.778.862
tot	2.903.855	2.491.558	3.082.656	2.986.657	3.181.747	3.089.194
GJ ruw biogas/jaar	80.842	80.842	80.842	80.842	80.842	80.842
per jaar uitgespaard (ton CO2)	-7.655	-9.107	-7.300	-7.363	-6.942	-7.106

Tabel 13 Gegevens voor kleinschalige vergisting

De case voor ruw biogas (m ³ /uur)	2000	16.000.000		substraat	digestaat	
- na boiler bij groen gas of biogas leverir	1629	m3/jaar ruw		239.329	456.277	ton/jaar
	Gasmotor, geen warmte	wkk, max warmte	biogas pijpleiding	biogas lokaal	groen gas	CBG
Investeringsen						
- vergister						
van	6.820.830	6.820.830	6.820.830	6.820.830	6.820.830	6.820.830
tot	12.860.549	12.860.549	12.860.549	12.860.549	12.860.549	12.860.549
- gasopwerking	980.036	980.036	980.036	980.036	1.700.645	1.700.645
- compressie						
- WKK	600.000					
- aansluiting op RTL of biogasleiding			2.539.683			
- tankstation/vulpunt						
	8.400.866	7.800.866	10.340.549	7.800.866	8.521.475	8.521.475
	14.440.585	13.840.585	16.380.268	13.840.585	14.561.195	14.561.195
CAPEX lasten						
van	1.008.104	936.104	1.240.866	936.104	1.022.577	1.022.577
tot	1.732.870	1.660.870	1.965.632	1.660.870	1.747.343	1.747.343
Operationele kosten techniek						
van	442.518	418.518	418.518	418.518	454.549	454.549
tot	735.918	735.918	735.918	735.918	764.743	764.743
Substraat	770.593	770.593	770.593	770.593	770.593	770.593
Digestaat afvoer	9.125.548	9.125.548	9.125.548	9.125.548	9.125.548	9.125.548
Elektriciteit inkoop						
- kWhe/GJ ruw biogas						
- kWhe/jaar			6.279.568	5.850.750	8.354.349	9.098.308
			879.140	819.105	1.169.609	1.273.763
Uitgespaard						
€/GJ	-5,1	-9,3	-5,8	-5,8	-5,7	-7,2
€/jaar	-1.661.499	-3.022.686	-1.861.396	-1.861.396	-1.844.627	-2.338.192
Totale kosten						
van	9.685.265	8.228.078	10.573.269	10.208.472	10.698.249	10.308.838
tot	10.703.431	9.270.244	11.615.435	11.250.639	11.733.209	11.343.798
GJ ruw biogas/jaar	323.367	323.367	323.367	323.367	323.367	323.367
per jaar uitgespaard (ton CO2)	-30.620	-36.427	-29.198	-29.452	-27.768	-28.424

Kosten en broeikasgasbalans voor mestvergisting

Tabel 14 Overzicht meerkosten en broeikasgasbalans

overzicht	Gasmotor, geen warmte	wkk, max warmte	biogas pijpleiding	biogas lokaal	groen gas	CBG
kg CO2/GJ ruw biogas	-212,3	-224,8	-203,1	-203,8	-199,4	-201,3
ton CO2/ha	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
GHG reductie	435%	366%	438%	439%	433%	410%
€/ton CO2, kleinschalig						
van	8	-10	23	18	29	23
tot	24	6	41	36	47	41
€/ton CO2, grootschalig						
van	-2	-16	16	11	17	12
tot	12	-3	31	26	33	27

Broeikasgasbalans (kg CO2/GJ ruw biogas)

Biogas productie en toepassing	Gasmotor, gekk	wkk, max warmte	gas pijpleiding	biogas lokaal	groen gas	CBG
- vergisting	-179,5	-179,5	-179,5	-179,5	-179,5	-179,5
- lekkages	16,1	16,1	7,8	7,8	7,9	7,9
- ingekochte elektriciteit			15,0	14,4	18,2	19,4
Uitgespaard						
Aardgas			-46,4	-46,4	-46,0	
LT warmte		-12,5				
HT warmte						
Benzine						
Diesel						-49,0
Steenkool						
Elektriciteit	-48,9	-48,9				
	-212,3	-224,8	-203,1	-203,8	-199,4	-201,3

Tabel 15 Gegevens voor kleinschalige vergisting

De case voor ruw biogas (m ³ /uur)	500	4.000.000		substraat	digestaat	
	- na boiler bij groen gas of biogas leverir	365	m3/jaar ruw			ton/jaar
	Gasmotor, geen warmte	wkk, max warmte	biogas pijpleiding	biogas lokaal	groen gas	CBG
Investerings						
- vergister						
van	2.250.035	2.250.035	2.250.035	2.250.035	2.250.035	2.250.035
tot	3.991.360	3.991.360	3.991.360	3.991.360	3.991.360	3.991.360
- gasopwerking	264.872	264.872	264.872	264.872	804.674	804.674
- compressie			30.000		60.000	90.000
- WKK	600.000					
- aansluiting op RTL of biogasleiding			€ 634.921			
- tankstation/vulpunt						
	3.114.907	2.514.907	3.179.827	2.514.907	3.114.709	3.144.709
	4.856.232	4.256.232	4.921.152	4.256.232	4.856.034	4.886.034
CAPEX lasten						
van	373.789	301.789	381.579	301.789	373.765	377.365
tot	582.748	510.748	590.538	510.748	582.724	586.324
Operationele kosten techniek						
van	179.219	155.219	156.419	155.219	184.609	185.809
tot	262.446	262.446	263.646	262.446	286.438	287.638
Substraat						
Digestaat afvoer						
Elektriciteit inkoop						
- kWh/GJ ruw biogas			25,39	24,27	30,76	32,69
- kWh/jaar			2.176.066	2.080.063	2.636.251	2.802.362
			304.649	291.209	369.075	392.331
Uitgespaard						
€/GJ	-4,7	-7,7	-5,2	-5,2	-5,1	-6,5
€/jaar	-405.233	-655.884	-441.844	-441.844	-437.863	-555.022
Totale kosten						
van	147.775	-198.877	400.804	306.373	489.586	400.483
tot	439.961	117.310	716.990	622.559	800.374	711.271
GJ ruw biogas/jaar	85.714	85.714	85.714	85.714	85.714	85.714
per jaar uitgespaard (ton CO2)	-18.196	-19.265	-17.411	-17.468	-17.091	-17.253

Tabel 16 Gegevens voor grootschalige vergisting

De case voor ruw biogas (m ³ /uur) - na boiler bij groen gas of biogas leverir	2000	16.000.000		substraat digestaat		
	1459	m3/jaar ruw				ton/jaar
	Gasmotor, geen warmte	wkk, max warmte	biogas pijpleiding	biogas lokaal	groen gas	CBG
Investerings						
- vergister						
van	6.820.830	6.820.830	6.820.830	6.820.830	6.820.830	6.820.830
tot	12.860.549	12.860.549	12.860.549	12.860.549	12.860.549	12.860.549
- gasopwerking	980.036	980.036	980.036	980.036	1.609.349	1.609.349
- compressie						
- WKK	600.000					
- aansluiting op RTL of biogasleiding			2.539.683			
- tankstation/vulpunt						
	8.400.866	7.800.866	10.340.549	7.800.866	8.430.179	8.430.179
	14.440.585	13.840.585	16.380.268	13.840.585	14.469.898	14.469.898
CAPEX lasten						
van	1.008.104	936.104	1.240.866	936.104	1.011.621	1.011.621
tot	1.732.870	1.660.870	1.965.632	1.660.870	1.736.388	1.736.388
Operationele kosten techniek						
van	442.518	418.518	418.518	418.518	449.984	449.984
tot	735.918	735.918	735.918	735.918	761.091	761.091
Substraat						
Digestaat afvoer						
Elektriciteit inkoop						
- kWhe/GJ ruw biogas						
- kWhe/jaar			8.704.266	8.320.253	10.545.005	11.209.449
			1.218.597	1.164.835	1.476.301	1.569.323
Uitgespaard						
€/GJ	-4,7	-7,7	-5,2	-5,2	-5,1	-6,5
€/jaar	-1.620.931	-2.623.537	-1.767.375	-1.767.375	-1.751.452	-2.220.087
Totale kosten						
van	-170.308	-1.268.915	1.110.607	752.083	1.186.454	810.841
tot	847.858	-226.749	2.152.773	1.794.249	2.222.327	1.846.714
GJ ruw biogas/jaar	342.857	342.857	342.857	342.857	342.857	342.857
per jaar uitgespaard (ton CO2)	-72.784	-77.061	-69.645	-69.872	-68.364	-69.011

