

Energie Conversie Park Sluiskil Terneuzen

Eindrapport

Concept, 13 mei 2013

Jan Broeze, Bert Annevelink, Koen Meesters

Rapport

Colofon

Titel Eindrapport Energie Conversie Park Sluiskil Terneuzen
Auteur(s) Jan Broeze, Bert Annevelink, Koen Meesters
Nummer
ISBN-nummer
Publicatiedatum mei 2013
Vertrouwelijk nee
OPD-code

Goedgekeurd door

Wageningen UR Food & Biobased Research
P.O. Box 17
NL-6700 AA Wageningen
Tel: +31 (0)317 480 084
E-mail: info.fbr@wur.nl
Internet: www.wur.nl

© Wageningen UR Food & Biobased Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for inaccuracies in this report.

Inhoudsopgave

1 Inleiding	4
2 Het biomassacluster in Sluiskil-Terneuzen	5
2.1 Biovergistingscentrale (Biomassacentrale)	6
2.2 Biodieselfabriek	6
2.3 Het ontwikkelproces van het ECP	7
3 Regionale biomassa	9
4 ECP concepten: kansen voor nieuwe biobased processen	11
4.1 Benutting van laagwaardiger biomassa inputs	11
4.2 Meerwaarde uit biomassa halen: bioraffinageprocessen voorschakelen	12
4.3 Aanvullend bioenergieproces: biomassaverbrandingsinstallatie	12
4.4 Synergie: Warmte-integratie met een GFT vergister	13
4.5 Verdere verwaarding van reststromen	15
4.6 Concluderende opmerkingen	15
5 ECP concept: integratie van GFT vergisting en compostering	16
5.1 Technische uitwerking van het ontwerp	16
5.2 Uitwerking van het concept	17
5.3 Globale benadering economische haalbaarheid	20
5.4 Duurzaamheid: effecten broeikasgassen	22
5.5 Sociaal maatschappelijke en juridische aspecten	22
5.6 Praktische haalbaarheid	23
6 Concluderende opmerkingen	24
7 Literatuur	25
Bijlage 1. Leden van participanten-groep Biopark Terneuzen	26
Bijlage 2. Analyse haalbaarheid vergisting zonder subsidie met behulp van voorbehandeling	27
Bijlage 3. Case Sluiskil Economische Analyse	33
Bijlage 4. Duurzaamheidsanalyse	47

1 Inleiding

Door geclusterde ontwikkeling van bioenergie- en andere biomassaprocessen zijn verschillende voordelen te behalen op economisch, ecologisch en maatschappelijk vlak. Economische en ecologische voordelen ontstaan door minimalisatie van transport en het onderling uitwisselen van neven/reststromen (volumineus en laagcalorisch, inclusief restwarmte en waterige stromen); andere besparingen worden gerealiseerd door bijvoorbeeld utility sharing. De economische haalbaarheid wordt bovendien verbeterd door naast energie ook hoogwaardigere biobased producten uit de biomassa te produceren, zoals biomaterialen of biobrandstoffen. Verwaarding van reststromen levert ecologische voordelen op omdat daardoor het verbruik van fossiele bronnen wordt beperkt en de eventuele vervuilinglast van de reststroom kan worden beperkt. Geclusterde ontwikkeling biedt maatschappelijke voordelen: (1) het cluster is beter zichtbaar in het kader van lobby-activiteiten, en (2) regionale overlast wordt beperkt tot één locatie (maar lokaal kan dit wel een grotere overlast opleveren).

Een Energie Conversie Park (ECP) is een geclusterde ontwikkeling van bioenergie conversie processen (mogelijk in combinatie met andere biomassa processen) waarin bovenstaande voordelen worden gebruikt om de haalbaarheid van biomassaprocessen te verbeteren. Daarbij wordt primair gekeken naar regionaal beschikbare biomassa.

Beoogd effect van het ECP project¹ is het verbeteren van praktische haalbaarheid van bioenergieprocessen (ten gevolge van voordelen zoals hiervoor benoemd). Daarom is het ECP project gericht op de vraag hoe het proces van clusterontwikkeling kan verlopen, welke voordelen daadwerkelijk mogelijk zijn, en hoe het ontwerp van een cluster verder geoptimaliseerd kan worden ten opzichte van stand-alone installaties.

Het onderzoek is in interactie met een aantal praktische cases doorlopen: Beerse-Merksplas (provincie Antwerpen, België), Lommel (provincie Limburg, België), Breda/Moerdijk (provincie Noord-Brabant, Nederland) en Sluiskil-Terneuzen (provincie Zeeland, Nederland).

Dit rapport beschrijft het proces van clusterontwikkeling in Sluiskil-Terneuzen, leerpunten die daaruit zijn voortgekomen en hoe de ECP benadering de clusterontwikkeling verder kan ondersteunen.

Als eerste wordt in hoofdstuk 2 het cluster in de huidige vorm beschreven, inclusief hoofdlijnen van het proces van clusterontwikkeling. Daaropvolgende hoofdstukken zijn gericht op mogelijke aanvullende biomassaverwaarding: hoofdstuk 3 analyseert mogelijke andere regionale biomassabronnen en hoofdstuk 4 gaat in op aanvullende biomassaprocessen. Belangrijkste conclusies worden samengevat in hoofdstuk 5.

¹ Het ECP project is een samenwerking tussen VITO (België), Avans Hogeschool (NL), Universiteit van Hasselt (België), Hogeschool Zeeland (NL) en Wageningen UR Food & Biobased Research (NL). Ook ERAC (NL) en BTG (NL) zijn nauw bij de uitvoering betrokken. Het project wordt gefinancierd door het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling (EFRO) via het Interreg IVA programma Vlaanderen-Nederland. Daarnaast wordt een financiële bijdrage geleverd door de provincies Noord-Brabant en Zeeland en de provincie Limburg (België), de Vlaamse Overheid en het Nederlandse ministerie van Economische Zaken.

2 Het biomassacluster in Sluiskil-Terneuzen

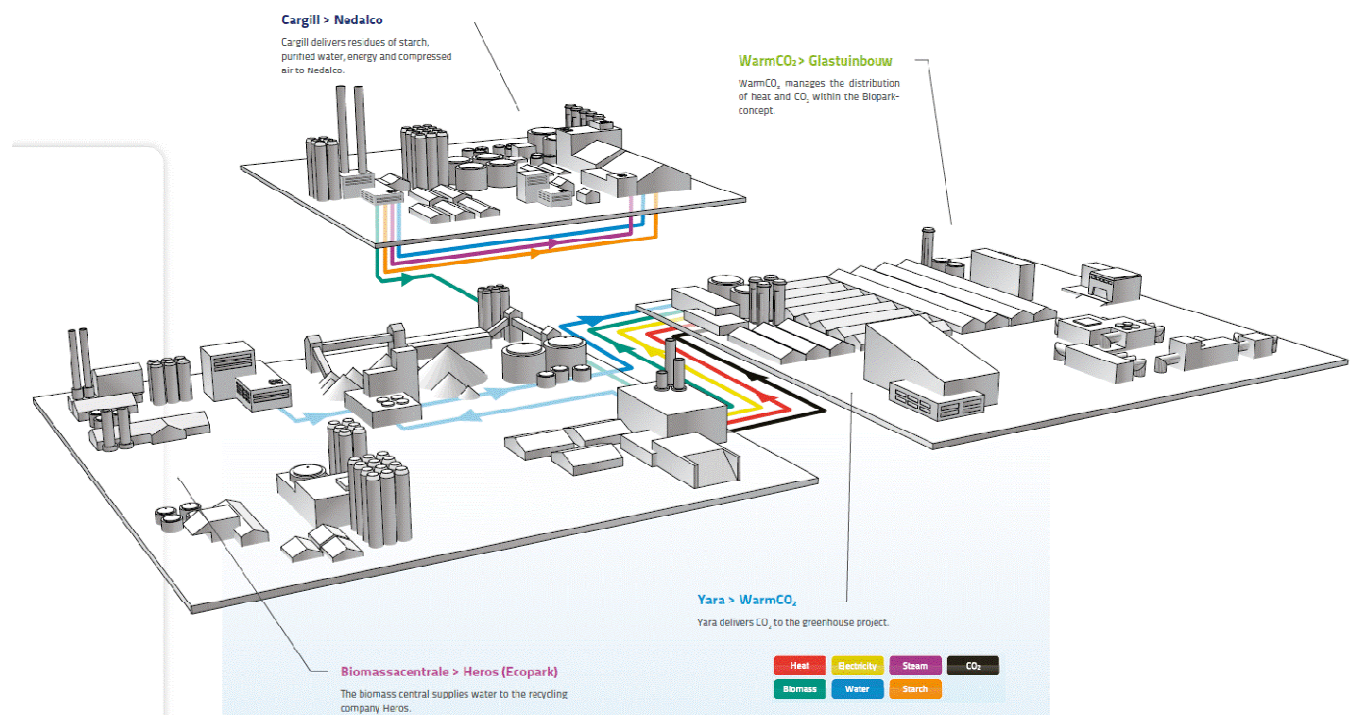
Biopark Terneuzen is een initiatief van Zeeland Seaports. “Onder de noemer 'Smart Link' promoot en faciliteert Biopark Terneuzen de exploitatie van synergieën tussen bedrijven welke zijn gevestigd in dezelfde geografische regio.”²

In Biopark Terneuzen is op het terrein van Heros³ (onder de naam Heros Ecopark Terneuzen) een cluster van bioenergieprocessen ontwikkeld.

Naast het cluster van bioenergieprocessen omvat Biopark Terneuzen een grote kunstmestfabriek (Yara) en een glastuinbouwcomplex. Deze twee wisselen o.a. (rest)warmte en CO₂ uit. Ook andere duurzame energievormen, waaronder windenergie, worden op het park geproduceerd.

Op het vlak van bioenergie omvat het terrein een biovergistingscentrale (*biomassacentrale*) en een biodieselfabriek (jaarlijkse capaciteit van 250.000 ton). Andere bioenergieprocessen zijn voorzien; in het bijzonder is een thermische verbrandingsinstallatie voor droge biomassa reeds gepland. Primaire ankerpunten voor nieuwe installaties zijn de havenfunctie, een biologische afvalwaterzuiveringsinstallatie (capaciteit 1.250.000 m³/jaar) en de hoge milieuvergunningscategorie van het terrein. Aanwezige bioenergie-installaties bieden ook weer extra aanknooppomogelijkheden voor nieuwe installaties.

Gerealiseerde links in het Biopark Terneuzen zijn beschreven in Figuur 1.



Figuur 1. Gerealiseerde links op Biopark Terneuzen. (bron: brochure van Biopark Terneuzen)

² <http://www.bioparkterneuzen.com/>

³ Heros Sluiskil is een dochter van Remex Mineralstoff GmbH uit Düsseldorf (D), onderdeel van het Duitse conglomeraat Remondis AG & Co. Kernactiviteit van Heros Sluiskil is recyclen: productie van granulaat en metalen uit AVI-bodemassen uit Afval Energie Centrales.

2.1 Biovergistingscentrale (Biomassacentrale)

De Biomassacentrale van Lijnco Green Energy B.V. verwerkt jaarlijks rond 135.000 ton biomassa; daaruit produceert het maximaal 10MW elektriciteit, hetgeen wordt afgezet aan het net. De belangrijkste inputstromen zijn mest en energierijke cosubstraten (zoals energiemais en mogelijk glycerine uit de biodieselfabriek). Vanwege de ruime SDE-subsidie op geproduceerde elektriciteit zijn minder energierijke cosubstraten (denk bijvoorbeeld aan reststromen uit de glastuinbouw) in deze fase minder interessant.

De biomassacentrale verwerkt het residu digestaat tot droge meststoffen; het overblijvende afvalwater wordt nagezuiverd door de afvalwaterzuivering. Voor het drogen wordt gebruik gemaakt van restwarmte van de WKK gasmotoren.

Het merendeel van de biomassa wordt per vrachtwagen aan- en afgevoerd.



Figuur 2. Biomassacentrale van Lijnco Green Energy B.V.

2.2 Biodieselfabriek

De biodieselfabriek is in 2008 ontwikkeld door Roosendaal Energy. De fabriek heeft een capaciteit van 250.000 ton per jaar. Roosendaal verwerkte plantaardige olie tot biodiesel. Ten gevolge van marktomstandigheden (subsidies in de VS op aldaar geproduceerde biodiesel) is het bedrijf snel na de opstart failliet gegaan.

In 2012 heeft Belgische groenestroombedrijf Electrawinds de biodieselfabriek doorgestart onder de naam Electrawinds GreenFuel BV. Electrawinds gebruikt agro-reststromen (dierlijke restvetten) als grondstof. De capaciteit blijft gehandhaafd op 250.000 ton per jaar.



Figuur 3. De biodieselfabriek.

2.3 Het ontwikkelproces van het ECP

Het “project” Biopark Terneuzen is onder penvoering van Van de Bunt in 2006 gestart. Dit project werd gefinancierd door het onderzoeksprogramma TransForum Agro & Groen, dat in de periode 2005-2010 was gericht op duurzame innovaties in de Nederlandse agro-food kolom. Na afloop van dat project is het Biopark Terneuzen als stichting voortgezet onder regie van Zeeland Seaports. Biopark Terneuzen is o.a. oprichter van Bio Base Europe, dat in Terneuzen een trainingcentrum voor de biobased economy heeft gestart.

Biopark Terneuzen is gericht op bedrijven die op duurzame en milieuvriendelijke wijze biobased produceren. Doelen: bestaande bedrijven in het gebied laten uitbreiden en nieuwe bedrijven aantrekken. In het bijzonder gaat het daarbij om intelligente koppelingen (“smart links”): onderlinge uitwisseling tussen bedrijven zorgt er voor dat de restproducten niet als afval in ons milieu terechtkomen maar dat ze worden gebruikt in andere producten en productieprocessen.

Het ontwikkelproces voor Biopark Terneuzen is exemplarisch voor een stapsgewijze ontwikkeling:

- als ‘ankerpunt’ is de locatie van het Heros terrein beschikbaar (met een grote waterzuivering, havenfaciliteiten en een ruime milieucategorie);
- de biomassacentrale en biodieselfabriek zijn onafhankelijk van elkaar ontwikkeld, zonder kritische onderlinge afhankelijkheden (benutting van glycerine van de biodieselfabriek in de biomassacentrale is een optie);
- nieuwe (gezochte) installaties kunnen voortborduren op de bestaande setting.

Zoekprocessen naar nieuwe mogelijkheden verlopen – naast individuele acties door trekkende partijen zoals Zeeland Seaports en Heros – via een ‘participantengroep’ (zie Bijlage 1). Deze komt onder regie van Zeeland Seaports enkele keren per jaar bijeen en bespreekt opties voor nieuwe biobased processen.

Bijdrages vanuit het ECP project zijn verschillende malen in de participantenbijeenkomsten en in individuele bijeenkomsten met partijen (met name Heros en Biomassa Unie) besproken.

3 Regionale biomassa

Voor hoogwaardige biomassa die wordt gebruikt door de aanwezige biobased bedrijven zijn de transportkosten beperkt ten opzichte van de kostprijs van de biomassa. Daarom worden deze stromen uit een veel ruimere straal dan de regio/provincie betrokken. Voor laagwaardige biomassa, zoals mest, is dat anders. Die wordt daarom wel binnen de regio betrokken. Om mogelijkheden van regionale biomassa beter in beeld te brengen is in het kader van het ECP project door Huisman (2012a) een inventarisatie gemaakt van regionale biomassa. Uit zijn conclusie:

... de beschikbare biomassa stromen zijn weergegeven in de onderstaande tabel. De beschikbare hoeveelheid energie is nauwelijks veranderd ten opzichte van 2009. Wel is de massastroom fors gewijzigd. Dat komt vooral omdat na de opening van BMC in Moerdijk geen kippenmest meer wordt ingevoerd in Zeeland, maar vooral varkensdrijfmest. Daarnaast is er meer rundermest beschikbaar gekomen binnen de provincie Zeeland.

Totaal Overzicht Biomassa Reststromen		
Biomassa	Ton/jaar	Energie TJ/jaar⁴
Houtachtige Stromen (excl. Sloophout)	54.836	559
Natte Stromen	2.344.500	1.732
Droge Niet Houtachtige Gewassen	623.480	1.474
Totaal	3.022.816	3.765

Als kritische kanttekening bij deze tabel kunnen we melden dat de hoeveelheid stro (droge niet houtachtige gewassen) tot 688 TJ per jaar aan biogas kan opwekken. Stro is echter (te) duur voor vergisting en heeft dus geen economisch potentieel. Andere stromen hebben dat wel.

...

De meest kansrijke stroom in Zeeland qua implementatiepotentieel is GFT. Momenteel wordt GFT gecomposteerd. Binnenkort loopt de beschikking voor deze installatie af. Dat zou een natuurlijk moment zijn om te gaan nadenken over een hoogwaardigere inzet van het beschikbare GFT, door het om te zetten in biogas en compost in plaats van alleen compost. Het zou het meest logisch zijn om één GFT vergister voor heel Zeeland neer te zetten, zoals nu al feitelijk gebeurt met de compostering. Hierin kan ook afval van de glastuinbouw worden verwerkt.

De drie gemeenten in Zeeuws-Vlaanderen (Sluis, Terneuzen en Hulst) produceren 41,4% van de Zeeuwse mest. De grootste hoeveelheid mest wordt echter geïmporteerd in Zeeland, omdat men een nutriëntentekort heeft.

⁴ Met uitzondering van de houtachtige stromen (waar we het over de winbare energie uit verbranding hebben) betreft dit de winbare energie middels vergisten uit beschikbare biomassa voor energiedoelinden

Volledig nuttige benutting van de houtstromen is interessant vanuit implementatiepotentieel, maar niet te combineren met de bestaande vergister van Lijnco. Dit bedrijf heeft een warmteoverschot.

Daarnaast hebben voor vergisting vooral grassen uit de berm en natuurgebied een hoog implementatiepotentieel, eventueel aangevuld met loof van suikerbieten en aardappels en uienstaartjes, welke onder randvoorwaarden meevergist zouden kunnen worden.

In totaal is er voor ongeveer 3.800 TJ per jaar aan energie beschikbaar in biomassa. Dat is genoeg voor de energiebehoefte van 54.000 Zeeuwse huishoudens oftewel ongeveer 1/3 van de Zeeuwse bevolking. Dit is een vrij hoog vervangingspercentage in vergelijking met het landelijke gemiddelde.

4 ECP concepten: kansen voor nieuwe biobased processen

Op basis van bestaande technologie zijn verschillende inpasbare ECP concepten gegenereerd. Deze concepten sluiten aan op verschillende lokale en regionale kansen:

- Benutting van laagwaardigere biomassa inputs (voor het ECP):
Kern van het idee is het vervangen van de huidige behoefte aan hoogwaardige biomassa door laagwaardigere biomassa. Dit zal resulteren in lagere kostprijs voor de biomassa inputs, maar mogelijk ook in lagere bioenergie-productie. Middels voorbehandeling kan voor laagwaardige biomassa alsnog een redelijk bioenergie-rendement worden verkregen.
- Meerwaarde uit biomassa halen: bioraffinageprocessen voorschakelen
Het bioraffinage principe is gericht op het scheiden van biomassa in afzonderlijke componenten die elk apart in een specifieke toepassing (met relatief hoge waarde) kunnen worden benut. Uit de huidige biomassastromen zouden op deze wijze – naast productie van bioenergie – ook andere biobased producten kunnen worden geproduceerd.
- Aanvullende bioenergieprocessen voor andere (mogelijk regionale) biomassastromen
Onder andere houtachtige biomassa kan in het huidige ECP Terneuzen niet worden verwerkt.
- Interne synergie in het cluster (eventueel uitgebreid met andere processen): warmte-integratie met een GFT vergister
Door toevoeging van nieuwe installaties ontstaan nieuwe kansen voor uitwisseling van biomassa(rest)stromen en warmte. Cruciaal is transporteerbaarheid: clustering is het belangrijkste voor uitwisseling van moeilijke transporteerbare stromen (zoals warmte).
- Aanvullende bewerkingen voor verwaarding eindproducten/reststromen:
Kosten van afvoer van reststromen kunnen worden beperkt of toegevoegde waarde kan worden gegenereerd door specifieke bewerkingen op de producten en reststromen van het cluster.

De concepten en de lokale relevantie worden in de volgende paragrafen gepresenteerd.

4.1 Benutting van laagwaardiger biomassa inputs

Vanwege de ruime, nog niet geheel gevulde, SDE beschikking wordt in de biomassavergistingscentrale relatief hoogwaardige (“voedzame”) biomassa gebruikt. Reststromen, die in vergistingsprocessen in het algemeen een lager rendement opleveren, blijven daarom momenteel buiten beschouwing.

Zonder de SDE regeling echter, zou de situatie er heel anders uitzien: de kostprijs van inputs zou dan veel sterker op de balans drukken. Zonder SDE wordt het aantrekkelijker om goedkope regionale biomassa(rest)stromen te verwerken, en een lagere energieopbrengst te accepteren. Eventueel kan dan een voorbehandeling worden toegepast om de biogasopbrengst toch voor

zover mogelijk op peil te houden. In het ECP project is een analyse uitgewerkt naar die situatie, en aangetoond dat zonder SDE het vergisten van reststromen veel interessanter wordt (zie Bijlage 2).

4.2 Meerwaarde uit biomassa halen: bioraffinageprocessen voorschakelen

Bioraffinage is gericht op het benutten van componenten van biomassa voor een spectrum aan vermarktbaar producten en energie. Daarbij kan gedacht worden aan voeding, veevoeders, materialen, biobrandstoffen en biochemicalïen. Verschillende componenten (zoals eiwitten, vezels en specifieke koolhydraten) kunnen vaak hoogwaardiger worden ingezet dan voor energie, juist vanwege de moleculaire structuur.

Ontwikkeling van bioraffinageprocessen vereist:

- één of meerdere hoogwaardige toepassingen;
- uiteindelijke reststroomverwaarding (bijvoorbeeld voor bio-energie);
- ontwikkeling van bioraffinage installaties;
- biomassabeschikbaarheid (bij voorkeur regionaal).

Bioraffinageprocessen kunnen in principe dus worden voorgeschakeld voor de energieconversieprocessen op het ECP. Om verschillende redenen blijkt het voorschakelen van bioraffinage echter niet eenvoudig:

- praktijkvoorbeelden van biobased bioraffinage procesontwikkeling (zie bijvoorbeeld Sabic) zijn ontwikkeld bij een bestaand chemische fabriek;
- vanwege fiscale steun op bioenergie is deze energietoepassing in de praktijk vaak interessanter dan andere toepassingen, waarbij hoogwaardigere biobased producten worden geleverd.

Deze redenen blijken ook voor ECP Sluiskil de bioraffinage procesontwikkeling te bemoeilijken.

4.3 Aanvullend bioenergieproces: biomassaverbrandingsinstallatie

Trekkers van het Biopark hebben een plan ontwikkeld voor een verbrandingsinstallatie op het ECP Terneuzen met de volgende kenmerken:

- te verwerken biomassa: houtachtige biomassa (zoals snoeihout en zeefoverloop stromen uit vergisters, B-hout; er is geen vergunning voor bermgras);
- vermogen: 4,5 MW elektrisch + 2,9 MW warmte;
- pok CO₂ terugwinning uit rookgassen is voorzien;
- ontwerp is gereed en SDE subsidie is toegekend.

Er is en wordt nog steeds gezocht naar partijen die het plan willen ontwikkelen. Bij het ECP project is de vraag neergelegd of en hoe regionale biomassa efficiënt ingezameld kan worden voor deze installatie. Uit het daartoe uitgevoerde onderzoek is geleerd dat op provinciaal niveau ruim 200.000 GJ droge biomassa wordt geproduceerd (ter vergelijking: bij bovengenoemd vermogen zal jaarlijks rond 150 à 200.000 ton houtachtige biomassa nodig zijn). Omdat slechts

een deel van de provinciale biomassa in de hierboven genoemde categorie valt, en in de praktijk een fors deel reeds door anderen gecontracteerd is, is geconcludeerd dat een aanzienlijk deel van de benodigde biomassa van elders aangevoerd zal moeten worden.

Vanuit de ECP gedachte is ontwikkeling van dit concept matig interessant omdat (a) het elektrisch rendement van houtverbranding relatief laag is, (b) het park reeds een overschot aan restwarmte kent, en (c) kansen op interactie met andere processen beperkt zijn (zie o.a. Huismans, 2012b).

4.4 Synergie: Warmte-integratie met een GFT vergister

In het kader van het ECP is door Huisman (2012b) een analyse uitgevoerd naar opties voor nieuwe processen op het ECP Biopark Terneuzen. Zijn hoofdconclusie is: de meest logische optie is het toevoegen van een GFT vergister (in het verlengde op de conclusies m.b.t. regionale biomassa, zie voorgaand hoofdstuk) en het optimaliseren van warmtehuishouding samen met de biomassacentrale:

Huisman, 2012b:

Door de aanwezigheid van een relatief grote co-vergister, bedrijven met een grote warmte behoefte zoals Yara en de glastuinbouw (die rest warmte, CO₂ en mineralen nodig heeft) biedt het bedrijventerrein in Sluiskil verschillende kansen voor integratie tussen deze bedrijven. In deze rapportage zijn meerdere opties gepresenteerd die alleen of in combinatie met andere opties kunnen worden uitgevoerd.

De co-vergister van Lijnco behoort met een elektrisch vermogen van 10 MW en een vergister volume van 38.000 m³ tot de grootste co-vergisters van Nederland. De vergister gebruikt momenteel mest, maïs, granen en glycerine als biomassa input. De output van de vergister (het digestaat) wordt gescheiden in een dunne en dikke fractie. De dikke fractie wordt gedroogd met restwarmte van de WKK's en afgezet in het buitenland. De dunne fractie wordt door middel van een ultra filtratie en een omgekeerde osmose installatie opwerkt tot een mineralen concentraat en loosbaar water.

Er zijn verschillende mogelijkheden om de biogasproductie van de bestaande co-vergister te verhogen en om andere biomassa stromen als input te gebruiken. Momenteel zijn er veel voorbewerkingstechnieken in ontwikkeling die er voor zorgen dat de biomassa sneller vergist kan worden en meer biogas oplevert. Een mogelijk interessante techniek voor Lijnco is het strippen van ammoniak. Doordat actief stikstof uit de vergister gehaald wordt, kan relatief goedkope stikstofrijke biomassa als leghennenmest worden toegevoegd om zo een beter financieel rendement te halen. Ook kan gedacht worden aan het enzymatisch voorbehandelen van de maïs, zodat deze sneller en beter vergist wordt. Aangezien de meeste voorbewerkingstechnieken zich nog in een ontwikkelingsfase bevinden, dient een grondige analyse uitgevoerd te worden of de meer opbrengsten opwegen tegen de extra kosten. Deze analyse dient zowel op financieel als energetisch vlak uitgevoerd te worden. Om meer biogas

per ton aangevoerde mest te produceren kan gedacht worden aan het aanvoeren van alleen de dikke fractie van de mest. Op die manier wordt relatief meer organische droge stof aangevoerd per ton mest welke wordt omgezet in biogas. Een ander mogelijk interessante biomassa stroom voor de bestaande co-vergister zijn suikerbieten. Uit onderzoek van IRS blijkt dat de biogasproductie per hectare van suikerbieten bijna twee keer groter is dan die van maïs. Wel dienen een aantal praktische problemen te worden opgelost, zoals de langdurige opslag van suikerbieten. Het Zeeuwse bedrijf Beta Process biedt hier wellicht een uitkomst met hun vacuüm extrusie voorbewerking. Uit de biomassa scan blijkt dat er verschillende vergistbare reststromen aanwezig zijn in Zeeland. Hierbij moet gedacht worden aan berm en natuurgras, VGI resten, afval uit de glastuinbouw etc. Ook hier is het belangrijk om een grondige financiële analyse uit te voeren, omdat deze afvalstromen in de regel minder biogas produceren dan bijvoorbeeld mais per ton product. Om de biogasproductie op pijl te houden moet dus veel meer biomassa vergist worden en is dus meer vergistervolume nodig.

De co-vergister exporteert nu de gedroogde dikke fractie naar het buitenland. Deze gedroogde dikke fractie kan ook vergast of verbrand worden. Op basis van de input van de vergister wordt jaarlijks 11.000 ton dikke fractie geproduceerd. De energetische waarde van deze dikke fractie is gelijk aan 4.700.000 m³ aardgas. De warmte kan geleverd worden aan Yara. Het fosfaatrijke as dat ontstaat is een interessant product voor Thermphos⁵.

Het mineralen concentraat van de co-vergister kan gebruikt worden als voedingsbron voor de productie van algen in open vijvers of reactoren. Ook de geproduceerde CO₂ en restwarmte door de co-vergister zijn bruikbaar bij de productie van algen. Een praktisch probleem van het gebruik van het mineralenconcentraat is de donkere kleur van het concentraat. Hierdoor is de lichtinstraling in de vijver te klein en wordt de algenproductie geremd. Om dit te voorkomen dient het mineralenconcentraat verder behandeld te worden. De kostprijs van algen liggen boven de 2.300 €/ton. Hierdoor zijn algen te duur voor energie productie of om als veevoer of voer voor schelpdieren te dienen. De algen business case zal momenteel alleen rendabel worden als de algen tegen een goede prijs in bijvoorbeeld de farmaceutische industrie afgezet kunnen worden.

Het concept dat in dit rapport in meer detail is uitgewerkt, is de combinatie tussen de co-vergister en de GFT vergister. Deze keuze is gemaakt, omdat van dit concept de technische en financiële haalbaarheid het groots werd geacht. Uit de beknopte berekening blijkt dat GFT-vergisting in combinatie met de SDE subsidie financieel haalbaar is. Dit blijkt ook uit de GFT vergisters die reeds elders in Nederland zijn gebouwd. De combinatie van de GFT vergister en een co-vergister is interessant, omdat dan praktisch al het vergistbare materiaal in Zeeland vergist kan worden. De GFT vergister is verder interessant voor de co-vergister aangezien de co-vergister gebruik kan maken van de energieafzetkanalen van de GFT vergister. Dit, indien blijkt dat de co-vergister meer biogas kan produceren, dan dat in de bestaande WKK-installatie kan worden omgezet naar elektriciteit en warmte. Tevens kan de co-vergister

⁵ Thermphos is helaas kort na de formulering van deze conclusies failliet gegaan

restwarmte leveren aan de GFT vergister. Het meest interessante energieafzetkanaal voor de GFT vergister is het leveren van warmte aan Yara. Doordat de voor deze optie benodigde investeringen laag zijn, is ook de benodigde subsidie voor een rendabele business case laag. Hierdoor is de kans op een positieve SDE beschikking relatief groot. Een andere optie die geen subsidie behoeft is de productie van bio-LNG (een transportbrandstof). Echter voornamelijk door de onzekerheden met betrekking tot de waarde van de bio-tickets heeft de warmte leveringsoptie de voorkeur.

Er kan geconcludeerd worden er op de locatie van Sluiskil voldoende kansen zijn voor verdere integratie en nieuwe productieprocessen voor bio-energie.

4.5 Verdere verwaarding van reststromen

Relevante reststromen van de aanwezige bioenergieprocessen zijn glycerine (van biodieselproductie) en digestaat (van de biogas vergister). Glycerine heeft een hoge biogaspotentie en kan daarom in de vergister worden verwaard. Anderzijds kan het – vanwege de hoge waarde en energiedichtheid per volume-eenheid – ook tegen relatief geringe kosten elders worden afgezet. Digestaat wordt gedroogd met behulp van de ruime hoeveelheid restwarmte van de vergister tot een exportwaardige meststof. Huisman (2012b):

Huisman, 2012b:

Van deze gedroogde dikke fractie kunnen ook mestkorrels/pellets gemaakt worden. Deze korrels kunnen verbrand/vergast worden. Afhankelijk van het gekozen systeem resulteert dit in syngas of in warmte en een fosfaatrijk as. Het syngas of de warmte kan geleverd worden aan Yara. Het fosfaatrijke as kan geleverd worden aan Thermphos als grondstof voor het productieproces⁶. Ook is het vergassen van de dikke fractie ter plekke bij Thermphos een optie. De warmte kan dan in het proces van Thermphos gebruikt worden. Op basis van de input van de vergister zal de co-vergister ongeveer 11.000 ton aan mestkorrels per jaar produceren met een droge stof gehalte van rond de 80%. (Er van uitgaande dat alle droge fractie ingedroogd wordt). De verbrandingswaarde van droge stof is ongeveer 17 MJ/kg. Dit betekent dat de mestkorrels 149.600.000 MJ aan warmte opleveren of syngas opleveren. Dit komt overeen met ongeveer 4.700.000 kuub aardgas.

4.6 Concluderende opmerkingen

Van de genoemde opties is het combineren van een GFT vergister op de locatie het meest relevant omdat (a) het de meeste aanknopingspunten voor warmte-integratie biedt, en (b) praktische haalbaarheid het meest realistisch is. Deze optie wordt in het volgende hoofdstuk verder uitgewerkt.

⁶ *Helaas recent failliet gegaan. Deze afzet zou dus elders moeten plaatsvinden*

5 ECP concept: integratie van GFT vergisting en compostering

Dit hoofdstuk beschrijft de haalbaarheid van een GFT vergister op het ECP Sluiskil⁷.

Het uitgewerkte ECP-concept gaat uit van GFT-vergisting, in aanvulling op de bestaande installaties. De combinatie van een GFT-vergister en een co-vergister biedt mogelijkheden, ook om de relatie met regionale biomassa te vesteren. De GFT-vergister is verder interessant voor de co-vergister aangezien de co-vergister gebruik kan maken van de energieafzetkanalen van de GFT-vergister. Tevens kan de co-vergister relatief laagwaardige restwarmte leveren aan de GFT-vergister, zodat de meer hoogwaardige restwarmte (of eventueel biogas) ingezet kan worden voor hoogwaardige warmtebehoefte van de kunstmestfabriek (Yara).

5.1 Technische uitwerking van het ontwerp

Biomassa input

Uit de biomassascan (Huisman, 2012a) blijkt dat in Vlissingen momenteel 42.000 tot 43.000 ton GFT wordt gecomposteerd van huishoudens en ca. 8.000 ton van bedrijven. De vergister met een verwerkingscapaciteit van een 50.000 ton GFT is dus realistisch.

De vergistbare afvalstromen uit de biomassascan zoals het VGI-afval, bietenloof, reststromen uit de glastuinbouw, bermgras en natuurgras mogen zowel in de co-vergister als de GFT vergister gebruikt worden. In principe levert vergisten in de co-vergister meer op, omdat het subsidiebedrag groter is voor co-vergisters dan voor alles-vergisters waar de GFT vergister onder valt. Bij het bepalen van de vergister capaciteit van de GFT-vergister is daarom geen rekening gehouden met deze stromen. Voor het berm- en natuurgras kan de GFT-vergister eventueel uitgebreid worden met een container, naar het voorbeeld van Twence zoals hieronder beschreven. Deze optie is niet meegenomen in de inschatting van de benodigde investering.

Vergelijkbare projecten

In Nederland zijn reeds meerdere GFT-vergisters gebouwd van verschillende omvang en met verschillende type vergisters:

- Twence:

De vergister van Twence in Hengelo (Ov) heeft een capaciteit van 50.000 ton GFT en andere organisch materiaal per jaar. De installatie produceert tussen de 100 en 150 Nm³ biogas per ton organisch afval wat neerkomt op ongeveer 6,8 miljoen m³ biogas per jaar. Dit biogas wordt in een WKK installatie omgezet naar 15.000 MWh elektriciteit en 12.000 MWh warmte. Het digestaat wordt in de eigen compostering verwerkt tot compost. Twence is momenteel bezig om de GFT vergister uit te breiden met een pilot combi-vergister van Host. Deze combi-vergister bestaat uit een natte vergister gecombineerd met een containervergister. In de natte vergister worden organische afvalstromen zoals putvetten en flotatieslibben vergist. In de container wordt grovere

⁷ gebaseerd op bijdragen van Huismans (2012b) en Van Dael (Bijlage 3).

biomassa vergist met behulp van bacteriën uit de natte vergister. In de container wordt ook berm- en natuurgras vergist.

- VAR:

De VAR maakt gebruik van een Kompogas vergister. Het gaat daarbij om een continue propstroomvergister die thermofiel (50 tot 55 graden Celsius) wordt bedreven. Voordat het GFT-afval de vergister ingaat wordt het eerst verkleind en gezeefd en vervolgens geënt met rondgepompte vloeistof. De VAR vergist momenteel zo'n 70.000 ton GFT afval per jaar, wat ongeveer 7.300.000 m³ biogas oplevert. Dit biogas wordt door middel van een WKK-installatie omgezet in 15.000.000 kWh elektriciteit. De vergister heeft in totaal € 9.500.000,- gekost inclusief 2 WKK's met een vermogen van 2 MWe.

- Attero:

Op de locatie van Attero in Venlo vindt sinds 2010 GFT vergisting plaats met behulp van een container cq tunnel vergister van 30 meter lang, 5 meter breed en 5 meter hoog. Het percolaat uit de tunnel wordt in een separaat opgestelde percolaatwatervergister omgezet in biogas. Er wordt voldoende biogas geproduceerd om jaarlijks 6.500.000 kWh elektriciteit te kunnen opwerken. Het digestaat wordt gecomposteerd in een na-composteringstunnel.

- ROVA:

In Zwolle vergisten ROVA in samenwerking met HVC 45.000 ton GFT afval per jaar. Het biogas wordt opgewaardeerd en bijgemengd in het hoge druk aardgasnet. De installatie produceert jaarlijks 2,77 miljoen kuub aardgas. De totale installatie van de Rova heeft circa € 15.000.000,- gekost. Dit is inclusief opwaarderen naar en invoeden van groen gas in het aardgas netwerk.

5.2 Uitwerking van het concept

Biogas productie

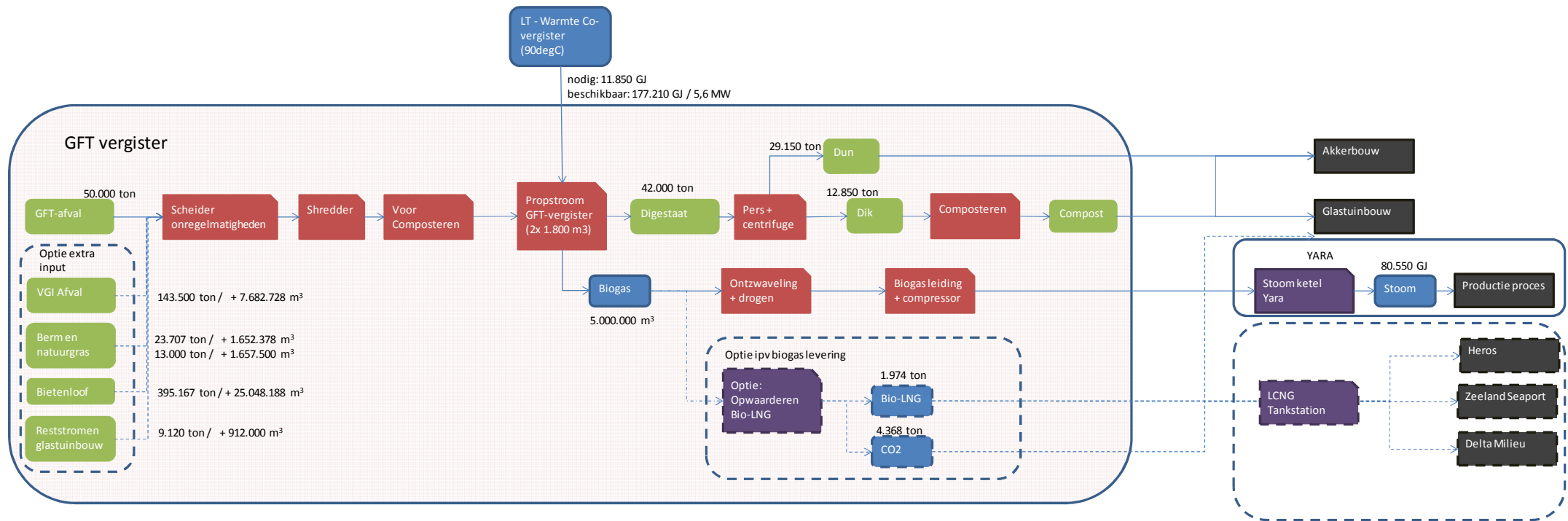
De capaciteit van 50.000 ton komt overeen met de capaciteit van de GFT vergister van Twence. Twence haalt hier jaarlijks 6,8 miljoen m³ biogas uit wat neer komt op 136 m³ per ton GFT. De VAR haalt met 70.000 ton GFT een biogas productie van 7.300.000 m³ wat neerkomt op 104 m³ per ton GFT. De biogas productie is afhankelijk van de kwaliteit van de samenstelling van het GFT en de gekozen vergistertechniek. Voor deze grove benadering is gerekend met een biogas productie van 100 m³ per ton GFT met een methaangehalte van 50%.

Energie afzet

In Figuur 4 is een schematisch overzicht gegeven van een mogelijke GFT-vergister indien 50.000 ton GFT op jaarbasis wordt vergist. De meest goedkope vorm van energie-afzet met de laagste risico's is warmtelevering aan Yara. Om deze reden er voor gekozen deze optie verder uit te werken.

Een andere optie die is weergegeven in Figuur 4 is de productie van Bio-LNG. Indien al het biogas wordt omgezet in bio-LNG kan 1.974 ton per jaar geproduceerd worden. Een vrachtwagen rijdt op diesel gemiddeld 1 op 3. Uit de praktijk blijkt dat 1 liter diesel overeen komt met 1 kg LNG. Dit betekent dat met de geproduceerde hoeveelheid bioLNG 5.922.000 km

gereden kan worden. Dit is bijna 150 keer de aarde rond. De productie van Bio-LNG is nog relatief duur. Een leuke optie is om op dit eventueel op kleine schaal te doen naast de warmte levering en de vrachtwagens van de bedrijven op het bedrijventerrein er op te laten rijden. Het hoofddoel moet dan wel promotie zijn, omdat 100% warmte levering een hoger financieel rendement heeft.



Figuur 4. Schematisch overzicht GFT vergister

5.3 Globale benadering economische haalbaarheid

Hieronder wordt een globale schatting van de economische haalbaarheid weergegeven. Een uitgebreidere analyse (grotendeels gebaseerd op data uit andere ECP cases) is gegeven in Bijlage 3.

Inkomsten uit biogas levering aan Yara

Het vergisten van 50.000 ton GFT levert 5.000.000 m³ biogas met een methaan gehalte van 50%. Dit betekent een energie-inhoud van het biogas van 89.500 GJ. Binnen de SDE regeling wordt alleen subsidie gegeven op elektriciteit en warmte. Het biogas zal dus moeten worden verbrand voor het creëren van warmte in de vorm van stoom. Voor het omzetten van het biogas naar stoom kan gebruik gemaakt worden van de bestaande stoomketels van Yara. Uitgaande van een thermisch rendement van de stoomketel van 90% levert de GFT-vergister in totaal 80.550 GJ aan warmte. Indien de GFT-vergister samen met de co-vergister aan Yara biogas levert wordt dit door AgentschapNL als een biogashub beschouwd. Een GFT-vergister die middels een hub levert krijgt een basisbedrag van 14,9 €/GJ. De baten uit de verkoop van warmte bedragen dan jaarlijks € 1.200.195.

Inkomsten gate fee GFT / afzet compost

Een GFT verwerker krijgt in de regel geld voor de aanname van GFT, de zogenaamde gate-fee. Tevens zal de afzet van compost nog zorgen voor een inkomsten bron. In het rapport “Routes voor GFT” geeft Jan Paul van Soest (2009) aan dat het moeilijk is om te achterhalen wat betaald wordt door gemeente voor het aanbieden van GFT. De verwerkingskosten via compostering liggen rond de 60 €/ton en het inzamelen kost 95 €/ton. Toch zijn er recente aanbestedingen van 35 €/ton voor de verwerking van GFT. De compost levert tussen de 2,50 tot 4,50 €/ton op. De inkomsten voor leveren van compost zijn daarmee te verwaarlozen ten opzicht van de gate-fee en opbrengsten voor het biogas.

In deze grove benadering van de economische haalbaarheid wordt de vergister beschouwd als uitbreiding van bestaande compostering. Er wordt vanuit gegaan dat de gate-fee en verkoop van compost de kosten van GFT inname en compostering dekken. De meer-investering in de vergister en de biogasleiding zal zich dus alleen moeten terugverdienen met de verkoop van warmte (biogas). Bij de geschatte benodigde investeringen worden daarom geen investeringen meegenomen die reeds voor GFT-compostering noodzakelijk zijn.

Investeringsraming

In onderstaande tabel is een grove inschatting van de benodigde investering weergegeven.

Onderdeel	€
Vergister + voorcompostering	6.000.000
Gasreiniging en gasdroging	172.000
Biogas leiding vergister naar Yara	60.000

Aanpassen branders Yara (schatting)	100.000
Pers en decanter	500.000
Loods GFT installatie + civiel	Verwerkt in gate fee GFT (3.686.000)
Scheider en shredder GFT	Verwerkt in gate fee GFT
Composteer installatie	Verwerkt in gate fee GFT (1.250.000)
Shovel	Verwerkt in gate fee GFT (250.000)

Uitgaande van een propstroom-vergister zoals deze bij de VAR staat zijn de investeringskosten voor de vergister in combinatie met voorcompostering ongeveer € 6.000.000,-.

De investeringskosten voor gasreiniging en gasdroging welke nodig zijn om het biogas via een biogasleiding te kunnen transporteren zijn door ECN in het conceptadvies SDE 2013 geraamd op 275 €/Nm³/uur. De boogde installatie produceert 5.000.000 m³ per jaar. Dit is 625 m³/uur bij 8.000 vollast uren. De totale investering in gasreiniging komt hiermee op € 172.000,-

Indien de GFT vergister in de buurt van de co-vergister gebouwd kan worden is slechts 500 meter aan biogasleiding nodig naar Yara. De investering in deze leiding zal ongeveer € 60.000,- bedragen. Het biogas kan meegestookt worden in bestaande installaties van Yara. Om deze geschikt te maken voor meestook van biogas is een stelpost van € 100.000,- meegenomen.

Grondgebruik

Het grond verbruik voor alleen de vergister is relatief klein. Indien de vergisters liggend worden gepositioneerd zoals dat bij de ROVA is gedaan nemen zij ongeveer 1.000 m² in. De kosten voor gebruik van grond voor de uitbreiding met vergisting zijn dus verwaarloosbaar. Voor de totale installatie inclusief ontvangstruimte, voorbereiden en composteren is al snel een oppervlakte en dus gebouw nodig van 10.000 m².

Operationele en onderhoudskosten

	€
Gebruik elektriciteit (0,10€ /kWh)	86.000
Onderhoudskosten	300.000
Totaal	386.000

Terugverdientijd

De jaarlijkse winst voor afschrijving is daarmee € 814.195,-. Bij een totaal investering van € 6.832.000,- betekent dit een simpele terugverdientijd van iets meer dan 8 jaar. Dit is voor vergisters redelijk te noemen. Op basis van deze grove berekening kan geconcludeerd worden dat GFT vergisting in combinatie met de SDE subsidie aantrekkelijk is. Doordat warmte-levering via alles-vergisting reeds in fase 1 van de SDE regeling aan bod komt zijn de kansen op een positieve beschikking groot.

5.4 Duurzaamheid: effecten broeikasgassen

In Bijlage 4 wordt een analyse naar broeikasgasemissies gepresenteerd. Belangrijkste conclusies van die analyse:

- Jaarlijks wordt met de netto energieopbrengst ca 6,3 miljoen m³ aardgas vervangen. Essentieel is het gebruik van de warmte uit de bestaande co-vergistingsinstallatie.
- Het veronderstelde gebruik van elektriciteit van fossiele oorsprong is de belangrijkste emissiebron voor broeikasgassen. De productie van biogas met het ECP resulteert daardoor in een matig emissiereductiepotentieel t.o.v. de huidige referentiesituatie, m.n. 64%.
- De belangrijkste meerwaarde van het vergisten van GFT tot biogas t.o.v. het alleen composteren van GFT is de besparing van het winnen/gebruik van fossiele brandstoffen door de biogasproductie.
- Het doorgerekende ontwerp levert een besparing van ongeveer 8.300 ton CO_{2eq.} per jaar t.o.v. de huidige referentiesituatie.
- Vergisting heeft amper effect op de hoeveelheid compost die wordt gegenereerd, wat dus leidt tot gelijkaardige opslag van stabiele koolstof in de bodem en vervanging van compost veen of kunstmeststof.

5.5 Sociaal maatschappelijke en juridische aspecten

Het gescheiden inzamelen en composteren van GFT is maatschappelijk geaccepteerd. Door het GFT eerst te vergisten alvorens het te composteren worden methaan en koolstofdioxide emissies vermeden en wordt duurzame energie opgewekt. In het rapport “milieuanalyse vergisten GFT-afval” van Van Ewijk (2008) wordt een genormaliseerde CO₂ reductie van 51 kg CO₂-equivalenten voor compostering gegeven. Voor batch en continue GFT vergisten is dit respectievelijk 141 en 189 kg CO₂-equivalenten in het geval elektriciteit wordt geproduceerd met een WKK installatie. Het continue proces heeft een hogere reductie, omdat de biogasproductie hoger is. Bij volledige warmte benutting wordt door continue vergisting een reductie van 223 kg CO₂ equivalenten gehaald. Bij warmte levering aan Yara zoals hier voorgesteld zal een vergelijkbare reductie gehaald worden aangezien de totaal rendementen van een WKK en stoomketel vergelijkbaar zijn.

Aangezien een grote CO₂ reductie gehaald kan worden ten opzichte van compostering en omdat relatief weinig subsidie nodig is, is het produceren van warmte via GFT vergisting maatschappelijk verantwoord.

Volgens de VNG lijst bedrijven en milieuzonering valt een GFT vergister in milieucategorie 3.2. Dit is dezelfde categorie waar ook de co-vergister onder valt. Met betrekking tot de milieubelasting kan de vestiging van een GFT vergister op het bedrijventerrein dus weinig

problemen opleveren. Wel zal de totale verwerking waarschijnlijk in een hal moeten plaatsvinden om geuroverlast te voorkomen.

5.6 Praktische haalbaarheid

Hoewel uit de berekeningen blijkt dat het GFT vergisting in combinatie met compostering op het ECP haalbaar is, zijn er andere factoren die de eventuele ontwikkeling op het ECP mede beïnvloeden. Een belangrijke factor is GFT verwerking elders. Bovenstaande analyse gaat immers uit van volledige beschikbaarheid van de regionale GFT, maar het aanbod in de regio is beperkt en wordt momenteel verwerkt in de bestaande vergister in Vlissingen Oost. Ook daar zijn mogelijkheden om restwarmte elders af te zetten (tot voor kort bijvoorbeeld bij Thermphos). Een groot voordeel van deze locatie in Vlissingen Oost is dat de bestaande voorberekingsinstallatie en composteerstraat gebruikt kan worden, zodat de benodigde investering kleiner zal uitvallen. Tevens heeft de locatie reeds vergunningen voor het verwerken van GFT, en is het GFT transport in Zeeland ingericht op deze locatie. De mogelijke synergie voordelen met de co-vergister, zoals het gezamenlijk leveren van biogas aan Yara vervallen dan wel.

6 Concluderende opmerkingen

Het ontwikkelingsproces van het ECP Sluiskil is tot dusver een typisch stapsgewijs proces. Verschillende ontwikkelde processen sluiten aan op bestaande voorzieningen. Onderlinge interactie/synergie tussen de nieuwe processen is beperkt.

In het ECP project nieuw ontwikkelde ideeën (waarbij primair gezocht is naar combinaties waarin synergie mogelijk is) bieden meer mogelijkheden voor synergie met de momenteel aanwezige processen.

Warmte-integratie is de meest voor de hand liggende vorm van synergie: benut laagwaardige restwarmte om laagwaardige warmtevraag in te vullen, zodat hoogwaardige warmte (of andere hoogwaardige energiedragers) voor hoogwaardige toepassingen gereserveerd kunnen worden (als alternatief voor fossiele energievormen). Als voorbeeld is een concept uitgewerkt met GFT vergisting in combinatie met een composteringsinstallatie op het ECP, waarbij restwarmte wordt uitgewisseld met de bestaande vergistingsinstallatie en biogas elders kan worden afgezet (ter vervanging van aardgas bij de naburige kunstmestfabriek of eventueel af te zetten als groen gas op het aardgasnet).

Hoewel een dergelijke ontwikkeling financieel haalbaar is, hangt de praktische haalbaarheid van dit concept sterk af van status en eventuele ontwikkelingen van de bestaande GFT installatie (in Vlissingen). Ook daar zijn warmte-integraties denkbaar.

De relatie met (leveranciers van) regionale biomassa kan worden vergroot door voorbehandeling van biomassa (ter verhoging van biogaspotentie die voor reststromen in de regel flink lager ligt dan energierijke gewassen).

De bestaande fiscale stimulering van bioenergie maakt kosten van biomassa ondergeschikt aan bioenergie productie; daarom is dit principe nu niet concurrerend. Aangetoond is dat na afloop van de SDE subsidie deze optie wel veel aantrekkelijker wordt.

7 Literatuur

Huisman, G.H. (2012a): *Biomassa beschikbaarheid ten behoeve van ECP Sluiskil*, Hogeschool Zeeland University of Applied Sciences, rapport.

Huisman, G.H. (2012b): *Technische opties en ontwerp ECP Sluiskil*, Hogeschool Zeeland University of Applied Sciences, rapport.

Van Ewijk (2008): Milieuanalyse vergisten GFT-afval, IVAM, Amsterdam, NL.

Van Soest, J.P. (2009): Routes voor GFT, Verkenning van plussen en minnen, JpVS Advies, Klarenbeek, NL.

Van Waes, M.J.F. & M. Huurdeman (2009): Biopark Terneuzen. Building smart links into the sustainability chain (Project VC-029 Agribusiness Cluster Terneuzen), Van de Bunt, rapport.

Bijlage 1. Leden van participanten-groep Biopark Terneuzen

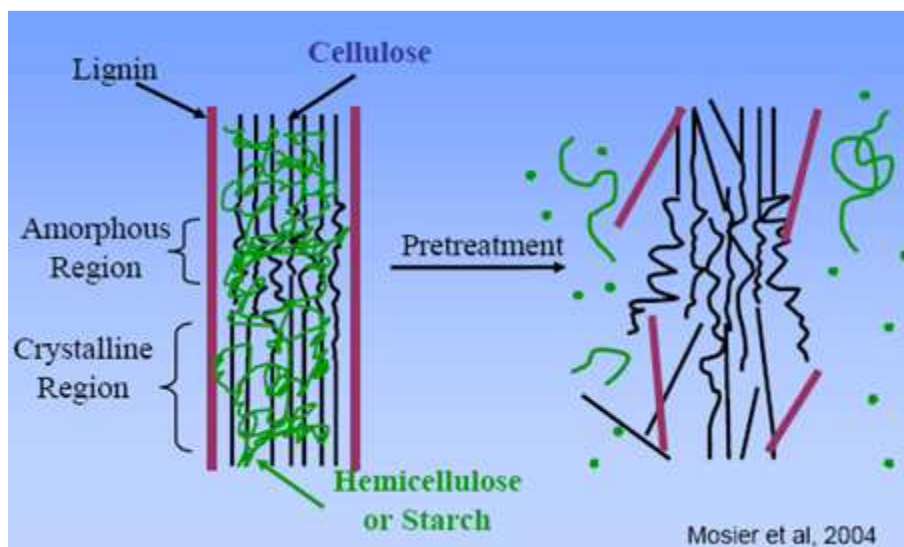
- Biopark Terneuzen
- BER / Holland Innovation
- Cargill
- DELTA NV
- Dow
- DSD
- Econcern / Evelop
- Economische Impuls Zeeland
- Express Energy / Bio2E
- Gemeente Terneuzen
- Ghent Bio Energy Valley
- Goes on Green
- HZ University of Applied Science
- Heros Sluiskil
- ICL-IP
- Lijnco Green Energy / Schücking
- Nedalco
- Provincie Zeeland
- ROC Westerschelde
- Sagro
- Valuepark Terneuzen
- Wageningen UR
- WarmCO2
- Yara
- Zeeland Seaports

Bijlage 2. Analyse haalbaarheid vergisting zonder subsidie met behulp van voorbehandeling

door Koen Meesters, Jan Broeze en Bert Annevelink

Procesbeschrijving

Biomassa bevat gemakkelijk verteerbare delen (zetmeel, eiwit, vet) en moeilijk verteerbare delen (stengels, bladeren, mest). Bij de moeilijk verteerbare delen hebben de enzymen onvoldoende toegang doordat de suikerpolymeren zijn ingesloten door het lignocellulosecomplex. Door basische behandeling bij hoge temperatuur kunnen de suikerpolymeren vrijgemaakt worden uit het lignocellulosecomplex. Na de behandeling kan de afbraak veel beter verlopen. Hierdoor kan sneller en meer biogas worden gemaakt.



Door de hoge temperatuur en pH zal ammoniak vrijkomen in de gasfase. De ammoniak wordt met een zure vloeistof (zwavelzuur) opgevangen. Het gevormde di-ammoniumsulfaat kan worden gebruikt als kunstmestvervanger (glastuinbouw) of als grondstof voor meststoffen (kunstmestfabriek Yara).

Geschikte grondstoffen beschikbaar bij Sluiskil zijn:

- varkensmest
- digestaat
- plantenresten uit kassen
- plantenresten uit landbouw (bietenblad)

Kosten

- extra kapitaal
- calciumhydroxide

Baten

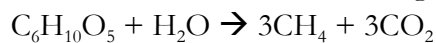
- goedkopere grondstoffen
- extra biogas
- vermindering remming door ammoniak

- grotere doorzet bij gelijkblijvend reactorvolume
- N-meststof

Uitgangspunten model

Biomassa bestaat uit snel vergistbare componenten (suikers, zetmeel, vet, eiwit), langzaam vergistbare componenten (cellulose en andere suikerpolymeren in complex met lignine) en niet vergistbare componenten (as en lignine). Voor de afbreekbare componenten wordt afbraak met zogenaamde 1^e orde kinetiek verondersteld (de snelheid van afbraak is evenredig met de concentratie). Snel afbreekbare materialen hebben een korte tijdsconstante en langzaam afbreekbare materialen hebben een lange tijdsconstante.

De afbraak van biomassa tot biogas verloopt grofweg volgens de volgende reactievergelijking:



Er wordt water geconsumeerd om de suikerpolymeren (in bovenstaande reactievergelijking schematisch weergegeven als $C_6H_{10}O_5$) te hydrolyseren.

Het ByoSense proces zet langzaam afbreekbare componenten om in snel afbreekbare componenten.

Berekening huidige situatie (dat is: met SDE)

De installatie van Lijnco wordt op dit moment gevoed met een mengsel van voederbrok, glycerol, en dierlijke mest. Op basis van dit recept is een schatting voor de goed en slecht afbreekbare componenten in deze voeding gemaakt (zie **Tabel 1** en **Tabel 2**). De toevoer zoals gegeven door Lijnco is vermenigvuldigd met een factor 1.95 om te komen tot een verblijftijd die meer gebruikelijk is bij industriële vergisters.

Tabel 1. Invoer reactor huidige situatie

	Lijnco	1.95	DS	DS	NS
	ton/dag	ton/dag	%	ton/dag	ton/dag
Mest	60	117.00	4%	4.68	112.32
Mais	45	87.75	63%	55.28	32.47
Brok	19	37.05	80%	29.64	7.41
Glycerine	63	122.85	90%	110.57	12.29
		364.65	55%	200.17	164.48

Tabel 2. Makkelijk, moeilijk en niet afbreekbare componenten

	makkelijk	moeilijk	niet	DS
	ton/dag	ton/dag	ton/dag	ton/dag
Mest		4.21	0.47	4.68
Mais	33.17	16.58	5.53	55.28
Brok	26.68	2.37	0.59	29.64
Glycerine	110.57			110.57
	170.41	23.17	6.59	200.17

Op basis van het drogestofgehalte in de vergister en de navergister en de doorzet, kon een schatting gemaakt worden van de tijdsconstanten voor goed en slecht vergistbaar materiaal (0.5 resp. 100 dagen). De massabalans voor het proces zonder ByoSense is weergegeven in **Tabel 3** en voor het proces met ByoSense in **Tabel 4**.

Tabel 3. Huidige situatie

	Vergister 1			ByoSense		Vergister 2				
tau		74.04					38.93			
rec					0%			0%		
ByoSense					0%					
	In	%deg	Uit	In	Uit	In	%deg	Uit	Uit (liq)	Uit (gas)
Makkelijk	170.41	99%	1.14	1.14	1.14	1.14	99%	0.01	0.01	
Moeilijk	23.17	45%	12.71	12.71	12.71	12.71	30%	8.87	8.87	
Niet	6.59	0%	6.59	6.59	6.59	6.59	0%	6.59	6.59	
Water	164.48		146.51	146.51	146.51	146.51		146.01	146.01	
Gas			197.70					5.46		203.16
Tot	364.65		364.65	166.95	166.95	166.95		166.95	161.49	203.16
DS	55%		12%	12%	12%	12%		10%	10%	

Tabel 4. Huidige situatie met ByoSense

	Vergister 1			ByoSense		Vergister 2				
tau		74.44					38.94			
rec					0%			0%		
ByoSense					80%					
	In	%deg	Uit	In	Uit	In	%deg	Uit	Uit (liq)	Uit (gas)
Makkelijk	170.41	99%	1.14	1.14	11.28	11.28	99%	0.14	0.14	
Moeilijk	23.17	45%	12.68	12.68	2.54	2.54	30%	1.77	1.77	
Niet	6.59	0%	6.59	6.59	6.59	6.59	0%	6.59	6.59	
Water	164.48		146.51	146.51	146.51	146.51		145.32	145.32	
Gas			197.74					13.09		210.83
Tot	362.70		364.65		166.91	166.91		166.91	153.82	210.83
DS	55%		12%		12%	12%		6%	6%	

Omdat de toegepaste voeding zeer goed vergistbaar is, draag het ByoSense proces nauwelijks bij aan extra vergisting. Door recycling van digestaat (zonder ByoSense) kan een veel grotere verhoging van de gasproductie bereikt worden bij gelijkblijvende droge stofgehalten die vergelijkbaar zijn met de huidige situatie (**Tabel 5**).

Tabel 5. Huidige situatie met 50% digestaatrecycle

	Vergister 1			ByoSense		Vergister 2			Tot		
tau		24.44					38.40				
rec					0%			50%			
ByoSense					0%						
	In	%deg	Uit	In	Uit	In	%deg	Uit	Uit (liq)	Uit (gas)	recycle
357.86	Makkelijk	357.91	98%	7.18	7.18	7.18	99%	0.09	0.05		0.05
48.65	Moeilijk	67.17	21%	52.82	52.82	52.82	30%	37.03	18.51		18.51
13.84	Niet	27.67	0%	27.67	27.67	27.67	0%	27.67	13.84		13.84
345.41	Water	652.03		615.52	615.52	615.52		613.24	306.62		306.62
	Gas			401.58				25.17		426.75	
765.77	Tot	1104.78		1104.78	703.19	703.19		703.19	339.01	426.75	339.01
55%	DS	41%		12%	12%	12%		10%	10%		10%

Conclusie

- Er wordt nu zeer veel snel vergistbaar materiaal vergist
- De potentiële winst met het ByoSense proces is daardoor klein
- Er kan meer bereikt worden door recycling van digestaat

Waar vergisters meestal moeten worden opgewarmd, moet deze vergister soms worden gekoeld. De warmtetoevoer voor het ByoSense proces is dus ook niet welkom.

Berekening toekomstige situatie (dat is: zonder SDE)

De overheid is zich sterk aan het beraden over vergisters die veevoedergrondstoffen gebruiken voor productie van biogas. Het gebruik van veevoedergrondstoffen zal onherroepelijk leiden tot Indirect Land Use Change: elders in de wereld wordt land in gebruik genomen om extra veevoeder te produceren. Dit zal meestal leiden tot een verhoogde uitstoot van bodem koolstof. Deze uitstoot kan zeer hoog zijn en tientallen jaren het effect van de duurzame energie teniet doen.

Als de huidige SDE beschikking van Lijnco afloopt, zal het zeer waarschijnlijk niet meer toegestaan zijn om veevoerders te gebruiken voor vergisting. De vraag is dus of er ook een andere business case geformuleerd kan worden uitgaande van de huidige situatie. Een nieuwe business case zou zich kunnen richten op gebruik van moeilijk verteerbaar materiaal (maïsstengels, mest, natuurgras, kaf). Tussentijds wordt het materiaal behandeld met het ByoSense proces. De gasopbrengst zal sterk dalen, waardoor de inkomsten uit elektriciteit en SDE sterk zullen dalen. Echter de grondstoffen hebben veelal een negatieve prijs en zorgen dus voor aanvullende inkomsten.

Voor een mix met een veel hoger slecht verteerbare stofgehalte (Tabel 6 en Tabel 7) is een berekening gemaakt voor de biogasproductie met en zonder ByoSense (Tabel 8 en Tabel 9).

Tabel 6. Invoer toekomstige situatie

		DS	DS	NS
	ton/dag	%	ton/dag	ton/dag
Mest	180.00	4%	7.20	172.80
Maisstengels	90.00	45%	40.50	49.50
Natuurgras	90.00	60%	54.00	36.00
	360.00	28%	101.70	258.30

Tabel 7. Makkelijk, moeilijk en niet afbreekbare componenten

	makkelijk	moeilijk	niet	DS
	ton/dag	ton/dag	ton/dag	ton/dag
Mest		6.48	0.72	
Maisstengels	4.05	26.33	10.13	
Natuurgras	2.70	37.80	13.50	
	6.75	70.61	24.35	101.70

Tabel 8. Toekomstige situatie (met slecht vergistbare substraten)

	Vergister 1			Byosense		Vergister 2			Tot	
tau		83.41					20.60			
rec					0%				0%	
ByoSense					0%					
	In	%deg	Uit	In	Uit	In	%deg	Uit	Uit (liq)	Uit (gas)
Makkelijk	6.75	100%	0.01	0.01	0.01	0.01	79%	0.00	0.00	
Moeilijk	70.60	47%	37.22	37.22	37.22	37.22	15%	31.78	31.78	
Niet	24.30	0%	24.30	24.30	24.30	24.30	0%	24.30	24.30	
Water	258.00		253.99	253.99	253.99	253.99		253.44	253.44	
Gas	0.00		44.13					6.00		50.13
Tot	359.65		359.65	315.52	315.52	315.52		315.52	309.52	50.13
DS	28%		20%	20%	20%	20%		18%	18%	

Tabel 9. Toekomstige situatie met ByoSense

	Vergister 1			Byosense		Vergister 2			Tot	
tau		83.41					20.60			
rec					0%				0%	
ByoSense					80%					
	In	%deg	Uit	In	Uit	In	%deg	Uit	Uit (liq)	Uit (gas)
Makkelijk	6.75	100%	0.01	0.01	29.79	29.79	79%	6.13	6.13	
Moeilijk	70.60	47%	37.22	37.22	7.44	7.44	15%	6.36	6.36	
Niet	24.30	0%	24.30	24.30	24.30	24.30	0%	24.30	24.30	
Water	258.00		253.99	253.99	253.99	253.99		251.51	251.51	
Gas			44.13					27.22		71.35
Tot	359.65		359.65	315.52	315.52	315.52		315.52	288.30	71.35
DS	28%		20%	20%	20%	20%		13%	13%	

Door recycling kan het droge stofgehalte in de reactoren nog worden verlaagd (Tabel 10).

Tabel 10. Toekomstige situatie met ByoSense en recycle

	Vergister 1			Byosense		Vergister 2			Tot		
tau		28.48					21.86				
rec					70%				0%		
ByoSense					80%						
In	In	%deg	Uit	In	Uit	In	%deg	Uit	Uit (liq)	Uit (gas)	recycle
6.75	Makkelijk	46.19	89%	5.19	5.19	56.34	16.90	81%	3.16	3.16	39.44
70.60	Moeilijk	79.55	20%	63.93	63.93	12.79	3.84	15%	3.24	3.24	8.95
24.30	Niet	81.00	0%	81.00	81.00	81.00	24.30	0%	24.30	24.30	56.70
258.00	Water	846.79		841.13	841.13	841.13	252.34		250.91	250.91	588.79
	Gas			62.27					15.77		78.04
359.65	Tot	1053.53		1053.53	991.25	991.25	297.38		297.38	281.61	78.04
28%	DS	20%		15%	15%	15%	15%		11%	11%	15%

Conclusies

- ByoSense proces draagt aanzienlijk bij aan gasproductie
- Vergister moet nu wel worden opgewarmd; warmte uit ByoSense is welkom

Financieel plaatje

Voor het financiële plaatje wordt uitgegaan van de huidige situatie. De investering blijft (op de ByoSense reactor na) gelijk. De verschillen zitten dus in de kosten en baten van inkoop van grondstoffen en afzet van producten. Deze getallen zijn samengevat in Tabel 11 en

Tabel 12.

Tabel 11. Kosten en baten grondstoffen en producten huidige situatie

Grondstoffen				Producten			
	ton/dag	Euro/ton	kEuro/jaar		GW.uur/jaar	k€/GW.uur	kEuro/jaar
Mest	228.15	-15	-1249	Elektriciteit	132	70	3368
Mais	171	40	2498	SDE	132	100	4812
Brok	72	70	1846		ton/dag	Euro/ton	
Glycerine	240	90	7869	Digestaat	161	-5	-807
	711		10965				7373

Tabel 12. Kosten en baten grondstoffen en producten toekomstige situatie

Grondstoffen				Producten			
	ton/dag	Euro/ton	kEuro/jaar		GW.uur/jaar	k€/GW.uur	kEuro/jaar
Mest	180	-15	-986	Elektriciteit	44	70	1124
Maisstengels	90	10	329	SDE	44	100	1606
Natuurgras	90	-10	-329		ton/dag	Euro/ton	
Ca(OH) ₂	7	40	105	Digestaat	279	-5	-1393
	367		-881				1337

De marge in de toekomstige situatie is groter dan in de huidige situatie. Zelfs een flinke investering voor het ByoSense proces kan snel worden terugverdiend.

Uitgangspunten

- Volume vergister 1: 27.000 m³
- Volume vergister 2: 6.500 m³
- Organische stofgehalte van eerste vergister is limiterend voor de installatie (i.v.m. roeren).

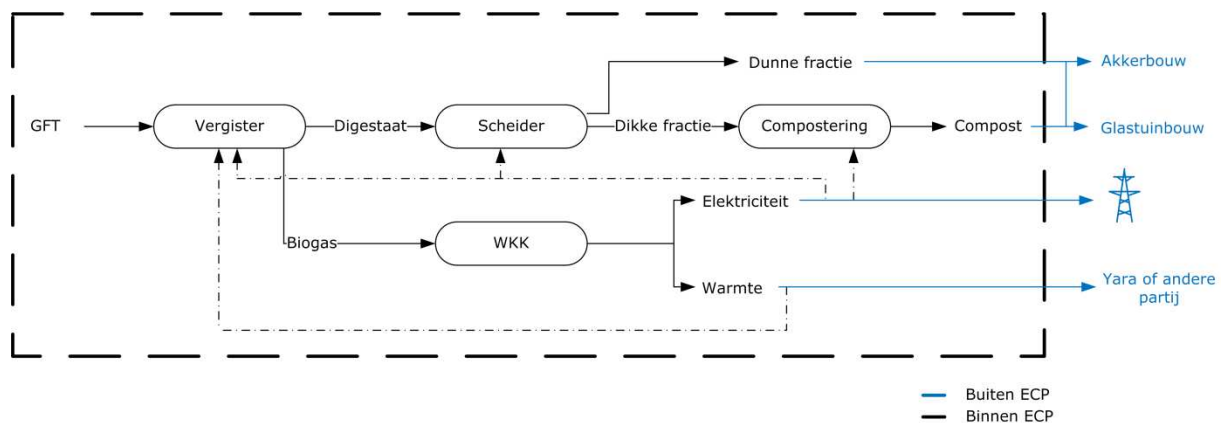
Conclusie

De huidige SDE regeling zet de ondernemer aan tot maximaliseren van energieproductie door de inzet van hoogwaardige grondstoffen. Bovenstaande berekeningen laten echter zien dat voor moeilijk ontsluitbare biomassastromen (zoals veel van de reststromen) een voorbehandelingsproces de (financiële) haalbaarheid van biogasproductie voor energie sterk verbeteren. Ook voor de BMC is een positieve uitkomst dan heel goed mogelijk.

Bijlage 3. Case Sluiskil Economische Analyse

Door Miet van Dael (Universiteit Hasselt, België)

In deze bijlage wordt de economische evaluatie van de case Sluiskil weergegeven. De inventarisatie en technische aspecten van de case worden in afzonderlijke documenten beschreven. In Sluiskil is reeds heel wat activiteit rond de biobased economie. Binnen het ECP project wordt getracht om hier zo optimaal mogelijk aan bij te dragen en een verdere koppeling tussen actieve bedrijven mogelijk te maken. Zoals beschreven in het technische rapport, is in Zeeland nog geen GFT-vergister aanwezig in het gebied. Om deze reden werd gekozen om het technische en economische potentieel van een GFT-vergister in het gebied na te gaan. In Figuur 1 wordt het gekozen basis ECP concept schematisch weergegeven. GFT wordt eerst vergist in een droge vergister. Daarna wordt het digestaat mechanisch gescheiden. De dunne fractie wordt afgevoerd naar de akkerbouw en de dikke fractie wordt verder gecomposteerd. Het compost kan eveneens afgezet worden in bijvoorbeeld de akkerbouw of naar de glastuinbouw. Het biogas dat resulteert uit de vergisting wordt omgezet in warmte en elektriciteit.



Figuur 1. Schematische voorstelling 'Basisschema' ECP Sluiskil

Er werden een aantal varianten opgesteld op dit basisschema. De varianten worden hieronder kort opgesomd en worden verderop in meer detail besproken.

- Scenario 1 – Basisschema
- Scenario 2 – Biogas weg
- Scenario 3 – Opschoning

Voor elk van de scenario's wordt het investeringsproject geëvalueerd over een periode van 15 jaar. Gezien deze korte periode worden geen herinvesteringen opgenomen in het model. Er wordt een gate fee voor Groente-, Fruit- en Tuinafval (GFT) verondersteld van 60 euro per ton. De netto huidige waarde (NHW), de interne rendementsvoet (IR) en de verdisconteerde terugverdientijd (VTVT) worden berekend. Hiervoor wordt rekening gehouden met een discontovoet van het eigen vermogen van 10,5%. In het model wordt verder rekening gehouden met een algemene inflatie van 2%.

Er wordt verondersteld dat 50% gefinancierd zal worden met een lening. De interestvoet van de lening bedraagt 5% in het model. De gewogen gemiddelde discontovoet bedraagt in deze analyse daardoor 6,9%.

Basisschema

Zoals hiervoor aangegeven (Figuur 1) wordt in het basisscenario het GFT eerst vergist in een droge vergister en wordt het digestaat daarna mechanisch gescheiden. De dunne fractie wordt afgevoerd naar de akkerbouw en de dikke fractie wordt verder gecomposteerd. Het compost wordt eveneens afgezet in de akkerbouw of de glastuinbouw. Het biogas wordt omgezet in warmte en elektriciteit met een gasmotor. De warmte zal deels gebruikt worden voor het verwarmen van de vergister, de resterende warmte kan afgezet worden bij een naastliggende partij. De elektriciteit wordt voor een deel gebruikt in de vergister, scheider en composteerinstallatie. De elektriciteit die over blijft, wordt op het net gezet.

Scenario 1 'Basisschema' – Met subsidies

Volgende investeringen worden in rekening gebracht in scenario 1 'Basisschema':

- Vergister (i.e. volume 3.947 m ³):	€ 6.602.907 ⁸
- Gasmotor (i.e. 2,11 MW _e):	€ 1.375.376 ⁹
- Gaszuivering:	€ 280.869 ³
- Scheider:	€ 46.500 ¹⁰
- Compostering (350 €/ton input) ^{11,12} :	€ 5.083.038
- Warmte-netwerk (1.000 €/m + 30.000 €/aansluiting) ¹³ :	€ 530.000
- Bouwkundige kosten (10% investering):	€ 1.263.679

De totale investeringskosten bedragen circa 15 miljoen euro.

Voor de investeringskost van de droge vergister werden een aantal offertes aangevraagd bij verschillende leveranciers (OWS, Kompogas en Schmack). Op basis van de verkregen offertes werd gekozen om een regressiefunctie op te stellen gebaseerd op de gegevens van OWS voor een DRANCO vergister². De resulterende regressiefunctie, uitgedrukt in euro per kubieke meter volume van de vergister, is de volgende:

$$I_0 \text{ vergister (€/m}^3\text{)} = 1.369.105 \text{ volume vergister (m}^3\text{)}^{-0,81}$$

De investeringskost van de gasmotor werd berekend op basis van de regressiefunctie verkregen via Cogen Vlaanderen (2007)³:

$$\text{Als de capaciteit (kWe)} > 900 = (-386,1 \text{ LN}(900) + 3.170,5) 1,2$$

$$\text{Anders} = (-386,1 \text{ LN}(\text{capaciteit (kWe)}) + 3.170,5) 1,2$$

Ook de kosten voor de gaszuivering werden berekend op basis van de regressiefunctie verkregen via Cogen Vlaanderen (2007)³:

$$\text{Als de capaciteit (kWe)} > 1.500 = (200.000/1.500 \text{ capaciteit (kWe)}) 1,1$$

$$\text{Anders} = 200.000/1.500 \text{ capaciteit (kWe)}$$

⁸ Offertes OWS (13 maart 2012).

⁹ Persoonlijke communicatie A. Stroobandt (2007). Cogen Vlaanderen.

¹⁰ VCM (2004). Mestverwerking op het landbouwbedrijf: mogelijkheden en kostprijs

¹¹ Rijckeboer J (2002). Composteren.

¹² Persoonlijke communicatie intercommunale afvalverwerkers België (2012).

¹³ Hoogsteen R, Braber KJ, Smit RW (2003). Haalbaarheid warmtenet regio Twente.

Voor de vijzelpers werd de investeringskost berekend met volgende formule⁴:

$$I_0 \text{ vijzelpers (€}/m^3/h) = 15.661 \text{ input (m}^3/h)^{-0.38}$$

In het model wordt verondersteld dat de warmte die over is na eigen gebruik, afgezet kan worden bij een derde partij. Hiervoor is het nodig een warmtenetwerk aan te leggen en een aansluiting te voorzien. De lengte van het warmtenetwerk bedraagt in het model 500 m (*i.e.* afstand tot Yara). De totale operationele kosten bedragen circa 1.460.000 euro. Een overzicht wordt gegeven in Tabel 1. De operationele en onderhoudskost van de gasmotor wordt berekend aan de hand van de formule verkregen via Cogen Vlaanderen (2007)³:

$$\text{O\&M kost gasmotor (€}/MWh) = (65,347 \text{ capaciteit (kWe)}^{-0.1544}) 0,9$$

Voor het berekenen van het aantal personeelsleden van de composteringsinstallatie, wordt gebruikt gemaakt van onderstaande formule.

$$\# \text{ personeelsleden compostering} = \text{input (ton/jaar)}^{0.8} 0,00094$$

Tabel 1. Scenario 1 'Basisschema' - Kosten

Installatie	Parameter	Eenheid	Waarde
Algemene kosten	<i>Personeel</i>	€/h	30 ¹⁴
	<i>Herstelling</i>	%I ₀	2 ¹⁵
	<i>Verzekering</i>	%I ₀	1
	<i>Elektriciteitsgebruik net</i>	€/MWh	139,4
Vergister	<i>Onderhoud</i>	%I ₀	1,6 ²
	<i>Analyse kost</i>	€/ton	1,67
Gasmotor	<i>Onderhoud</i>	€/MWh	Zie formule
	<i>Olie</i>	€/OH	0,28
Compostering	<i>Onderhoud</i>	€/ton	10 ^{6,7}
	<i>Operationele kost</i>	€/ton	9 ^{6,7}
	<i>Diesel</i>	€/l	0,941 ¹⁶
Scheider	<i>Onderhoud</i>	%I ₀	3
Warmtenetwerk	<i>Onderhoud</i>	%I ₀	3

De operationele opbrengsten bedragen per jaar ongeveer 5 M€. Indien er nog elektriciteit van de gasmotor over is, kan deze verkocht worden tegen een prijs van 50 euro per MWh¹⁷. Voor de elektriciteit die niet aangekocht moet worden op het net, wordt een vermeden kost van elektriciteit gerekend. Een extra operationele opbrengst komt van de verkoop van de warmte aan de derde partij. In het model wordt een prijs van 20 euro per MWh¹¹ verondersteld en wordt de assumptie gemaakt dat 50% van de restwarmte verkocht kan worden. Dit wordt zo verondersteld omdat niet alle geleverde warmte hoogwaardig genoeg is.

¹⁴ Belgian Federal Government (Brussels). Labour costs for the industry (NACE BF) per hour; 2008. Available <http://statbel.fgov.be/nl/statistieken/cijfers/arbeid_leven/lonen/activiteit/index.jsp>.

¹⁵ Caputo AC, Palumbo M, Pelagagge PM, Scacchia F. Economics of biomass energy utilization in combustion and gasification plants: effects of logistic variables. *Biomass Bioenergy* 2005;28:35–51.

¹⁶ Esso. Red diesel price; 2012. Available <<http://www.truckstopbelgie.be>>.

¹⁷ Voets T, Kuppens T, Cornelissen T, Thenys T. Economics of electricity and heat production by gasification or flash pyrolysis of short rotation coppice in Flanders (Belgium). *Biomass Bioenergy* 2011;35:1912-924.

Tabel 2. Scenario 1 'Basisschema' - Opbrengsten

Installatie	Parameter	Eenheid	Waarde
Algemene opbrengsten	<i>Vermeden elektriciteit</i>	€/MWh	139,4
Gate fee	<i>GFT</i>	€/ton	60 ^{18,19}
Scheider	<i>Dunne fractie</i>	€/ton	0
Compostering	<i>Compost</i>	€/ton	5 ⁶
Gasmotor	<i>SDE WKK</i>	€/GJ	19,444 ^{20,21}
	<i>SDE WKK</i>	€/GJ	11 ^{14,15}
	<i>SDE WKK</i>	jaar	12 ^{14,15}
	<i>SDE WKK</i>	uur	5.739 ^{14,15}
	<i>Verkoop elektriciteit</i>	€/MWh	50 ¹¹
	<i>Verkoop warmte</i>	€/MWh	20 ¹¹

Rekening houdend met bovenstaande investeringen, operationele kosten en operationele opbrengsten wordt een **NHW** bekomen van **€ 11.633.424**. De **IRR** bedraagt **27%** en de **investering kan worden terugverdiend op minder dan 4,5 jaar**.

Omdat subsidies vaak een onzekere factor zijn, wordt voor de verschillende scenario's telkens een extra analyse toegevoegd waarbij geen subsidies in rekening gebracht worden.

Scenario 1 'Basisschema' – Zonder subsidies

Wanneer geen subsidies ontvangen worden, bedraagt de **NHW** nog ongeveer **7,5 miljoen euro**. De **IRR** zakt tot **20%** en de **terugverdientijd** stijgt naar **6 jaar**. Het scenario is ook zonder subsidies nog economisch interessant.

De berekende economische evaluatiecriteria (NHW, IR en VTI) zijn vaak sterk afhankelijk van de achterliggende assumpties. Om na te gaan welke parameters de grootste invloed hebben, wordt eerst een sensitiviteitsanalyse uitgevoerd (enkel voor de impact op de NHW). Op basis van de resultaten zullen daarna enkele scenario's geëvalueerd worden.

Sensitiviteitsanalyse

Om na te gaan welke parameters de variabiliteit in de NHW het meest verklaren, worden alle parameters opgenomen in de analyse. De parameters worden zo ingesteld dat deze volgens een driehoeksverdeling met 10% kunnen afwijken in positieve en negatieve zin. We laten het programma 50.000 keer de NHW berekenen. De resultaten van de sensitiviteitsanalyse worden weergegeven in Tabel 3.

¹⁸ van Riet J. *Duurzame verwerking gemeentelijke biomassaströmen*. The Netherlands: Samenwerkingsverband Regio Eindhoven; 2011. 46.

¹⁹ Wille D. *Economische marktanalyse voor een duurzame verwerking van (deelstromen) van groen- en gft-afval met voorstel van beleidsaanbevelingen*. D/2009/5024/84. OVAM: Belgium; 2009. p. 128.

²⁰ Ministerie economische zaken, Landbouw en Innovatie. *Regeling van de Minister van Economische Zaken van 28 februari 2008, nr. WJZ 8024263, tot vaststelling van algemene uitvoeringsregels voor de subsidieverstreking op grond van het Besluit stimulering duurzame energieproductie (Algemene uitvoeringsregeling stimulering duurzame energieproductie)*. The Netherlands; 2012.

²¹ Agentschap NL. *Verwachte voorlopige correctiebedragen voor warmte en warmtekracht in de SDE 2012; 2012*. Available <<http://www.agentschapnl.nl/actueel/nieuws/verwachte-voorlopige-correctiebedragen-voor-warmte-en-warmtekracht-de-sde-2012>>.

Tabel 3. Scenario 1 'Basisschema' – sensitiviteitsanalyse met alle parameters

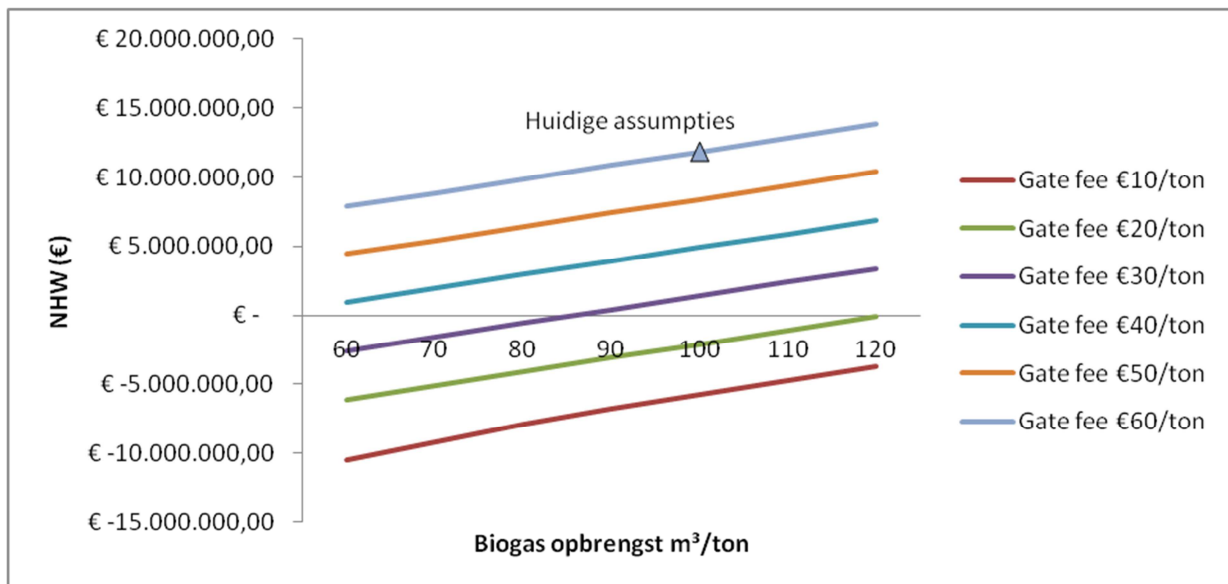
Parameter	Relatieve bijdrage variantie NHW (%)
Verkoopprijs dunne fractie	+31,5
Gate fee GFT	+29,6
Biogasopbrengst GFT	+9,2
Methaangehalte biogas SDE	+8,6
	+5,4

Uit de analyse blijkt dat de parameters die worden weergegeven in bovenstaande tabel samen ongeveer 85% van de variabiliteit van de NHW verklaren. De verkoopprijs van de dunne fractie na scheiding en de gate fee van GFT hebben de grootste relatieve bijdrage aan de variantie in de NHW.

Scenarioanalyse

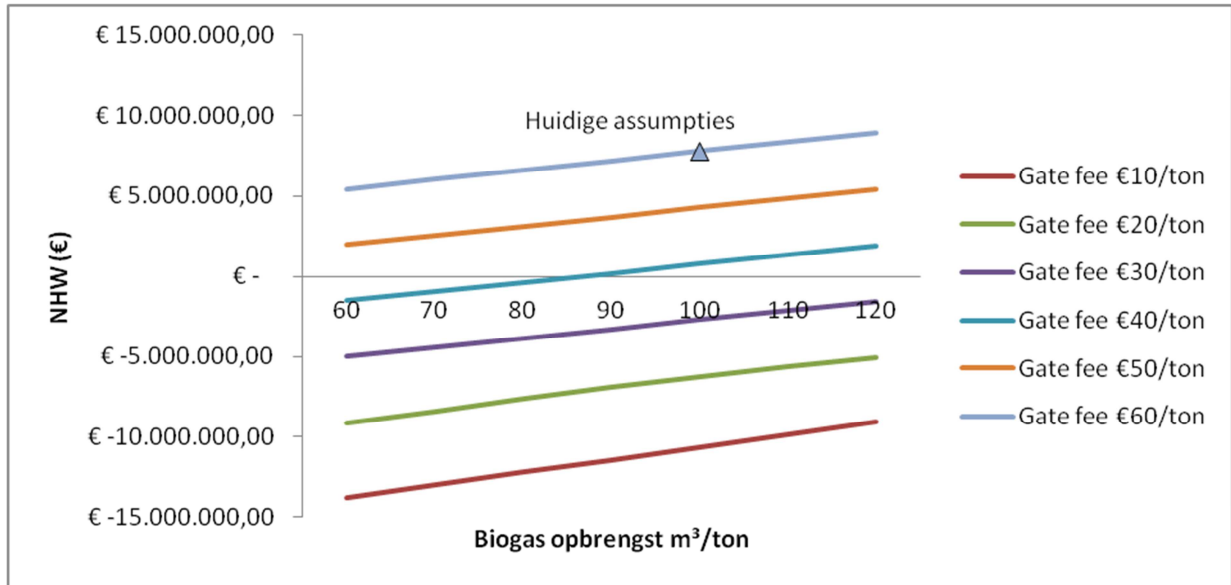
In deze paragraaf worden een aantal van de hierboven geïdentificeerde parameters gevarieerd in een 'what if'-analyse (maximaal 2 parameters tegelijk wijzigen, andere parameters *ceteris paribus*) en wordt nagegaan wat de invloed is op de NHW van een gezamenlijke verandering.

Indien we de gate fee van GFT laten variëren, samen met de biogasopbrengst van GFT, zien we in Figuur 10 dat de NHW kleiner is bij een lagere gate fee en biogasopbrengst. Meer specifiek kan uit de figuur afgeleid worden dat de gate fee voor GFT minstens €30/ton moet zijn en de biogasopbrengst 85 m³/ton opdat het scenario economisch haalbaar is.



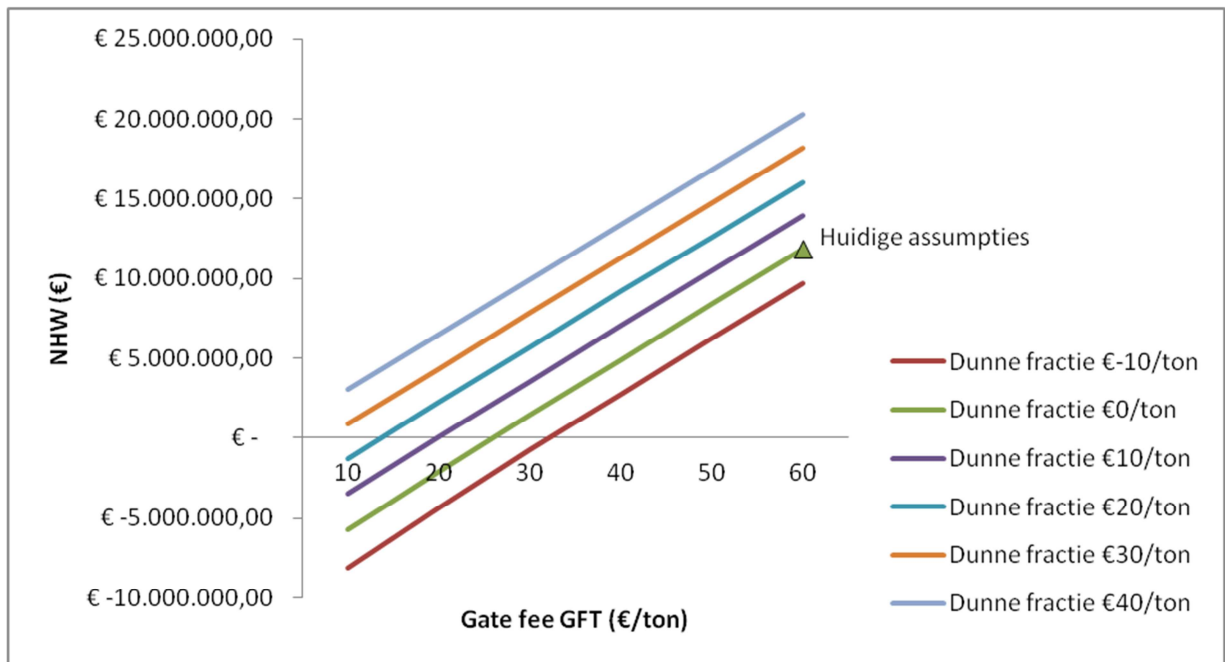
Figuur 2. 'What-if' sc. 1: gate fee GFT + biogasopbrengst

Indien dezelfde analyse uitgevoerd wordt, maar hierbij verondersteld wordt dat er geen subsidies ontvangen worden, daalt de NHW verder. De gate fee moet in dat geval minstens €40/ton bedragen bij een biogasopbrengst van 85 m³/ton om economisch interessant te zijn (Figuur 30).



Figuur 3. 'What-if' sc. 1: gate fee GFT + biogasopbrengst + geen subsidies

Uit de sensitiviteitsanalyse blijkt dat de verkoopprijs van de dunne fractie na scheiding en de gate van GFT de grootste invloed hebben. In Figuur 4 wordt weergegeven hoe deze de NHW samen beïnvloeden, alle andere parameters gelijk.

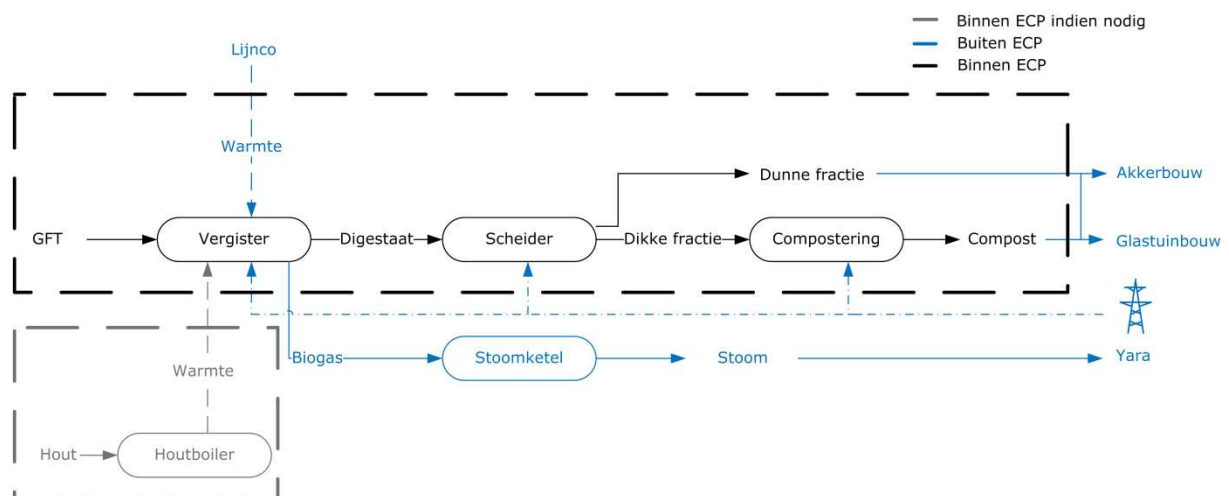


Figuur 4. 'What-if' sc. 1: gate fee GFT + verkoopprijs dunne fractie

Biogas weg

In dit scenario wordt het GFT opnieuw eerst vergist in een droge vergister en wordt het digestaat daarna mechanisch gescheiden. De dunne fractie wordt eveneens afgevoerd naar de akkerbouw en de dikke fractie wordt verder gecomposteerd. Het compost wordt afgezet in de akkerbouw of de glastuinbouw. Het biogas wordt deze keer omgezet in stoom via een stoomketel en geleverd

aan Yara. De warmte voor de eigen processen (vergister) wordt afgenomen van de vergister van Lijnco. Indien dit niet voldoende is, wordt een houtboiler gebruikt voor de resterende warmte te voorzien. Een schematische voorstelling wordt weergegeven in Figuur 5.



Figuur 5. Schematische voorstelling scenario 'Biogas weg'

Scenario 2 'Biogas weg' – Met subsidies

De investeringskost van bijna 13 miljoen euro bestaat uit volgende investeringen:

- Droge vergister: € 6.602.907²
- Scheider: € 46.500²²
- Compostering (350 €/ton input): € 5.083.038^{5,6}
- Hout boiler: € 50.022²³
- Biogas netwerk (125 €/m)²⁴: € 62.500
- Bouwkundige kosten: € 1.131.144

De investeringskosten voor een biogasleiding liggen ver uit elkaar in verschillende bronnen^{17,25,26,27}. Dit kan verklaard worden doordat kosten afhankelijk zijn van de specifieke situatie. Indien bijvoorbeeld veel wegen doorkruist moeten worden, kunnen de kosten sterk oplopen.

De precieze kost moet daarom geval per geval geëvalueerd worden en hiervoor raden wij aan een offerte aan te vragen. In dit model veronderstellen we een lengte van 500 m (*i.e.* afstand tot Yara) voor het biogasnetwerk. De operationele kosten (ca. 2.375.000 euro) en opbrengsten (ca. 3.960.000 euro) die nog niet vermeld werden bij scenario 1 'Basisschema', maar wel van toepassing zijn in dit tweede scenario, worden weergegeven in respectievelijk Tabel 4 en Tabel 5.

²² VCM (2004). *Mestverwerking op het landbouwbedrijf: mogelijkheden en kostprijs*

²³ I. Moorkens, Briffaerts K. (VITO, 2009). *Onrendabele toppen groene warmte*.

²⁴ Persoonlijke communicatie JD. Geschiere (2011). *Breda stadsverwarming*.

²⁵ Accon in opdracht van Senternovem (2009). *Haalbaarheidsstudie naar mogelijkheden groen gas op het nieuw gemengd bedrijf Horst aan de Maas*.

²⁶ Vandeweyer H. et al. (2008). *Biomethaan – opwerking van biogas tot aardgaskwaliteit*. ISBN/EAN 9789081355209.

²⁷ Smyth et al (2010). *Can grass biomethane be an economically viable biofuels for the farmer and the consumer?*

Tabel 4. Scenario 3 'Biogas weg' - Kosten

Installatie	Parameter	Eenheid	Waarde
Houtketel	<i>Onderhoud</i>	%I ₀	3
	<i>As verwijderingskost</i>	€/ton	86 ²⁸
Warmte	<i>Aankoop</i>	€/MWh	20 ¹¹
Biogasnetwerk	<i>Onderhoud</i>	%I ₀	3

Er worden geen subsidies ontvangen in dit scenario. Het resulterende biogas van de vergister wordt, zoals eerder vermeld, niet op de site zelf gevaloriseerd, maar verkocht om elders optimaler ingezet te worden. Voor de verkoop van het biogas wordt een prijs verondersteld van 33,55 euro per MWh. De subsidies worden in dit geval ontvangen door een derde partij. Daardoor zou deze partij in staat kunnen zijn om net een hogere prijs te betalen voor het biogas.

Tabel 5. Scenario 2 'Biogas weg' - Opbrengsten

Installatie	Parameter	Eenheid	Waarde
Biogasnetwerk	<i>Biogas</i>	€/MWh	33,55

De **NHW** van het scenario 'Biogas weg' is net positief en bedraagt ongeveer **326.739 euro**. De **IRR** bedraagt in dit scenario **8%** en de investeringen kunnen worden terugverdiend op **15 jaar**.

Scenario 2 'Biogas weg' – Zonder subsidies

Er worden in dit scenario geen subsidies ontvangen en het resultaat blijft bijgevolg ongewijzigd. Voor dit scenario wordt opnieuw eerst een sensitiviteitsanalyse uitgevoerd om na te gaan welke parameters de grootste invloed hebben op de variabiliteit van de NHW. Nadien worden enkels scenario's geëvalueerd.

Sensitiviteitsanalyse

Voor scenario 2 'Biogas weg' wordt eerst nagegaan welke parameters de grootste invloed hebben op de variabiliteit in de NHW. Hiervoor wordt dezelfde methode toegepast als voor scenario 1 'Basisschema'. Uit de resultaten blijkt dat opnieuw de verkoopprijs van de dunne fractie en de gate fee voor GFT de grootste invloed hebben, zoals weergegeven in Tabel 6.

²⁸ Caputo AC et al. Economics of biomass energy utilization in combustion and gasification plants: effects of logistic variables. *Biomass Bioenerg* 2005;28:35-51.

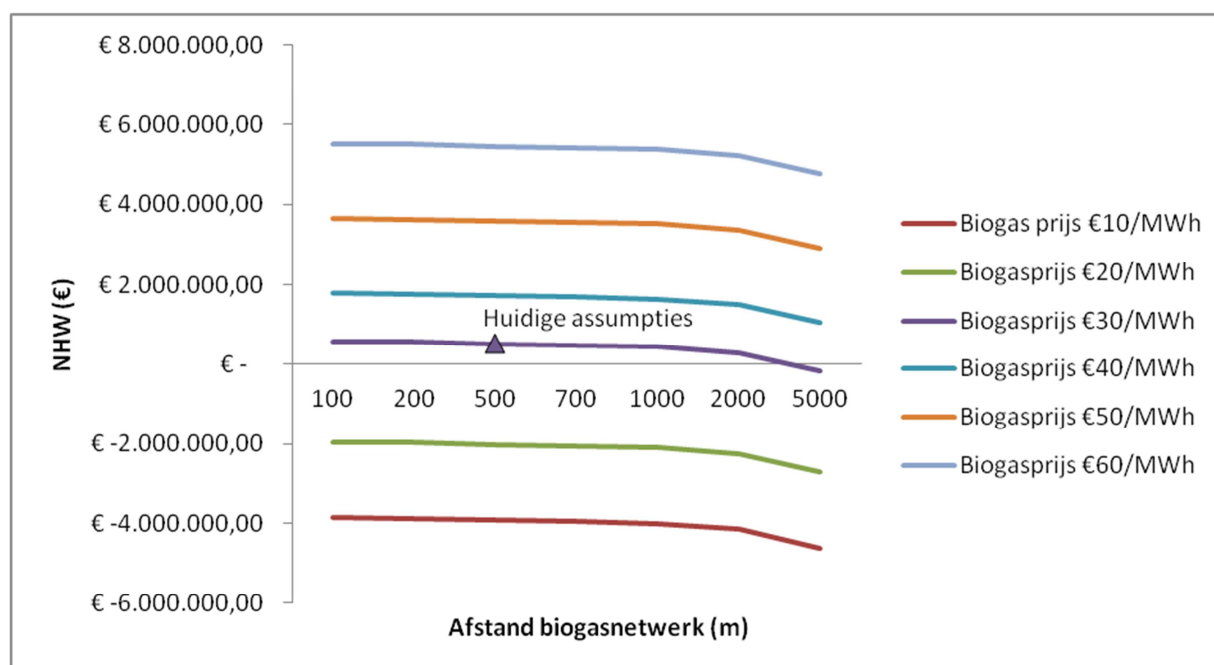
Tabel 6. Scenario 2 'Biogas weg' – sensitiviteitsanalyse met alle parameters

Parameter	Relatieve bijdrage variantie NHW (%)
Verkoopprijs dunne fractie	+36,9
Gate fee GFT	+34,8
Methaan gehalte biogas	-5,7
Elektriciteitsprijs	-5,4
Elektriciteitsgebruik vergister	-4,8
Investeringskost vergister	-4,7
Verkoopprijs biogas	3,1

In dit scenario heeft de elektriciteitsprijs een negatieve invloed op de variabiliteit van de NHW omdat elektriciteit aangekocht moet worden van het net. In scenario 1 'Basisschema' werd deze elektriciteitsprijs gehanteerd voor het berekenen van de vermeden kost van elektriciteit opgewekt door de gasmotor.

Scenarioanalyse

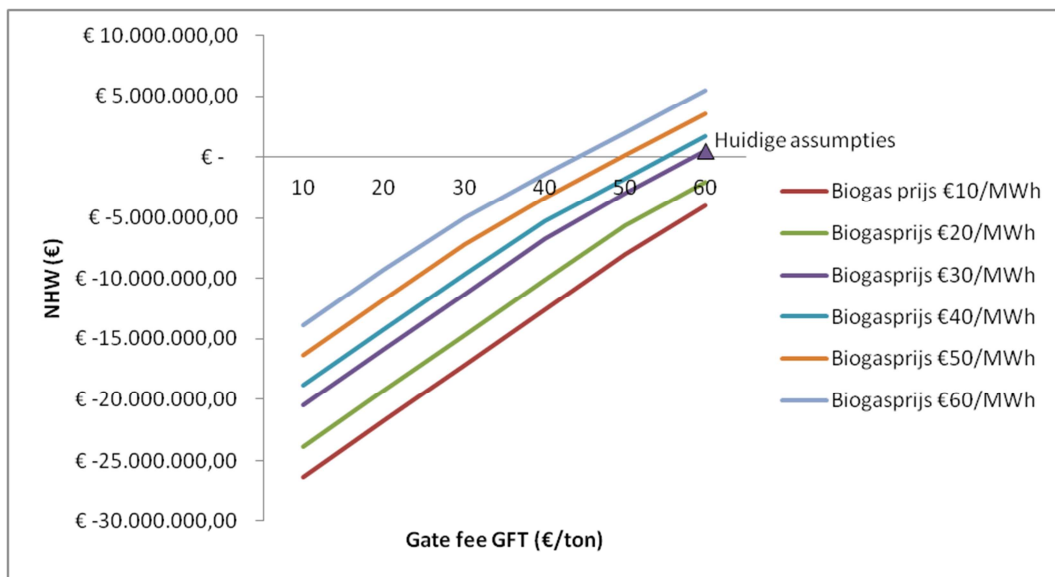
Voor scenario 2 'Biogas weg' gaan we via een 'what-if'-analyse na wat de invloed is van de afstand van het biogasnet en de prijs die gegeven wordt voor het biogas op de NHW, alle andere parameters blijven onveranderd. Uit de grafiek in Figuur 6 kan afgeleid worden dat de investering maar haalbaar is bij een gate fee van 60 euro per ton, een biogasprijs hoger dan 30 euro per MWh, bij een maximale afstand van 2 km.



Figuur 6. 'What-if' sc. 2: afstand biogasleiding + prijs biogas

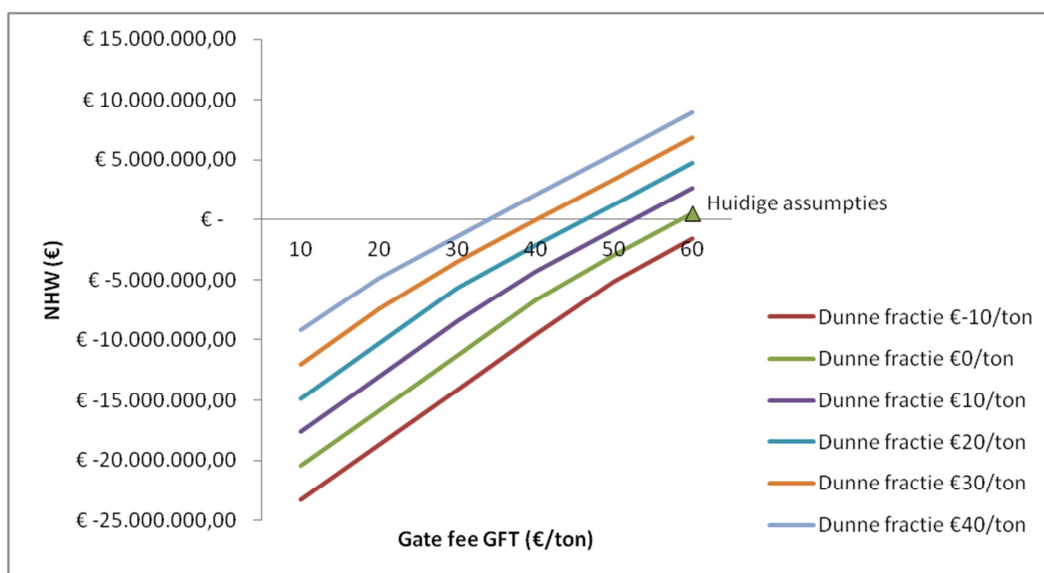
Gezien de grote invloed van de gate fee bekijken we ook de haalbaarheid van het project indien deze wijzigt (bij een afstand van het biogasnet van 500 m). In Figuur 7 zien we dat de NHW negatief is bij een biogasprijs lager dan 30 euro per MWh en een gate fee lager dan 60 euro per

ton. Wanneer de biogasprijs stijgt tot 30 euro per MWh is een gate fee voor GFT van minstens 60 euro per ton nodig opdat de NHW positief zou zijn. Bij een biogasprijs van 60 euro per MWh, volstaat een gate fee voor GFT van 45 euro per ton.



Figuur 7. 'What-if' sc. 2: prijs biogas + gate fee GFT

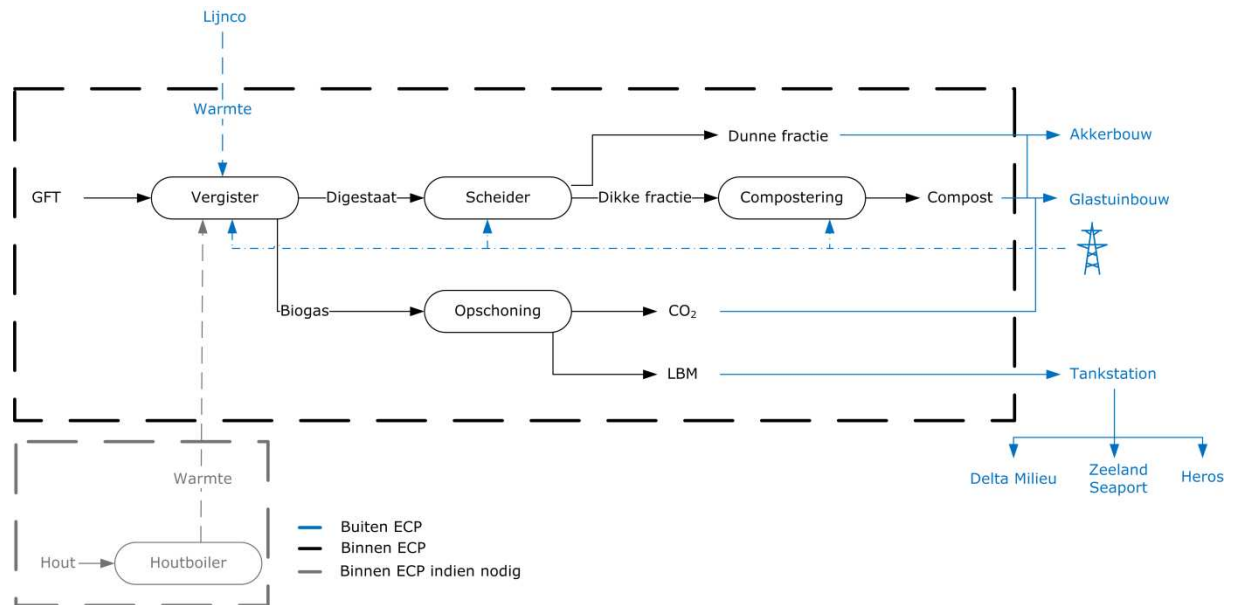
Omdat ook in dit scenario de verkoopprijs van de dunne fractie na scheiding en gate fee van GFT de grootste invloed hebben op de variabiliteit van de NHW, wordt hun gezamenlijke invloed grafisch weergegeven in Figuur 8.



Figuur 8. 'What-if' sc. 2: verkoopprijs dunne fractie + gate fee GFT

Opschoning

In het derde scenario wordt het biogas niet omgezet in elektriciteit en/of warmte, maar zal het verder opgeschoond worden tot groen gas of zelfs LBM. De warmte voor de vergister zal voorzien worden via de restwarmte van Lijnco. Bij een tekort aan warmte wordt een houtboiler gebruikt als back-up. Het scenario wordt schematisch voorgesteld in Figuur 9.



Figuur 9. Schematische voorstelling scenario 'Opschoning'

Scenario 3 'Opschoning' – Met subsidies

De volgende investeringskosten (totaal ca. 14.567.800 euro) worden opgenomen:

- Vergister + gaszuivering + scheider: cfr. scenario 1 'Basisschema'
- Houtketel en rookgasbehandeling: cfr. scenario 2 'Biogas weg'
- Opschoning ($338.298 \text{ (m}^3 \text{ biogas/h)}^{-0,779}$)¹⁹: €1.393.039
- LBM ($0,1 \text{ €/m}^3 \text{ biogas}$)¹⁹: €483.475
- Bouwkundige kosten: € 1.320.210

Voor de opschoning wordt gekozen voor het LPCooab systeem van Cirmac.

De operationele kosten bedragen in totaal ongeveer 3,5 miljoen euro. De nieuwe kosten die nog niet eerder vermeld werden, worden weergegeven in Tabel 7.

Voor het berekenen van de compressiekost van de opschoning wordt gebruik gemaakt van onderstaande formule¹⁹:

$$\text{€/m}^3 \text{ biogas/h} = 42,04 * (\text{druk (bar)})^{0,5894}$$

Voor de onderhoudskost wordt de volgende formule gebruikt¹⁹:

$$\text{€/m}^3 \text{ biogas/h} = 1.573,2 * (\text{m}^3 \text{ biogas/h})^{-0,228}$$

Tabel 7. Scenario 3 'Opschoning' - Kosten

Installatie	Parameter	Eenheid	Waarde
Opschoning	<i>Onderhoud</i>	€/m ³ biogas/h	Zie formule
	<i>Compressiekost</i>	€/m ³ biogas/h	Zie formule
	<i>Kwaliteitscontrole</i>	%I ₀	10
LBM	<i>Onderhoud</i>	€/m ³ methaan	0,16 ¹⁹

De opbrengsten (ca. 5.770.000 euro) voor het derde scenario ‘Opschoning’, bestaan uit de ontvangen gate fee, verkoop compost, verkoop LBM (0,8 €/kg), verkoop CO₂ (0,1 €/kg) en ten slotte SDE subsidies.

Onder de gemaakte assumpties bedraagt de **NHW 2.996.776 euro**. De **IRR** is in dit scenario **13%** en de investering kan **terugverdiend** worden in **9 jaar**.

Scenario 3 ‘Opschoning’ – Zonder subsidies

Wanneer geen subsidies ontvangen worden, daalt de NHW tot -828.913 euro. Zonder subsidies is dit scenario economisch niet interessant. Er is meer dan 25 jaar nodig om de investering te kunnen terugverdienen.

Ook voor dit scenario worden de meest beïnvloedende factoren nagegaan en worden enkele scenario’s bekeken.

Sensitiviteitsanalyse

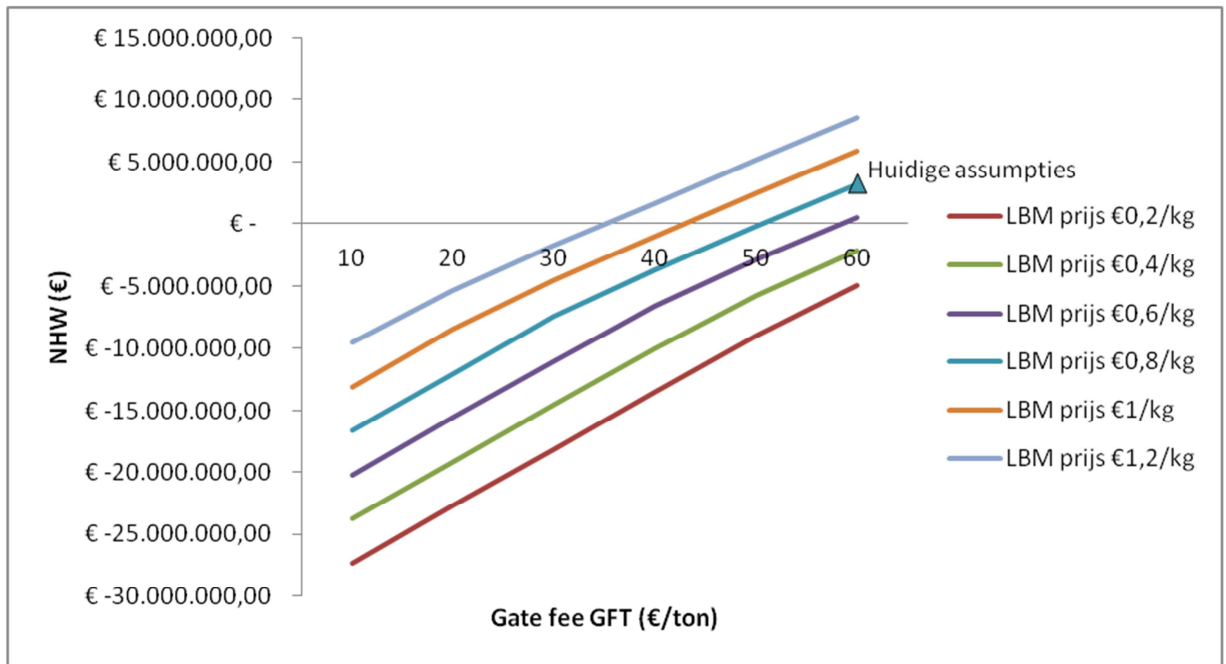
In de sensitiviteitsanalyse wordt nagegaan welke parameters de grootste invloed hebben op de variabiliteit in de NHW. Hiervoor wordt opnieuw dezelfde methode toegepast. Uit de resultaten blijkt dat net als bij de andere scenario’s de verkoopprijs van de dunne fractie na scheiding en gate fee voor GFT de grootste invloed hebben. Daarnaast verklaard de verkoopprijs van LBM nog eens 8% van de variabiliteit in de NHW. De resultaten worden weergegeven in Tabel 8.

Tabel 8. Scenario 3 ‘Opschoning’ – sensitiviteitsanalyse met alle parameters

Parameter	Relatieve bijdrage variantie NHW (%)
Verkoopprijs dunne fractie	+30,6
Gate fee GFT	+29,9
Verkoopprijs LBM	+8
Elektriciteitsprijs	-5,3

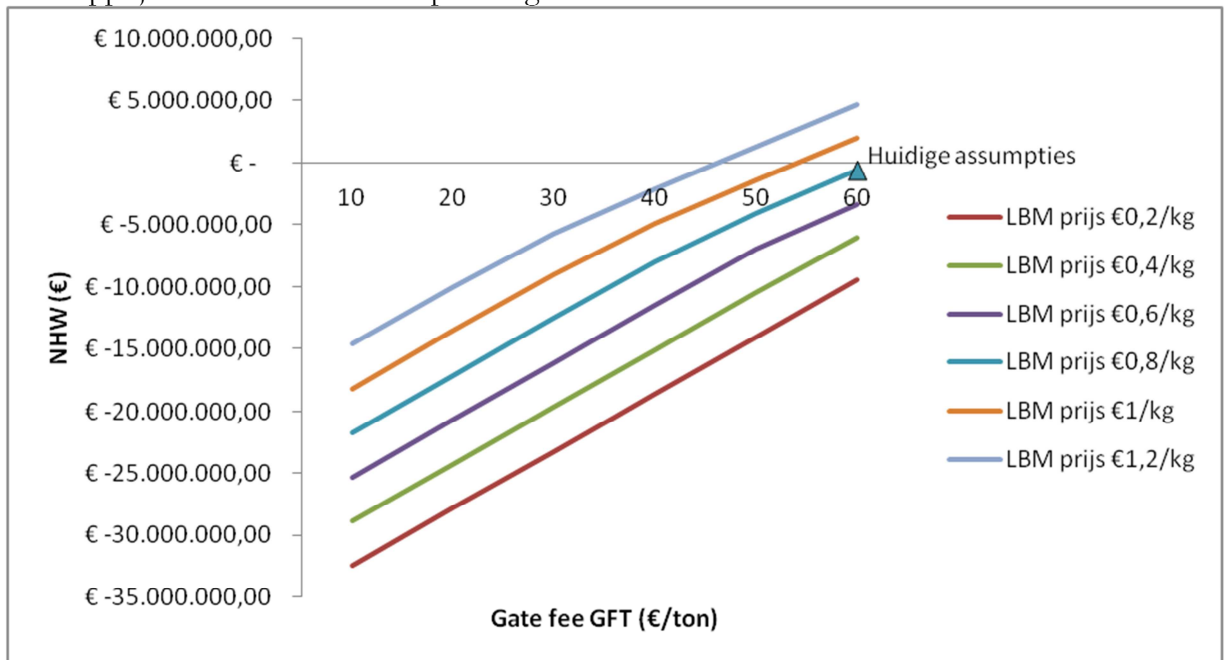
Scenarioanalyse

Uit Figuur 10 kan afgeleid worden wat de haalbaarheid is van het opschoningsscenario bij een veranderende LBM verkoopprijs en veranderende gate fee voor GFT. Uit de figuur blijkt dat de NHW positief wordt bij een gate fee van 60 €/ton en een LBM verkoopprijs van €0,6/kg. Bij een lagere gate fee voor GFT zal de verkoopprijs van LBM moeten toenemen zoals weergegeven in de figuur.



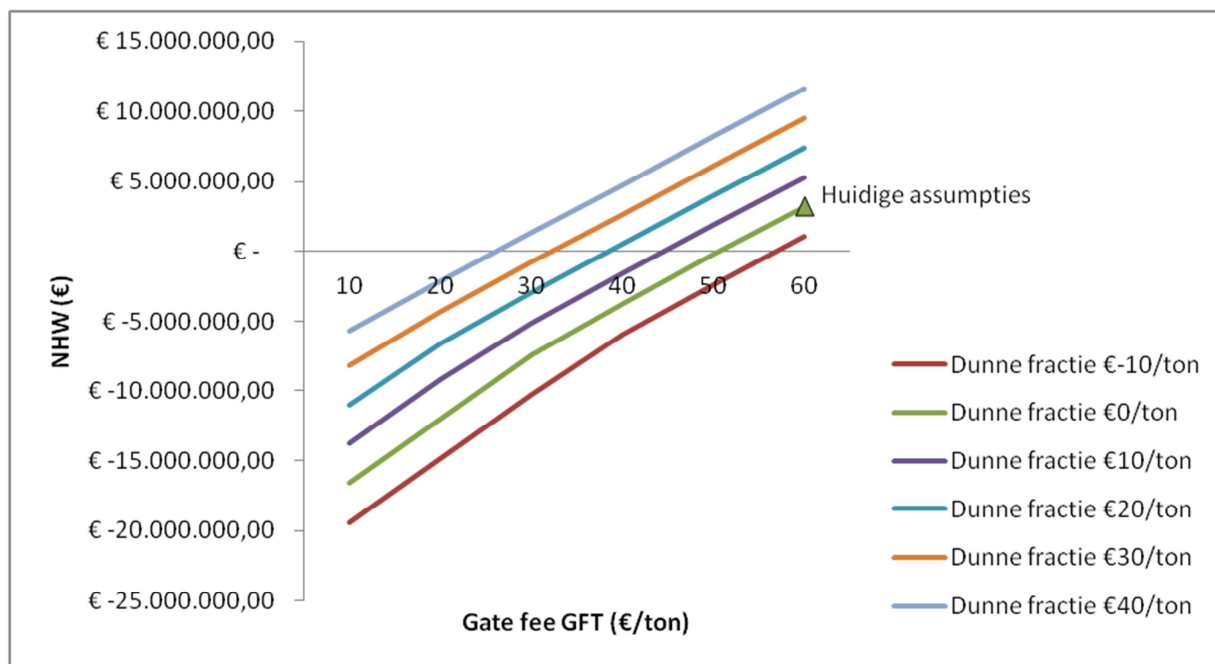
Figuur 10. 'What-if' sc. 3: Prijs LBM + gate fee GFT

Indien we de analyse uitvoeren zonder subsidies (Figuur 11), kan opgemerkt worden dat pas een positieve NHV bekomen zal worden bij een gate fee van minstens 55 €/ton en een verkoopprijs van LBM van 1 euro per kilogram.



Figuur 11. 'What-if' sc. 3: Prijs LBM + gate fee GFT + geen subsidie

Tot slot wordt in Figuur 12 de invloed van een veranderende gate fee van GFT en verkoopprijs van de dunne fractie na scheiding weergegeven.



Figuur 12. *What-if* sc. 3: verkoopprijs dunne fractie + gate fee GFT

Besluit

De berekeningen werden steeds gemaakt vanuit het standpunt van de investeerder in het ECP concept. Op basis van de economische evaluatiecriteria kan besloten worden dat onder de initieel gekozen assumpties, scenario 1 'Basisschema' het meest interessant is voor deze investeerder. De meest beïnvloedende parameters zijn de verkoopprijs van de dunne fractie na scheiding en de gate fee voor GFT. Scenario 3 'Opschoning' blijkt eveneens een interessante optie te zijn, rekening houdend met de gemaakte assumpties. Indien geen subsidies ontvangen worden, is opnieuw scenario 1 'Basisschema' het meest interessant onder de huidig aangenomen assumpties. Het derde scenario 'Opschoning' is onder deze assumpties echter niet langer economisch interessant.

Bijlage 4. Duurzaamheidsanalyse

door Liesbeth Goovaerts (VITO, België)

Deze bijlage beschrijft een duurzaamheidsanalyse van het ECP concept waarbij een GFT vergister en composteerder geclusterd wordt met het bestaande ECP. Bij dit concept wordt het biogas niet ter plaatse benut maar wel op een externe nabijgelegen site (Yara).

Hierbij wordt het effect van het ECP concept op de volgende duurzaamheidsaspecten besproken:

- energieverbruik en energiewinst t.o.v. de huidige referentiesituatie;
- emissies van broeikasgassen en emissiereductie t.o.v. de huidige referentiesituatie;

Hieronder wordt in eerste ingegaan op de gehanteerde aanpak en de gebruikte aannames en wordt afgesloten met de resultaten en conclusies.

Afbakening van het systeem

De duurzaamheidsanalyse beperkt zich tot de essentiële onderdelen van de ECP case in Sluiskil, met name de productie van biogas uit het vergisten van GFT. Hierbij wordt tevens het nacomposteren van het digestaat met groenafval meegenomen. Wat de energievraag van dit systeem betreft, wordt deze voor het verwarmingsgedeelte ingevuld door restwarmte uit nabijgelegen co-vergistingsinstallatie, en wordt de benodigde elektriciteit van het net genomen.

De centrale vraag in deze evaluatie is of in het systeem minder energie (niet-hernieuwbare en hernieuwbare) wordt gebruikt en er minder broeikasgasemissies worden uitgestoten dan bij de huidige referentiesituatie.

De referentiesituatie omvat het composteren van GFT. Concreet wordt er dus nagegaan hoe de impact van het vergisten met productie van biogas zich verhoudt tot de huidige situatie waarbij het GFT worden gecomposteerd. Het geproduceerde gas zal in de referentiesituatie op fossiele basis worden geproduceerd.

Ten aanzien van de bekeken duurzaamheidscriteria/aspecten kan gesteld worden dat gezien het ECP concept gebruikmaakt van lokale biomassa-reststromen duurzaamheidsaspecten zoals biodiversiteit en landgebruik niet aan de orde zijn.

Door dit gebruik van biomassa-reststromen dient de impact van de productie van deze reststromen ook niet te worden meegenomen, naar analogie met de richtlijnen van Bijlage V van de Europese Richtlijn voor hernieuwbare energie (EU RED).

De berekening van de impacten worden gemaakt per MJ biogas geproduceerd.

Bijproducten en allocatie

In vergelijking met de huidige situatie wordt er in dit concept naast compost ook biogas geproduceerd. Daar elk product voor een ander einddoel wordt gebruikt – het biogas kan als brandstof worden ingezet voor de productie van warmte en/of elektriciteit, en de compost kan als bodemverbeteraar worden ingezet – dient de impact van het gehele systeem voor een deel aan de gevormde brandstoffen, en voor een deel aan de bijproducten worden toegekend. Dit wordt allocatie genoemd.

De keuze welk deel van de impact aan welk deel van de procesketen wordt toegekend beïnvloedt sterk het eindresultaat van de evaluatie. Daarnaast is het toepassen van allocatie een complex probleem waarvoor verschillende methodes bestaan. In deze studie hanteren we de allocatiemethode zoals voorgeschreven in de richtlijnen van de EU RED, welk de impact toewijst volgens de totale energie-inhoud van de totaal geproduceerde hoofd- en bijproducten (o.b.v. Lower Heating Value, LHV). Aan afval wordt geen impact toegekend.

Methodologie en data voor modellering

Momenteel is er nog weinig informatie beschikbaar met betrekking tot welke methodologie moet gevolgd worden voor de uitvoering van een duurzaamheidsevaluatie van dit soort van complexe/gecombineerde processen. Meestal wordt gerefereerd naar of wordt er gericht op de Life Cycle Assessment (LCA), omdat dit momenteel de benadering is die het meest wordt gebruikt.

De berekeningen van de broeikasgasbalans en energiebalans zijn uitgevoerd met VITO's duurzaamheidstool "Bioenergy Sustainability Assessment Tool" (B-SAT). Met deze tool kan de toetsing van een bio-energieproject worden gemaakt op basis van een vereenvoudigde levenscyclusanalyse (LCA). LCA is een wetenschappelijke methode om de impact op het milieu van verschillende producten met elkaar te vergelijken. Hierbij kan de hele levenscyclus van het product worden meegenomen, dus van de productie van de grondstof tot en met de afvalfase. De tool neemt echter alleen de productie-, verwerking- en gebruiksfase van de onderzochte biomassa mee, de afvalfase wordt buiten beschouwing gelaten (naar analogie met de RED richtlijn).

Concreet berekent de tool hoeveel reductie in gebruik van energie (primaire en fossiele) en in emissie van broeikasgassen de productie van bio-energie kan opleveren ten opzichte van vergelijkbare fossiele energie, alsook de reductie in verzurings- en vermestingspotentieel. Verder geeft de tool een indicatie van de impact op land- en watergebruik, biodiversiteit en sociale aspecten in geval geteelde/geïmporteerde biomassa wordt gebruikt.

Voor de berekeningen van de energie- en broeikasgasbalans maakt deze tool gebruik van het werk (standard values en aanpak) dat verricht is in het kader van het BioGrace I project en data afkomstig uit de bijlage van de RED, rapporten van JRC (Joint Research Centre) en data van het IPCC (Intergovernmental Panel for Climate Change).

De tool werd voor de doorrekening van de ECP case aangepast zodat de energiebalans en broeikasgasbalans voor de productie van biogas uit biomassa-reststromen kan worden berekend.

Aannames

Alleen het hoofdonderdeel van de ECP case is doorgerekend met B-SAT, m.n. het vergisten en nacomposten van GFT, waarbij de wamtevraag wordt ingevuld door de aanwezige restwarmte uit een bestaande co-vergistingsinstallatie.

De duurzaamheidsdoorrekening van dit systeem is bepaald t.o.v. de productie van biogas (=functionele eenheid, FU).

Concreet zijn volgende aannames gehanteerd (en ingevoerd in B-SAT) voor het berekenen van de impact van de verschillende processtappen van het ECP:

- *Vergisten GFT*
 - o Emissie GFT:

Hierbij wordt uitgegaan dat 5% van de methaan- en lachgas (N₂O) emissies²⁹ die normaal bij opslag van het GFT zou zijn geëmitteerd, vrijkomen in de atmosfeer tijdens de vooropslag. De emissie van methaan is het product van de hoeveelheid GFT en de emissiefactor per eenheid GFT: 3,1 kg CH₄ per ton GFT²⁹. Voor lachgas geldt dat de emissie gelijk is aan de gemiddelde hoeveelheid stikstof in de GFT (1,3 kg N per m³ ²⁹) maal het emissiepercentage, m.n. 0,1% N₂O²⁹.

 - kg methaan/ton GFT = 0,05 x hoeveelheid GFT x 3,1 (emissiefactor per ton)
 - kg lachgas/ton GFT = 0,05 x hoeveelheid GFT x 1,3 (N-gehalte GFT) x 0,001(emissiefractie N₂O)
 - o Lekverliezen: Het lekverlies is gesteld op 1% van de geproduceerde hoeveelheid biogas.

- *Composteren*³¹:
 - o 500 kg compost/ton GFT
 - o Energieverbruik mobiele werktuigen: 0,01 GJ diesel per ton GFT
 - o Elektriciteitsverbruik composteren 39 kWh_e/ton GFT, afkomstig van stortgasmotor
 - o Lekverliezen: 170g CH₄/ton compost en 70g N₂O/ton compost³²

²⁹ Kor Zwart, Diti Oudendag, Phillip Ehlert en Peter Kuikman, Duurzaamheid co-vergisting van dierlijke mest, Alterra rapport 1427, Alterra Wageningen 2006

³⁰ Voor de berekeningen nemen we aan dat 1 m³ mest/co-vergistingsmateriaal gelijk is aan 1 ton mest/co-vergistingsmateriaal

³¹ J.T.W. (Jan) Vroonhof, H.J. (Harry) Croezen, Afvalverwerking en CO₂ : Quicksan van de broeikasgasemissies van de afvalverwerkingssector in Nederland, Delft, 2006

³² http://www.gft-afval.nl/download/publicaties/tauw_onderzoek_kentallen_methaan_lachgas.pdf

- *Transport:*

Het vervoer van de biomassa-reststromen wordt niet meegerekend daar wordt verondersteld dat het GFT sowieso getransporteerd wordt voor verwerking.

Resultaten

Energiebalans en energie-efficiënte

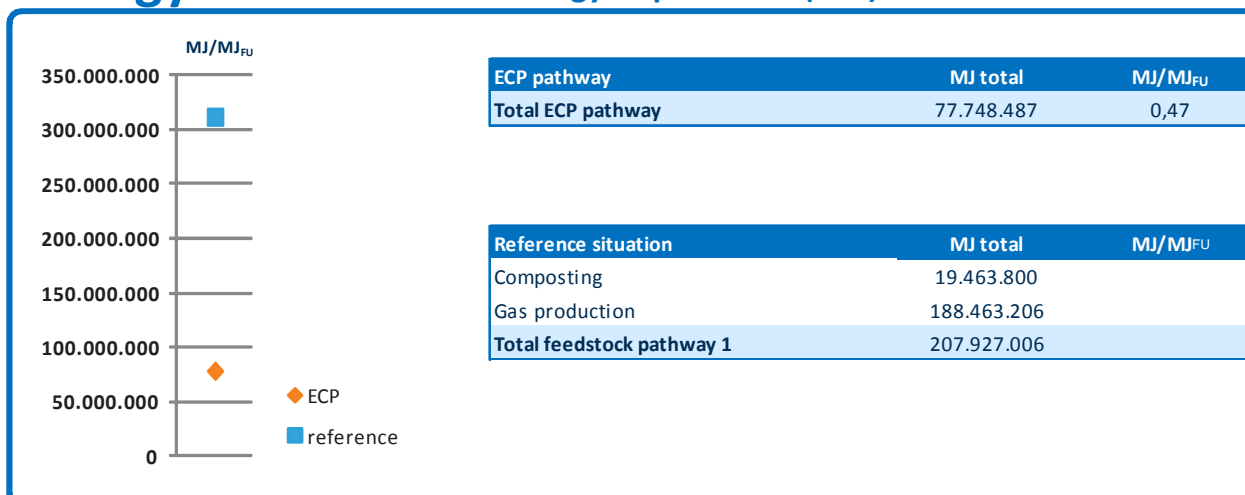
B-SAT laat toe twee types van energiebalansen op te maken:

- de fossiele energiebehoefte (FER), waarbij enkel de hoeveelheid aan fossiele energiebronnen wordt meegenomen.
- de netto primaire energiebehoefte (NER), waarbij alle energie wordt meegenomen om de biomassa om te zetten in energiedragers (biobrandstof, elektriciteit, warmte), dus inclusief de energie nodig voor de voorbereiding van de biomassa, transport, opslag,.. plus de initiële energie-inhoud van de hernieuwbare fracties (lower heating value).

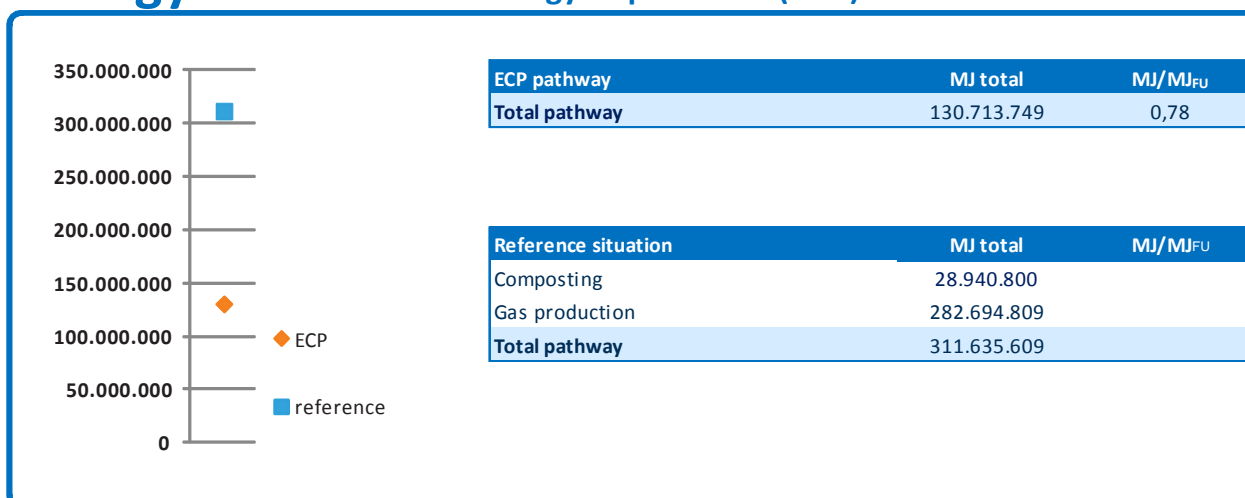
De fossiele energiebehoefte geeft de mate aan waarin een brandstof wel of niet hernieuwbaar is. Het is de verhouding van de hoeveelheid fossiele energie die nodig is voor het maken van de biobrandstof/benutbare energie tot de hoeveelheid biobrandstof en/of benutbare energie geproduceerd. Hoe lager deze verhouding hoe meer 'hernieuwbaar' de geprocedeerde brandstof/energie is. Als deze ratio 1 of hoger is, wordt de brandstof als niet-hernieuwbaar beschouwd. Een volledig hernieuwbare brandstof heeft geen fossiele input. Deze verhouding hangt ook samen met de netto CO₂ emissies; een hoge fossiele energiebehoefte geeft tevens hoge netto CO₂ emissies. De

fossiele energiebehoefte van het ECP bedraagt 0,47 MJ_{fossiel}/MJ_{biogas}, zie

Energy balance - fossil energy requirement (FER)



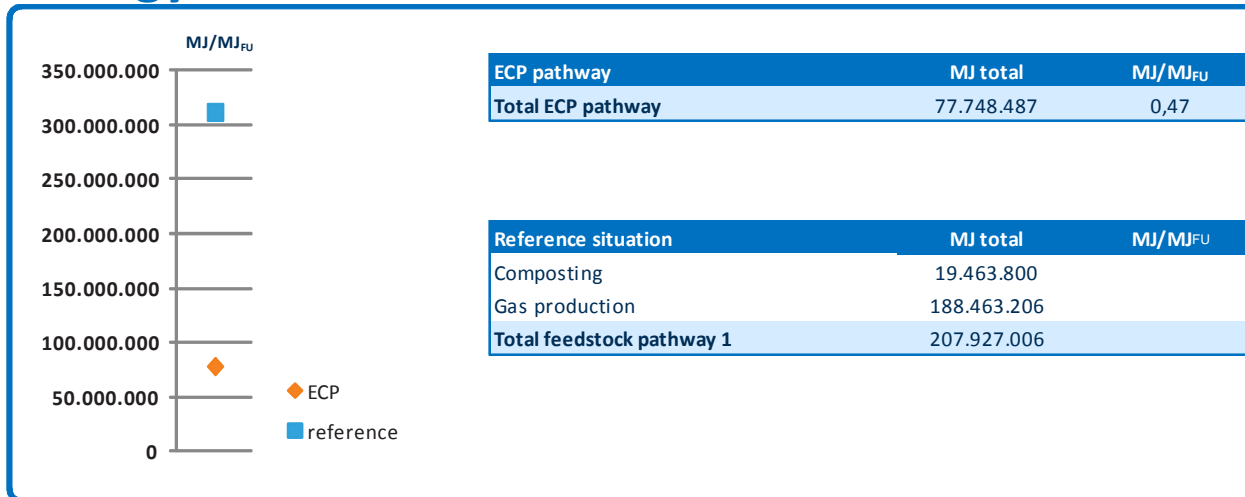
Energy balance - net energy requirement (NER)



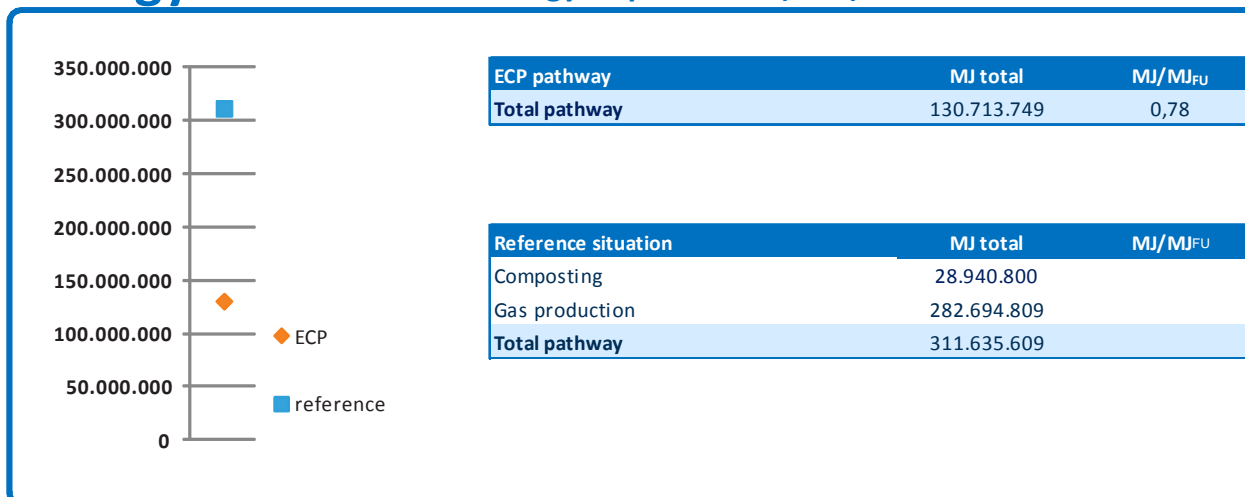
Figuur 5.

De netto primaire energiebalans voor het vergisten, nacomposten en ontwateren van biogas is samengevat in

Energy balance - fossil energy requirement (FER)



Energy balance - net energy requirement (NER)



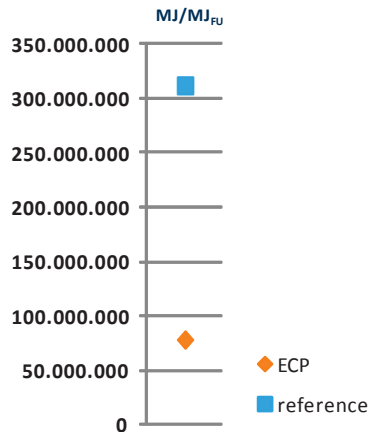
Figuur 5. Daar het ECP niet in zijn gehele energiebehoefte kan voldoen, moet er tevens elektriciteit van het net worden ingezet.

Een deel van de energie wordt geleverd door hernieuwbare bronnen; m.n. 100% van de warmtevraag wordt ingevuld door restwarmte van een co-vergistingsinstallatie. De benodigde elektriciteit wordt verondersteld van het elektriciteitsnet te worden afgenomen. Het ECP systeem bespaart zo 63% aan fossiel energiegebruik in vergelijking met de huidige referentiesituatie.

Het resultaat voor de netto primaire energiebehoefte (NER) van het bio-energiesysteem geeft aan hoeveel primaire energie nodig is voor de productie van een MJ functionele eenheid - gas voor deze case - en de onderdelen van de keten die het meest hiertoe bijdragen. Het resultaat voor "reduction" geeft het percentage primaire energie aan die bespaard kan worden door het

gebruik van het specifieke bio-energie systeem/ECP. Als dit een negatief resultaat is, is er meer primaire energie nodig om 1 MJ bio-energie te produceren dan voor de productie van 1 MJ van het fossiele referentie-energiesysteem.

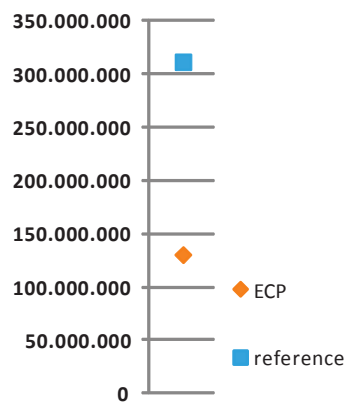
Energy balance - fossil energy requirement (FER)



ECP pathway	MJ total	MJ/MFU
Total ECP pathway	77.748.487	0,47

Reference situation	MJ total	MJ/MFU
Composting	19.463.800	
Gas production	188.463.206	
Total feedstock pathway 1	207.927.006	

Energy balance - net energy requirement (NER)

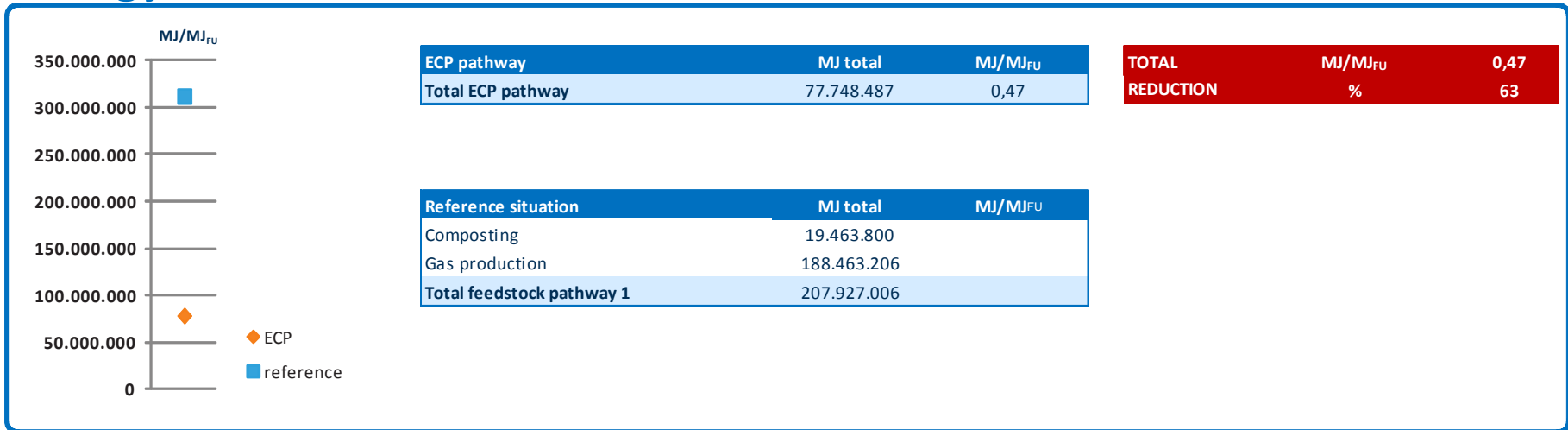


ECP pathway	MJ total	MJ/MFU
Total pathway	130.713.749	0,78

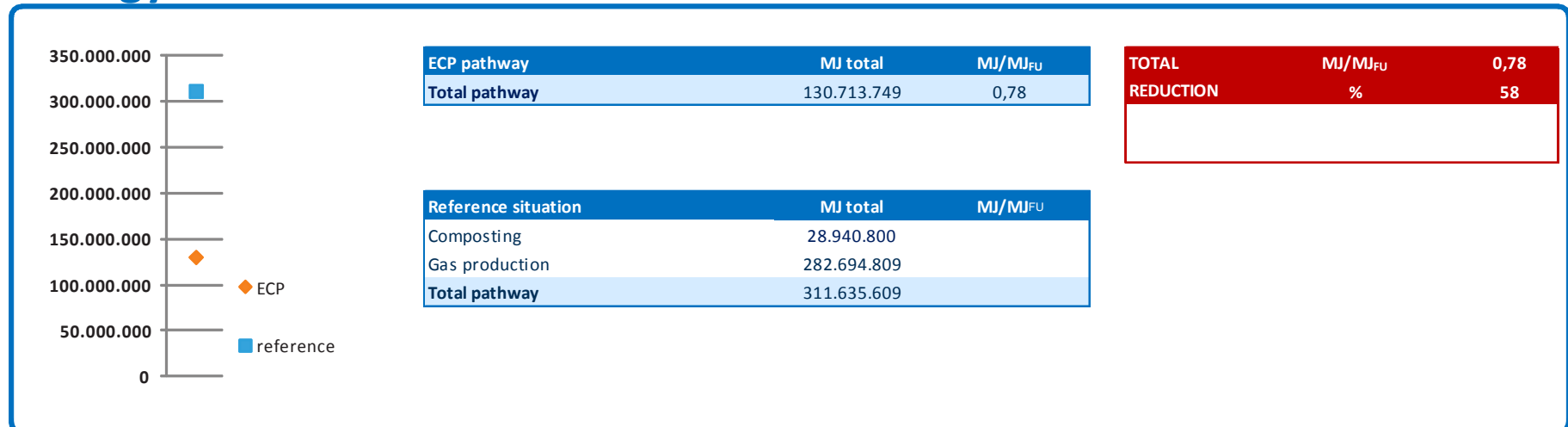
Reference situation	MJ total	MJ/MFU
Composting	28.940.800	
Gas production	282.694.809	
Total pathway	311.635.609	

Figuur 5 geeft aan dat de netto primaire energievraag voor de productie van 1 MJ biogas d.m.v. de combinatie van vergisten, nacomposteren en drogen van biogas 0,78 MJ_{primair} bedraagt. Dit is 58% minder dan voor de referentiesituatie nodig is.

Energy balance - fossil energy requirement (FER)



Energy balance - net energy requirement (NER)



Figuur 5: Energiebalans -fossiel (FER) en primair (NER)- voor het vergisten en nacomposteren van GFT uitgedrukt als totaal jaarlijkse energieverbruik in MJ en per MJ biogas.

Tabel 1 geeft een overzicht van alle primaire inputstromen, de netto-outputstromen en het nuttig gebruik van deze outputstromen in de vorm van het aantal huishoudens dat met de warmte uit het geproduceerde biogas en de houtchips kan voorzien worden.

Tabel 1. Energiebalans berekent voor installatie met productie van biogas uit vergisting.

<i>Energie</i>	<i>Vergisten en nacomposteren</i>
<i>Primaire energie input (GJ/jaar, droog)</i>	277.750 GFT + 10.000 groenafval
	28.400 GJ primair energie input t.g.v. elektriciteit van het net

<i>Energie output (GJ/jaar, droog)</i>	
Biogas	167.063
Compost	100.000

De energie-efficiënte van een bio-energiesysteem geeft aan hoeveel energie nodig is om de biobrandstof/energie te produceren.

De berekening van de globale energie-efficiëntie is de verhouding van de hoeveelheid MJ brandstof/energie geproduceerd tot de totale hoeveelheid energie-input (op droge basis). Het is een maat voor de hoeveelheid energie die in het proces gaat en welke uiteindelijk in de brandstof en benutbare energie terechtkomt. Dit rendement vertegenwoordigt het verlies aan procesenergie om de brandstof en benutbare energie te maken uitgaande van de initiële grondstoffen. De primaire energie-efficiëntie van het gehele ECP concept is 82%.

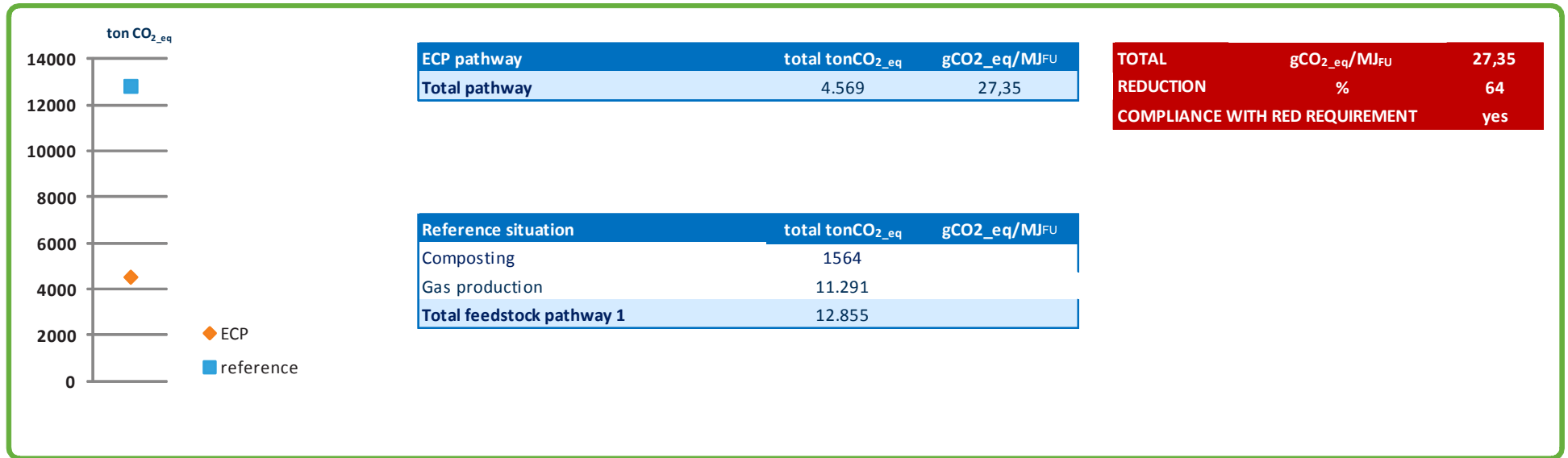
Broeikasgasbalans

De broeikasgasbalans voor de productie van biogas en compost met het ECP systeem is weergegeven in Figuur 2. De impact van de productie van houtchips is hierbij niet in rekening gebracht daar een gelijkaardige hoeveelheid in de huidige referentiesituatie wordt geproduceerd.

De balans geeft een emissie van ongeveer 4.569 ton CO_{2eq} per jaar of 27,35 g CO_{2eq} per MJ biogas geproduceerd. Deze broeikasgasemissies zijn voornamelijk het gevolg van het gebruik van elektriciteit van fossiele oorsprong.

Het ECP systeem realiseert een besparing van ca. 8.287 ton CO_{2eq} of 64% t.o.v. de huidige referentiesituatie. Het grootste reductiepotentieel van het ECP zit in de productie van biogas door de besparing op de productie van fossiel aardgas.

Global warming - greenhouse gas balance



Figuur 2: Broeikasgasbalans voor het vergisten en nacomposteren van GFT in totale jaarlijkse CO₂eq. emissies en per g CO₂eq. per MJ biogas.

Conclusie duurzaamheid ECP concept Sluiskil

Jaarlijks wordt met de netto energieopbrengst ca 6,3 miljoen m³ aardgas vervangen. Essentieel is het gebruik van de warmte uit de bestaande co-vergistingsinstallatie.

Het gebruik van elektriciteit van fossiele oorsprong is de belangrijkste emissiebron voor broeikasgassen. De productie van biogas met het ECP resulteert daardoor in een matig emissiereductiepotentieel t.o.v. de huidige referentiesituatie, m.n. 64%.

De belangrijkste meerwaarde van het vergisten van GFT tot biogas t.o.v. het alleen composteren van GFT is de besparing van het winnen/gebruik van fossiele brandstoffen door de biogasproductie.

Met het ECP systeem wordt ongeveer 8.300 ton CO_{2eq} per jaar bespaard t.o.v. de huidige referentiesituatie.

In beide situaties wordt ongeveer eenzelfde hoeveelheid compost gevormd, wat dus leidt tot gelijkaardige opslag van stabiele koolstof in de bodem en vervanging van compost veen of kunstmeststof.

De productie van biogas verhoogt tevens de waarde van huishoudelijke en agrarische biomassa-residuen.