

# Evaluatie duurzaamheid EnergieRijk

## 'Nutriënten en Economie'

Auteurs: K [ja 'j Ub '8]^\_ en Joanneke Spruijt



# Evaluatie duurzaamheid EnergieRijk

## *Nutriënten en economie*

Wim van Dijk & Joanneke Spruijt

© 2013 Wageningen, ACRRES – Wageningen UR

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

ACRRES – Wageningen UR is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit project is tot stand gekomen dankzij:



Lelystad geeft lucht 

ACRRES – Wageningen UR

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad  
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad  
Tel. : 0320 - 29 11 11  
Fax : 0320 - 23 04 79  
E-mail : [info@acrres.nl](mailto:info@acrres.nl)  
Internet : [www.acrres.nl](http://www.acrres.nl)

## INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING .....	6
1 INLEIDING.....	8
2 UITGANGSPUNTEN.....	10
2.1 Scenario's .....	10
2.2 Dimensionering onderdelen.....	11
2.3 Duurzaamheidsindicatoren.....	15
3 RESULTATEN ANALYSE .....	16
3.1 Dimensionering.....	16
3.2 Stikstof- en fosforstromen .....	18
3.2.1 Stikstof .....	18
3.2.2 Fosfor .....	20
3.3 Economie .....	21
4 CONCLUSIES.....	28
5 REFERENTIES.....	30
BIJLAGEN.....	32



## Samenvatting

In de ACRRES-pilot Energierijk worden verschillende installaties (co-vergister+WKK, ethanolproductie en algenkweek) beproefd waarbij zo veel mogelijk gebruik wordt gemaakt van elkaars reststromen (warmte, CO<sub>2</sub>, digestaat).

Om de duurzaamheid van het systeem te evalueren zijn een aantal scenarioberekeningen uitgevoerd. In dit rapport wordt ingegaan op uitkomsten met betrekking tot de nutriëntenstromen en de economie.

In de studie zijn drie systemen met elkaar vergeleken: een co-vergister in combinatie met algenkweek (ALG), een co-vergister in combinatie met bioethanolproductie (ETH) en een co-vergister in combinatie met zowel algenkweek als bioethanolproductie (ALG+ETH). Bij alle combinaties is het landbouwdeel (landbouwland en melkvee) meegenomen dat nodig is voor de centrale onderdelen van Energierijk.

### Dimensionering

Uitgangspunt is een co-vergister die met 50% mest wordt gevoed en die qua omvang is afgestemd op de mestproductie van een melkveebedrijf van 200 koeien (circa 6000 ton mest en 6000 ton co-producten per jaar). De co-vergister/WKK produceert netto 2100 MWh (variant ALG) en 2250 MWh (variant ETH en ALG+ETH) aan elektriciteit. De verschillen ontstaan door verschillen in voeding met co-producten.

De omvang van de ethanolproductie en de algenkweek wordt bepaald door de beschikbaarheid van restwarmte, CO<sub>2</sub> en digestaat van de co-vergister-WKK. De beschikbaarheid van restwarmte is de beperkende factor. De gebruikte hoeveelheid CO<sub>2</sub> en digestaat bij de algenkweek bedraagt slechts een fractie (< 1%) van de hoeveelheid geproduceerd door de co-vergister/WKK.

Met de restwarmte kan circa 950 m<sup>3</sup> ethanol-60 worden geproduceerd en er kunnen respectievelijk 1 (variant ETH+ALG) en 2 vijvers van 1000 m<sup>2</sup> (variant ALG) worden verwarmd.

### Stikstof en fosforstromen

Alle drie beschouwde systemen hebben een stikstofoverschot van 25000 kg. Dit komt overeen met 75 kg N per ha landbouwland. Het overschot ontstaat door accumulatie in de bodem en door ammoniakemissie.

Het kunstmestgebruik verschilt duidelijk tussen de systemen. Bij de systemen met ethanolproductie wordt ruim 9000 kg N (27 kg N per ha) minder kunstmest gebruikt. In vergelijking met een situatie zonder Energierijk is het kunstmestgebruik in alle drie systemen lager (minus 8000 tot 17000 kg N, minus 24-51 kg N per ha).

Het verhogen van de gasproductie door een voorbereiding verlaagt het kunstmestgebruik als gevolg van een hogere stikstofwerking van het digestaat doordat meer organische stikstof is afgebroken in vergelijking met een situatie zonder voorbereiding.

Het fosforoverschot is in de doorgerekende varianten licht negatief (-180 tot -750 kg P, -1 tot -2 kg P per ha).

### Economie

Zonder koppeling van de co-vergister met WKK aan de andere installaties kan de investering in de installatie niet op redelijke termijn worden terugverdiend. Bij een koppeling met algenkweek ontstaan extra opbrengsten (algenbiomassa, SDE-subsidie warmteterugwinning) en bedraagt de terugverdientijd 24 jaar. Hierbij is wel uitgegaan van een hoge prijs voor de algenbiomassa. Een koppeling van de co-vergister aan de

ethanolinstallatie is economisch gunstiger (terugverdientijd investeringen van 15 jaar) vanwege de relatief hoge geldopbrengsten van de bio-ethanol en het veevoer en de SDE-subsidie op de warmteterugwinning.

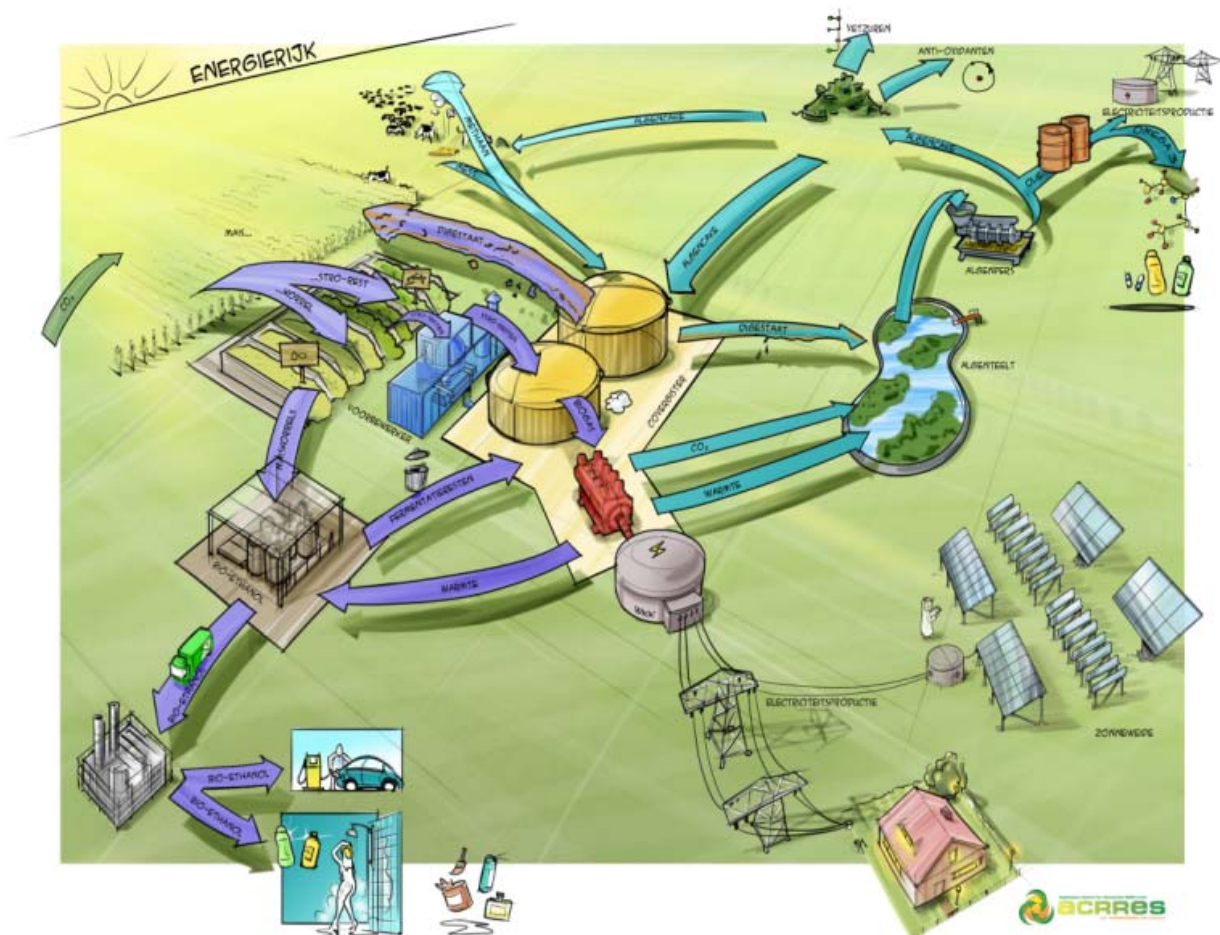
Door zowel algen te kweken als bioethanol te produceren kan de terugverdientijd worden teruggebracht naar 13 jaar.



# 1 Inleiding

ACRRES - Wageningen UR is het landelijk toepassingscentrum voor duurzame energie en groene grondstoffen. Eén van de grootste projecten van ACRRES is het project EnergieRijk in Lelystad. In dit project werken Wageningen UR en ENeco samen met bedrijfsleven, overheid en onderwijs aan de ontwikkeling van duurzame energieproducten en toepassingen van groene grondstoffen rekening houdend met economische, ecologische en sociale aspecten.

EnergieRijk heeft diverse proefopstellingen gerealiseerd met betrekking tot co-vergisting met warmtekrachtkoppeling, bio-ethanol productie, algenproductie, zonnestroom productie en een voorbewerkingsinstallatie. Het unieke van het EnergieRijk concept is dat de verschillende processen aan elkaar gekoppeld worden door reststromen uit het ene proces toe te passen in het andere proces (Figuur 1).



Figuur 1: Visualisatie van het EnergieRijk concept



In de co-vergister wordt rundveemest samen met maïs, maïsstro of berm- of natuurgras omgezet in biogas. Het biogas wordt vervolgens verbrand in een motor (ook wel warmtekrachtkoppeling (wkk) genoemd) waardoor groene stroom wordt opgewekt, wat geleverd wordt aan het net. Bij de verbranding in de gasmotor komt warmte en CO<sub>2</sub> vrij. De warmte wordt toegepast in de bio ethanol installatie en in de algenvijvers. De CO<sub>2</sub> wordt in de algenvijvers benut om de algengroei te bevorderen. Het restproduct van de vergister, het digestaat, wordt gebruikt voor bemesting van de gewassen en draagt bij aan het verminderen van het gebruik van kunstmest. Ook de biomassa-reststroom vanuit de bio-ethanolinstallatie wordt benut, door deze in te zetten als veevoer. Hierdoor kan worden bespaard op aangekocht krachtvoer.

De analyse beperkt zich tot het nutriëntengebruik en de economie. In een later stadium zal via een LCA-analyse ook worden gekeken naar broeikasgasemissies en energie.

Wat betreft de nutriëntenanalyse heeft een samenwerking plaatsgevonden met het KB-project Duurzame eiwitproductie met micro-algen. In dat project wordt een methodiek ontwikkeld om de duurzaamheid van algenkweeksystemen in kaart te brengen. Dank gaat hierbij uit naar Bert Smit (Plant Research International) die behulpzaam is geweest bij het kwantificeren van nutriëntenstromen.

## 2 Uitgangspunten

### 2.1 Scenario's

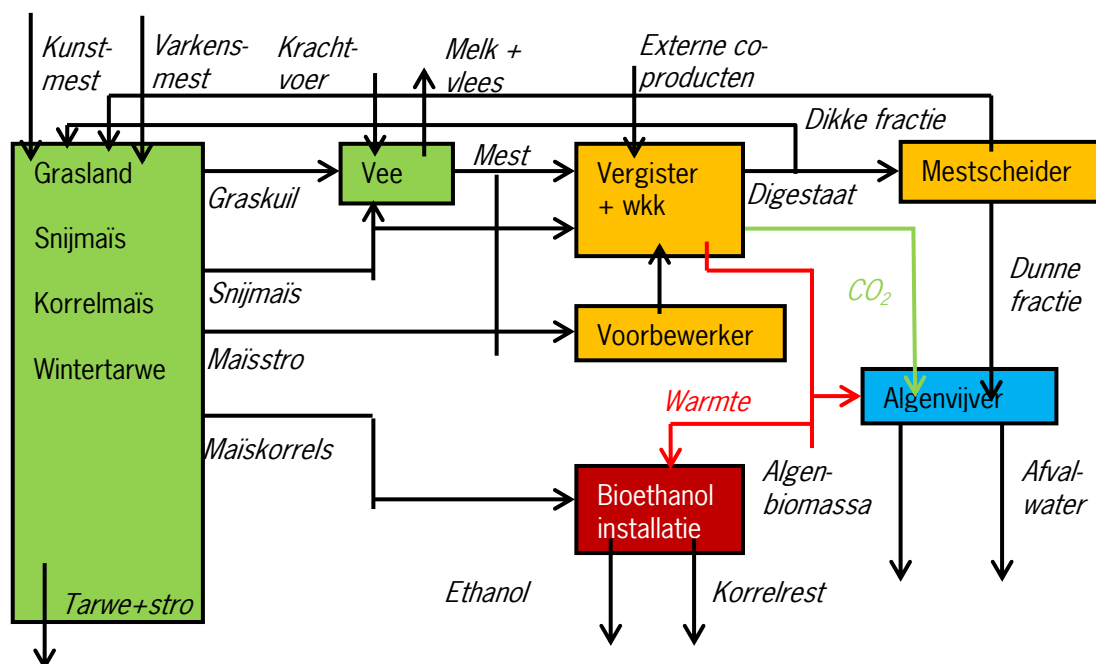
Bij de analyse worden de volgende combinaties bekeken:

1. Vergister + algenvijver (ALG)
2. Vergister + bioethanolinstallatie (ETH)
3. Vergister + algenvijver + bioethanolinstallatie (ETH+ALG)

Bij de vergister wordt onderscheid gemaakt tussen het wel en niet voorbehandelen van (een deel van) de ingaande producten. Dit betreft een thermische behandeling gericht op verhoging van de gasproductie.

Bij alle combinaties wordt het landbouwdeel meegenomen. Dit bestaat uit het landbouwland en het melkvee dat nodig is voor de centrale onderdelen van EnergieRijk.

In Figuur 2 zijn de stofstromen aangegeven tussen de verschillende onderdelen. In paragraaf 2.2 worden de uitgangspunten per onderdeel beschreven.



Figuur 2. Schema stofstromen, restwarmte en CO<sub>2</sub> in EnergieRijk.

## 2.2 Dimensionering onderdelen

Om EnergieRijk als systeem te kunnen evalueren moet een aanname worden gedaan voor de omvang van de verschillende onderdelen. Dit betreft de centrale installaties (vergister, bioethanolinstallatie en de algenvijver) en het landbouwbedrijf (vee en land). De onderdelen maken gebruik van elkaars restproducten zodat behoefte en aanbod op elkaar moeten worden afgestemd.

Het gaat om de volgende restproducten:

- Warmte wkk naar bioethanolinstallatie en algenvijver
- CO<sub>2</sub> wkk naar algenvijver
- Digestaat naar algenvijver en bouwland

Bij de dimensionering is uitgegaan van een melkveebedrijf van 200 koeien. Van daaruit kan de mestproductie en de omvang van de vergistingsinstallatie worden berekend en de daarbij geproduceerde restwarmte, CO<sub>2</sub> en digestaat. De laatstgenoemde bepalen de omvang van de ethanolinstallatie en de algenvijvers. Hierbij is als uitgangspunt gehanteerd dat er alleen maar restwarmte en CO<sub>2</sub> wordt gebruikt die vrijkomt bij de vergister.

### Vergister

Zoals hierboven aangegeven is bij de omvang van de verschillende onderdelen van EnergieRijk uitgegaan van een melkveebedrijf van 200 koeien. Uit de gemiddelde mestproductie per koe (circa 30 ton per jaar) kan de omvang van de vergister worden afgeleid (circa 6000 ton rundermest en 6000 ton co-producten per jaar).

#### *Co-producten*

In Tabel 1 is weergegeven hoe de vergister op dit moment wordt gevoed en van welke voeding is uitgegaan bij de scenarioberekeningen.

Op dit moment bestaat de voeding voor 50% uit rundermest. De andere 50% bestaat uit verschillende co-producten, namelijk 10% snijmais, 15% voerresten van het melkveebedrijf en 25% overig co-product. De keuze voor de laatste hangt af van het aanbod. Producten die zijn gebruikt zijn o.a. natuurgras, maïsstro, bloembolresten en aardappelen.

Als we in de scenariostudie de hoeveelheid rundermest en de hoeveelheid voerresten van 200 koeien op elkaar afstemmen, kan er slechts 1% voerrest worden meevergist. Dat dat nu wel 15% kan zijn komt, omdat slechts een beperkt deel van de mest (circa 10%) van het melkveebedrijf wordt vergist terwijl wel alle voerresten worden meevergist. In de evaluatie gaan we echter uit van een juiste afstemming van de omvang van de veestapel en de te vergisten hoeveelheid mest, waardoor er slechts 1% voerrest kan worden meevergist.

Bij de twee varianten met bioethanolproductie (ETH en ETH+ALG) is ervoor gekozen om maïsstro als co-product mee te vergisten (de korrels worden gebruikt voor de ethanolproductie). Het meevergisten van maïsstro is mogelijk tot maximaal 30%. Bij een hoger aandeel ontstaan problemen met drijfslagen. Verder bestaat de voeding uit 10% snijmais ten behoeve van een stabiel vergistingsproces. Voor de resterende 9% is uitgegaan van natuurgras (Tabel 1).

Bij de variant zonder bioethanolproductie (ALG) is naast snijmais (10%) en voerresten (1%) gekozen voor lelieresten (20%) en natuurgras (19%). Uit ervaring is gebleken dat te veel natuurgras problemen geeft. Daarom is uitgegaan van een mix van natuurgras en lelieresten. Bij het laatste gaat het om schoningsafval. In deze variant wordt geen maïsstro meevergist, omdat er geen korrelmaïs nodig is (geen bio-ethanolproductie).

Tabel 1. **Voeding vergister (gewichtpercentage vers).**

Product	EnergieRijk huidig	Scenariostudie Varianten met ethanol	Scenariostudie Varianten zonder ethanol
Rundermest	50	50	50
Snijmais	10	10	10
Voerresten	15	1	1
Overig co-product			
- Maïsstro		30	
- Natuurgras		9	19
- Lelieresten	25		20

### Gasproductie

Bij de berekening van de methaanproductie van de vergister is uitgegaan van de kengetallen zoals weergegeven in Tabel 2. Voor rundermest, snijmais en maïsstro is uitgegaan van waarden gebaseerd op de gemeten gasproductie in de vergister van EnergieRijk. Bij natuurgras en lelieresten zijn (nog) geen goede gasproductiecijfers beschikbaar. Voor natuurgras is deze gebaseerd op het verschil in verteringscoëfficiënt met snijmais. Bij natuurgras was deze circa 20% lager dan voor snijmais. Voor de gasproductie is vervolgens ook uitgegaan van een 20% lagere waarde in vergelijking met die van snijmais. Voor schoningsafval van lelies wordt op dit moment onderzoek uitgevoerd. De gehanteerde gasproductie is gebaseerd op eerste labvergistingproeven die zijn uitgevoerd.

Bij de voerresten is uitgegaan van een gewogen gemiddelde van graskuil, snijmaïskuil en krachtvoer (50% graskuil, 35% maïskuil en 15% krachtvoer op versgewichtsbasis).

Tabel 2. **Kengetallen methaanproductie.**

Product	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg os	Vorbewerking	
		Ja/nee	Extra gasproductie
Rundermest	0.17	Ja	+20 en +40%
Snijmais	0.38	Nee	
Maïsstro	0.28	Ja	+20 en +40%
Natuurgras	0.30	Ja	+20 en +40%
Lelieresten	0.32	Nee	
Voerresten	0.36	Nee	

### Thermische vorbewerking

In de varianten met een thermische vorbewerking is deze alleen toegepast bij rundermest, maïsstro en natuurgras. Vanwege het ontbreken van goede testresultaten is het niet mogelijk de noodzakelijke kengetallen voor de vorbewerker te baseren op behaalde meetresultaten (Hoeksma, 2013). Voor de gasproductie is uitgegaan van een subvariant met een 20% hogere gasproductie en een subvariant met een 40% hogere gasproductie. Eerdere labtesten hebben uitgewezen dat een verhoging met 40% potentieel mogelijk is.

De noodzakelijk warmte voor het proces wordt betrokken uit de wkk. Ook hiervoor ontbreken meetdata. Er is daarom uitgegaan van een geschatte warmtebehoefte van circa 500 MJ/ton ingaand product (energie nodig om ingaand product te verwarmen van 15 C tot 140 C). Hiervoor is de hoogwaardige warmte nodig (hoge temperatuur). Voor de elektriciteitsenergie is uitgegaan van 10% van de benodigde thermische energie.

## **WKK**

Het geproduceerde biogas in de vergister wordt verbrand in de WKK. Hierbij is uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

- Het elektrisch rendement bedraagt 36% en het warmterendement 60%.
- Bij de warmteproductie van de gasmotor is ervan uitgegaan dat 30% bestaat uit hoogwaardige warmte (hoge temperatuur) en 70% uit laagwaardige warmte (lage temperatuur).
- Voor de warmtebehoefte van de vergister is uitgegaan van 25% van de door de wkk geproduceerde warmte. Hiervoor kan laagwaardige warmte worden gebruikt. De resterende warmte kan worden gebruikt voor de andere onderdelen (voorbewerker, bioethanolinstallatie en de algenvijvers).
- Voor het interne elektriciteitsverbruik van de vergister+wkk (o.a. roeren, dosering co-producten, pompen) is uitgegaan van 7.5% van de bruto elektriciteitsproductie.

## **Bioethanolinstallatie**

Bij de vaststelling van de omvang van de bioethanolinstallatie is de warmtebehoefte bepalend. Uitgangspunt hierbij is dat er geen 'externe' warmte wordt gebruikt voor de algenvijvers en de bioethanolinstallatie.

Voor de afstemming zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Voor de bioethanolinstallatie is uitgegaan van een warmtebehoefte van 0.974 Mwh/m<sup>3</sup> geproduceerde ethanol-60 (Schipperus & Spruijt, 2013). Hiervoor kan alleen de hoogwaardige warmte van de gasmotor worden gebruikt. Er is uitgegaan van een warmteverlies van 25%.
- Voor de elektriciteitsbehoefte is uitgegaan van 0.144 Mwh/m<sup>3</sup> geproduceerde ethanol-60 (Schipperus & Spruijt, 2013).

## **Algenvijvers**

Bij de algenvijvers is uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

- Voor de warmte is uitgegaan van de behoefte op maandbasis. Met het algenmodel (Schipperus et al., 2013) is gegeven de warmtebeschikbaarheid en de warmtebehoefte per maand berekend bij welk aantal vijvers van 1000 m<sup>2</sup> de kosten per kg algenbiomassa het laagst zijn (zie algenrapport). Indien er in een bepaalde maand sprake is van een warmtetekort is de doeltemperatuur naar beneden bijgesteld en daarmee de algenproductie. Voor de algenvijvers kan zowel de hoogwaardige als laagwaardige warmte die wordt geproduceerd door de gasmotor, worden gebruikt. Evenals bij de bioethanol-installatie is uitgegaan van een warmteverlies van 25%.
- Voor de elektriciteitsbehoefte is uitgegaan van 45 Mwh per vijver van 1000 m<sup>2</sup> (Schipperus et al., 2013).
- Voor de productie van de algenbiomassa wordt uitgegaan van 14.3 ton geogste drogestof per ha (Schipperus et al., 2013).
- Voor de algenvoeding wordt gebruik gemaakt van de nutriënten in het digestaat. Hiertoe wordt het digestaat eerst gescheiden in een dunne en dikke fractie. De dunne fractie wordt gebruikt voor de voeding van de algenvijver. Bij de scheiding is er vanuit gegaan dat van de verse massa, drogestof, stikstof en fosfor er respectievelijk 83, 50, 80% en 70% in de dunne fractie terecht komt (mechanische scheiding met vijzelpers). Alleen het digestaat dat nodig is voor de algenvoeding wordt gescheiden.

## Landbouwdeel

### *Vee*

Zoals eerder aangegeven is uitgegaan van een melkveebedrijf van 200 melkkoeien. De koeien staan jaarrond op stal en het jongvee groeit elders op. Dit is conform de bedrijfsvoering van het bestaande melkveebedrijf. De benodigde voeding, melkproductie en mestproductie zijn berekend met het BedrijfsBegrotingsPogramma voor de Rundveehouderij (BBPR, Schils et al., 2007).

### *Landbouwland*

Uit het aantal koeien en het rantsoen van gras- en maïskuil kan het benodigde areaal aan grasland en snijmais worden afgeleid. Hierbij is zo veel mogelijk uitgegaan van zelfvoorziening met ruwvoer. Randvoorwaarde is wel dat er op maximaal 30% van het areaal snijmais wordt geteeld zodat er derogatie mogelijk is (maximaal 250 i.p.v. 170 kg N per ha uit dierlijke mest). Hierdoor wordt er iets meer gras geteeld dan noodzakelijk. Dit teveel wordt verkocht.

Naast grasland en snijmais voor de veevoeding is er extra snijmais nodig voor de vergistervoeding. Verder is er in de varianten met een bioethanolinstallatie korrelmais nodig. Het maïsstro wordt afgevoerd en vergist voor zover dat past binnen het rantsoen van de vergister (maximaal 30% maïsstro). Indien er voor de bioethanolproductie meer areaal korrelmais nodig is dan voor de voeding van de vergister, wordt op dat areaal het stro niet afgevoerd. Er is uitgegaan dat er per m<sup>3</sup> geproduceerde ethanol-60 2.6 ton korrels nodig is (Schipperus & Spruijt, 2013).

In de varianten zonder bioethanol is de korrelmais vervangen door wintertarwe. Dit is gedaan, omdat in de huidige praktijk op akkerbouwbedrijven als graangewas doorgaans wintertarwe wordt geteeld en geen korrelmais. Het areaal landbouwland is zodoende voor alle varianten gelijk. Strikt genomen valt het areaal wintertarwe niet meer binnen het systeem van Energierijk, echter voor de vergelijking is het wel logisch, omdat bij de varianten met ethanolproductie de teelt van korrelmais zal plaatsvinden ten koste van wintertarwe. Door het areaal gelijk te houden in alle varianten wordt mede het effect van verandering van gewasarealen zichtbaar.

### *Bemesting gewassen*

Het digestaat van de vergister gaat terug naar het landbouwland dat hoort bij de omvang van de centrale installaties. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Bij het digestaat wordt de hoogte van de gift bepaald door stikstofgebruiksnorm voor dierlijke mest of de fosfaatgebruiksnorm. Voor beide normen wordt uitgegaan van de waarden voor 2013.
- Het digestaat wordt eerst toegediend aan het grasland en de snijmais die wordt gebruikt voor veevoerdoeleinden. De hierna resterende hoeveelheid wordt verdeeld over het overige maïsland (snijmais voor de vergister en korrelmais) en wintertarwe. Op dit land wordt vervolgens tot aan de stikstofgebruiksnorm of fosfaatgebruiksnorm aangevuld met varkensdrijfmest.
- Op basis van gewasgebruiksnorm voor stikstof en de fosfaatgebruiksnorm (beide norm 2013) wordt aanvullend op het digestaat en de varkensdrijfmest aangevuld met respectievelijk kunstmeststikstof en fosfaatkunstmest.

## 2.3 Duurzaamheidsindicatoren

De duurzaamheid wordt beoordeeld via:

- Stroomschema van EnergieRijk van:
  - Nutriënten (stikstof en fosfor)
- Economie

Zoals reeds eerder aangegeven zullen broeikasgasemissies en energie via een LCA-analyse in en later stadium worden opgepakt.

Bij het opstellen van het stroomschema voor stikstof en fosfor is gebruik gemaakt van MFA (Material Flow Analysis; Brunner & Rechberger, 2004). Met dit programma worden op een systematische wijze processen en stofstromen van een systeem in kaart gebracht.



## 3 Resultaten analyse

### 3.1 Dimensionering

In Tabel 3 is voor de verschillende varianten weergegeven hoe groot de omvang van verschillende Energierijk-onderdelen is.

Basis is een melkveebedrijf met 200 koeien die per jaar ruim 6000 ton mest produceren. Alle geproduceerde mest wordt vergist. Uitgaande van 50% co-producten betekent dit een jaarlijkse voeding van ruim 12.000 ton materiaal (mest + co-producten).

De omvang van zowel de bioethanol productie als de algenkweek wordt bepaald door de beschikbaarheid van restwarmte van de vergister. De gebruikte hoeveelheid CO<sub>2</sub> en digestaat bij de algenkweek bedraagt slechts een fractie (< 1%) van de hoeveelheid geproduceerd door de co-vergister/WKK.

Met de door de wkk geproduceerde hoogwaardige warmte kan ruim 930 m<sup>3</sup> ethanol-60 worden geproduceerd. Indien naast de ethanolproductie tevens algenkweek plaatsvindt kan er met de resterende warmte 1 vijver van 1000 m<sup>2</sup> worden verwarmd. Indien er geen ethanol productie plaatsvindt kunnen er 2 vijvers van 1000 m<sup>2</sup> worden verwarmd. In deze variant is de warmte- en elektriciteitsproductie iets lager dan in varianten met ethanol. Dat komt doordat in plaats maïsstro natuurgras en lelieresten zijn meevergist. Met name de lelieresten hebben een lager drogestofgehalte waardoor de gasproductie per ton ingevoerd materiaal lager is.

Het noodzakelijke landbouwareaal voor de varianten met bioethanol bedraagt 330 ha. Voor de variant met alleen algenkweek is geen korrelmaïs nodig. Het noodzakelijke landbouwareaal bedraagt dan 113 ha. Zoals eerder aangegeven is bij deze variant in de analyse echter ook de 218 ha land meegenomen waarop in de varianten met bio-ethanol korrelmaïs werd geteeld. Nu is op dit areaal uitgegaan van wintertarwe.

#### **Effect voorbereiding**

Indien een voorbereiding plaatsvindt van een deel van de ingaande producten in de vergister (in dit scenario de rundermest en natuurgras), is alleen een variant met algenkweek meegenomen. Dit reden hiervoor is dat de voorbereider hoogwaardige warmte nodig heeft van de wkk, waardoor er onvoldoende hoogwaardige warmte resteert voor een rendabele ethanol-installatie.

De netto-elektriciteitsproductie (na aftrek van eigen gebruik vergister en voorbereider) is bij 20% en 40% extra gasproductie als gevolg van voorbereiding respectievelijk 135 en 380 Mwh hoger in vergelijking met een situatie zonder voorbereiding. De netto-warmteproductie stijgt met circa 200 Mwh (+20% extra gas) en 600 Mwh (+40% extra gas). In beide situaties levert de voorbereiding echter onvoldoende extra warmte om een extra vijver van 1000 m<sup>2</sup> te kunnen verwarmen.

Benadrukt moet worden dat deze berekeningen slechts een ruwe indicatie geven, omdat de resultaten van de gedane testen geen goede basis geven voor inschatting van de extra gasproductie en het elektriciteits- en warmteverbruik voor de voorbereiding.

Tabel 3. **Dimensionering onderdelen EnergieRijk bij de diverse scenario's.**

Variant:		ALG	ETH	ALG+ETH	ALG Ja (+20/+40% extra gas)
Vorbewerking:		Nee	Nee	Nee	
<b>Landbouw</b>					
<i>Areaal</i>					
Grasland	ha	61	61	61	61
Snijmais, veevoer	ha	26	26	26	26
Snijmais, vergister	ha	26	26	26	26
Korrelmais, +stro <sup>1</sup>	ha		152	152	
Korrelmais, -stro <sup>1</sup>	ha		66	66	
Wintertarwe	ha	218			218
Totaal	ha	330	330	330	330
<i>Koeien</i>	aantal	200	200	200	200
<b>Vergister</b>					
Runderdrijfmest	ton/jaar	6068	6068	6068	6068
Voerresten	ton/jaar	88	88	88	88
Snijmais	ton/jaar	1214	1214	1214	1214
Maisstro	ton/jaar	0	3641	3641	0
Natuurgras	ton/jaar	2339	1126	1126	2339
Lelieresten	ton/jaar	2427	0	0	2427
Totaal	ton/jaar	12136	12136	12136	12136
Digestaat	ton/jaar	10675	10565	10565	10515/10350
<b>Wkk</b>					
<i>Elektriciteit</i>					
Bruto	Mwh/jaar	2252	2422	2422	2501/2750
Netto <sup>2</sup>	Mwh/jaar	2083	2240	2240	2216/2465
<i>Warmte</i>					
Bruto	Mwh/jaar	3754	4036	4036	4169/4584
Netto <sup>2</sup>	Mwh/jaar	2816	3027	3027	3005/3420
hoogwaardig	Mwh/jaar	1126	1211	1211	1251/1375
laagwaardig	Mwh/jaar	1690	1816	1816	1754/2045
CO <sub>2</sub>	Ton/jaar	2183	2347	2347	2424/2665
<b>Algenvijver</b>					
Oppervlak	m <sup>2</sup>	2000		1000	2000
Hoeveelheid biomassa	kg drogestof	2866		1433	2866
<b>Bioethanol</b>					
ethanol-60 productie	m <sup>3</sup> /jaar	0	933	933	0

1 + stro = stro verwijderd van land en vergist, - stro = stro niet verwijderd van land

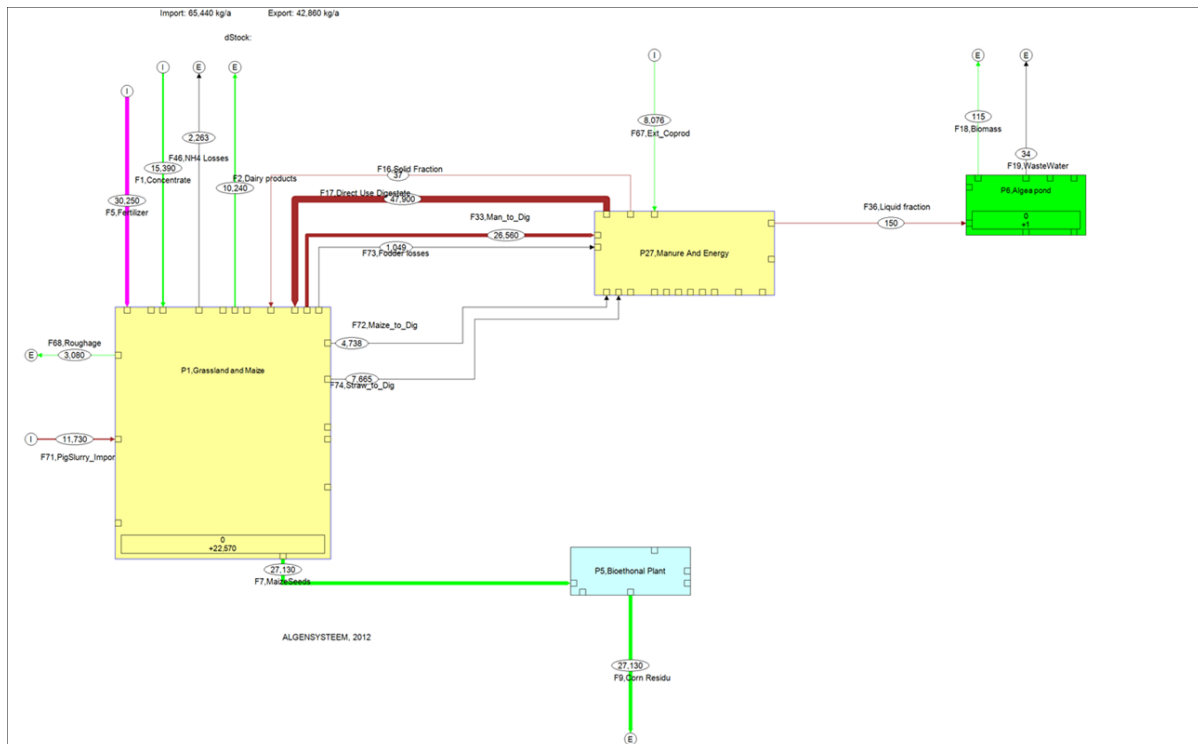
2 na aftrek intern verbruik vergister/wkk + voorbewerker

## 3.2 Stikstof- en fosforstromen

### 3.2.1 Stikstof

In Figuur 3 zijn de stikstofstromen weergegeven voor de variant met zowel een bioethanolinstallatie als algenvijvers (zonder voorbereiding). Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de compartimenten landbouw, vergister, algenvijvers en bioethanolinstallatie. Het compartiment landbouw bestaat uit het landbouwland en het vee. Bij het compartiment vergister zijn, indien van toepassing, tevens de voorbereider en de mestscheider meegenomen. De dikte van de pijlen geeft de omvang van de stroom weer.

Belangrijke N-stromen zijn bemesting van het landbouwland (digestaat, varkensmest en kunstmest) en geoogste producten (gras, snijmaïs, korrelmaïs). Verder blijkt dat in varianten met algenkweek er slechts een fractie van de stikstof in het digestaat wordt gebruikt voor algenvoeding. Het grootste deel gaat naar het landbouwland.



Figuur 3. Stikstofstromen van de variant met zowel bioethanol en algenkweek.

In Tabel 4 is de stikstofbalans weergegeven voor het totale systeem. Voor de drie systemen zonder voorbereiding van ingaande producten van de vergister bedraagt het stikstofoverschot circa 25000 kg. Dit betekent circa 75 kg N per ha landbouwland. Het overschot ontstaat voor een belangrijk deel door accumulatie op landbouwgrond en door ammoniakemissie in stal, mestopslag en bij mesttoediening. Hoewel het overschot weinig verschilt tussen de systemen, zijn er wel grote verschillen tussen de in- en outputstromen, met name tussen het systeem zonder ethanolproductie (ALG) en die met ethanolproductie (ETH en ETH+ALG). De verschillen hangen samen met de veranderde voeding van de vergister (in ALG natuurgas en lelieresten i.p.v. korrelmaïsstro, zie Tabel 3) en doordat er in systeem ALG wintertarwe wordt geteeld in plaats van korrelmaïs. Door de veranderde voeding van de vergister is de N/P-verhouding in het digestaat in

systeem ALG lager. Hierdoor is er binnen de fosfaatgebruiksnormen minder ruimte om varkensmest aan te voeren, waardoor er meer kunstmest nodig is. Daarnaast stijgt de kunstmestbehoefte doordat er wintertarwe wordt geteeld in plaats van korrelmaïs. De N-behoefte van wintertarwe is hoger dan die van korrelmaïs.

In de doorgerekende situatie met een voorbewerker daalt het stikstofoverschot. Dit komt door een lagere kunstmestbehoefte die weer een gevolg is van een hogere stikstofwerking van het digestaat doordat door de voorbewerking meer organische N is afgebroken en daardoor beter beschikbaar is voor het gewas.

In Tabel 4 is in de laatste kolom de situatie weergegeven zonder Energierijk. In dat geval is er geen digestaat beschikbaar en worden de gewassen (gras, snijmaïs en wintertarwe, dezelfde arealen als in situatie met Energierijk) bemest met onvergiste rundermest, varkensmest en kunstmest. In dit geval wordt meer varkensmest gebruikt. Ook het kunstmestgebruik is fors hoger. Dit komt deels door de lagere stikstofwerking van onvergiste rundermest in vergelijking met digestaat. Daarnaast kan er door de hoge N/P-verhouding in varkensmest minder kunstmest worden vervangen dan bij gebruik van digestaat.

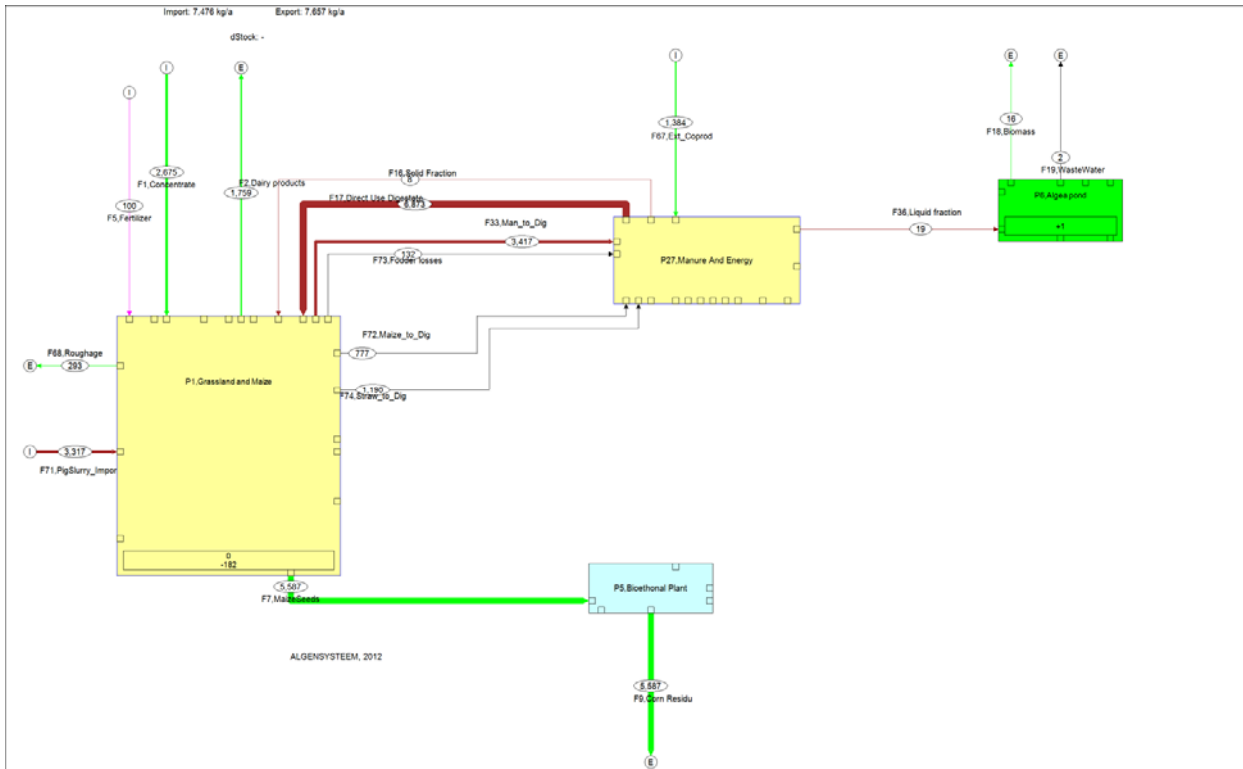
Tabel 4. **Stikstofbalans van de verschillende systemen.**

Variant:	ALG	ETH	ETH+ALG	ALG	Geen
Vorbewerking:	Nee	Nee	Nee	Ja <sup>1</sup>	
<i>Input</i>					
Varkensmest	8594	11654	11730	8594	23858
Kunstmest	39250	30193	30247	35385	47203
Krachtvoer	15386	15386	15386	15386	15386
Vee	1048	1048	1048	1048	1048
Natuurgras	16783	8076	8076	16783	
Lelieresen	3471	0	0	3471	
<i>Output</i>					
Ruwvoer	3080	3080	3080	3080	3080
Tarwe, korrel+stro	44865	0	0	44865	44863
Melk	9726	9726	9726	9726	9726
Vee	1560	1560	1560	1560	1560
Algenbiomassa	229	0	115	229	
Maïsschroot	0	27135	27135	0	
Afvalwater algenkweek	69	0	34	69	
<i>Overschot</i>	25003	24857	24837	21138	28267
<i>Overschot, kg N/ha</i>	76	75	75	64	86

1 variant met 40% meer gasproductie

### 3.2.2 Fosfor

In Figuur 4 is het flowdiagram voor fosfor weergegeven voor de variant met zowel bioethanol als algenkweek (zonder voorbewerking). Evenals voor stikstof wordt ook voor fosfor maar een klein deel gebruikt voor de voeding van de algen.



Figuur 4. Fosforstromen van de variant met zowel bioethanol en algenkweek.

Bij fosfor is in alle systemen het overschot ongeveer gelijk aan nul (Tabel 5). Het fosforoverschot accumuleert volledig in de bodem van het landbouwland. Omdat de maximaal toegestane aanvoer via de fosfaatgebruiksnormen ongeveer gelijk is aan de afvoer met geoogst product is het overschot vrijwel gelijk aan nul in de doorgeredende situaties.

Evenals bij stikstof zijn er tussen de systemen wel grote verschillen in aan- en afvoerposten. Deze hebben dezelfde achtergrond als bij stikstof (zie hierboven).

Tabel 5. **Fosforbalans van de verschillende systemen.**

	ALG	ETH	ETH+ALG	ALG	Geen
Vorbewerking:	Nee	Nee	Nee	Ja	
<b>Input</b>					
Varkensmest	2430	3296	3317	2430	6747
Kunstmest	74	103	100	74	0
Krachtvoer	2675	2675	2675	2675	2675
Vee	304	304	304	304	304
Natuurgras	2877	1384	1384	2877	
Lelieresen	631	0	0	631	
<b>Output</b>					
Ruwvoer	293	293	293	293	293
Tarwe, korrel+stro	7347	0	0	7347	7347
Melk	1612	1612	1612	1612	1612
Vee	450	450	450	450	450
Algenbiomassa	32	0	16	32	
Maïsschroot	0	5587	5587	0	
Afvalwater algenkweek	4	0	2	4	
<i>Overschot</i>	-747	-179	-179	-747	25
<i>Overschot, kg P/ha</i>	-2	-1	-1	-2	0

### 3.3 Economie

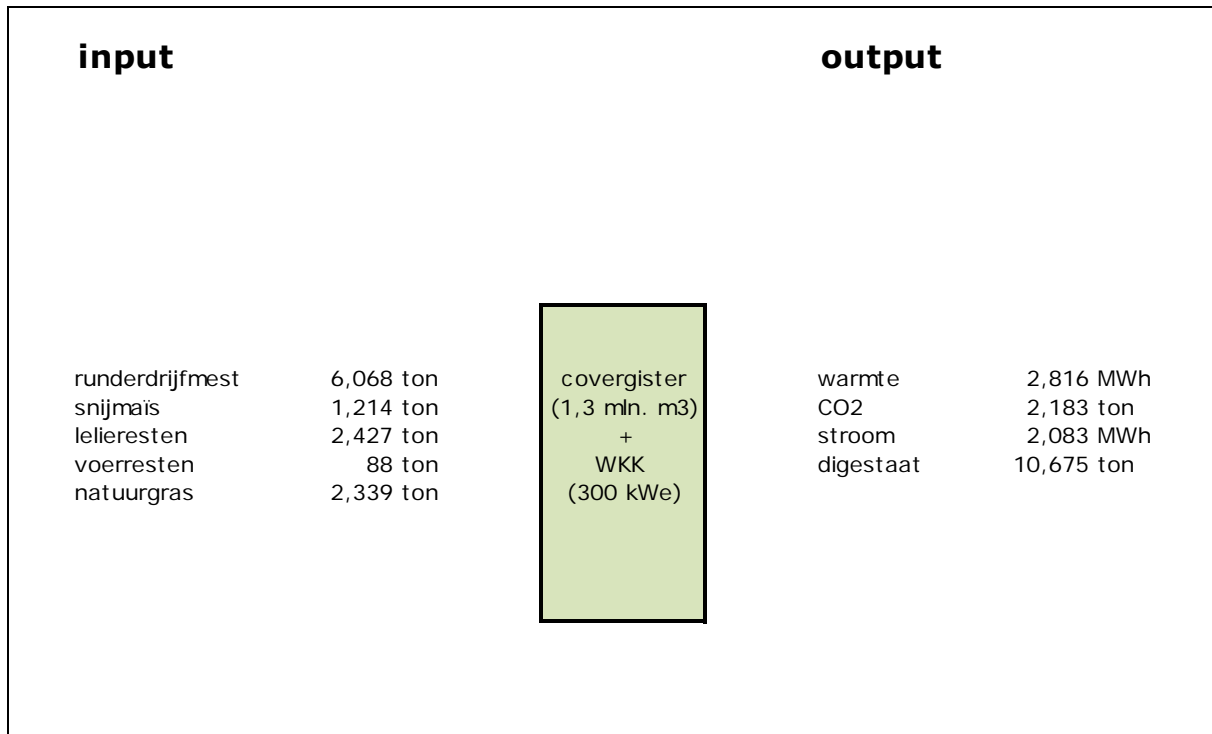
In dit hoofdstuk worden de resultaten van de economische berekeningen gepresenteerd. Hierbij zijn de drie varianten beschouwd zoals weergegeven in paragraaf 2.1. Daarnaast is ook een variant meegenomen voor een situatie met alleen een covergister met WKK, dus zonder koppeling aan andere installaties.

Er zijn geen varianten meegenomen waarin een deel van de ingaande producten in de vergister zijn verbouwd. De reden hiervoor is dat er (nog) geen goede informatie beschikbaar is wat betreft investeringskosten en operationele kosten van een verbouwingsinstallatie.

De gebruikte kengetallen voor kosten zijn afkomstig van de economische modellen voor de bioethanolproductie (Schipperus & Spruijt, 2013) en algenkweek (Schipperus et al., 2013). De kengetallen voor de co-vergister en WKK zijn afkomstig uit het technisch-economische model dat hiervoor is ontwikkeld. Hiervan is nog geen publicatie beschikbaar.

#### **Covergister met WKK**

Een co-vergister die voor de helft gevoed wordt met runderdrijfmest van 200 koeien en voor de helft met een combinatie van snijmaïs, lelieresten, voerresten en natuurgras kan 1,2 mln. m<sup>3</sup> biogas per jaar produceren. Een daarbij passende installatie met een capaciteit van 1,3 mln. m<sup>3</sup> biogas en een WKK van 300 kWe vergt een investering van €2,1 mln. Deze installatie produceert stroom, warmte, CO<sub>2</sub> en digestaat (zie Figuur 5).



Figuur 5. **Stroomschema alleen covergister met WKK.**

Wanneer de covergister met WKK niet gekoppeld is aan andere installaties, leveren alleen de te verwerken rundermest en de opgewekte stroom geld op (zie Tabel 1 in de bijlage). De geproduceerde warmte en de CO<sub>2</sub> verdwijnen in de lucht en om het digestaat af te voeren moeten kosten worden gemaakt.

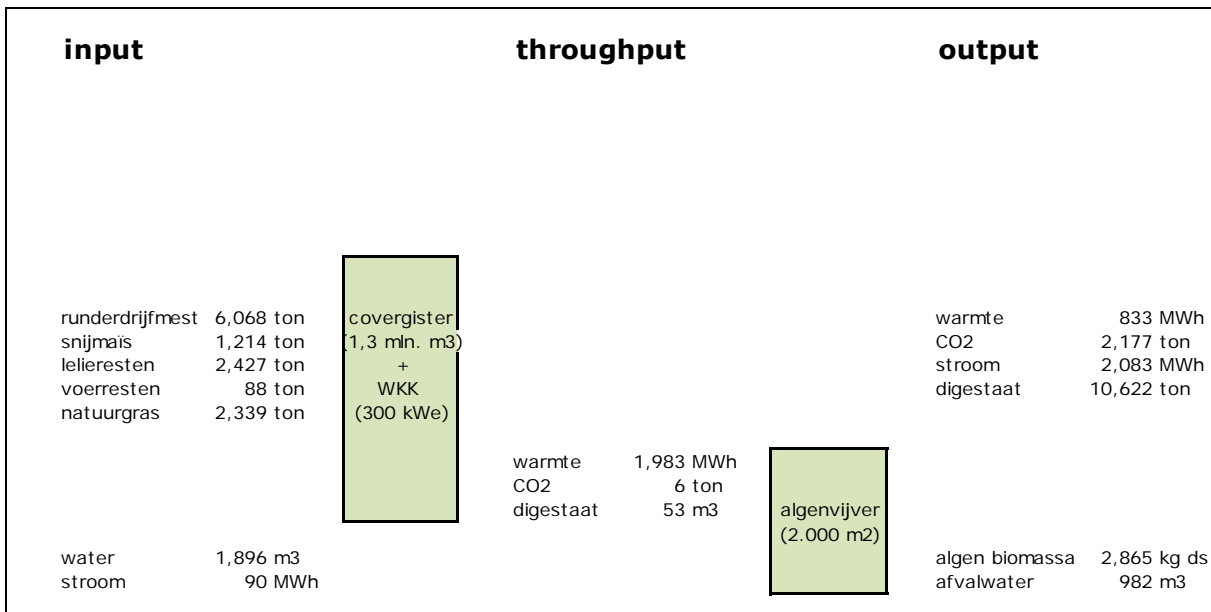
De kosten voor de voeding, installatie, grond, arbeid en het af te voeren digestaat wegen dan niet op tegen de opbrengsten. Het rendement op het geïnvesteerde vermogen is nauwelijks positief: de investering kan niet op redelijke termijn worden terugverdiend.



### Covergister met WKK + Algenvijver

Bij deze variant wordt een deel van de warmte, CO<sub>2</sub> en het digestaat die de covergister+WKK produceert gebruikt om algen te kweken (zie Figuur 6). Na aftrek van de warmte nodig voor het op temperatuur houden van de vergister is er 2815 MWh beschikbaar voor verwarming van algenvijvers. Rekening houdend met een warmteverlies van 25% kunnen hiermee twee algenvijvers van 1.000 m<sup>2</sup> geïnstalleerd worden.

Bij de algenkweek wordt ook CO<sub>2</sub> gebruikt uit het rookgas van de WKK. De hiervoor benodigde hoeveelheid bedraagt slechts een fractie (< 1%) van de productie in de WKK.



Figuur 6. **Stroomschema covergister met WKK plus algenvijver.**

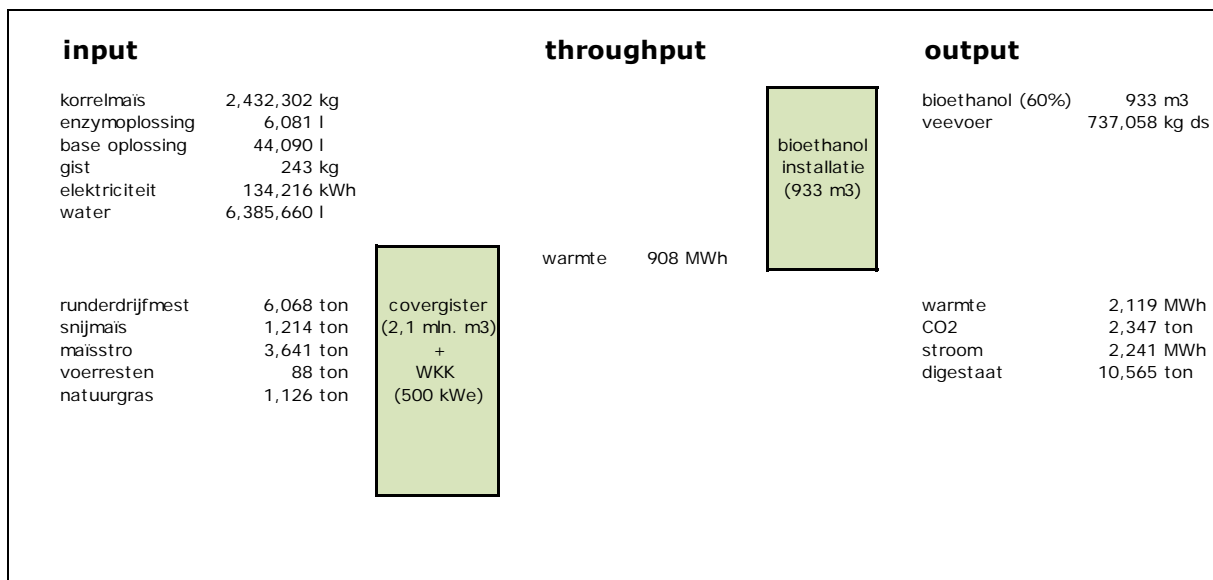
Hierdoor ontstaan extra opbrengsten door de SDE-subsidie op warmteterugwinning en de opbrengst van de algen (zie Tabel 2 in de bijlage). Ook hoeft er wat minder digestaat te worden afgezet, maar dit is slechts een fractie van de totale geproduceerde hoeveelheid. De algenvijver vergt een extra investering van € 0,4 mln. Het rendement op de investering in beide installaties samen is wel positief, namelijk 4% en de terugverdientijd bedraagt 24 jaar. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat de opbrengstprijzen van de algen erg hoog is ingeschat.

### Covergister met WKK + bioethanolinstallatie

In deze variant kan de hoogwaardige warmte van de WKK gebruikt worden voor een bioethanol installatie.

De WKK produceert 3027 MWh aan warmte. Hiervan kan circa 30% worden gebruikt als hoogwaardige warmte. Als verder rekening wordt gehouden met 25% warmteverlies kan met de restwarmte van de WKK een bioethanol installatie met een capaciteit van 933 m<sup>3</sup> bioethanol (60%) mogelijk. Deze heeft een warmtebehoefte van 908 MWh hoogwaardige warmte en kost € 0,8 mln. De bioethanol installatie levert opbrengsten in de vorm van bioethanol en veevoer.

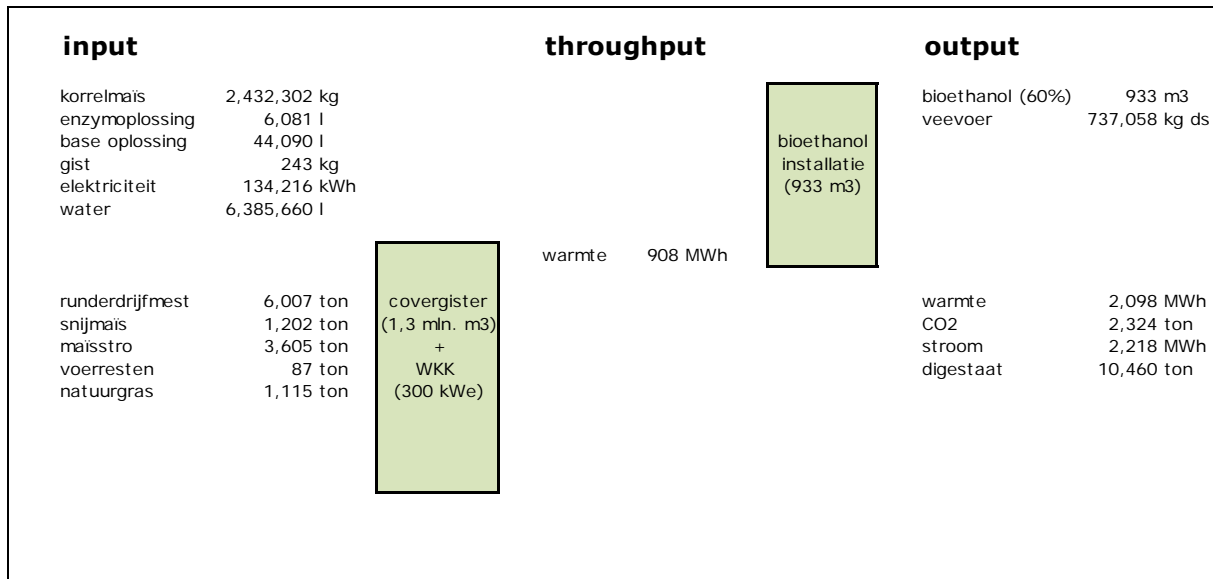
Doordat de covergister nu met maïsstro gevoed wordt in plaats van lelieresten en (deels) natuurgas is de gasproductie hoger dan in de vorige varianten. Hierdoor is net een grotere capaciteit vergister (2,1 mln. m<sup>3</sup> biogas) en WKK nodig (500 kWe), wat een investering van € 2,9 mln. betekent. Samen met de investering voor de bioethanolinstallatie (€ 0,8 mln.) betekent dit een totale investering van € 3,6 mln. Het rendement op de investering is 4% en de terugverdientijd 24 jaar (zie Tabel 3 in de bijlage).



Figuur 7. **Stroomschema covergister met WKK plus bioethanolinstallatie.**

Als de hoeveelheid voeding met 1% verlaagd wordt, zou een kleinere covergister (1.3 mln. m<sup>3</sup>) met WKK (300 kWe) net voldoende capaciteit hebben, zie Figuur 8.

Dit is economisch interessanter: de benodigde investering is € 2,9 mln., het rendement op de investering is 7 % en de terugverdientijd 15 jaar (zie Tabel 4 in de bijlage). Vooral de opbrengsten van de bioethanol en het veevoer zorgen voor een verbetering van het economisch resultaat.

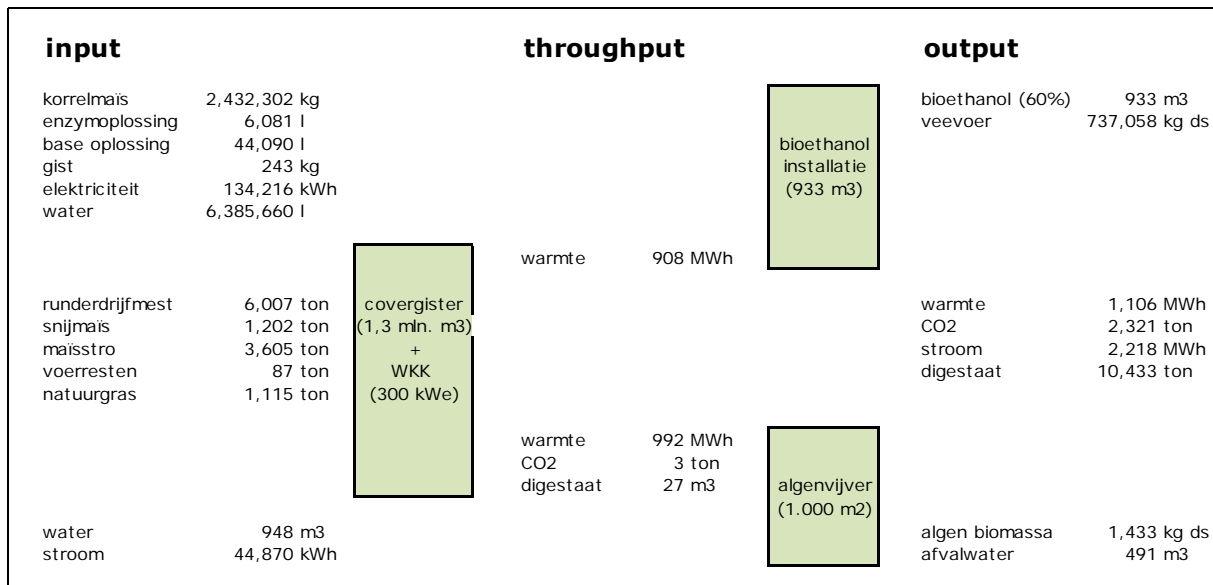


Figuur 8. **Stroomschema kleinere covergister met WKK plus bioethanolinstallatie.**

## Covergister met WKK + algenvijver+ bioethanolinstallatie

Als alle installaties aan elkaar gekoppeld en op elkaar afgestemd worden, krijgt de algenvijver gezien het warmteaanbod een omvang van 1.000 m<sup>2</sup>. Het stroomschema wordt weergegeven in Figuur 9.

Dit scenario geeft de beste economische resultaten. Het rendement op de investering is 8% en de terugverdientijd 13 jaar (zie Tabel 5 in de bijlage).



Figuur 9. Stroomschema covergister met WKK plus algenvijver plus bioethanolinstallatie.

## Samenvatting

Bij een covergister met WKK die niet gekoppeld is aan andere installaties, leveren alleen de opgewekte stroom en de te verwerken rundermest geld op. De kosten voor de voeding, installatie, grond, arbeid en het af te voeren digestaat wegen dan niet op tegen de opbrengsten. De investering in de installatie kan niet op redelijke termijn worden terugverdiend.

Een deel van de warmte, CO<sub>2</sub> en het digestaat die de WKK produceert kan gebruikt worden om algen te kweken. Hierdoor ontstaan extra geldopbrengsten, vooral door de opbrengst van de algen en voor een deel door de mogelijke SDE subsidie op warmteterugwinning. De terugverdientijd van de investering in beide installaties samen is beter dan een 'losse' covergister met WKK. Hier moet wel bij opgemerkt worden dat de opbrengstprijs van de algen erg hoog is ingeschat.

De koppeling met een bioethanol installatie is economisch nog interessanter, vooral vanwege de hoge geldopbrengsten van de bioethanol en het veevoer en gedeeltelijk door de SDE subsidie op warmteterugwinning.

Een investering in een combinatie van deze drie installaties kan in 13 jaar worden terugverdiend.

<b>Installatie(s)</b>	<b>Investering</b>	<b>terugverdientijd</b>
covergister met WKK (300 kWe)	€ 2,1 mln.	n.v.t.
Covergister met WKK (300 kWe) + Algenvijver (2.000 m <sup>2</sup> )	€ 2,6 mln.	24 jaar
Covergister met WKK (300 kWe) + bioethanolinstallatie (933 m <sup>3</sup> )	€ 2,9 mln.	15 jaar
Covergister met WKK (300 kWe) + algenvijver (1.000 m <sup>2</sup> ) + bioethanolinstallatie (933 m <sup>3</sup> )	€ 3,1 mln.	13 jaar

## 4 Conclusies

### Dimensionering

- Een co-vergister die met 50% mest wordt gevoed en die qua omvang is afgestemd op de mestproductie van een melkveebedrijf van 200 koeien (circa 6000 ton mest en 6000 ton co-producten per jaar) produceert netto 2100 MWh (variant met alleen algenkweek) en 2250 MWh (varianten met ethanolproductie) aan elektriciteit. De verschillen ontstaan door verschillen in voeding met co-producten.
- De beschikbaarheid van restwarmte is de beperkende factor voor de omvang van de algenkweek en ethanolproductie. De gebruikte hoeveelheid CO<sub>2</sub> en digestaat bij de algenkweek bedraagt slechts een fractie (< 1%) van de hoeveelheid geproduceerd door de co-vergister/WKK.
- Met de restwarmte kan circa 950 m<sup>3</sup> ethanol-60 worden geproduceerd en er kunnen respectievelijk 1 (variant met algenkweek en ethanolproductie) en 2 vijvers van 1000 m<sup>2</sup> (variant met alleen algenkweek) worden verwarmd.

### Stikstof en fosforstromen

- Alle drie beschouwde systemen hebben een stikstofoverschot van 25000 kg. Dit komt overeen met 75 kg N per ha landbouwland. Het overschot ontstaat door accumulatie in de bodem en ammoniakemissie.
- Het kunstmestgebruik verschilt duidelijk tussen de systemen. Bij de systemen met ethanolproductie wordt ruim 9000 kg N (27 kg N per ha) minder kunstmest gebruikt dan in het systeem met alleen algenkweek. In vergelijking met een situatie zonder Energierijk is het kunstmestgebruik in alle drie systemen lager (minus 8000 tot 17000 kg N, minus 24-51 kg N per ha).
- Het verhogen van de gasproductie door een voorbewerking verlaagt het kunstmestgebruik als gevolg van een hogere stikstofwerking van het digestaat doordat meer organische stikstof is afgebroken in vergelijking met een situatie zonder voorbewerking.
- Het fosforoverschot is in de doorgerekende varianten licht negatief (-180 tot -750 kg P, -1 tot -2 kg P per ha).

### Economie

- Zonder koppeling van de co-vergister met WKK aan de andere installaties kan de investering in de installatie niet op redelijke termijn worden terugverdiend.
- Bij een koppeling met algenkweek ontstaan extra opbrengsten (algenbiomassa, SDE-subsidie warmteterugwinning) en bedraagt de terugverdientijd 24 jaar. Hierbij is wel uitgegaan van een hoge prijs voor de algenbiomassa.
- Een koppeling van de co-vergister aan de ethanolinstallatie is economisch gunstiger (terugverdientijd investeringen van 15 jaar) vanwege de relatief hoge geldopbrengsten van de bio-ethanol en het veevoer en de SDE-subsidie op de warmteterugwinning.
- Door zowel algen te kweken als bioethanol te produceren kan de terugverdientijd van de investeringen worden teruggebracht naar 13 jaar.





## 5 Referenties

Brunner, P.H. & H. Rechberger, 2004. Practical Handbook of Material Flow Analysis. Advanced Methods in Resource and Waste Management. Lewis Publishers, CRC Press Company, London, 318 pp.

Hoeksma, P., 2013. Thermische voorbehandeling van rundveedrijfmest en maïsstro d.m.v. TurboTec procedé.

Schils, R.L.M., M.H.A. de Haan, J.G.A. Hemmer, A. van den PolOvan Dasselaar, J.A. de Boer, A.G. Evers, G. Holshof, J.C. van Middelkoop, & R.L.G. Zom, 2007. Dairy Wise, a whole farm model. Journal of Dairy Science, Volume 90(11), p. 5334-5346.

Schipperus, R., Spruijt, J., Weide, R. van der, 2013. EnergieRijk; Deelproject algenteelt.

Schipperus, R. en J. Spruijt, 2013. EnergieRijk; Deelproject decentrale bioethanol productie.



## Bijlagen

Tabel 1. Economische resultaten alleen covergister met WKK

<b>Investering:</b>				<b>€ 2,112,331</b>
<hr/>				
<b>Opbrengsten</b>				
SDE op netto stroomproductie:	2,083,463	kWh	€ 0.15	<b>€ 312,519</b>
<hr/>				
<b>Kosten</b>				
runderdrijfmest	6,068	ton	€ -10.00	€ -60,680
snijmais	1,214	ton	€ 52.00	€ 63,128
Lelieresten	2,427	ton	€ 0.00	€ 0
Voerresten	88	ton	€ 0.00	€ 0
Natuurgras	2,339	ton	€ 40.00	€ 93,560
Af te voeren digestaat	10,675	ton	€ 10.00	€ 106,745
Afschrijving installatie				€ 109,259
Rente installatie				€ 52,808
Verzekering installatie				€ 10,562
Onderhoud installatie				€ 42,247
grond				€ 104
arbeid				€ 52,808
<b>kosten totaal</b>				<b>€ 470,540</b>
<hr/>				
<b>Bedrijfseconomisch resultaat<sup>1</sup>:</b>				<b>€ -158,021</b>
<b>ROI<sup>2</sup></b>				<b>0.2%</b>
<b>TVT<sup>3</sup></b>				<b>522 jaar</b>

<sup>1</sup> Het bedrijfseconomisch resultaat is de opbrengst minus de kosten (inclusief rente- en afschrijvingskosten)

<sup>2</sup> Het ROI is het Rendement op het geïnvesteerde vermogen, dat zijn de opbrengsten minus de kosten (exclusief rente- en afschrijvingskosten) gedeeld door het geïnvesteerde vermogen. Hierbij is geen rekening gehouden met inflatie en prijsstijgingen.

<sup>3</sup> De TVT is de Terug Verdien Tijd, dat is het geïnvesteerde vermogen gedeeld door de opbrengsten minus de kosten (exclusief rente- en afschrijvingskosten). Hierbij is geen rekening gehouden met inflatie en prijsstijgingen.

Tabel 2. Economische resultaten covergister met WKK plus algenvijver

<b>Investing:</b>				
<i>Covergister met WKK</i>				€2,112,331
<i>algenvijver</i>				€448,566
<b>Totaal investering</b>				<b>€2,560,897</b>
<b>Opbrengsten</b>				
<i>Covergister met WKK</i>				
netto stroomproductie: SDE	2,083,463	kWh	€0.15	€312,519
Warmte met SDE warmte terugwinning	1,983,096	kWh	€0.02	€37,679
<i>algenvijver</i>				
Algen biomassa	2,865	kg ds	€35.00	€100,289
<b>opbrengst totaal</b>				<b>€450,487</b>
<b>Kosten</b>				
<i>Covergister met WKK</i>				
runderdrijfmest	6,068		-€10.00	-€60,680
snijmais	1,214		€52.00	€63,128
Lelieresten	2,427		€0.00	€0
Voerrest	88		€0.00	€0
Natuurgras	2,339		€40.00	€93,560
digestaat	10,622		€10.00	€106,220
afschrijving				€109,259
rente				€52,808
verzekering				€10,562
onderhoud				€42,247
grond				€104
arbeid				€52,808
<i>algenvijver</i>				
Warmte van WKK	1,983,096	kWh	€0.00	€0
CO2 van WKK	5,983	kg	€0.00	€0
Digestaat van covergister	53	m3	€0.00	€0
Water	1,896	m3	€0.88	€1,664
stroom	89,740	kWh	€0.11	€9,602
afvalwater	982	m3	€0.10	€98
afschrijving				€30,270
rente				€13,569
verzekering				€2,243
onderhoud				€1,290
grond				€333

arbeid	€18,700
<b>kosten totaal</b>	<b>€547,784</b>
<b>Bedrijfseconomisch resultaat:</b>	<b>-€97,297</b>
<b>ROI</b>	<b>4.2%</b>
<b>TVT</b>	<b>23.6 jaar</b>

Tabel 3. Economische resultaten covergister met WKK plus bioethanolinstallatie.

<b>Investing:</b>				
<i>Covergister met WKK</i>				€2,869,930
<i>bioethanolinstallatie</i>				€778,999
<b>Totaal investering</b>				<b>€3,648,929</b>
<b>Opbrengsten</b>				
<i>Covergister met WKK</i>				
netto stroomproductie: SDE	2,240,512	kWh	€0.15	€336,077
Warmte met SDE warmte terugwinning	908,250	kWh	€0.02	€17,257
<i>bioethanolinstallatie</i>				
bioethanol (60%)	932,689	l	€0.34	€313,570
veevoer	737,058	kg ds	€0.50	€368,529
<b>opbrengst totaal</b>				<b>€1,035,433</b>
<b>Kosten</b>				
<i>Covergister met WKK</i>				
runderdrijfmest	6,068	ton	-€10.00	-€60,680
snijmais	1,214	ton	€52.00	€63,128
maïsstro	3,641	ton	€15.00	€54,615
Voerrest	88	ton	€0.00	€0
Natuurgras	1,126	ton	€40.00	€45,040
digestaat	10,565	ton	€10.00	€105,654
afschrijving				€148,445
rente				€71,748
verzekering				€14,350
onderhoud				€57,399
grond				€104
arbeid				€71,748
<i>bioethanolinstallatie</i>				
korrelmais	2,432,302	kg	€0.16	€389,168
enzymoplossing	6,081	l	€6	€36,485

base oplossing	44,090	l	€0.31	€13,668
gist	243	kg	€9	€2,189
elektriciteit	134,216	kWh	€0.11	€14,361
water	6,385,660	l	€0.88	€5,607
licentiekosten	560	m <sup>3</sup>	€15	€8,394
rente				€21,422
afschrijving				€51,933
onderhoud				€46,740
verzekering				€3,895
grond				€27
arbeid				9233
<b>kosten totaal</b>				<b>€1,174,673</b>
<b>Bedrijfseconomisch resultaat:</b>				<b>-€139,240</b>
<b>ROI</b>				<b>4.2%</b>
<b>TVT</b>				<b>23.6 jaar</b>

Tabel 4. Economische resultaten kleiner covergister met WKK plus bioethanolinstallatie.

<b>Investing:</b>				
<i>Covergister met WKK</i>				€2,112,331
<i>bioethanolinstallatie</i>				€778,999
<b>Totaal investering</b>				<b>€2,891,330</b>
<b>Opbrengsten</b>				
<i>Covergister met WKK</i>				
netto stroomproductie: SDE	2,218,107	kWh	€0.15	€332,716
Warmte met SDE warmte terugwinning	908,250	kWh	€0.02	€17,257
<i>bioethanolinstallatie</i>				
bioethanol (60%)	932,689	l	€0.34	€313,570
veevoer	737,058	kg ds	€0.50	€368,529
<b>opbrengst totaal</b>				<b>€1,032,072</b>
<b>Kosten</b>				
<i>Covergister met WKK</i>				
runderdrijfmest	6,007	ton	-€10.00	-€60,073
snijmaïs	1,202	ton	€52.00	€62,497
maïsstro	3,605	ton	€15.00	€54,069
Voerrest	87.12	ton	€0.00	€0
Natuurgras	1,115	ton	€40.00	€44,590
digestaat	10,460	ton	€10.00	€104,597
afschrijving				€109,259
rente				€52,808
verzekering				€10,562
onderhoud				€42,247
grond				€104
arbeid				€52,808
<i>bioethanolinstallatie</i>				
korrelmaïs	2,432,302	kg	€0.16	€389,168
enzymoplossing	6,081	l	€6	€36,485
base oplossing	44,090	l	€0.31	€13,668
gist	243.2302	kg	€9	€2,189
elektriciteit	134,216	kWh	€0.11	€14,361
water	6,385,660	l	€0.88	€5,607
licentiekosten	560	m3	€15	€8,394
rente				€21,422
afschrijving				€51,933
onderhoud				€46,740



---

verzekering	€3,895
grond	€27
arbeid	9233
<b>kosten totaal</b>	<b>€1,076,589</b>

---

<b>Bedrijfseconomisch resultaat:</b>	<b>-€44,517</b>
<b>ROI</b>	<b>6.6%</b>
<b>TVT</b>	<b>15.1 jaar</b>

---

Tabel 5. Economische resultaten covergister met WKK plus algenvijver plus bioethanolinstallatie.

<b>Investering:</b>				
<i>Covergister met WKK</i>				€2,112,331
<i>algenvijver</i>				€233,356
<i>bioethanolinstallatie</i>				€778,999
<b>Totaal investering</b>				<b>€3,124,686</b>
<b>Opbrengsten</b>				
<i>Covergister met WKK</i>				
netto stroomproductie: SDE	2,218,107	kWh	€0.15	€332,716
Warmte met SDE warmte terugwinning	1,899,798	kWh	€0.02	€36,096
<i>algenvijver</i>				
Algen biomassa	1,433	kg ds	€35.00	€50,144
<i>bioethanolinstallatie</i>				
bioethanol (60%)	932,689	l	€0.34	€313,570
veevoer	737,058	kg ds	€0.50	€368,529
<b>opbrengst totaal</b>				<b>€1,101,055</b>
<b>Kosten</b>				
<i>Covergister met WKK</i>				
runderdrijfmest	6,007	ton	-€10.00	-€60,073
snijmais	1,202	ton	€52.00	€62,497
maïsstro	3,605	ton	€15.00	€54,069
Voerrest	87	ton	€0.00	€0
Natuurgras	1,115	ton	€40.00	€44,590
digestaat	10,433	ton	€10.00	€104,327
afschrijving				€109,259
rente				€52,808
verzekering				€10,562
onderhoud				€42,247
grond				€104
arbeid				€52,808
<i>bioethanolinstallatie</i>				
korrelmais	2,432,302	kg	€0.16	€389,168
enzymoplossing	6,081	l	€6	€36,485
base oplossing	44,090	l	€0.31	€13,668
gist	243.23015	kg	€9	€2,189
elektriciteit	134,216	kWh	€0.11	€14,361
water	6,385,660	l	€0.88	€5,607

licentiekosten	560	m3	€15	€8,394
rente				€21,422
afschrijving				€51,933
onderhoud				€46,740
verzekering				€3,895
grond				€27
arbeid				€ 9,233
<i>algenvijver</i>				
Warmte van WKK	991,548	kWh	€0.00	€0
CO2 van WKK	2,992	kg	€0.00	€0
Digestaat van covergister	27	m3	€0.00	€0
Water	948	m3	€0.88	€832
stroom	44,870	kWh	€0.11	€4,801
afvalwater	491	m3	€0.10	€49
afschrijving				€15,747
rente				€7,059
verzekering				€1,167
onderhoud				€671
grond				€167
arbeid				€9,350
<b>kosten totaal</b>				<b>€1,116,162</b>
<b>Bedrijfseconomisch resultaat:</b>				<b>-€15,106</b>
<b>ROI</b>				<b>7.8%</b>
<b>TVT</b>				<b>12.9</b>



