

## **Haalbaarheidsstudie Duurzame energie uit bio-afval**

Waterstofrijk brandbaar gas uit natte biomassa



Eindverslag

Johannes M.L. Penninger, SPARQLE International B.V.

Jan van de Lageweg, Maatschap Van de Lageweg

Bertus Buizer, Buizer Advies

27 april 2012

Naam projectleider en (mede-)uitvoerder:

A.(Bertus) Buizer

Buizer Advies [duurzame landbouw en energie](#)

De Welle 48

8939 AT Leeuwarden

T. 058-2990530

M. 06-24597803

E. [b.buizer@buizeradvies.nl](mailto:b.buizer@buizeradvies.nl)

I. [www.buizeradvies.nl](http://www.buizeradvies.nl)

Indiener aanvraag:

Samenwerkingsverband Duurzame energie uit bio-afval

J.(Jan) van de Lageweg (gemachtigd medeaanvrager)

Maatschap Van de Lageweg

Aldhof 2

9246 TM Olterterp

T. 0512-381554

M. 06-54992996

E. [vandelageweg@hetnet.nl](mailto:vandelageweg@hetnet.nl)

Projectpartner:

De Âlde Delte, Beetsterzwaag; Agrarische Natuurvereniging in Opsterland

Agrarische Natuurvereniging



Deze haalbaarheidsstudie heeft plaatsgevonden in het kader van de Regeling '**Samenwerking bij innovatieprojecten 2010**' van het Ministerie van Economische Zaken, landbouw en Innovatie.

Foto op de omslag: *Pilot unit in aanbouw voor vergassing door middel van het SK Water proces (Superkritisch Water proces)*

Foto: SPARQLE International

## Inhoudsopgave

|           |                                                                                                                        |           |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>  | <b>PROJECTDEELNEMERS</b>                                                                                               | <b>5</b>  |
| <b>2</b>  | <b>PROJECTORGANISATIE EN -UITVOERING</b>                                                                               | <b>5</b>  |
| <b>3</b>  | <b>INLEIDING</b>                                                                                                       | <b>6</b>  |
| <b>4</b>  | <b>DOELSTELLINGEN</b>                                                                                                  | <b>7</b>  |
| <b>5</b>  | <b>VERRICHTE ACTIVITEITEN</b>                                                                                          | <b>7</b>  |
| <b>6</b>  | <b>PERSPECTIEVEN VOOR VEEHOUDERIJBEDRIJF EN WATERSCHAP</b>                                                             | <b>12</b> |
| <b>7</b>  | <b>KETENAANPAK VERWERKING NATTE BIOMASSA RESTSTROMEN</b>                                                               | <b>15</b> |
| 7.1       | Welke natte biomassa reststromen zijn er in Friesland en in welke hoeveelheid?                                         | 15        |
| 7.2       | Hoe kunnen natte biomassa reststromen gelabeld worden?                                                                 | 17        |
| 7.3       | Vergunningen en certificering                                                                                          | 17        |
| 7.4       | Afzet of benutting voor eigen doelen                                                                                   | 18        |
| <b>8</b>  | <b>OMZETTING VAN COMPOST IN BRANDBAAR GAS EN MINERALEN</b>                                                             | <b>18</b> |
| <b>9</b>  | <b>RESULTATEN</b>                                                                                                      | <b>19</b> |
| <b>10</b> | <b>BIJKOMENDE EFFECTEN</b>                                                                                             | <b>19</b> |
| <b>11</b> | <b>SAMENVATTING</b>                                                                                                    | <b>20</b> |
| <b>12</b> | <b>CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN</b>                                                                                     | <b>23</b> |
|           | <b>BIJLAGEN</b>                                                                                                        | <b>26</b> |
|           | Bijlage 1. Reforming of compost for fuel gas and minerals                                                              | 27        |
|           | Bijlage 2. Berekeningsprogramma biedt inzicht in wat superkritische vergassing oplevert                                | 75        |
|           | Bijlage 3. Websitepagina <a href="http://www.buizeradvies.nl/energie.html">http://www.buizeradvies.nl/energie.html</a> | 85        |

|                                                                                       |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Bijlage 4. Persbericht over Haalbaarheidsstudie Duurzame energie uit bio-afval</b> | <b>87</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| <b>Bijlage 5. Nieuwsbrief</b> | <b>91</b> |
|-------------------------------|-----------|

## 1 Projectdeelnemers

Aan deze haalbaarheidsstudie namen de volgende bedrijven deel, die voor dit doel het *Samenwerkingsverband Duurzame energie uit bio-afval* hebben gevormd:

Maatschap Van de Lageweg, Olterterp

|                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| Omschrijving:       | Landbouwonderneming |
| Sector:             | Melkveehouderij     |
| Omvang onderneming: | 120 melkkoeien      |
| Eindproduct:        | Melk                |

F.J. Postma, Tijnje

|                     |                                           |
|---------------------|-------------------------------------------|
| Omschrijving:       | Landbouwonderneming                       |
| Sector:             | Melkveehouderij en agrarisch natuurbeheer |
| Omvang onderneming: | 70 melkkoeien                             |
| Eindproduct:        | Melk en natuur                            |

SPARQLE International BV, Hengelo

SPQL

|                     |                                                                                              |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Omschrijving:       | Technologie-ontwikkeling voor innovatie in de commerciële praktijk                           |
| Sectoren:           | Duurzame energie en schone chemie                                                            |
| Omvang onderneming: | BV; 1,5 fte                                                                                  |
| Eindproduct:        | Gepatenteerde technologie voor de winning van waterstofrijk brandbaar gas uit natte biomassa |

## 2 Projectorganisatie en -uitvoering

De projectleiding en organisatie en ook de mede-uitvoering van de haalbaarheidsstudie was uitbesteed aan Buizer Advies, Leeuwarden. Zie [www.buizeradvies.nl](http://www.buizeradvies.nl).

SPARQLE International berekende en beschreef in deze haalbaarheidsstudie onder meer het proces, de schaalgrootte en kosten van het Superkritisch Water proces (SK Water proces) en van het conditioneringsproces van waterstofrijk brandbaar gas.

Tijdens de haalbaarheidsstudie voerde SPARQLE International ook een praktijkexperiment uit met de omzetting in waterstofrijk brandbaar gas van digestaat uit een bio-vergister.

Het bedrijf is patenthouder en leverancier van deze technologie. Zie [www.sparqle.com](http://www.sparqle.com).

De beide andere genoemde ondernemingen in het samenwerkingsverband gaven aan de hele haalbaarheidsstudie een inbreng, met name wat betreft de input (rundveedrijfmest, natuurgras, bermgras, digestaat, etc.) en wat betreft de bestemming van de output bij de verwerking van natte biomassa tot waterstofrijk brandbaar gas.

### 3 Inleiding

Sinds de start van het project 'Haalbaarheidsstudie Duurzame energie uit bio-afval' op 1 juli 2010 is er veel overlegd, gerekend en genetwerkt en zijn er veel data's verzameld. Daarbij zijn behalve de reststromen natuurgras, bermgras, gft-afval en digestaat ook expliciet rundveedrijfmest en waterzuiveringsslib betrokken. Allemaal vormen van natte biomassa, die in de provincie Friesland voorkomen. Veel melkveehouderijbedrijven produceren meer rundveedrijfmest dan zij op eigen grond kwijt kunnen en de huidige verwerking van waterzuiveringsslib gaat gepaard met hoge kosten voor de burgers en bedrijven en veel milieuverontreiniging. Daar lijkt economisch en milieutechnisch veel te winnen. Dit sluit goed aan bij de aanleiding van het project. In het gebied Beekdal Koningsdiep nabij het Friese Beetsterzwaag, waarin de melkveehouderij ondernemingen van het samenwerkingsverband zijn gevestigd, wordt gewerkt aan de invulling van de EHS (Ecologische Hoofd Structuur). De condities voor landruil waren nog niet aantrekkelijk en de vergoedingen voor beheerspakketten werden als te laag ervaren. Met de invulling van de EHS wilde het dan ook nog niet erg vlotten, nog los van de drie jaar vertraging die de voltooiing van de EHS in 2011 bij overheidsbesluit kreeg (2021 werd toen al genoemd in plaats van 2018, en kort daarna zou blijken dat, vanwege de economische en financiële crisis in Europa, de invulling van de EHS voorlopig nog wel langer onzeker zou blijven). Hierdoor bleven de toekomstmogelijkheden voor de melkveehouderij in het gebied te lang onzeker. Dat was de aanleiding van de betreffende melkveehouders voor het idee om een meerwaarde te genereren uit natte biomassa, zoals natuurgras, bermgras, digestaat (uit biovergisters), gft-afval, etcetera, allemaal vormen van bio-afval. Gras van natuurland en bermen bijvoorbeeld bevat onder meer schadelijke planten als Jacobskruiskruid, Waterkruiskruid en Paardebloem, waardoor het niet geschikt is als veevoer en digestaat bijvoorbeeld is een afvalproduct van biovergisters. Deze natte reststromen, oftewel natte biomassa, zijn volgens het samenwerkingsverband van grote economische betekenis. Zij wil die daarom gaan exploiteren.

Een mogelijkheid is het produceren van duurzame energie uit bio-afval door omzetting van natte biomassa in waterstofrijk brandbaar gas, dat via een WKK kan worden omgezet in warmte en elektriciteit. Hiertoe biedt zich een nieuwe technologie aan, te weten vergassing in hogedruk stoom (Superkritisch Water, afgekort: SK Water) als medium. Met deze zogenaamde superkritische vergassing kunnen natte biomassa stromen volledig worden omgezet in waterstofrijk brandbaar gas met de minerale bestanddelen als niet-vergasbaar restproduct. De waterstofrijk brandbaar gas kan vervolgens geconditioneerd worden en zal naar verwachting geschikt zijn voor toepassing in de industrie en voor opwekking van stroom voor de huishoudens in het gebied. Dit kan een grote impact hebben op de business groei van de ondernemingen binnen het samenwerkingsverband en andere ondernemingen, de regio met betrekking tot duurzame en goedkopere verwerking van natte biomassa en een welkome invulling geven aan het energie- en CO<sub>2</sub> reductiebeleid van de provincie Friesland. Gaandeweg de projectuitvoering bleek, dat dit ook geldt voor de terugwinning van de eindige grondstof fosfaat uit natte biomassa.

## 4 Doelstellingen

Het belangrijkste doel van deze haalbaarheidsstudie betreffende de productie van waterstofrijk brandbaar gas uit natte biomassa door middel van het SK Water proces was, om goed inzicht te krijgen in de mogelijkheden voor de totale keten wat betreft het product (input, welke, hoeveel en hoe te labelen), de schaalgrootte, logistiek, opslag, wet- en regelgeving (o.a. noodzakelijke vergunningen), afzet (benutting vrijkomende warmte, elektriciteit, vloeibaar CO<sub>2</sub>-rijk gas), fasering (incl. go / no go momenten) en bedrijfseconomisch rendement.

Een doelstelling was ook om ten behoeve van een optimale synergie en kostenefficiëntie aansluiting te zoeken bij andere activiteiten zoals compostering, natuurbeheer (EHS) en bijvoorbeeld het energie- en CO<sub>2</sub>-reductiebeleid van de Provincie.

## 5 Verrichte activiteiten

De projectdeelnemers en Buizer Advies hebben de verschillende onderdelen en aspecten in de haalbaarheidsstudie onderzocht. Daarin zijn ten behoeve van het economische aspect ook mogelijke aansluitingen met andere activiteiten in het gebied betrokken. Zo is er bijvoorbeeld aansluiting gezocht bij ELAN, de overkoepelende vereniging van Agrarische natuurverenigingen in Zuidoost Friesland, waarvan projectpartner De Âlde Delte (Agrarische natuurvereniging, Opsterland) lid is, en bij het Wetterskip Fryslân, het waterschap voor de hele provincie Friesland dat 34 gemeenten omvat.

In de opzet van de haalbaarheidsstudie was ook in een “go / no go” moment voorzien, waar de mogelijkheden voor een rendabele bedrijfsmatige exploitatie van natte biomassastromen uit bio-afval niet toerijkend zouden blijken te zijn. Bij die afweging is unaniem voor “go” gekozen.

In onderstaande overzicht zijn de onderwerpen waaronder de verrichte activiteiten vallen van dezelfde codes (A.1, A.2 enz.) voorzien als in de begroting.

*Overzicht van de verrichte activiteiten en van de mate waarin deze hebben bijgedragen aan de doelstellingen van het project:*

### A.1 - Deelnemersoverleg

Zeer regelmatig, tot soms 1 keer per maand heeft er een deelnemersoverleg plaatsgevonden, veelal in Beetsterzwaag. Maar ook per e-mail en vooral telefonisch heeft er al of niet ad hoc overleg plaatsgevonden.

#### - Go / no go moment

Op 17 maart 2011 werd tijdens het deelnemersoverleg in Beetsterzwaag unaniem voor voortzetting van het project gekozen. Het werd dus “go”.

| Beoordeling* |    |   |
|--------------|----|---|
| +++          | ++ | + |
| x            |    |   |
| x            |    |   |

### A.2 Deelnemersexkursie

Met de projectdeelnemers is een aantal malen een excursie uitgevoerd naar het prototype voor een SK Water Unit die in Wijhe door projectdeelnemer SPARQLE International B.V. gebouwd werd voor de verwerking van digestaat. De knelpunten en vorderingen leidden tot levendige discussies en uitwisseling van veel ideeën.

### B.1 Informatiebijeenkomst voor primaire ondernemers en TBO's in het EHS-gebied

Projectdeelnemer Maatschap Van de Lageweg heeft met staatsbosbeheer gesproken over de bestemming van natuurgras in de EHS van de gemeente Opsterland. Van het natuurgras en bermgras wordt deels compost gemaakt. Maar gezien de strenger wordende regels wat betreft zware metalen in compost, is de verwachting dat dit in de toekomst moeilijkheden zal geven.

### B.2a - Netwerken met bedrijven en organisaties wv verwerking en afzet:

- *Agr. Natuurverenigingen (ANV's)*

Met de Agrarische Natuurvereniging en projectpartner De Âlde Delte is door projectdeelnemer F.J. Postma regelmatig overleg geweest over het beheer, schaalgrootte en logistiek wat betreft het natuurgras in de EHS Koningsdiep. Ook is er regelmatig gesproken met ELAN, de overkoepelende vereniging van Agrarische Natuurverenigingen in Zuidoost Friesland, waarvan De Âlde Delte er een is. Het idee voor de verwerking van het natuurgras tot waterstofrijk brandbaar gas is daar goed ontvangen.

- *Gemeenten (i.v.m. bermgras, gft, etc.)*

Met de gemeente Opsterland is er veelvuldig overleg geweest over de perspectieven en vragen voor de verwerking van natte biomassa. Als vergunningverlener wil de gemeente ook constructief meedenken. Daarnaast is er intensief overleg geweest met deze gemeente omdat zij in een recent visiestuk de ambitie heeft uitgesproken om twee dorpen uit de gemeente, Tijnje en Nijbeets, samen met de bewoners energieneutraal te maken. Het zijn beide dorpen met, net als elders in Friesland, overwegend melkveehouderij in het buitengebied. Bij dit overleg is ook de gebiedscoördinator van de provincie Friesland betrokken en de Stichting Plattelânsprojecten. Afsproken is, om de resultaten van de haalbaarheidsstudie af te wachten.

- *Afvalverwerkingsbedrijven*

De projectgroep heeft met de directeur van Orgaworld een overleg gehad in Beetsterzwaag. Orgaworld heeft een vestiging in Drachten en verwerkt daar jaarlijks 75.000 ton gft-afval tot compost. Zij nemen de gft-afval af van de gemeenten. Die bepalen waar het gft-afval heen gaat. Orgaworld denkt nog niet aan een andere methode van verwerking met een beduidend hoger verwacht energetisch rendement als dat van het SK Water proces.

- *Waterschap (in verband met rioolwaterzuiveringsslib)*

Met Wetterskip Fryslân (Het Waterschap voor heel Friesland) is door Buizer Advies

|   |  |  |
|---|--|--|
| x |  |  |
| x |  |  |
|   |  |  |
| x |  |  |
| x |  |  |
| x |  |  |
| x |  |  |



contact gezocht. Na een eerste vooroverleg en nadat leidinggevendens kennis hadden genomen van de informatie vanuit het project Haalbaarheidsstudie Duurzame energie uit bio-afval, toonden zij interesse om nader met de projectgroep in overleg te gaan. De huidige verwerking van waterzuiveringsslib gaat gepaard met hoge kosten voor de burgers en bedrijven en veel milieuverontreiniging. Daarom zijn zij gaan kijken hoe de slibverwerking geoptimaliseerd zou kunnen worden. Het Wetterskip verwerkt nu al een aantal jaren een deel van het zuiveringsslib door middel van biovergisting, maar heeft achteraf moeten constateren dat die methodiek in tien jaar tijd weinig is verder ontwikkeld. Het Wetterskip is nu op een punt om te kijken, of zij de kosten voor de burgers en voor de bedrijven zouden kunnen verminderen door naast waterzuiveringsslib ook andere natte reststromen te verwerken.

Met andere woorden, het initiatief vanuit het project kwam beide partijen wel goed gelegen. Buizer Advies ontwikkelde mede namens de projectgroep op uitnodiging van het hoofd waterzuivering bij het waterschap het innovatief idee "*Vergassing van slib en andere vormen van natte biomassa d.m.v. SK Water proces*" als voorstel dat de belangen van zowel dit waterschap als van de projectdeelnemers, de veehouders in de provincie en het maatschappelijk belang zou verenigen. Het voorstel voor een nieuwe aanpak van de slibverwerking zou dan op pilotschaal moeten beginnen. Er volgde een gezamenlijk overleg, waarin Prof. dr. ir. J.M.L. Penninger van projectdeelnemer SPARQLE International een presentatie gaf over het SK Water Proces, dat SPARQLE International B.V. samen met enkele partners ontwikkelde. Men was unaniem van mening dat het voorstel het verdiende om aan de directie van het Wetterskip Fryslân te worden voorgelegd, hetgeen dan ook gebeurde. Sindsdien is er tussen de partijen nader informatie uitgewisseld. Bij de RWZI in Leeuwarden is een onderzoeks- en demonstratielocatie, van Wetsus, waar wellicht een pilot- en / of demonstratie-unit kan worden geplaatst.

- *Omvang en capaciteit*

Er is contact gemaakt met grotere partijen als het Wetterskip Fryslân en de gemeenten wat betreft de grotere omvang van de reststromen. Omdat deze lichamen een sturende bevoegdheid hebben, is het ook gemakkelijker om natte reststromen te labelen, zodat er een betrouwbaar bedrijfseconomisch beeld van de hele keten kan worden gegeven. Er is ook contact geweest met Friesland Campina omdat deze zuivelonderneming in de toekomst alleen energie voor haar fabrieken wil gebruiken, die door de melkveehouderijbedrijven is opgewekt.

Daarnaast is er o.a. ook contact gelegd met Greenchoice, een groen energiebedrijf, voor onderzoek naar mogelijkheden van afname van waterstofrijk brandbaar gas dan wel voor elektriciteit die via een WKK kan worden opgewekt. Greenchoice toonde interesse.

- *Samenwerking tussen primaire en evt. andere bedrijven*

Er is nagegaan, hoe bedrijven in het kader van de EHS kunnen samenwerken om het beheer en het maaien, verzamelen, de afzet en het transport van natuurgras zo efficiënt en goedkoop mogelijk te organiseren.

|   |  |  |
|---|--|--|
|   |  |  |
| x |  |  |
| x |  |  |

- *Milieueffecten*

Er is informatie ingewonnen van energie- en milieuspecialisten en uit een deskstudie, waaruit de verschillen in milieueffecten tussen de verschillende energiebronnen kunnen worden berekend.

- *wet- en regelgeving (vergunningen)*

De gemeente Opsterland is gevraagd om informatie over eventuele vergunningseisen bij verwerking van natuurgras, bermgras en de rulle fractie van rundveedrijfmest op de boerderij (achter de stal). De behandelend ambtenaar heeft zijn medewerking toegezegd.

B.2b - Potentiële afnemers zoeken voor:

- *Waterstofrijk brandbaar gas*

Er zijn oriënterende contacten geweest met Friesland Campina en Greenchoice voor de mogelijke afname van waterstofrijk brandbaar gas. Maar er is ook gekeken, wat een melkveehouderijbedrijf van 100 melkkoeien jaarlijks aan gas en elektriciteit verbruikt. Want het is financieel economisch beter als een bedrijf meer zelfvoorzienend wordt. Dat scheelt alleen al energiebelasting die daarmee wordt uitgespaard.

- *Vloeibaar CO<sub>2</sub>*

Er is geïnventariseerd welk type bedrijven een economisch belang hebben bij vloeibaar CO<sub>2</sub>.

- *Minerale reststoffen*

De projectgroep heeft het idee ontwikkeld en intern en extern besproken om de eindige delfstof fosfor te winnen uit natte biomassa.

In overleg met LTO Noord is besproken, welke procedure moet worden gevolgd om het gebruik van de mineralen als restproduct van de superkritische vergassing wettelijk erkend te krijgen als meststof in de land- en tuinbouw. Dit zou zowel voor de meststoffenkringloop als voor het milieu en de portemonnee een belangrijk extra pluspunt voor superkritische vergassing van natte biomassa kunnen zijn.

Er is ook gekeken naar de sociale en economische impact ('krimp') voor het landelijk gebied als bedrijven vanwege een fosfaatoverschot op slot zouden komen te staan.

### C.1 Informatiebijeenkomst met bedrijven, gemeenten en organisaties in het doelgebied

Er is met verschillende bedrijven en organisaties (A7-zone, Energy Valley, Gemeente, Bio-energie Noord, ANV De Âlde Delte) overleg geweest met het doel om waar mogelijk samen te werken. Daaruit zijn ook weer andere initiatieven voortgekomen, zoals het overleg met Orgaworld en met partijen in het overleg over het idee van energieneutrale dorpen.

### C.2 - Gebiedsoriëntatie potentie natte biomassa wat betreft:

- *Aard van het product*

Er is al voor een groot deel database aangelegd van aard en omvang en van het drogestofpercentage van de voorkomende natte organische reststromen in de

|   |  |  |
|---|--|--|
| x |  |  |
| x |  |  |
|   |  |  |
| x |  |  |
| x |  |  |
| x |  |  |
|   |  |  |
| x |  |  |

provincie Friesland, respectievelijk landelijk.

Met deze laatste gegevens is berekend, dat met de methode van superkritische vergassing in theorie in ca. 20% van de nationale energiebehoefte (inclusief die van de in Nederland gevestigde bedrijven) zou kunnen worden voorzien.

- *Tijdstip waarop het vrijkomt*

Om een beeld te krijgen van de aard en omvang van de mogelijke aanvoerstromen en benodigde opslagcapaciteit, is per reststroom gekeken naar eventuele piekperioden. Natuurgras wordt bijvoorbeeld niet gemaaid in het broedseizoen en rundveedrijfmest komt vooral tijdens de weideperiode in de zomermaanden op het land en dus niet in de mestput. Anders dan bij biovergisters kan een chemisch-fysisch proces als superkritische vergassing in principe op elk moment stopgezet worden. Dat maakt de verwerkingsmethode flexibel. Maar dat is niet per definitie economisch gunstiger, zo is berekend.

- *Samenwerking tussen primaire en evt. andere bedrijven*

De projectdeelnemers Maatschap Van de Lageweg en F.J. Postma hebben in en rondom het EHS-gebied een groot netwerk gevormd van zowel primaire als intermediaire bedrijven.

- *Omvang en procesketens*

In het berekeningsprogramma, dat in het kader van deze haalbaarheidsstudie ontwikkeld is, zijn verschillende mogelijke opties wat betreft de omvang van het te verwerken product doorgerekend.

Er zijn door projectdeelnemer SPARQLE International B.V. blokdiagrammen gemaakt voor de procesketens 'Gras-naar-Gas' en 'Mest-naar-Gas'.

- *Logistiek en transport*

De projectgroep heeft vooral contact gelegd met relevante bedrijven en organisaties in de regio. Dit met het oog op samenwerking, besparing transportkosten en het mogelijk maken van een optimale logistiek bij in- en output van de verwerking van natte biomassa. Dit maakt ook de lijnen korter en de totale keten overzichtelijker.

- *Prijs en economie voor melkveehouderijbedrijven, gemeenten etc.*

Er is speciaal voor de doelstellingen van de haalbaarheidsstudie een berekeningsprogramma ontwikkeld, waarmee technische en economische product- en schaalvarianten kunnen worden doorgerekend op (thermisch) energetisch, economisch en milieutechnisch rendement.

- *Milieueffecten*

Op basis van berekeningen van projectdeelnemer SPARQLE International B.V. zijn de theoretische milieueffecten ('CO<sub>2</sub> Foot prints') in beeld gebracht van de verschillende varianten die in de studie zijn uitgewerkt. Dit zijn heel belangrijke data voor het maatschappelijk draagvlak voor de nieuwe technologie (superkritische vergassing).

|   |  |  |
|---|--|--|
|   |  |  |
| x |  |  |
| x |  |  |
| x |  |  |
| x |  |  |
| x |  |  |
| x |  |  |

- *Technische en economische berekeningen voor een op de aan- en afvoer afgestemde productie-unit voor het SK Water proces op praktijkschaal en voor de conditionering van het waterstofrijk brandbaar gas*

Voor het kunnen werken met een SK Water Unit op boerderijschaal, dat wil zeggen achter de stal, is door projectdeelnemer Maatschap Van de Lageweg een ontwerp gemaakt voor de opslag van rundveedrijfmest bij een nieuwe stal en voor de mestscheiding.

- *Technische inventarisatie m.b.t. de eventueel noodzakelijke voorbereiding en m.b.t. de menging van verschillende vormen van natte biomassa*

Er is nagegaan en in de projectgroep besproken welke voorbereiding er nodig is voor gras en rundveedrijfmest om tot een optimaal vergassingsproces te kunnen komen.

#### D.1 Website maken en onderhouden

Websitepagina <http://www.buizeradvies.nl/energie.html> gemaakt voor haalbaarheidsstudie duurzame landbouw uit bio-afval en deze steeds up-to-date gehouden en daar diverse links naar toe geleid.

#### D.2 Artikelen schrijven / publiceren

Er is een persbericht gemaakt over inhoud, doelstellingen en aanpak van het project. Dat is naar ca. 150 redactieadressen gestuurd van landelijke en regionale media en naar de vakpers. Hierbij is uit synergetisch oogpunt ook aangehaakt bij de actualiteit in de veehouderij.

#### D.3 Nieuwsbrief maken / verspreiden

Over het project is een nieuwsbrief gemaakt en naar ca. 1300 adressen toegezonden, met name aan primaire ondernemers in de Nederlandse land- en tuinbouw. Hierbij is ook aangehaakt bij de actualiteit in de veehouderij.

|   |  |   |
|---|--|---|
| x |  |   |
| x |  |   |
|   |  | x |
|   |  | x |
|   |  | x |

\* betreft de mate waarin de verrichte activiteiten hebben bijgedragen aan de doelstellingen van het project;

legende: +++ = zeer hoog ++ = hoog + = redelijk hoog

## 6 Perspectieven voor veehouderijbedrijf en waterschap

Omdat de Europese Unie per 1 april 2015 geen melkquotering meer kent, zullen de melkveehouders vanaf die datum voor de wereldmarktprijs melken. Door een naar verwacht lagere melkprijs kunnen veehouders zich genoodzaakt zien om voor een behoud of toename van het bedrijfsinkomen hun veestapel uit te breiden. Een belangrijk belemmering daarbij kan worden gevormd als het dierrechten-systeem, dat nu alleen voor varkens en kippen geldt, vanaf 2015 ook voor melkvee gaat gelden. Bijvoorbeeld als veehouders er niet in slagen om zelf voor

een verantwoorde afzet van een mestoverschot zorg te dragen. Veehouders zijn voor een groot deel afhankelijk van de fosfaatbalans op hun bedrijf. Hoe meer fosfaat er met mestafvoer of via verwerking door een gecertificeerd verwerkingsbedrijf van het bedrijf verdwijnt, hoe meer mestplaatsingsruimte er voor de veehouder ontstaat.

De aanpak die de Nederlandse overheid voorstaat, is onder andere dat elke veehouder waarvan de dieren meer mest produceren dan op de eigen grond plaatsbaar is, een deel van zijn overschotmest moet aanbieden aan een gecertificeerde mestverwerker.

Een SK Water unit, waarvoor tijdens de haalbaarheidsstudie een pilot unit in aanbouw was, kan in de nabije toekomst - als de verwachtingen uitkomen - op boerderijschaal dierlijke mest verwerken, waaronder de dikke fractie van rundveedrijfmest. De mineralen die daarbij vrijkomen, kunnen dan hun weg vinden als wettelijk erkende kunstmestvervangers. Dat is in ieder geval de bestemming die de projectdeelnemers voor ogen hebben.

Ook bedrijven die een mestvergister hebben, voor wie de afzet van digestaat (het restproduct van het mestvergistingsproces) een probleem vormt, kunnen dit via een SK Water unit laten verwerken. Ook daaruit kunnen mineralen teruggewonnen worden.

Het Ministerie van EL&I maakt zich er in de EU sterk voor om teruggewonnen mineralen uit dierlijke mest erkend te krijgen als kunstmestvervangers. Dit blijkt uit de gezamenlijke brief van 28 september 2011 van staatssecretarissen Bleker van EL&I en Atsma van Infrastructuur en Milieu aan de Tweede Kamer.<sup>1</sup>

Vooraf in de dikke fractie van drijfmest zit veel fosfaat. De terugwinning van deze eindige en relatief dure grondstof en andere mineralen als kunstmestvervangers kan de import en het gebruik van kunstmest in Nederland en de noodzaak van mestexport terugdringen.

Grotere units kunnen ook interessant zijn voor waterschappen. Die werken immers hoofdzakelijk met natte biomassa. Het betreft vooral rioolwaterzuiveringsslib.

#### *Het SK Water proces*

Het werkingsprincipe van superkritieke vergassing van natte organische materialen is bekend. De techniek is echter nog niet eerder commercieel toegepast. In tegenstelling tot bij anaërobe vergisting is de techniek in staat om de organische fractie in natte biomassa vrijwel volledig om te zetten naar brandbaar gas, dat na enige reiniging kan worden omgezet in elektriciteit. Ook na aftrek van de eigen energiebehoefte wordt daardoor meer elektriciteit gemaakt dan bij anaërobe vergisting. Het proces biedt mogelijkheden om zouten geconcentreerd af te voeren en fosfaat en ammonium terug te winnen. Hierbij kan jaarlijks significant worden bespaard op de kosten voor droging en afzet van slib.

---

<sup>1</sup> Bron: Brief dd. 28 september 2011 van Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie aan de Tweede Kamer. Betreft: Toekomstig mestbeleid.

Het Superkritisch Water proces (SK Water proces), dat SPARQLE International heeft ontwikkeld in samenwerking met haar partners, biedt unieke mogelijkheden om slib om te zetten in energie (waterstofgas) en een restfractie. Het SK Water proces is gebaseerd op de reactiviteit van stoom bij hoge druk met koolstofhoudende substraten. In het bijzonder bij zogenaamde “superkritieke” condities, zoals 600 °C en 300 bar, staat water haar chemisch gebonden zuurstof af aan de koolstof van de substraten en vormt daarbij CO<sub>2</sub> en enig CO. De waterstof, gebonden aan het water en aan de substraten, komt daarbij vrij als waterstofgas, wat vervolgens ingezet kan worden als niet fossiele, groene brandstof.

De technologie verkeert in een vroeg stadium van ontwikkeling en is al uitvoerig getest en heeft de strenge testen goed doorstaan. Zij is ook al op kleine schaal gedemonstreerd. Een belangrijk onderdeel van de technologie vormt de bereiding van slurrie voor de reformer (vergasser).

Het SK Water proces is gedemonstreerd onder doorstromingscondities op bench scale (laboratoriumopstelling) met een doorzet aan slurrie van 1 kg / uur slurrie. Dit komt overeen met 1 kWth (kilowatt thermische energie). De slurrie was bereid uit compost en andere natte biomassa, zoals groen loof en digestaat.

Opschaling naar een (demonstratie-)unit, die op praktijkschaal werkt, zou een goede volgende stap kunnen zijn.

*Is het werken met SK Water unit bedrijfseconomisch gezien interessant?*

Uit bedrijfseconomische berekeningen verderop in dit verslag blijkt dat bij de gegeven aannames wat betreft prijzen van noodzakelijke investeringen de exploitatie van een SK Water unit bedrijfseconomisch interessant is als er voldoende geschikte aanvoer is van natte biomassa, hetzij in de vorm van rundveedrijfmest (dikke fractie), hetzij in de vorm van natuur- of bermgras, gft-afval en dergelijke. Wat een praktijkklaar model van een SK Water unit precies zal gaan kosten, is nog niet bekend.

Herkauwers zijn energetisch heel efficiënt, zo blijkt uit de lage energetische waarde van de rundveemest. Dat betekent, dat er bijvoorbeeld mest van meerdere melkveehouderijbedrijven nodig is, of anders een flink volume van een andere soort natte biomassa erbij, om een eigen SK Water unit met alle nodige investeringen en kosten voor de in- en output erbij voor een melkveehouderijbedrijf met 100 melkkoeien rendabel te kunnen maken.

Anders dan bij een mestvergister, kan de SK Water unit bij een tijdelijk tekort aan input relatief gemakkelijk uitgeschakeld worden om bij voldoende aanvoer weer ingeschakeld te worden. Dit maakt deze innovatieve verwerkingsmethode flexibel. Ook het feit dat de unit relatief klein van omvang is en mobiel inzetbaar vergroot de flexibiliteit en toepassingsmogelijkheden.



## 7 Ketenaanpak verwerking natte biomassa reststromen

Om de productie van waterstofrijk brandbaar gas uit natte biomassa reststromen door middel van het SK Water proces op een bedrijfszekere manier te kunnen organiseren, is goed inzicht nodig in de mogelijkheden voor de totale keten wat betreft:

- Welke reststromen er geschikt zijn en hoeveel ervan beschikbaar en te labelen is (input);
- Schaalgrootte, logistiek, opslag, wet- en regelgeving (o.a. noodzakelijke vergunningen);
- Afzet / benutting van waterstofrijk brandbaar gas, elektriciteit, vloeibaar CO<sub>2</sub>-rijk gas, mineralen (o.a. Fosfor) en vrijkomende warmte (output).

### 7.1 Welke natte biomassa reststromen zijn er in Friesland en in welke hoeveelheid?

Voor een optimale verwerking is het belangrijk, dat de natte biomassa uit een slurrie bestaat of daarin wordt omgezet, alvorens deze in de SK Water unit wordt ingevoerd.

Uitgangspunt daarbij is ook, dat de slurrie bij het begin van de bewerking minimaal 16% ds moet bevatten.

#### *Dierlijke mest*

Friesland telde in 2009 ongeveer 3000 melkveehouderijbedrijven met in totaal ongeveer 270.000 melkkoeien.<sup>2</sup> De omvang van de melkveestapel was de laatste tien jaren daarvoor met 10% uitgebreid door aankoop van melkquotum. De verwachting is, dat de melkveestapel door het wegvallen van de Europese melkquotering in 2015 nog meer en sneller in aantal zal stijgen. Als er van uitgegaan wordt, dat deze stijging 20% bedraagt, zal de Friese veestapel tegen 2020 ongeveer 325.000 melkkoeien tellen.

Een melkkoef (mk) produceert gemiddeld ca. 27 m<sup>3</sup> drijfmest per jaar. Indien weidegang plaatsvindt bedraagt de mestproductie gedurende de stalperiode ca. 22 ton per jaar.

Bij een mestoverschot in 2020 van bijvoorbeeld 30% zou in Friesland dan jaarlijks 22 ton x 325.000 melkkoeien x 30% = 2.145.000 ton rundveedrijfmest potentieel beschikbaar zijn voor verwerking. Dat komt overeen met 660 ton rundveedrijfmest per 100 melkkoeien.

Rundveedrijfmest bevat gemiddeld slechts ca. 86 kg ds per ton oftewel 8,6 %. Daarom is mestscheiding nodig in een dikke en dunne fractie. De dikke fractie is qua gewicht ongeveer 21% van de rundveedrijfmest.

---

<sup>2</sup> Bron: Wageningen UR, 2009. Landbouwverkenning provincie Fryslân tot 2020. Rapport 2009-045

Mestscheiding met een vijzelpers (ook wel schroefpersfilter genaamd) geeft een dikke fractie die goed kan worden opgeslagen (op een vaste plaat). Deze dikke fractie bevat dan ruim 20% ds (droge stof) en is stapelbaar.

Drijfmest bestaat voor ca. 90% uit water; na scheiding is de hoeveelheid dunne fractie daarom veel groter dan de hoeveelheid dikke fractie.

#### *Natuurgras en bermgras*

Gras van natuurland en bermen bijvoorbeeld bevat onder meer schadelijke planten als Jacobskruid, Waterkruid en Paardebloem, waardoor het vaak niet geschikt is als veevoer.

In 2008 was er 10.000 ha verworven en ingerichte nieuwe natuur (EHS) in Friesland.<sup>3</sup>

Van de EHS in het Beekdal Koningsdiep alleen al komt de eerste jaren na voltooiing naar verwachting jaarlijks in totaal  $500 \text{ ha} \times \text{ca. } 7 \text{ t/ha} = 3.500 \text{ ton}$  natuurgras.

Alle bermen in de provincie Friesland (uitgaande van 11.000 ha en 7 t/ha opbrengst) produceren per jaar naar schatting 77.000 ton bermgras.

Van de zeedijken komt jaarlijks via het Wetterskip Fryslân (Afdeling Primaire keringen) 50-100 ton gras.<sup>2</sup>

#### *Riet*

Per jaar komt er via het Wetterskip Fryslân (Afdeling Primaire keringen) ongeveer 34 ton riet beschikbaar van de ecologische oevers en nog eens 40 ton afkomstig van aanspoeling op de zeedijk.<sup>4</sup>

#### *Waterplanten en maaisel opgevangen bij gemalen*

Jaarlijks verwijdert Wetterskip Fryslân ongeveer 1225 ton waterplanten en maaisel voor de roosters van de diverse gemalen.<sup>2</sup>

#### *GFT-afval*

In de provincie Friesland wordt jaarlijks ruim 110.000 ton GFT-afval geproduceerd.<sup>5</sup>

---

<sup>3</sup> Ministerie van LNV, 2008. 100.000 hectare Ecologische Hoofdstructuur verworven en ingericht, groei nog achter op schema. Themasites.PBL.nl

<sup>4</sup> Bron: E kwadraat advies BV, 2009. Biomassaonderzoek vijf Noordelijke Waterschappen. Project 100427.

<sup>5</sup> De hoeveelheid GFT-afval in 2010 ingezameld bij de huishoudens in de provincie Friesland, was 77.000 ton. Daarnaast werd naar schatting ruim 35.000 ton (analoog) GFT-afval bij bedrijven ingezameld.



### *Waterzuiveringsslib*

Jaarproductie waterzuiveringsslib van Wetterskip Fryslân: ca. 400.000 m<sup>3</sup> à 3,8% ds.  
Het waterschap dikt dit in tot ca. 25% ds en haalt de chemicaliën en het vrije water eruit.

## **7.2 Hoe kunnen natte biomassa reststromen gelabeld worden?**

De verwerking van biomassa vindt al jarenlang plaats volgens verschillende methoden. De meest bekende zijn composteren en verbranden door gespecialiseerde bedrijven (composteerbedrijven en afvalverwerkers). Daarvoor bestaan vaak meerjarige contracten. De gemeente bepaalt de bestemming van GFT-afval en van bermgras langs de dorpswegen.

Rijkswaterstaat gaat over de bestemming van bermgras langs rijkswegen en provinciale wegen.

Terreinbeheerders zoals It Fryske Gea en Staatsbosbeheer beheren veel natuurgebieden, ook binnen de EHS, en kunnen daarvoor bepalen wat er met reststromen gebeurt (o.a. natuurgas, riet en algen).

Veehouders bepalen zelf de bestemming van dierlijke mest en voor zover zij natuurland beheren ook die van natuurgas van hun land.

Waterschappen gaan over de bestemming van het rioolwaterzuiveringsslib.

## **7.3 Vergunningen en certificering**

### *Vergunningen*

Gemeenten kunnen bij de aanvraag van vergunningen voor de opslag en verwerking van natte biomassa behulpzaam zijn.

### *Certificering*

Voor een aanvraag van de in de toekomst mogelijk vereiste accreditatie als gecertificeerde mestverwerker vormt Dienst Regelingen van het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie het aangewezen loket.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Bron: Brief dd. 28 september 2011 van Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie aan de Tweede Kamer. Betreft: Toekomstig mestbeleid

## 7.4 Afzet of benutting voor eigen doelen

Waterstofrijk brandbaar gas kan toegepast worden in elektriciteitscentrales en in WKK's en wordt daarin omgezet in elektriciteit en warmte. Voorzover de elektriciteit voor eigen gebruik benut kan worden, scheelt dat energiebelasting, die anders betaald zou moeten worden indien de elektriciteit van het elektriciteitsnet wordt afgenomen.

De benutting van de warmte kan worden gezocht in de verwarming van gebouwen, zwembaden en kassen.

Vloeibaar CO<sub>2</sub>-rijk gas wordt veel gevraagd in o.a. de glastuinbouw en – na schoning – ook voor de productie van koudijs.

Kunstmestvervangers, waaronder fosfaat, zijn voordeliger in prijs dan kunstmest en kunnen - met vermelding van de mineralengehalten - afgezet worden in de akker- en tuinbouw. Het restwater dat uit het SK Water proces vrij komt, kan nadat de minerale bestanddelen er uit verwijderd zijn, in principe weer terug naar het oppervlaktewater.

## 8 Omzetting van compost in brandbaar gas en mineralen

Prof. dr. ir. J.M.L. Penninger van projectdeelnemer SPARQLE International geeft in Bijlage 1 van dit eindverslag de resultaten weer van zijn oorspronkelijke experimentele werk en deskstudies als bijdragen aan deze Haalbaarheidsstudie Duurzame energie uit bio-afval. Deze bijdrage is in het Engels geschreven. Hieronder volgt de samenvatting in het Nederlands:

Vaste natte biomassa (compost) wordt omgezet in brandbaar gas door het behandelen van een continue stroom van waterige slurrie bij 600 - 650 °C en 250 bar. Producten van de omzetting zijn een waterstofrijk brandbaar gas en restwater. Dit laatste bevat een zwart gekleurde neerslag bestaande uit de minerale bestanddelen van compost en organisch materiaal dat niet is omgezet in gas. Het restwater bevat ook opgeloste stoffen van organische en minerale aard. De organische stoffen produceren gas als het restwater voor een tweede keer aan omzettingsomstandigheden wordt onderworpen. De opgeloste mineralen verschijnen als neerslag door verdamping van het restwater en lossen gemakkelijk op als ze met water in contact komen.

Geproduceerd gas wordt behandeld voor kwaliteitsverbetering. Het conditioneren omvat twee behandelingsstappen:

- verwijderen van zwavelverbindingen;
- afscheiden van kooldioxide.

De eerste stap is nodig om de rookgassen die bij verbranding ontstaan vrij te maken van zwaveldioxide. De tweede stap is niet noodzakelijk voor toepassing van het gas als brandstof, maar levert een separate stroom CO<sub>2</sub> op die toegepast kan worden o.a. voor de bemesting van kassen. De afscheiding van CO<sub>2</sub> verhoogt bovendien de brandstofwaarde van het gas. Beide stappen worden uitgevoerd door het gas in contact te brengen met een oplossing van monoethanolamine (MEA). De hoge druk bevordert deze absorptie.

## 9 Resultaten

De resultaten zijn:

- dat de haalbaarheidsstudie inzicht biedt in de mogelijkheden voor een bedrijfseconomisch en milieutechnisch rendabele productie van duurzame energie uit bio-afval door omzetting van natte biomassa in waterstofrijk brandbaar gas;
- kwantitatieve gegevens over de input en output van het SK Water proces;
- Berekeningsprogramma duurzame energie productie, CO<sub>2</sub> besparing en terugwinning van het eindige mineraal Fosfor (P) door middel van het SK Water proces. Het berekeningsprogramma is een praktische tool voor een businessplan voor in principe elke te definiëren schaal en omvang;
- Informatie over de conditionering van het geproduceerde gas door verwijdering van zwavelverbindingen en afscheiding van CO<sub>2</sub>;

## 10 Bijkomende effecten

Lopende de studie zijn er enkele bijkomende effecten gebleken, die omzetting van natte reststromen door middel van het SK Water proces extra interessant maken:

- De dikke fractie van dierlijk organische mest bevat verschillende mineralen, waaronder veel Fosfor (P). Deze mineralen komen volgens de studie vrij bij de omzetting van deze dikke mestfractie in waterstofrijk brandbaar gas. Want wat er aan mineralen het SK Water proces ingaat, komt er ook weer uit. Fosfor is een eindig mineraal en cruciaal voor de voedselvoorziening; Dit kan teruggewonnen worden;
- Het gebruik van mineralenconcentraten als kunstmestvervangers leidt tot minder import en gebruik van kunstmest in Nederland;
- Duurzame verwerking van dierlijke mest zoals, via het SK Water proces, geeft veehouders in de toekomst meer mogelijkheden om hun dierrechten te behouden of uit te breiden;
- De hoogrenderende verwerking van dierlijke mest wat betreft de thermische energie biedt naar verwachting ook veel mogelijkheden van de verwerking van andere reststromen, zoals waterzuiveringsslib en menselijke fecaliën via hetzelfde proces. Dit heeft tot structureel

overleg tussen het Samenwerkingsverband Duurzame energie uit bio-afval en Wetterskip Fryslân geleid. Hieruit is een gezamenlijk innovatief idee voor 'Vergassing van slib en andere vormen van natte biomassa door middel van het SK Water proces' voortgekomen en zijn aanknopingspunten gevonden voor een mogelijk toekomstige samenwerking;

- Verwerking van ingedikt waterzuiveringsslib door middel van het SK Water proces in plaats van indrogen tot slibkoek, die jaarlijks met vele vrachtauto's bijvoorbeeld van Friesland naar Limburg vervoerd wordt om verwerkt te worden door de cementindustrie, kan tot een grote reductie van atmosferische CO<sub>2</sub>-uitstoot leiden;
- Er verdwijnt bij de verwerking van natte biomassa van het SK Water proces geen zoet water in de atmosfeer; het zogenaamde restwater kan door schoning (onttrekking van minerale bestanddelen en van organisch materiaal dat niet is omgezet in gas) geschikt gemaakt worden voor toepassing in onder andere de land- en tuinbouw;
- De conversie van organisch materiaal in SK water voorkomt de vorming van dioxine; deze chloorhoudende organica zijn thermisch niet stabiel en ontleden door afsplitsing van HCl;
- Lagere waterschapslasten voor burgers en bedrijven door een goedkopere verwerking en meer efficiency.

## 11 Samenvatting

### *Drie innovatieve ondernemers*

Een drietal innovatieve ondernemers bestaande uit twee melkveehouders nabij Beetsterzwaag (Friesland) en technologie-ontwikkelingsbedrijf SPARQLE International hebben in 2010 de handen in een geslagen om van knelpunten in de melkveehouderij (mestoverschotten) en EHS (bestemming voor natuurgras) kansen te maken. Het idee was om dierlijke mest die van het bedrijf afgevoerd moest worden en natuurgras te verwerken via het SK Water proces (Superkritisch Water proces) waarmee SPARQLE International experimenteerde, maar dat nog niet eerder op commerciële schaal was toegepast.

Vervolgens is het samenwerkingsverband ook gaan nadenken over nog andere vormen van natte biomassa, zoals GFT-afval, bermgras, riet, en ook waterzuiveringsslib.

### *Wat speelt er?*

Veel melkveehouderijbedrijven produceren meer rundveedrijfmest dan zij op eigen grond kwijt kunnen en als per 1 april 2015 de Europese melkquotering wordt afgeschaft hebben zij meer mestplaatsingsruimte nodig om te kunnen uitbreiden.

Daarnaast spelen de ontwikkelingen in het gebied Beekdal Koningsdiep nabij het Friese Beetsterzwaag, waarin de melkveehouderij ondernemingen van het samenwerkingsverband zijn gevestigd. Daar wordt gewerkt aan de invulling van de EHS (Ecologische Hoofd Structuur). De condities voor landruil waren nog niet aantrekkelijk en de vergoedingen voor beheerspakketten werden als te laag ervaren. Met de invulling van de EHS wilde het dan ook nog niet erg vlotten, nog los van de drie jaar vertraging die de voltooiing van de EHS in 2011 bij overheidsbesluit kreeg (2021 werd toen al genoemd in plaats van 2018, en kort daarna zou blijken dat, vanwege

de economische en financiële crisis in Europa, de invulling van de EHS voorlopig nog wel langer onzeker zou blijven). Hierdoor bleven de toekomstmogelijkheden voor de melkveehouderij in het gebied te lang onzeker. Dat was de aanleiding van de betreffende melkveehouders voor het idee om een meerwaarde te genereren uit natte biomassa, zoals natuurgras, bermgras, digestaat (uit biovergisters), gft-afval, etcetera, allemaal vormen van bio-afval.

#### *Hoe is het aangepakt?*

De projectdeelnemers en Buizer Advies hebben de verschillende onderdelen en aspecten in de haalbaarheidsstudie onderzocht. Daarin zijn ten behoeve van het economische aspect ook mogelijke aansluitingen met andere activiteiten in het gebied betrokken. Er is veel genetwerkt. Zo is er bijvoorbeeld aansluiting gezocht bij ELAN, de overkoepelende vereniging van Agrarische natuurverenigingen in Zuidoost Friesland, waarvan projectpartner De Âlde Delte (Agrarische natuurvereniging, Opsterland) lid is, en bij het Wetterskip Fryslân, het waterschap voor de hele provincie Friesland dat 34 gemeenten omvat.

SPARQLE International voerde ondertussen op heel kleine schaal een praktijkexperiment uit met de omzetting in waterstofrijk brandbaar gas van digestaat uit een biovergister.

In het kader van de haalbaarheidsstudie zijn veel relevante data verzameld en heeft er verdere visie ontwikkeling plaatsgevonden. Daaraan heeft in een later stadium - op uitgenodiging - ook het Wetterskip Fryslân deel genomen. Bij de waterschappen gaan de huidige verwerking van waterzuiveringsslib gepaard met hoge kosten voor de burgers en bedrijven en veel milieuverontreiniging.

#### *Wat kwam daaruit?*

Opschaling naar een (demonstratie-)unit, die op praktijkschaal werkt, zou een goede volgende stap kunnen zijn.

Uit bedrijfseconomische berekeningen in de haalbaarheidsstudie blijkt dat bij de gegeven aannames wat betreft prijzen van noodzakelijke investeringen de exploitatie van een SK Water unit bedrijfseconomisch interessant is als er voldoende geschikte aanvoer is van natte biomassa, hetzij in de vorm van rundveedrijfmest (dikke fractie), hetzij in de vorm van natuur- of bermgras, gft-afval en dergelijke.

Herkauwers zijn energetisch heel efficiënt, zo blijkt uit de lage energetische waarde van de rundveemest. Dat betekent, dat er bijvoorbeeld mest van meerdere melkveehouderijbedrijven nodig is, of anders een flink volume van een andere soort natte biomassa erbij, om een eigen SK Water unit met alle nodige investeringen en kosten voor de in- en output erbij voor een melkveehouderijbedrijf met 100 melkkoeien rendabel te maken.

#### *Wat is er nodig?*

Om de productie van waterstofrijk brandbaar gas uit natte biomassa reststromen door middel van het SK Water proces op een bedrijfszekere manier te kunnen organiseren, is goed inzicht nodig in de mogelijkheden voor de totale keten wat betreft:

- Welke reststromen er geschikt zijn en hoeveel ervan beschikbaar en te labelen is (input);
- Schaalgrootte, logistiek, opslag, wet- en regelgeving (o.a. noodzakelijke vergunningen);
- Afzet / benutting van waterstofrijk brandbaar gas, elektriciteit, vloeibaar CO<sub>2</sub>-rijk gas en vrijkomende warmte (output).

Er zijn veel soorten natte biomassa reststromen in Friesland. Die worden in dit verslag gekwantificeerd. Landelijk is een vergelijkbaar beeld te zien.

#### *Hoe werkt het?*

Vaste natte biomassa (compost) wordt omgezet in brandbaar gas door het behandelen van een continue stroom van waterige slurrie bij 600 - 650 °C en 250 bar. Producten van de omzetting zijn een waterstofrijk brandbaar gas en restwater. Dit laatste bevat een zwart gekleurde neerslag bestaande uit de minerale bestanddelen van de verwerkte natte biomassa. De opgeloste mineralen verschijnen als neerslag door verdamping van het restwater en lossen gemakkelijk als ze met water in contact komen.

Geproduceerd gas wordt behandeld voor kwaliteitsverbetering. Het conditioneren omvat twee behandelingsstappen:

- verwijderen van zwavelverbindingen;
- afscheiden van kooldioxide.

#### *De resultaten zijn:*

- dat de haalbaarheidsstudie inzicht biedt in de mogelijkheden voor een bedrijfseconomisch en milieutechnisch rendabele productie van duurzame energie uit bio-afval door omzetting van natte biomassa in waterstofrijk brandbaar gas;
- kwantitatieve gegevens over de input en output van het SK Water proces;
- Berekeningsprogramma duurzame energie productie, CO<sub>2</sub> besparing en terugwinning van het eindige mineraal Fosfor (P) door middel van het SK Water proces. Het berekeningsprogramma is een praktische tool voor een businessplan voor in principe elke te definiëren schaal en omvang;
- Informatie over de conditionering van het geproduceerde gas door verwijdering van zwavelverbindingen en afscheiding van CO<sub>2</sub>.

#### *Bijkomende effecten*

Lopende de studie zijn er enkele bijkomende effecten gebleken, die omzetting van natte reststromen door middel van het SK Water proces extra interessant maken:

- De dikke fractie van dierlijk organische mest bevat verschillende mineralen, waaronder veel Fosfor (P). Deze mineralen komen volgens de studie vrij bij de omzetting van deze dikke mestfractie in waterstofrijk brandbaar gas. Want wat er aan mineralen het SK Water proces ingaat, komt er ook weer uit. Fosfor is een eindig mineraal en cruciaal voor de voedselvoorziening; Dit kan teruggewonnen worden;
- Het gebruik van mineralenconcentraten als kunstmestvervangers leidt tot minder import en gebruik van kunstmest in Nederland;
- Duurzame verwerking van dierlijke mest zoals, via het SK Water proces, geeft veehouders in de toekomst meer mogelijkheden om hun dierrechten te behouden of uit te breiden;
- De hoogrenderende verwerking van dierlijke mest wat betreft de thermische energie biedt naar verwachting ook veel mogelijkheden van de verwerking van andere reststromen, zoals waterzuiveringsslib en menselijke fecaliën via hetzelfde proces. Dit heeft tot structureel overleg tussen het Samenwerkingsverband Duurzame energie uit bio-afval en Wetterskip Fryslân geleid. Hieruit is een gezamenlijk innovatief idee voor 'Vergassing van slib en andere vormen van natte biomassa door middel van het SK Water proces' voortgekomen en zijn aanknopingspunten gevonden voor een mogelijk toekomstige samenwerking;

- Verwerking van ingedikt waterzuiveringsslib door middel van het SK Water proces in plaats van indrogen tot slibkoek, die jaarlijks met vele vrachtauto's bijvoorbeeld van Friesland naar Limburg vervoerd wordt om verwerkt te worden door de cementindustrie, kan tot een grote reductie van atmosferische CO<sub>2</sub>-uitstoot leiden;
- Er verdwijnt bij de verwerking van natte biomassa van het SK Water proces geen zoet water in de atmosfeer; het zogenaamde restwater kan door schoning (onttrekking van minerale bestanddelen en van organisch materiaal dat niet is omgezet in gas) geschikt gemaakt worden voor toepassing in onder andere de land- en tuinbouw;
- De conversie van organisch materiaal in SK water voorkomt de vorming van dioxine; deze chloorhoudende organica zijn thermisch niet stabiel en ontleden door afsplitsing van HCl;
- Lagere waterschapslasten voor burgers en bedrijven door een goedkopere verwerking en meer efficiency.

## 12 Conclusies en aanbevelingen

### *Conclusies*

Omdat de Europese Unie per 1 april 2015 geen melkquotering meer kent, zullen de melkveehouders vanaf die datum voor de wereldmarktprijs melken. Door een naar verwacht lagere melkprijs kunnen veehouders zich genoodzaakt zien om voor een behoud of toename van het bedrijfsinkomen hun veestapel uit te breiden.

Daarbij is mestverwerking door middel van het SK Water proces een welkome innovatieve methode, zo blijkt uit de resultaten van deze haalbaarheidsstudie.

In de eerste plaats omdat deze methode heel duurzaam is, duurzame energie oplevert in de vorm van waterstofrijk brandbaar gas en vloeibaar CO<sub>2</sub>-rijk gas (wordt veel gevraagd in o.a. de glastuinbouw en – na schoning – ook voor de productie van koudijs) en daarnaast omdat de fosfaat uit de mest kan worden teruggewonnen.

Het Ministerie van EL&I maakt zich er in de EU sterk voor om teruggewonnen mineralen uit dierlijke mest erkend te krijgen als kunstmestvervangers. Dit blijkt uit de gezamenlijke brief van 28 september 2011 van staatsecretarissen Bleker van EL&I en Atsma van Infrastructuur en Milieu aan de Tweede Kamer.

Vooraf in de dikke fractie van drijfmest zit veel fosfaat. De terugwinning van deze eindige en relatief dure grondstof en andere mineralen als kunstmestvervangers kan de import en het gebruik van kunstmest in Nederland en de noodzaak van mestexport terugdringen.

Een SK Water unit, waarvoor tijdens de haalbaarheidsstudie een pilot unit in aanbouw was, kan - als de verwachtingen uitkomen - op boerderijschaal dierlijke mest verwerken, waaronder de dikke fractie rundveedrijfmest.

Grotere units kunnen ook interessant zijn voor waterschappen. Die werken immers hoofdzakelijk met natte biomassa. Het betreft vooral rioolwaterzuiveringsslib.



De technologie verkeert in een vroeg stadium van ontwikkeling en is al uitvoerig getest en heeft de strenge testen goed doorstaan. Zij is ook al op kleine schaal gedemonstreerd. Een belangrijk onderdeel van de technologie vormt de bereiding van slurrie voor de reformer (vergasser). Het SK Water proces is gedemonstreerd onder doorstromingscondities op bench scale (laboratoriumopstelling) met een doorzet aan slurrie van 1 kg / uur slurrie. Dit komt overeen met 1 kWth (kilowatt thermische energie). De slurrie was bereid uit compost en andere natte biomassa, zoals groen loof en digestaat.

### *Aanbevelingen*

Vanwege de veelbelovende uitkomsten van de haalbaarheidsstudie op bedrijfstechnisch, bedrijfseconomisch en milieutechnisch gebied voor de veehouderij (verwerking mest, natuurgras), akkerbouw (kunstmestvervangers), glastuinbouw (vloeibaar CO<sub>2</sub>-rijk gas; na schoning ook toepasbaar voor de productie van koudijs), waterschappen (rioolwaterzuiveringsslib en andere reststromen), gemeenten (gft-afval), Rijkswaterstaat (bermgras), etc., is het aan te bevelen om aansluitend op deze haalbaarheidsstudie achtereenvolgens twee pilots mogelijk te maken voor nader praktijk gericht onderzoek en demonstratie op het gebied van vergassing van slib en andere vormen van natte biomassa d.m.v. SK Water proces:

### **Pilot fase (= fase I)**

Vergassing waterzuiveringsslib en dikke fractie uit rundveedrijfmest, zowel afzonderlijk als in combinatie.

Opschaling pilot unit naar 100 - 200 kg / uur slib slurrie resp. dikke mest fractie uit rundveedrijfmest en andere vormen van natte biomassa (zoals natuurgras, bermgras, riet, gft-afval, etc.) en een productiecapaciteit van groen gas van ca. 100 - 200 kWth.

Bij gunstig resultaat volgt een Demo fase.

### **Demo fase (= fase II)**

De Demo fase heeft als doel om de bedrijfszekerheid van de technologie te demonstreren op semi-commerciële schaal. Te denken valt aan een slurrie doorzet van ca. 500 kg / uur.

Belangrijke onderzoeksvragen daarbij zijn:

### **I Pilot Fase**

#### **A. Feed-in traject**

- Evt. voorbereidingen natte biomassa (slib, dierlijke mest, etc.);
- Logistiek en omvang en snelheid aanvoer:
  - Natte biomassa;
  - Slurrie.

#### **B. Pilot unit traject**

- Optimale verwerking van waterzuiveringsslib;
- Gassamenstelling en opbrengst;
- Hoeveel groen waterstofgas kan geproduceerd worden;

- Kunnen andere reststromen (dikke fractie uit rundveedrijfmest, natuurgras, bermgras, riet, gft-afval etc.) samen met slib worden vergast.

#### C. Output traject

- Waar bestaat het residu uit en hoe groot is deze fractie;
- Mogelijkheden terugwinning mineralen uit voeding;
- Ontwikkeling van chemische methoden c.q. proces voor winning van fosfaat, ammoniak e.a. anorganische stoffen uit reformer water;
- Wettelijke erkenning van P en N als kunstmestvervangers;
- Aansluiting op lokale nutsvoorzieningen;
- Testen van bedrijfszekerheid van pilot unit;
- Hoe technologie in te passen in RWZI.

#### II Demo fase

Jaar 1. Ontwerp en constructie van demo plants (in Leeuwarden en Olterterp);

Jaar 2. Opstarten van de beide demoplants;

Jaar 3. In bedrijfstelling en testen van demoplants + evaluatie + businessplan voor beide locaties.

#### Locaties

Voorstel: Op de Demosite van RWZI Leeuwarden kunnen het "feed-in" traject (het bewerken / indikken van het slib resp. mest, gras etc. tot geschikte slurrie) en het 'output' traject (ontsluiting waterstofhoudend brandbaar gas, omzetting gas in elektriciteit, ontsluiting en transport CO<sub>2</sub> en terugwinning N en P etc.) plaatsvinden.

Het uittesten van de vergassing - d.m.v. het SK Water proces - van de slurrie van slib respectievelijk de slurrie van dikke fractie van rundveedrijfmest, natuurgras, bermgras, riet, en gft-afval vindt in de pilot fase plaats op de huidige locatie en in de daaropvolgende demofase op de demosite op RWZI Leeuwarden respectievelijk op het melkveehouderijbedrijf van de Maatschap Van de Lageweg te Olterterp.

#### Doelen:

- Doelmatige en duurzame manier verwerking slib en reststroom
- Optimale verwerkingsmethode d.m.v. SK Water proces voor:
  - Substantiële kostenverlaging slibverwerking;
  - Hoogrenderende duurzame energiewinning;
  - Terugwinning van de mineralen P en N en andere anorganische stoffen uit reformer water;
  - Winning en transport van CO<sub>2</sub> voor toepassing in glastuinbouw en industrie.
- Synergie door samenwerking bij verwerking slib, dierlijke mest, natuurgras, bermgras, riet, gft-afval, ... (samenwerking onder andere tussen waterschap en veehouders; in Friesland vormen melkveehouders de grootste agrarische bedrijfstak).

## Bijlagen

## **Bijlage 1. Reforming of compost for fuel gas and minerals**

Results of original experimental work and desk studies as a contribution to the project  
*'Haalbaarheidsstudie Duurzame energie uit bio-afval'*

This work was done by Johannes M.L. Penninger of SPARQLE International.

Hengelo, April 20, 2012

## Reforming of compost for fuel gas and minerals

### Summary

Solid wet biomass (compost) is converted into fuel gas by treating a continuous flow of aqueous slurry at 600 – 650 °C and 250 bar. Products of reforming are a hydrogen-rich fuel gas and tail water. The latter contains a black-coloured precipitate consisting of the mineral constituents of compost and organic material that is not converted into gas. The tail water contains also dissolved substances of organic and mineral nature. The organics produce gas when the tail water is subjected for a second time to reforming conditions. The dissolved minerals appear as scale left by evaporating of tail water and dissolve readily when contacted with water.

Produced gas is treated for quality improvement. This conditioning includes two processing steps:

- removal of organo-sulphur impurities;
- separation of CO<sub>2</sub>

The first step is necessary for the fuel gases that arise during combustion to release of sulphur dioxide. The second step is not necessary for application of the gas as fuel, but provides a separate stream of CO<sub>2</sub> that can be used e.g. for the fertilization of greenhouses. The separation of CO<sub>2</sub> also increases the value of the fuel gas.

Both steps are carried out by bringing the gas into contact with a solution of monoethanolamine (MEA). The high pressure promotes the absorption.

### 1. Bench-scale reformer

The reaction zone of the reformer unit of the laboratory test facility (LTF) consists of two steel tubes (Incoloy 825, D<sub>out</sub> 10 mm, D<sub>in</sub> 5.5 mm) connected in series, each 50 cm in length ( zone 3 and 4, figure 1). A high pressure metering pump (type Lewa EK-1 ) feeds demineralized (demi) water at a pressure of 250 bar at the inlet of zone 1. This is brought to supercritical state in preheating zones 1 and 2. The slurry is injected with a separate pump at inlet of reformer zone 3 and the mixture is further heated in zones 3 and 4 to 650 °C in order to accommodate the reforming chemistry.

We have found that this procedure prevents (almost completely) the precipitation of mineral scale in the reformer tube and hence prevents plugging of the tube.

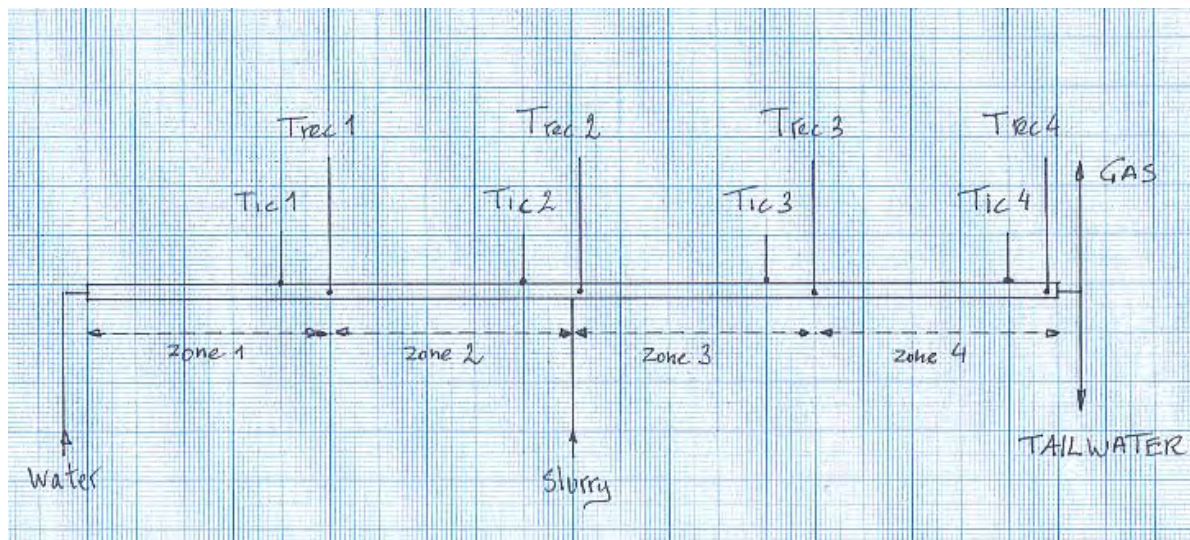


fig. 1 Position of thermocouples in reformer tube

The preheater and reformer tube are heated electrically by resistance heating. Temperatures are measured over time at various locations at the tube wall and in the fluid. Figure 1 shows the location of thermocouples:

- T-rec thermocouples 1, 2, 3 and 4 are located at the end of zones 1, 2, 3 and 4 and measure temperatures of the flowing fluid inside the tube;
- T-ic thermocouples 1, 2, 3, and 4 are located 10 cm upstream of each zone end and measure outside-wall temperatures.

A test run starts with pressurizing the unit with demi water and adjusting of the flow rate and pressure. The preheater and reformer tube is heated to operating temperature and once reached, the slurry feed is started and adjusted to operating flow.

The reactor product, upon leaving the reformer tube, is cooled to ambient temperature and expanded to atmospheric pressure in a gas-liquid separator. This is not shown in figure 1. The gas leaving the separator is measured with a gasometer and recorded with progressing run time. Its composition is analysed by GC at regular time intervals.

Tail water from the separator was collected in equal portions and weighed with progressive run time. Tail water precipitate was filtered, dried in oven overnight at 70 °C and weighed as dry matter. The mineral content of DM was measured as 580 °C ash. The filtrate was evaporated for determination of dissolved minerals.

The run is terminated in the reverse order: slurry pump is stopped, water pump is still operational until gas production ceases, heaters are shut off, water pump is stopped after unit has cooled down.

## 2. Composition of compost slurry

Solid compost, fraction passing 1.5 mm sieve of Van Vliet Recycling, is prepared into a slurry. This compost fraction contained 50 – 60 % sand, stones and other non-biomass material. Separation of these rejects was a first step of the slurry preparation.

Size distribution was measured by wet sieving of a slurry sample, highly diluted as to prevent c.q. diminish agglomeration of particles. Mass balance of DM material in slurry sample and sieve fractions closed within 99 %.

It shows that all material, apart from a few pieces, passes the 1.0 mm sieve.

Close to 98 % passes 0.50 mm and more than 55 % passes 0.10 mm. This high degree of dispersion prevented plugging of check valves at pump in- and outlet and, in combination with specific measures taken at slurry storage vessel, enabled the desired performance of the Lewa piston pump.

Table 1. Wet sieve analysis of Compost

| fraction        | wt %  | shape               | smaller than | wt % |
|-----------------|-------|---------------------|--------------|------|
| 1.0 mm larger   | 0.084 | small fibers        | 1.0 mm       | 99.9 |
| 0.50 – 1.0 mm   | 1.93  | cut fibers / powder | 0.50 mm      | 97.9 |
| 0.20 – 0.50 mm  | 31.75 | powder              | 0.20 mm      | 66.2 |
| 0.10 – 0.20 mm  | 10.64 | powder              | 0.10 mm      | 55.6 |
| 0.10 mm smaller | 55.6  | powder              |              |      |

Dry matter (DM) content of slurry was 14.5 % wt. The maximum DM content for pumpable compost slurry was found as 17 – 17.5 % wt.

Mineral content of DM was 41.2 %wt (mineral content determined as 580 °C ash). This content is high for biomass material and may be caused by loss of organic matter in composting. It must be recognized that this figure follows after separation of sand, etc.

Consequently, the content of organic substances of the raw compost as-received (a.r) is only approximately 23 to 25 % wt !

## 3. Reforming tests

The experimental programme started with introductory work and testing of the LTF in preparation of the “break-through” test. This is the first test that showed proof-of-technical concept of feed preparation and reforming of real biomass slurry and confirmed the project



expectations. This test was done with a slurry DM content of 8 % wt and DM mineral content of 38.1 % wt.

Subsequently, tests were done with slurries of higher DM content of 14.5 % wt. In some runs water-free sodium carbonate (soda), was added to test its performance as a homogenous catalyst.

These tests , in sequential order, were:

- Compost slurry, without soda;
- Compost slurry, without soda, treatment at subcritical temperature;
- Tail water from test I;
- Compost slurry, with 0.106 wt % soda;
- Compost slurry, with 0.424 wt % soda.

The temperature of the SC fluid in the reformer tube was held constant over time but increased gradually with the length of the tube, starting with approximately 400 to 450 °C at inlet to 650 °C at outlet. The details are shown by the temperature graphs of each test run.

The second test was done at a subcritical temperature of 350 to 370 °C, in order to test influence of reaction temperature.

The pressure of the fluid was held maintained at 25 MPa in each run. But due to occasional plugging of the relief valve, the pressure showed sudden fluctuations for short instances with as much as +/- 5 MPa. This particular item of the LTF needs improvement.

Experimental data are presented in graphical format. Same are scanned copies of the original hand-drawn illustrations in the lab note book.

### 3.2 Test I. Reforming of compost slurry

*Feed composition* slurry with 14.5 % wt DM, containing 41.2 % wt minerals,  
size distribution according table 1

*Feed rates* (figure I.1) SC water: 10.86 g/min  
slurry : 8.28 g/min, containing  
1.20 g/min DM with 0.708 g/min organics

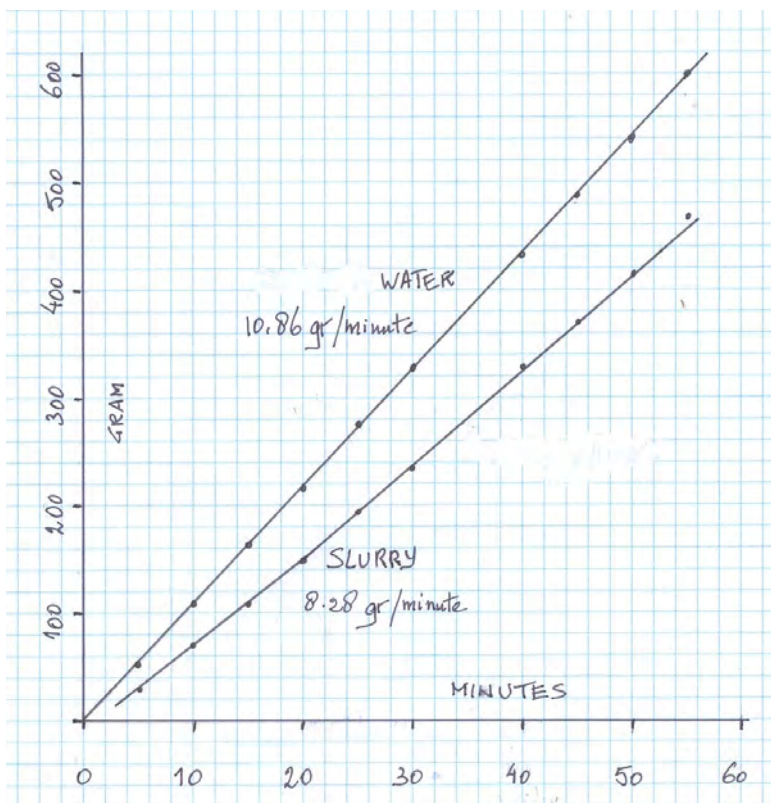


fig. I.1 feedrate of SC water and slurry

Feed rates of water and slurry are steady over run time.

DM content of SC fluid at reformer inlet: 6.3 % wt.

### Temperatures

Fig. I.2.a shows the temperature of the outside tube wall

Figure I.2.b shows the temperature of the fluid in the reformer tube, increasing from 437 °C at inlet, over 511 °C halfway, to 627 °C at outlet. Temperatures are time-averaged values.

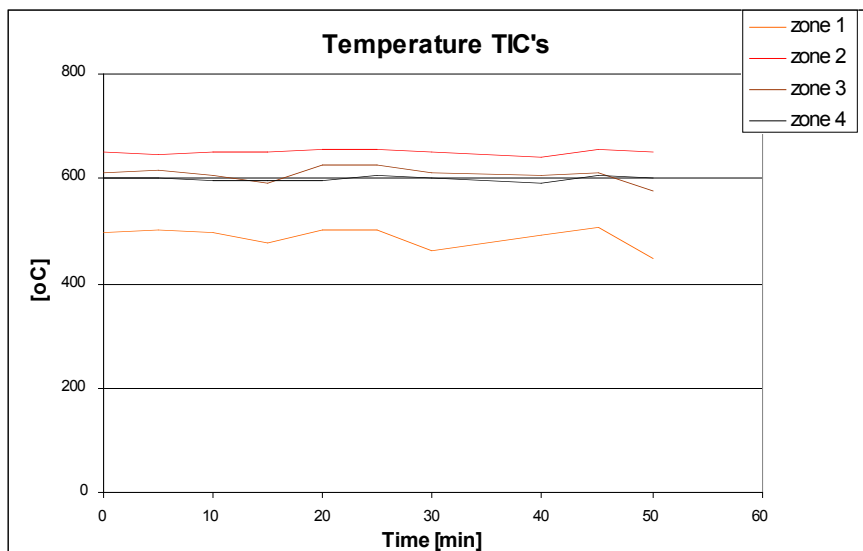


Fig. 1.2.a Outside wall temperatures

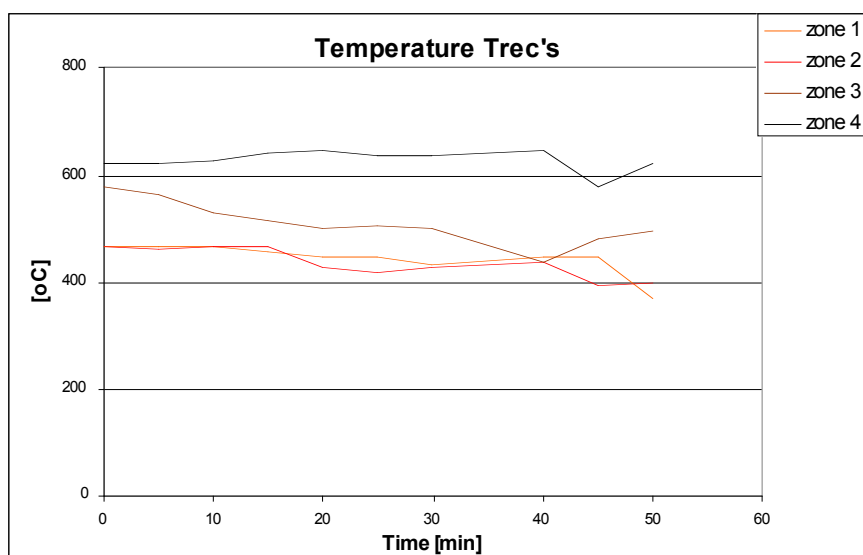


Fig. 1.2.b Fluid temperature inside tube

### Gas production

steady with run time (fig. 1.3) at 245 mL/min. This shows linear correlation with the feed rate of slurry ( fig. 1.4) as:

- 29.2 mL gas per gram of slurry feed;
- 201.4 mL gas / g DM;
- 341.3 mL gas / g organics.

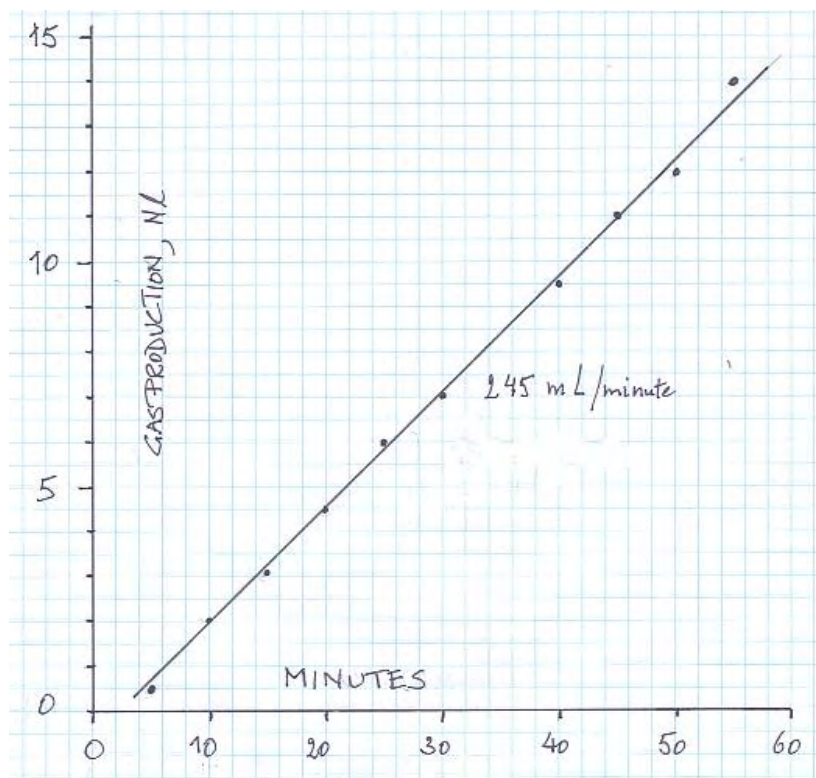


fig. I.3 Rate of gas production

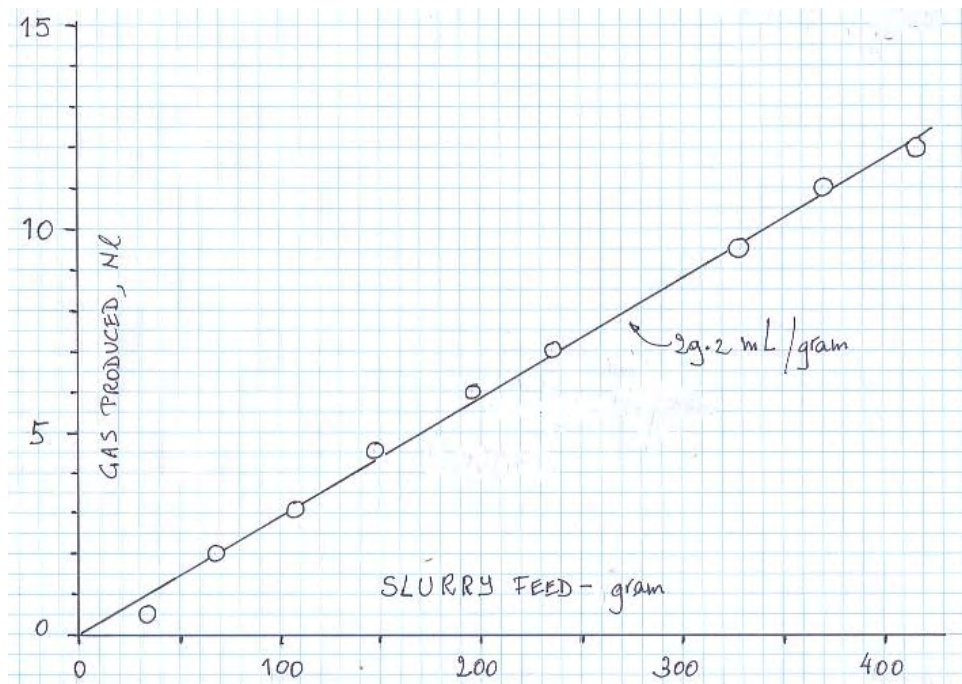


fig. I.4 Gas volumetric yield GVV

Gas composition is shown in figure I.5. Time-average composition (mol %) follows as:

H<sub>2</sub> 17.6, CO<sub>2</sub> 42.77, CO 15.51, CH<sub>4</sub> 16.86, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 2.54, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 4.76

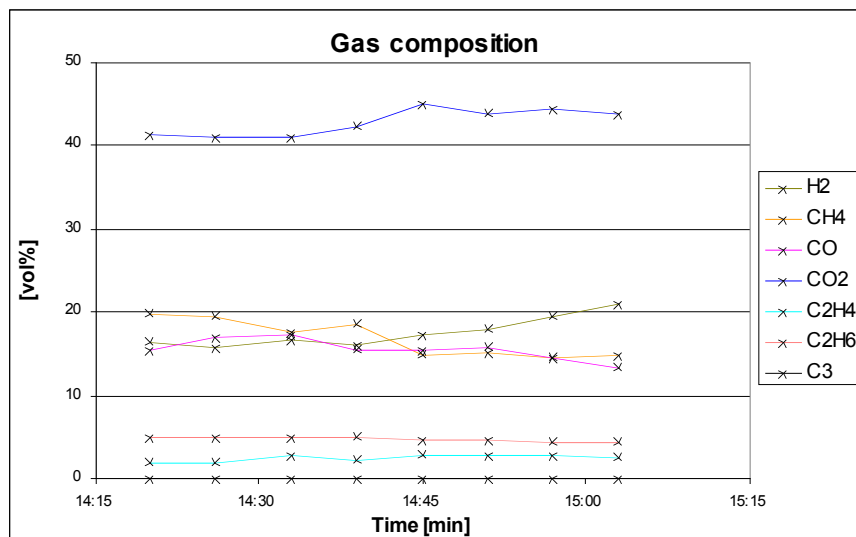


Fig. I.5 Gas composition vs. run time

The run time of 55 minutes was terminated by plugging of the pressure relief valve by tail water precipitate. Reformer tube, injector and cooler were not plugged.

#### Tail water

Tail water is collected from the outlet of the reformer tube, together with gas.

Collected mass: 849.9 g, with a black-greenish colour due to dispersed precipitate. It was filtered. The filtrate was an orange-brownish coloured clear fluid with the typical pungent smell of tar components.

The filter cake (precipitate or Non-solubles) was stirred in 1 L of spiritus. This left 16.95 g of insoluble residue with mineral content (580 °C ash) of 74 % wt and 2.57 g of soluble tar.

Hence, the organic content of the Non-solubles was calculated as  $2.57 + (1 - 0.74) 16.95 = 6.98$  g and the mineral content as  $0.74 \times 16.95 = 12.54$  g.

This gives an overall mineral content of the Non-solubles, dry basis, of 64.2 % wt

The tail water filtrate, upon evaporation to dryness, left a residue of 0.392 % wt of filtrate. This residue (Solubles) dissolved again readily in water.

Overnight, the tail water filtrate showed proceeding precipitation, especially at the liquid/air interface. After filtration, the clear solution turned again turbid overnight. This continued over a period of several months while in storage. All other tailwaters collected from later tests showed the same precipitation reactions. Eventually this behaviour stopped and left a clear orange / brown-coloured solution. The pungent smell remained.



### 3.3 Hydrothermal treatment of slurry

The purpose of this test is to demonstrate the effect of the temperature on gas formation and biomass conversion at temperatures just below the critical temperature of 374 °C at 25 MPa.

*Feed composition:*

slurry with 14.5 % wt DM, containing 41.2 % wt minerals  
size distribution according table 1

*Feed rates (figure II.1):*

water: 8.28 g/min time-averaged  
slurry: 9.25 g/min, containing  
1.34 g/min DM with 0.79 g/min organics time-averaged

DM content of fluid at reformer inlet: 7.66 wt % time-averaged

Feed rates of water and slurry are steady over run time.

Water feed was stopped after 32 minutes run time and only slurry was pumped through the reactor until stop-of-run at 40 minutes.

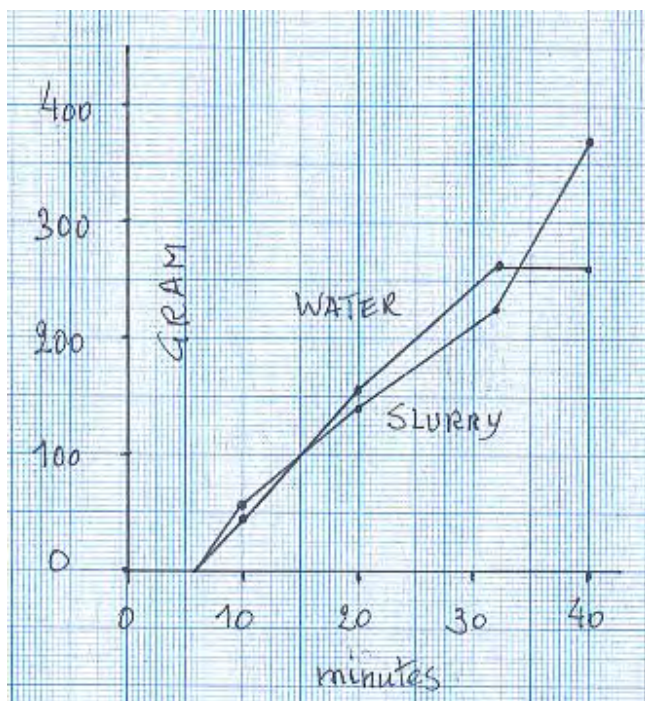


fig. II.1. Feedrates of water and slurry

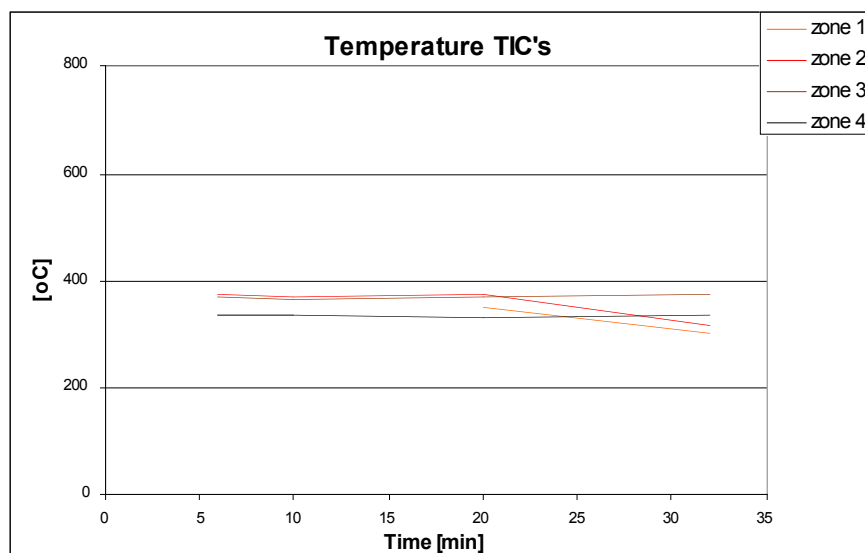


Fig. II.2.a Outside wall temperature

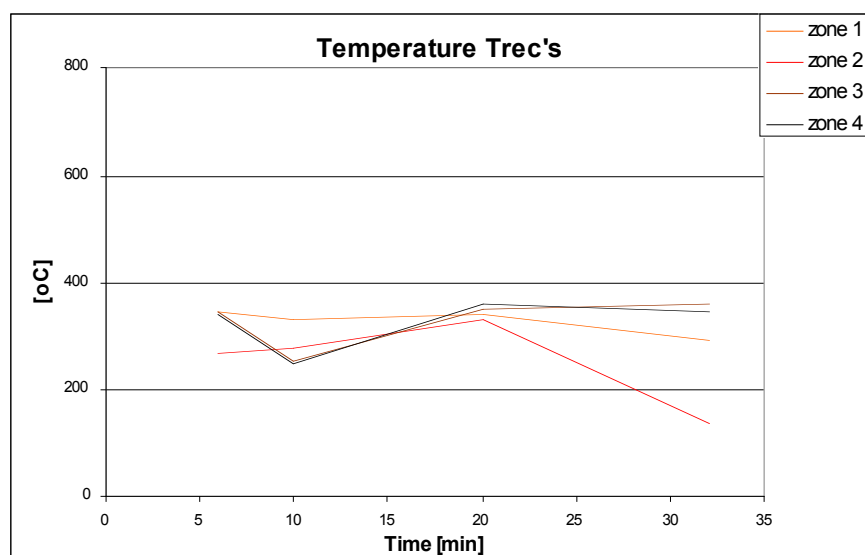


Fig. II.2.b. Fluid temperature



### Gas production

steady with run time (figure II.3): 255 mL/min. Gas production at 320 minutes deviates for reasons not known. The gas production shows linear correlation with the feed rate of slurry (figure II.4) as:

- 4.0 mL gas per gram of slurry feed;
- 27.6 mL gas /g DM;
- 46.9 mL gas / g organics.

### Gas composition

not measured, gas flow was insufficient for gas analyser

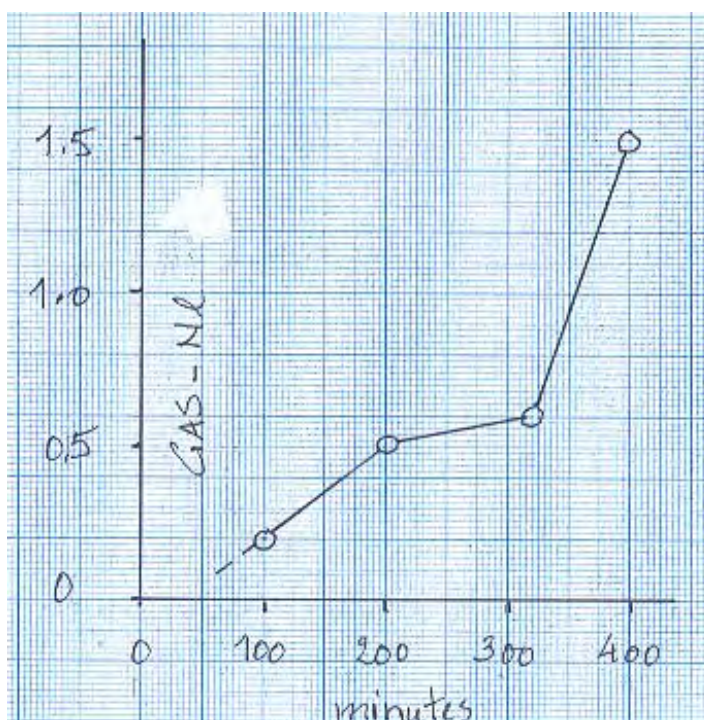


fig. II.3. Rate of gas production

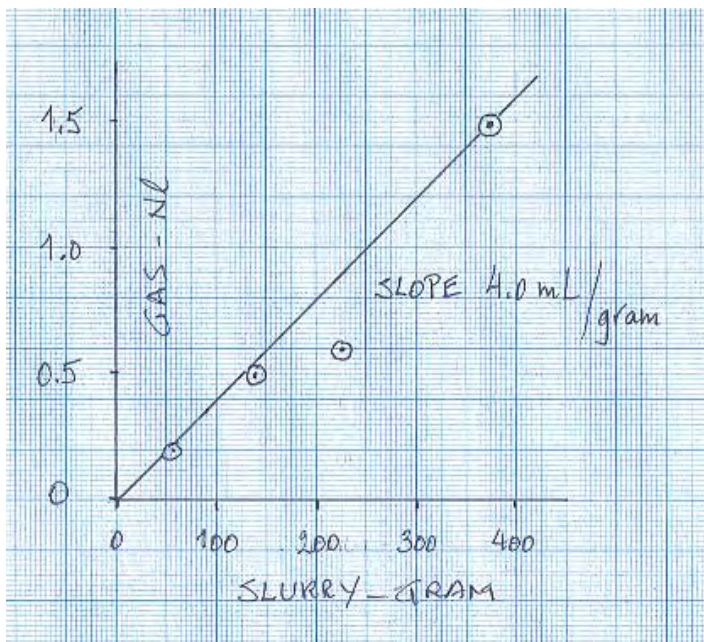


fig. II.4. Gas volumetric yield GVV

#### Tail water

Tail water collected in run time interval of 32 to 40 minutes (when slurry-only and no extra water was fed though the reactor) formed a thick precipitate, upon standing overnight, that accounted for about half of the tail water volume. Upon filtration, a clear dark-brown coloured filtrate was obtained and a black filter cake (Non-solubles) of 21.3 g DM.

Combined tail waters collected in the time interval 0 to 32 minutes contained also black precipitate but in more dilute content. This was also recovered by filtration as 11.7 g DM

Hence, total of Non-solubles recovered in 40 minutes run time:  $21.3 + 11.7 = 33$  g

Mineral content of Non-solubles, measured as 580 °C ash, was 51.4 and 53.9 wt % from 2 measurements. This leaves 15.62 gram non-soluble organics.

#### Conversion of biomass

Slurry fed in 40 minutes:  $40 \times 9.25$  g = 370 g and contains 30.9 g organics

follows conversion of biomass in soluble organics:  $[30.9 - 15.62] / 30.9 = 49.4$  %.

Evaporation residue of tail waters (Solubles) was not measured.

### 3.4 Reforming of tail water

Tail water, after filtration of precipitate, was passed through the reformer tube for a second treatment.

Feed rates (fig. III.1): feed tail water: 10.6 g/min  
no other feed

Rate of feed tail water is steady over run time.

Soluble minerals content of feed tail water: 0.392 % wt , measured as evaporation residue.

Temperatures are shown in figs. III.2.a and III.2.b

The temperature of feed tail water was brought to supercritical level in the preheater and not by mixing with SC water.

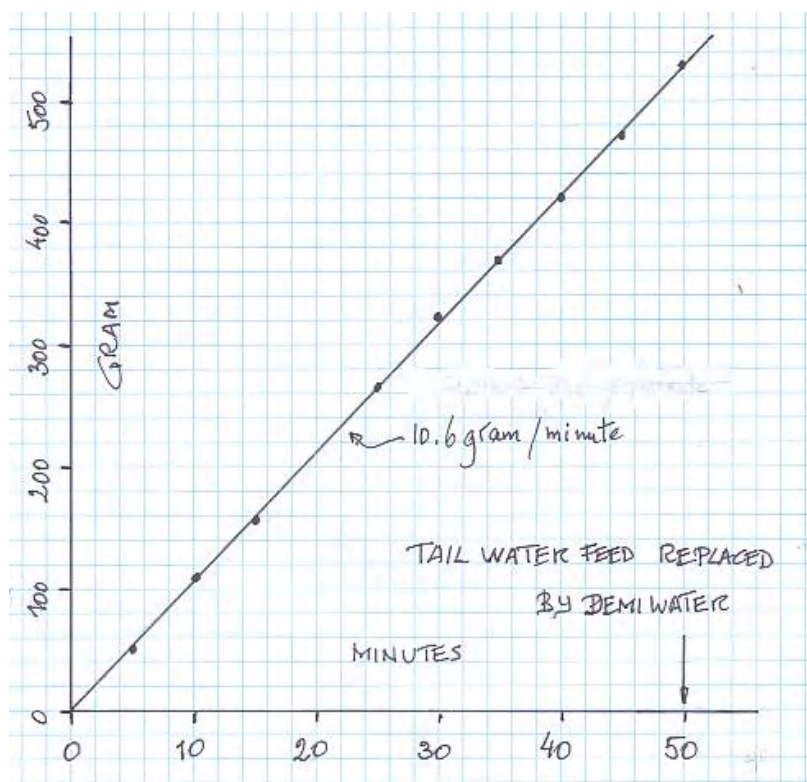


fig. III.1 Rate of feed tail water

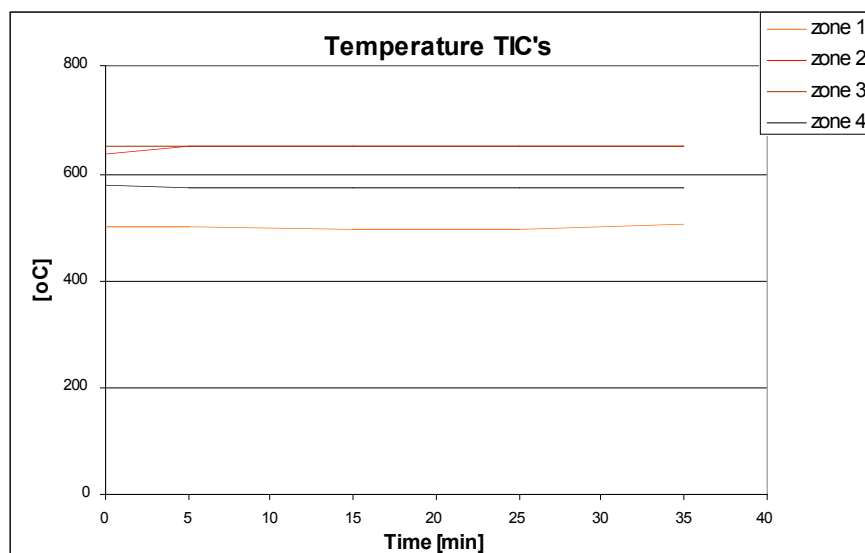


fig. III.2.a Outside wall temperatures

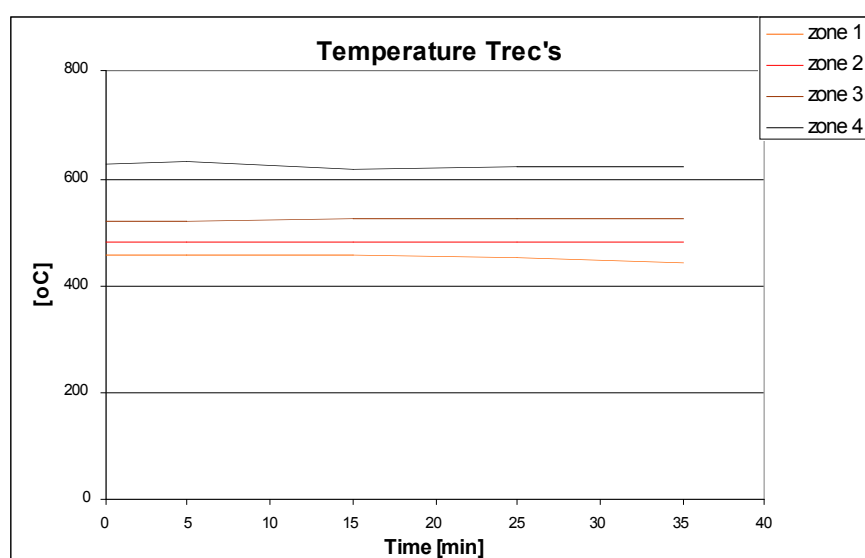


fig. III.2.b Temperatures of fluid

**Gas production:** steady with run time (fig. III.3) at 78.1 mL/min.  
This converts to 4.52 mL gas /g feed tail water (fig. III.4).

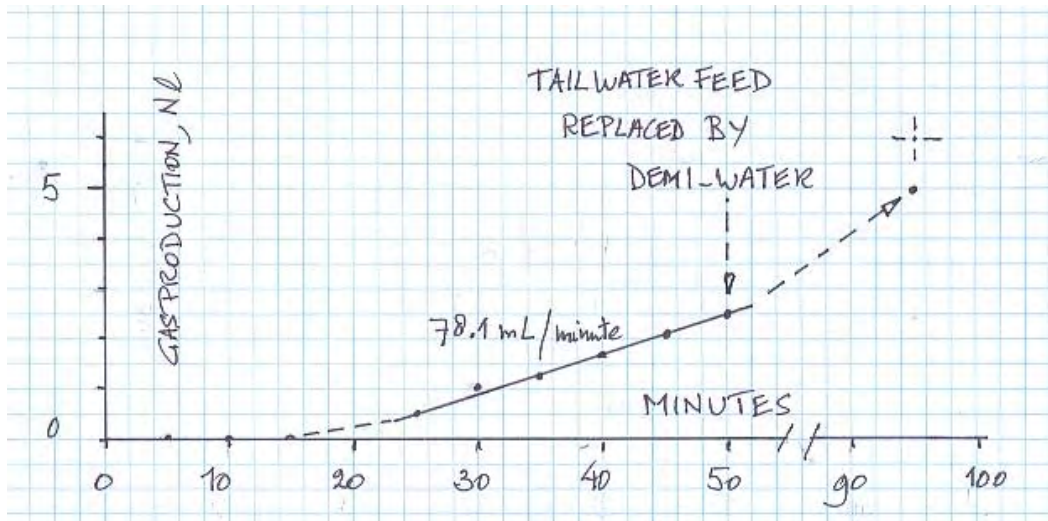


fig. III.3 Rate of gas production

After 50 minutes, tail water feed was replaced by demi water and unit was gradually cooled down to ambient temperature. Nevertheless, gas production continued, also with demi water feed, and stopped at a total of 5 NL gas. This converts to 9.43 mL gas/g feed tail water (fig. III.3).

Gas composition is shown in figure III.5. Time-average composition is calculated as:

$H_2$  63.0,  $CO_2$  23.4,  $CO$  0,  $CH_4$  11.7,  $C_2H_4$  0.46,  $C_2H_6$  2.04

Tail water from this run, as expected, did not contain insoluble mineral precipitate; content of soluble minerals (measured as evaporation residue) was 0.027 wt %. This is lower than feed tail water, hence some solubles did not leave the unit.

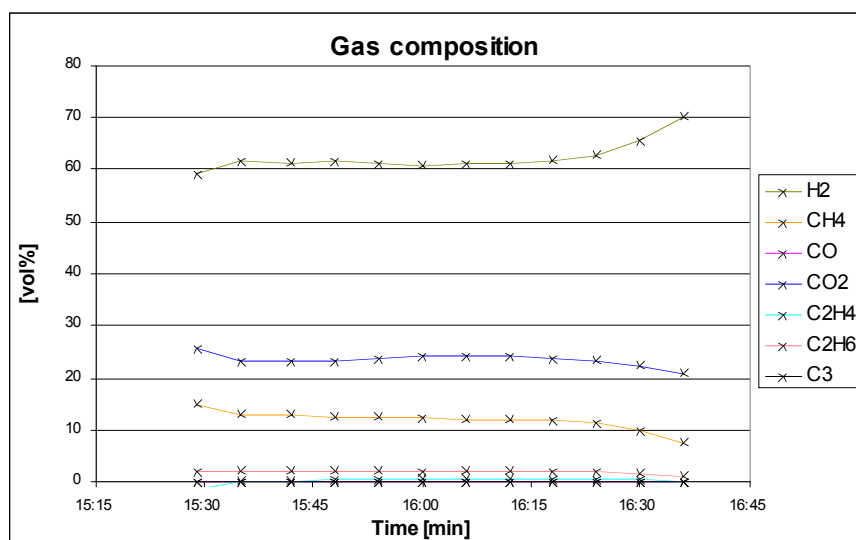


fig. III.5 Gas composition



### 3.5 Reforming of compost slurry with 0.106 wt % soda

#### Feed composition

slurry with 14.5 % wt DM, containing 41.2 % wt minerals

soda: 1.06 g / kg slurry

size distribution according table 2

#### Feed rates (figure IV.1):

SC water: 7.42 g/min

slurry : 6.3 g/min, containing

0.913 g/min DM with 0.538 g/min organics

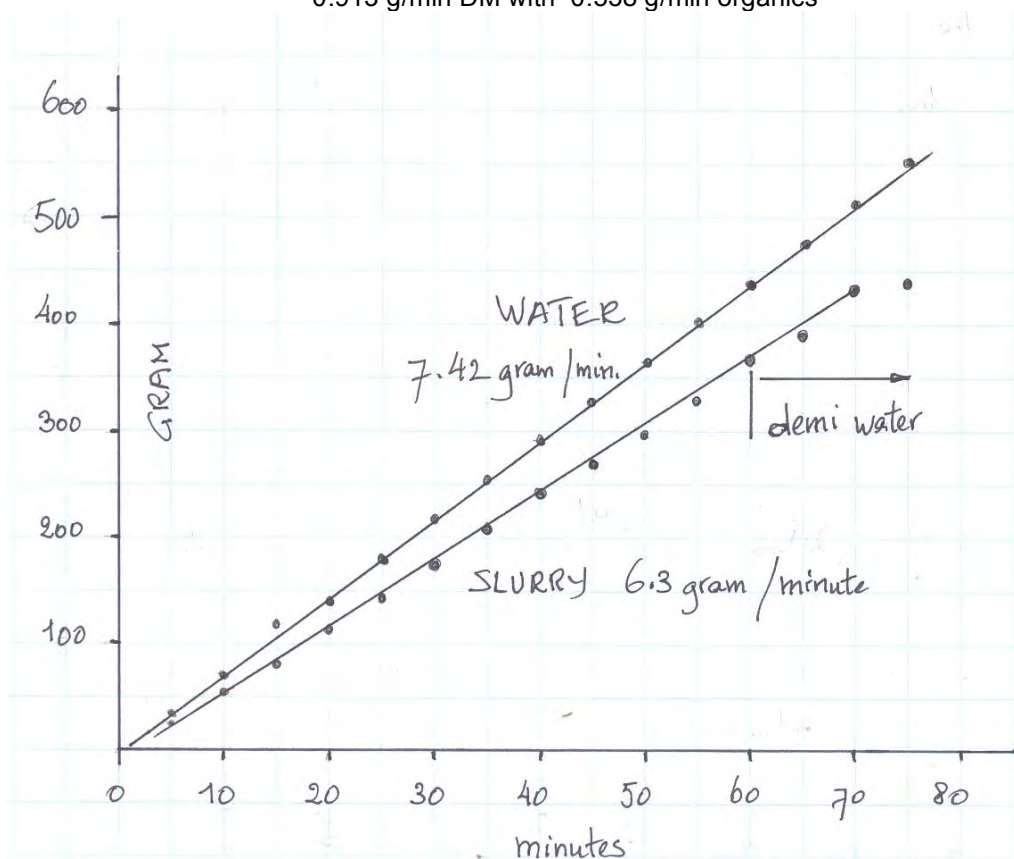


fig. IV.1 Feed rate of SC water and slurry

Feed rates of water and slurry are steady over run time.

DM content of SC fluid at reformer inlet: 6.6 % wt

*Temperatures* are shown in figures IV.1 and IV.2

Fluid temperature increases from 400 °C at inlet, over 451 °C halfway, to 595 °C at outlet.

Temperatures are time-averaged values.

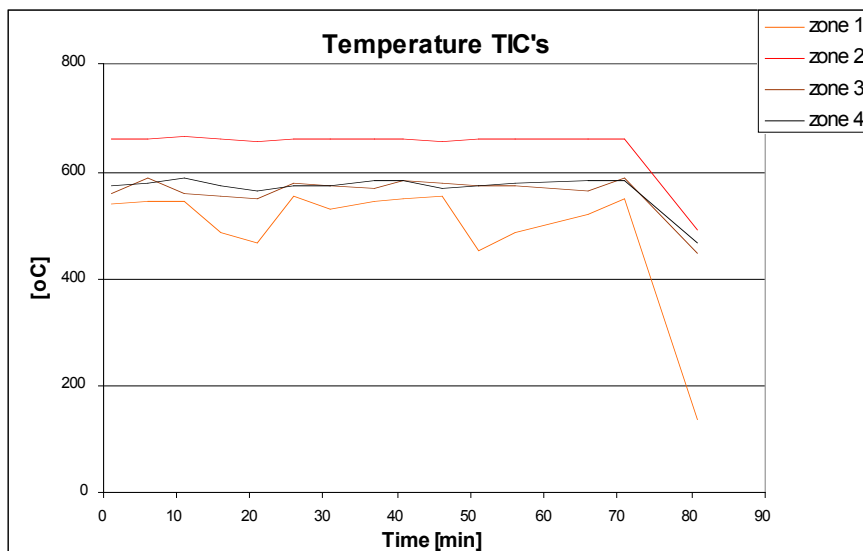


fig. IV.1 Outside wall temperature

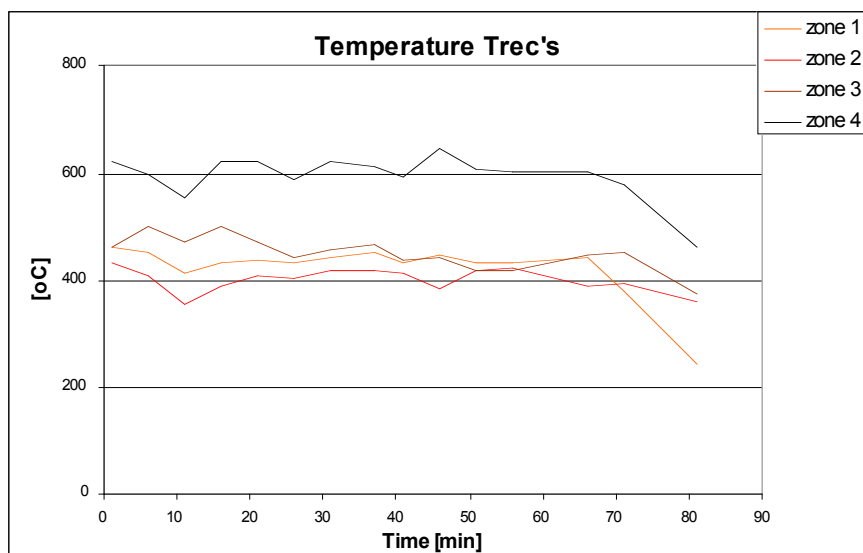


fig. IV. 2 fluid temperature

Gas production is steady with run time (figure IV.3): 142 mL/min.

This is in linear correlation with the feed rate of slurry, as:

- 22.75 mL gas per gram of slurry feed;
- 156.9 mL gas /g DM;
- 265.9 mL gas / g organics.



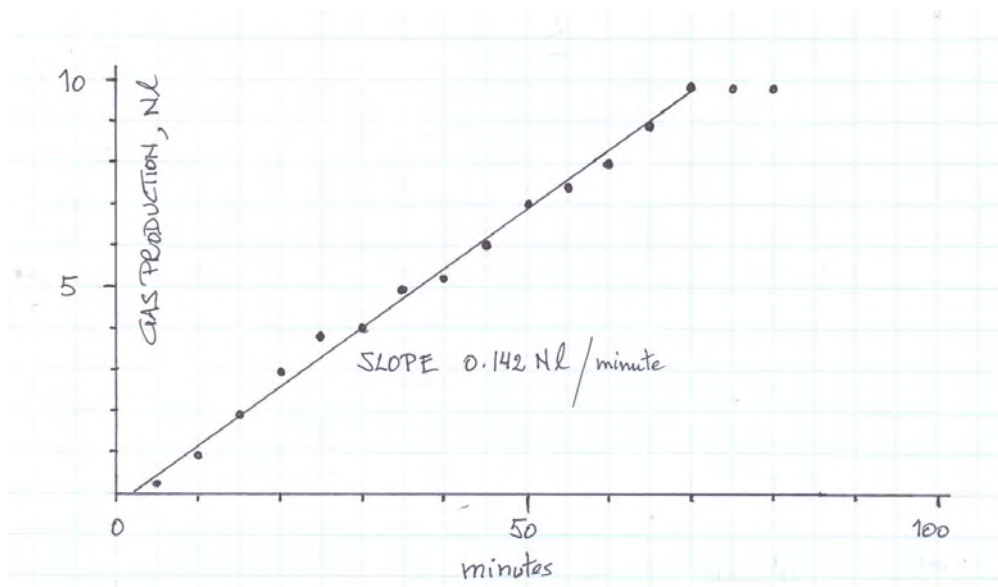


fig. IV.3 Rate of gas production

Gas composition is shown in figure IV.4

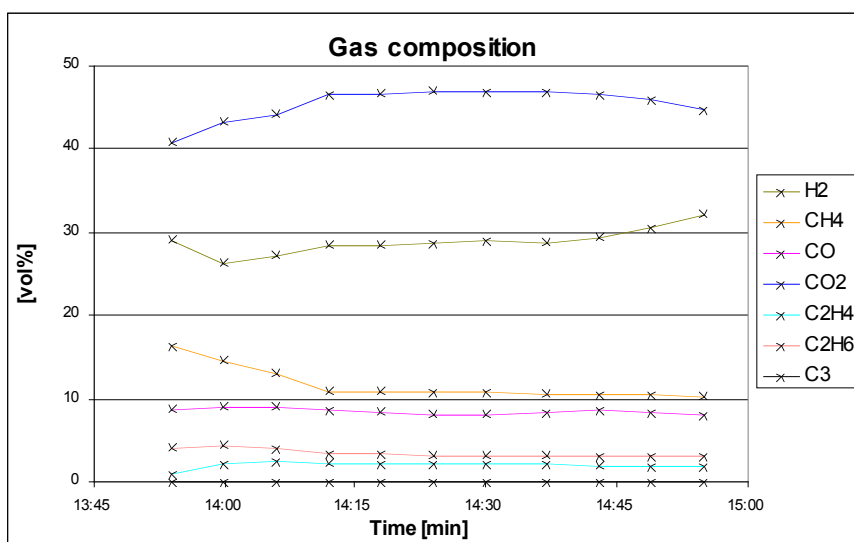


fig. IV.4 Gas composition

Time-average composition (mol %) is calculated as:

H<sub>2</sub> 28.9, CO<sub>2</sub> 45.3, CO 8.53, CH<sub>4</sub> 11.73, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 2.01, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 3.17

*Tail water* production over run time shows figure IV.5; this follows closely the total water feed at reformer inlet.

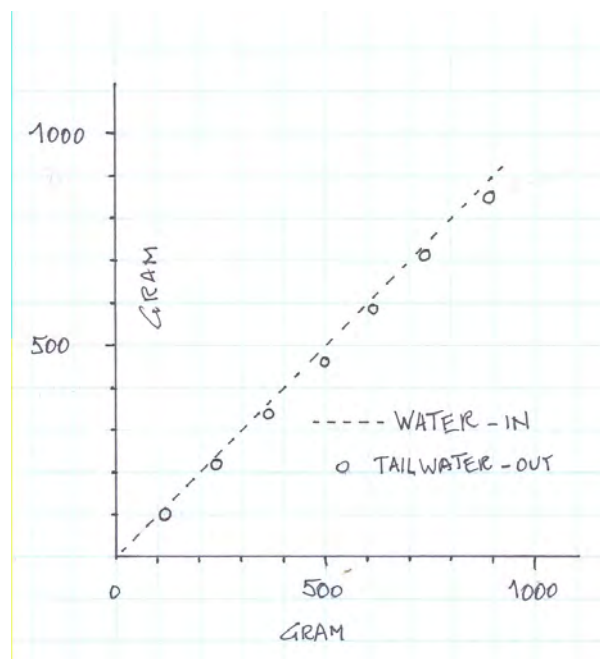


fig. IV.5 Water balance

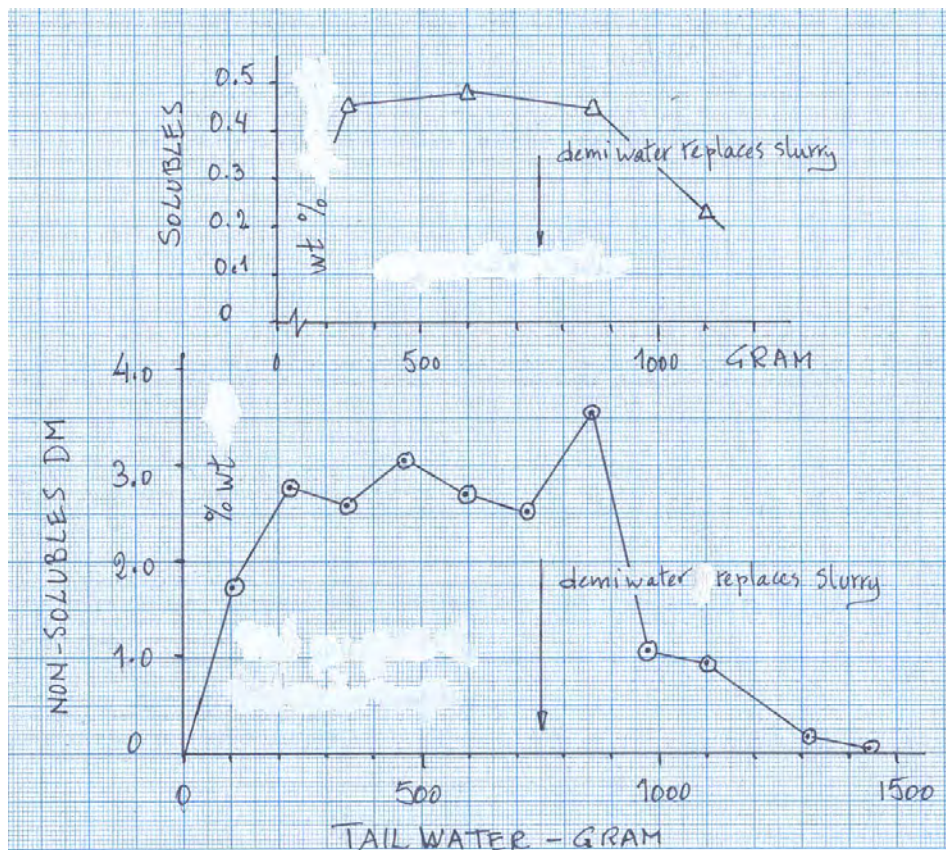


fig. IV. 6 Tail water composition - soluble and non-soluble matter

*Tail water composition* is given in figure IV.6.

Content of black precipitate (Non-solubles) is in the 2.5 to 3.0 wt % range after reaching steady reforming conditions.

Content of evaporation residue (Solubles) is 0.4 to 0.5 wt %. Content of either component declines after slurry feed is replaced by demi water.

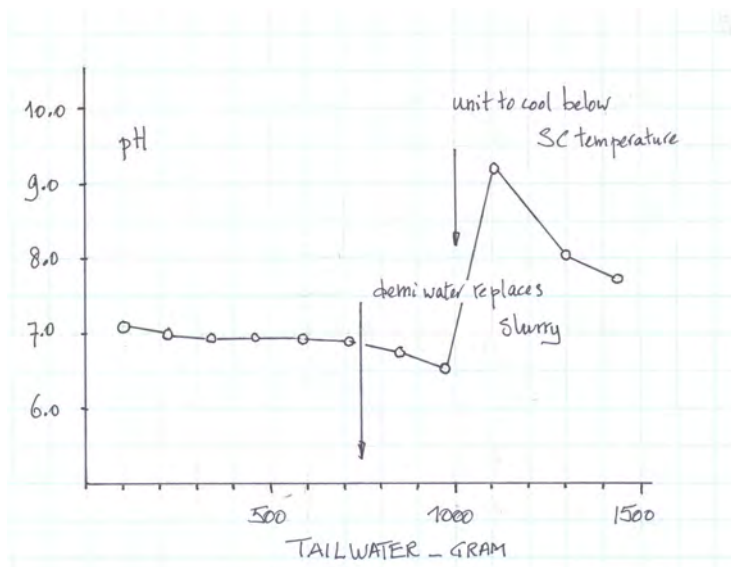


fig. IV.7 pH of tail water

pH is at constant level of approximately 7 during steady reforming conditions and shows a small decrease after replacing slurry feed by demi water (figure IV.7).

The increase to pH value of 9.5 near the end of the test run coincides with the cooling of the unit below the water critical temperature. Liquid water forms in this test regime with enhanced solubility for the additive. This dissolves the additive that was precipitated in the supercritical zone of the unit.

Reforming of compost slurry with 0.424 wt % soda

*Feed composition:*

slurry with 14.5 % wt DM, containing 41.2 % wt minerals

soda: 4.24 g / kg slurry

size distribution according table 1

*Feed rates (figure V.1):*

SC water: 7.75 g/min

slurry : 7.42 g/min, containing

1.076 g/min DM with 0.635 g/min organics

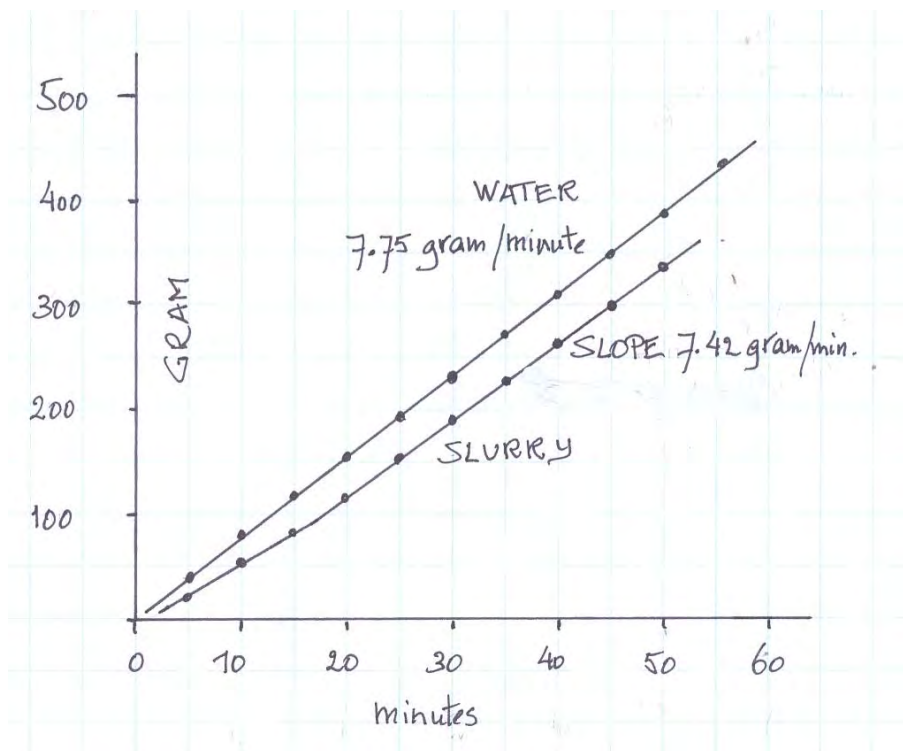


fig. V.1 Feed rate of SC water and slurry

Feed rates of water and slurry are steady over run time.

DM content of SC fluid at reformer inlet: 7.1 % wt.

*Temperatures* are shown in figures V.2.1 and V.2.2.

Fluid temperature increases from 410 °C at inlet, over 450 °C halfway, to 631 °C at outlet.

Temperatures are time-averaged values.

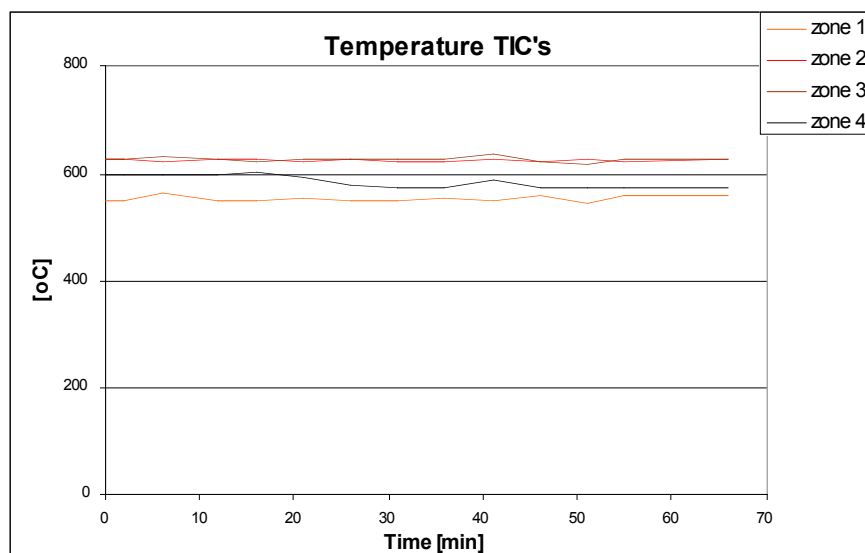


fig. V.2. 1 Outside tube wall temperature

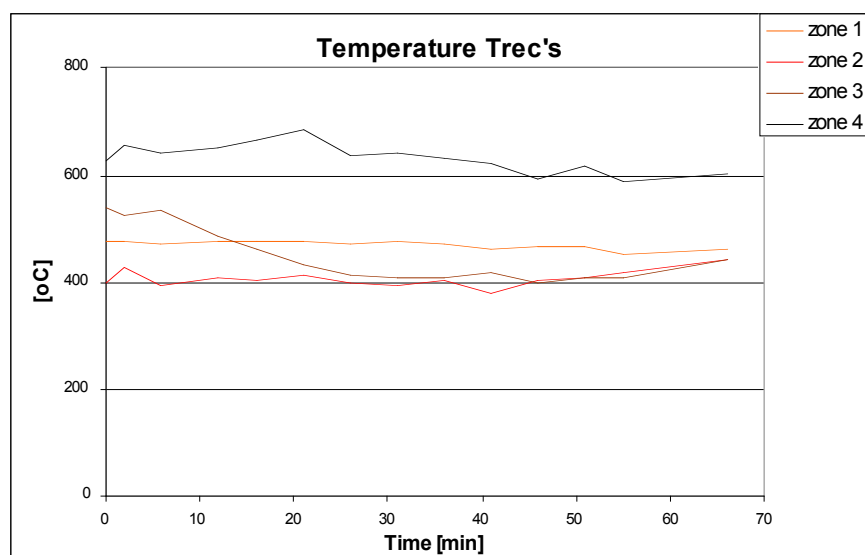


fig. V.2.2 fluid temperature

### Gas production

Steady with run time (figure V.3): 199 mL/min.

This is in linear correlation with the feed rate of slurry, as:

- 26.47 mL gas per gram of slurry feed ( figure V.4);
- 182.5 mL gas / g DM;
- 309.4 mL gas / g organics.



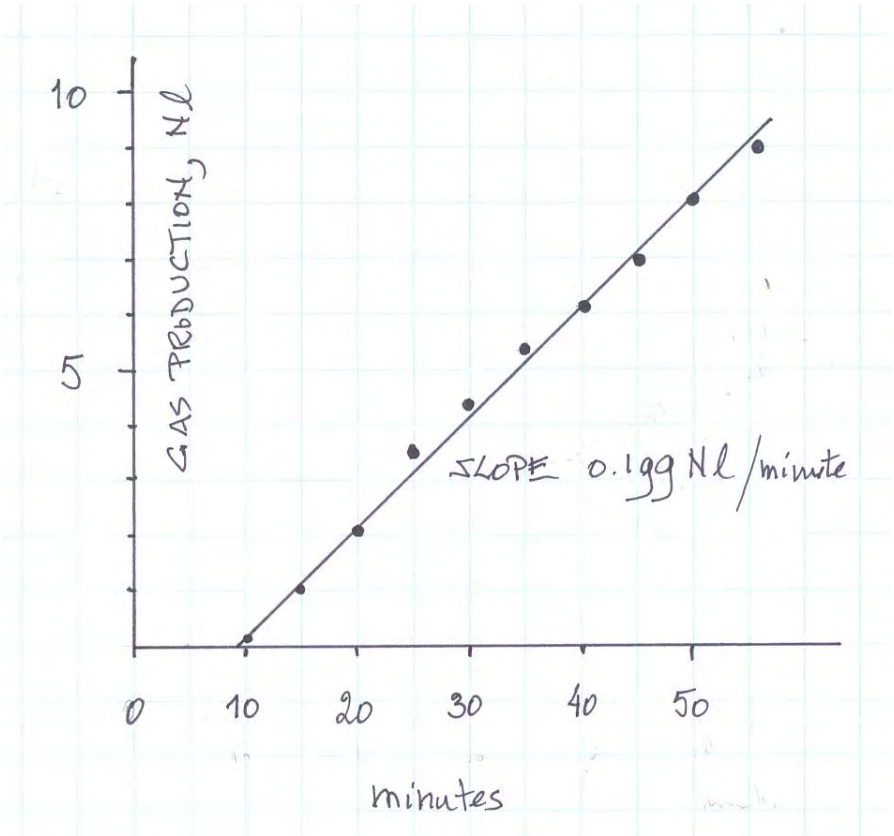


fig. V.3 Rate of gas production

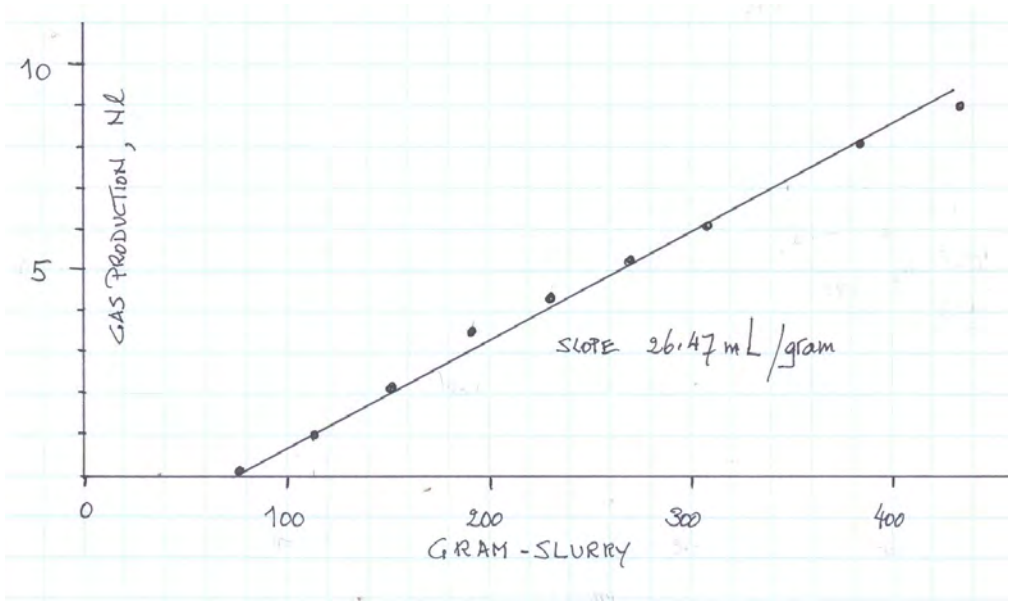


fig. V.4 gas volumetric yield GVV

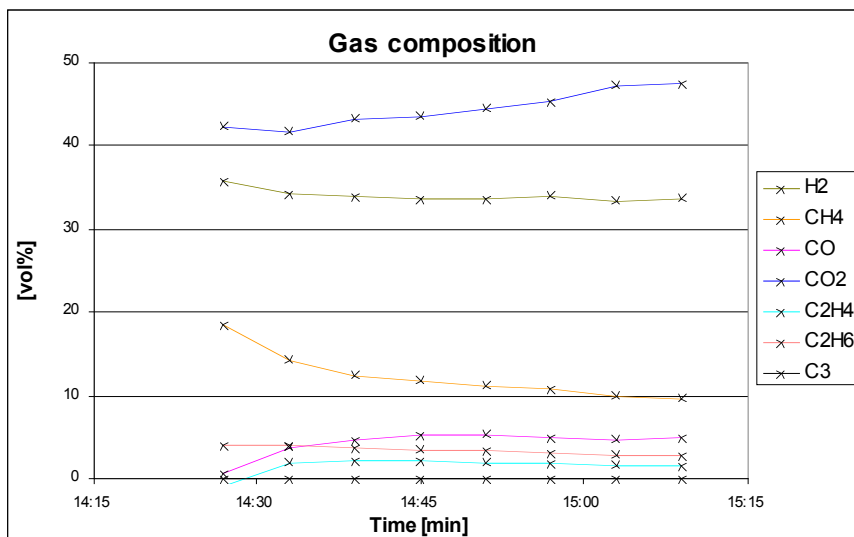


fig. V.5 Gas composition

Gas composition shown in figure V.5. Time-average composition (mol %) is calculated as:

H<sub>2</sub> 33.7, CO<sub>2</sub> 44.7, CO 4.8, CH<sub>4</sub> 11.5, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 1.91, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 3.34

Tail water production over run time shows figure V.6; this follows closely the total water feed at reformer inlet.

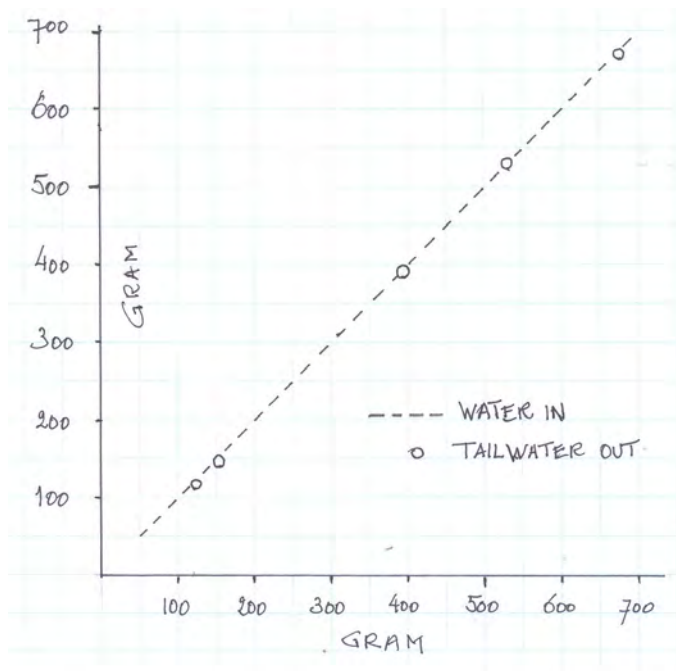


fig. V.6 Water balance

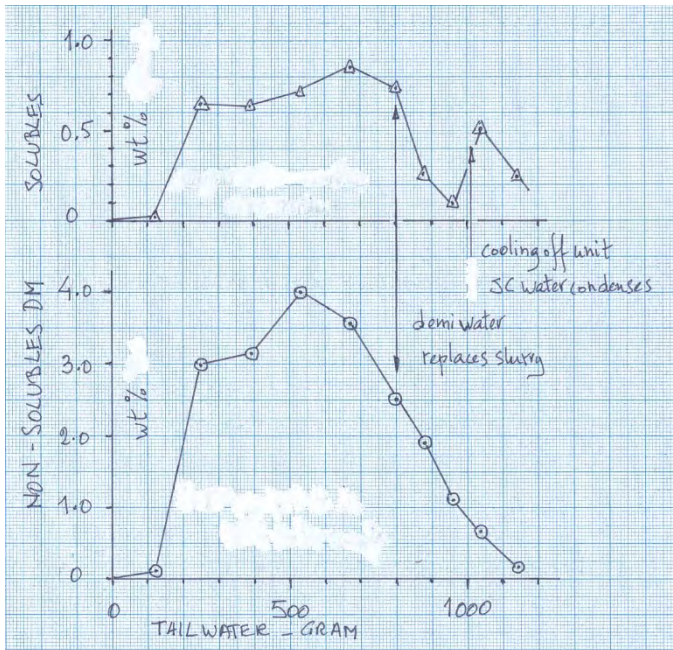


fig. V.7 Composition of tail water – soluble and non-soluble matter

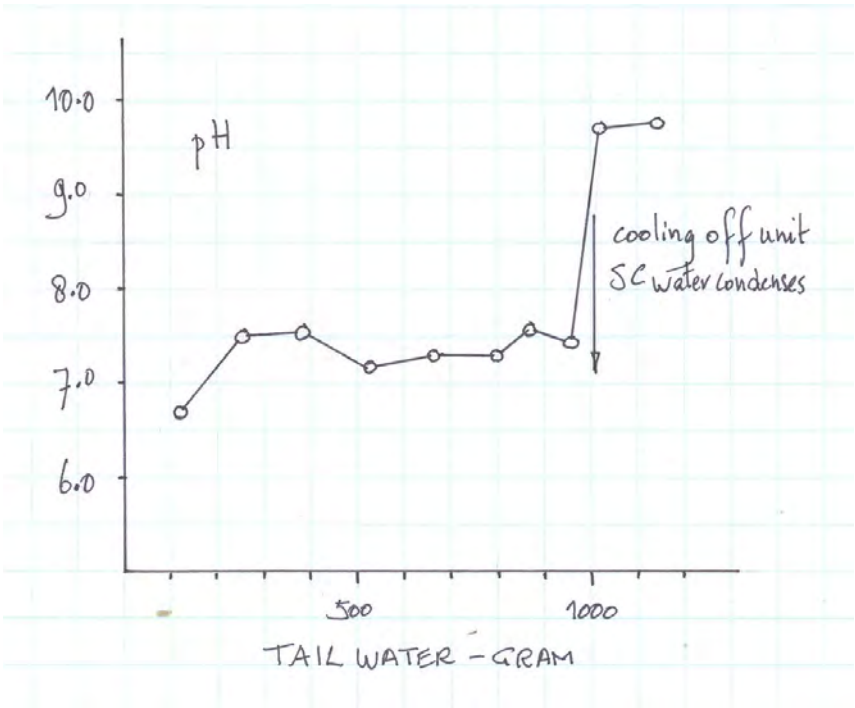


fig. V.8 pH of tail water

*Tail water composition* is given in figure V.7.

Content of black precipitate (Non-solubles) increases from 3 to 4 wt % where after a steady decline occurs when slurry feed is replaced by demi water.

Content of evaporation residue (Solubles) is 0.6 to 0.8 wt %.

Content of Solubles decreases after slurry feed is replaced by demi water. Near the end of the test run the temperature of the reforming zone has reached sub-critical values as a result of cooling and liquid water has formed. This coincides with the increase of Solubles content.

A similar observation is made with the pH value (figure V.8). This constant is at 7 to 7.5 during steady reforming conditions , with a small decrease after replacing slurry feed by demi water.

Near the end of the test run pH value increases to 9.5. This coincides with the cooling of the unit below the water critical temperature. As a result liquid water forms and dissolves the additive that was precipitated in the supercritical zone of the unit.

## 4. Data analysis

### 4.1 Carbon balance and mass fraction of products

The quantity of organic carbon C converted to gases CO<sub>2</sub>, CO, Table 4.1. CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> and C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> is shown in Table 4.1.

Table 4.1 Organic Carbon balance

| test # | C in feed, mg/min | C in gas, mg/min <sup>1</sup> | C converted to gas, % |
|--------|-------------------|-------------------------------|-----------------------|
| I      | 314               | 110                           | 35.0                  |
| IV     | 239               | 53.86                         | 22.5                  |
| V      | 283               | 71.44                         | 25.2                  |

<sup>1</sup> from gas volume and gas composition

The reforming chemistry leaves water-insoluble mineral precipitate in the tail water that is recovered by filtration. This residue contains organic matter, in the form of tar, that is not converted into gas. Tar content was calculated from the ash-content (580 °C ash) of the mineral residue. Part of this tar was soluble in spiritus.

Based on C-content of gas and biomass organics, the weight of biomass converted to gas was calculated. By balancing the biomass in feed, biomass converted to gas and biomass retained as tar components in mineral residue, followed biomass converted in (SC) water soluble tar. This eluted with tail water (table 4.2) and is responsible for the pungent smell. Including gas, the biomass fraction that is converted in SC water-volatile matter ranges from 75 to 82 % (gas + soluble tar) of which soluble tar represents the larger part.

Table 4.2 Products from SC reforming of biomass

| biomass converted to  | test I - wt % | test V – wt % | test IV - wt % |
|-----------------------|---------------|---------------|----------------|
| gas                   | 35.0          | 25.3          | 22.5           |
| non-soluble tar       | 17.5          | 24.2          | 25.3           |
| soluble tar (balance) | 47.5          | 50.6          | 54.7           |
| total                 | 100           | 100           | 100            |

#### 4.2 Yield of gas

Experimental values of feedrate F (gram slurry / min), Gas Production Rate GPR (mL gas / min) and Gas Volumetric Yield GVV (mL gas / gram slurry) are summarized in Table 4.3.

The temperature has dramatic effect on gas production. Test II was done at sub-critical temperature of 350 – 360 °C and produced only 46.9 mL gas per gram organics in feed (equivalent of 4.0 mL gas / gram slurry). This is nearly one magnitude – order smaller than the production of tests I, V and IV.

Table 4.3 Gas Production Rate and Gas Volumetric Yield

| test #  | SC water,<br>gram/min | F [*]<br>gram slurry/min | GPR<br>mL gas/min | GVV<br>mL gas/gram slurry |
|---------|-----------------------|--------------------------|-------------------|---------------------------|
| IV      | 7.42                  | 6.30                     | 142               | 22.7                      |
| V       | 7.75                  | 7.42                     | 199               | 26.5                      |
| I       | 10.86                 | 8.28                     | 245               | 29.2                      |
| II [**] | 8.28 [**]             | 9.25                     | 37                | 4.0                       |

[\*] DM content 14.5 wt %    [\*\*] subcritical run with hot water of 350 – 360 °C

#### 4.3 Gas caloric yield

The LHV of gas is calculated from its composition (table 4.4).

It is evident that separation of CO<sub>2</sub> improves the LHV of the fuel gas with 70 to 80 %.

Table 4.4 Calculated LHV of gas, MJ / Nm<sup>3</sup>

| test # | including CO <sub>2</sub> | CO <sub>2</sub> -free |
|--------|---------------------------|-----------------------|
| I      | 13.48                     | 23.5                  |
| IV     | 10.81                     | 19.76                 |
| V      | 10.88                     | 19.54                 |



The caloric production rate of gas (kJ / minute, LHV-basis) gives a linear correlation with converted carbon (table 4.5 and figure 4.1) with slope value of 31.2 kJ per gram of C. The caloric value of the gas appears constant and independent of conversion level.

Table 4.5 Caloric production rate of gas

| test # | converted C, mg/min | caloric production rate, kJ / minute |
|--------|---------------------|--------------------------------------|
| I      | 110                 | 3.29                                 |
| IV     | 53.8                | 1.53                                 |
| V      | 71.4                | 2.15                                 |

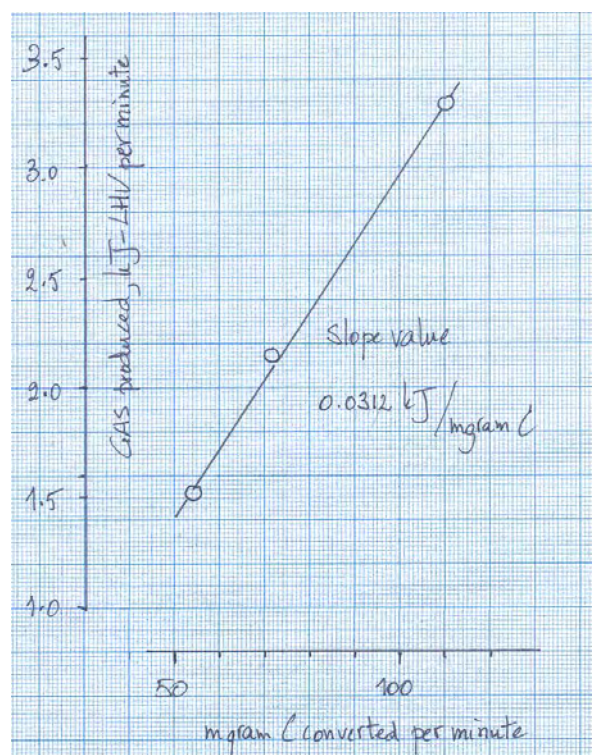


fig. 4.1 Caloric production

Given a DM content of 14.5 wt % in slurry, with organic C-content of 26.2 % wt - according elemental analysis - the caloric yield is calculated as 8.17 MJ / kg DM converted to gas. By comparing this value with the LHV of dry biomass, calculated from elemental composition as 11.63 MJ / kg [1], a thermal recovery of  $8.17 / 11.63 = 0.702$  is obtained.

#### 4.4 Yield of CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub> is the largest single product, on mass-basis, of biomass reforming. This component has value as greenhouse fertilizer. The yield of CO<sub>2</sub> that is contained in the gas ranges from 0.22 kg (test IV), over 0.25 kg (test V) to 0.27 kg (test I) per kg reformed DM. Typically, the tests with soda-containing slurry score slightly lower in yield performance.

#### 4.5 Mineral balance

Minerals are fed with the slurry as DM component and are recovered with tail water, partly as black precipitate (Insolubles) and partly dissolved in tail water (Solubles). The latter is measured as the residue from tail water evaporation. Soda, that is added to the slurry, is part of Solubles.

Table 4.6 Balance of minerals

| test # | Minerals IN, g | Soda IN, g | Insolubles OUT, g  | Solubles OUT, g   | OUT / IN |
|--------|----------------|------------|--------------------|-------------------|----------|
| I      | 27.89          | 0          | 12.52 <sup>1</sup> | 3.52 <sup>1</sup> | 0.562    |
| IV     | 21.86          | 0.389      | 18.7 <sup>2</sup>  | 4.4 <sup>2</sup>  | 1.043    |
| V      | 21.50          | 1.526      | 17.9 <sup>2</sup>  | 5.93 <sup>2</sup> | 1.030    |

<sup>1</sup> immediately after stop-of-slurry

<sup>2</sup> after flushing with demi water

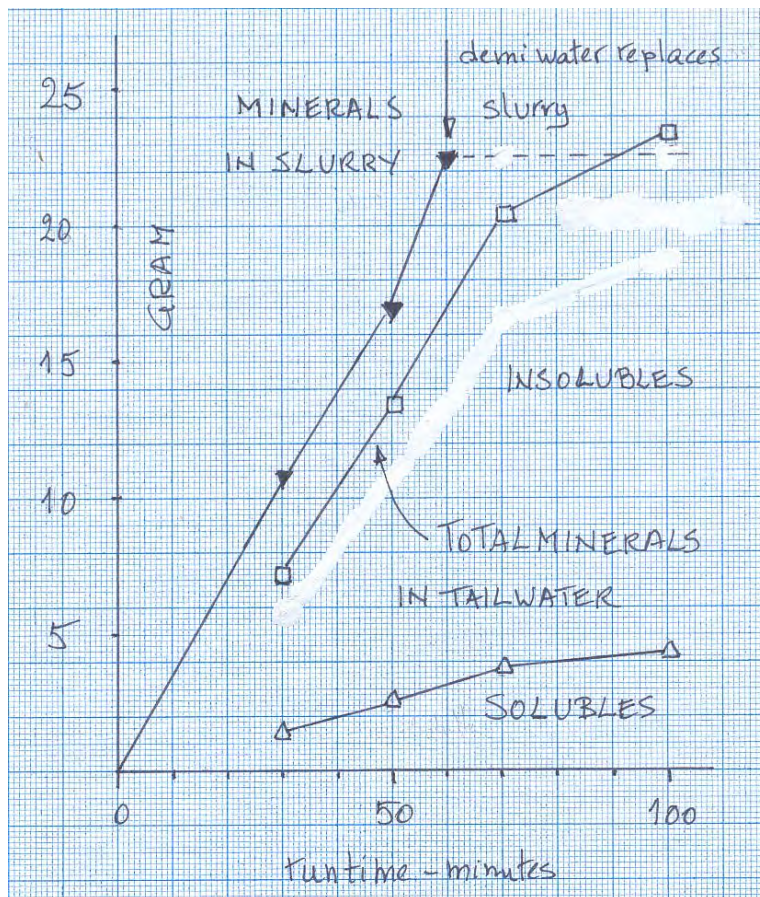


fig. 4.2 Mineral balance of test IV

Table 4.6 shows a special feature of the balance. With soda present in the slurry (tests IV and V) the mineral balance over the entire reforming run closes with zero loss. Hence, all mineral content of the slurry is eventually recovered as tail water minerals.

In the absence of soda (test I), the mineral balance shows a loss of 44 % at the moment the slurry was stopped and replaced by demi water. This mineral loss may have been regained with the demi water flush but this could not be confirmed as monitoring of tail water was stopped at this point.

Also test IV revealed that mineral effluent lacked significantly behind mineral feed (figure 4.2). When slurry is stopped after 60 minutes in the run, and replaced by demi water, 22.5 gram of minerals had passed through the reformer and only approximately 17 gram had eluted with tail water. The difference was retained in the unit, most likely as precipitate on the reformer tube wall. This was slowly released by the action of demi water until full recovery after 100 minutes. The same effects were observed with test V (figure 4.3).



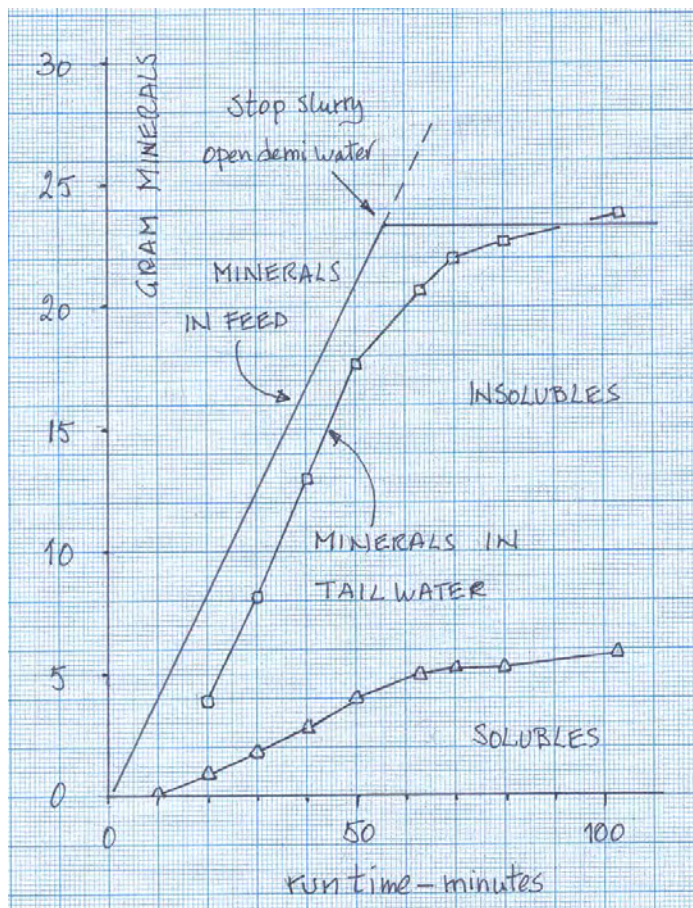


fig. 4.3 Mineral balance of test V

Mineral balances of tests IV and V showed minerals in effluent to be slightly higher than in feed, by 3 to 4 %. An explanation may be found in the fact that these tests were done after tests without soda. Residual minerals from these tests, that were left, might have been released by the soda –containing fluid, accounting for the excess minerals.

#### 4.6 Kinetics of volatilization

The temperature of the SC fluid is not constant but increases while passing through the reformer reactor. Fluid temperature measurements at reactor inlet, at halfway point and at reactor outlet are shown in figures 4.4 A, B, C. The full lines, drawn in the figures through the data points, are only approximations of reality, with the knowledge that the gradient increases in a gradual manner. It follows that the temperature gradients of test I, IV and V are at different levels.

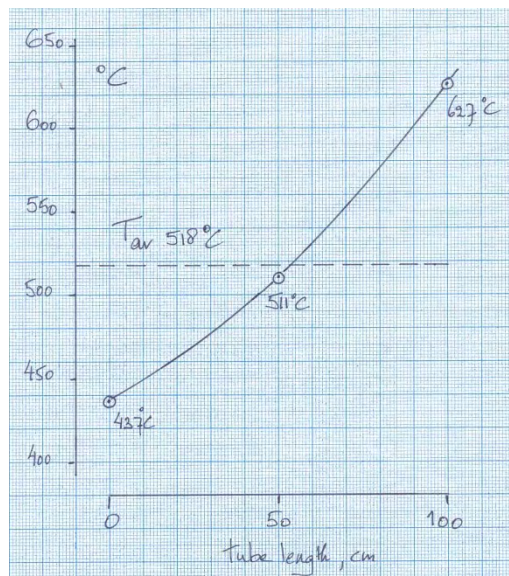


Fig. 4.4.A Fluid temperature gradient of test I

The temperature of the fluid, averaged over the reactor length, is calculated with the Simpson rule, according

$$T_{av} = [0.5/3] [T_{in} + 4 T_{0.5} + T_{out}]$$

The conversion of biomass into volatile matter increases with the average fluid temperature (table 4.9); also the fraction of gas, as part of total volatiles, increases with temperature.

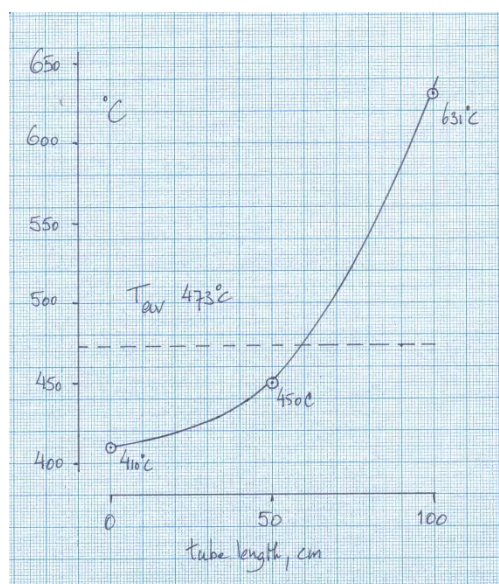


Fig. 4.4.B Fluid temperature gradient of test V

This indicates the formation of gas to result from consecutive reactions of primary volatile products, i.e. soluble tar, according

biomass ===== soluble tar ===== gas

Table 4.9 Fraction of gases in total volatiles <sup>1</sup>

|                                         | Test I | Test V | Test IV |
|-----------------------------------------|--------|--------|---------|
| $T_{av}$ C                              | 518    | 473    | 466     |
| conversion of biomass into volatiles, % | 82.5   | 75.8   | 74.7    |
| gas content of volatiles, %             | 42.4   | 33.3   | 29.1    |

<sup>1</sup> derived from table 4.2

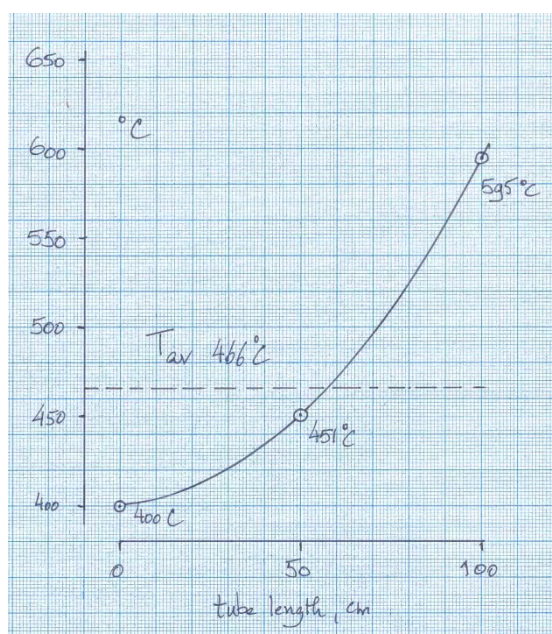


Fig. 4.4.C Fluid temperature gradient of test IV



The rate of conversion of biomass into volatile matter, i.e. gas and SC water- soluble tar, is postulated to follow the first-order rate equation

$$\ln [B/B_0] = -k_1 t \quad \text{eqn. [2]}$$

with

$B/B_0$  = the fraction of biomass that is not converted after reaction time  $t$

$k_1$  = first-order rate constant,  $\text{sec}^{-1}$

The reaction time  $t$  is calculated for each test,

with  $t$  = reaction time, seconds

$A$  = cross-sectional area of reformer tube, i.e.  $0.3025 \text{ cm}^2$

$z$  = position along tube, cm

$\rho$  = density of SC water at position  $z$ ,  $\text{g} / \text{cm}^3$

$F_w$  = feedrate of SC water,  $\text{g} / \text{sec}$

Table 4.10 Data for kinetic analysis of biomass volatilization<sup>1</sup>

| test # | Tav C | B/Bo outlet 1 | $k_1$ | $\tau$ , sec |
|--------|-------|---------------|-------|--------------|
| I      | 518   | 0.175         | 0.299 | 5.81         |
| V      | 473   | 0.242         | 0.188 | 7.55         |
| IV     | 466   | 0.253         | 0.178 | 7.72         |

<sup>1</sup> derived from table 4.2

The temperature along the tube is given in figure 4.4 A, B and C; a correlating equation is found by curve-fitting. This, combined with the EOS for pure water, provides the water density over  $z$ . Integrating of the density over  $z$  from 0 to 100 cm, in combination with eqn.[2], gives values of  $t$  in table 4.10.

Substituting  $B/B_0$  and  $t$  in eqn.[1] gives the values of  $k_1$ .

Rate constant  $k_1$  correlates with the average temperature according the Arrhenius relation in figure 4.5:

$$\ln k_1 = A_1 \exp [-E_a/RT]$$

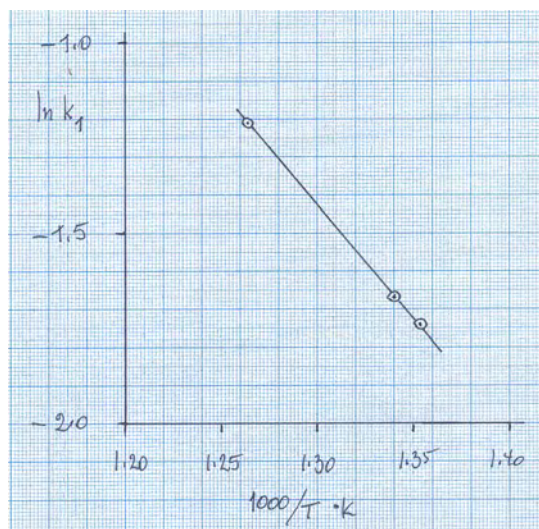


Fig. 4.5 Arrhenius correlation for biomass volatilization

From the slope value follows  $E_a$  as 49.8 kJ / mol-K (given  $R = 8.305 \text{ J / mol-K}$ ).  $A_1$  is subsequently calculated as  $594.4 \text{ sec}^{-1}$ .

## 5. Discussion

### 5.1 Mechanism postulated

As a start the water component of the slurry evaporates instantly by contact with SC water in the mixing device at reformer tube inlet, and expands by at least one-magnitude order. By this action the conglomerates of biomass in the slurry desintegrate into the individual particles that resulted from the cutting process and form a finely dispersed powder in the SC fluid.

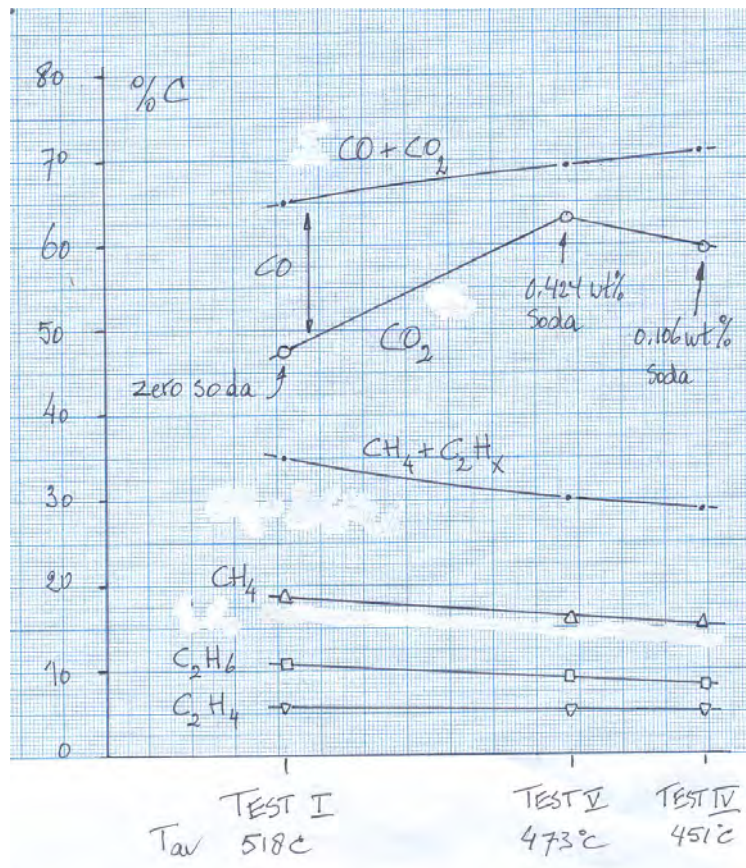


Fig. 5.1 Distribution of C over gas components

The second stage involves interactions of SC water with the organic sites of the biomass particles and forms volatile components. The volatilization chemistry is effected by the supercritical state of water and enhances formation of gas over tar. Gas and part of tar is soluble in SC water and are separated from the biomass particle. Tar is formed readily in the lower, sub-critical temperature range of 350 °C but formation of gas needs the higher temperature of the supercritical range.

The volatilized tar react further. Evidence for this forms the content of CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> and C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, changing with temperature and the gas production from tail water in test III.

The non-soluble tar components associate with the mineral ions that are released from the biomass, and form the solid precipitate with high ash content. We postulate that all tar components are likely to be converted in gas, provided reaction time suffices.

## 5.2 Selective catalysis of soda

Conversion of biomass into gases increases significantly with fluid temperature (table 5.1) but only minor effect is observed on gas composition (figure 5.1). At the higher temperature the

content of hydrocarbon gases  $\text{CH}_4$  and  $\text{C}_2\text{H}_{4,6}$  increases slightly. Clearly, there is catalysis by soda on the shift reaction, as evidenced by the  $\text{CO}_2 - \text{CO}$  ratio.

Table 5.1 Conversion of biomass to gas<sup>1</sup>

| test # | fluid T, C | conversion, % |
|--------|------------|---------------|
| I      | 518        | 35.0          |
| V      | 473        | 25.2          |
| IV     | 466        | 21.7          |

<sup>1</sup> derived from table 4.9

### 5.3 Mineral balance

Mineral components were eluted with tail water, for the larger part as water-insolubles. Some of the mineral feed is temporarily retained in the unit, most likely the reformer tube, and accounts for the time-lack in the mineral balance. Eventually, all mineral matter is eluted by flushing with demi-water. This is in particular observed with slurries containing soda.

The slow build-up of minerals may eventually cause plugging of the unit. To prevent this the slurry feed may be stopped for some time and flush the reformer tube with SC (demi-) water. It may also be necessary to lower the temperature during flushing below the critical temperature, and force water into liquid that has better solubility properties for salts.

We postulate the favourable effect of soda on mineral effluent due to co-precipitation of biomass minerals and soda. Liquid water, that forms by cooling of the reformer tube, dissolves readily the soda component of the co-precipitate and releases the biomass minerals from the tube wall. This is evidenced by the sharp increase of mineral content in the tail water and the increase of pH directly after cooling below the critical temperature.

This positive influence on mineral behaviour was not anticipated.

Whether elution of minerals occurs also in the absence of soda, is not clear because the relevant experimental measurements were not done.

### 5.4 Operational issues

The Lewa piston-type feed pump, with a maximum capacity of 5 L / h, functioned as desired with slurries containing 15 % wt DM and particles smaller than 0.5 mm.

The reforming of the slurry proceeded in general without major operational obstacles during the entire period of the tests. Plugging due to mineral scale in reformer tube and condenser did not

happen. This is due to the specific design and operation of the unit, details of which are considered confidential and not included in this report.

The pressure relief valve did not give the desired steady control of fluid pressure. Sudden variations in pressure of +/- 50 bar occurred occasionally, caused by build-up of black precipitate in tail water and the sudden relief action of the valve. This needs major improvement.

#### References

---

- [1] Johannes M.L. Penninger and Marco Rep  
*International Journal of Hydrogen Energy* 31 (2006) 1597 – 1606
- [2] S.A. Channiwals, P.P. Parikh, *Fuel* 81 (2002) 1051-1063

## Gas conditioning

Produced gas is treated for quality improvement. This conditioning includes two processing steps:

- removal of organo-sulphur impurities;
- separation of  $\text{CO}_2$ .

### Removal of organo-sulphur impurities

Gas taken from the top of the high pressure separator may contain organo-sulphur impurities, such as COS and  $\text{H}_2\text{S}$ . These components are removed by absorption on ZnO. This absorbent is placed in a cylindrical steel vessel. Gas of 30 MPa is passed continuously through a bed of absorbent at ambient temperature. The cleaned gas is monitored for impurities and in time the flow is switched over to a second bed when the absorbent is loaded with impurities. The loaded bed is regenerated and prepared for a new absorption cycle.

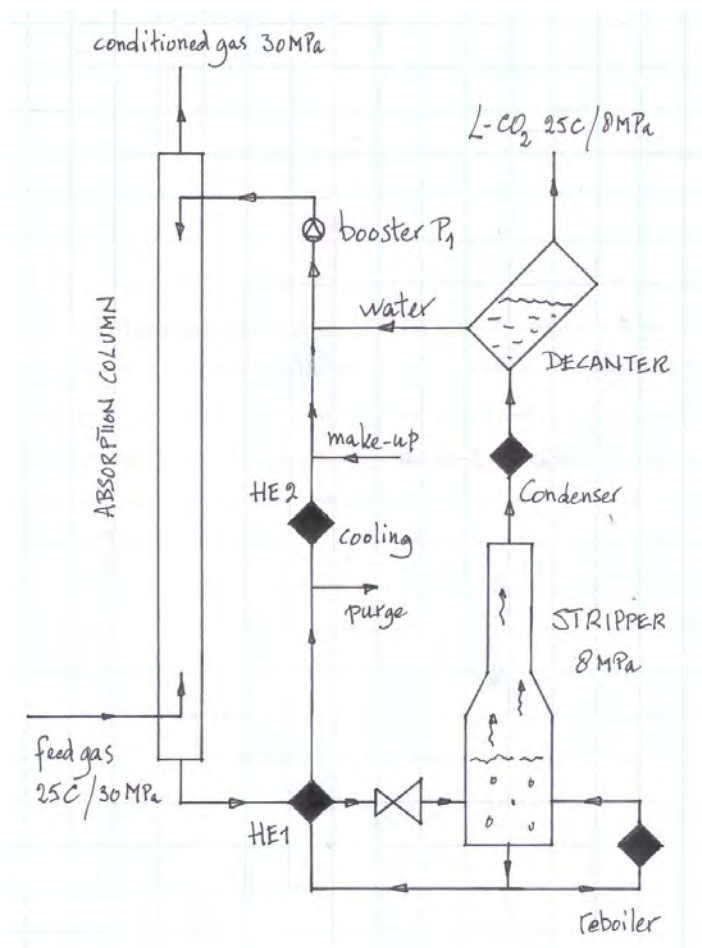


Fig. 6. Flow diagram of  $\text{CO}_2$  separation



### Separation of CO<sub>2</sub>

The content of this chapter followed solely from process modelling work, it was not verified by experiments.

CO<sub>2</sub> is separated by contacting with 25 % wt aqueous MEA solution at 30 MPa. CO<sub>2</sub> is recovered from the MEA solution as a compressed liquid, CO<sub>2</sub>-free gas is stored in high pressure storage tanks awaiting further use.

As fig. 6 illustrates, cleaned gas from the ZnO bed is fed to the bottom end of the absorption column. From the top, recycle MEA solution is fed and in a down-stream fashion contacted with the rising gas of 30 MPa. CO<sub>2</sub>-free gas leaves the column at the top for storage in tanks, CO<sub>2</sub>-pregnant MEA solution is pre-heated by exchange with CO<sub>2</sub>-depleted MEA solution. Upon entering of the stripper column the fluid is expanded to 8 MPa. Some CO<sub>2</sub> is released by this expansion and another part is released at 140 °C in the reboiler. This results in a mixture of steam and CO<sub>2</sub> that rises through the stripper column and is taken from the top. By cooling at 25 °C the vapor condenses and forms two separate liquids with L-CO<sub>2</sub> floating on water. L-CO<sub>2</sub> is taken to storage and water is recycled to the inlet of the booster pump is taken to storage and water is recycled to the inlet of the booster pump.

The CO<sub>2</sub>-poor MEA solution from the bottom of the stripper column is cooled by heat-exchange with stripper feed and recycled by means of the booster pump at 30 MPa to the top of the absorption column.

A small fraction of the recycle MEA solution, 0.1 % is purged as to prevent the build-up of impurities. The purged MEA and water is made up with fresh material.

Table.1 Process data of CO<sub>2</sub> separation

| <i>Stripper T, C</i>                                 | <i>130</i>   | <i>140</i>   | <i>150</i>   | <i>160</i>   |
|------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <i>Recovery of CO<sub>2</sub>, %</i>                 | <i>93.8</i>  | <i>96.3</i>  | <i>98.1</i>  | <i>99.2</i>  |
| <i>Purity of CO<sub>2</sub>, % wt</i>                | <i>99.71</i> | <i>99.62</i> | <i>99.55</i> | <i>99.47</i> |
| <i>Reboiler duty, GJ/ton CO<sub>2</sub></i>          | <i>1.29</i>  | <i>1.23</i>  | <i>1.18</i>  | <i>1.13</i>  |
| <i>Power P1, kWh/ton CO<sub>2</sub></i>              | <i>175</i>   | <i>169</i>   | <i>166</i>   | <i>162</i>   |
| <i>Solvent recycle cooling, MW/kg CO<sub>2</sub></i> | <i>1.64</i>  | <i>1.51</i>  | <i>1.42</i>  | <i>1.31</i>  |
| <i>Make-up MEA, g / kg CO<sub>2</sub></i>            | <i>6.44</i>  | <i>6.82</i>  | <i>7.38</i>  | <i>8.17</i>  |

*Mass- and heat balance*

Results from mass- and heat balance calculations are listed in Appendix; Table 1 gives typical process data.

A high temperature of the stripper gives high recovery of CO<sub>2</sub> and low demand of reboiler heat, booster power and cooling of solvent recycle, although the differences are marginal.

MEA loss increases markedly with stripper temperature. As these data result from EOS calculations only, confirmation by adequate experimental tests is needed.

Energy for the reboiler is readily available from the reforming unit. This unit produces one order-of-magnitude more heat than reboiler demand.

*Purification of CO<sub>2</sub>*

The purity of L-CO<sub>2</sub> decreases slightly with stripper temperature but averages around 99.5 % . CO<sub>2</sub> impurity is largely MEA with 0.1 % wt. MEA-free CO<sub>2</sub> can be obtained with additional purification. The preferred technology involves a small modification of the process. Instead of cooling to 25 °C, the steam/CO<sub>2</sub> mixture that leaves the stripper column is cooled to 50 °C. At this temperature water condenses and leaves CO<sub>2</sub> as gas. This gas stream is contacted with pure water in a column and MEA is stripped from CO<sub>2</sub> below 1 ppm. A weight ratio of water-to-CO<sub>2</sub> would be sufficient for this extraction, according calculations. Subsequently, CO<sub>2</sub> is condensed by cooling to 25 °C. The dilute aqueous solution , which contains 0.04 % wt MEA may be disposed as waste water for biological treatment.

The quantity of MEA, lost from the process by this treatment, represents 1.18 g MEA per kg of CO<sub>2</sub>.

## Appendix

*Feed rate of gas (gmol /sec)*

| H <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | CO   | CO <sub>2</sub> | C <sub>2</sub> + C <sub>3</sub> |
|----------------|-----------------|------|-----------------|---------------------------------|
| 0.66           | 0.45            | 0.24 | 0.83            | 0.21                            |

T / P : 35 C / 30 MPa

*Utilities*

|                                  |                 |                 |                 |                 |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <i>Stripper T, C</i>             | <i>130</i>      | <i>140</i>      | <i>150</i>      | <i>160</i>      |
| <i>Solvent preheater HE1, kW</i> | <i>259</i>      | <i>290</i>      | <i>321</i>      | <i>355</i>      |
| <i>Solvent cooler HE2, kW</i>    | <i>60</i>       | <i>57</i>       | <i>54</i>       | <i>51</i>       |
| <i>Stripper condenser, kW</i>    | <i>12</i>       | <i>13</i>       | <i>15</i>       | <i>17</i>       |
| <i>Booster pump P1, kWe</i>      | <i>23.1</i>     | <i>22.9</i>     | <i>22.8</i>     | <i>22.5</i>     |
| <i>Reboiler, kW</i>              | <i>47</i>       | <i>46</i>       | <i>45</i>       | <i>44</i>       |
| <i>Make-up MEA, gmol/s</i>       | <i>3.87 E-3</i> | <i>4.21 E-3</i> | <i>4.64 E-3</i> | <i>5.20 E-3</i> |

*Composition of conditioned gas, gmol/s*

|                                      |                 |                 |                 |                 |                 |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <i>Stripper T, C</i>                 | <i>130</i>      | <i>140</i>      | <i>150</i>      | <i>160</i>      | <i>feed</i>     |
| <i>CO<sub>2</sub></i>                | <i>52.7 E-3</i> | <i>30.4 E-3</i> | <i>14.7 E-3</i> | <i>5.17 E-3</i> | <i>0.885</i>    |
| <i>CH<sub>4</sub></i>                | <i>0.453</i>    | <i>0.453</i>    | <i>0.453</i>    | <i>0.453</i>    | <i>0.453</i>    |
| <i>CO</i>                            | <i>0.246</i>    | <i>0.247</i>    | <i>0.247</i>    | <i>0.247</i>    | <i>0.247</i>    |
| <i>H<sub>2</sub></i>                 | <i>0.665</i>    | <i>0.665</i>    | <i>0.665</i>    | <i>0.665</i>    | <i>0.665</i>    |
| <i>Water vapor</i>                   | <i>1.60 E-3</i> | <i>1.58 E-3</i> | <i>1.57 E-3</i> | <i>1.59 E-3</i> | <i>2.13 E-2</i> |
| <i>C<sub>2</sub> + C<sub>3</sub></i> | <i>0.206</i>    | <i>0.206</i>    | <i>0.206</i>    | <i>0.206</i>    | <i>0.206</i>    |

*Production rate of CO<sub>2</sub> and impurities, gmol/s*

T / P : 25 C / 8 MPa

| <i>Stripper T, C</i>                                 | <i>130</i>      | <i>140</i>       | <i>150</i>       | <i>160</i>      |
|------------------------------------------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|
| <i>CO<sub>2</sub></i>                                | <i>0.8298</i>   | <i>0.8521</i>    | <i>0.8681</i>    | <i>0.8779</i>   |
| <i>moisture</i>                                      | <i>3.4 E-3</i>  | <i>3.54 E-3</i>  | <i>3.64 E-3</i>  | <i>3.74 E-3</i> |
| <i>MEA</i>                                           | <i>7.03 E-4</i> | <i>10.13 E-4</i> | <i>14.31 E-4</i> | <i>19.9 E-4</i> |
| <i>H<sub>2</sub> + C<sub>1</sub> + C<sub>2</sub></i> | <i>Bal.</i>     | <i>Bal.</i>      | <i>Bal.</i>      | <i>Bal.</i>     |
| <i>Total rate</i>                                    | <i>0.8346</i>   | <i>0.8573</i>    | <i>0.8738</i>    | <i>0.8842</i>   |
| <i>Purity of CO<sub>2</sub>, % wt</i>                | <i>99.67</i>    | <i>99.62</i>     | <i>99.55</i>     | <i>99.47</i>    |

## Design of pilot unit

During the project the design and construction of the pilot plant was initiated. The objective of this pilot unit is to scale – up the tests from bench scale work. The design capacity is chosen for 100 kg/hr slurry, with 20 % wt organics.

A process block diagram of the pilot unit is shown in fig.7 and illustrates the position of the major processing steps:

- preparation of biomass feed into slurry;
- high pressure pumping facility;
- heat exchanger for preheat of feed with hot reformer product;
- reformer reactor;
- high pressure vessel for separation of gas and tail water;
- tail water expander;
- gas expander.

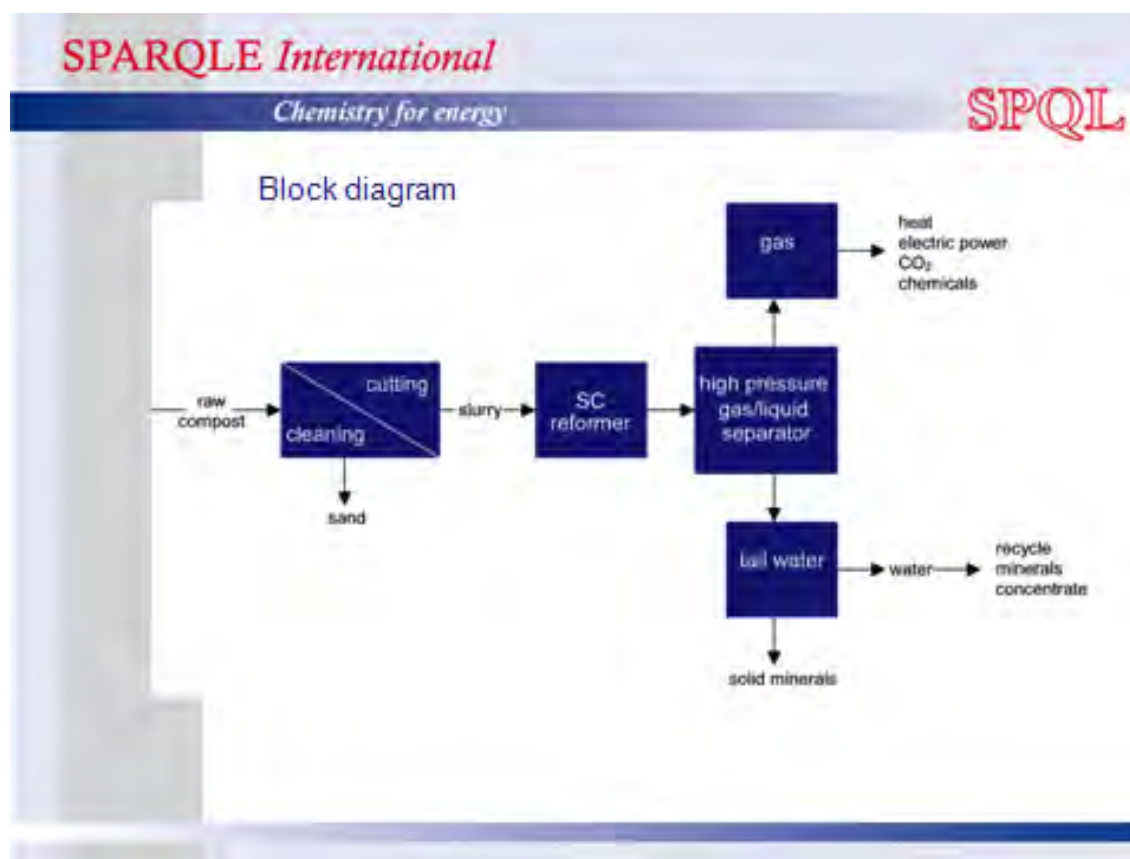


Fig. 7 Process block diagram for conversion of biomass slurry in SC water

The photograph gives the present stage of progress. Initial tests have been completed with water at 650 °C and 275 bar pressure. The coiled tubular heat exchangers were tested with positive outcome.



Pilot unit under construction



## Bijlage 2. Berekeningsprogramma biedt inzicht in wat superkritische vergassing oplevert

Met een speciaal voor dit doel ontwikkeld berekeningsprogramma zijn in de haalbaarheidsstudie de resultaten berekend van superkritische vergassing van natte biomassa:

- de productie van duurzame energie;
- de besparing van fossiele CO<sub>2</sub>;
- de terugwinning van het mineraal Fosfor (P).

Dit is achtereenvolgens voor drie verschillende schaalniveaux berekend:

- Boerderijschaal (melkveehouderijbedrijf met 100 melkkoeien);
- Waterschapsschaal (betreft de hele provincie Friesland);
- Nationale schaal (Nederland, prognose voor 2020).

### 1. Boerderijschaal

De insteek, die is gekozen wat betreft de toepassing van de SKW reformer, is nagaan of dit op een bedrijf met 100 melkkoeien mogelijk is en rendabel.

Uitgangspunt bij het SK Water proces is, dat de slurrie bij het begin van de bewerking minimaal 16% ds moet bevatten.

Rundveedrijfmest bevat gemiddeld slechts 86 kg ds per m<sup>3</sup> oftewel ca. 86,43 kg ds per ton. Daarom is mestscheiding nodig in een dikke en dunne fractie.

Mestscheiding met een vijzelpers (ook wel schroefpersfilter genaamd) geeft een dikke fractie die goed kan worden opgeslagen (op een vaste plaat). Deze bevat dan ruim 20% ds en is stapelbaar.

Drijfmest bestaat voor ca. 90% uit water; na scheiding is de hoeveelheid dunne fractie daarom veel groter dan de hoeveelheid dikke fractie.

Een melkkoe (mk) produceert gemiddeld ca. 27 m<sup>3</sup> drijfmest per jaar.

Tabel 1.1 Berekening financiële opbrengst op Boerderijschaal

| Alle prijzen, investeringsbedragen en kosten zijn excl. BTW                    |             |                   |          |   | Totaal          |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|----------|---|-----------------|
| Mestproductie per mk bij 100% stalperiode                                      | 27          | m <sup>3</sup> x  | 1,005    | = | 27,1 t/jr       |
| Te verwerken mest per mk incl. weidegang                                       | 80%         | x                 | 27,1     | = | 21,7 t/jr       |
| idem per aantal mk incl. weidegang                                             | 100         | mk x              | 21,7     | = | 2171 t/jr       |
| Dikke fractie na scheiding <b>drijfmest</b>                                    | 21%         | x                 | 2.171    | = | 456 t/jr        |
| Hoeveelh. ds in dikke fractie van de mest                                      | 20,1%       | x                 | 456      | = | 92 t/jr         |
| Hoeveelh. ds uit <b>natuurgras</b>                                             | 500         | t <sup>1)</sup> x | 42,8%    | = | 214 t/jr        |
| Hoeveelh. as in ds van <b>natuurgras</b>                                       | -30,0%      | x                 | 214      | = | -64 t/jr        |
| Totaal hoeveel ds uit natte biomassa                                           |             |                   |          |   | 241 t/jr        |
|                                                                                | 241.429     | kg :              | 8.000 u. | = | 30 kg/u         |
|                                                                                | 30.178,6835 | g :               | 3.600 s. | = | 8 g/s           |
| Thermische warmte aan de invoer van de reformer                                | 8,4         | g x               | 15 kJ    | = | 126 kJ/s        |
| Nodig aan warmte voor het SK Water proces                                      | 20%         | x                 | 126 kJ   | = | 25 kJ/s         |
| Netto output (thermische energie i.d.v.v. gas)                                 |             |                   |          |   | 101 kJ/s        |
|                                                                                |             |                   |          | = | 101 kW          |
|                                                                                |             |                   |          | = | 0,101 MW        |
|                                                                                |             |                   |          | = | 0,101 MJ/s      |
|                                                                                |             |                   |          | x | 3.600 s         |
|                                                                                |             |                   |          |   | 362 MJ/u        |
|                                                                                |             |                   |          | x | 8.000 u         |
|                                                                                |             |                   |          |   | 2.897.154 MJ/jr |
|                                                                                |             |                   |          | : | 1.000           |
|                                                                                |             |                   |          |   | 2.897 GJ/jr     |
| Prijs per gigajoule excl. innovatie- en/of energiesubsidie <sup>2)</sup>       |             |                   |          | x | € 10,55 /GJ     |
| Financiële opbrengst excl. energiesubsidie, excl. fin. opbrengst teruggewonnen |             |                   |          |   | € 30.565 /jr    |
| Mineralen zoals Fosfor (P), en excl. afzet CO <sub>2</sub> en warmtebenutting  |             |                   |          |   |                 |

<sup>1)</sup> Soortgelijk gewicht van vers gras is 250 - 300 kg/m<sup>3</sup>

<sup>2)</sup> Het hier opgevoerde tarief betreft besparing van energiekosten, die men zonder de eigen productie van duurzame energie uit bio-afval zou maken

Tabel 1.2 Berekening bedrijfseconomische winst op Boerderijschaal;  
Alle bedragen zijn excl. BTW

|                                                                                  |    |      |                |   |                  |                    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|------|----------------|---|------------------|--------------------|
| Investeringen: complete installatie (SK Water unit) met toebehoren <sup>1)</sup> |    |      |                |   | <u>€ 101.000</u> |                    |
| Restwaarde                                                                       |    |      |                |   | € 10.100         |                    |
| Financiële opbrengst excl. energiesubsidie                                       |    |      |                |   | <u>€ 30.565</u>  | /jr                |
| Niet-toegerekende kosten:                                                        |    |      |                |   |                  |                    |
| Rente over gem. geïnvesteerd vermogen                                            | 5% | x    | € 55.550       | = | € 2.666          | /jr                |
| Afschrijving over vervangingswaarde                                              | 9% | x    | € 111.100      |   | € 9.999          | /jr                |
| Onderhoud en verzekeringen                                                       | 5% | x    | € 101.000      | = | € 5.050          | /jr                |
| Arbeid <sup>3)</sup>                                                             | pm | u. x | -              | = | -                | /jr                |
| Totaal vaste kosten                                                              |    |      |                |   | € 17.715         | /jr                |
| Toegerekende kosten:                                                             |    |      |                |   |                  |                    |
| Loonwerk (maaaien)                                                               | 40 | Ha   | € 1.200        |   |                  |                    |
| Loonwerk (oprappen, transport, lossen)                                           | 40 | Ha   | € 5.000        |   |                  |                    |
| Overige variabele kosten                                                         |    |      | <u>€ 1.000</u> |   |                  |                    |
|                                                                                  |    |      |                |   | <u>€ 7.200</u>   |                    |
| Totale jaarlijkse kosten                                                         |    |      |                |   | € 24.915         | /jr                |
| Bedrijfseconomische winst <sup>2)3)</sup>                                        |    |      |                |   | <u>€ 30.565</u>  | -                  |
|                                                                                  |    |      |                |   | € 24.915         | <u>€ 5.650</u> /jr |

<sup>1)</sup> incl. aansluitingen + aftappunt + vergunningen etc.; de gebruikte prijzen zijn gebaseerd op aannames

<sup>2)</sup> De kosten van arbeid zijn afhankelijk van de lokale situatie

<sup>3)</sup> De kosten en opbrengsten van de terugwinning van mineralen, van afzet van CO<sub>2</sub> en van warmtebenutting niet meegerekend; ook is de financieel-economische waarde van extra dierrechten niet meegerekend die mogelijk verkregen worden door een verwerking van de dierlijke mest van eigen bedrijf

Tabel 1.3 Berekening besparing fossiele CO<sub>2</sub> op Boerderijschaal

|                                                           |   |            |                             |
|-----------------------------------------------------------|---|------------|-----------------------------|
| Berekende Netto output (thermische energie i.d.v.v. gas): | = | 2.897      | GJ/jr                       |
|                                                           | x | <u>151</u> | kg CO <sub>2</sub> /GJ      |
|                                                           |   | 437.470    | kg CO <sub>2</sub> fossiel  |
|                                                           | = | 437        | ton CO <sub>2</sub> fossiel |

Tabel 1.4 Berekening terugwinning van het mineraal Fosfor (P) op Boerderijschaal

|                                                    | droge stof | P       | Totaal P      |
|----------------------------------------------------|------------|---------|---------------|
|                                                    | ton        | kg/t ds |               |
| Hoeveelh. ds in dikke fractie van <b>drijfmest</b> | 92         | 3,4     | 311 kg        |
| Hoeveelh. ds uit <b>natuurgras</b>                 | 214        | 2,9     | <u>621</u> kg |
| Totaal terug terugwinning mineraal P               |            |         | 932 kg        |

## 2. Waterschapsschaal

De insteek, die op dit werkblad is gekozen wat betreft de toepassing van de SKW reformer, is nagaan wat de resultaten en milieueffecten zijn van verwerking van waterzuiveringsslib.

Tabel 2.1 Berekening financiële opbrengst op Waterschapsschaal

| Alle prijzen, investeringsbedragen en kosten zijn excl. BTW                                                                                                  |            |      |          |   | Totaal      |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------|----------|---|-------------|-------|
| Hoeveelh. ds uit <b>waterzuiveringsslib</b> <sup>1)</sup>                                                                                                    | 60.000     | t x  | 22,0%    | = | 13.200      | t/jr  |
| Hoeveelh. as in ds van <b>waterzuiveringsslib</b>                                                                                                            | -20,0%     | X    | 13.200   | = | -2.640      | t/jr  |
| Totaal hoeveel ds uit natte biomassa                                                                                                                         |            |      |          |   | 10.560      | t/jr  |
|                                                                                                                                                              | 10.560.000 | kg : | 8.000 u. | = | 1.320       | kg/u  |
|                                                                                                                                                              | 1.320.000  | g :  | 3.600 s. | = | 367         | g/s   |
| Thermische warmte aan de invoer van de reformer                                                                                                              | 366,7      | g x  | 15 kJ    | = | 5.500       | kJ/s  |
| Nodig aan warmte voor het SK Water proces                                                                                                                    | 20%        | X    | 5.500 kJ | = | 1.100       | kJ/s  |
| Netto output (thermische energie i.d.v.v. gas)                                                                                                               |            |      |          |   | 4.400       | kJ/s  |
|                                                                                                                                                              |            |      |          | = | 4.400       | kW    |
|                                                                                                                                                              |            |      |          | = | 4,400       | MW    |
|                                                                                                                                                              |            |      |          | = | 4,400       | MJ/s  |
|                                                                                                                                                              |            |      |          | x | 3.600       | s     |
|                                                                                                                                                              |            |      |          |   | 15840       | MJ/u  |
|                                                                                                                                                              |            |      |          | x | 8.000       | u     |
|                                                                                                                                                              |            |      |          |   | 126.720.000 | MJ/jr |
|                                                                                                                                                              |            |      |          | : | 1.000       |       |
|                                                                                                                                                              |            |      |          |   | 126.720     | GJ/jr |
| Prijs per gigajoule excl. innovatie- en/of energiesubsidie <sup>2)</sup>                                                                                     |            |      |          | x | € 10,55     | /GJ   |
| Financiële opbrengst excl. energiesubsidie, excl. fin. opbrengst teruggewonnen mineralen zoals Fosfor (P), en excl. afzet CO <sub>2</sub> en warmtebenutting |            |      |          |   | € 1.336.896 | /jr   |

<sup>1)</sup> Jaarproductie waterzuiveringsslib van Wetterskip Fryslân: ca. 400.000 m<sup>3</sup> à 3,8% ds;  
Het waterschap dikt dit in tot ca. 25% ds en haalt de chemicaliën en het vrije water eruit.

<sup>2)</sup> Het hier opgevoerde tarief betreft besparing van energiekosten, die men zonder de eigen productie van duurzame energie uit bio-afval zou maken

Tabel 2.2 Berekening bedrijfseconomische winst op Waterschapsschaal;  
Alle bedragen zijn excl. BTW

|                                            |    |           |                    |                                    |
|--------------------------------------------|----|-----------|--------------------|------------------------------------|
| <b>Voorbeeld:</b>                          |    |           |                    |                                    |
| Investeringsen <sup>1)</sup>               |    |           |                    | <u>€ 4.400.000</u>                 |
| Restwaarde                                 |    | € 440.000 |                    |                                    |
| Financiële opbrengst excl. energiesubsidie |    |           |                    | <u>€ 1.336.896 /jr</u>             |
| Niet-toegerekende kosten:                  |    |           |                    |                                    |
| Rente over gem. geïnvesteerd vermogen      | 5% | x         | € 2.420.000        | = € 116.160 /jr                    |
| Afschrijving over vervangingswaarde        | 9% | x         | € 4.840.000        | = € 435.600 /jr                    |
| Onderhoud en verzekeringen                 | 5% | x         | € 4.400.000        | = € 220.000 /jr                    |
| Arbeid <sup>6)</sup>                       | pm | u. x      | -                  | = - /jr                            |
| Totaal vaste kosten                        |    |           |                    | € 771.760 /jr                      |
| Bedrijfseconomische winst <sup>2)3)</sup>  |    |           | <u>€ 1.336.896</u> | - € 771.760 = <u>€ 565.136 /jr</u> |

<sup>1)</sup> Complete installatie + aansluitingen + aftappunten + vergunningen + kuilplaten + mestscheiders + extruders, etc.

<sup>2)</sup> De kosten van arbeid zijn afhankelijk van de lokale situatie

<sup>3)</sup> De kosten en opbrengsten van de terugwinning van mineralen, van afzet van CO<sub>2</sub> en van warmtebenutting niet meegerekend

Tabel 2.3 Berekening besparing fossiele CO<sub>2</sub> op Waterschapsschaal

|                                                           |   |            |                             |
|-----------------------------------------------------------|---|------------|-----------------------------|
| Berekende Netto output (thermische energie i.d.v.v. gas): | = | 126.720    | GJ/jr                       |
|                                                           | x | <u>151</u> | kg CO <sub>2</sub> /GJ      |
|                                                           |   | 19.134.720 | kg CO <sub>2</sub> fossiel  |
|                                                           | = | 19.135     | ton CO <sub>2</sub> fossiel |

Tabel 2.4 Berekening terugwinning van het mineraal Fosfor (P) op Waterschapsschaal

|                                                      |            |   |         |                     |
|------------------------------------------------------|------------|---|---------|---------------------|
| Berekening terugwinning van het mineraal Fosfor (P): |            |   |         |                     |
|                                                      | droge stof |   | P       | Totaal P            |
|                                                      | ton        |   | kg/t ds |                     |
| Hoeveelh. ds uit <b>Waterzuiveringsslib</b>          | 13.200     | x | 18      | = <u>237.600</u> kg |
| Totaal terug terugwinning mineraal P                 |            |   |         | 237.600 kg          |



### 3. Nationale schaal (Nederland, prognose voor 2020)

Verwachte resultaten en milieueffecten van verwerking van waterzuiveringsslib en andere natte biomassa reststromen: rundveedrijfmest, natuurgras, bermgras en GFT-afval in Nederland.

Uitgangspunten bij onderstaande berekeningen:

- |                           |                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mest:                     | <ul style="list-style-type: none"><li>• Kippen- en varkensmest vinden hun weg naar de open teelten (akkerbouw, tuinb., boomteelt);</li><li>• Mest van 30% van veestapel in melkveehouderij wordt verwerkt; groei melkproductie met 20%.</li></ul> |
| Natuurgras:               | <ul style="list-style-type: none"><li>• 10% van het natuurgras, voornamelijk uit de EHS-gebieden, wordt verwerkt.</li></ul>                                                                                                                       |
| GFT-afval:                | <ul style="list-style-type: none"><li>• Continuering huidige jaarlijkse hoeveelheid volgens bestaande gegevens (2011; van onder andere Agentschap NL)</li></ul>                                                                                   |
| Rioolwaterzuiveringsslib: | <ul style="list-style-type: none"><li>• Continuering huidige jaarlijkse hoeveelheid volgens bestaande gegevens (2011; van onder andere Agentschap NL)</li></ul>                                                                                   |

Tabel 3.1 Berekening financiële opbrengst op Nationale schaal (Nederland, prognose 2020)

| Alle prijzen, investeringsbedragen en kosten zijn excl. BTW                                                                                                  |               |                   |            |   | Totaal               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------|------------|---|----------------------|
| Mestproductie per mk bij 100% stalper.                                                                                                                       | 27            | m <sup>3</sup> x  | 1,005      | = | 27 t/jr              |
| Te verwerken mest per mk incl. weidegang                                                                                                                     | 80%           | x                 | 27,1       | = | 22 t/jr              |
| idem per aantal mk incl. weidegang                                                                                                                           | 600.000       | mk x              | 21,7       | = | 13.024.800 t/jr      |
| Dikke fractie na scheiding <b>drijfmest</b>                                                                                                                  | 21%           | x                 | 13.024.800 | = | 2.735.208 t/jr       |
| Hoeveelh. ds in dikke fractie van de mest                                                                                                                    | 20,1%         | x                 | 2.735.208  | = | 549.777 t/jr         |
| Hoeveelh. ds uit <b>natuurgras</b>                                                                                                                           | 420.000       | t <sup>1)</sup> x | 42,8%      | = | 179.760 t/jr         |
| Hoeveelh. as in ds van <b>natuurgras</b>                                                                                                                     | -30,0%        | x                 | 179.760    | = | -53.928 t/jr         |
| Hoeveelh. ds uit <b>bermgras</b>                                                                                                                             | 925.000       | t <sup>1)</sup> x | 50,0%      | = | 462.500 t/jr         |
| Hoeveelh. as in ds van <b>bermgras</b>                                                                                                                       | -30,0%        | x                 | 462.500    | = | -138.750 t/jr        |
| Hoeveelh. ds uit <b>GFT-afval</b>                                                                                                                            | 1.200.000     | t <sup>2)</sup> x | 40,0%      | = | 480.000 t/jr         |
| Hoeveelh. as in ds van <b>GFT-afval</b>                                                                                                                      | -30,0%        | x                 | 480.000    | = | -144.000 t/jr        |
| Hoeveelh. ds uit <b>waterzuiveringsslib</b> <sup>3)</sup>                                                                                                    | 1.400.000     | t x               | 22,0%      | = | 308.000 t/jr         |
| Hoeveelh. as in ds van <b>waterzuiveringsslib</b>                                                                                                            | -20,0%        | x                 | 308.000    | = | -61.600 t/jr         |
| Totaal hoeveelheid ds uit natte biomassa                                                                                                                     |               |                   |            |   | 1.581.759 t/jr       |
|                                                                                                                                                              | 1.581.758.808 | kg :              | 8.000 u.   | = | 197.720 kg/u         |
|                                                                                                                                                              | 197.719.851   | g :               | 3.600 s.   | = | 54.922 g/s           |
| Thermische warmte aan de invoer van de reformer                                                                                                              | 54.922        | g x               | 15 kJ      | = | 823.833 kJ/s         |
| Nodig aan warmte voor het SK Water proces                                                                                                                    | 20%           | x                 | 823.833 kJ | = | 164.767 kJ/s         |
| Netto output (thermische energie i.d.v.v. gas)                                                                                                               |               |                   |            |   | 659.066 kJ/s         |
|                                                                                                                                                              |               |                   |            | = | 659.066 kW           |
|                                                                                                                                                              |               |                   |            | = | 659 MW               |
|                                                                                                                                                              |               |                   |            | = | 659 MJ/s             |
|                                                                                                                                                              |               |                   |            | x | 3.600 s              |
|                                                                                                                                                              |               |                   |            |   | 2.372.638 MJ/u       |
|                                                                                                                                                              |               |                   |            | x | 8.000 u              |
|                                                                                                                                                              |               |                   |            |   | 18.981.105.696 MJ/jr |
|                                                                                                                                                              |               |                   |            | : | 1.000                |
|                                                                                                                                                              |               |                   |            |   | 18.981.106 GJ/jr     |
| Prijs per gigajoule excl. innovatie- en/of energiesubsidie <sup>4)</sup>                                                                                     |               |                   |            | x | € 10,55 /GJ          |
| Financiële opbrengst excl. energiesubsidie, excl. fin. opbrengst teruggewonnen mineralen zoals Fosfor (P), en excl. afzet CO <sub>2</sub> en warmtebenutting |               |                   |            |   | € 200.250.665 /jr    |

<sup>1)</sup> Soortgelijk gewicht van vers gras is 250 - 300 kg/m<sup>3</sup>

<sup>2)</sup> Soortgelijk gewicht van GFT-afval is 700 kg/m<sup>3</sup>

<sup>3)</sup> Bron: rapport Afvalverwerking in Nederland, gegevens 2009 (Agentschap NL, ...)

Het waterschap dikt dit in tot ca. 25% ds en haalt de chemicaliën en het vrije water eruit.

<sup>4)</sup> Het hier opgevoerde tarief betreft besparing van energiekosten, die men zonder de eigen productie van duurzame energie uit bio-afval zou maken

Tabel 3.2 Berekening bedrijfseconomische winst op Nationale schaal (Nederland, prognose 2020);  
Alle bedragen zijn excl. BTW

|                                            |         |      |                      |   |                          |
|--------------------------------------------|---------|------|----------------------|---|--------------------------|
| <b>Voorbeeld:</b>                          |         |      |                      |   |                          |
| Investeringsen <sup>1)</sup>               |         |      |                      |   | <u>€ 659.000.000</u>     |
| Restwaarde                                 |         |      | € 65.900.000         |   |                          |
|                                            |         |      |                      |   |                          |
| Financiële opbrengst excl. energiesubsidie |         |      |                      |   | <u>€ 200.250.665 /jr</u> |
| Niet-toegerekende kosten:                  |         |      |                      |   |                          |
| Rente over gem. geïnvesteerd vermogen      | 5%      | x    | € 362.450.000        | = | € 17.397.600 /jr         |
| Afschrijving over vervangingswaarde        | 9%      | x    | € 724.900.000        | = | € 65.241.000 /jr         |
| Onderhoud en verzekeringen                 | 5%      | x    | € 659.000.000        | = | € 32.950.000 /jr         |
| Arbeid <sup>2)</sup>                       | pm      | u. x | -                    | = | - /jr                    |
| Totaal vaste kosten                        |         |      |                      |   | € 115.588.600 /jr        |
| Toegerekende kosten:                       |         |      |                      |   |                          |
| Loonwerk (maaaien <sup>3)</sup> )          | 192.000 | ha   | € 5.760.000          |   |                          |
| Loonwerk (oprapen, transport, lossen)      | 192.000 | ha   | € 24.000.000         |   |                          |
| Overige variabele kosten                   |         |      | <u>€ 4.800.000</u>   |   |                          |
|                                            |         |      |                      |   | <u>€ 34.560.000</u>      |
| Totale jaarlijkse kosten                   |         |      |                      |   | € 150.148.600 /jr        |
|                                            |         |      |                      |   |                          |
| Bedrijfseconomische winst <sup>6) 4)</sup> |         |      | <u>€ 200.250.665</u> | - | € 150.148.600            |
|                                            |         |      |                      |   | <u>€ 50.102.065 /jr</u>  |

<sup>1)</sup> Complete installatie + aansluitingen + aftappunten + vergunningen + kuilplaten + mestscheiders + extruders, etc.

<sup>2)</sup> De kosten van arbeid zijn afhankelijk van de lokale situatie

<sup>3)</sup> Het betreft 132.000 ha bermen en 10% x 600.000 ha = 60.000 ha natuurland

<sup>4)</sup> De kosten en opbrengsten van de terugwinning van mineralen, van afzet van CO<sub>2</sub> en van warmtebenutting niet meegerekend

Tabel 3.3 Berekening besparing fossiele CO<sub>2</sub> op Nationale schaal (Nederland, prognose 2020)

|                                                           |   |               |                             |
|-----------------------------------------------------------|---|---------------|-----------------------------|
| Berekende Netto output (thermische energie i.d.v.v. gas): | = | 18.981.106    | GJ/jr                       |
|                                                           | x | <u>151</u>    | kg CO <sub>2</sub> /GJ      |
|                                                           |   | 2.866.146.960 | kg CO <sub>2</sub> fossiel  |
|                                                           | = | 2.866.147     | ton CO <sub>2</sub> fossiel |

Tabel 3.4 Berekening terugwinning van het mineraal Fosfor (P) op Nationale schaal  
(Nederland, prognose 2020)

| Berekening terugwinning van het mineraal Fosfor (P): |            |   |         |   |                     |
|------------------------------------------------------|------------|---|---------|---|---------------------|
|                                                      | droge stof |   | P       |   | Totaal P            |
|                                                      | ton        |   | kg/t ds |   |                     |
| Hoeveelh. ds in dikke fractie van <b>drijfmest</b>   | 549.777    | x | 3,4     | = | 1.869.241 kg        |
| Hoeveelh. ds uit <b>natuurgras</b>                   | 179.760    | x | 2,9     | = | 521.304 kg          |
| Hoeveelh. ds uit <b>bermgras</b>                     | 462.500    | x | 2,9     | = | 1.341.250 kg        |
| Hoeveelh. ds uit <b>GFT-afval</b>                    | 480.000    | x | 4       | = | 1.920.000 kg        |
| Hoeveelh. ds uit <b>Waterzuiveringsslib</b>          | 308.000    | x | 18      | = | <u>5.544.000</u> kg |
| Totaal terug terugwinning mineraal P                 |            |   |         |   | 11.195.795 kg       |

### Bijlage 3. Websitepagina <http://www.buizeradvies.nl/energie.html>

Samenwerkingsverband Duurzame energie uit bio-afval

Project **Haalbaarheidsstudie Duurzame energie uit bio-afval**

**Waterstofrijk brandbaar gas uit natte biomassa**

Een samenwerkingsverband, bestaande uit enkele melkveehouders in Friesland en een technologieontwikkelaar, voert in samenwerking met Buizer Advies een haalbaarheidsstudie uit om te onderzoeken of het mogelijk is duurzame energie te produceren uit bio-afval door omzetting van natte biomassa in waterstofrijk brandbaar gas, dat via een WKK kan worden omgezet in warmte en elektriciteit.

Het samenwerkingsverband gaat een nieuw procédé onderzoeken om natte biomassa (organische reststromen) op een duurzame wijze te benutten. Natte biomassa is niet geschikt voor verbranding. Door middel van vergassing in hoge druk stoom (superkritisch water) kunnen natte biomassastromen volledig worden omgezet in waterstofrijk brandbaar gas, met de minerale bestanddelen als niet-vergasbaar restproduct. Dit waterstofrijk brandbaar gas zal naar verwachting geschikt zijn voor toepassing in de industrie en voor opwekking van stroom voor de huishoudens in het gebied.

De aanvraag is ingediend door een melkveehouder namens het Samenwerkingsverband Duurzame energie uit bio-afval.

Projectmanagement: Buizer Advies

Projectfinanciering:

**"Europa investeert in het platteland"**

Het project wordt gefinancierd door het Ministerie van EL&I (Regeling LNV-subsidies Samenwerking bij innovatieprojecten 2010) uit het POP\* (Programma voor Plattelandsontwikkeling 2007 -2013) en door de ondernemers in het Samenwerkingsverband Duurzame energie uit bio-afval.

\* De Minister van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie is de beheersautoriteit voor het POP.

[Lees hier](#) beknopte informatie over de haalbaarheidsstudie duurzame energie uit bio-afval.

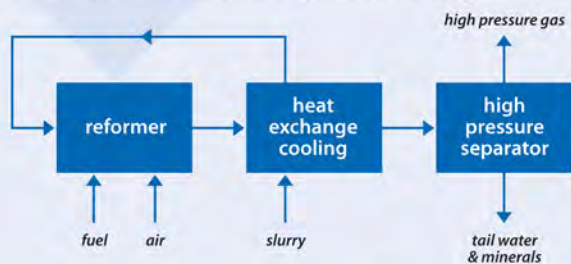
## Oneindige bron van energie

Buizer Advies

*Buizer Advies begeleidt op een deskundige en praktische wijze projecten van idee tot duurzame business en brengt daarvoor de juiste partners bij elkaar, bijvoorbeeld voor:*



Omzetting van natte biomassa (slurry uit GFT-afval, bermgras, digestaat, waterzuiveringsslib, etc) in waterstofhoudend brandbaar gas



SPARQLE International B.V.



Teelt en verbranding van Miscanthus (olifantsgras) voor warmteopwekking

[www.buizeradvies.nl](http://www.buizeradvies.nl)

**Buizer Advies duurzame landbouw en energie**

De Welle 48 8939 AT Leeuwarden T: 058 299 05 30 F: 058 299 05 29 M: 062 459 78 03  
E: [info@buizeradvies.nl](mailto:info@buizeradvies.nl) I: [www.buizeradvies.nl](http://www.buizeradvies.nl)



## **Bijlage 4. Persbericht over Haalbaarheidsstudie Duurzame energie uit bio-afval**

**Van:** Bertus Buizer <b.buizer@buizeradvies.nl>

**Datum:** 29 september 2011 15:19:00 GMT+02:00

**Aan:** Buizer Advies <info@buizeradvies.nl>

**Onderwerp:** Haalbaarheidsstudie van enkele melkveehouders in Friesland en technologie ontwikkelaar en Buizer Advies

Geachte redactie,

### **Project Haalbaarheidsstudie Duurzame energie uit bio-afval**

Waterstofrijk brandbaar gas uit natte biomassa

Een samenwerkingsverband, bestaande uit twee melkveehouders in Friesland, de Maatschap Van de Lageweg (Olterterp) en Frans Postma (Tijnje) en technologieontwikkelaar SPARQLE International BV, voeren in samenwerking met Buizer Advies (Leeuwarden) een haalbaarheidsstudie uit om te onderzoeken of het mogelijk is duurzame energie te produceren uit bio-afval door omzetting van natte biomassa in waterstofrijk brandbaar gas, dat via een WKK kan worden omgezet in warmte en elektriciteit. Het samenwerkingsverband gaat een nieuw procedé gebruiken om natte biomassa vergisting mogelijk te maken. Natte biomassa is niet geschikt voor verbranding. Door middel van vergassing in hoge druk stoom (superkritisch water) kunnen natte biomassastromen volledig worden omgezet in waterstofrijk brandbaar gas, met de minerale bestanddelen als niet-vergasbaar restproduct. Dit waterstofrijk brandbaar gas zal naar verwachting geschikt zijn voor toepassing in de industrie en voor opwekking van stroom voor de huishoudens in het gebied.

Met bio-afval wordt in dit verband natte biomassa als reststromen bedoeld. Daaronder vallen onder ander de dikke fractie uit rundveedrijfmest, gft-afval, bermgras, natuurgras, digestaat en waterzuiveringsslib.

De resultaten van de haalbaarheidsstudie tot nu toe zijn hoopgevend!

Als het allemaal goed uitpakt, kunnen bijvoorbeeld melkveehouderijbedrijven, die meer mest produceren dan zij op eigen grond kwijt kunnen, hun overschot laten verwerken door een erkend bedrijf dat het SK Water proces toepast.

Dat sluit volgens mij goed aan bij de visie die staatssecretaris Bleker en de Veehouderijsector vandaag in de landelijke pers hebben bekend gemaakt. Dat is een goede stap vooruit!

### **"Europa investeert in het platteland"**

Het project 'Haalbaarheidsstudie Duurzame energie uit bio-afval' wordt gefinancierd door het Ministerie van ELI (Regeling LNV-subsidies Samenwerking bij innovatieprojecten 2010) uit het POP\* (Programma voor Plattelandsontwikkeling 2007 - 2013) en door de ondernemers in het Samenwerkingsverband Duurzame energie uit bio-afval.

*\* De Minister van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie is de beheersautoriteit voor het POP.*

[Lees hier](#) beknopte informatie over de haalbaarheidsstudie duurzame energie uit bio-afval.

Met vriendelijke groet,

**Buizer Advies**    [duurzame landbouw en energie](#)

### Beknopte info over Haalbaarheidsstudie Duurzame energie uit bio-afval (bij persbericht)

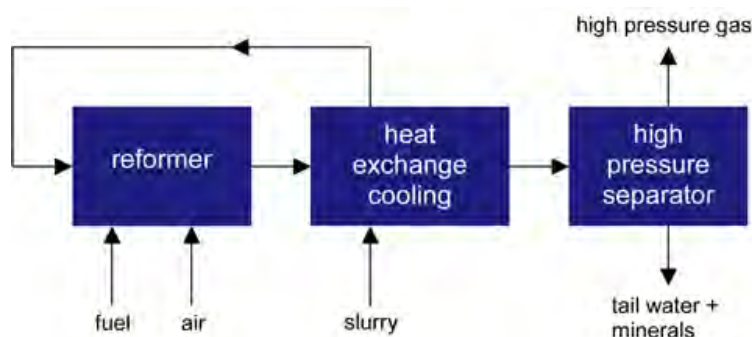
Momenteel wordt er door het Samenwerkingsverband 'Duurzame energie uit bio-afval' samen met Buizer Advies een haalbaarheidsstudie uitgevoerd naar de productie van duurzame energie uit natte bio-afval. Centraal hierbij staat het SK (Superkritisch) Water proces dat is ontwikkeld door SPARQLE International c.s. (zie ook <http://www.sparqle.com>). Door middel van dat proces wordt waterstofrijk brandbaar gas gewonnen uit natte biomassa, zoals de dikke fractie van drijfmest, berm- en natuurgras, gft-afval en waterzuiveringsslib.

Het belangrijkste doel van de haalbaarheidsstudie is om goed inzicht te krijgen in de mogelijkheden voor de totale keten wat betreft product (input, hoeveel en hoe te labelen), schaalgrootte, logistiek, opslag, wet- en regelgeving (o.a. noodzakelijke vergunningen), afzet (benutting vrijkomende warmte, elektriciteit, vloeibaar CO<sub>2</sub>-rijk gas), fasering en bedrijfseconomisch rendement.

Het samenwerkingsverband bestaat uit het SPARQLE International BV (technologie-ontwikkeling voor innovatie in de commerciële praktijk) en twee melkveehouders in Friesland (J. van de Lageweg, Olterterp, en F.J. Postma, Tijnje).

### Het SK Water proces - een ontwikkeling van SPARQLE International c.s.

Waterstof is de ideale energiedrager voor opwekking van elektriciteit uit restproducten. Elektriciteit kan worden opgewekt met een generator die wordt aangedreven door expanderende stoom van een stoomturbine en expanderende hete rookgassen van een gasturbine. Daarnaast wordt elektriciteit opgewekt uit waterstof in brandstofcellen. In alle gevallen is de primaire drijvende kracht de chemische verbrandingsenergie die vrijkomt bij reactie met zuurstof. Het restproduct van deze oxidatie is water.



Figuur 1 Blok diagram SK reforming (Bron: SPARQLE International B.V.)

De fossiele energiedragers daarentegen, zoals aardgas, aardolie en steenkool, produceren naast water ook kooldioxide, CO<sub>2</sub>. Dit gas wordt als bestanddeel van de rookgassen in de lucht verspreid en veroorzaakt mede de gestage opbouw van atmosferische CO<sub>2</sub>, zoals al decennia lang wordt waargenomen. Men vreest dat dit een belangrijke oorzaak is van de geleidelijke toename van de gemiddelde temperatuur op aarde, met ongewenste gevolgen voor ons leefmilieu. Het is daarom noodzakelijk om energiebronnen aan te boren die deze ontwikkeling

ombuigen. Waterstof is hier de voor de hand liggende energiebron. Echter, waterstof komt als zodanig niet voor in de natuur. Er bestaan geen natuurlijke waterstofvoorkomens zoals bijvoorbeeld die van aardgas. Waterstof is daarom altijd een product van een chemische synthese.

Waterstof wordt wereldwijd op grote schaal geproduceerd, grotendeels ten behoeve van methanol en ammonia voor kunstmest. De grondstof is voornamelijk aardgas en is dus van fossiele aard. Methaan, dat de hoofdcomponent is van aardgas, is een chemische verbinding van waterstof en koolstof. Deze laatste component komt steeds vrij als CO<sub>2</sub> bij de synthese van waterstof en verdwijnt nagenoeg volledig in de atmosfeer. Slechts een klein deel wordt opgevangen voor gebruik in de frisdrankenindustrie en bijvoorbeeld bij de productie van droog ijs. Maar ook dit aandeel komt na gebruik uiteindelijk in de atmosfeer terecht. Alhoewel waterstof zelf bij verbranding geen CO<sub>2</sub> produceert, leidt de productie ervan uit fossiele bronnen wel degelijk tot CO<sub>2</sub> emissies, en wel op de productielocatie. Waterstof is daarom pas emissieloos, oftewel “groen”, wanneer ook de grondstof als “groen” kan worden gekenmerkt en dus geen fossiele CO<sub>2</sub> oplevert.

#### *Groene waterstof*

Een van de mogelijkheden hiertoe vormt elektrolyse van water door middel van groene elektriciteit. Deze kan worden verkregen met PV cellen, windmolens en waterkracht. Groene stroom wordt ook verkregen door gebruik van biomassa als brandstof voor stoomturbines. Het thermisch rendement van deze installaties stelt grenzen aan het vochtgehalte van deze brandstof waardoor bijvoorbeeld alleen luchtgedroogd hout en andere houtige grondstoffen in aanmerking komen. Maar grote hoeveelheden biomassa zijn nat. Ze bestaan uit waterhoudende slurries, slibben etc. die uit zichzelf niet branden. Met name deze grote categorie reststoffen vraagt om een nieuwe aanpak.

#### *Het SK Water proces*

De technologie, die SPARQLE International heeft ontwikkeld in samenwerking met haar partners, biedt hiertoe unieke mogelijkheden. Het SK Water proces is gebaseerd op de reactiviteit van stoom bij hoge druk met koolstofhoudende substraten. In het bijzonder bij zogenaamde “superkritieke” condities, zoals 600 °C en 300 bar, staat water haar chemisch gebonden zuurstof af aan de koolstof van de substraten en vormt daarbij CO<sub>2</sub> en enig CO. De waterstof, gebonden aan het water en aan de substraten, komt daarbij vrij als waterstofgas. Door warmtewisseling met de voeding koelt het reactieproduct en scheidt het gas zich spontaan af van het condenserende water. Deze scheiding vindt plaats bij de hoge druk van 300 bar waardoor het productgas eveneens bij deze druk beschikbaar is voor verdere bewerking en opslag in hoge druk tanks zonder gascompressie. Hiermee kan worden ingespeeld op de variërende vraag naar elektriciteit over de dag.

De aard van de chemie die optreedt in de reactor zorgt er voor dat slechts weinig energie behoeft te worden toegevoerd. Dit kan gebeuren door verbranding met lucht van een deel van het productgas dan wel door verbranding van biomassa in een fornuis waarin de reactor is geplaatst. Een ander apparaat voor energietoevoer is een elektrische oven. Het elektrische vermogen hiervoor wordt als groene stroom aangevoerd. Beide opties hebben ieder hun

aantrekkelijke kanten. Zo heeft de elektrische optie geen rookgassen en leent deze zich in het bijzonder voor kleine installaties. De brandstofoptie is geschikt wanneer de rookgaswarmte lokaal kan worden gebruikt. De oven, indien met gas gestookt, kan als verbrandingskamer van een gasturbine worden uitgevoerd waarbij de expanderende rookgassen elektrisch vermogen opleveren. Zo zijn er meerder uitvoeringsvormen denkbaar.

#### *Status van de ontwikkeling*

De technologie verkeert in een vroeg stadium van ontwikkeling en is al uitvoerig getest en heeft de strenge testen goed doorstaan. Zij is ook al op kleine schaal gedemonstreerd.

Een belangrijk onderdeel van de technologie vormt de bereiding van groene slurrie voor de reformer (vergasser). Hiervoor is een eigen proces ontwikkeld, tezamen met partners, dat op een schaal van 1000 kg biomassa per uur is gedemonstreerd.

Het vergassen van de slurrie is gedemonstreerd in een laboratoriumopstelling met een doorzet van 1 liter slurrie per uur; dit komt overeen met 1 kWth. Er is nu een pilot unit in aanbouw, als volgende fase van opschaling, met een doorzet van 200 liter slurrie per uur en een productiecapaciteit van groen gas van ca. 200 kWth.

Het co-product CO<sub>2</sub> kan worden afgescheiden, indien gewenst als vloeibaar gas, wat opslag en transport naar afnemers bevordert.

Leeuwarden, 10 mei 2011

Bertus Buizer

#### **Buizer Advies** duurzame landbouw en energie

De Welle 48

NL-8939 AT Leeuwarden

T +31 (0) 58 299 05 30

M +31 (0) 62 459 78 03

E [info@buizeradvies.nl](mailto:info@buizeradvies.nl)

I [www.buizeradvies.nl](http://www.buizeradvies.nl)

---

*Buizer Advies is een onafhankelijk adviesbedrijf op het gebied van duurzame landbouw en energie. Wij adviseren en begeleiden land- en tuinbouwbedrijven, midden- en kleinbedrijf, organisaties, overheden en particulieren in binnen- en buitenland. Dat doen wij operationeel, technisch-economisch, strategisch en organisatorisch, zowel telefonisch, schriftelijk als met een bezoek.*

*Buizer Advies heeft ook voor het aanvragen van projecten en subsidies en voor de uitvoering van projecten de nodige expertise en ervaring in huis.*

*Meer informatie vindt u op [www.buizeradvies.nl](http://www.buizeradvies.nl)*

## Bijlage 5. Nieuwsbrief

**Van:** Buizer Advies <info@buizeradvies.nl>

**Datum:** 30 september 2011 09:53:20 GMT+02:00

**Aan:** Buizer Advies <info@buizeradvies.nl>

**Onderwerp:** Nieuwsbrief over project Haalbaarheidsstudie Duurzame energie uit bio-afval

### Project Haalbaarheidsstudie Duurzame energie uit bio-afval

Waterstofrijk brandbaar gas uit natte biomassa

Een samenwerkingsverband, bestaande uit twee melkveehouders in Friesland, de Maatschap Van de Lageweg (Olterterp) en Frans Postma (Tijnje) en technologieontwikkelaar SPARQLE International BV, voeren samen met Buizer Advies (Leeuwarden) een haalbaarheidsstudie uit om te onderzoeken of het mogelijk is duurzame energie te produceren uit bio-afval door omzetting van natte biomassa in waterstofrijk brandbaar gas, dat via een WKK kan worden omgezet in warmte en elektriciteit. Het samenwerkingsverband gaat een nieuw procedé gebruiken om natte biomassa vergisting mogelijk te maken. Natte biomassa is niet geschikt voor verbranding. Door middel van vergassing in hoge druk stoom (superkritisch water) kunnen natte biomassastromen volledig worden omgezet in waterstofrijk brandbaar gas, met de minerale bestanddelen als niet-vergasbaar restproduct. Dit waterstofrijk brandbaar gas zal naar verwachting geschikt zijn voor toepassing in de industrie en voor opwekking van stroom voor de huishoudens in het gebied.

Met bio-afval wordt in dit verband natte biomassa als reststromen bedoeld. Daaronder vallen onder ander de dikke fractie uit rundveedrijfmest, gft-afval, bermgras, natuurgas, digestaat en waterzuiveringsslib.

De resultaten van de haalbaarheidsstudie tot nu toe zijn hoopgevend!

Als het allemaal goed uitpakt, kunnen bijvoorbeeld melkveehouderijbedrijven, die meer mest produceren dan zij op eigen grond kwijt kunnen, hun overschot laten verwerken door een erkend bedrijf dat het SK Water proces toepast.

Dat sluit volgens ons goed aan bij de visie die staatssecretaris Bleker en de Veehouderijsector op 29 september jl. in de landelijke pers en in enkele vakbladen hebben bekend gemaakt. Dat is een goede stap vooruit!

### "Europa investeert in het platteland"

Het project 'Haalbaarheidsstudie Duurzame energie uit bio-afval' wordt gefinancierd door het Ministerie van ELI (Regeling LNV-subsidies Samenwerking bij innovatieprojecten 2010) uit het POP\* (Programma voor Plattelandsontwikkeling 2007 - 2013) en door de ondernemers in het Samenwerkingsverband Duurzame energie uit bio-afval.

*\* De Minister van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie is de beheersautoriteit voor het POP.*

[Lees hier](#) beknopte informatie over de haalbaarheidsstudie duurzame energie uit bio-afval.

**Buizer Advies**    duurzame landbouw en energie