



## BERMG(R)AS

### DROGE ANAEROBE VERGISTING VAN BERMGRAS, IN COMBINATIE MET GFT+



**Demonstratie- en disseminatieproject**

**Speerpunt domein BIOGEBASEERDE ECONOMIE**

**Oproep 2**

**Demonstratie van de economische  
haalbaarheid van biogebaseerde grondstoffen  
en nevenstromen in productieprocessen**

EINDOVERSLAG

**Contactpersonen:**

**OWS nv** - Filip Velghe ([filip.velghe@ows.be](mailto:filip.velghe@ows.be))

Algemene coördinatie, bewaring bermgras, laboproeven, volle schaal demo

**IGEAN** - Peter Magielse ([peter.magielse@igean.be](mailto:peter.magielse@igean.be))

Bewaring bermgras, volle schaal demo

**VITO** - Ils Moorkens ([ils.moorkens@vito.be](mailto:ils.moorkens@vito.be))

Onrendabele top berekening

**UGent** - Steven De Meester ([steven.demeester@ugent.be](mailto:steven.demeester@ugent.be))

Duurzaamheidsanalyse

## Inhoudsopgave

|   |    |
|---|----|
| Inhoudsopgave.....  | 3  |
| Inleiding.....  | 5  |
| 1 Oogst en bewaring van het bermgras.....                                 | 7  |
| 1.1 Herkomst en bewaren van het bermgras .....                            | 7  |
| 1.2 Analyses op het bermgras.....   | 10 |
| 2 Bermgrasvergisting in combinatie met GFT op volle schaal .....          | 13 |
| 2.1 Effect op de voorbehandeling.....                                     | 13 |
| 2.2 Effect op de vergisting .....   | 16 |
| 2.3 Effect op de nabehandeling .....                                      | 18 |
| 3 Laboproeven .....   | 23 |
| 3.1 Voeding en belasting.....   | 23 |
| 3.2 Biologische belasting en biogasproductie.....                         | 25 |
| 3.3 Digestaatanalyses .....   | 26 |
| 3.4 Ontwateringstesten .....  | 29 |
| 3.5 Nacompostering.....   | 30 |
| 4 Economische evaluatie .....   | 35 |
| 4.1 Methode .....   | 35 |
| 4.2 Scenario's.....   | 36 |
| 4.3 Aannames .....  | 36 |
| 4.4 Resultaten .....  | 37 |
| 4.4.1 OT en Bf voor de kwalitatieve WKK .....                             | 37 |
| 4.4.2 OT en Bf voor de groenestroominstallatie.....                       | 39 |
| Bijlage A Aannames voor berekening OT en Bf kwalitatieve WKK .....        | 41 |
| Bijlage B Aannames voor berekening OT en Bf groenestroominstallatie ..... | 42 |
| 5 Duurzaamheidsevaluatie .....  | 43 |
| 5.1 Inleiding.....  | 43 |
| 5.2 Duurzaamheidsanalyse .....  | 43 |
| 5.2.1 Exergie.....  | 44 |
| 5.2.2 Levenscyclusanalyse.....  | 44 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 5.3   | Data inventarisatie.....                            | 46 |
| 5.3.1 | Maaien en ruimen.....                               | 46 |
| 5.3.2 | Transport.....                                      | 47 |
| 5.3.3 | Tussentijdse opslag.....                            | 47 |
| 5.3.4 | Compostering.....                                   | 47 |
| 5.3.5 | Vergisting.....                                     | 48 |
| 5.4   | Resultaten.....                                     | 49 |
| 5.4.1 | Exergetische efficiëntie.....                       | 49 |
| 5.4.2 | Levenscyclusanalyse scenario's voor Vlaanderen..... | 52 |

## Inleiding

Bermgras is een afvalstroom waar op dit moment geen afdoende oplossing voor bestaat. In Vlaanderen alleen al moeten jaarlijks 23 500 ha bermen worden gemaaid, wat tot 350 000 ton verse biomassa kan opleveren. Volgens het Bermbesluit (27/06/84) dient dit maaisel binnen de 10 dagen na maaien te worden verwijderd en afgevoerd met het oog op een verschraling van de bermen. Deze afvoer zorgt in de praktijk echter nog te vaak voor problemen en momenteel wordt slechts 10-40% van het maaisel effectief nuttig aangewend in groencompostering.

Daarnaast is er een steeds stijgende vraag naar hernieuwbare energie. Gezien de beperkte middelen om hernieuwbare energie te produceren in het dichtbevolkte Vlaanderen, is het van het grootste belang om de beschikbare middelen zo optimaal mogelijk te benutten. Bermgras vormt een aanzienlijke bron van biomassa en het is jammer dat deze ‘verloren’ gaat door deze niet af te voeren of enkel te composteren (wel nutriëntenrecyclage, maar geen energiewaardering).

Vergisting lijkt dan ook een voor de hand liggende optie om bermgras optimaal te valoriseren. Momenteel wordt in de praktijk slechts een verwaarloosbaar aandeel bermgras vergist. Hiervoor zijn verschillende redenen aan te halen. Bermgras komt vrij in twee piekperiodes (na 15 juni en na 15 september), waardoor een bewaring van dit bermgras zich opdringt om een meer gespreide valorisatie mogelijk te maken. Ten tweede is het bermgras vaak verontreinigd met zwerfvuil en zand. Voor natte vergisting (het leeuwendeel van de bestaande installaties in Vlaanderen) zorgen deze verontreinigingen vaak voor onoverkomelijke problemen (schade aan pompen en mengsystemen, vorming van bezink- en drijfslagen...), waardoor verwerking van bermgras geen of slechts in beperkte mate een optie is.

Droge vergisting is in Vlaanderen (voorlopig nog) een uitzondering, maar vormt mogelijk de sleutel tot een optimale bermgrasvergisting. Droge vergisting leent zich namelijk uitstekend voor de vergisting van GFT-afval, en verschillende composteerinstallaties onderzoeken momenteel de optie om de bestaande compostering uit te breiden met een voorvergisting. Deze evolutie kan het ideale aanknopingspunt zijn om te evalueren of in deze nieuw te bouwen installaties ook bermgras kan worden verwerkt. Een GFT-vergister beschikt namelijk standaard over een uitgebreide voorbehandeling, waardoor zwerfvuil geen probleem vormt. Door droog te vergisten kunnen zich ook geen bezink- of drijfslagen vormen.

In dit project werd met de steun van de Provincie Oost-Vlaanderen, POM Oost-Vlaanderen, VITO en Flanders Bio onderzocht wat de implicaties zijn van de additie van bermgras op droge GFT-vergisting. Hiertoe werd in de GFT-vergister van IGEAN (te Brecht) gedurende een 7-tal weken tot 25% bermgras vergist en werden verschillende parameters (zowel technisch als biologisch) gemonitord. Laboproeven ondersteunden deze demo en onderzochten ook het effect van hogere bermgrasaddities. Tot slot werden ook de economische impact van bermgrasvergisting en de duurzaamheidsaspecten bestudeerd.

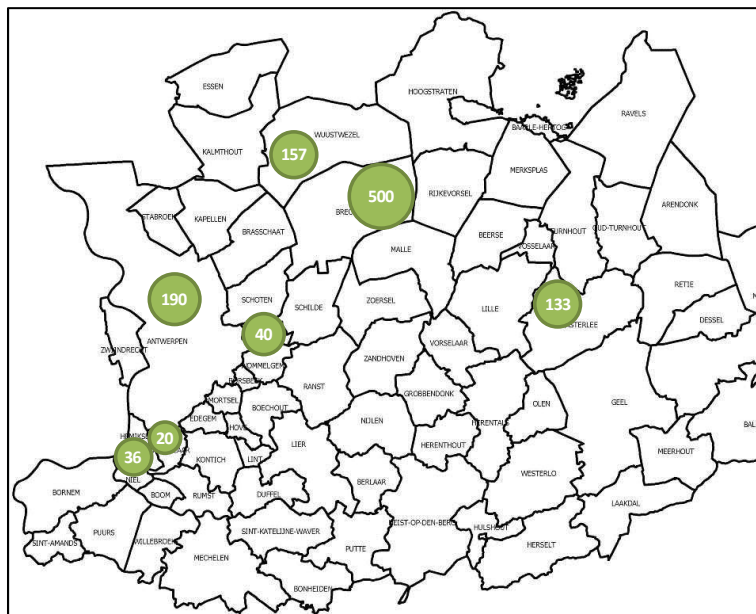


# 1 Oogst en bewaring van het bermgras

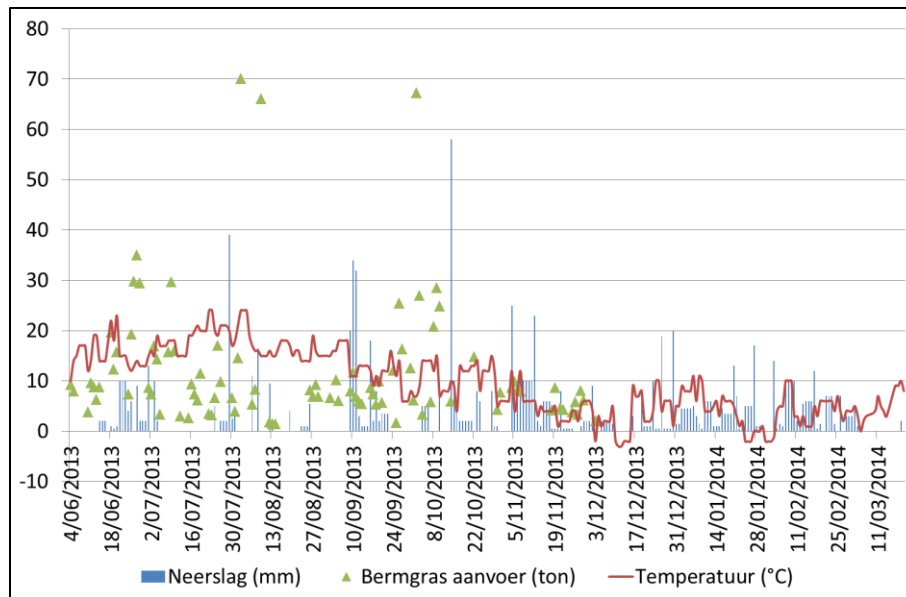
Aangezien in vroegere projecten (o.a. Graskracht) reeds voldoende aandacht werd besteed aan de bewaring van bermgras, werden de activiteiten in dit werkpakket beperkt gehouden tot het opvolgen van de beschikbare gegevens, en werden geen onderzoeksactiviteiten uitgevoerd met het oog op optimalisatie.

## 1.1 Herkomst en bewaren van het bermgras

Het gras dat werd ingekuuld en verwerkt tijdens deze studie, werd gekleped tijdens het oogsten, zodat de maximale graslengte ongeveer 10 cm bedroeg. Dit was een vereiste, aangezien de vergistingsinstallatie zelf niet over een verkleiningsstap beschikt. Er werd bermgras aangevoerd vanaf 4 juni tot en met 3 december 2013. Dit gras werd aangevoerd op 2 locaties van IGEAN: ofwel rechtstreeks naar site Noord (nabij de vergistingsinstallatie te Brecht) waar de kuil werd aangelegd, ofwel via een tussentijdse opslag op site Zuid. Vanaf site Zuid werd het gras uiteindelijk ook naar site Noord getransporteerd om in te kuilen. Figuur 1 toont de geografische spreiding van het aangevoerde bermgras. In totaal werd 1050 ton gras ingekuuld op site Noord, waarvan ongeveer de helft afkomstig was uit de gemeente Brecht zelf. Figuur 2 toont de evolutie van de aanvoer van bermgras naar beide sites van IGEAN en de temperatuur en neerslaghoeveelheid in die periode. Er werd gemiddeld 10 ton bermgras per dag aangevoerd, met een maximum van 70 ton per dag.



Figuur 1. Herkomst van het verwerkte bermgras



Figuur 2. Evolutie van de aanvoer van bermgras en de temperatuur en neerslaghoeveelheid

Figuur 3 toont de aanleg van de bermgraskuil. Het nieuw aangevoerde bermgras werd op de helling uitgereden en daarna aangedrukt met een *frontloader*. Om praktische redenen (bijna dagelijkse aanvoer) en om de kosten beperkt te houden werd de aangedrukte kuil niet afgedekt met landbouwfolie. Dit heeft natuurlijk als nadeel dat de kuil werd blootgesteld aan alle weersomstandigheden en verlies aan biogaspotentieel verwacht kon worden. Vanaf 21 januari werd gestart met het uitkuilen van het bermgras voor verwerking in de vergister (Figuur 4). Tijdens het uitkuilen kon duidelijk worden vastgesteld dat de buitenste laag ( $\pm 0,5$  meter) minder goed bewaard was, terwijl het gras binnenin de kuil wel vrij goed bewaard leek en ook een geur had die typisch is voor een landbouwgraskuil.





Figuur 3. Aanleg van de bermgraskuil



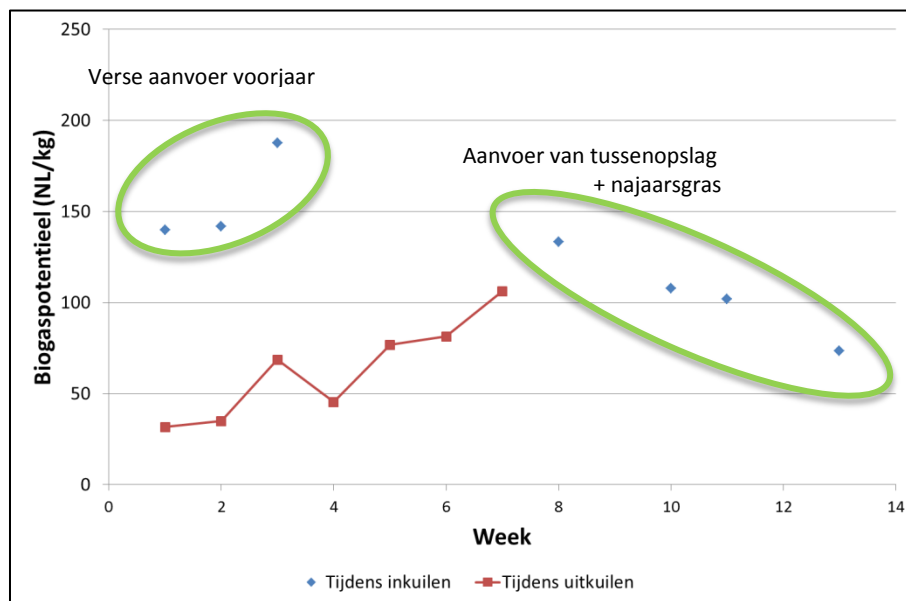
Figuur 4. Uitkuilen van het bermgras



## 1.2 Analyses op het bermgras

Aangezien het bewaren van het bermgras geen onderzoeksitem was tijdens deze studie, werd het aantal analyses beperkt gehouden. Het biogaspotentieel werd zowel tijdens het inkuilen als het uitkuilen op verschillende grasmonsters bepaald. Dit is weergegeven in Figuur 5. Uit deze figuur blijkt duidelijk dat het vers aangevoerde voorjaarsgras het hoogste biogaspotentieel heeft (150-180 Nm<sup>3</sup>/ton), wat hoger is dan GFT-afval. Najaarsgras en gras dat werd aangevoerd via tussenopslag heeft een beduidend lager gaspotentieel (60-150 Nm<sup>3</sup>/ton). Hoe langer de tijdsduur tussen oogsten en inkuilen, hoe lager het biogaspotentieel. Dit is logisch aangezien tijdens het tussentijds stockeren een aanzienlijk deel van het biogaspotentieel zal verloren gaan door verhitting, compostering en/of rotting.

De rode grafiek in Figuur 5 toont de evolutie van het biogaspotentieel tijdens het uitkuilen van het bermgras. Hierbij moet worden opgemerkt dat het gras dat het laatst werd ingekuild, het eerst werd uitgekuild. Het eerst uitgekuilde gras vertoonde een zeer laag biogaspotentieel ( $\pm 40$  NL/kg). Dit kan worden verklaard doordat dit gras reeds van bij het inkuilen weinig gas bevatte ( $\pm 60$  NL/kg; meest rechtste blauwe punt in de grafiek), en dat de randeffecten van de bewaring hier het meest invloed hadden (buitenste laag van de onafgedekte kuil maakte een aanzienlijk deel van dit eerst uitgekuilde materiaal uit). Hoe dieper in de kuil, hoe hoger het biogaspotentieel. Enerzijds speelden hier de randeffecten veel minder, en betreft dit gras dat ook voor het inkuilen het hoogste biogaspotentieel had (meest linkse blauwe punten in de grafiek).



Figuur 5. Evolutie van het biogaspotentieel

Van enkele uitgekuilde grasmonsters werd ook de pH bepaald, welke varieerde tussen een waarde van 7 en 8. Bij een goede landbouwkuil voor gras wordt een pH van 4 à 5 als optimaal beoordeeld. De eerder hoge waarden bij de bermgraskuil wijzen er dus op dat er weinig verzuring zal zijn opgetreden, wat de bewaring op langere termijn hypothekeert. Hierbij moet uiteraard wel duidelijk de bedenking worden gemaakt dat de hier aangelegde kuil ongeveer 10 keer kleiner is dan voor nieuwe installaties wordt

beoogd. Wanneer grotere hoeveelheden bermgras worden ingekuild, zou het mogelijk moeten zijn de kuil met plastic luchtdicht af te dekken, waardoor meer optimale omstandigheden worden gecreëerd en een betere bewaring mag worden verwacht.

### **Te onthouden**

Voorjaarsgras heeft een hoger biogaspotentieel dan najaarsgras

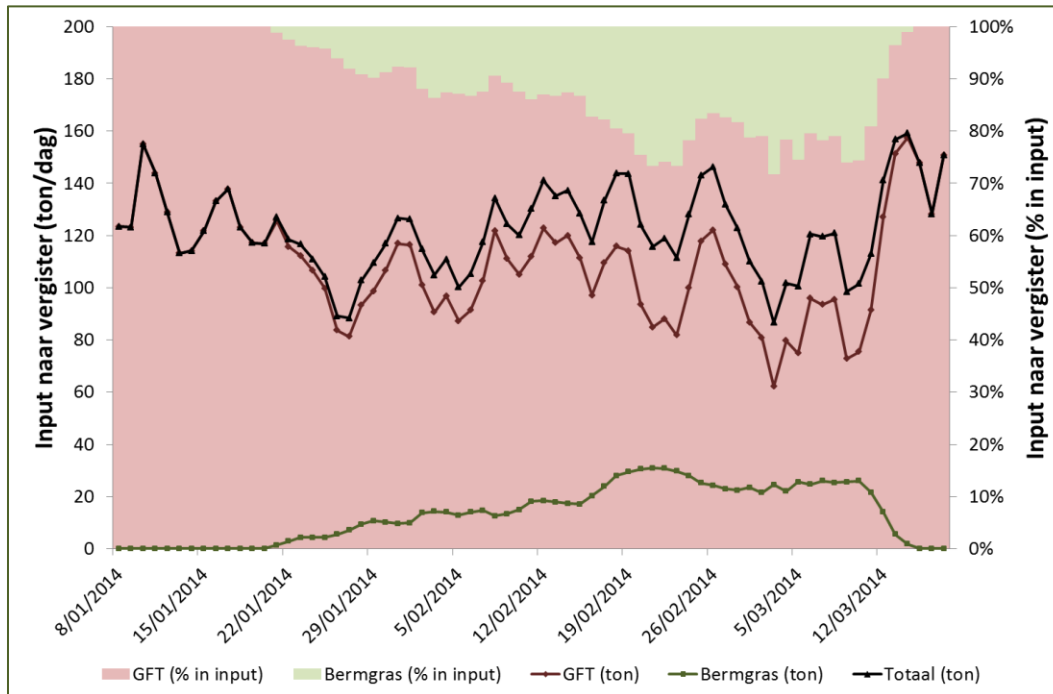
Ongecontroleerde tussentijdse opslag zorgt voor een aanzienlijk verlies aan biogaspotentieel

Een correcte aanleg van de bermgraskuil is zeer belangrijk om het biogaspotentieel te behouden



## 2 Bermgrasvergistung in combinatie met GFT op volle schaal

Op de vergistingssite van IGEAN werd gedurende een 8-tal weken bermgras toegevoegd aan het GFT-afval. Het bermgras werd toegevoegd vanaf 21 januari 2014. Zoals blijkt uit Figuur 6 werd gestart met een zeer laag aandeel bermgras, waarna dit geleidelijk werd opgevoerd tot 20 à 30 ton per dag of 20-25% van de input.



Figuur 6. Evolutie van de hoeveelheid bermgras en GFT en hun aandeel in de voeding

### 2.1 Effect op de voorbehandeling

Het GFT+ (groente-, fruit- en tuinafval samen met niet-recycleerbaar papier) wordt ontvangen op de site IGEAN Noord in de ontvangsthal, waar het afval op een lopende band wordt geduwd. Het bermgras in deze test werd na uitkuilen eveneens aangevoerd in deze hal en samen met het GFT-afval op een lopende band geduwd. Deze band voert het GFT en bermgras naar de draaiende homogenisatietrommels van de voorbehandeling, waar de niet-composteerbare bestanddelen zoveel mogelijk uit het afval worden verwijderd. De homogenisatietrommels bestaan voor het grootste deel uit gesloten cilinders voorzien van schotten, zodat het afval tijdens het draaien uiteen wordt gereten. Het laatste gedeelte van de trommels bestaat uit een zeef van 40 mm zodat de fijne, vergistbare fractie wordt gescheiden van grotere stukken en onzuiverheden.

Aangezien het bermgras zelfs na klepelen gedeeltelijk langer zal zijn dan 40 mm en gras de neiging heeft om samen te klitten, is het belangrijk om na te gaan of de voorbehandeling er niet voor zorgt dat een deel van het bermgras via de overflow uit het proces verdwijnt. Om dit na te gaan werd de overflow op drie verschillende momenten geanalyseerd: voor bermgrasadditie (20/01/2014), tijdens

bermgrasadditie (25/02/2014) en na bermgrasadditie (01/04/2014). Figuur 7 toont de drie geteste stalen, welke werden bekomen als mengstaal van 5 dagen om voldoende representatief te zijn.

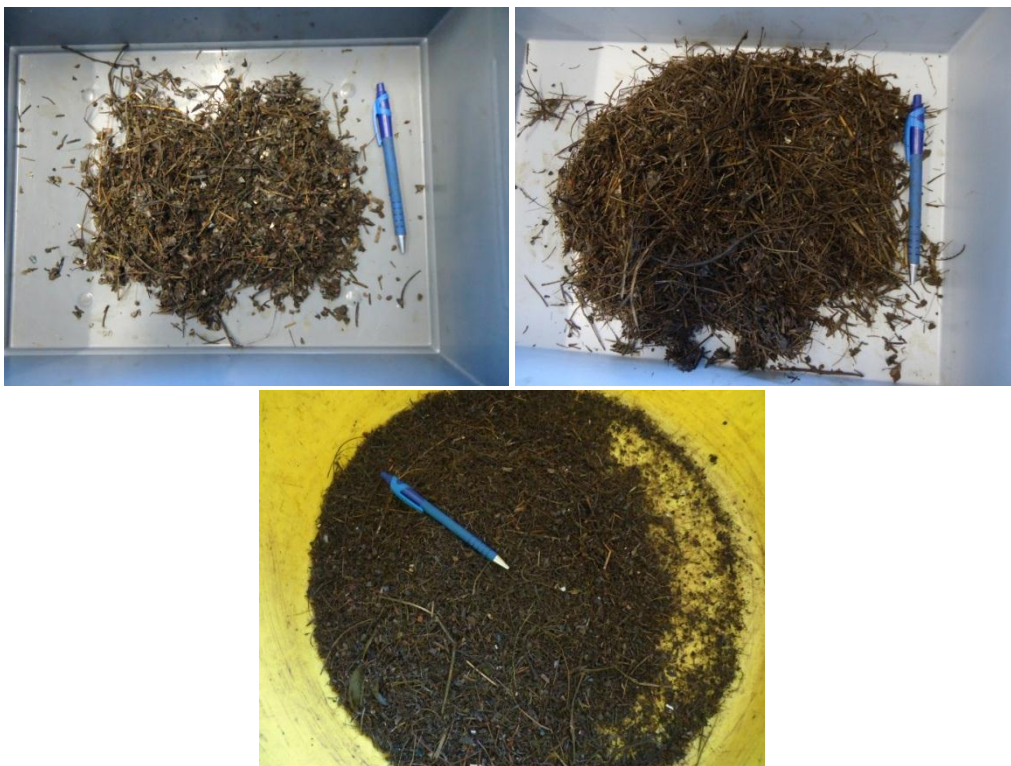


**Figuur 7. Overflow homogenisatietrommel (links boven: voor bermgrasadditie; rechts boven: tijdens bermgrasadditie; onder: na bermgrasadditie)**

In het labo werd deze overflow achtereenvolgens gezeefd over 60, 40 en 5 mm, en van iedere fractie werd gecontroleerd of er bermgras aanwezig was. In de fracties > 60 mm en 40-60 mm werd bij geen enkel monster bermgras aangetroffen. In het staal voor bermgrasadditie werd in de fracties 5-40 mm en < 5 mm eveneens geen bermgras aangetroffen, doch in dezelfde fractie van het staal tijdens bermgrasadditie konden wel duidelijk grasvezels worden herkend. In het laatste staal (meer dan een maand na de bermgrasadditie) werden in deze fractie opnieuw grasvezels herkend, welke dus niet afkomstig konden zijn van bermgras. Dit wordt visueel weergegeven in Figuur 8. De verklaring hiervoor ligt erin dat het eerste staal (20/01/2014) winter-GFT betreft met een zeer laag aandeel tuinafval, terwijl het laatste staal (01/04/2014) voorjaars-GFT was, waarin opnieuw tuinafval (en dus ook meer vezels) aanwezig was. Door in de winterperiode (meer) bermgras toe te voegen aan het GFT, wordt dus een constantere inputstroom gecreëerd: het wegvallen van tuinafval kan worden gecompenseerd door toevoegen van bermgras. Doordat de aanvoer van GFT in de winter ook het laagst is (net door het lagere aandeel tuinafval), kan het ingekuilde bermgras ook zorgen voor een constantere input naar de vergister (hoger aandeel bermgras in de winter dan in de zomer).



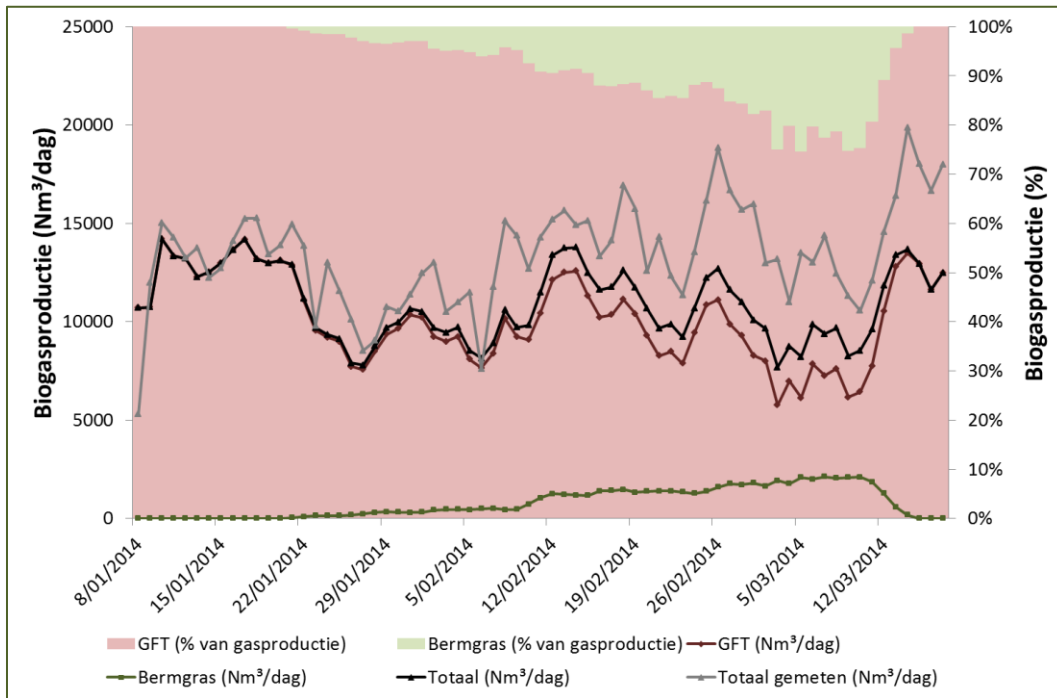
Figuur 8. Overflow homogenisatietrommel fractie 5-40 mm (links boven: voor bermgrasadditie; rechts boven: tijdens bermgrasadditie; onder: na bermgrasadditie)



Figuur 9. Overflow homogenisatietrommel fractie  $< 5\text{ mm}$  (links boven: voor bermgrasadditie; rechts boven: tijdens bermgrasadditie; onder: na bermgrasadditie)

## 2.2 Effect op de vergisting

Het organisch materiaal dat overblijft na de voorbehandeling wordt gemengd met digestaat en opgewarmd door middel van stoom. Dit mengsel wordt naar de vergister gepompt, waarin het in afwezigheid van zuurstof wordt omgezet in biogas. Figuur 10 toont de evolutie van de dagelijks te verwachten biogasproductie (en het aandeel afkomstig van GFT en bermgras) en de effectief gemeten biogasproductie. De verwachte biogasproductie werd berekend op basis van het biogaspotentieel en de voedingshoeveelheden. Uit deze figuur blijkt dat maximaal 23% van het biogas afkomstig was van het bermgras, wat iets lager is dan het aandeel van bermgras in de voeding. Dit kan verklaard worden door het iets lager biogaspotentieel van bermgras t.o.v. GFT. Uit de figuur blijkt voorts dat de actuele biogasproductie hoger was dan de verwachte. Dit komt doordat het theoretisch biogaspotentieel bepaald werd op 7 dagen tijd (om kort op de bal te kunnen spelen), waardoor dit steeds een onderschatting is.

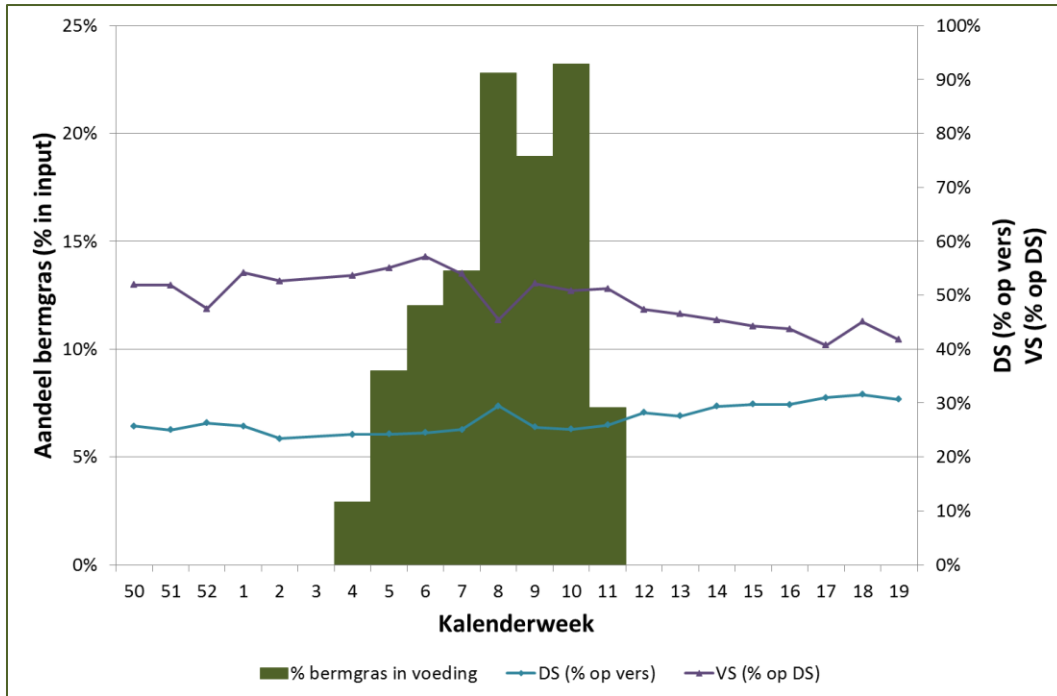


Figuur 10. Evolutie van de bijdrage tot de biogasproductie van GFT en bermgras

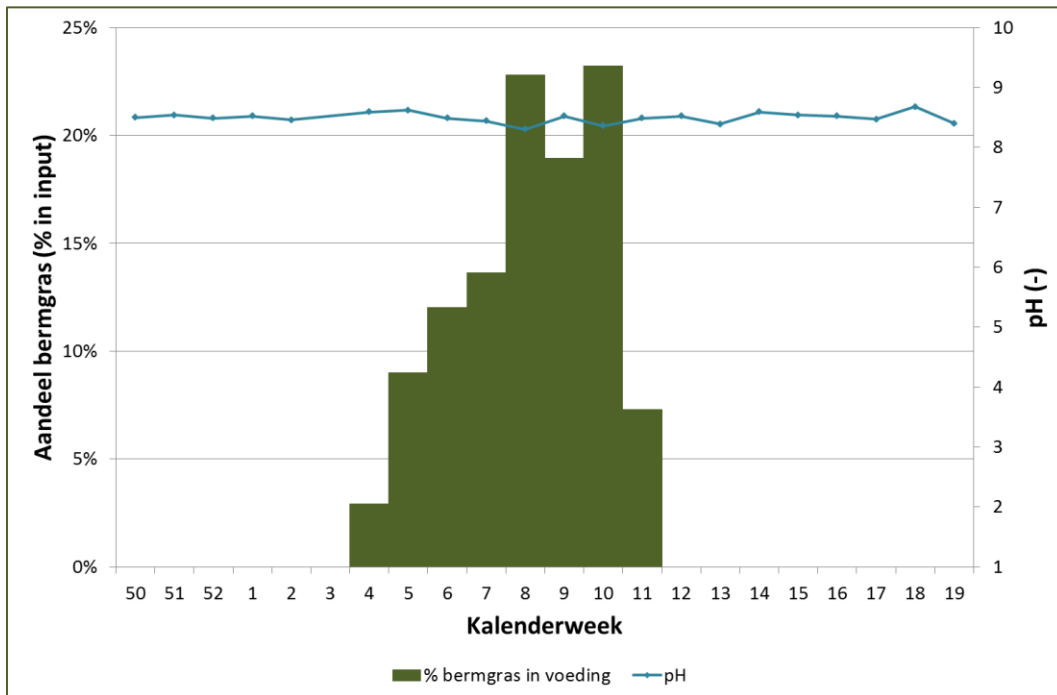
Het droge stofgehalte in de reactor werd wekelijks geanalyseerd en steeg tijdens en na de bermgrasadditie lichtjes van ongeveer 25% naar 30% (Figuur 11). Het organische stofgehalte werd eveneens wekelijks bepaald en lijkt te dalen onder invloed van de bermgrasadditie van 50% naar 40% (Figuur 11). Het lijkt er dus op dat het toevoegen van 25% bermgras in de voeding zorgt voor een lichte stijging van het droge stofgehalte en een daling van het organische stofgehalte. Aangezien deze trends zich echter nog een lange tijd doorzetten nadat werd gestopt met het toevoegen van bermgras, lijkt het dat ook de geleidelijke omschakeling van winter-GFT naar voorjaars-GFT een impact heeft op deze parameters (stijgend aandeel groenafval). In 2013 varieerde het droge stofgehalte tussen 20 en 30% en het organische stofgehalte tussen 36 en 57%. De waarden die werden gemeten tijdens de proef met



bermgras vallen hier dus mooi binnen. Er deden zich dan ook geen problemen voor wat betreft verpompen of mengen.



Figuur 11. Evolutie van het droge en organische stofgehalte in de vergister



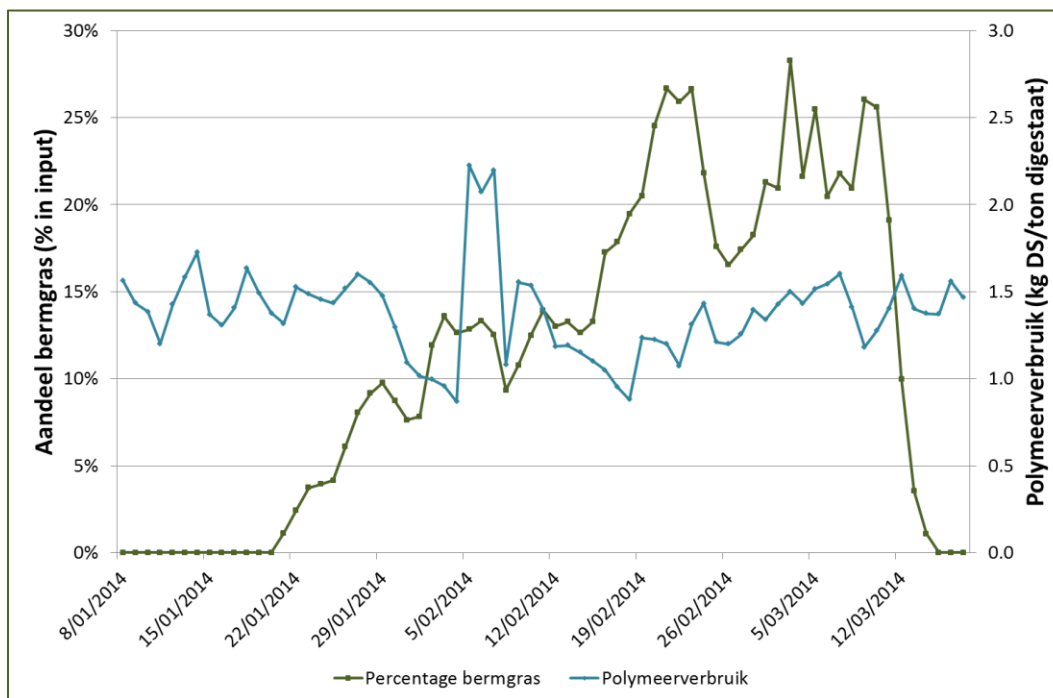
Figuur 12. Evolutie van de pH in het digestaat

Uit Figuur 12 blijkt dat de additie van bermgras geen effect had op de pH in de reactor, welke vrij constant was op een waarde van 8,5 (1/5 extract). Dit is een goede waarde voor anaerobe vergisting.

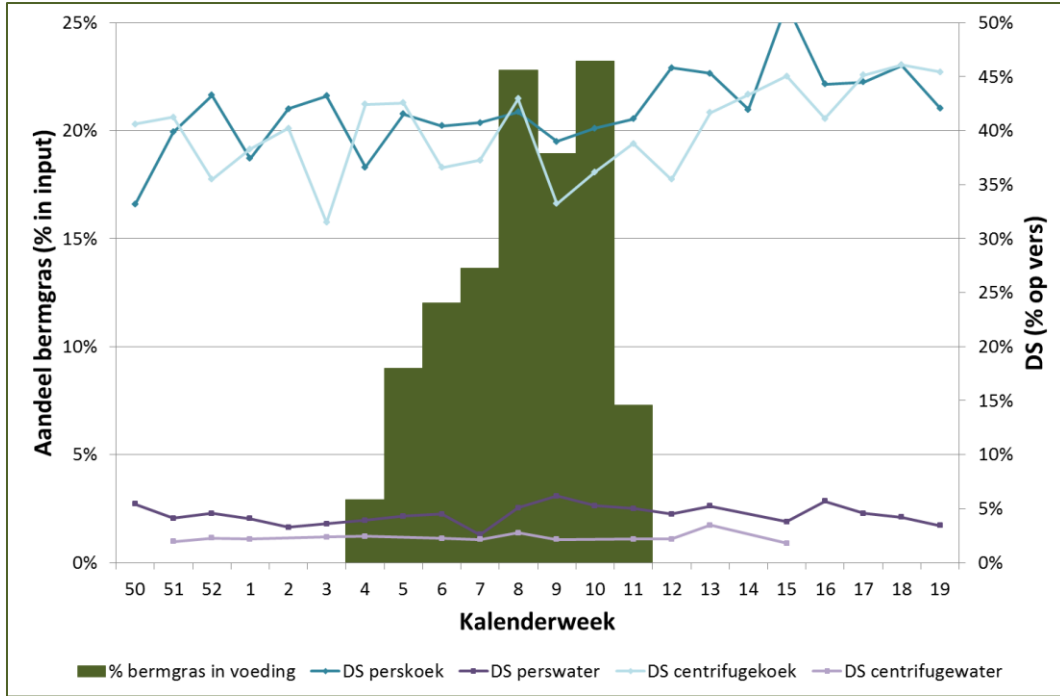
Ook het ammoniumgehalte en de FOS/TAC-verhouding werd niet beïnvloed door de additie van bermgras aan de voeding. De invloed op deze biologische parameters zal uitgebreider aan bod komen tijdens de bespreking van de labotesten, aangezien daar gedurende een langere periode bermgras werd toegevoegd.

### 2.3 Effect op de nabehandeling

Het vergiste materiaal (digestaat) wordt vermengd met een ontwateringsmiddel (polymeer) en daarna geperst. Zoals blijkt uit Figuur 13 had de additie van bermgras geen effect op het polymeerverbruik. Het perswater wordt gecentrifugeerd om de grootste vuildeeltjes van het water te scheiden en wordt daarna afgevoerd naar de waterzuivering. Uit Figuur 14 blijkt dat het droge stofgehalte in zowel het perswater en centrifugewater stijgt nadat bermgras werd toegevoegd. Aangezien ook het DS-gehalte in het digestaat licht was gestegen in die periode, lijkt het aannemelijk dat het bermgras geen rechtstreeks effect op de ontwatering had. Ook werd een lichte verhoging (niet significant) vastgesteld van het droge stofgehalte van het perswater. De perskoek wordt over een trilzeef gevoerd zodat de laatste onzuiverheden > 10 mm kunnen worden afgezeefd. Dit gezeefde materiaal ondergaat daarna een narijping van ongeveer 14 à 21 dagen in een nacomposteringshal. Daarna kan het materiaal als compost verkocht worden. Tabel 1 toont de analyseresultaten op de compost (met bermgrasadditie en het langjarig gemiddelde van enkel GFT+). Hieruit blijkt dat er geen significant verschil is in compostkwaliteit en bermgrasadditie dus geen risico oplevert.



Figuur 13. Evolutie van polymeerverbruik bij het persen van digestaat



Figuur 14. Evolutie van het droge stofgehalte in perswater, perskoek, centrifugewater en centrifugekoek

Tabel 1. Compostanalyses

| Parameter   | Eenheid                        | Zonder bermgras <sup>1</sup> | Met bermgras |
|---|--------------------------------|------------------------------|--------------|
| Vochtgehalte  | % <sub>w/w</sub> (op vers)     | 45,2                         | 52,6         |
| Droge stof  | % <sub>w/w</sub> (op vers)     | 54,8                         | 47,4         |
| Organische stof   | % <sub>w/w</sub> (op vers)     | 20,80                        | 21,1         |
| EC (1/5)  | µS/cm (op vers)                | 1413                         | 1630         |
| pH (H <sub>2</sub> O)   | -                              | 8,1                          | 8,3          |
| Volumedichtheid   | kg/L                           | 0,500                        | 0,488        |
| Chloriden   | mg/L (op vers)                 | 750                          | 650          |
| Totale stikstof   | % <sub>w/w</sub> (op vers)     | 0,75                         | 0,85         |
|   | mg/kg DS                       | 17 783                       | 18 000       |
| C/N   | -                              | 14,8                         | 13,8         |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N                                 | mg/L (op vers)                 | 275                          | 261          |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N                                 | mg/L (op vers)                 | 30,8                         | 36,6         |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N | -                              | 0,11                         | 0,14         |
| Totaal P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                            | % <sub>w/w</sub> (op vers)     | 0,461                        | 0,514        |
| Onzuiverheden > 2 mm  | % <sub>w/w</sub> (op vers)     | 0,19                         | 0,23         |
| Steentjes > 5 mm  | % <sub>w/w</sub> (op vers)     | 0,49                         | 0,68         |
| Kiemkrachtige zaden   | #/L (op vers)                  | 0                            | 0            |
| Rijpheidsgraad:<br>klasse                                       | -                              | IV                           | IV           |
| Rijpheidsgraad:<br>max temperatuur                              | °C                             | 30,7                         | 31,1         |
| Rijpheidsgraad: vochtgehalte<br>na knijptest                    | % <sub>w/w</sub> (op vers)     | -                            | 52,2         |
| Totaal K <sub>2</sub> O   | % <sub>w/w</sub> (op vers)     | 0,467                        | 0,525        |
|   | mg/L (op vers)                 | 2 287                        | 2 560        |
| Totaal CaO  | % <sub>w/w</sub> (op vers)     | 1,84                         | 2,31         |
|   | mg/L (op vers)                 | 9 543                        | 11 300       |
| Totaal MgO  | % <sub>w/w</sub> (op vers)     | 0,332                        | 0,376        |
|   | mg/L (op vers)                 | 1 703                        | 1 840        |
| Cd  | mg/kg DS                       | 0,78                         | 0,99         |
| Cr  | mg/kg DS                       | 26,70                        | 22,40        |
| Cu  | mg/kg DS                       | 43,00                        | 49,54        |
| Pb  | mg/kg DS                       | 84,9                         | 108,6        |
| Ni  | mg/kg DS                       | 12,7                         | 10,5         |
| Zn  | mg/kg DS                       | 225,00                       | 260,42       |
| Hg  | mg/kg DS                       | 0,10                         | < 0,06       |
| As  | mg/kg DS                       | 4,64                         | 4,58         |
| Respiratie  | mg O <sub>2</sub> /g VS/3,5d   | 20,9                         | 23,6         |
|   | mg O <sub>2</sub> /g DS/3,5d   | 8,6                          | 10,5         |
|   | mg O <sub>2</sub> /g vers/3,5d | 4,38                         | 4,92         |
|   | mmol O <sub>2</sub> /kg VS/h   | 7,76                         | 8,80         |

<sup>1</sup> Langjarig gemiddelde

## Te onthouden

Bermgras doorloopt zonder probleem de voorbehandeling en komt nagenoeg integraal in de vergistbare fractie terecht

Door meer bermgras aan het GFT toe te voegen in de winter, wordt een constantere samenstelling van het GFT gecreëerd (bermgras als vervanging van tuinafval in de wintermaanden)

Het digestaat met 25% bermgras heeft een iets hoger DS-gehalte, maar dit levert geen problemen op voor de menigheid of de pompen

25% bermgrasadditie heeft geen invloed op de ontwaterbaarheid van het digestaat, noch op de compostkwaliteit



### 3 Laboproeven

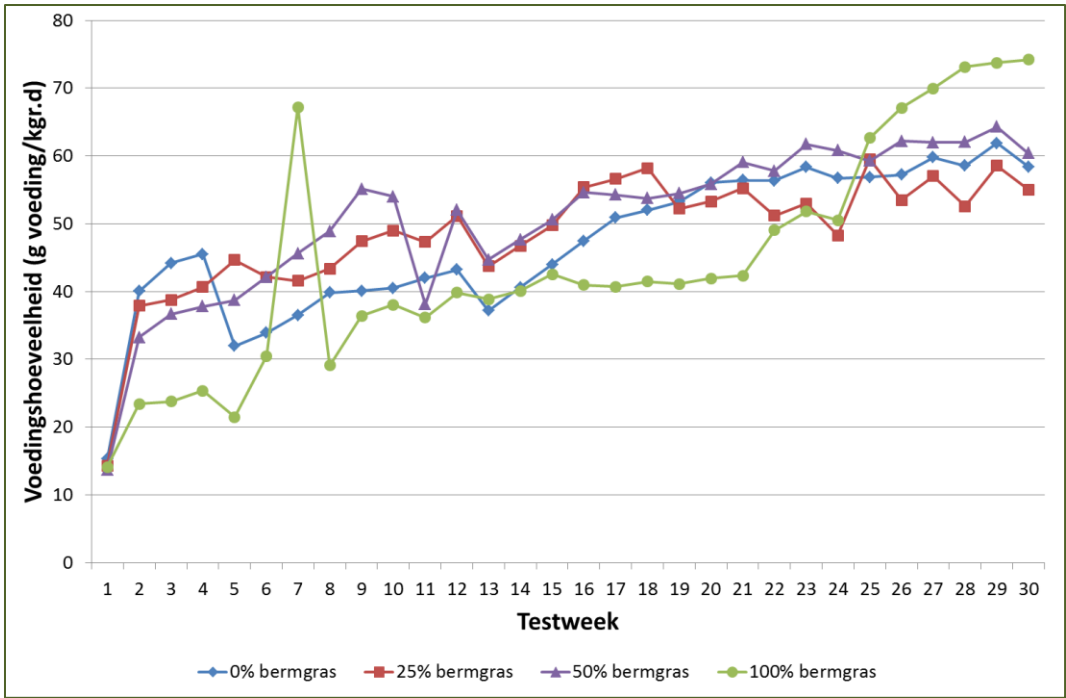
Omdat de tijdsduur van de demoproeven op volle schaal beperkt was – enerzijds omwille van de beschikbare hoeveelheid bermgras, anderzijds omwille van de tijdsperiode waarin de aanvoer van GFT-afval voldoende laag is waardoor er capaciteit is om bermgras toe te voegen – werden 4 laboreactoren opgestart zodat het effect van co-vergisting van bermgras met GFT kon worden geëvalueerd (vooral op biologisch vlak). Volgende inputmengsels werden getest:

1. Reactor 1 (RN1) – 100% GFT
2. Reactor 2 (RN2) – 75% GFT + 25% bermgras
3. Reactor 3 (RN3) – 50% GFT + 50% bermgras (+10% water)
4. Reactor 4 (RN4) – 100% GFT (+ 20 – 30% water)

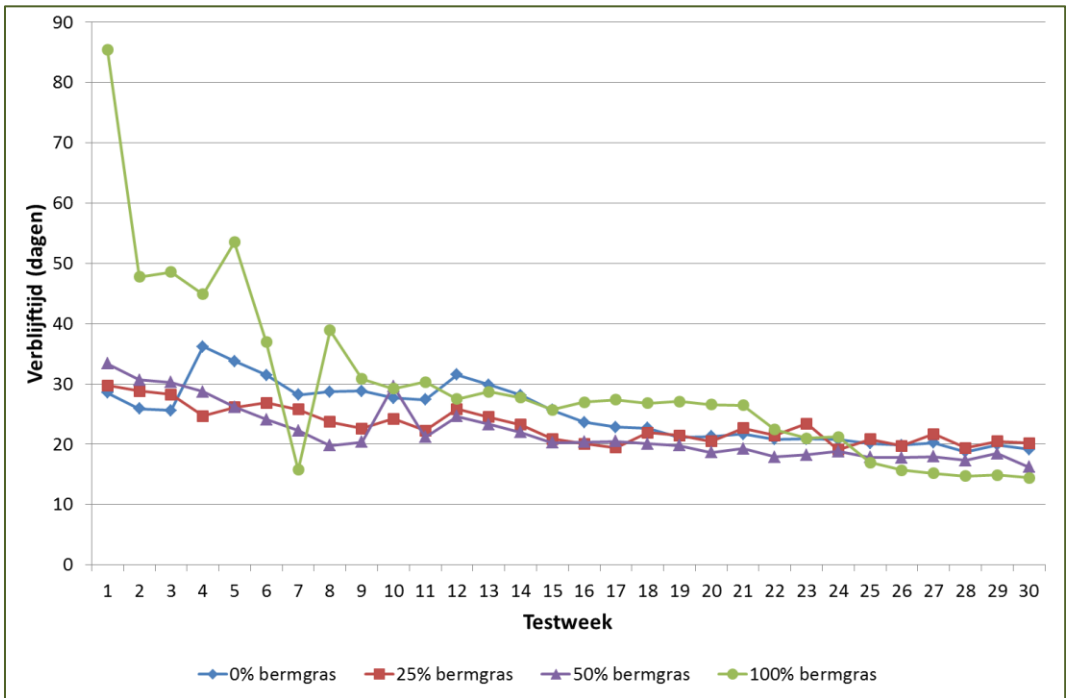
Reactor 1 werd opgestart als referentiereactor, nl. enkel GFT-vergisting. Hierdoor kon het effect van bermgrasadditie objectiever worden gemeten aangezien alle reactoren parallel liepen en hetzelfde GFT-afval gevoed kregen, terwijl de vergelijking op volle schaal een vergelijking in de tijd was en dus onderhevig aan variatie in het GFT-afval, wat moeilijker meetbaar is. Reactor 2 liep parallel met de volle schaal demo. Reactor 3 werd opgestart om het effect van een hoger aandeel bermgras te testen, wat omwille van praktische belemmeringen (beschikbaarheid bermgras en verwerkingscapaciteit) niet mogelijk was op volle schaal. Reactor 4 tenslotte werd opgestart om na te gaan of de extreme situatie met enkel bermgras überhaupt mogelijk is. Hieronder worden de verschillende opvolgingsparameters besproken.

#### 3.1 Voeding en belasting

Figuur 15 toont de evolutie van de gemiddelde voeding aan de testreactoren (g input per kg reactorinhoud en per dag). Hieruit blijkt dat voor alle reactoren de voedingshoeveelheid geleidelijk kon stijgen doorheen de testperiode. Deze voedingshoeveelheid had een directe invloed op de verblijftijd in de reactoren (Figuur 16). Deze daalde gestaag doorheen de testperiode tot ongeveer 20 dagen, wat vrij dicht tegen de minimumverblijftijd aanleunt om nog een stabiel proces mogelijk te maken.



Figuur 15. Evolutie van de voedingshoeveelheid



Figuur 16. Evolutie van de verblijftijd



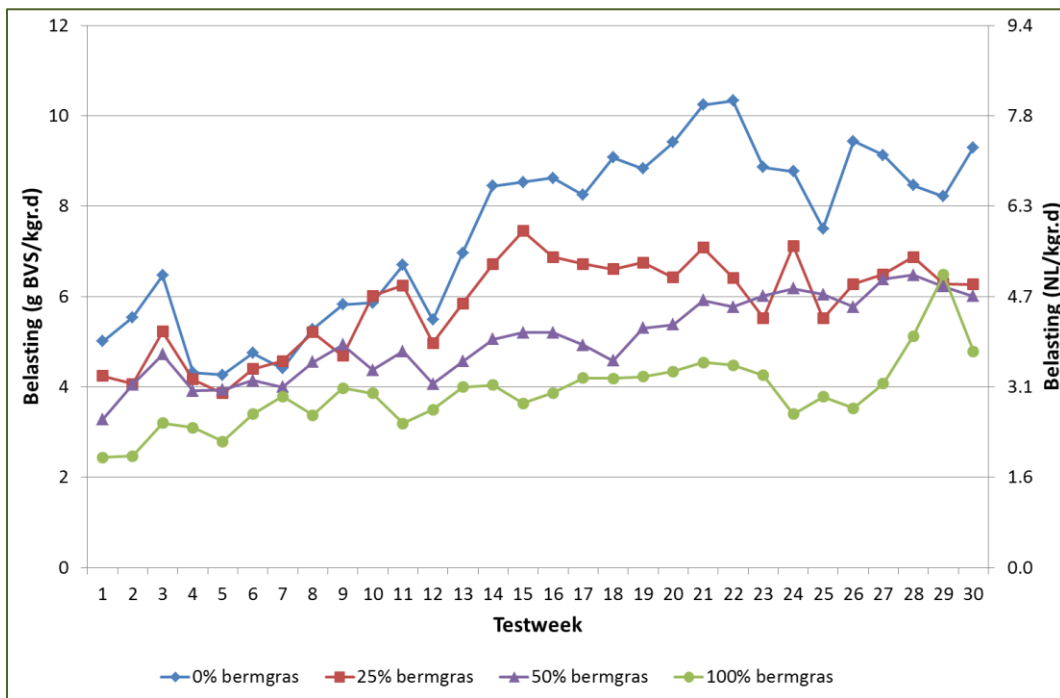


### 3.2 Biologische belasting en biogasproductie

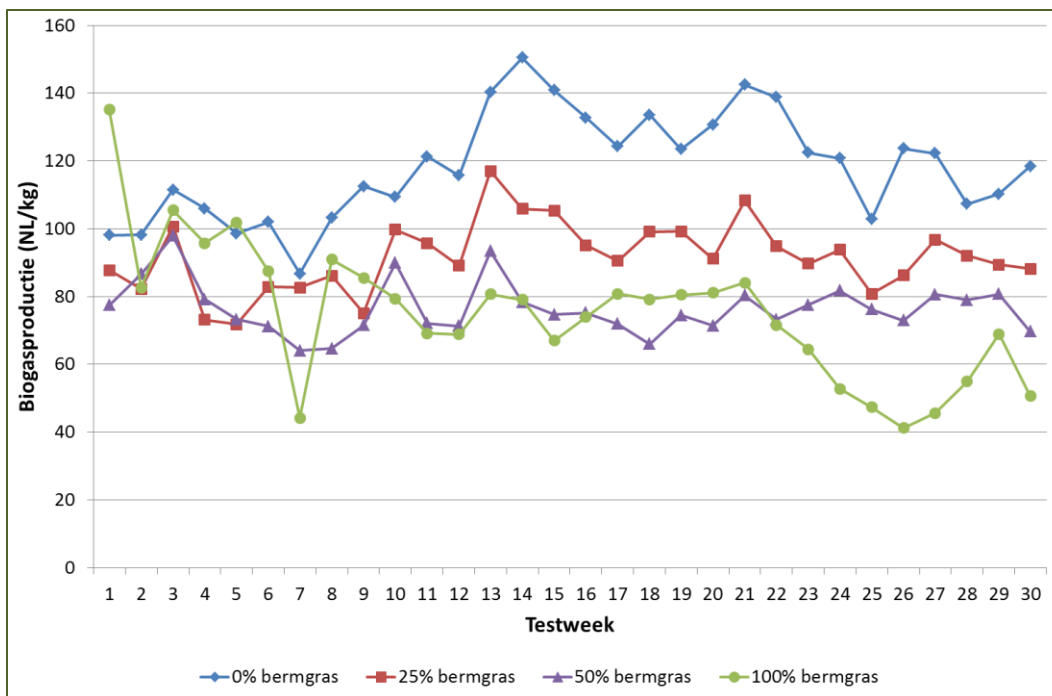
De biologische belasting – uitgedrukt als g biogas/kg reactorinhoud en per dag of als NL biogas/kg reactorinhoud en per dag) – houdt vrij nauw verband met de voedingshoeveelheid, al speelt ook het biogaspotentieel van de input een belangrijke rol. Zoals blijkt uit Figuur 17 steeg ook de biologische belasting doorheen de volledige testperiode.

Figuur 18 toont dat het biogaspotentieel van de 4 testreactoren vrij constant was doorheen de testperiode, al is dit uiteraard wel onderhevig aan schommelingen (wekelijks werd immers vers aangevoerd GFT en net uitgekuild bermgras gebruikt). De reactor met 100% GFT leverde het hoogste biogaspotentieel (gemiddeld 120 NL/kg), en het biogaspotentieel daalde naarmate het aandeel bermgras steeg: 90 NL/kg bij 25% bermgras, 75 NL/kg bij 50% bermgras en 70 NL/kg bij 100% bermgras.

Het methaangehalte in het biogas was het hoogst bij 100% GFT-vergisting (60%) en daalde eveneens naargelang het aandeel bermgras steeg: 59% CH<sub>4</sub> bij 25% bermgras, 57% CH<sub>4</sub> bij 50% bermgras en 54% CH<sub>4</sub> bij 100% bermgras.



Figuur 17. Evolutie van de biologische belasting



Figuur 18. Evolutie van de biogasproductie

### 3.3 Digestaatanalyses

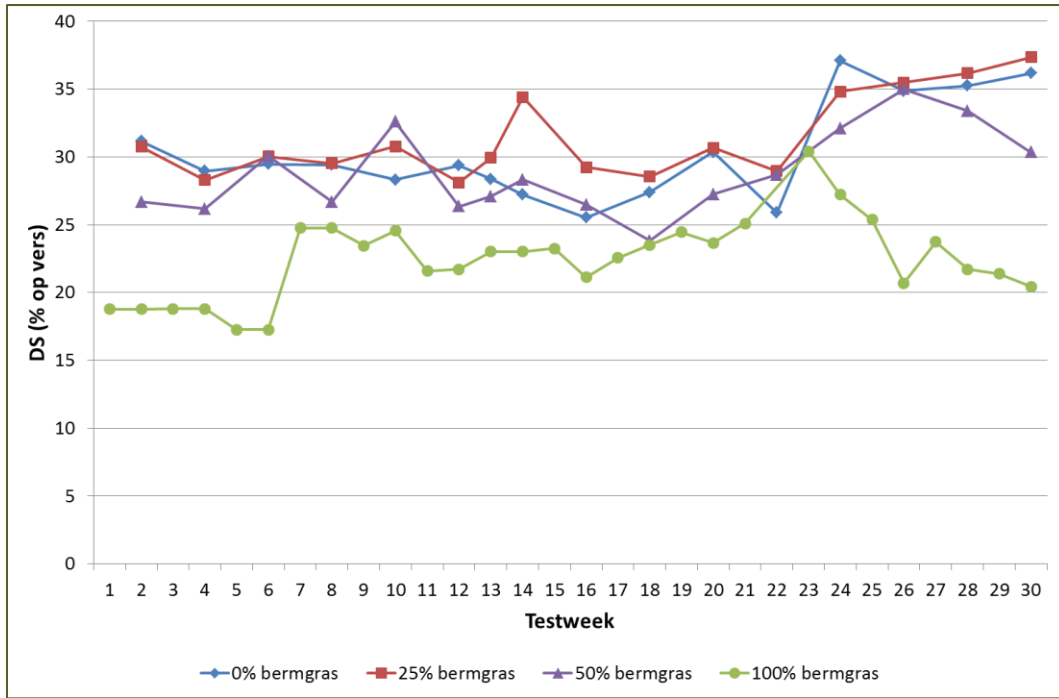
Figuur 19 toont dat het droge stofgehalte bij alle vier de testreactoren vrij constant was doorheen het grootste deel van de testperiode. Voor reactor 1 t.e.m. 3 lag dit droge stofgehalte vrij dicht bijeen, op een waarde van 30 à 35%. Het droge stofgehalte in reactor 4 was iets lager met 20 à 25% droge stof. Hierbij dient wel opgemerkt te worden? dat reactor 3 en reactor 4 extra water kregen bij de voeding (10% en 25% respectievelijk). Dit was nodig omdat het vezelige karakter van het bermgras ervoor zorgde dat het digestaat van reactor 4 veel stugger aanvoelde in vergelijking met de overige testreactoren. Wat organische stofgehalte betreft, liggen de 4 testreactoren heel dicht bij elkaar met ongeveer 45 à 50% (op droge stofgehalte).

De pH bleef bij alle vier de testreactoren zeer constant, wat wijst op een stabiel proces (Figuur 21).

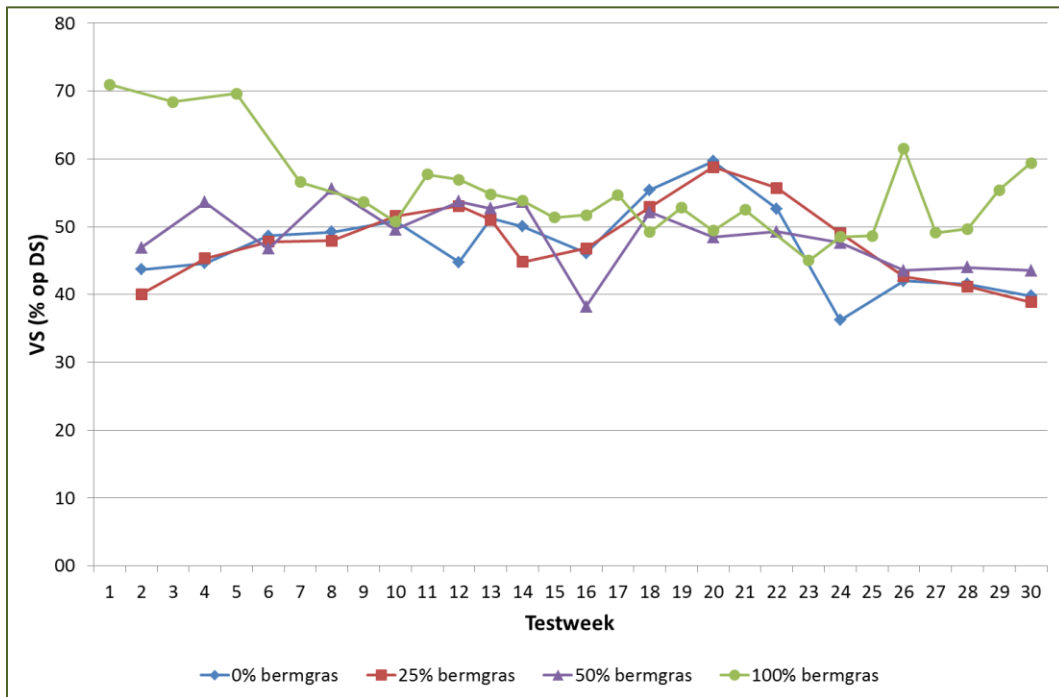
Figuur 22 toont het ammoniumgehalte in de vier testreactoren. Hieruit blijkt duidelijk dat naarmate het aandeel bermgras stijgt, het ammoniumgehalte afneemt. Aangezien het ammoniumgehalte bij GFT-vergisting vaak aan de hoge kant is (zeker in de winter wanneer het GFT voornamelijk bestaat uit groente- en fruitafval), heeft de additie van bermgras dus een positief effect op het vergistingsproces. Bij een lager ammoniumgehalte kan namelijk stabielere worden gewerkt en kan bijkomend ook aan hogere temperaturen worden gewerkt. Dit is een belangrijk voordeel aangezien thermofiele vergisting een hogere omzettingsefficiëntie heeft dan mesofiele vergisting.

Het vetzuurgehalte van de 4 testreactoren schommelde doorheen de testperiode, maar er kon geen duidelijke invloed van bermgras worden gedetecteerd (de laagste concentratie aan vetzuren werd gemeten bij de reactoren met 100% GFT en 100% bermgras). De stijging in vetzuren op het einde van de

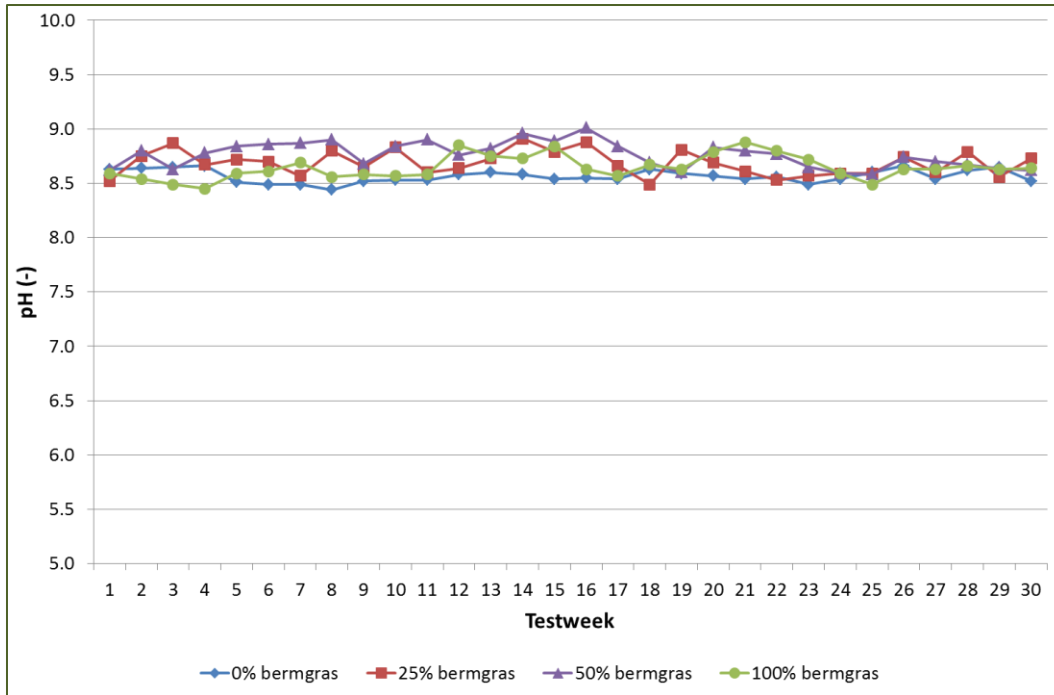
testperiode bij reactor 4 is vermoedelijk te wijten aan de lage verblijftijd (< 15 dagen), die suboptimaal werd.



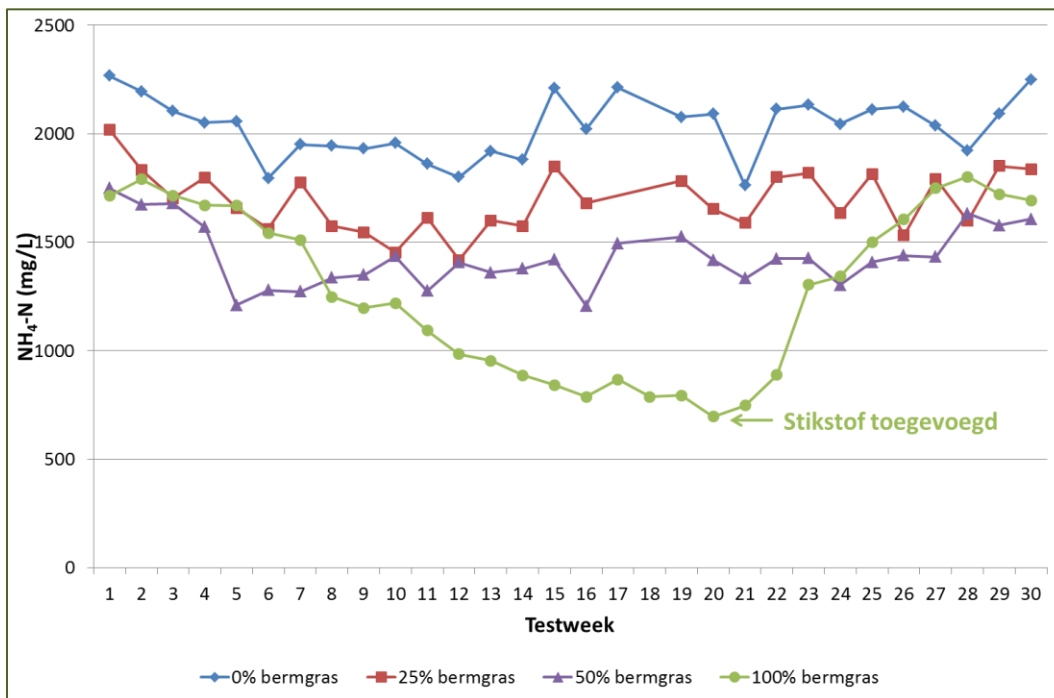
Figuur 19. Evolutie van het droge stofgehalte



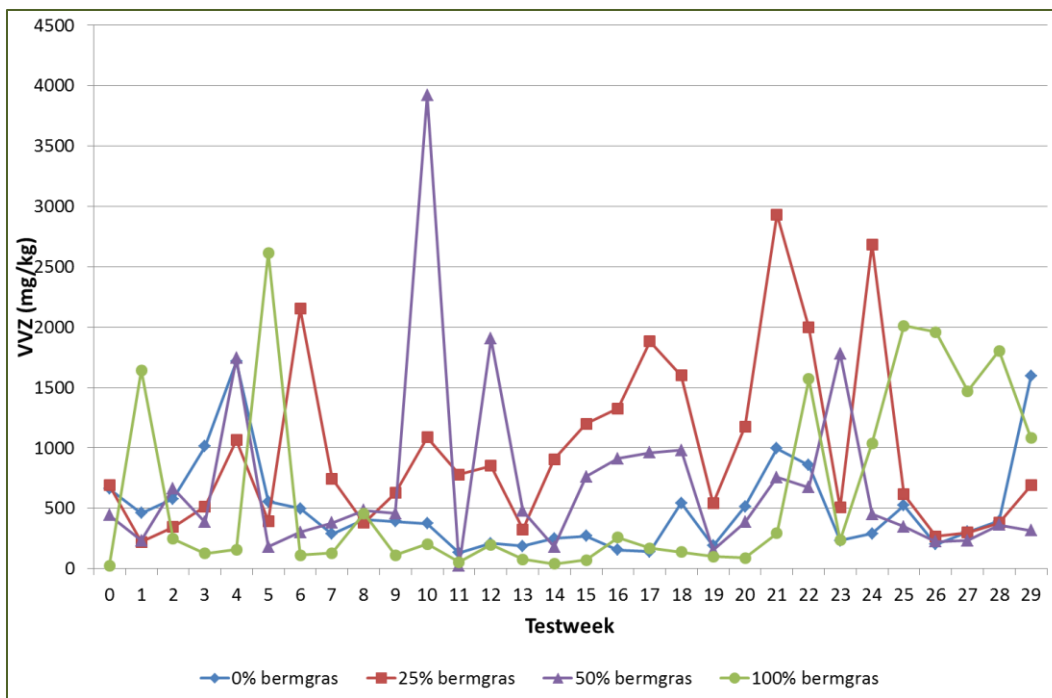
Figuur 20. Evolutie van het organische stofgehalte



Figuur 21. Evolutie van de pH



Figuur 22. Evolutie van het ammoniumgehalte



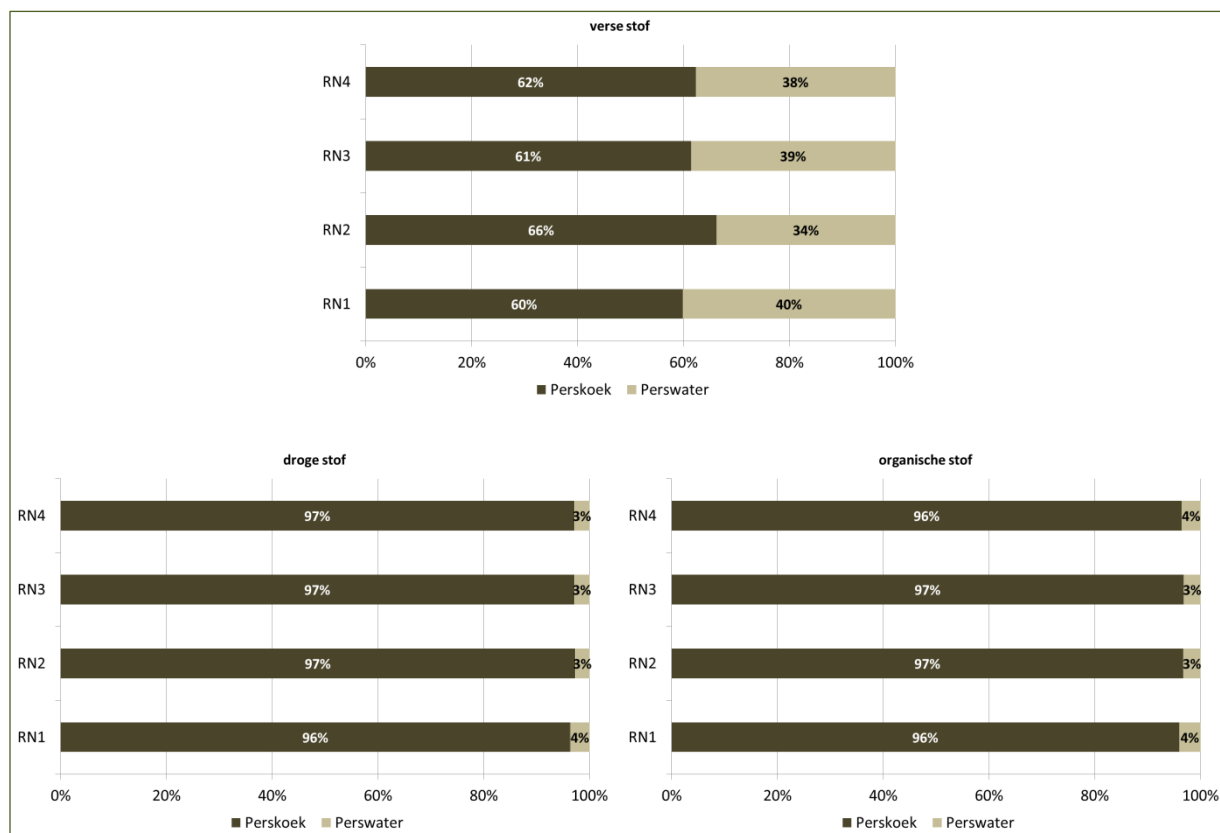
Figuur 23. Evolutie van het vetzuurgehalte

### 3.4 Ontwateringstesten

Net als op de volle schaal installatie van IGEAN werd het digestaat van de 4 testreactoren geperst na toevoegen van polymeer om de ontwatering te bevorderen. Het persen gebeurde manueel met een labopers tot maximaal droge stofgehalte. De resultaten van deze proef zijn weergegeven in Tabel 2 en Figuur 24. Uit de tabel blijkt dat er weinig verschil is in droge stofgehalte van de perskoek van de verschillende testreactoren. Het droge stofgehalte van het perswater is het laagst bij reactor 3 en reactor 4 (hoogste aandeel bermgras). Ongeveer 60% van de verse stof komt na persen in de perskoek terecht, 40% in het perswater. Er zijn geen grote verschillen merkbaar tussen de vier testreactoren, al werd bij reactor 3 iets meer perskoek bekomen. Op droge en organische stofgehalte zijn deze verschillen nog kleiner, waarbij 96 à 97% van de droge en organische stof in de perskoek terechtkomen.

Tabel 2. Analyseresultaten persproef

|                  | Digestaat |      | Perskoek |      | Perswater |      |
|------------------|-----------|------|----------|------|-----------|------|
|                  | DS        | VS   | DS       | VS   | DS        | VS   |
| <b>Reactor 1</b> | 28,9      | 52,8 | 42,7     | 53,4 | 2,4       | 59,3 |
| <b>Reactor 2</b> | 34,8      | 49,0 | 45,5     | 45,4 | 2,5       | 54,7 |
| <b>Reactor 3</b> | 32,1      | 47,6 | 44,4     | 48,3 | 2,1       | 52,8 |
| <b>Reactor 4</b> | 26,7      | 55,4 | 44,3     | 48,8 | 2,2       | 59,9 |



Figuur 24. Massabalans van de ontwateringsproeven op verse, droge en organische stofbasis

### 3.5 Nacompostering

De perskoek die na persen in het labo werd bekomen, werd gedurende drie weken nagecomposteed onder gecontroleerde omstandigheden. De CO<sub>2</sub>-productie werd opgevolgd als graadmeter voor de activiteit. Na drie weken werd de compost als rijp beschouwd, wat in dezelfde grootteorde ligt als bij de nacompostering op volle schaal. Op de 4 bekomen composten werden de standaard compostanalyses uitgevoerd. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Tabel 3.

Hieruit blijkt dat het de compost afkomstig van 100% bermgrasvergisting het hoogste vochtgehalte had, alhoewel dit fysiek niet natter aanvoelde dan de overige composten. Het organische stofgehalte was wel vrij gelijkaardig onafhankelijk van het aandeel bermgras. De geleidbaarheid en het chloridengehalte neemt grosso modo af naarmate meer bermgras werd gevoed, en ook het nutriëntengehalte (N, P, K, Ca en Mg) is het laagst in de compost afkomstig van 100% bermgras.

Bijkomend werden ook de organische verontreinigingen en zware metalen geanalyseerd (volgens Vlarema bijlage 2.3.1). De resultaten hiervan zijn weergegeven in Tabel 4. Uit deze tabel blijkt dat alle vier de onderzochte composten geen enkele overschrijding van de normen zoals vermeld in Vlarema bijlage 2.3.1 veroorzaken. De compost afkomstig van 100% bermgrasvergisting heeft algemeen genomen zelfs de laagste concentraties. Hieruit mag dan ook besloten worden dat het toevoegen van bermgras bij GFT-vergisting geen risico oplevert wat betreft compostkwaliteit.

Tabel 3. Compostanalyses

| Parameter   | Eenheid                        | 0%       | 25%      | 50%      | 100%     |
|---|--------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|   |                                | bermgras | bermgras | bermgras | bermgras |
| Vochtgehalte  | % <sub>w/w</sub> (op vers)     | 38,6     | 37,8     | 36,4     | 45,0     |
| Droge stof  | % <sub>w/w</sub> (op vers)     | 61,4     | 62,2     | 63,6     | 55,0     |
| Organische stof   | % <sub>w/w</sub> (op vers)     | 43,1     | 47,8     | 42,2     | 44,0     |
| EC (1/5)  | μS/cm (op vers)                | 1905     | 1607     | 1618     | 983      |
| pH (H <sub>2</sub> O)   | - (op vers)                    | 9,0      | 8,6      | 8,5      | 8,4      |
| Volumedichtheid   | kg/L                           | 0,412    | 0,423    | 0,407    | 0,340    |
| Chloriden   | mg/L (op vers)                 | 950      | 800      | 850      | 650      |
| Totale stikstof   | % <sub>w/w</sub> (op vers)     | 0,9      | 1,0      | 1,4      | 0,9      |
|   | mg/kg DS                       | 14 764   | 16 718   | 21 324   | 17 129   |
| C/N   | -                              | 14,6     | 14,3     | 9,9      | 12,8     |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N                                 | mg/L (op vers)                 | 304      | 253      | 265      | 26       |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N                                 | mg/L (op vers)                 | 3,7      | 1,6      | 1,1      | 8,3      |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N | -                              | 0,01     | 0,01     | 0,00     | 0,32     |
| Totaal P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                            | % <sub>w/w</sub> (op vers)     | 0,70     | 0,54     | 0,51     | 0,24     |
| Onzuiverheden > 2 mm  | % <sub>w/w</sub> (op vers)     | 0,7      | 0,3      | 0,1      | 0,0      |
| Steentjes > 5 mm  | % <sub>w/w</sub> (op vers)     | 1,3      | 8,4      | 1,5      | 0,4      |
| Kiemkrachtige zaden   | #/L (op vers)                  | 0        | 0        | 0        | 0        |
| Totaal K <sub>2</sub> O   | % <sub>w/w</sub> (op vers)     | 0,75     | 0,68     | 0,81     | 0,71     |
| Totaal CaO  | % <sub>w/w</sub> (op vers)     | 3,14     | 2,32     | 2,06     | 0,91     |
| Totaal MgO  | % <sub>w/w</sub> (op vers)     | 0,56     | 0,47     | 0,47     | 0,22     |
| Cd  | mg/kg DS                       | 0,68     | 0,70     | 0,75     | 0,57     |
| Cr  | mg/kg DS                       | 30,0     | 26,5     | 23,2     | 13,8     |
| Cu  | mg/kg DS                       | 52,7     | 63,4     | 36,8     | 26,3     |
| Pb  | mg/kg DS                       | 86,3     | 62,2     | 26,9     | 35,8     |
| Ni  | mg/kg DS                       | 22,3     | 17,2     | 15,0     | 9,3      |
| Zn  | mg/kg DS                       | 254,5    | 195,6    | 177,2    | 180,2    |
| Hg  | mg/kg DS                       | 0,04     | 0,06     | 0,05     | 0,03     |
| As  | mg/kg DS                       | 6,12     | 5,14     | 5,23     | 3,10     |
| Respiratie  | mg O <sub>2</sub> /g VS/3,5d   | 6,6      | 5,4      | 4,8      | 3,4      |
|   | mg O <sub>2</sub> /g DS/3,5d   | 2,5      | 2,0      | 1,9      | 1,3      |
|   | mg O <sub>2</sub> /g vers/3,5d | 1,6      | 1,3      | 1,3      | 0,8      |
|   | mmol O <sub>2</sub> /kg VS/h   | 2,47     | 2,00     | 1,79     | 1,20     |

Tabel 4. Compostanalyses (verontreinigingen)

| Parameter              | Eenheid  | 0%       | 25%      | 50%      | 100%     | Vlarema norm |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|
|                        |          | bermgras | bermgras | bermgras | bermgras |              |
| Cd                     | mg/kg DS | 0,68     | 0,70     | 0,75     | 0,57     | 6            |
| Cr                     | mg/kg DS | 29,95    | 26,54    | 23,21    | 13,82    | 250          |
| Cu                     | mg/kg DS | 52,65    | 63,36    | 36,78    | 26,28    | 375          |
| Pb                     | mg/kg DS | 86,27    | 62,21    | 26,88    | 35,76    | 300          |
| Ni                     | mg/kg DS | 22,26    | 17,22    | 14,99    | 9,34     | 50           |
| Zn                     | mg/kg DS | 254,45   | 195,58   | 177,21   | 180,20   | 900          |
| Hg                     | mg/kg DS | 0,04     | 0,06     | 0,05     | 0,03     | 5            |
| As                     | mg/kg DS | 6,12     | 5,14     | 5,23     | 3,10     | 150          |
| Heptaan                | mg/kg DS | < 0,63   | < 0,66   | < 0,64   | < 0,59   | 5,5          |
| Hexaan                 | mg/kg DS | 0,18     | 0,16     | 0,19     | 0,20     | 5,5          |
| Octaan                 | mg/kg DS | < 0,63   | < 0,66   | < 0,64   | < 0,59   | 5,5          |
| Benzeen                | mg/kg DS | < 0,13   | < 0,13   | < 0,13   | < 0,12   | 1,1          |
| Ethylbenzeen           | mg/kg DS | < 0,13   | < 0,13   | < 0,13   | < 0,12   | 1,1          |
| Styreen                | mg/kg DS | < 0,06   | < 0,07   | < 0,06   | < 0,06   | 1,1          |
| Toluene                | mg/kg DS | < 0,13   | < 0,13   | < 0,13   | < 0,12   | 1,1          |
| Xyleen                 | mg/kg DS | < 0,13   | < 0,13   | < 0,13   | < 0,12   | 1,1          |
| Min. olie C10-C20      | mg/kg DS | 515      | 495      | 343      | 205      | 560          |
| Min. olie C20-C40      | mg/kg DS | 3770     | 4010     | 3944     | 1834     | 5600         |
| Benzo(a)anthraceen     | mg/kg DS | 0,23     | 0,24     | 0,26     | 0,09     | 0,68         |
| Benzo(a)pyreen         | mg/kg DS | 0,20     | 0,20     | 0,21     | < 0,06   | 1,1          |
| Benzo(b)fluorantheen   | mg/kg DS | 0,27     | 0,21     | 0,22     | < 0,12   | 2,3          |
| Benzo(ghi)peryleen     | mg/kg DS | 0,16     | 0,18     | 0,19     | < 0,06   | 1,1          |
| Benzo(k)fluorantheen   | mg/kg DS | 0,14     | < 0,13   | < 0,13   | < 0,12   | 2,3          |
| Chryseen               | mg/kg DS | 0,30     | 0,26     | 0,28     | 0,10     | 1,7          |
| Fenanthreen            | mg/kg DS | 0,52     | 0,72     | 0,45     | 0,13     | 0,9          |
| Fluorantheen           | mg/kg DS | 0,47     | 0,63     | 0,52     | 0,55     | 2,3          |
| Indeno(1,2,3-cd)pyreen | mg/kg DS | 0,15     | 0,25     | 0,26     | < 0,06   | 1,1          |
| Naftaleen              | mg/kg DS | 0,19     | 0,31     | 0,10     | < 0,06   | 2,3          |
| Som PCB's              | mg/kg DS | 0,3972   | 0,0199   | < 0,0180 | < 0,0165 | 0,8          |



Tabel 4. Compostanalyses (verontreinigingen) (vervolg)

| Parameter                    | Eenheid  | 0%<br>bermgras | 25%<br>bermgras | 50%<br>bermgras | 100%<br>bermgras | Vlarema<br>norm |
|------------------------------|----------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 1,1,1-trichloorethaan        | mg/kg DS | < 0,0506       | < 0,0524        | < 0,0516        | < 0,0470         | 0,23            |
| 1,1,2-trichloorethaan        | mg/kg DS | < 0,0506       | < 0,0524        | < 0,0516        | < 0,0470         | 0,23            |
| 1,1-dichloorethaan           | mg/kg DS | < 0,0506       | < 0,0524        | < 0,0516        | < 0,0470         | 0,23            |
| 1,2-dichloorbenzeen          | mg/kg DS | < 0,0126       | < 0,0131        | < 0,0129        | < 0,0118         | 0,23            |
| 1,2-dichloorethaan           | mg/kg DS | < 0,0379       | < 0,0393        | < 0,0387        | < 0,0353         | 0,23            |
| 1,2-dichlooretheen (cis)     | mg/kg DS | < 0,0253       | < 0,0262        | < 0,0258        | < 0,0235         | 0,23            |
| 1,2-dichlooretheen (trans)   | mg/kg DS | < 0,0253       | < 0,0262        | < 0,0258        | < 0,0235         | 0,23            |
| 1,3-dichloorbenzeen          | mg/kg DS | < 0,0126       | < 0,0131        | < 0,0129        | < 0,0118         | 0,23            |
| 1,4-dichloorbenzeen          | mg/kg DS | < 0,0126       | < 0,0131        | < 0,0129        | < 0,0118         | 0,23            |
| Cis+trans-1,2-dichlooretheen | mg/kg DS | < 0,0506       | < 0,0524        | < 0,0516        | < 0,0470         | 0,23            |
| Dichloormethaan              | mg/kg DS | 0,0354         | 0,0328          | 0,0400          | 0,0341           | 0,23            |
| Hexachloorbenzeen            | mg/kg DS | < 0,0126       | < 0,0131        | < 0,0129        | < 0,0118         | 0,23            |
| Monochloorbenzeen            | mg/kg DS | < 0,0506       | < 0,0524        | < 0,0516        | < 0,0470         | 0,23            |
| Pentachloorbenzeen           | mg/kg DS | < 0,0253       | < 0,0262        | < 0,0258        | < 0,0235         | 0,23            |
| Som dichloorbenzenen         | mg/kg DS | < 0,0379       | < 0,0393        | < 0,0387        | < 0,0353         | 0,23            |
| Tetrachloorethyleen          | mg/kg DS | < 0,0506       | < 0,0524        | < 0,0516        | < 0,0470         | 0,23            |
| Tetrachloormethaan           | mg/kg DS | < 0,0253       | < 0,0262        | < 0,0258        | < 0,0235         | 0,23            |
| Totaal tetrachloorbenzeen    | mg/kg DS | < 0,0114       | < 0,0118        | < 0,0116        | < 0,0106         | 0,23            |
| Totaal trichloorbenzeen      | mg/kg DS | < 0,0228       | < 0,0236        | < 0,0232        | < 0,0212         | 0,23            |
| Trichloorethyleen            | mg/kg DS | < 0,0506       | < 0,0524        | < 0,0516        | < 0,0470         | 0,23            |
| Trichloormethaan             | mg/kg DS | < 0,0379       | < 0,0393        | < 0,0387        | < 0,0353         | 0,23            |
| Vinylchloride                | mg/kg DS | < 0,0379       | < 0,0393        | < 0,0387        | < 0,0353         | 0,23            |

### Te onthouden

Tot 50% bermgras bij GFT-vergisting levert biologisch geen problemen op

100% bermgrasvergisting is mogelijk met extra wateradditie, maar resulteert in een stug digestaat wat het verpompen zal bemoeilijken

Bermgras zorgt voor een verlaging van het ammoniumgehalte bij GFT-vergisting, wat positieve effecten heeft op de processtabiliteit

Bermgras heeft geen invloed op de ontwaterbaarheid van digestaat

De compostkwaliteit lijkt beter bij de reactoren met hoger aandeel bermgras



## 4 Economische evaluatie

De economische evaluatie van droge bermgrasvergisting in combinatie met GFT gebeurde op basis van de onrendabele top berekening die door de Vlaamse overheid gebruikt wordt om jaarlijks de bandingfactoren voor groene stroom- en WKK-projecten vast te leggen.

### 4.1 Methode

De gebruikte methode wordt beschreven in Bijlage III/1 (groene stroom) en Bijlage III/2 van het Energiebesluit<sup>1</sup>. De categorieën van referentie-installaties zijn vastgelegd in art.6.2/1.1 van het Energiebesluit.

Onrendabele top (OT) = het bedrag dat per MWh groenestroomproductie of warmtekrachtbesparing bijgelegd moet worden zodat de investering over de levensduur het vereiste rendement behaalt.

De Banding factor (Bf), die jaarlijks wordt bepaald (halfjaarlijks voor PV) = de verhouding onrendabele top (OT) tegenover de bandingdeler:  $BF = OT / BD$ .

Bandingdeler groene stroom = € 97

Bandingdeler warmtekrachtkoppeling = € 35<sup>2</sup>

Voor dit project werd zoveel mogelijk uitgegaan van de algemene waarden van een referentie-installatie die gebruikt wordt voor de OT berekeningen. Concreet wordt uitgegaan van volgende categorieën:

- Nieuwe biogasinstallaties tot 5 MWe voor de vergisting van GFT met nacompostering (GS cat.6)
- WKK op biogas uit GFT-vergisting met nacompostering t.e.m. 5 MWe (WKK cat. 5.a.2)

Art. 6.2/1.4 van het Energiebesluit bepaalt dat voor projecten die naast warmtekrachtcertificaten ook groenestroomcertificaten ontvangen, eerst de onrendabele top en bandingfactor voor de toekenning van warmtekrachtcertificaten berekend wordt zonder steun via groenestroomcertificaten. Indien de onrendabele top niet volledig gedekt wordt door de toekenning van warmtekrachtcertificaten, wordt vervolgens de onrendabele top en bandingfactor voor de toekenning van groenestroomcertificaten berekend.

Omdat de beschouwde installatie een WKK is die ook warmtekrachtcertificaten kan ontvangen, wordt eerst de onrendabele top berekend voor de toekenning van warmtekrachtcertificaten en vervolgens de onrendabele top voor de toekenning van groenestroomcertificaten.

Een aantal parameters die in de berekeningen gebruikt worden zijn wettelijk vastgelegd: de project IRR na belastingen (12%), de beleidsperiode (10 jaar), de afschrijftermijn (10 jaar) en de termijn van de lening (10 jaar), het aandeel zelfafname van de geproduceerde elektriciteit (30%).

<sup>1</sup> Besluit van de Vlaamse Regering van 19 november 2010 houdende algemene bepalingen over het energiebeleid, <http://navigator.emis.vito.be/milnav-consult/consultatieLink?wettekstId=59926&appLang=nl&wettekstLang=nl>

<sup>2</sup> Deel 1: ontwerprapport OT/Bf voor projecten met een startdatum vanaf 1 januari 2015, Rapport 2014/1, Vlaams Energieagentschap

## 4.2 Scenario's

Volgende scenario's werden geselecteerd voor analyse:

1. **Scenario 1:** Een uitbreiding van een bestaande composteringsinstallatie met voorvergisting (deelstroomvergisting) zonder bermgrasvergisting
  - a. 50 000 ton input per jaar, waarvan 30 000 ton wordt vergist en 20 000 ton rechtstreeks gecomposteerd of als onzuiverheden uit het proces wordt verwijderd
  - b. Geen bermgras, dit is dus een referentiescenario
  - c. Gebaseerd op DRANCO-technologie
2. **Scenario 2:** Idem als scenario 1, maar met additie van 10 000 ton bermgras aan de vergisting (opgehaald en bewaard zoals tijdens dit project, gemiddeld biogaspotentieel van dit gras:  $\pm 70 \text{ Nm}^3/\text{ton}$ )
3. **Scenario 3:** Idem als scenario 2, maar met optimalisatie van ophaling en bewaring van het bermgras zodat het biogaspotentieel stijgt tot  $120 \text{ Nm}^3/\text{ton}$

In deze scenario's zitten volgende zaken in de investering:

- De uitbreiding van de voorbehandeling, geoptimaliseerd voor vergisting
- Een vergister van 30 000 ton per jaar (zonder bermgras) of 40 000 ton per jaar (met bermgras)
- Een kwalitatieve WKK
- De installatie voor de benutting van de restwarmte in de compostering

De ophaalkosten van het bermgras zijn niet meegenomen omdat dit buiten de scope van de vergisting valt (en sowieso dient te gebeuren). De kosten met betrekking tot opslag van het bermgras zijn wel meegenomen. Er wordt dan ook gerekend met een gate fee voor het aanvaarden van bermgras, naar analogie met de onrendabele top berekening voor GFT.

In de analyse is niet de OT berekend voor de installatie van IGEAN, aangezien dit weinig relevante informatie oplevert voor nieuw te bouwen installaties. Wel werden de ervaringen die opgedaan zijn tijdens dit project met betrekking tot type voorbehandeling gebruikt bij het dimensioneren van nieuwe installaties (en dus de bijhorende investeringskost).

Daarom worden zoveel mogelijk de algemene waarden gebruikt die voor de OT-berekening worden gehandhaafd, maar dan qua investeringskost gefocust op DRANCO, aangezien dit de technologie is die gebruikt werd tijdens dit demo-project en waarvan werd aangetoond dat dit werkt.

## 4.3 Aannames

Tabel 5 geeft een overzicht van de specifieke aannames voor de drie verschillende scenario's. Het betreft richtwaarden bekomen door de expertise van het project Bermg(r)as.

Tabel 5. Specifieke aannames voor de verschillende scenario's

|   | Scenario 1<br>30 000 tpa GFT-afval       | Scenario 2<br>30 000 tpa GFT-afval<br>+10 000 tpa bermgras (min) | Scenario 3<br>30 000 tpa GFT-afval<br>+10 000 tpa bermgras<br>(max) |
|---|--|--|---|
| Investering (EM + BB-deel)<br>zonder biogasmotoren* | € 6 500 000                              | € 7 250 000  | € 7 400 000   |
| Investering biogasmotoren                           | € 1 000 000                              | € 1 100 000  | € 1 200 000   |
| Geïnstalleerd vermogen**                            | 450 kWe                                  | 675 kWe  | 700 kWe   |
| Elek. Verbruik                                      | 1 200 000 kWhe/a                         | 1 700 000 kWhe/a   | 1 750 000 kWhe/a  |
| Grootte biogasmotoren                               | 2x 600 kWe                               | 1x 600 kWe + 1x 800 kWe  | 2x 800 kWe  |
| Elek. productie                                     | 7 200 000 kWhe/a                         | 8 700 000 kWhe/a   | 9 900 000 kWhe/a  |
| Elek. rendement                                     |  | 41%  |   |
| Therm. rendement                                    |  | 43%  |   |
| Constructieperiode                                  |  | 1 jaar   |   |
| Zelfafname elektriciteit***                         |  | 0 kWhe   |   |
| Gate fee input                                      | € 66,3/ton GFT                           | € 66,3/ton GFT<br>€ 30/ton bermgras                              | € 66,3/ton GFT<br>€ 30/ton bermgras                                 |
| Kost uitgaande stoffen                              | gelijk aan gate fee voor de inputstromen |  |   |

\* investering = bestaande compostering uitbreiden met vergisting (voorbehandeling + reactor + biogasbewerking)

\*\* vermogen van voorbehandeling, pompen, mengers... (niet vermogen van de biogasmotoren)

\*\*\* los van het eigenverbruik van de installatie

De overige aannames werden overgenomen van de respectievelijke categorieën:

- Nieuwe biogasinstallaties tot 5 MWe voor de vergisting van GFT met nacompostering (GS cat.6)
- WKK op biogas uit GFT-vergisting met nacompostering t.e.m. 5 MWe (WKK cat. 5.a.2)

uit het rapport 2014/1 Deel 1: ontwerpproject OT/Bf voor projecten met een startdatum vanaf 1 januari 2015 dat VEA (Vlaams Energieagentschap) op 7 mei 2014 publiceerde (Tabel 6).

## 4.4 Resultaten

### 4.4.1 OT en Bf voor de kwalitatieve WKK

Voor deze berekening werd uitgegaan van enkel het WKK-deel van de installatie. Voor scenario 1, 2 en 3 werd uitgegaan van de investeringskost van de biogasmotoren (zie Tabel 5). Tabel 7 en Tabel 8 geven de OT en Bf voor de kwalitatieve WKK. Tabel 7 geeft dit weer met een aandeel zelfafname van de elektriciteit van 30%, wat wettelijk is vastgelegd voor cat. 5.a.2. Omdat er specifiek voor het bijvergist van bermgras nog geen categorie en referentie-installatie is gedefinieerd, kan 0% zelfafname overwogen worden (zoals aangegeven in Tabel 5) als dit representatief is voor de installaties in deze categorie. De resultaten voor 0% zelfafname zijn weergegeven in Tabel 8. In de praktijk mag worden uitgegaan dat de zelfafname meestal tussen de 0 en 30% zal situeren, waardoor beide tabellen een goede range geven.

Voor alle drie de scenario's (en ook voor cat.5.a.2) en zowel in het geval van zelfafname 30% als 0%, is de banding factor groter dan 1 en is er bijgevolg een aftopping. Dit betekent dat de WKK op zich niet voldoende steun ontvangt om rendabel (project IRR van 12%) te zijn. De OT en Bf zullen dan ook voor de groenestroominstallatie bepaald worden. Bijlage A bevat een gedetailleerd overzicht van de aannames.

Tabel 6. Aannames van GS cat. 6 en WKK cat. 5.a.2 gebruikt door de Vlaamse overheid voor de bepaling van de onrendabele top en bandingfactor<sup>3</sup>

| GS                   | WKK                 | omschrijving parameter   | eenheid               | GS cat. 6. | WKK cat. 5.a.2. |
|----------------------|---------------------|--|-----------------------|------------|-----------------|
| U                    | U                   | Het elektrisch vermogen van de installatie   | [kW <sub>e</sub> ]    | 1300       | 1300            |
| $\eta_{el}$          | $\eta_{el}$         | Het elektrisch rendement van de installatie  | [%]                   | 39%        | 39%             |
| $\eta_{th,WKK}$      | $\eta_{th,WKK}$     | Het thermisch rendement van de installatie   | [%]                   | 49%        | 49%             |
| $\eta_{th,ref}$      | $\eta_{th,ref}$     | Het thermisch referentierendement voor gescheiden opwekking van warmte zoals vastgelegd in art. 6.2.10   | [%]                   | 70%        | 70%             |
| $[\eta_{th,ref,k}]$  | $[\eta_{th,ref,k}]$ | [Het thermisch referentierendement voor gescheiden opwekking van warmte zoals vastgelegd in artikel 6.2.10 voor de aangehouden primaire brandstof]                 | [[%]]                 |            | 90%             |
| $\eta_{el,ref}$      | $\eta_{el,ref}$     | Het elektrisch referentierendement voor gescheiden opwekking van elektriciteit zoals vastgelegd in art. 6.2.10   | [%]                   | 42%        | 42%             |
| EV <sub>EL</sub>     | EV <sub>EL</sub>    | Het aandeel eigen verbruik van de installatie zelf, voor bepaling van de netto elektriciteitsproductie   | [%]                   | 22%        | 2%              |
| EV <sub>GSC</sub>    |                     | [Deel van bruto elektriciteitsproductie dat niet in aanmerking komt voor groenestroomcertificaten, aanvaardbaar voor de certificatenverplichting]                  | [%]                   | 2%         |                 |
| K <sub>i</sub>       | K <sub>i</sub>      | De specifieke investeringskost per vermogenseenheid  | [€/kW <sub>e</sub> ]  | 12400      | 828             |
| r                    | r                   | Het gewenste rendement op de totale investering  | [%]                   | 12%        | 12%*            |
| E                    | E                   | Het aandeel eigen vermogen in de totale investering  | [%]                   | 0%         | -               |
| r <sub>d</sub>       | r <sub>d</sub>      | De interestvoet op de banklening   | [%]                   | 5%         | 5%              |
| T <sub>b</sub>       | T <sub>b</sub>      | De beleidsperiode  | [jaar]                | 10         | 10*             |
| T <sub>c</sub>       | T <sub>c</sub>      | De constructieperiode nodig voor het bouwen van het project  | [jaar]                | 1          | 1               |
| T <sub>a</sub>       | T <sub>a</sub>      | De afschrijvingstermijn  | [jaar]                | 10         | 10*             |
| T <sub>r</sub>       | T <sub>r</sub>      | De termijn van de banklening   | [jaar]                | 10         | 10*             |
| i                    | i                   | Het deel van de investering dat in aanmerking komt voor investeringsaftrek   | [%]                   | nvt        | nvt             |
| IAP                  | IAP                 | Het percentage van de investeringsaftrek   | [%]                   | nvt        | nvt             |
| VU                   | VU                  | Het gemiddelde jaarlijks aantal vollasturen  | [u]                   | 7200       | 7200            |
| ZA <sub>EL</sub>     | ZA <sub>EL</sub>    | Het aandeel zelfafname van de geproduceerde elektriciteit  | [%]                   | 30%        | 30%             |
| P <sub>EL,ZA</sub>   | P <sub>EL,ZA</sub>  | De vermeden kost elektriciteit bij zelfafname in jaar T <sub>ac</sub>  | [€/kWh]               | 0,0966     | 0,0966          |
| P <sub>EL,ZA,t</sub> |                     | De vermeden kost elektriciteit bij zelfafname in jaar t, voorafgaand aan de actualisatie   | [€/kWh]               | nvt        | nvt             |
| P <sub>EL,V</sub>    | P <sub>EL,V</sub>   | De marktwaarde elektriciteit bij verkoop in jaar T <sub>ac</sub> , o.a. rekening houdend met het best haalbare productieprofiel                                    | [€/kWh]               | 0,0423     | 0,0423          |
| P <sub>EL,V,t</sub>  |                     | De marktwaarde elektriciteit bij verkoop in jaar t, voorafgaand aan de actualisatie, o.a. rekening houdend met het best haalbare productieprofiel                  | [€/kWh]               | nvt        | nvt             |
| P <sub>IN</sub>      | P <sub>IN</sub>     | De kosten voor de geïnjecteerde elektriciteit in jaar T <sub>ac</sub> (vb. injectietarief)   | [€/kWh]               | 0,0023     | 0,0023          |
| P <sub>IN,t</sub>    |                     | De kosten voor de geïnjecteerde elektriciteit in jaar t voorafgaand aan de actualisatie (vb. injectietarief)   | [€/kWh]               | nvt        | nvt             |
| P <sub>PBW</sub>     | P <sub>PBW</sub>    | De marktwaarde zonder toevoeging van taksen, heffingen en vermeden netkosten van de vermeden primaire brandstof voor dezelfde hoeveelheid nuttige warmte in jaar 0 | [€/kWh]               | 0,0346     | 0,0346          |
| P <sub>TVB</sub>     | P <sub>TVB</sub>    | De brandstofkosten van de vervangen brandstof (bijstook) in jaar 0   | [€/kWh]               | nvt        | nvt             |
| i <sub>EL,ZA</sub>   | i <sub>EL,ZA</sub>  | De verwachte gemiddelde jaarlijkse verandering van de vermeden kost voor elektriciteit door zelfafname   | [%]                   | 3,5%       | 3,5%            |
| i <sub>EL,V</sub>    | i <sub>EL,V</sub>   | De verwachte gemiddelde jaarlijkse verandering van de marktwaarde elektriciteit bij verkoop  | [%]                   | 2%         | 2%              |
| i <sub>PBW</sub>     | i <sub>PBW</sub>    | De verwachte gemiddelde jaarlijkse verandering van de marktprijs van de vermeden primaire brandstof  | [%]                   | 3,5%       | 3,5%            |
| i <sub>TVB</sub>     | i <sub>TVB</sub>    | De verwachte gemiddelde jaarlijkse verandering van de marktprijs van de vervangen brandstof (bijstook)   | [%]                   | nvt        | nvt             |
| BS <sub>eff</sub>    | BS <sub>eff</sub>   | De effectieve brandstofsubstitutie (bijstook)  | [%]                   | nvt        | nvt             |
| BF <sub>WKK</sub>    |                     | De bandingfactor berekend voor warmtekrachtcertificaten  | [%]                   | 1          | nvt             |
| P <sub>WKK</sub>     |                     | De marktprijs van de warmtekrachtcertificaten  | [€/kWh]               | 0,035      | nvt             |
| I <sub>v</sub>       | I <sub>v</sub>      | In het jaar van de vervangingsinvestering, de hoogte in jaar 0 van die vervangingsinvestering per eenheid capaciteit, 0 in de overige jaren                        | [€/kW <sub>e</sub> ]  | nvt        | nvt             |
| K <sub>v</sub>       | K <sub>v</sub>      | De vaste kosten per eenheid capaciteit in jaar 0   | [€/kW <sub>e</sub> ]  | 728        | nvt             |
| K <sub>var</sub>     | K <sub>var</sub>    | De variabele kosten per eenheid productie in jaar 0  | [€/kWh <sub>e</sub> ] | 0          | 0,0240          |
| i <sub>OK</sub>      | i <sub>OK</sub>     | De verwachte gemiddelde jaarlijkse verandering van de operationele kosten  | [%]                   | 2%         | 2%              |
| P <sub>B</sub>       | P <sub>B</sub>      | De prijs van de brandstof in jaar 0, inclusief de financieringskosten voor aankoop van brandstof   | [€/kWh]               | nvt        | 0,132           |
| i <sub>B</sub>       | i <sub>B</sub>      | De verwachte gemiddelde jaarlijkse verandering van de marktprijs van de brandstof  | [%]                   | nvt        | 0%              |
| M <sub>IS</sub>      | M <sub>IS</sub>     | De hoeveelheid (massa) ingaande stoffen op jaarbasis   | [ton]                 | 35000      | nvt             |
| PO <sub>IS</sub>     | PO <sub>IS</sub>    | De kosten of opbrengsten aan ingaande stoffen per ton in jaar 0, inclusief de financieringskosten voor aankoop van ingaande stoffen                                | [€/ton]               | -66,3      | nvt             |
| i <sub>IS</sub>      | i <sub>IS</sub>     | De verwachte gemiddelde jaarlijkse verandering van de marktprijs van de ingaande stoffen   | [%]                   | 0%         | nvt             |
| M <sub>US</sub>      | M <sub>US</sub>     | De hoeveelheid (massa) uitgaande stoffen op jaarbasis  | [ton]                 | 31000      | nvt             |
| PO <sub>US</sub>     | PO <sub>US</sub>    | De kosten of opbrengsten aan uitgaande stoffen per ton in jaar 0   | [€/ton]               | 66,3       | nvt             |
| i <sub>US</sub>      | i <sub>US</sub>     | De verwachte gemiddelde jaarlijkse verandering van de marktprijs van de uitgaande stoffen  | [%]                   | 0%         | nvt             |
| b                    | b                   | Het percentage vennootschapsbelasting  | [%]                   | nvt        | nvt             |

\* In het energiebesluit vastgelegde parameterwaarden

<sup>3</sup> Bron: Rapport 2014/1 Deel 1: ontwerpverslag OT/Bf voor projecten met een startdatum vanaf 1 januari 2015, Vlaams Energieagentschap

**Tabel 7. Resultaten voor de kwalitatieve WKK (met aandeel zelfafname elektriciteit 30%)**

|                         | Cat. 5.a.2 | Scenario 1<br>30 000 tpa GFT-<br>afval | Scenario 2<br>30 000 tpa GFT-<br>afval<br>+10 000 tpa<br>bermgras (min) | Scenario 3<br>30 000 tpa GFT-<br>afval<br>+10 000 tpa<br>bermgras (max) |
|-------------------------|------------|--|---|---|
| Onrendabele top (€/MWh) | 168        | 226                                    | 234   | 227   |
| Banding deler (€/MWh)   | 35         | 35                                     | 35  | 35  |
| Banding factor          | 4,8        | 6,46                                   | 6,69  | 6,49  |
| Banding factor afgetopt | 1          | 1                                      | 1   | 1   |

**Tabel 8. Resultaten voor de kwalitatieve WKK (met aandeel zelfafname elektriciteit 0%)**

|                         | Cat. 5.a.2 | Scenario 1<br>30 000 tpa GFT-<br>afval | Scenario 2<br>30 000 tpa GFT-<br>afval<br>+10 000 tpa<br>bermgras (min) | Scenario 3<br>30 000 tpa GFT-<br>afval<br>+10 000 tpa<br>bermgras (max) |
|-------------------------|------------|--|---|---|
| Onrendabele top (€/MWh) | -          | 241                                    | 248   | 241   |
| Banding deler (€/MWh)   | -          | 35                                     | 35  | 35  |
| Banding factor          | -          | 6,89                                   | 7,09  | 6,89  |
| Banding factor afgetopt | -          | 1                                      | 1   | 1   |

De onrendabele top is licht hoger voor scenario 2. Dit is te wijten aan het feit dat

- Het aantal vollasturen in scenario 2 ook licht hoger is, berekend uit de gegevens in Tabel 5 door de elektriciteitsproductie te delen door de grootte van de biogasmotoren
- Het eigenverbruik van de installatie ook licht hoger is, berekend uit de gegevens in Tabel 5 door elektriciteitsverbruik te delen door de elektriciteitsproductie

#### 4.4.2 OT en Bf voor de groenestroominstallatie

Voor de berekening van de OT en Bf van de groenestroominstallatie wordt de volledige installatie meegenomen. De opbrengst uit de WKK-certificaten wordt verrekend aan € 35/MWh. Tabel 9 en Tabel 10 geven de resultaten voor respectievelijk 30% en 0% zelfafname elektriciteit. Er wordt vastgesteld dat alle drie de scenario's een positieve OT hebben en verdere steun behoeven. In vergelijking met het referentiescenario 1 en met Cat. 6 die beide uitgaan van pure GFT-vergisting scoort de bijvergistings van bermgras beter (lagere onrendabele top). Scenario 3 met optimale benutting van het biogaspotentieel scoort het best. Maar door de voorziene aftopping zal deze installatie niet voldoende steun ontvangen om een IRR van 12% te halen. Bijlage B geeft de gedetailleerde aannames.

Tabel 9. Resultaten voor de groenestroominstallatie met kost uitgaande stoffen = gate fee ingaande stoffen (met aandeel zelfafname elektriciteit 30%)

|                         | Cat. 6 | Scenario 1<br>30 000 tpa GFT-<br>afval | Scenario 2<br>30 000 tpa GFT-<br>afval<br>+10 000 tpa<br>bermgras (min) | Scenario 3<br>30 000 tpa GFT-<br>afval<br>+10 000 tpa<br>bermgras (max) |
|-------------------------|--------|--|---|---|
| Onrendabele top (€/MWh) | 241    | 157                                    | 140   | 123   |
| Banding deler (€/MWh)   | 97     | 97                                     | 97  | 97  |
| Banding factor          | 2,48   | 1,62                                   | 1,44  | 1,27  |
| Banding factor afgetopt | 1      | 1                                      | 1   | 1   |

Tabel 10. Resultaten voor de groenestroominstallatie met kost uitgaande stoffen = gate fee ingaande stoffen (met aandeel zelfafname elektriciteit 0%)

|                         | Cat. 6 | Scenario 1<br>30 000 tpa GFT-<br>afval | Scenario 2<br>30 000 tpa GFT-<br>afval<br>+10 000 tpa<br>bermgras (min) | Scenario 3<br>30 000 tpa GFT-<br>afval<br>+10 000 tpa<br>bermgras (max) |
|-------------------------|--------|--|---|---|
| Onrendabele top (€/MWh) | -      | 174                                    | 157   | 140   |
| Banding deler (€/MWh)   | -      | 97                                     | 97  | 97  |
| Banding factor          | -      | 1,79                                   | 1,62  | 1,44  |
| Banding factor afgetopt | -      | 1                                      | 1   | 1   |

## Te onthouden

Co-vergisting van bermgras met GFT heeft een positieve OT, waardoor dit extra steun behoeft

Co-vergisting van bermgras met GFT resulteert in een lagere OT dan 100% GFT-vergisting

Een goede bewaring van het bermgras heeft een duidelijk positieve invloed op de OT



## Bijlage A Aannames voor berekening OT en Bf kwalitatieve WKK

| Inputs  | Eenheid          | cat. 5.a.2 | Scenario 1<br>30.000 tpa GFT-afval | 30.000 tpa GFT-afval<br>+ 10.000 tpa bermgras<br>(min) | 30.000 tpa GFT-afval<br>+ 10.000 tpa bermgras<br>(max) |
|---|------------------|------------|------------------------------------|--|--|
| <b>Algemeen</b>   |                  |            |                                    |  |  |
| OT obv GS productie of WKB?                               | GS productie/WKB | WKB        | WKB                                | WKB  | WKB  |
| <b>Productie groene stroom</b>                            |                  |            |                                    |  |  |
| Eenheid van unit grootte                                  | kWe of kWh       | kWe        | kWe                                | kWe  | kWe  |
| Unit grootte  | kWe              | 1.300      | 1.200                              | 1.400  | 1.600  |
| Unit grootte elektriciteitsdeel                           | kWe              | 1.300      | 1.200                              | 1.400  | 1.600  |
| Bedrijfstijd/vollasturen                                  | Uren/jaar        | 7.200      | 6.000                              | 6.214  | 6.187  |
| Economische levensduur                                    | Jaar             | 10         | 10                                 | 10   | 10   |
| Elektrisch rendement                                      | [%]              | 39,00%     | 41,00%                             | 41,00%   | 41,00%   |
| <b>WKK</b>  |                  |            |                                    |  |  |
| Thermisch rendement WKK                                   | [%]              | 49,00%     | 43,00%                             | 43,00%   | 43,00%   |
| Referentierendement WKK Vla (thermisch)                   | [%]              | 70,00%     | 70,00%                             | 70,00%   | 70,00%   |
| Referentierendement WKK Vla (elektrisch)                  | [%]              | 42,00%     | 42,00%                             | 42,00%   | 42,00%   |
| Referentierendement WKK Eu (thermisch)                    | [%]              | 70,00%     | 70,00%                             | 70,00%   | 70,00%   |
| Referentierendement WKK Eu (elektrisch)                   | [%]              | 40,16%     | 40,16%                             | 40,16%   | 40,16%   |
| Referentierendement ketel                                 | [%]              | 90,00%     | 90,00%                             | 90,00%   | 90,00%   |
| <b>Kosten</b>   |                  |            |                                    |  |  |
| Investeringskosten  | Euro/kWe         | 828        | 833                                | 786  | 750  |
| Onderhoudskosten vast                                     | Euro/kWe         | -          | -                                  | -  | -  |
| Onderhoudskosten variabel                                 | Euro/kWhe        | 0,0240     | 0,0240                             | 0,0240   | 0,0240   |
| Overige operationele kosten                               | Euro/kWhe        |            |                                    |  |  |
| Vervangingsinvestering                                    | Euro/kWe         |            |                                    |  |  |
| Levensduur te vervangen onderdeel                         | Jaar             |            |                                    |  |  |
| Kosten brandstof  | Euro/kWh         | 0,132      | 0,132                              | 0,132  | 0,132  |
| Brandstofkosten te vervangen brandstof                    | Euro/kWh         | 0,035      | 0,035                              | 0,035  | 0,035  |
| Effectiviteit brandstofsubstitutie                        | [%]              |            |                                    |  |  |
| Hoeveelheid ingaande stoffen (GFT,...)                    | ton              |            |                                    |  |  |
| Kosten (+) / opbrengsten (-) ingaande stoffen             | Euro/ton         |            |                                    |  |  |
| Hoeveelheid uitgaande stoffen (digestaat, slib)           | ton              |            |                                    |  |  |
| Kosten (+) / opbrengsten (-) uitgaande stoffen            | Euro/ton         |            |                                    |  |  |
| <b>Inkomsten</b>  |                  |            |                                    |  |  |
| Aandeel zelfafname stroom                                 | [%]              | 30%        | 30%/0%                             | 30%/0%   | 30%/0%   |
| Marktprijs stroom zelfafname                              | Euro/kWh         | 0,097      | 0,097                              | 0,097  | 0,097  |
| Marktprijs stroom verkoop                                 | Euro/kWh         | 0,042      | 0,042                              | 0,042  | 0,042  |
| Injectietarief/Kosten onbalans                            | Euro/kWh         | 0,002      | 0,002                              | 0,002  | 0,002  |
| Eigenverbruik installatie voor berekening elektriciteitsj | [%]              | 2,00%      | 16,66%                             | 19,54%   | 17,67%   |
| GSC van toepassing?                                       | ja/nee           | nee        | nee                                | nee  | nee  |
| Prijs GSC   | Euro/MWh         |            |                                    |  |  |
| Eigenverbruik installatie voor berekening GSC             | [%]              |            |                                    |  |  |
| WKK certificaten van toepassing?                          | ja/nee           | nee        | nee                                | nee  | nee  |
| Prijs WKK certificaat                                     | Euro/MWh         | 35,0000    | 35,0000                            | 35,0000  | 35,0000  |
| <b>Fiscale en steunmaatregelen bedrijven</b>              |                  |            |                                    |  |  |
| Vennootschapsbelasting                                    | [%]              | -          | -                                  | -  | -  |
| Investeringsaftrek van toepassing?                        | ja/nee           | nee        | nee                                | nee  | nee  |
| Investeringsaftrek  | [%]              |            |                                    |  |  |
| Gedeelte van de investering in aanmerking IA              | [%]              |            |                                    |  |  |
| Investeringssteun van toepassing?                         | ja/nee           | nee        | nee                                | nee  | nee  |
| Investeringssteun opdat OT = 0 bij PF?                    | ja/nee           |            |                                    |  |  |
| Steunpercentage investeringssteun                         | [%]              |            |                                    |  |  |
| Maximum investeringssteun                                 | Euro             |            |                                    |  |  |
| Totale meerkost   | [%]              |            |                                    |  |  |
| <b>Financiering</b>                                       |                  |            |                                    |  |  |
| Rente lening  | [%]              | 5,00%      | 5,00%                              | 5,00%  | 5,00%  |
| Equity share in investering                               | [%]              | -          | -                                  | -  | -  |
| Debt share in investering                                 | [%]              | 100%       | 100%                               | 100%   | 100%   |
| Project IRR na belastingen                                | [%]              | 12%        | 12%                                | 12%  | 12%  |
| <b>Perioden</b>   |                  |            |                                    |  |  |
| Termin lening   | Jaar             | 10         | 10                                 | 10   | 10   |
| Constructieperiode  | Jaar             | 1          | 1                                  | 1  | 1  |
| Afschrijvingstermijn                                      | Jaar             | 10         | 10                                 | 10   | 10   |
| Beleidsperiode  | Jaar             | 10         | 10                                 | 10   | 10   |

## Bijlage B Aannames voor berekening OT en Bf groenestroominstallatie

| Inputs  | Eenheid          | cat. 6       | Scenario 1<br>30.000 tpa GFT-afval | 30.000 tpa GFT-afval<br>+ 10.000 tpa bermgras<br>(min) | 30.000 tpa GFT-afval<br>+ 10.000 tpa bermgras<br>(max) |
|---|------------------|--------------|------------------------------------|--|--|
| <b>Algemeen</b>   |                  |              |                                    |  |  |
| OT obv GS productie of WKB?                                       | GS productie/WKB | GS productie | GS productie                       | GS productie   | GS productie   |
| <b>Productie groene stroom</b>                                    |                  |              |                                    |  |  |
| Einheid van unit grootte  | kWe of kWth      | kWe          | kWe                                | kWe  | kWe  |
| Unit grootte  | kWe              | 1.300        | 1.200                              | 1.400  | 1.600  |
| Unit grootte elektriciteitsdeel                                   | kWe              | 1.300        | 1.200                              | 1.400  | 1.600  |
| Bedrijfstijd/vollasturen  | Uren/jaar        | 7.200        | 6.000                              | 6.214  | 6.187  |
| Economische levensduur  | Jaar             | 10           | 10                                 | 10   | 10   |
| Elektrisch rendement  | [%]              | 39,00%       | 41,00%                             | 41,00%   | 41,00%   |
| <b>WKK</b>  |                  |              |                                    |  |  |
| Thermisch rendement WKK   | [%]              | 49,00%       | 43,00%                             | 43,00%   | 43,00%   |
| Referentierendement WKK V/a (thermisch)                           | [%]              | 70,00%       | 70,00%                             | 70,00%   | 70,00%   |
| Referentierendement WKK V/a (elektrisch)                          | [%]              | 42,00%       | 42,00%                             | 42,00%   | 42,00%   |
| Referentierendement WKK Eu (thermisch)                            | [%]              | 70,00%       | 70,00%                             | 70,00%   | 70,00%   |
| Referentierendement WKK Eu (elektrisch)                           | [%]              | 40,16%       | 40,16%                             | 40,16%   | 40,16%   |
| Referentierendement ketel   | [%]              | 90,00%       | 90,00%                             | 90,00%   | 90,00%   |
| <b>Kosten</b>   |                  |              |                                    |  |  |
| Investeringskosten  | Euro/kWe         | 12.400       | 6.250                              | 5.964  | 5.375  |
| Onderhoudskosten vast   | Euro/kWe         | 728          | 714                                | 714  | 714  |
| Onderhoudskosten variabel   | Euro/kWhe        |              |                                    |  |  |
| Overige operationele kosten                                       | Euro/kWhe        |              |                                    |  |  |
| <b>Vervangingsinvestering</b>                                     |                  |              |                                    |  |  |
| Levensduur te vervangen onderdeel                                 | Jaar             |              |                                    |  |  |
| <b>Kosten brandstof</b>   |                  |              |                                    |  |  |
| Brandstofkosten te vervangen brandstof                            | Euro/kWh         | 0,035        | 0,035                              | 0,035  | 0,035  |
| Effectiviteit brandstofs substitutie                              | [%]              |              |                                    |  |  |
| Hoeveelheid ingaande stoffen (GFT,...)                            | ton              | 35.000       | 30.000                             | 40.000   | 40.000   |
| Kosten (+) / opbrengsten (-) ingaande stoffen                     | Euro/ton         | (66)         | (66)                               | (57)   | (57)   |
| Hoeveelheid uitgaande stoffen (digestaat, slib)                   | ton              | 31.000       | 28.040                             | 37.150   | 36.955   |
| Kosten (+) / opbrengsten (-) uitgaande stoffen                    | Euro/ton         | 66           | 66                                 | 57   | 57   |
| <b>Inkomsten</b>  |                  |              |                                    |  |  |
| Aandeel zelfafname stroom   | [%]              | 30%          | 30%/0%                             | 30%/0%   | 30%/0%   |
| Marktprijs stroom zelfafname                                      | Euro/kWh         | 0,097        | 0,097                              | 0,097  | 0,097  |
| Marktprijs stroom verkoop   | Euro/kWh         | 0,042        | 0,042                              | 0,042  | 0,042  |
| Incieteraief/Kosten onbalans                                      | Euro/kWh         | 0,002        | 0,002                              | 0,002  | 0,002  |
| Eigenverbruik installatie voor berekening elektriciteitsproductie | [%]              | 22,00%       | 16,66%                             | 19,54%   | 17,67%   |
| <b>GSC van toepassing?</b>  |                  |              |                                    |  |  |
| Prijs GSC   | Euro/MWh         |              |                                    |  |  |
| Eigenverbruik installatie voor berekening GSC                     | [%]              | 2,00%        | 2,00%                              | 2,00%  | 2,00%  |
| <b>WKK certificaten van toepassing?</b>                           |                  |              |                                    |  |  |
| Prijs WKK certificaat   | Euro/MWh         | 35.000       | 35.000                             | 35.000   | 35.000   |
| <b>Fiscale en steunmaatregelen bedrijven</b>                      |                  |              |                                    |  |  |
| Vennootschapsbelasting  | [%]              | -            | -                                  | -  | -  |
| <b>Investeringsaftrek van toepassing?</b>                         |                  |              |                                    |  |  |
| Investeringsaftrek  | [%]              | nee          | nee                                | nee  | nee  |
| Gedeelte van de investering in aanmerking IA                      | [%]              |              |                                    |  |  |
| <b>Investeringssteun van toepassing?</b>                          |                  |              |                                    |  |  |
| Investeringssteun opdat OT = 0 bij PF?                            | ja/nee           |              |                                    |  |  |
| Steunpercentage investeringssteun                                 | [%]              |              |                                    |  |  |
| Maximum investeringssteun   | Euro             |              |                                    |  |  |
| Totale meerkost   | [%]              |              |                                    |  |  |
| <b>Financiering</b>   |                  |              |                                    |  |  |
| Rente lening  | [%]              | 5,00%        | 5,00%                              | 5,00%  | 5,00%  |
| Equity share in investering                                       | [%]              | -            | -                                  | -  | -  |
| Debt share in investering   | [%]              | 100%         | 100%                               | 100%   | 100%   |
| Project IRR na belastingen  | [%]              | 12%          | 12%                                | 12%  | 12%  |
| <b>Perioden</b>   |                  |              |                                    |  |  |
| Termin lening   | Jaar             | 10           | 10                                 | 10   | 10   |
| Constructieperiode  | Jaar             | 1            | 1                                  | 1  | 1  |
| Afschrijvingstermijn  | Jaar             | 10           | 10                                 | 10   | 10   |
| Beleidsperiode  | Jaar             | 10           | 10                                 | 10   | 10   |

## 5 Duurzaamheidsevaluatie

### 5.1 Inleiding

De combinatie van een aangroeiende wereldpopulatie en verbetering van levenskwaliteit resulteert in een stijgende vraag naar energie en materialen. Beiden worden in ons huidige systeem vooral geproduceerd met behulp van fossiele grondstoffen, maar aangezien deze eindig zijn is een meer duurzame productie nodig. Daarom is het belangrijk meer in te zetten op hernieuwbare grondstoffen, die bovendien niet zorgen voor een stijging van de concentraties aan CO<sub>2</sub> in de atmosfeer. Hernieuwbare grondstoffen kunnen worden gebruikt voor energie of voor de productie van materialen. In 2011 was hernieuwbare energie goed voor 7 % van het Vlaams elektriciteitsgebruik<sup>4</sup>, waarbij biomassa de belangrijkste bron is. Bovendien kan biomassa, in tegenstelling tot bijvoorbeeld windmolens en fotovoltaïsche panelen zowel voor energie als voor materiaaldoeleinden gebruikt worden.

Biomassa is dus een waardevolle grondstof die we maximaal moeten valoriseren. Een belangrijke bottleneck is echter de benodigde hoeveelheid land om de biomassa te verkrijgen waardoor de milieuduurzaamheid van biogebaseerde energie en producten in het gedrang kan komen. In vele gevallen wordt biomassa geteeld met een rechtstreekse toepassing, zoals voeding, in gedachten. In andere gevallen is biomassa echter beschikbaar uit onrechtstreekse bronnen. Dit is het geval voor bermmaaisel, dat voortkomt uit het verplicht maaien van de bermen in Vlaanderen. Ook voor deze beschikbare biomassa is het echter belangrijk na te gaan wat de duurzaamheid van de valorisatiemogelijkheden is, inclusief maaien, ruimen, transport, tussentijdse opslag en de effectieve verwerking. In dit deel van het project werd nagegaan wat de milieu-duurzaamheid is van de verschillende opties die momenteel op grote schaal kunnen toegepast worden. Het huidige scenario, waarin ongeveer 40% wordt afgevoerd naar compostering en de rest blijft liggen, werd vergeleken met het alternatief van droge vergisting voor energie-doeleinden. Eerst zal de methode voor duurzaamheidsanalyse verder toegelicht worden, vervolgens worden de verschillende stappen in de verwerking belicht en worden de resultaten en conclusies besproken.

### 5.2 Duurzaamheidsanalyse

Duurzaamheid is een breed begrip, en een duurzaamheidsanalyse kan op verschillende manieren uitgevoerd worden. Traditioneel start men vanuit de *People, Planet, Profit* definitie. De economische rendabiliteit werd in werkpakket 4 geanalyseerd, terwijl sociale duurzaamheid nog steeds moeilijk is om te kwantificeren. Daarom werd in dit werkpakket gefocust op de ecologische duurzaamheid van bermgrasverwerking. Hiervoor werden 2 methoden gebruikt, namelijk een exergie-analyse en een levenscyclusanalyse, die toelaten op verschillende manieren de scenario's te evalueren.

---

<sup>4</sup> Vlaamse Milieumaatschappij (2013). MIRA indicatorrapport 2012. Technical report.

### 5.2.1 Exergie

Exergie wordt gedefinieerd als “de maximale hoeveelheid arbeid die kan worden verkregen uit een materiaal of energiesoort, wanneer het in evenwicht wordt gebracht met de omgeving”<sup>5</sup>. Het is dus een weerspiegeling van de kwaliteit van het materiaal of de energiesoort. In tegenstelling tot energie kan exergie wel verloren gaan. Dit verlies is een maat voor het kwaliteitsverlies in de processen. Het grote voordeel hiervan is dat massa- en energie in één eenheid kunnen uitgedrukt worden waardoor een exergetische efficiëntie een goed en volledig beeld geeft van hoe efficiënt processen omgaan met het verwerken van materialen en energiesoorten.

In de duurzaamheidsanalyse zullen 2 soorten exergetische efficiëntie bepaald worden. De universele efficiëntie is de ratio van de exergie van alle outputs op alle inputs, terwijl bij de rationele efficiëntie enkel de exergie van de nuttige outputs in rekening wordt gebracht. Voor het maken van vergelijkingen is de rationele efficiëntie het belangrijkste, omdat aan de nuttige eindproducten een economische waarde kan gekoppeld worden, terwijl de niet-nuttige eindproducten geen waarde hebben of geld kosten.

### 5.2.2 Levenscyclusanalyse

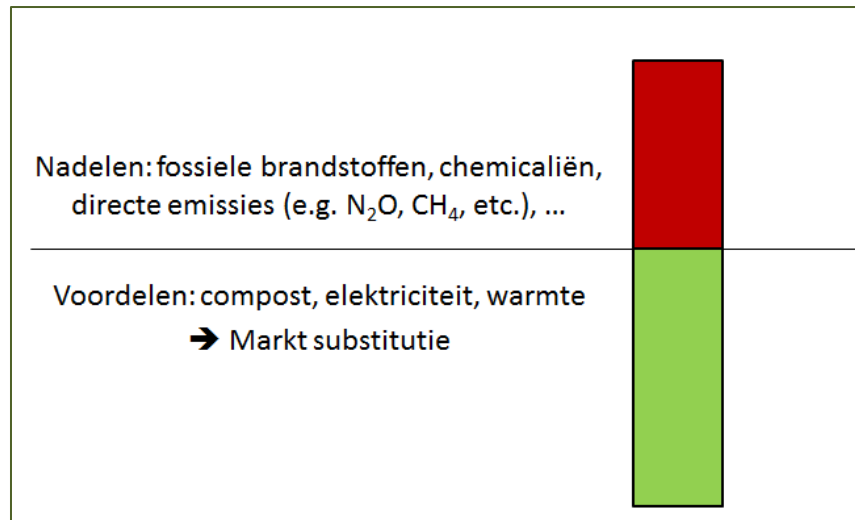
De exergetische efficiëntie geeft een beeld van de processen zelf, maar om de duurzaamheid van een product te bepalen moet naar heel de keten van dat product gekeken worden, van ontginning van de grondstof tot afvalfase. Dit wordt gedaan in een levenscyclusanalyse (LCA). Dit is een methode waarbij systematisch alle processen worden geanalyseerd die betrekking hebben op de gehele levenscyclus van het geanalyseerde product. De eerste stap in de analyse is het definiëren van het doel en de reikwijdte, waarin de reden en de beoogde toepassing van de studie wordt uitgelegd. De referentie (of de zogenaamde functionele eenheid) is hier “1 ton bermgras, vertrekkende van de berm”, omdat zo ook de effecten van niet afgevoerd maaisel geanalyseerd kunnen worden.

In deze studie was het doel dus de meest milieu-performante verwerkingsmethode voor bermmaaisel te identificeren. Voor de reikwijdte werd gekozen voor een *cradle to gate* analyse, waarbij wordt gekeken naar de levenscyclus vanaf de grondstoffen tot en met het afgewerkte product. In deze analyse is dit de keten van maaien, transport, tussentijdse opslag en verwerking. Wanneer we vertrekken vanuit 1 ton bermgras hebben we ‘nadelen’ of een impact van de verwerking, bijvoorbeeld door uitstoot tijdens maaien, gebruik van chemicaliën, etc. Indien we stoppen aan de gate hebben we echter ook voordelen van de producten die uit het bermgras gehaald worden. Deze zijn verschillend per bestudeerd scenario; maar door toepassen van systeemexpansie met marktsubstitutie kunnen we de vermeden impact, of de ‘voordelen’ van deze producten ook in rekening brengen. Bij de compostering wordt compost geproduceerd, en bij de vergisting wordt naast compost ook elektriciteit geproduceerd. Compost kan als bodemverbeteraar gebruikt worden en vervangt veen en kunstmest. Elektriciteit vervangt de huidige

---

<sup>5</sup> Dewulf, J., Bosch, M. E., De Meester, B., Van der Vorst, G., Van Langenhove, H., Hellweg, S. & Huijbregts, M. A. J. (2007). Cumulative exergy extraction from the natural environment (CEENE): a comprehensive life cycle impact assessment method for resource accounting. *Environmental science & technology*, 41(24): 8477-83.

elektriciteitsmix in België. In de verdere resultaten worden de nadelen in de positieve, en de voordelen in de negatieve y-as weergegeven (Figuur 25).



Figuur 25: Het analyseren van de voor –en nadelen van de valorisatie van bermgras

In deze studie werden 4 types verwerking in beschouwing genomen, namelijk 'niet afgevoerd maaisel', 'compostering', 'vergisting met slechte inkuiling' en 'vergisting met goede inkuiling'. Aan de hand van de resultaten van de basisscenario's werd een analyse gemaakt van de situatie in Vlaanderen, waar jaarlijks ongeveer 350 000 ton vers maaisel wordt geproduceerd. Uiteindelijk werden 6 scenario's geanalyseerd:

- Alle maaisel (350 000 ton) laten liggen
- Huidige situatie: 350 000 ton maaisel waarvan 40% wordt gecomposteerd
- 350 000 ton maaisel waarvan 40% wordt vergist na slechte inkuiling
- 350 000 ton maaisel waarvan 40% wordt vergist na goede inkuiling
- 350 000 ton maaisel waarvan 100% wordt vergist na slechte inkuiling
- 350 000 ton maaisel waarvan 100% wordt vergist na goede inkuiling

De tweede stap van een LCA is de data-inventarisatie. Deze data zullen vervolgens gelinkt worden aan de functionele eenheid. Ze worden zowel persoonlijk verzameld als uit rapporten, wetenschappelijke literatuur en LCI databases (voornamelijk EcoInvent). In de derde stap wordt de impact bepaald aan de hand van de verzamelde data. Dit kan met verschillende impact methoden gebeuren. Hier werden de CEENE- en ReCiPe-methode gebruikt. CEENE staat voor *Cumulative Exergy Extraction from the Natural Environment* en is een maat voor het cumulatief grondstoffengebruik. Dit wordt uitgedrukt in megajoule exergie (MJ<sub>ex</sub>), waardoor verschillende types grondstoffen in 1 eenheid kunnen weergegeven worden. In deze studie worden de categorieën Abiotische hernieuwbare grondstoffen, Fossiele grondstoffen, Nucleaire energie, Metaalertsen, Mineralen, Water en Landgebruik in rekening gebracht. De ReCiPe-methode bepaalt vooral de impact van emissies op een aantal milieugerelateerde thema's zoals klimaatverandering (*Carbon Footprint*), ozon, vorming van fotochemische oxidantia, verzuring en de eutroficatie van zoet en zout water. Door een te hoge onzekerheid in data en impact karakterisatie werden categorieën zoals ecotoxiciteit niet mee geanalyseerd. De laatste stap in een LCA is het

interpreteren van de resultaten. Hierbij worden de belangrijkste bijdragen aan de milieu-impact geïdentificeerd waarna verbeteringen kunnen worden voorgesteld.

### 5.3 Data inventarisatie

In Vlaanderen zijn er al verschillende verwerkingsmethoden beschikbaar voor biologische reststromen. Voor bermgras zijn vooral compostering en vergisting belangrijk. Aangezien heel de keten werd geanalyseerd werden ook het maaien, ruimen, transport en tussentijdse opslag besproken.

#### 5.3.1 Maaien en ruimen

Er zijn verschillende machines beschikbaar voor het maaien en ruimen. Ze werken met messen, klepels, trommels of schijven en zijn zowel in grote als compacte uitvoeringen beschikbaar. Ruimen kan simultaan met het maaien gebeuren (maai-zuigcombinatie) of enkele dagen na de maaiwerken. Informatie over het maaien en ruimen werd verzameld door enkele aannemers, steden en literatuurstudies te raadplegen. Aan de hand hiervan werd een gemiddeld verbruik en maaiselproductie ingeschat. Het verbruik werd zowel bepaald voor een maai-zuigcombinatie als voor gescheiden maaien en ruimen. Tijdens het maaien wordt een gemiddelde snelheid van 1,75 km/u gebruikt indien er obstakels aanwezig zijn en 3,5 km/u zonder obstakels. Aangenomen dat 20 % van de tijd gemaaid wordt met obstakels geeft dit een algemene maaisnelheid van 3,15 km/u. Een maaimachine met een breedte van 1,5 meter maait dus 4725 m<sup>2</sup>/u, wat met een maaiselproductie van 1 kg/m<sup>2</sup> resulteert in 4,725 ton maaisel per uur. Het verbruik, gewogen tussen de verschillende maaimethoden, is gemiddeld 5,4 liter diesel per ton maaisel.

Van de jaarlijkse hoeveelheid van 350 000 ton vers maaisel wordt slechts 40 % afgevoerd. Het niet-afgevoerde maaisel zal op een natuurlijke manier afbreken en zorgen voor emissies. Deze werden bepaald aan de hand van een literatuurstudie en worden gegeven in Tabel 11<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> Gebaseerd op:

- Raave, H., Kauer, K. & Viiralt, R. (2011). Surface decomposition of mown residues of grasses and white clover. *Grassland Science in Europe*, 16:449-451.
- Kochy, M. & Wilson, S. D. (1997). Litter Decomposition and Nitrogen Dynamics in Aspen Forest and Mixed-Grass Prairie. *Ecology*, 78(3):732-739.
- Larsson, L. & Ferm, M. (1998). Ammonia and nitrous oxide emissions from grass and alfalfa mulches. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51:41-46.
- Flessa, H., Potthoff, M. & Loftfield, N. (2002). Greenhouse estimates of CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O emissions following surface application of grass mulch : importance of indigenous microora of mulch. *Soil Biology & Biochemistry*, 34:875-879.
- Di, H. & Cameron, K. (2002). Nitrate leaching in temperate agroecosystems: sources, factors and mitigating strategies. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 46(2):237-256.
- Tagliavini, M., Tonon, G., Scandellari, F., Quinones, A., Palmieri, S., Menarbin, G., Gioacchini, P. & Masia, A. (2007). Nutrient recycling during the decomposition of apple leaves (*Malus domestica*) and mowed grasses in an orchard. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118(1-4):191-200.

Tabel 11: Emissiefactoren voor de natuurlijke afbraak van maaisel

| Component                    | Emissiefactor | Eenheid                                 |
|------------------------------|---------------|---|
| CO <sub>2</sub>              | 0,266         | kg CO <sub>2</sub> -C/kg DS             |
| H <sub>2</sub> O             | 0,8185        | kg H <sub>2</sub> O/kg DS               |
| NH <sub>3</sub>              | 0,00464       | Kg NH <sub>3</sub> -N/kg DS             |
| N <sub>2</sub> O             | 0,0001476     | Kg N <sub>2</sub> O-N/kg DS             |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 0,275         | Kg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/kg N |

### 5.3.2 Transport

Het geruimde maaisel wordt getransporteerd naar tussentijdse opslag of een verwerker. Er werd aangenomen dat tussentijdse opslag op het terrein van de verwerker zelf gebeurt. De transportafstand werd bepaald aan de hand van informatie van aannemers, steden en literatuurstudies. Uit deze analyse bleek dat maaisel dat afgevoerd wordt naar een compostering gemiddeld over 38,8 km getransporteerd wordt, voor de vergisting is de transportafstand 57 km. Deze grotere transportafstand wordt verklaard doordat er minder vergisters zijn dan composteringsinstallaties. Het brandstofverbruik voor dit transport werd ingeschat aan de hand van een database.

### 5.3.3 Tussentijdse opslag

Er zijn verschillende manieren om bermgras tijdelijk op te slaan. Het kan in ronde of vierkante balen worden geperst of ingekuild worden. Inkuilen is een natuurlijk verzuringsproces waar onder zuurstofarme omstandigheden organische zuren worden gevormd. Deze zuren zorgen voor een daling van de pH, en vanaf een pH van 4,5 wordt de bacteriële activiteit geremd. Hierdoor is het bermgras langer bewaarbaar en blijft het kwaliteitsverlies beperkt. Er zijn verschillende manieren om bermgras in te kuilen. Hier werd de rijkuil bestudeerd waarbij het maaisel tussen 2 betonnen muren wordt opgeslagen en afgedekt met landbouwfolie. Per ton bermgras is 0,327 kg landbouwfolie nodig.

In deze studie werd aangenomen dat bermgras enkel ingekuild wordt bij de vergisting. Zowel het effect van een goede en slechte inkuiling wordt bestudeerd op basis van gegevens uit het project. Het bermgras dat verwerkt wordt via compostering wordt onmiddellijk gebruikt.

### 5.3.4 Compostering

Compostering is de aerobe afbraak en stabilisatie van organisch materiaal. Dit gebeurt onder gecontroleerde omstandigheden met behulp van micro-organismen. Voor deze studie werd een steekproef genomen van enkele composteerders in Vlaanderen die bermgras verwerken.

**Proces:** De compostering kan opgedeeld worden in 3 fasen: tijdens de *actieve compostering* stijgt de temperatuur tot ongeveer 70 °C omdat bij de afbraak van eenvoudig afbreekbare componenten warmte vrijgesteld wordt. Deze temperatuur doodt pathogenen, wat goed is voor de kwaliteit van compost. In de praktijk wordt een temperatuur van 55 tot 65 °C gebruikt omdat een hogere temperatuur het proces kan afremmen. Het is belangrijk het materiaal goed te beluchten omdat anders een zuurstoftekort kan optreden, waardoor broeikasgassen en hinderlijke geuren geproduceerd worden. Tijdens de aerobe

afbraak worden ook gassen gevormd, vooral CO<sub>2</sub> en H<sub>2</sub>O. Door een literatuurstudie werden de emissiefactoren bepaald<sup>7</sup>. Deze worden gegeven in Tabel 12.

Na afbraak van de eenvoudigste componenten worden de moeilijker afbreekbare componenten afgebroken. Hier komt minder warmte vrij waardoor de temperatuur zal dalen. Deze fase noemt de *rijpingsfase* en wordt gevolgd door de *stabiele fase*. Het eindproduct is compost.

Tabel 12: Emissiefactoren van het composteringsproces

| Component        | Emissiefactor | Eenheid                      |
|------------------|---------------|------------------------------|
| CO <sub>2</sub>  | 0,1           | kg CO <sub>2</sub> -C/kg DS  |
| H <sub>2</sub> O | 3,25          | kg H <sub>2</sub> O/kg DS    |
| NH <sub>3</sub>  | 0,35          | Kg NH <sub>3</sub> -N/ton DS |
| N <sub>2</sub> O | 0,13          | Kg N <sub>2</sub> O-N/ton DS |
| CH <sub>4</sub>  | 2,34          | Kg CH <sub>4</sub> -C/ton DS |
| VOC              | 0,054         | Kg VOC/ton DS                |

In de praktijk wordt de biomassa eerst verkleind en gemengd met structuurmateriaal, waarna een voorcompostering volgt. Daarna wordt het materiaal eerst op tafels en vervolgens op rillen gelegd die regelmatig gekeerd worden. Op het einde wordt het materiaal gezeefd, waarna de grove fractie opnieuw verkleind of afgevoerd wordt. De kleinere fractie wordt verkocht.

**Product:** Het residu dat overblijft na compostering bevat de traag afbreekbare organische componenten en de minerale componenten. Bijgevolg kan compost gebruikt worden als bodemverbeteraar. De vervangingswaarde van 1 ton compost komt overeen met 575 kg veen en er wordt 64,5 kg koolstof in de bodem opgeslagen. Bovendien bevat groencompost ongeveer 1,2 kg stikstof, 1,5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en 5 kg K<sub>2</sub>O.

### 5.3.5 Vergisting

De vergisting is ook een proces waarbij organisch materiaal wordt gestabiliseerd, maar dit gebeurt op een anaerobe manier, waardoor biogas geproduceerd wordt. In deze studie werd de installatie te Brecht geanalyseerd.

**Proces:** De vergisting bestaat uit 4 fasen. Tijdens de *hydrolyse* worden de macromoleculen gehydrolyseerd tot kleinere componenten zoals suikers, aminozuren, hogere vetzuren en alcoholen. Dit is meestal de snelheidsbepalende stap. Tijdens de *acidogenese* of *fermentatie* worden de componenten

<sup>7</sup> Gebaseerd op:

- Buyuksonmez, F. & Evans, J. (2007). Biogenic Emissions from Green Waste and comparison to the Emissions Resulting from Composting Part II: Volatile Organic Compounds (VOCs). *Compost Science and Utilization*, 15(3):191-199.
- Andersen, J. K., Boldrin, A., Samuelsson, J., Christensen, T. H. & Scheutz, C. (2010). Quantification of greenhouse gas emissions from windrow composting of garden waste. *Journal of environmental quality*, 39(2):713-24.
- Amlinger, F., Peyr, S. & Cuhls, C. (2008). Greenhouse gas emissions from composting and mechanical biological treatment. *Waste Management & Research*, 26(1):47-60.
- Hellebrand, H. (1998). Emission of nitrous oxide and other trace gases during composting of grass and green waste. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 69(September 1996):365-375.



uit de hydrolyse omgezet in een mengsel van intermediaire producten, vooral organische zuren en alcoholen, maar ook CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> en H<sub>2</sub>S. De volgende fase is de *acetogenese* waarbij azijnzuur wordt gevormd met verdere vrijstelling van CO<sub>2</sub> en H<sub>2</sub>. De laatste fase is de *methanogenese*, waar het acetaat, CO<sub>2</sub> en H<sub>2</sub> omgezet worden in methaan. De temperatuur heeft invloed op deze fasen, waarop wordt ingespeeld door het gebruik van verschillende temperatuursregimes. In deze analyse werd gekeken naar het DRANCO (Droge Anaerobe Compostering) proces, waarbij het inputmateriaal geënt wordt met digestaat en vervolgens de reactor in een propstroom doorlopen wordt. Verdunning met water is niet nodig, waardoor het bermgras na voorbehandeling rechtstreeks gedoseerd kan worden. De voorbehandeling bestaat uit 2 trommelzeven met een verkleiner. Het residu op de bodem van de vergister wordt grotendeels gerecirculeerd. Hierna wordt opnieuw gezeefd in een trilzeef waarna de kleine fractie gecomposteerd kan worden. Een overzicht van de samenstelling van de afgezeefde fracties wordt gegeven in Tabel 13.

**Tabel 13: Samenstelling van de overflow van trommel- en trilzeef**

| Component                 | Trommelzeef | Trilzeef |
|---------------------------|-------------|----------|
| Papier en karton          | 2,8 %       | 0 %      |
| Grof tuinafval            | 27,1 %      | 34 %     |
| Plastiek (kunststoffolie) | 17,2 %      | 6 %      |
| Harde plastic             | 3,1 %       | 3 %      |
| Non-ferro metalen         | 2,5 %       | 3 %      |
| Fijn organisch materiaal  | 13,6 %      | 7 %      |
| Takken                    | 14,8 %      | 31 %     |
| Divers                    | 0,6 %       | 14 %     |
| Textiel                   | 16,6 %      | 2 %      |

**Product:** In de vergisting zijn biogas en digestaat de 2 eindproducten. Het biogas wordt eerst behandeld om vocht te verwijderen waarna het verbrand wordt in een gasmotor. Hier wordt elektriciteit geproduceerd die deels intern gebruikt wordt en deels verkocht wordt aan het net. Bermgras geeft gemiddeld 120 Nm<sup>3</sup> biogas per ton na goede inkuiling en 70 Nm<sup>3</sup> per ton na slechte inkuiling. Het GFT dat samen met bermgras vergist wordt heeft een biogaspotentieel van 130 Nm<sup>3</sup> per ton. Het digestaat wordt gecomposteerd en na een actieve beluchting wordt na 2 tot 3 weken compost bekomen. De vervangingswaarde is licht verschillend met deze uit de groencompostering. Per ton compost wordt 575 kg veen vervangen, 1,215 kg stikstof, 2,25 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en 4 kg K<sub>2</sub>O.

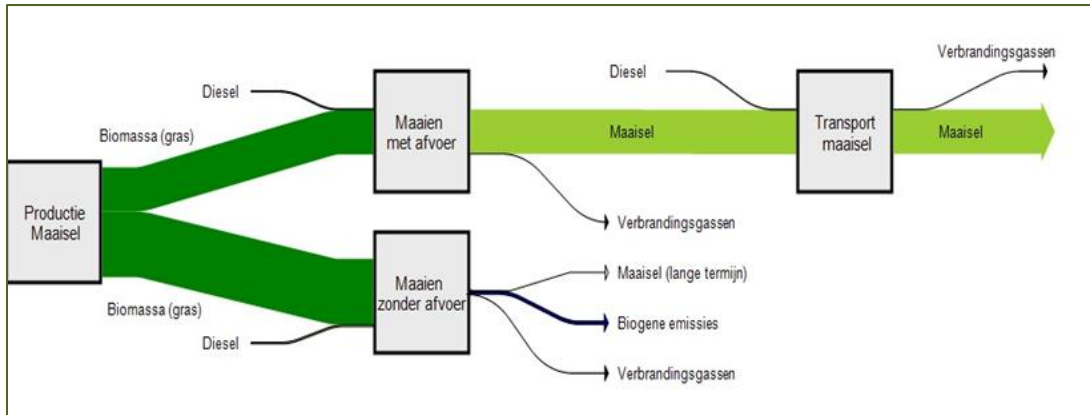
## 5.4 Resultaten

Allereerst zullen kort de resultaten van de exergie-analyse besproken worden. Vervolgens wordt de levenscyclusanalyse belicht. Van de 4 basisscenario's wordt enkel de CEENE-methode besproken. De analyse van de situatie in Vlaanderen wordt uitgebreid besproken, zowel voor de CEENE- als ReCiPe-methode.

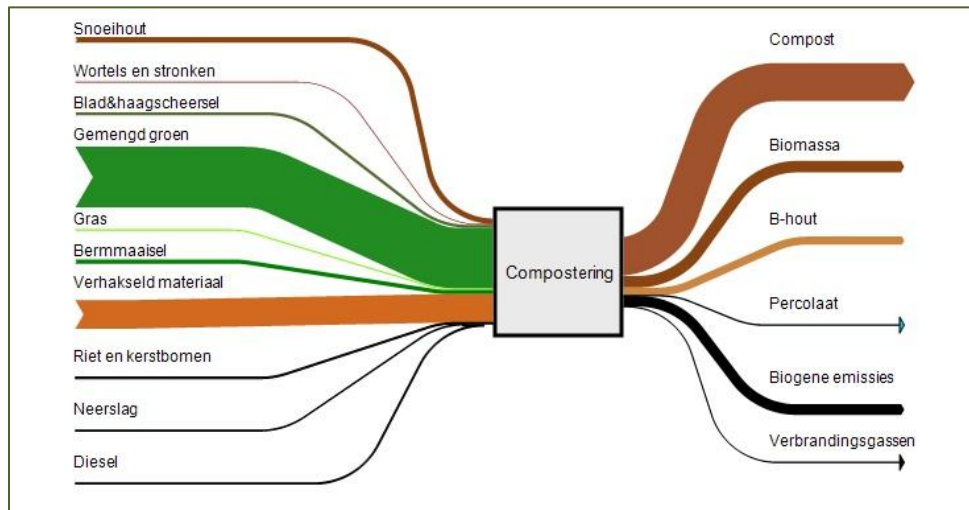
### 5.4.1 Exergetische efficiëntie

Op basis van de exergie-inhoud van de verschillende stromen kan een exergie flow analyse gemaakt worden. Deze wordt weergegeven in een Sankey diagram waarbij zowel massa als energiestromen in

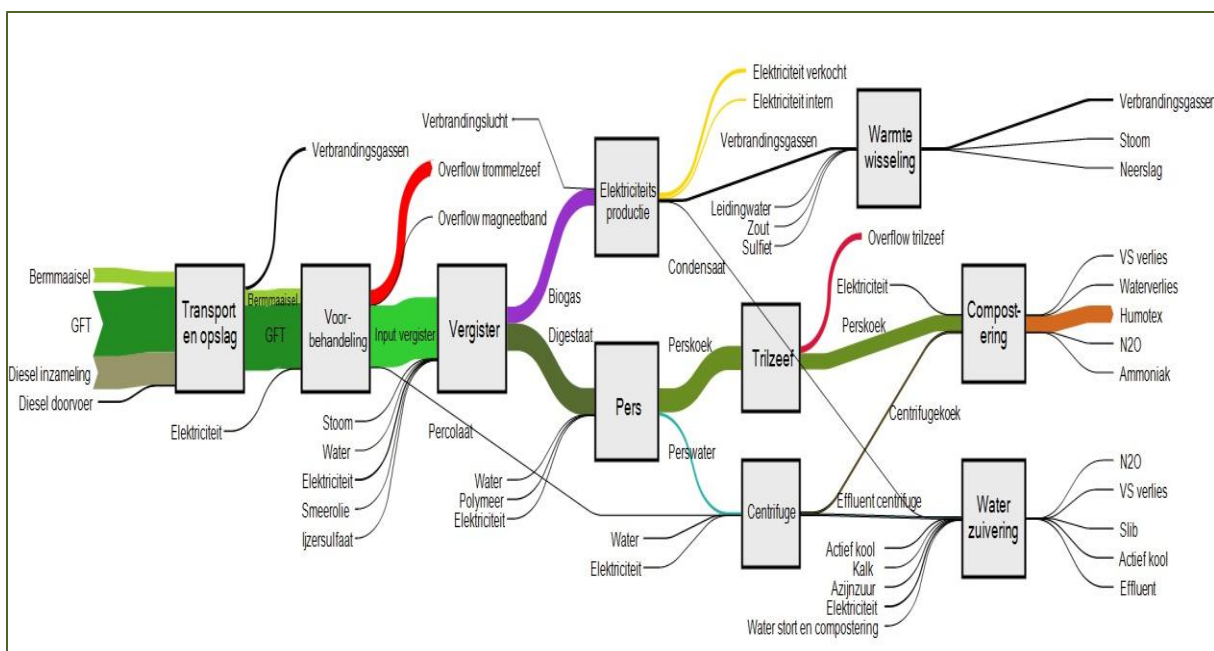
opgenomen zijn. De blok maaien, compostering en vergisten worden voorgesteld in respectievelijk Figuur 26, Figuur 27 en Figuur 28.



Figuur 26: Sankey-diagram van alle processen behorende tot het blok 'Maaien'



Figuur 27: Sankey-diagram van alle processen behorende tot het blok 'Compostering'



**Figuur 28. Sankey-diagram van alle processen behorende tot het blok 'Vergisting'**

De exergetische efficiëntie werd bepaald voor het verwerken van 100 % bermgras. Groenafval en GFT, die ook verwerkt worden in deze installaties, werden niet meegerekend (Tabel 14).

**Tabel 14: Overzicht van de exergetische efficiënties**

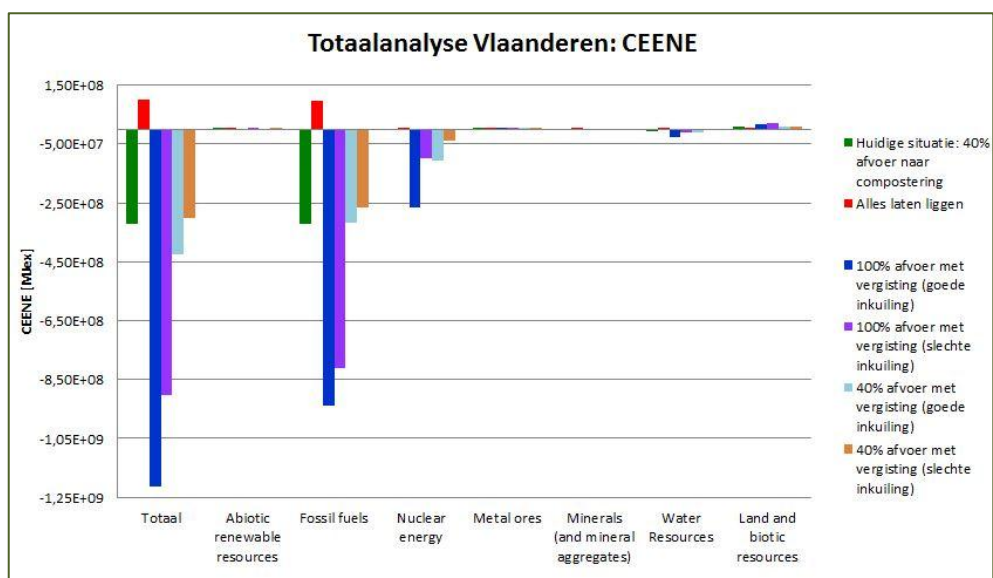
| Proces                      | Universele efficiëntie | Rationele efficiëntie |
|-----------------------------|------------------------|-----------------------|
| Maaien, ruimen en transport | 7,0 %                  | 7,0 %                 |
| Tussentijdse opslag         | 100 %                  | 99,8 %                |
| Compostering                | 40,8 %                 | 33,5 %                |
| Vergisting                  | 46,3 %                 | 34,2 %                |

De efficiëntie van het maaien, ruimen en transport is een gewogen gemiddelde van afgevoerd en niet-afgevoerd maaisel. De exergie van niet-afgevoerd maaisel gaat helemaal verloren. De efficiëntie wordt begrensd door de omzetting van zonlicht in biomassa, dat een efficiëntie van ongeveer 16 % heeft. De efficiëntie van de tussentijdse opslag is hoog, aangezien enkel de landbouwfolie verloren gaat. De verschillen tussen de compostering en vergisting zijn klein, waardoor kan geconcludeerd worden dat beide processen ongeveer even efficiënt zijn. Zowel in de compostering als de vergisting zijn de grootste verliezen toe te schrijven aan warmteverliezen. Het benutten van de restwarmte heeft dus nog een groot potentieel. Vergisting heeft een hogere hoeveelheid outputs, maar er zijn ook meer inputs (utilities) nodig om het proces aan te sturen. Bij deze vergelijking dient wel gelet te worden op het feit dat in het geval van compostering het gaat om een compostering van groenafval, terwijl in het geval van vergisting een GFT-vergister bestudeerd is die door de karakteristieken van GFT een grotere voor- en nabehandeling nodig heeft.

## 5.4.2 Levenscyclusanalyse scenario's voor Vlaanderen

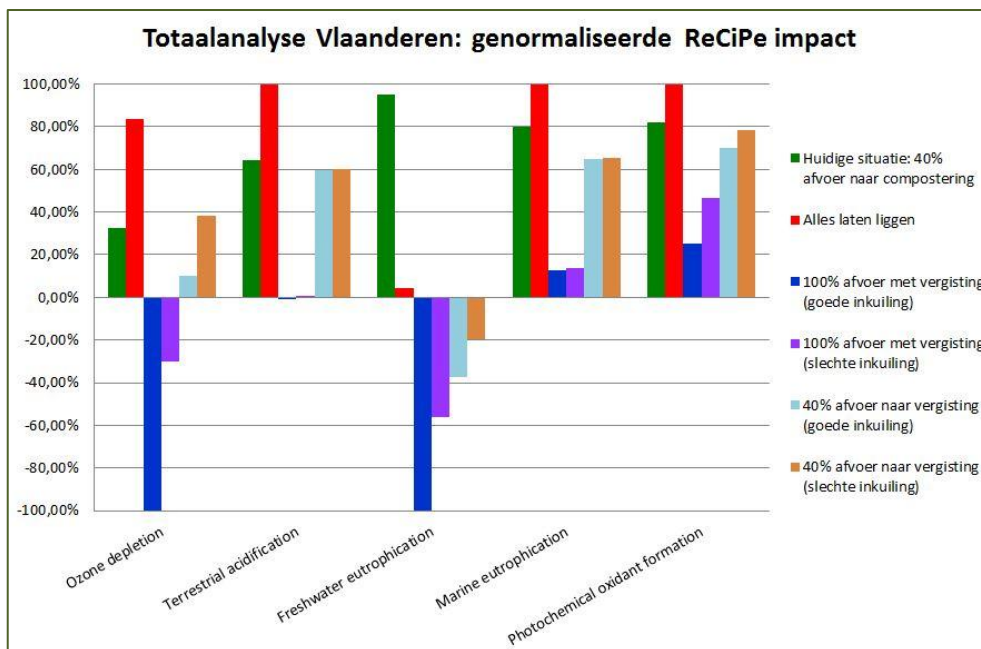
Op basis van de levenscyclusanalyse werden 6 scenario's, zoals vooraf beschreven, berekend die een totaalbeeld kunnen geven van de milieu-performantie van het bermbeheer in Vlaanderen. De impact werd zowel bepaald met de CEENE- als de ReCiPe-methode, en van deze laatste zal de *Carbon Footprint* extra belicht worden. Tot slot werd nog een sensitiviteitsanalyse uitgevoerd om de effecten van de transportafstand te bepalen.

In Figuur 29 worden de resultaten van de grondstoffenanalyse weergegeven. Hieruit valt af te leiden dat het niet-afgevoerde maaisel de grootste impact heeft. Indien alles zou blijven liggen wordt jaarlijks ongeveer 100 TJ exergie onttrokken uit de natuurlijke omgeving, vooral op het gebied van fossiele brandstoffen, en zijn er geen voordelen. In het huidige scenario (40% compostering) wordt jaarlijks 323 TJ aan exergie bespaard, wat gelijkaardig is aan eenzelfde percentage te vergisten na slechte inkuiling (300 TJ). Indien 40 % afgevoerd en vergist wordt na goede inkuiling scoort dit beter dan het huidige scenario, met een vermeden CEENE van 424 TJ. Indien alle maaisel zou worden afgevoerd en vergist wordt een CEENE van 1212 TJ vermeden bij goede inkuiling en 900 TJ bij slechte inkuiling.



Figuur 29: Totaalanalyse van de situatie in Vlaanderen: CEENE

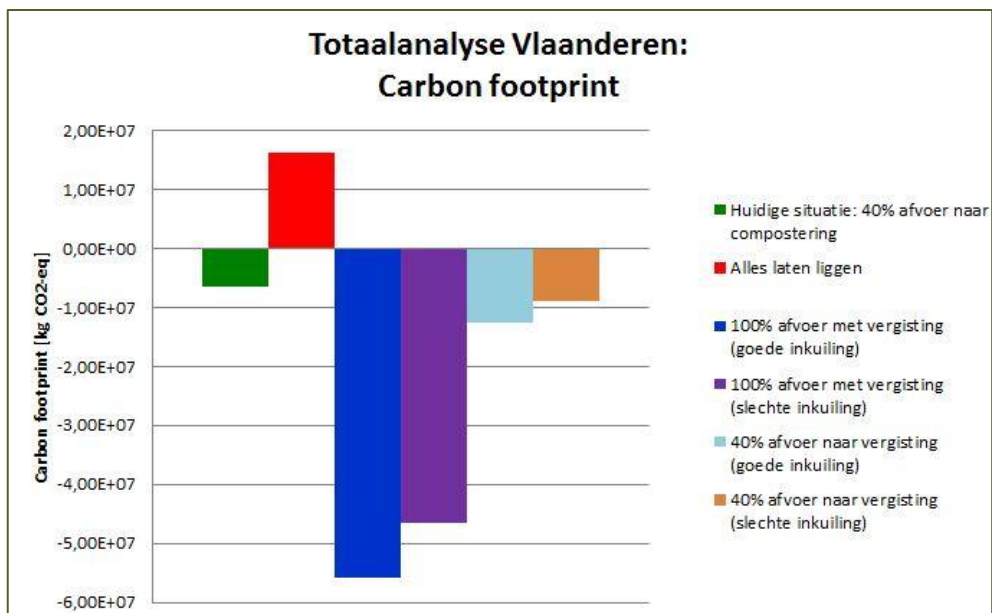
Indien we de resultaten van de ReCiPe methode bekijken zonder de *Carbon Footprint* zien we dat het niet-afgevoerde maaisel altijd de grootste impact heeft (zie Figuur 30). Enkel wat betreft de *Freshwater eutrophication* is de impact van de compostering groter, met 38,5 kg P-equivalenten bij niet-afgevoerd maaisel en 816 kg bij de compostering. Dit is te wijten aan de productie en benodigde zuivering van het percolaat. Het huidige scenario heeft ook in alle andere categorieën een netto uitstoot. Zo worden er 1280 ton verzurende SO<sub>2</sub>-equivalenten, 61 ton N-equivalenten en 80 ton NMVOC-componenten uitgestoten.



Figuur 30: Totaalanalyse van de situatie in Vlaanderen: genormaliseerde ReCiPe impact

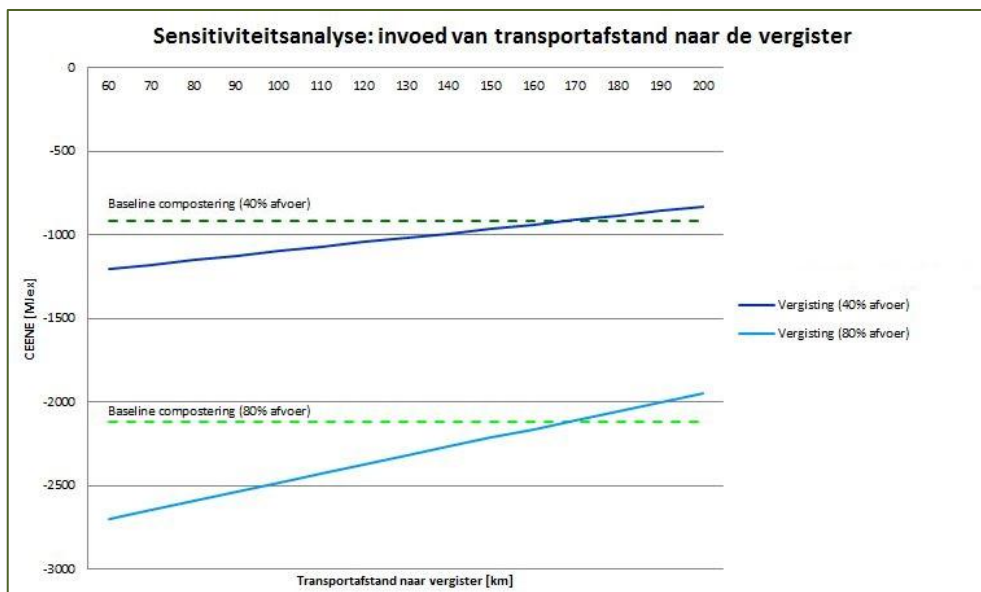
Toch wordt de impact enkel gecompenseerd door de voordelen in de categorieën *Ozone depletion* en *Freshwater eutrophication*. Indien maar 40 % afgevoerd en vergist wordt is dit enkel in de categorie *Freshwater Eutrophication*, maar blijft het beter dan eenzelfde percentage te composteren. Het is bijgevolg moeilijk een afweging te maken tussen de verschillende categorieën, maar ook hier geeft de vergisting relatief gezien het beste resultaat. Belangrijk om aan te halen is dat deze impactcategorieën in de *endpoint* benadering een vrij lage contributie hebben in vergelijking met de uitstoot van broeikasgassen. Daarom wordt de *Carbon Footprint*, dewelke de effecten op klimaatverandering toont, afzonderlijk besproken.

Het huidige scenario zorgt voor een jaarlijkse CO<sub>2</sub>-besparing van 6 410 ton (Figuur 31). Dit is een groot verschil met het maaisel laten liggen, waarbij 16200 ton aan CO<sub>2</sub>-equivalenten worden uitgestoten, vergelijkbaar met de jaarlijkse uitstoot van 5700 wagens. De vergisting van 40 % maaisel is beter dan de compostering (12 614 en 8 860 ton aan CO<sub>2</sub> equivalenten voor goede en slechte inkuiling). De besparing wordt nog groter indien 100% vergist zou worden. Bij een goede inkuiling worden er jaarlijks 55 820 ton CO<sub>2</sub>-equivalenten uitgespaard, wat overeen komt met de jaarlijkse uitstoot van ongeveer 20 000 wagens. Vergeliken met het huidige scenario is er een extra besparing van de uitstoot van ongeveer 17 500 wagens mogelijk.



**Figuur 31: Totaalanalyse van de situatie in Vlaanderen: Carbon Footprint**

Aangezien vergisting het meest positieve scenario is kan aangeraden worden om meer maaisel te vergisten. Een gevolg daarvan is dat het maaisel over grotere afstanden getransporteerd zou worden om het naar een vergistingsinstallatie te brengen. Daarom werd een sensitiviteitsanalyse gemaakt van de invloed van het transport naar de vergister, terwijl de afstand naar de composteringsinstallatie constant blijft (Figuur 32). De vergelijking werd gedaan voor het huidige percentage afvoer (40 %), maar ook indien 80 % van het maaisel afgevoerd zou worden (100% werd niet als een realistisch scenario beschouwd in de praktijk). Pas vanaf een transportafstand van 168 km is de vergisting een minder goede optie. Dit is in Vlaanderen een weinig realistische afstand. Daarom kan geconcludeerd worden dat de vergisting van het maaisel met goede inkuiling steeds de beste optie is in Vlaanderen.



Figuur 32: Invloed op de CEENE: transportafstand naar de vergisting

## 5.5 Conclusie

De duurzaamheid van de verwerking van bermmaaisel werd op 2 manieren geanalyseerd: door middel van een exergie-analyse en een levenscyclusanalyse. De eerste is een maat voor de efficiëntie van de processen, terwijl de levenscyclusanalyse een beeld geeft van heel de verwerkingsketen. Uit de resultaten van de exergetische efficiëntie bleek dat beide methoden ongeveer even efficiënt zijn, en dat bij beide methoden veel warmte verloren gaat die benut zou kunnen worden; zeker in het geval van de vergisting wanneer een geconcentreerde warmtestroom ter beschikking is bij de verbranding van het biogas. Ook heeft een vergisting (in het geval van co-vergisting met GFT) meer inputs nodig in vergelijking met compostering, terwijl het meer outputs genereert.

Uit de levenscyclusanalyse blijkt dat de huidige situatie (40 % van het maaisel wordt afgevoerd en gecomposteerd) jaarlijks 320 TJ aan exergie bespaart door de geproduceerde compost te gebruiken in plaats van veen en kunstmest. Dit komt overeen met 7 620 ton olie-equivalenten. Ook op het gebied van klimaatverandering is de balans positief (6 140 ton CO<sub>2</sub>-equivalenten). Eenzelfde hoeveelheid maaisel afvoeren en vergisten geeft een beter resultaat dan het te composteren. Indien alle maaisel zou worden afgevoerd en vergist zou de vermeden CEENE 1212 TJ zijn. Ook qua klimaatverandering is het resultaat positief, aangezien de uitstoot van 55 820 ton CO<sub>2</sub>-equivalenten vermeden wordt; de uitstoot van ongeveer 20 000 wagens.

Kortom, de droge vergisting van goed ingekuuld bermmaaisel is het meest ecologische alternatief voor de verwerking van bermmaaisel. Het verder ontwikkelen van deze verwerkingsmethode kan een enorme winst betekenen voor het milieu door een stijgende biodiversiteit van de berm, meer bio-energie en meer compost waardoor een duurzame toekomst bevorderd wordt.

## Te onthouden

Verwerken van bermgras is altijd beter dan het te laten liggen

Vergisting met goede inkuiling is de meest duurzame optie

Door alle bermgras te vergisten kan de uitstoot van 20 000 auto's worden vermeden en kan elektriciteit worden gegenereerd voor 13 000 gezinnen





Met steun van:

