

2011
2012

BEDRIJFSECONOMISCHE WETENSCHAPPEN

*master in de toegepaste economische wetenschappen:
beleidsmanagement*

Masterproef

*Vergisten of composteren? Een vergelijkende studie voor
natuur- en bermgrasmaaisel*

Promotor :
Prof.dr.ir Steven VAN PASSEL

Copromotor :
dr. Nele WITTERS

Roel Daelmans

*Masterproef voorgedragen tot het bekomen van de graad van master in de toegepaste
economische wetenschappen , afstudeerrichting beleidsmanagement*

2011
2012

BEDRIJFSECONOMISCHE WETENSCHAPPEN

*master in de toegepaste economische wetenschappen:
beleidsmanagement*

Masterproef

*Vergisten of composteren? Een vergelijkende studie voor
natuur- en bermgrasmaaisel*

Promotor :
Prof.dr.ir Steven VAN PASSEL

Copromotor :
dr. Nele WITTERS

Roel Daelmans

*Masterproef voorgedragen tot het bekomen van de graad van master in de toegepaste
economische wetenschappen , afstudeerrichting beleidsmanagement*

Woord vooraf

Als laatstejaarsstudent in de toegepaste economische wetenschappen, afstudeerrichting beleidsmanagement, vormt deze masterproef het sluitstuk van mijn opleiding aan de Universiteit Hasselt.

Deze masterproef is het resultaat van een uitgebreide samenwerking met verscheidene personen. Vooraleerst zou ik graag een dankwoord richten aan mijn promotor, prof. dr. ir. Steven Van Passel, voor zijn kritische blik en bijsturing. Daarnaast wil ik dr. Nele Witters, mijn co-promotor, bedanken voor de raad en het vertrouwen dat zij in mij stelde. Zij was steeds bereid om te antwoorden op vragen, actief mee te werken tijdens vele afspraken en te corrigeren waar nodig. Zonder haar onbaatzuchtige inzet was deze masterproef ongetwijfeld anders verlopen. Voorts heeft mevrouw Miet Van Dael me zeer goed geholpen bij het opstellen van mijn excel-model, waarvoor dank. Daarnaast werd er veel informatie bekomen door middel van persoonlijke communicatie. Twee personen in het bijzonder zou ik willen bedanken voor hun medewerking, namelijk mevrouw Elke Vandaele (VLACO) en de heer Filip Velghe (Organic Waste Systems).

Ten slotte een welgemeende dank u wel aan iedereen die, op welke manier dan ook, heeft bijgedragen aan de totstandkoming van deze masterproef. Hierbij denk ik vooral aan mijn ouders en mijn vriendin Wendy Van Holzaet. Omdat zij tijdens dezelfde periode ook aan een masterproef werkte, konden we steeds bij mekaar terecht.

Samenvatting

Vlaanderen kent een veelvoud aan bermen en natuurlanden. Er bestaat een grote consensus over het feit dat men, indien nodig, deze stukken moet onderhouden. In de praktijk vertaalt zich dit in structureel maaien. Het behoeft geen betoog dat deze maatregelen leiden tot een aanzienlijke hoeveelheid maaisel. Een vaak gebruikte leidraad bij het maken van afval-gerelateerde keuzes is de zogenaamde *Ladder van Lansink*. De kern van deze masterproef bestaat erin dat men, met deze prioriteitsvolgorde in het achterhoofd, dient te zoeken naar de economisch (en ecologisch) meest geschikte toepassing voor grasmaaisel als afvalstroom.

Hiertoe wordt een uitgebreid economisch model ontwikkeld in Excel waarbij grasmaaisel een onderdeel vormt van verschillende geïntegreerde verwerkingsmethoden. Er wordt steeds eenzelfde hoeveelheid GFT-afval, groenafval en grasmaaisel verwerkt. Aan de basis van deze masterproef liggen twee projecten. Enerzijds handelt het om een studie in de context van 'Energie Conversie Parken' (ECP), waar de nadruk ligt op geïntegreerde verwerking van afvalstromen. Anderzijds wordt er aangesloten bij het project 'graskracht', waar de nadruk ligt op het verwerken van natuur- en bermgrasmaaisel. De combinatie van beide leidt tot drie geïntegreerde modellen omtrent de verwerking van grasmaaisel. Bovendien wordt er telkens een onderscheid gemaakt tussen twee scenario's omtrent de inpuhoeveelheid van grasmaaisel, één waarbij gras 10%, dan wel 20%, deel uitmaakt van het totaal. Tabel 1 bevat een schematisch overzicht.

Tabel 1: Schematisch overzicht modellen en deelprocessen

	MODEL 1	MODEL 2	MODEL 3
	10%- en 20%-scenario	10%- en 20%-scenario	10% en 20%-scenario
Deelproces 1	Industriële vergisting met nacompostering	Landbouwvergisting	Groen- en grascompostering
Deelproces 2		Groencompostering	GFT-compostering
Deelproces 3		GFT-compostering	

In deze masterproef wordt uitgegaan van twee verwerkingsmethoden, namelijk (al dan niet industriële of landbouw-) vergisting en compostering. Deze laatste is louter gericht op materialen. Vergistingsprocessen daarentegen resulteren in energie én materiaal, een win-win situatie, althans op het eerste zicht. De drang naar energie gaat immers gepaard met minder materiaal. Er is dus sprake van een *trade-off*. De Ladder van Lansink verkiest namelijk materiaal, in de vorm van hergebruik of recyclage, boven energie. Zodoende dient het beleid, al dan niet op basis van de Ladder van Lansink, een keuze te maken tussen materiaal- en energierecuperatie, hetgeen leidt tot volgende centrale onderzoeksvraag en deelvragen:

Centrale onderzoeksvraag: *Welk afvalbeheerscenario geniet vanuit privaat en sociaal economisch standpunt de voorkeur: het vergisten of composteren van berm- en natuurgrasmaaisel, en hoe speelt het beleid hier op in?*

Deelvraag 1: *Levert het vergisten of het composteren van berm- en natuurgrasmaaisel het meeste waarde op vanuit privaat en sociaal economisch standpunt?*

Deelvraag 2: *Op welke manier speelt het beleid in op de keuze tussen de verwerkingsmethoden, en dus op de trade-off tussen materiaal en energie?*

De eerste deelvraag gaat na welke verwerkingsmethode te verkiezen valt vanuit economisch standpunt. Hiertoe werden de modellen onderworpen aan een fysische en een economische valorisatie. Uiteindelijk leverde dit, door middel van een kasstromenanalyse, een economische waarde op voor elk model. Deze netto actuele waarden vormden een eerste beslissingscriterium tussen de verwerkingsmethoden. Hierbij bleek dat enkel industriële vergisting met nacompostering (model 1) een positieve netto actuele waarde vertoonde. Daarenboven bleek deze het hoogst te zijn bij het scenario waar gras 20% uitmaakt van de te vergisten input. Alle andere alternatieven (model 2 en model 3) bleken niet rendabel vanuit privaat standpunt. Op basis van deze resultaten werd besloten dat industriële vergisting met nacompostering (20% grasinput) te verkiezen valt vanuit economisch standpunt.

Naast strikt private kosten en baten spelen externe effecten ook vaak een rol in het economisch vakgebied, zeker met betrekking tot milieu-gerelateerde onderwerpen. Vandaar werd de conclusie van de eerste deelvraag verder genuanceerd. Meer concreet werd enkel de jaarlijkse CO₂-besparing begroot. Deze bleek geen invloed te hebben op de keuze tussen de verschillende verwerkingsmethoden. Sterker nog, model 1 met 20% grasinput leidt tot de grootste jaarlijkse CO₂-besparing, hetgeen enkel in het voordeel spreekt van dit alternatief. Bovendien wees een sensitiviteitsanalyse op de meest onzekere assumpties uit dat de resultaten die voortkwamen uit de modellen tamelijk robuust zijn.

De tweede deelvraag neemt het beleidskader in beschouwing. De invloed van het beleid werd nagegaan aan de hand van twee (paradoxale) maatregelen. De eerste bestaat uit de economische steunmaatregelen, in de vorm van groenestroom- en warmtekracht-certificaten. Deze bleken een aanzienlijk effect te hebben op de netto actuele waarde van de vergistingsprocessen. In de context van deze masterproef speelt dit sterk in het voordeel van energierecuperatie (vergisting). Een tweede maatregel bepaalt dat maximaal 15% van de input in een composteringproces afgezeefd mag worden, hetgeen een voorkeur uitdrukt voor materialenrecuperatie. De gevolgen van dit

afzevingsmaximum zijn eerder beperkt. Het leidt niet tot een grote toename in het finaal product, de inkomsten uit de verkoop van het structuurmateriaal liggen laag en men is, vanuit fysieke beperking, reeds gebonden aan een maximale afzevingshoeveelheid. De tegenstelling tussen beide beleidsmaatregelen is dus eerder klein in de praktijk (ten voordele van energierecuperatie).

Het oplossen van de deelvragen staat toe om één algemeen antwoord te formuleren op de centrale onderzoeksvraag. Zowel de economische valorisatie, het opnemen van externe effecten als de sensitiviteitsanalyse tonen aan dat industriële vergisting met nacompostering (20% grasinput) te verkiezen valt vanuit economisch standpunt. Het betreft hier dus een combinatie van vergisting en compostering. Het beleid speelt duidelijk in op de keuze voor een vergistingsproces. Het effect van groenestroom- en warmtekrachtcertificaten blijkt aanzienlijk te zijn. Het instellen van een afzevingsmaximum daarentegen leidt niet tot een grote materiaalrecuperatie. Op die manier werkt het beleidskader de spanning op de biomassa-markt extra in de hand. Het recupereren van energie wordt immers gestimuleerd, hetgeen ingaat tegen de ecologische prioriteitsvolgorde geformuleerd door de Ladder van Lansink.

Inhoudsopgave

Woord vooraf	I
Samenvatting	III
Lijst met tabellen	IX
Lijst met figuren	XI
Hoofdstuk 1: Algemeen kader	- 1 -
1.1 Inleiding	- 1 -
1.2 Probleemstelling	- 2 -
1.3 Onderzoeksmethode	- 4 -
1.3.1 Onderzoeksvragen	- 5 -
1.3.2 Opzet model	- 5 -
1.3.3 Beperkingen.....	- 6 -
Hoofdstuk 2: Data en methoden	- 9 -
2.1 Data graskracht	- 9 -
2.1.1 Beschikbare hoeveelheid	- 9 -
2.1.2 Vergistingsopbrengst.....	- 10 -
2.2 Modellen	- 11 -
2.2.1 Model Graskracht.....	- 11 -
2.2.2 Model Energie Conversie Parken (ECP)	- 11 -
2.3 Integratie modellen	- 11 -
2.4 Basishoeveelheid input	- 12 -
2.4.1 Model 1	- 12 -
2.4.2 Model 2	- 13 -
2.4.3 Model 3	- 14 -
2.5 Inputbeperkingen door wetgeving	- 14 -
2.5.1 Omzendbrief RO/2006/01	- 14 -
2.5.2 Mededeling VREG.....	- 16 -
2.6 Aanpassing en overzicht inpuhoeveelheden	- 18 -
Hoofdstuk 3: Fysische valorisatie	- 21 -
3.1 Model 1	- 21 -
3.1.1 Industriële vergisting	- 21 -
3.1.2 Nacompostering digestaat.....	- 22 -
3.1.3 Opbrengst biogas	- 23 -
3.2 Model 2	- 25 -
3.2.1 Landbouwvergisting	- 25 -
3.2.1.1 Vergistingsproces.....	- 25 -
3.2.1.2 Naverwerking digestaat	- 26 -
3.2.1.3 Opbrengst biogas.....	- 27 -
3.2.2 Open composteren groenafval	- 28 -
3.2.3 Gesloten composteren GFT-afval	- 29 -
3.2.4 Overzicht.....	- 30 -
3.3 Model 3	- 31 -
3.3.1 Open composteren groenafval en grasmaaisel	- 31 -
3.3.2 Gesloten composteren GFT-afval	- 32 -
3.3.3 Overzicht.....	- 33 -

Hoofdstuk 4: Economische valorisatie	- 37 -
4.1 Model 1	- 37 -
4.1.1 Investeringskost	- 37 -
4.1.2 Operationele kost	- 38 -
4.1.3 Opbrengst	- 39 -
4.1.4 Economische waarde	- 41 -
4.2 Model 2	- 42 -
4.2.1 Investeringskost	- 42 -
4.2.2 Operationele kost	- 43 -
4.2.3 Opbrengst	- 46 -
4.2.4 Economische waarde	- 47 -
4.3 Model 3	- 50 -
4.3.1 Investeringskost	- 50 -
4.3.2 Operationele kost	- 50 -
4.3.3 Opbrengst	- 51 -
4.3.4 Economische waarde	- 52 -
4.4 Conclusie economische valorisatie	- 54 -
Hoofdstuk 5: Externe effecten en sensitiviteit	- 57 -
5.1 Externe effecten	- 57 -
5.1.1 Valorisatie	- 58 -
5.1.2 Implicaties model	- 60 -
5.2 Sensitiviteitsanalyse	- 61 -
Hoofdstuk 6: Beleidsinterpretatie	- 67 -
6.1 Beleidsafweging	- 67 -
6.2 Beleidsmaatregelen	- 68 -
6.3 Beleidsaanbeveling	- 70 -
Hoofdstuk 7: Besluit	- 71 -
Lijst van geraadpleegde werken	- 73 -
Lijst van geraadpleegde websites	- 75 -
Bijlage 1: Formules en assumpties investeringskosten	- 77 -
Bijlage 2: Formules en assumpties operationele kosten	- 81 -
Bijlage 3: Formules en assumpties opbrengsten	- 87 -

Lijst met tabellen

- Tabel 1: Schematisch overzicht modellen en deelprocessen
- Tabel 2: Inventarisatie natuur- en bermgrasmaaisel in Vlaanderen
- Tabel 3: Vochtgehalte en biogasproductie van niet-gelijke inputstromen tijdens een semi-continue vergistingstest
- Tabel 4: Inpuhoeveelheden bij model 1 op basis van fysieke data
- Tabel 5: Inpuhoeveelheden bij model 2 op basis van fysieke data
- Tabel 6: Inpuhoeveelheden bij model 3 op basis van fysieke data
- Tabel 7: Overzicht inpuhoeveelheden o.b.v. van fysieke data (in ton verse stof)
- Tabel 8: Vergistingsproces bij industriële vergisting (in ton verse stof)
- Tabel 9: Nacompostering digestaat (in ton verse stof)
- Tabel 10: Energieproductie bij industriële vergisting
- Tabel 11: Energiebalans bij industriële vergisting met nacompostering (in MWh)
- Tabel 12: Vergistingsproces bij landbouwvergisting (in ton verse stof)
- Tabel 13: Splitfactoren ontwateren en drogen digestaat voor het 10%-scenario (in ton) (splitfactoren voor totaal digestaat en afvalwater tussen haken)
- Tabel 14: Materialenproductie landbouwvergisting (in ton verse stof)
- Tabel 15: Energieproductie landbouwvergisting
- Tabel 16: Energiebalans landbouwvergisting (in MWh)
- Tabel 17: Materialenproductie open composteren groenafval (in ton)
- Tabel 18: Energiebalans open composteren groenafval (in ton)
- Tabel 19: Materialenproductie gesloten compostering GFT-afval (in ton)
- Tabel 20: Energiebalans gesloten compostering GFT-afval (in MWh)
- Tabel 21: Overzicht fysieke valorisatie model 2
- Tabel 22: Materialenproductie open composteren groenafval en gras (in ton)
- Tabel 23: Energiebalans open composteren groenafval en gras (in MWh)
- Tabel 24: Materialenproductie gesloten composteren GFT-afval (in ton)
- Tabel 25: Energiebalans gesloten composteren GFT-afval (in MWh)
- Tabel 26: Overzicht fysieke valorisatie model 3
- Tabel 27: Investeringskosten model 1 (in euro)
- Tabel 28: Operationele kosten model 1 (in euro)
- Tabel 29: Opbrengsten model 1 (in euro)
- Tabel 30: Economische waarde model 1 (in euro)
- Tabel 31: Investeringskosten model 2, deelproces landbouwvergisting (in euro)
- Tabel 32: Investeringskosten model 2, deelproces composteren groenafval en deelproces composteren GFT-afval (in euro)
- Tabel 33: Operationele kosten model 2, deelproces landbouwvergisting (in euro)

Tabel 34: Operationele kosten model 2, deelproces groencompostering (in euro)

Tabel 35: Operationele kosten model 2, deelproces GFT-compostering (in euro)

Tabel 36: Opbrengsten model 2, deelproces landbouwvergisting (in euro)

Tabel 37: Opbrengsten model 2, deelproces groencompostering (in euro)

Tabel 38: Opbrengsten model 2, deelproces GFT-compostering (in euro)

Tabel 39: Economische waarde model 2, deelproces landbouwvergisting (in euro)

Tabel 40: Economische waarde model 2, deelproces groencompostering (in euro)

Tabel 41: Economische waarde model 2, deelproces GFT-compostering (in euro)

Tabel 42: Overzicht economische waarde model 2 (in euro)

Tabel 43: Investeringskosten model 3, deelproces compostering van groenafval en grasmaaisel en deelproces compostering GFT-afval (in euro)

Tabel 44: Operationele kosten model 3, deelproces groencompostering (in euro)

Tabel 45: Operationele kosten model 3, deelproces GFT-compostering (in euro)

Tabel 46: Opbrengsten model 3, deelproces groencompostering (in euro)

Tabel 47: Opbrengsten model 3, deelproces GFT-compostering (in euro)

Tabel 48: Economische waarde model 3, deelproces groencompostering

Tabel 49: Economische waarde model 3, deelproces GFT-vergisting (in euro)

Tabel 50: Overzicht economische waarde model 3 (in euro)

Tabel 51: Overzicht netto actuele waarden model 1, model 2 en model 3 (in euro)

Tabel 52: Basisassumpties berekening CO2-besparing

Tabel 53: Benodigde inputgegevens vanuit fysische valorisatie (hoofdstuk 3)

Tabel 54: Fysische en economische valorisatie jaarlijkse CO2-besparing

Tabel 55: Economische waarde met inbegrip van extern effect jaarlijkse CO2-besparing (in euro)

Tabel 56: Resultaten partiële sensitiviteitsanalyse

Tabel 57: Materialenproductie in verhouding tot de inpuhoeveelheid (in ton v.s.)

Tabel 58: Berekening opbrengsten warmtekrachtcertificaten model 1

Tabel 59: Berekening opbrengsten warmtekrachtcertificaten model 2

Lijst met figuren

Figuur 1: De Vlaamse Prioriteitenladder

Figuur 2: Het proces bij model 1

Figuur 3: De processen bij model 2

Figuur 4: De processen bij model 3

Hoofdstuk 1: Algemeen kader

1.1 Inleiding

Onze maatschappij is constant in beweging. De huidige manier van leven zorgt voor een toenemende druk op het milieu. Er bestaat immers steeds meer bewijs dat menselijk gedrag wel degelijk een invloed heeft op het welzijn van onze leefomgeving (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007). Er wordt dan ook terecht meer aandacht besteed aan de manier waarop men met deze problematiek moet omgaan.

Binnen het milieuvraagstuk is er een belangrijke rol weggelegd voor één van die schadelijke invloeden op het leefmilieu, namelijk afval. Een formele definitie van dit begrip vinden we terug in het decreet 23 december 2011 betreffende het duurzaam beheer van materiaalkringlopen en afvalstoffen (materialendecreet): "Afval is elke stof of elk voorwerp waarvan de houder zich ontdoet, voornemens is zich te ontdoen of zich moet ontdoen" (p.1). Het materialendecreet vormt de opvolger van het voormalige decreet van 2 juli 1981 betreffende de voorkoming en het beheer van afvalstoffen, oftewel het afvalstoffendecreet. Zo wordt er onder andere meer nadruk gelegd op het sluiten van kringlopen en duurzame ontwikkeling.

De totale afvalberg in Vlaanderen werd in 2008 geschat op ongeveer 35 miljoen ton (Kernset afvalproductie, Milieुरapport Vlaanderen 2010). Aan deze hoeveelheid afval dient een bestemming gegeven te worden middels verscheidene afvalbeheersscenario's. We worden dan ook geconfronteerd met een heel aantal keuzes inzake afvalbeleid. Deze taak is weggelegd voor de overheid. In het federale België behoort die bevoegdheid tot de gewesten, wat leidt tot drie afvalwetten (<http://www.sita.org>).

Een vaak gebruikte leidraad bij het verwerken van afval is de zogenaamde *Ladder van Lansink*. Dit model beschrijft een prioriteitsvolgorde voor de omgang met afvalstoffen. De verschillende alternatieven van afvalverwerking worden door Lansink en de Vries – in 't Veld (2010) als volgt aangegeven: preventie, hergebruik, recycleren, verbranden en storten. Er ontstaat met andere woorden een hiërarchie met twee uitersten, namelijk preventie als meest wenselijk en storten als absoluut te vermijden. Een soortgelijke denkwijze werd gehanteerd bij het opstellen van de Vlaamse prioriteitenladder, dewelke wordt weergegeven in figuur 1.

Figuur 1: De Vlaamse prioriteitenladder



Bron: Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij. (24 november 2011). *Op wie rekent u voor een ambitieus materialenbeleid?*. Opgevraagd op 2 april, 2012, via <http://www.ovam.be>.

1.2 Probleemstelling

Op het eerste zicht lijkt het principe van de Ladder van Lansink te kloppen. Desondanks bestaat er geen sterke economische rechtvaardiging voor deze prioriteitsvolgorde en dus geen eensgezind beeld op de invulling ervan. Uit contacten met de Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij (OVAM) (E. Willems, persoonlijke communicatie, 7 oktober 2011) blijkt inderdaad dat de redenering achter de Ladder van Lansink in eerste instantie niet ingegeven is door economische overwegingen maar juist gebaseerd is op complementaire argumenten die vaak niet in economische analyses worden opgenomen. De Ladder van Lansink tracht deze laatste argumenten op een niet-economische manier en door een op voorhand vastgelegde volgorde in overweging te brengen.

Echter, vanuit economisch standpunt wordt verwacht dat een afvalverwerkingshiërarchie gefundeerd is op sterke economische argumenten. Elke trede in de Ladder van Lansink heeft zijn eigen specifieke economische voor- en nadelen. Deze alternatieven moeten ten opzichte van mekaar afgewogen worden, hetgeen ogenschijnlijk ontbreekt. Volgens Gorecki, Acheson en Lyons (2010) kan deze indeling maar economisch efficiënt zijn als de kosten-baten ratio afneemt van de hoogste naar de laagste trede. Hier tracht deze masterproef op in te spelen.

Afvalbeheersscenario's dienen dus economisch getoetst te worden. Toch bestaat er geen 'one-size-fits-all-benadering'. Afval is immers geen homogene massa. Het betreft een overvloed aan verschillende materialen, producten en stoffen waarvan de houder zich wil ontdoen. Het zou dan ook een utopie zijn om een uitspraak te kunnen doen over de

economische efficiëntie van de gehele Ladder van Lansink. Omwille van die reden is het aangewezen om de aandacht te richten naar één specifieke afvalstroom. In deze masterproef is dat berm- en natuurgrasmaaisel.

Vlaanderen kent een veelvoud aan bermen en natuurlanden. Er bestaat een grote consensus over het feit dat men, indien nodig, deze stukken moet onderhouden. In het actieplan maaisel (OVAM, 2003) worden hier enkele courante redenen voor aangehaald zoals onder andere het overzichtelijk houden van wegen, parkeermogelijkheden bieden en waterbeheer. Naast deze eerder directe functionele argumenten staat onderhoud van bermen en natuurlanden ook vaak in het teken van het bevorderen van biodiversiteit. Volgens Zwaenepoel en Maelfait (1997, in actieplan maaisel OVAM, 2003, p. 3) wordt er op die manier ook bijgedragen tot de esthetische kwaliteit, de soortenrijkdom en de zeldzaamheidswaarde van deze terreinen.

In de praktijk vertaalt onderhoud zich in het structureel maaien van bermen en natuurlanden. Het behoeft geen betoog dat deze maatregelen leiden tot een aanzienlijke hoeveelheid maaisel, dat in Vlaanderen geschat wordt op ongeveer 93120 ton droge stof per jaar (GRASKRACHT, persoonlijke communicatie, 2 april 2012). In dit verband is het belangrijk om erop te wijzen dat maaisel gezien wordt als een vorm van biomassa. Het heeft dus in essentie een CO₂-neutraal karakter. In de literatuur wordt biomassa dan ook vaak naar voren geschoven als een manier om de Europese doelstellingen inzake hernieuwbare energie te halen. België moet immers tegen 2020, conform richtlijn 2009/28/EG van het Europees parlement en de raad van 23 april 2009, 13% van de totale energiebehoefte opwekken uit hernieuwbare bronnen.

Momenteel heerst er een sterke spanning op de biomassa-markt. Veel afvalstoffen, die nog perfect kunnen dienen in een recyclageproces, worden hieraan onttrokken om te benutten voor energieopwekking. Omwille van het milieu-neutrale karakter van biomassa kan men bij deze laatste beroep doen op een aantal economische steunmaatregelen. Er ontstaat met andere woorden een duidelijke tegenstelling tussen het eindgebruik van biomassa voor materialen versus energie.

De redenering die tot nog toe werd gemaakt kan omschreven worden als het algemeen probleem, een soort groter kader. Het specifiek probleem vloeit voort uit het feit dat er, met de Ladder van Lansink in het achterhoofd, gezocht dient te worden naar de meest geschikte toepassing voor grasmaaisel als afvalstroom. Bijgevolg wordt in deze masterproef dieper ingegaan op drie mogelijke verwerkingsmethoden voor berm- en natuurgrasmaaisel. Deze zijn achtereenvolgens: industriële vergisting, landbouwvergisting en composteren. Er bestaat een noodzaak om deze economisch en

ecologisch te toetsen. Bij composteren wordt het maaisel, samen met ander groenmateriaal, rechtstreeks verwerkt tot compost. Het is dus louter een proces gericht op materiaal. Dit ligt anders bij vergisten. Daar wordt uit het maaisel, ook weer samen met ander groenmateriaal, eerst biogas onttrokken. Dit biogas kan dan worden aangewend om hernieuwbare elektriciteit en warmte te produceren. Naast biogas ontstaat er ook een restproduct, namelijk digestaat. Bij landbouwvergisting wordt het digestaat, na indroging, gebruikt of geëxporteerd. In het geval van industriële vergisting daarentegen wordt, in deze masterproef, het digestaat nabewerkt tot compost. Vergisting is dus gericht op zowel materiaal als energie. Er ontstaat bijgevolg, op het eerste zicht, een win-win situatie. Toch is hier niet alles mee gezegd. De drang naar energie gaat immers gepaard met minder compost, en bijgevolg minder materiaal.

De Ladder van Lansink verkiest materiaal, in de vorm van hergebruik of recyclage, boven energie. Hierboven werd geargumenteed dat er sprake is van een *trade-off*. Zodoende dient het beleid, al dan niet op basis van de Ladder van Lansink, een keuze te maken tussen materiaal- en energierecuperatie. In dit verband springen twee maatregelen in het oog. Enerzijds kan men bij energierecuperatie uit biomassa aanspraak maken op groenestroom- en warmtekrachtcertificaten. Deze economische steunmaatregelen stimuleren het opwekken van energie, hier door het toepassen van vergisting. Er wordt minder materiaal gecreëerd. Anderzijds is er beleid gericht op het behoud van materialen, met name het feit dat men maximaal 15% van het groenmateriaal, dat dient als input bij composteren, mag afzeven (E. Willems, persoonlijke communicatie, 7 oktober 2011). Dit afzeven laat toe om hoogcalorisch houtachtig materiaal te onttrekken aan het groenmateriaal om er, door verbranding, bijkomende energie en warmte mee op te wekken. Deze twee maatregelen zorgen dus voor een tegenstelling in het beleid: de groenestroom- en warmtekrachtcertificaten promoten energierecuperatie, terwijl het opleggen van een afzevingsmaximum een voorkeur uitdrukt voor materiaalrecuperatie.

Al deze effecten in acht genomen dringt er zich een vraag op. Op welke manier dienen we berm- en natuurgrasmaaisel het best te verwerken? De hiervoor geschetste situatie getuigt van een maatschappelijk probleem en dient bijgevolg nauwkeurig bestudeerd te worden, een niet te onderschatten uitdaging voor de beleidsmaker.

1.3 Onderzoeksmethode

In wat volgt worden de krachtlijnen van het onderzoek beschreven. De centrale onderzoeksvraag en de bijhorende deelvragen vormen de vertrekbasis. Om een antwoord op deze vragen te formuleren wordt een model met betrekking tot de verschillende

verwerkingsmethoden opgezet. Dit model is onderhevig aan een aantal algemene beperkingen, dewelke weergegeven worden in het laatste onderdeel (1.3.3) van dit hoofdstuk.

1.3.1 Onderzoeksvragen

In de probleemstelling werd vooral naar voren geschoven dat men als beleidsmaker een keuze dient te maken tussen verwerkingsmethoden, meteen het uitgangspunt voor de centrale onderzoeksvraag. Deze luidt als volgt:

Centrale onderzoeksvraag: *Welk afvalbeheersscenario geniet vanuit privaat en sociaal economisch standpunt de voorkeur: het vergisten of composteren van berm- en natuurgrasmaaisel, en hoe speelt het beleid hier op in?*

Om tot een genuanceerde analyse te komen wordt de centrale onderzoeksvraag ondersteund door twee bijkomende deelvragen. Vooreerst gaat er aandacht uit naar welke verwerkingsmethode te verkiezen valt vanuit economisch standpunt. Het handelt dus om monetaire waarde, in de vorm van private kosten en baten voor elk alternatief. Daarna verschuift de aandacht naar de manier waarop het beleid een invloed uitoefent op de keuze tussen de verwerkingsmethoden. In de tweede deelvraag wordt het beleid dus getoetst aan de resultaten uit de eerste deelvraag. De vragen zijn bijgevolg:

Deelvraag 1: *Levert het vergisten of het composteren van berm- en natuurgrasmaaisel het meeste waarde op vanuit privaat en sociaal economisch standpunt?*

Deelvraag 2: *Op welke manier speelt het beleid in op de keuze tussen de verwerkingsmethoden, en dus op de trade-off tussen materiaal en energie?*

1.3.2 Opzet model

Zoals eerder aangehaald wordt in deze masterproef een model ontwikkeld om te komen tot een antwoord op de centrale onderzoeksvraag. Eerst wordt een fysische valorisatie gemaakt voor de verschillende stromen die ontstaan door de verwerkingsmethoden. Een bepaalde input in het begin van het proces leidt immers tot een bepaalde output aan het einde van het proces. Vervolgens zijn deze gegevens, in een tweede fase, nodig om te komen tot een economische valorisatie. Op deze manier wordt het mogelijk om een monetaire vergelijking te maken tussen de verschillende verwerkingsmethoden. Daarnaast kunnen de resultaten uit het model ook aangewend worden om de invloed van het beleid na te gaan.

Met betrekking tot de verwerkingsmethoden worden er drie mogelijke alternatieven in beschouwing genomen, steeds met twee scenario's omtrent de inpuhoeveelheden. Een uitgebreide bespreking hiervan bevindt zich in hoofdstuk 2. Wat betreft de verwerkingsmethoden wordt, naast composteren, vergisten verder opgesplitst in industriële vergisting dan wel landbouwvergisting. Het onderscheid tussen deze laatste situeert zich in deze masterproef vooral in de gebruikte inputstromen. Zo wordt er bij landbouwvergisting mest opgenomen in het proces. De energetische meerwaarde hiervan is doorgaans gering aangezien mest over een beperkt energiepotentieel beschikt (F. Velghe, persoonlijke communicatie, 29 maart 2012). Landbouwvergisting is dus gericht op het uiteindelijk verwerken van mest. Industriële vergisters daarentegen zijn eerder droge vergisters, zij nemen geen mest op. Volgens een studie van de Vlaamse Instelling voor Technologisch onderzoek (Derden, Vanassche & Huybrechts, 2012) waren er, in oktober 2010, 36 vergistingsinstallaties in Vlaanderen. In 75% van die installaties werd mest mee verwerkt. Beide vergistingsmethoden spelen dus een belangrijke rol in Vlaanderen, vandaar de keuze om beide alternatieven op te nemen in het model.

Mijn model, en dus veel van de onderliggende assumpties, is gebaseerd op twee projecten die momenteel nog lopende zijn aan de vakgroep milieueconomie van de Universiteit Hasselt. Enerzijds handelt het om een studie in de context van 'Energie Conversie Parken' (ECP). Hierin wordt een kader opgezet voor de verwerking van GFT- en groenafval. Daartoe worden verschillende technologieën, zoals vergisting en compostering, gecombineerd. Anderzijds onderzoekt het project 'graskracht' de meest geschikte verwerkingsmogelijkheden voor berm- en natuurgrasmaaisel. Toch kan maaisel op zich niet alleen verwerkt worden. Er zijn steeds andere stromen nodig in het proces, zoals GFT- en groenafval. Er doet zich hier dus een opportuniteit voor. Door het combineren van de ECP-studie en de graskracht-data en -modellen kan er één geïntegreerd verhaal ontstaan omtrent het verwerken van natuur- en bermgrasmaaisel. Mijn model, en dus de opzet van deze masterproef, bestaat er net in om voort te bouwen op de ECP- en graskrachtstudie. Zodoende kan er gekomen worden tot een analyse waarbij grasmaaisel een onderdeel vormt van verschillende geïntegreerde verwerkingsmethoden.

1.3.3 Beperkingen

Het model, en dus het toepassingsgebied van deze masterproef, is niet allesomvattend. Er is sprake van een aantal beperkingen. Vooreerst worden er drie mogelijke verwerkingsmethoden onderzocht, telkens in de vorm van twee scenario's met betrekking tot de inpuhoeveelheid van grasmaaisel. Het handelt hier dus zeker niet om een allesomvattende analyse van ieder afvalbeheerscenario en iedere afvalcategorie.

Daarnaast begint de analyse pas vanaf het moment van verwerking, wanneer de grondstoffen geleverd worden aan de installatie. Andere kosten die ervoor worden gemaakt, opgelopen door andere private actoren, worden niet in beschouwing genomen. Voorbeelden hiervan zijn: maaikosten, inkuilkosten, transportkosten, *et cetera*. Vervolgens wordt er geen rekening gehouden met een eventuele technische vooruitgang. Dezelfde investeringskosten worden herhaald na het verstrijken van de levensduur ervan.

Voorts negeren we potentiële synergiën bij het samenvoegen van verschillende inputstromen. Dit wil zeggen dat de eigenschappen van de verschillende stoffen apart worden beschouwd. Het samenvoegen van grasmaaisel met GFT-afval in het vergistingsproces zal bijvoorbeeld niet leiden tot een verandering in biogasproductie van beide grondstoffen, in vergelijking met de situatie dat deze apart verwerkt zouden worden. Met andere woorden, de biogasproductie van een eenheid grasmaaisel wordt gewoon opgeteld bij de biogasproductie van een eenheid GFT-afval. Het feit dat deze gelijktijdig verwerkt worden, en dus met elkaar zouden kunnen interageren, vormt geen onderdeel van de analyse.

Ten slotte dient erop gewezen te worden dat het model een middel is, geen doel op zich. Het is onderhevig aan een aantal assumpties die tijdens het overlopen van de analyses kenbaar gemaakt zullen worden. Er wordt getracht om alle beperkingen zo goed mogelijk weer te geven in het desbetreffende onderdeel.

Hoofdstuk 2: Data en methoden

In dit hoofdstuk wordt voornamelijk stilgestaan bij de data en methoden om te komen tot het eerder beschreven geïntegreerd model rond de verwerkingsmethoden van natuur- en bermgrasmaaisel. Vooreerst worden de data en het model van het graskracht-project besproken. Ook de opzet van de studie omtrent Energie Conversie Parken (ECP) wordt toegelicht. Deze worden vervolgens geïntegreerd tot één model, het uitgangspunt van deze masterproef. Daarna verschuift de aandacht naar het bepalen van de inpuhoeveelheden, rekening houdend met een aantal wettelijke beperkingen.

2.1 Data graskracht

2.1.1 Beschikbare hoeveelheid

De studie in het kader van graskracht heeft vooreerst getracht te bepalen hoeveel natuur- en bermgrasmaaisel er 'geproduceerd' wordt in Vlaanderen. Dit is belangrijk aangezien hetgeen verwerkt wordt, eerst en vooral beschikbaar moet zijn in de praktijk. De totale hoeveelheid natuur- en bermgrasmaaisel in Vlaanderen wordt geschat op 93121 ton droge stof per jaar. Hiervan is ongeveer 20%, meer bepaald 21089 ton droge stof, afkomstig van graslanden. De overige 72032 ton droge stof is afkomstig van het onderhoud van bermen. Tabel 2 geeft een uitgebreid overzicht van de geproduceerde tonnages grasmaaisel per beheerder in Vlaanderen.

Tabel 2: Inventarisatie natuur- en bermgrasmaaisel in Vlaanderen

	Beheerder	Productie (ton ds/jaar)
GRASLAND	Agentschap Natuur en Bos (ANB)	5874,80
	Natuur	7974,55
	Erkende terreinbeheerende instanties	662,17
	Luchthavens	2804,73
	Havens	720,00
	Golfterreinen	3053,00
	Totaal	21089,25
BERMEN	Agentschap Wegen en Verkeer (AWV)	17809,24
	Bevaarbare waterwegen	6798,27
	Gemeentelijke wegbermen	44526,86
	Spoorwegen	2897,6
	Totaal	72031,97
ALGEMEEN TOTAAL		93121,22

Bron: Graskracht (Provinciale Hogeschool Limburg, 2012)

De totale oppervlakte van de gemaaide graslanden wordt in Vlaanderen geschat op circa 6500 hectare, voor bermen op circa 23500 hectare. De bevindingen van deze inventarisatie werden, in het kader van het graskracht-project, ook gepresenteerd tijdens een studiedag aan de Universiteit Hasselt op 26 april 2012. Anja Delief (Provinciale Hogeschool Limburg) voegde er nog aan toe dat het totaal van 93121 ton droge stof wellicht een onderschatting is van de totale beschikbare hoeveelheid natuur- en bermgrasmaaisel in Vlaanderen. Dit zou te wijten zijn aan het feit dat beheerders niet over accurate cijfers beschikken.

2.1.2 Vergistingsopbrengst

Naast een onderzoek naar de beschikbare hoeveelheid natuur- en bermgrasmaaisel in Vlaanderen, heeft er in het kader van graskracht ook een test plaatsgevonden naar de vergistingsopbrengst van verschillende inputstromen. Deze test werd uitgevoerd door Organic Waste Systems (OWS), een bedrijf gespecialiseerd in de biologische behandeling van organische substraten door anaërobe vergisting. Het doel van hun test was om na te gaan of het mogelijk is om bermgras en/of natuurmaaisel te co-vergisten in een typische Vlaamse landbouwvergister. De resultaten, die worden weergegeven in tabel 3, zijn verkregen op basis van persoonlijke communicatie met F. Velghe en A. De Voght (28 februari 2012).

Tabel 3: Vochtgehalte en biogasproductie van niet-gelijke inputstromen tijdens een semi-continue vergistingstest

Inputstroom			Vochtgehalte (%)		Biogasproductie (NI/kg)	
Grasland			62,3		124,1	
Mest			96,7		2	
Mais			71,2		153,5	
Ander	biograanmix	25%	43,2	66,1	184,4	158,6
	biomix	50%	84,7		69,6	
	glycerine	12,5%	37,4		317,6	
	koolzaadkoek	12,5%	66,4		304,2	

Bron: Graskracht (OWS, 2012)

De stromen werden gekenmerkt door een aantal karakteristieken, waaronder het vochtgehalte (%) en de biogasproductie (NI/kg=m³/ton). De vaststellingen hieromtrent

worden weergegeven in tabel 3. De verzamelnaam 'ander' is een samenstelling van vier stromen met elk hun eigen kenmerken en aandeel in het totaal. Deze zijn biogranmix, biomix, glycerine en koolzaadkoek. In het vervolg wordt er verwezen naar 'de andere stroom'. De resultaten betreffen dan een gewogen gemiddelde, dewelke ook zijn opgenomen in tabel 3.

2.2 Modellen

2.2.1 Model Graskracht

Het model van de graskracht-studie is opgebouwd rond dezelfde verwerkingsmethoden als deze masterproef. Het handelt om industriële vergisting, landbouwvergisting en compostering, telkens apart beschouwd. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen twee inpuhoeveelheden voor grasmaaisel, namelijk wanneer grasmaaisel 10% dan wel 20% van de input vormt.

2.2.2 Model Energie Conversie Parken (ECP)

In het model van de ECP-studie wordt GFT-afval industrieel vergist. Na het vergistingsproces wordt er overgegaan tot compostering, meer bepaald door het toevoegen van groenafval aan het digestaat. Verschillende verwerkingsmethoden worden hier, in tegenstelling tot de graskracht-studie, dus met elkaar gecombineerd.

2.3 Integratie modellen

Deze masterproef tracht te komen tot een integratie van bovenstaande studies. Dit resulteert in drie modellen. Model 1 start met de industriële vergisting van grasmaaisel en GFT-afval, gevolgd door nacompostering na toevoeging van groenafval. In model 2 wordt grasmaaisel in een landbouwvergister verwerkt. Hier wordt het GFT- en groenafval in een overdekte, respectievelijk open, installatie gecomposteerd. In model 3 is er enkel sprake van compostering. Grasmaaisel wordt samen met groenafval open gecomposteerd, terwijl de compostering van GFT-afval wederom plaats vindt in een overdekte installatie. Er is opnieuw een onderscheid gemaakt tussen twee scenario's omtrent de input van grasmaaisel, een 10% en een 20% scenario.

Bij model 1 wordt er 10, respectievelijk 20, % gras vergist met 90, respectievelijk 80, % GFT-afval. Dit resulteert in biogas en digestaat. Het digestaat wordt vervolgens, door toevoeging van groenafval, gecomposteerd. In model 2 vormt grasmaaisel ook 10, respectievelijk 20, % van de te vergisten hoeveelheid. Die hoeveelheid wordt

vervolledigd door mest, maïs en een andere stroom. Groen- en GFT-afval vallen hier dus niet onder. Deze worden gecomposteerd in een open (groenafval) en een gesloten (GFT-afval) systeem. In model 3 wordt er 10, respectievelijk 20, % gras gecomposteerd met 90, respectievelijk 80, % groenafval. Het composteren van GFT-afval vindt weer plaats in een gesloten systeem.

Een schematisch overzicht en een uitgebreidere bespreking van de verschillende verwerkingsmethoden bevindt zich in hoofdstuk 3.

2.4 Basishoeveelheid input

Een eerste vraag bij de ontwikkeling van mijn model is hoeveel input er nodig is in ieder proces. Om te komen tot een correcte vergelijkingsbasis wordt er voor ieder model een gelijke totale input aan groen-, GFT- en grasmaaisel gehanteerd. Voorts wordt er, zoals eerder vermeld, voor ieder model ook nog een onderscheid gemaakt tussen twee scenario's met betrekking tot de inpuhoeveelheden van grasmaaisel. De combinatie van drie modellen met elk twee mogelijke scenario's, leidt bijgevolg tot zes situaties.

In dit onderdeel wordt de basishoeveelheid input bepaald. Deze zal later getoetst worden aan een aantal wettelijke bepalingen. Alle vermelde hoeveelheden betreffen verse stof, tenzij anders vermeld.

2.4.1 Model 1

De verwerkingsmethode in model 1 zal als vertrekbasis dienen. We willen gras verwerken, maar zoals eerder aangehaald kan dit niet op zich. Er zijn steeds andere stromen nodig in het proces. In het geval van industriële vergisting is dat enerzijds GFT-afval en anderzijds groenafval. Het GFT-afval zal samen met het grasmaaisel vergist worden. Pas in een latere fase, na de vergisting, wordt groenafval toegevoegd voor compostering. In de ECP-studie was sprake van 37400 ton GFT-afval.

Het GFT-afval en grasmaaisel maken samen 100% uit van de te vergisten hoeveelheid. Als het GFT-afval 37400 ton uitmaakt van dat totaal, dan bedraagt de hoeveelheid grasmaaisel $4155 \text{ ton} (37400/0.9*0.1)$ in het 10%-scenario en $9355 \text{ ton} (37400/0.8*0.2)$ in het 20%-scenario. Voor de bepaling van het groenafval moet de verhouding uit de ECP-studie gerespecteerd worden. Daar werd er, voor 37400 ton input GFT-afval, 19100 ton groenafval toegevoegd. Dit is 51,07% van de te vergisten hoeveelheid. Het groenafval belooft zodoende $21222 \text{ ton} (41555*51,07\%)$ in het 10%-scenario, en $23875 \text{ ton} (46750*51,07\%)$ in het 20%-scenario.

In tabel 4 worden alle inputhoeveelheden, gebaseerd op de fysieke mogelijkheden, op een rij gezet. Deze houden nog geen rekening met wettelijke beperkingen.

Tabel 4: Inputhoeveelheden bij model 1 op basis van fysieke data

	10%-scenario	20%-scenario
Groente-, fruit- en tuinafval	37400 ton	37400 ton
Grasmaaisel	4155 ton	9350 ton
Groenafval	21222 ton	23875 ton

2.4.2 Model 2

Zoals eerder aangehaald wordt er bij iedere verwerkingsmethode eenzelfde hoeveelheid GFT-, groen- en grasafval gebruikt. De inputhoeveelheden voor deze stromen kunnen aldus gewoon overgenomen worden. Toch verschilt landbouwvergisting wezenlijk van industriële vergisting. Het grasmaaisel kan nog steeds niet op zich vergist worden. Andere stromen zijn vereist. Bij model 2 is dat niet langer GFT- en groenafval maar wel maïs (10%-20%), mest (30%) en een andere stroom (40%). De hoeveelheid grasmaaisel is reeds gekend voor de twee scenario's. De omvang van de drie bijkomende stromen kunnen zodoende hieruit afgeleid worden. Bijvoorbeeld, in het 10%-scenario bedraagt het relatief aandeel maïs 20%. In absolute termen betekent dit dus een input van 8310 ton (4155*2) maïs.

Alhoewel GFT- en groenafval niet benodigd zijn in het proces van landbouwvergisting, moeten deze wel verwerkt worden om de economische vergelijking tussen de modellen staande te houden. Deze stromen worden bijgevolg gecomposteerd.

Tabel 5 reikt een overzicht aan van de hierboven besproken principes en hoeveelheden. Dit is op basis van fysieke berekeningen zonder rekening te houden met wettelijke beperkingen.

Tabel 5: Inputhoeveelheden bij model 2 op basis van fysieke data

		10%-scenario	20%-scenario
Composteren	Groente-, fruit- en tuinafval	37400 ton	37400 ton
	Groenafval	21222 ton	23875 ton
Landbouw- vergisting	10%-20% Grasmaaisel	4155 ton	9350 ton
	20%-10% Maïs	8310 ton	4675 ton
	30% Mest	12465 ton	14025 ton
	40% Ander	16620 ton	18700 ton

2.4.3 Model 3

Wat het derde en laatste model betreft, composteren, kunnen we betrekkelijk kort zijn. Ook hier handelt het om dezelfde hoeveelheden GFT-, groen- en grasafval als hiervoor. Tabel 6 vat de inputhoeveelheden met betrekking tot composteren bondig samen.

Tabel 6: Inputhoeveelheden bij model 3 op basis van fysieke data

		10%-scenario	20%-scenario
Open	Groenafval	21222 ton	23875 ton
	Grasmaaisel	4155 ton	9350 ton
Overdekt	Groente-, fruit- en tuinafval	37400 ton	37400 ton

2.5 Inputbeperkingen door wetgeving

Hierboven werden de inputhoeveelheden bepaald aan de hand van de ECP-studie, rekening houdend met de maximale hoeveelheden uit graskracht, maar zonder rekening te houden met wettelijke beperkingen. In dit verband spelen twee beleidsdocumenten een rol. Enerzijds is er omzendbrief RO/2006/01 van 19 mei 2006 betreffende het afwegingskader en de randvoorwaarden voor de inplanting van installaties voor mestbehandeling en vergisting. Anderzijds is er een mededeling van de Vlaamse Regulator van de Elektriciteits- en Gasmarkt (VREG) omtrent de toekenning van groenstroomcertificaten. De gevolgen van beide beleidsdocumenten worden in dit onderdeel besproken. Wetgeving omtrent een inputrestrictie bij composteringsinstallaties werd niet teruggevonden.

2.5.1 Omzendbrief RO/2006/01

Omzendbrieven zijn een vorm van pseudowetgeving. Volgens Vanheusden en Van Hoorick (2011) hebben deze tot doel "een uniforme toepassing van bepaalde wetgeving te waarborgen" (p. 25). Het betreft veelal de manier waarop wetgeving geïnterpreteerd dient te worden door de administratie. Omzendbrief RO/2006/01 tracht een richtkader aan te reiken bij het toekennen van een stedenbouwkundige vergunning voor installaties van mestbehandeling en vergisting.

Vooreerst dient er op gewezen te worden dat het type installatie een belangrijke rol speelt in de relevante wetgeving, alleszins met betrekking tot vergisting. Deze kunnen naar een heel aantal criteria ingedeeld worden. In een studie van de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek omtrent de best beschikbare technieken voor

covergistinginstallaties (Derden, Vanassche & Huybrechts, 2012) werd een onderscheid gemaakt naargelang de gebruikte inputstromen, de locatie en de schaalgrootte. Naar locatie kan een verder onderscheid gemaakt worden tussen vergistinginstallaties in agrarisch gebied of industriegebied, de zogenaamde landbouwvergisters (cfr. model 2) en industriële vergisters (cfr. model 1). Omzendbrief RO/2006/01 neemt een specifiek richtcijfer op voor vergistinginstallaties in agrarisch gebied, hetgeen relevant is voor de inpuhoeveelheden die hierboven werden bepaald. De bewuste passage stelt dat:

Het in de omzendbrief RO/2000/02 voorgestelde richtcijfer van 250000 ton dierlijke mest per jaar voor de inplanting in agrarisch gebied is achterhaald. Een absoluut totaal maximum tonnage van 60000 ton inputmateriaal per jaar is vanuit het oogpunt van een goede ruimtelijke ordening aanvaardbaar, waarbij een verdere uitbreiding van de capaciteit boven dit absoluut maximum in agrarisch gebied niet mogelijk is. Op een dergelijke manier beschikken zowel de omgeving, de initiatiefnemer als de administraties en overheden betrokken bij de beoordeling van de vergunningsaanvraag over een duidelijk en realistisch beoordelingskader. (p. 3)

Landbouwvergisters zijn aldus beperkt tot een maximum input van 60000 ton per jaar. In de context van deze masterproef dringt er zich dan wel een vraag op. Heeft deze waarde enkel betrekking op het vergistingsproces of juist op het totaalproces? Dit valt niet meteen af te leiden uit de omzendbrief. Hierboven werden reeds inpuhoeveelheden bepaald. Er werd nooit meer dan 60000 ton vergist, maar wel steeds voor meer dan 60000 ton verwerkt op jaarbasis.

Uit contacten met het departement Leefmilieu, Natuur en Energie (LNE) en het departement Ruimtelijke ordening, Woonbeleid en Onroerend erfgoed (RWO) (M. De Vrieze & H. Leinfelder, persoonlijke communicatie, 15 mei 2012) bleek dat er geen technische verklaring bestaat voor deze drempelwaarde. Het werd destijds naar voren geschoven door de afdeling Land van de Administratie Milieu-, Natuur-, Land- en waterbeheer (AMINAL). De bedoeling was om de bouw van vergistinginstallaties die meer dan 60000 ton inputmateriaal kunnen verwerken, te weigeren in agrarisch gebied. Die grens slaat bijgevolg op het totaalproces volgens deze instanties.

De afdeling Land van AMINAL is sinds 1 april 2006 niet meer bevoegd voor het adviseren van stedenbouwkundige vergunningsaanvragen met betrekking tot landbouwbedrijven. Tegenwoordig berust deze taak bij de Afdeling Duurzame Landbouwontwikkeling (ADLO) van het Departement Landbouw en Visserij. Vandaar dat men mij aanraadde om ook deze instantie te contacteren. Daar onderschrijven ze bovenstaand standpunt. Sterker nog, men is ervan overtuigd dat het handelt om 60000 inputmateriaal voor het totale

proces, en dus niet louter het vergistingsproces op zich (K. Holmstock, persoonlijke communicatie, 21 mei 2012). Hiervoor worden twee redenen aangehaald. Enerzijds mag het geen industriële afvalverwerking worden. Deze vorm van verwerking hoort immers thuis op gebieden met een andere bestemming, zoals bijvoorbeeld een bedrijventerrein. Anderzijds speelt ook het mobiliteitsaspect een belangrijke rol. Men redeneert dat grondstoffen die worden aan- en afgevoerd, maar niet in de vergistingsinstallatie worden gebracht, leiden tot extra transportbewegingen. Deze zijn minder evident in landbouwgebied dan op industriegebieden.

Daarnaast gelden bij stedenbouwkundige aanvragen door ADLO nog twee andere voorwaarden voor co-vergisters en mestbehandeling in agrarisch gebied. Enerzijds moet minstens 60% van de totale input van landbouwoorsprong zijn. De andere 40% mag aangevoerd worden onder de vorm van organisch biologisch afval uit andere sectoren. Anderzijds moet minstens 20% van het totaal inputmateriaal bestaan uit te verwerken dierlijke mest. De link met mestverwerking is dus belangrijk. Dit is een voorwaarde vanuit het Departement Landbouw en Visserij die niet als dusdanig omschreven staat in omzendbrief RO/2006/01.

Merk ten slotte op dat de verwerking van mest niet noodzakelijk moet plaatsvinden in een landbouwvergister. Toch is dit doorgaans het geval. Vergisting met mest is in principe toegelaten op bedrijventerreinen. Maar vaak zijn omliggende bedrijven, en bijgevolg de politiek, hier niet voor te vinden. Bovendien moet het mest, met een heel lage energiewaarde, dan verder getransporteerd worden en dit is niet wenselijk omwille van hoge kosten (M. Van Dael, persoonlijke communicatie, 15 mei 2012).

2.5.2 Mededeling VREG

Naast de drie voorwaarden opgelegd door de administratie omtrent de inplanting van vergistingsinstallaties, is ook mededeling 2011-3 (1 augustus 2011) betreffende de concrete toepassing door de VREG van een aantal recente decreetswijzigingen met betrekking tot de toekenning van groenestroomcertificaten, op het vlak van minimumsteun en de bijstook van biomassa in kolencentrales van belang. Het handelt hier dus niet langer om de inplanting, maar wel om de toekenning van groenestroomcertificaten aan vergistingsinstallaties. Bovendien wordt er in dit geval enkel gekeken naar het vergistingsproces en dus niet langer naar het totaalproces.

Meer concreet bepaalt mededeling 2011-3 de voorwaarden waaraan agrarische- en GFT-vergisters met nacompostering moeten voldoen om aanspraak te kunnen maken op

groenestroomcertificaten. Die voorwaarden hangen af van de gebruikte inputstromen. De mededeling stelt in dit verband dat:

1) *Voor biogas uit vergisting van hoofdzakelijk mest- en/of land- en tuinbouwgerelateerde stromen komen onderstaande stromen in aanmerking:*

1. *dierlijke mest;*
2. *land- en tuinbouwproducten van plantaardige [of dierlijke] oorsprong: gewassen of delen van gewassen geteeld op een land- en tuinbouwbedrijf, [en dierlijke producten afkomstig van veeteelt,] die niet als afval worden beschouwd;*
3. *[land- en tuinbouwafval van plantaardige of dierlijke oorsprong, inclusief natuur- en bermmaaisel. Dit betekent dat dit land- en tuinbouwafval enkel een bewerking mag ondergaan hebben om het te scheiden van land- en tuinbouwproducten die bestemd zijn voor rechtstreekse consumptie of voor verdere verwerking (vb. schillen, sorteren, versnijden) of om het te kunnen transporteren. Indien het land- en tuinbouwafval enige andere bewerking heeft ondergaan voor andere doeleinden komt het niet in aanmerking (vb. een thermische bewerking, verdere mechanische bewerking, menging met andere stoffen).]*

Op massabasis moet de som van deze stromen elke maand als minimumpercentage meer dan 50% van de inputstromen van de installatie uitmaken; het relatieve aandeel van elke stroom is onbelangrijk. Voor de aanvullende inputstromen geldt er geen bijzondere beperking.

2) *Voor biogas uit GFT-vergisting met compostering komen enkel inrichtingen in aanmerking die vergund zijn voor de compostering en vergisting van groente-, fruit- en tuinafval, d.w.z. het gescheiden ingezamelde organisch deel van het huishoudelijk afval. Het omvat in feite het plantaardig keukenafval en het gedeelte van het tuinafval dat bestaat uit niet houtig, fijn materiaal.*

Op massabasis moet [dit GFT-afval (inclusief natuur- en bermmaaisel)] elke maand als minimumpercentage ten minste 75% van de inputstromen van de installatie uitmaken. Voor de aanvullende inputstromen geldt er geen bijzondere beperking. (p. 8)

Er komen met andere woorden nog twee voorwaarden bij met betrekking tot de inpuhoeveelheden voor een vergistingsinstallatie. De eerste voorwaarde van deze mededeling is van belang voor model 2, de tweede voorwaarde voor model 1.

2.6 Aanpassing en overzicht inpuhoeveelheden

Hierboven werd geargumenteed dat wetgeving bepaalde voorwaarden oplegt aan vergistingsinstallaties. Om de analyse zo ruim mogelijk te houden, met inbegrip van vergistingsinstallaties in agrarisch gebied en groenestroomcertificaten dus, is het best om het model hier op af te stemmen. In wat volgt worden de inpuhoeveelheden getoetst aan de vijf voorwaarden. Tabel 7 bevat een overzicht van de inpuhoeveelheden die in onderdeel 2.4 bepaald werden.

Tabel 7: Overzicht inpuhoeveelheden o.b.v. van fysieke data (in ton verse stof)

	Model 1		Model 2		Model 3	
	10%-scenario	20%-scenario	10%-scenario	20%-scenario	10%-scenario	20%-scenario
GFT-afval	37400	37400	37400	37400	37400	37400
Groenafval	21222	23875	21222	23875	21222	23875
Grasmaaisel	4155	9350	4155	9350	4155	9350
Maïs			8310	2600		
Mest			12465	7790		
Ander			16620	10390		
TOTAAL	62777	70625	100172	108025	62777	70625

Het valt meteen op dat de totale input per situatie steeds hoger ligt dan 60000 ton, het maximum opgelegd door omzendbrief RO/2006/01. Maar we willen niet dat landbouwvergisters buiten de analyse vallen. In welke mate wordt voldaan aan de eerste drie voorwaarden berust op één zeer belangrijke assumptie. Deze houdt verband met de bijzonderheid van model 2. Het GFT- en groenafval wordt daar gecomposteerd om de vergelijking over de verwerkingsmethoden correct te houden. In deze masterproef wordt aangenomen dat de compostering in model 2 plaatsvindt op een andere site die niet gelegen is in agrarisch gebied. Zodoende behoren deze hoeveelheden niet tot het totaalproces van de landbouwvergister.

In het geval van model 2 overstijgt de input in de landbouwvergister de kaap van 60000 ton niet. Het totaalproces beschreven in model 1 daarentegen wél. Dit vormt desondanks geen probleem. Aangezien er geen mest verwerkt wordt, kan de verwerkingsmethode in model 1 nooit plaatsvinden in een landbouwvergister. Dit is immers niet toegelaten, zie voorwaarde drie. De inputbeperking van 60000 ton is hier dan ook niet op van toepassing. Alles in beschouwing genomen, verandert de eerste voorwaarde dus niets aan de inpuhoeveelheden die hierboven bepaald werden.

Rest nog de vraag in welke mate aan de andere voorwaarden wordt voldaan. De tweede voorwaarde, naast de inputbeperking, stelt dat minstens 60% van de input in een landbouwvergister van landbouwoorsprong moet zijn. De resterende 40% mag van andere sectoren komen. Welke stromen precies van landbouwoorsprong zijn, vinden we onder andere terug in mededeling 2011-3 van de VREG, dewelke hierboven reeds geciteerd werd. Het mest (30%), de maïs (10%-20%) en het grasmaaisel (10%-20%) voldoen aan de criteria. Bijgevolg zijn deze stromen van landbouwoorsprong, zodat aan de tweede voorwaarde wordt voldaan onder de assumptie dat compostering in model 2 niet plaatsvindt in landbouwzone.

De derde voorwaarde, die nergens uitdrukkelijk geformuleerd staat in wetgeving, schrijft voor dat minstens 20% van de totaalinput in een landbouwvergister moet bestaan uit te verwerken dierlijke mest. Vooreerst kan worden aangehaald dat in geval van industriële vergisting niet voldaan kan worden aan deze voorwaarde. In theorie is het immers mogelijk dat industriële vergisting (model 1) plaatsvindt in agrarisch gebied, hetgeen klaarblijkelijk niet toegelaten is. In de praktijk gebeurt dit daarom niet. In model 2, met abstractie van de composteringsprocessen, vormt mest 30% van de totaalinput. Zodoende wordt, in mijn model, tegemoet gekomen aan de derde voorwaarde.

Daarnaast zijn ook de voorwaarden voor het bekomen van groenestroomcertificaten, opgelegd door de VREG-mededeling, van belang. De vierde voorwaarde bepaalt het minimumpercentage aan stromen om hiervoor in aanmerking te komen bij een landbouwvergister, enkel met betrekking tot het vergistingsproces. Hier speelt de locatie van de composteringsprocessen dus geen rol. Het minimumpercentage van 50%, en dus de vierde voorwaarde, wordt vlot gehaald in model 2 aangezien mest, maïs en grasmaaisel in aanmerking komende inputstromen zijn.

De vijfde voorwaarde is van toepassing op GFT-vergisting met nacompostering, de situatie in model 1. Zoals uit de mededeling blijkt moet GFT-afval (inclusief natuur- en bermgrasmaaisel) in dit geval tenminste 75% uitmaken van de inputstromen. Aangezien enkel deze twee stromen industrieel vergist worden in model 1, bedraagt het relatieve aandeel hiervan 100% en wordt ook aan de vijfde voorwaarde voldaan.

In tabel 6 werden dus reeds de definitieve inpuhoeveelheden weergegeven. Deze zullen dienen in het verder verloop van het model. Enerzijds wordt er nog steeds dezelfde hoeveelheid GFT-, groen- en grasafval verwerkt in het 10%-, respectievelijk het 20%-scenario. Anderzijds wordt er eenzelfde hoeveelheid vergist bij industriële en landbouwvergisting. Dit is logisch aangezien grasmaaisel steeds 10% of 20% uitmaakt van de te vergisten hoeveelheid.

Hoofdstuk 3: Fysische valorisatie

In dit hoofdstuk wordt het eerste luik van mijn model behandeld, namelijk een fysische valorisatie van de verschillende stromen die ontstaan bij de drie verwerkingsmodellen. De inpuithoeveelheden die hierboven bepaald werden, zullen als vertrekbasis dienen in de verschillende processen. Dit gebeurt uiteraard voor zowel model 1, model 2 als model 3. Bovendien worden beide scenario's omtrent de inpuithoeveelheden apart weergegeven. Tenzij anders vermeld zijn de cijfergegevens gebaseerd op de ECP-studie. Data uit andere bronnen wordt als dusdanig weergegeven. Op het einde van dit hoofdstuk bevinden zich overzichtsfiguren voor elk van de drie modellen.

3.1 Model 1

Naast een opdeling in het 10%- en 20% scenario, wordt in wat volgt een onderscheid gemaakt tussen drie grote onderdelen van het volledige proces. Eerst wordt het vergistingsproces besproken. Daaruit komt digestaat (materiaal) voort, hetgeen verder verwerkt wordt door nacompostering. Naast het digestaat komt er ook biogas vrij. Hiermee wordt energie, in de vorm van elektriciteit en warmte, opgewekt. Een deel van die energie wordt ook weer benut in het proces.

3.1.1 Industriële vergisting

Het proces begint bij de vergisting van GFT-afval en grasmaaisel. Alvorens deze stromen in de vergister gaan, wordt het GFT-afval voorbehandeld. Dit laat toe om eventuele onzuiverheden, zoals metaal, te elimineren. Meer concreet vormt het residu 0,63% van de input aan GFT-afval. We gaan ervan uit dat het grasmaaisel niet voorbehandeld wordt.

Eens de voorbehandeling plaatsgevonden heeft, start het vergistingsproces. Hierbij zijn er twee mogelijke uitkomsten, namelijk digestaat en biogas. De verdeling tussen deze twee wordt bepaald door de 'splitfactor'. Een splitfactor geeft eenvoudig weer hoeveel % van de totale massa er, door een proces, resulteert in een bepaalde uitkomst beoogd door dat proces. De splitfactor voor GFT-afval is reeds bepaald in de ECP-studie en bedraagt 87,85% digestaat, respectievelijk 12,15% biogas. De splitfactor voor grasmaaisel ligt minder voor de hand. Deze is op een indirecte manier bepaald en bedraagt 84,84% digestaat, respectievelijk 15,16% biogas. De volledige redenering om tot deze splitfactor te komen is opgenomen in onderdeel 3.1.3 betreffende de energieproductie.

Tabel 8 vat het vergistingsproces voor model 1 samen. De twee grote uitkomsten, digestaat en biogas, worden verder behandeld.

Tabel 8: Vergistingsproces bij industriële vergisting (in ton verse stof)

		10%-scenario	20%-scenario
Input	GFT-afval	37400	37400
	Grasmaaisel	4155	9350
Voorbehandeling GFT-afval	99,37% GFT-afval naar vergister	37300	37300
	0,63% Residu	100	100
Vergister	Input	41455	46650
	Output digestaat	36294	40702
	87,85% <i>GFT-afval</i>	32768	32768
	84,86% <i>grasmaaisel</i>	3526	7934
	Output biogas (nat)	5161	5948
	12,15% <i>GFT-afval</i>	4532	4532
	15,14% <i>grasmaaisel</i>	629	1416

3.1.2 Nacompostering digestaat

Zoals eerder aangehaald wordt het digestaat, dat vrijkomt bij het vergistingsproces, verder verwerkt tot compost. Hiertoe is groenafval vereist om het droge stofgehalte op te drijven. Het hoogcalorisch structuurmateriaal wordt er eerst uitgezeefd. Alhoewel het maximale percentage afzeving 15% bedraagt, wordt er in deze masterproef voor geopteerd om 11% aan te houden. Dit in navolging van de ECP-studie.

Het groenafval dat dan overblijft, de groentransfer, wordt bij het digestaat gevoegd. Bovendien is er ook nog een recirculatiedeel, dat 22,70% uitmaakt van de som van het digestaat en de groentransfer. De totale input voor nacompostering omvat dus het digestaat, de groentransfer en het recirculatiedeel. Hiervan resulteert 52% in compost. De overige 48% bestaat uit CO₂ en waterdamp. Het compost wordt vervolgens nabewerkt. Hierdoor ontstaat er een residu, meer bepaald 3,67% van de hoeveelheid input aan GFT-afval. Vandaar dat de omvang van dat residu gelijk is in beide scenario's. Om de vergelijking correct te houden, wordt het recirculatiedeel afgetrokken van het gedeelte input dat overblijft na alle stappen. Op die manier bekomen we de hoeveelheid finaal compost in tabel 9 als gevolg van de verwerkingsmethoden in model 1.

Tabel 9: Nacompostering digestaat (in ton verse stof)

		10%-scenario	20%-scenario	
Groenafval	Input	21222	23875	
	89,00% Groentransfer	18888	2626	
	11,00% Structuurmateriaal	2334	21249	
Input nacompostering	Totaal	67708	76014	
		<i>Digestaat</i>	36294	40702
		<i>Groentransfer</i>	18888	21249
	22,70%	<i>Recirculatiedeel (+)</i>	12526	14063
Output	52,00%	Compost	35208	39527
	48,00%	CO2 en waterdamp	32500	36487
Nabewerking		Input = compost	35208	39527
	3,67%	Residu	1300	1300
		Recirculatiedeel (-)	12526	14063
Finaal compost		21382	24164	

3.1.3 Opbrengst biogas

Als laatste onderdeel van model 1 beschouwen we het andere product dat voorkomt uit het vergistingsproces, namelijk biogas. Het biogas is op dat moment nog nat en dient bijgevolg eerst gedroogd te worden, hetgeen leidt tot condensaat (3,30%) en droog biogas (96,70%). Tot hier toe is er steeds gerekend in ton verse stof. Om de energieproductie te kunnen achterhalen dient deze hoeveelheid omgezet te worden van massa naar volume. Het volume biogas wordt uitgedrukt in normale kubieke meter (Nm³). De omzetting gebeurt aan de hand van volgende formule:

$$Nm^3 = \frac{1}{\text{dichtheid biogas in kg/Nm}^3} \times \text{ton verse stof} \times 1000$$

De dichtheid van biogas verschilt naargelang deze nat of droog is. Nat biogas heeft een dichtheid van 1,22 kg/Nm³, droog biogas 1,24 kg/Nm³. Bijgevolg wordt het droog biogas uitgedrukt in normale kubieke meter. Zoals eerder aangehaald kunnen we aan de hand van deze formule ook splitfactoren berekenen. Er heeft reeds een studie, in het kader van graskracht, plaatsgevonden naar de biogasproductie van verschillende inputstromen (tabel 3). Deze studie werd uitgevoerd door Organic Waste Systems (OWS). Verschillende testen schatten dat de biogasproductie van gemiddeld grasland 124,1 liter biogas per kilogram bedraagt. Aangezien 1 Nm³/ton = 1000 l/ton = l/kg, is dit dus eveneens 124,1 Nm³/ton. Maar hoe kan hier dan een splitfactor uit worden berekend? In wat volgt maken we deze rekeningoefening voor het 10%-scenario. Vooreerst dient de

totale biogasproductie berekend te worden voor grasmaaisel. In dit geval levert 4155 ton input een totale biogasproductie op van 515637 Nm³ (124,1 Nm³/ton * 4155 ton). Deze waarde kan vervolgens ingevuld worden in bovenstaande formule. Let wel, er moet uitgegaan worden van de dichtheid van nat biogas. Dit levert de volgende vergelijking op:

$$515637 \text{ Nm}^3 = \frac{1}{1,22 \text{ kg/Nm}^3} \times \text{ton verse stof} \times 1000$$

De oplossing van bovenstaande formule is 629 ton verse stof biogas. Met andere woorden, een input van 4155 ton grasmaaisel resulteert in een biogasproductie van 629 ton verse stof. Dit is dus 15,14% van de input. De overige 84,86% vormen het aandeel digestaat. Bijgevolg kennen we de splitfactor. Eenzelfde redenering kan gemaakt worden bij het 20%-scenario.

Het totaal volume biogas heeft een bepaald energiepotentieel, waarvoor uitgegaan wordt van 5,74 kWh per Nm³. Dit energiepotentieel kan worden omgezet naar elektriciteit en (hoge temperatuur) warmte door een warmtekrachtkoppeling. Een deel van het energiepotentieel gaat verloren in de vorm van restwarmte. Van het energiepotentieel wordt er 38% omgezet in elektriciteit, 40% in hoge temperatuur warmte en 22% in restwarmte. Daarnaast is de installatie slechts 7000 uur per jaar operationeel. Hierdoor dienen bovenstaande percentages vermenigvuldigd te worden met 7000/8760. Het gedeelte dat zodoende overblijft (1760/8000 van het energiepotentieel) wordt via een fakkelt afgevoerd. Tabel 10 vat deze bevindingen bondig samen.

Tabel 10: Energieproductie bij industriële vergisting

		10%-scenario	20%-scenario
Input	Biogas (nat)	5161 ton	5948 ton
Drogen	3,30%	Condensaat	171 ton
	96,70%	Biogas (droog)	4990 ton
	1,24 kg/Nm ³	Volume	4015205 Nm ³
	5,74 kWh/Nm ³	Energiepotentieel	23028 MWh
Energie	30,37%	Elektriciteit	6992 MWh
	31,96%	HT Warmte	7360 MWh
	17,58%	Restwarmte	4048 MWh
	20,09%	Fakkelt	4628 MWh

Naast de opwekking van energie verbruiken de processen in model 1 ook zelf elektriciteit en warmte. Het elektriciteitsverbruik voor GFT-vergisting met nacompostering wordt geschat op 0,04582 MWh per ton input (persoonlijke communicatie, E. Vandaele, 8 mei 2012). Daarnaast wordt een deel van de hoge temperatuur warmte benut om de vergister op te warmen, meer bepaald 15% van het energiepotentieel. Samen met de energieproductie levert dit, in tabel 11, een energiebalans op.

Tabel 11: Energiebalans bij industriële vergisting met nacompostering (in MWh)

			10%-scenario	20%-scenario
Elektriciteit		Opwekking	6992	8058
	0,04582 MWh/ton	Verbruik	2876	3236
		Netto	4116	4822
HT Warmte		Opwekking	7360	8482
	15% energie pot.	Verbruik	3454	3981
		Netto	3906	4502

3.2 Model 2

Bij model 2 bestaat er een grote analogie met hetgeen reeds beschreven werd voor model 1. Toch zijn er een aantal wezenlijke verschillen. Zo worden de stromen GFT- en groenafval hier gecomposteerd. Er wordt bijgevolg een opsplitsing gemaakt in drie processen. Proces 1 betreft de landbouwvergisting, proces 2 de compostering van groenafval en proces 3 de compostering van GFT-afval. Daarenboven valt proces 1 verder uit mekaar in het vergistingsproces, de naverwerking van het digestaat en de biogasopbrengst.

3.2.1 Landbouwvergisting

3.2.1.1 Vergistingsproces

De karakteristieken van dit vergistingsproces zijn gelijkaardig aan dat bij industriële vergisting. Naast grasmaaisel worden er wel drie andere stromen vergist, namelijk maïs, mest en de andere stroom. Ook hier wordt er gebruik gemaakt van splitfactoren. De splitfactor voor grasmaaisel werd reeds bepaald. Een gelijkaardige redenering geldt in het geval van maïs, mest en de andere stroom. De biogasproductie van maïs werd door het OWS geschat op 153,5 liter per kilogram. Mest daarentegen heeft praktisch geen energetische waarde, de biogasproductie bedraagt dan ook slechts 2 liter per kilogram. De andere stroom is een samenvoeging van glycerine (12,5% met 317,6 l/kg), biomix (50% met 69,6 l/kg), biograanmix (25% met 184,4 l/kg) en koolzaadkoek (12,5% met

304,2 l/kg). Het gewogen gemiddelde voor biogasproductie van de andere stroom bedraagt derhalve 158,63 l/kg. Aan de hand van deze gegevens kunnen, op dezelfde wijze als hierboven uiteengezet, ook deze splitfactoren berekend worden. De resultaten van het vergistingsproces zijn opgenomen in tabel 12.

Tabel 12: Vergistingsproces bij landbouwvergisting (in ton verse stof)

		10%-scenario	20%-scenario	
Input	Grasmaaisel	4155	9350	
	Maïs	8310	4675	
	Mest	12465	14025	
	Ander	16620	18700	
Vergister		Output digestaat	36119	40807
	84,86%	<i>grasmaaisel</i>	3526	3800
	81,28%	<i>maïs</i>	6754	7934
	99,76%	<i>mest</i>	12435	13991
	80,65%	<i>ander</i>	13404	15082
		Output biogas (nat)	5431	5943
	15,14%	<i>grasmaaisel</i>	629	1416
	18,72%	<i>maïs</i>	1556	875
	0,24%	<i>mest</i>	30	34
	19,35%	<i>ander</i>	3216	3618

3.2.1.2 Naverwerking digestaat

Het digestaat dat voortkomt uit het vergistingsproces wordt eerst ontwaterd. Dit leidt enerzijds tot afvalwater en anderzijds tot een dikke fractie. Om de verdeling tussen deze twee te kennen dient de splitfactor berekend te worden, dewelke afhankelijk is van de hoeveelheid water in de input. We willen een dikke fractie bekomen met een droge stofgehalte van 30% (N. Witters, persoonlijke communicatie, 26 juli 2012). Aangezien het vochtgehalte verschilt per stroom, zie tabel 3, is de splitfactor verschillend tussen het 10%- en 20%-scenario. Vooreerst dient het vochtgehalte van het digestaat berekend te worden. De totale hoeveelheid vocht van de te vergisten input bedraagt in het 10%-scenario 30548 ton. Onder de assumptie dat, na vergisting, het (nat) biogas voor 3,3049499% bestaat uit water, bevat het digestaat 30368,50 ton vocht. De absolute droge stofhoeveelheid bedraagt zodoende 5750 ton. De omvang van het vocht dient nu verminderd te worden zodat het droge stofgehalte 30% van het totaal uitmaakt. Met andere woorden, er moet voor 16951 ton ontwaterd worden. De splitfactor is aldus 53,07% dikke fractie en 46,93% water. Eenzelfde redenering geldt in het 20% scenario.

Na het proces van ontwateren wordt de dikke fractie verder gedroogd. Ook hier dient de splitfactor berekend te worden. In het 10%-scenario bestaat de dikke fractie voor droging uit 13418 ton water en 5750 ton droge stof. Door middel van droging tracht men te komen tot een droge stofgehalte van 85% (N. Witters, persoonlijke communicatie, 26 juli 2012). Bijgevolg wordt er 12404 ton vocht aan deze materie onttrokken in het drogingsproces. De splitfactor bedraagt aldus 35,30% droog digestaat en 64,70% residu. In tabel 13 wordt deze denkwijze weergegeven. Eenzelfde redenering geldt bij het 20%-scenario. Daar bestaat het digestaat voor 33759 ton vocht en 7048 ton droge materie.

Tabel 13: Splitfactoren ontwateren en drogen digestaat voor het 10%-scenario (in ton) (splitfactoren voor totaal digestaat en afvalwater tussen haken)

	10%-scenario illustratie			
	Resterend vocht	Droge stof	Totaal digestaat	Afvalwater
Nat digestaat (16 dm%)	30369	5750	36119	
Ontwaterd (30 dm%)	13418	5750	19168 (53,07%)	16951 (46,93%)
Gedroogd (85 dm%)	1015	5750	6765 (35,30%)	12403 (64,70%)

dm% = droge stofgehalte = droge stof/totaal

Nu de berekening van de splitfactoren gekend is, reikt tabel 14 een overzicht aan van alle hoeveelheden en splitfactoren die gepaard gaan met de naverwerking van het digestaat.

Tabel 14: Materialenproductie landbouwvergisting (in ton verse stof)

		10%-scenario	20%-scenario
Input	Digestaat	36119	40807
Ontwateren	53,07% - 57,57% Dikke fractie	19169	23493
	46,93% - 42,43% Afvalwater	16950	17314
Drogen dikke fractie	35,30% - 35,30% Droog digestaat	6765	8293
	64,70% - 64,70% Residu	12404	15200
Finaal digestaat		6765	8293

3.2.1.3 Opbrengst biogas

Het biogas wordt ook hier weer aangewend om energie (elektriciteit en hoge temperatuur warmte) te produceren. De modaliteiten van dit proces zijn identiek aan deze bij industriële vergisting. Het handelt hier enkel om andere hoeveelheden. Bijgevolg wordt verwezen naar tabel 15, waar de resultaten en bijhorende assumpties opgesomd staan.

Tabel 15: Energieproductie landbouwvergisting

			10%-scenario	20%-scenario
Input	Biogas (nat)		5431 ton	5943 ton
Drogen	3,30%	Condensaat	179 ton	196 ton
	96,70%	Biogas (droog)	5251 ton	5746 ton
	1,24 kg/Nm ³	Volume	4224926 Nm ³	4623469 Nm ³
	5,74 kWh/Nm ³	Energiepotentieel	24230 MWh	26516 MWh
Energie	30,37%	Elektriciteit	7358 MWh	8052 MWh
	31,96%	HT Warmte	7745 MWh	8475 MWh
	17,58%	Restwarmte	4260 MWh	4661 MWh
	20,09%	Fakkels	4868 MWh	5327 MWh

Naast de productie van energie is er ook hier, uiteraard, weer sprake van energieverbruik. Wat betreft het verbruik van elektriciteit wordt dezelfde waarde gebruikt als bij GFT-vergisting met nacompostering. Dit is het best beschikbare uitgangspunt. Van de hoge temperatuur warmte wordt er, naast de vergister, ook warmte benut bij de droging van de dikke fractie. Deze laatste wordt verondersteld 0,658 MWh per ton dikke fractie te bedragen (N. Witters, persoonlijke communicatie, 26 juli 2012). De energiebalans bij landbouwvergisting is opgenomen in tabel 16.

Tabel 16: Energiebalans landbouwvergisting (in MWh)

			10%-scenario	20%-scenario
Elektriciteit		Opwekking	7358	8052
	0,04582 MWh/ton	Verbruik	1904	2142
		Netto	5454	5910
HT warmte		Opwekking	7745	8475
		Verbruik	16247	19436
	15% energie pot.	<i>vergister</i>	3635	3977
	0,658 MWh/ton d.f.	<i>drogen</i>	12613	15458
		Netto	-8503	-10960

3.2.2 Open composteren groenafval

Bij model 2 wordt groenafval gecomposteerd om de vergelijking tussen de alternatieven staande te houden. Het betreft een open installatie. Het groenafval wordt eveneens afgezeefd alvorens deze als input kan dienen in het proces. Het afgezeefde structuurmateriaal vormt 11% van het groenafval. De input in het composteringsproces

resulteert enerzijds in finaal compost (55%) en anderzijds in CO₂ en waterdamp (45%). De materialenproductie bij open composteren van groenafval wordt schematisch weergegeven in tabel 17.

Tabel 17: Materialenproductie open composteren groenafval (in ton)

		10%-scenario	20%-scenario
Groenafval	Input	21222	23875
	89,00% Groentransfer	18888	21249
	11,00% Structuurmateriaal	2334	2626
Composteren	Input = groentransfer	18888	21249
	55,00% Output compost	10388	11687
	45,00% CO ₂ en waterdamp	8499	9562
Finaal compost		10388	11687

In dit composteringsproces vindt er geen opwekking van elektriciteit of warmte plaats. Wel wordt er elektriciteit verbruikt. Uit contacten met de Vlaamse Compostorganisatie (VLACO) (E. Vandaele, persoonlijke communicatie, 8 mei 2012) wordt het elektriciteitsverbruik bij groencompostering geschat op 0,02349 MWh per ton. De gevolgen hiervan voor de energiebalans zijn opgenomen in tabel 18.

Tabel 18: Energiebalans open composteren groenafval (in ton)

		10%-scenario	20%-scenario	
Elektriciteit		Opwekking	0	0
	0,02349 MWh/ton	Verbruik	499	561
		Netto	-499	-561

3.2.3 Gesloten composteren GFT-afval

Als laatste proces in model 2 wordt het gesloten composteren van GFT-afval beschouwd. Een eerste stap bestaat erin om het GFT-afval voor te behandelen. Dit leidt tot een zeer klein residu (0,27%). De overige 99,73%, de GFT-transfer, dient als input in het composteringsproces. Hierbij wordt een bijkomend recirculatiedeel gevoegd. Analoog aan industriële vergisting bedraagt dit deel ook 22,7% van de input. De GFT-transfer, samen met het recirculatiedeel, resulteert in compost (52,29%) en CO₂ en waterdamp (47,71%). Het compost wordt vervolgens nabewerkt, waarbij er voor 3,48% van de oorspronkelijke input residu onttrokken wordt. Na inhouding van het recirculatiedeel bekomen we de finale hoeveelheid compost. Merk op dat in de samenvattende tabel 19 de input van GFT-afval dezelfde is voor het 10%- en 20%-scenario.

Tabel 19: Materialenproductie gesloten compostering GFT-afval (in ton)

			10%-scenario	20%-scenario
Input	GFT-afval		37400	37400
	99,73%	GFT-transfer	37300	37300
	0,27%	Residu	100	100
Composteren		Input = GFT-transfer	37300	37300
	22,70%	Recirculatiedeel	8467	8467
	52,29%	Output compost	23932	23932
	47,71%	CO ₂ en waterdamp	21835	21835
Nabewerking		Input compost	23932	23932
	3,48%	Residu	832	832
		Recirculatiedeel (-)	8467	8467
Finaal compost			14633	14633

Het elektriciteitsverbruik bij GFT-compostering werd bekomen uit contacten met het VLACO (E. Vandaele, persoonlijke communicatie, 8 mei 2012). Deze bedraagt 0,0412 MWh per ton. Wederom, is er geen sprake van energieopwekking, zie tabel 20.

Tabel 20: Energiebalans gesloten compostering GFT-afval (in MWh)

			10%-scenario	20%-scenario
Elektriciteit		Opwekking	0	0
	0,0412 MWh/ton	Verbruik	1541	1541
		Netto	-1541	-1541

3.2.4 Overzicht

De hierboven beschreven resultaten voor model 2 worden in tabel 21 weergegeven. Deze zijn vooral van belang bij de economische valorisatie, die het onderwerp vormt van het volgende hoofdstuk. Op deze manier wordt het groter plaatje, over de verschillende processen, duidelijker.

Tabel 21: Overzicht fysieke valorisatie model 2

		10%-scenario	20%-scenario
Finaal product	Digestaat proces 1	6765 ton	8293 ton
	Compost proces 2	10388 ton	11687 ton
	Compost proces 3	14633 ton	14633 ton
Elektriciteit	Proces 1	5454 MWh	5910 MWh
	Proces 2	-499 MWh	-499 MWh
	Proces 3	-1541 MWh	-1541 MWh
	Netto	3414 MWh	3870 MWh
HT Warmte	Verbruik	8503 MWh	10960 MWh

3.3 Model 3

Als derde en laatste model komt composteren van grasmaaisel aan bod. Om de vergelijking met de twee vorige modellen te kunnen doortrekken, wordt opnieuw GFT- en groenafval betrokken. In proces 1 wordt het grasmaaisel, samen met het groenafval, gecomposteerd. In proces 2 vindt het composteren van GFT-afval plaats.

3.3.1 Open composteren groenafval en grasmaaisel

Groenafval wordt voorbehandeld. Door de afzeving van hoogcalorisch structuurmateriaal komt 89% van het groenafval terecht bij het grasmaaisel. De combinatie van beide wordt daarna gecomposteerd in een open installatie. Hierbij wordt 55% van de input omgezet in finaal compost, de overige 45% bestaat uit CO₂ en waterdamp. De resultaten van de materialenproductie van het eerste proces in model 3 kan teruggevonden worden in tabel 22.

Tabel 22: Materialenproductie open composteren groenafval en gras (in ton)

			10%-scenario	20%-scenario
Input	Groenafval		21222	23875
	Gras		4155	9350
Voorbehandeling groenafval	89%	Groentransfer	18888	21249
	11%	Structuurmateriaal	2334	2626
Composteren	Input		23043	30599
	55%	Output compost	12673	16829
	45%	CO ₂ en waterdamp	10369	13769
Finaal compost			12673	16829

Voor dit proces wordt uitgegaan van het elektriciteitsverbruik voor groencompostering. Deze bedraagt 0,02349 MWh per ton (E. Vandaele, persoonlijke communicatie, 8 mei 2011). Van een opwekking van energie is geen sprake. De concrete waarden bevinden zich in tabel 23.

Tabel 23: Energiebalans open composteren groenafval en gras (in MWh)

			10%-scenario	20%-scenario
Elektriciteit		Opwekking	0	0
	0,02349 MWh/ton	Verbruik	596	780
		Netto	-596	-780

3.3.2 Gesloten composteren GFT-afval

Dit proces, en de bijhorende resultaten, zijn volledig identiek zijn aan proces 3 in model 2. Voor de volledigheid worden de resultaten van de materialenproductie, tabel 24, en de energiebalans, tabel 25, hieronder weergegeven.

Tabel 24: Materialenproductie gesloten composteren GFT-afval (in ton)

			10%-scenario	20%-scenario
input	GFT-afval		37400	37400
	99,73%	GFT-transfer	37300	37300
	0,27%	Residu	100	100
Composteren		Input = GFT-transfer	37300	37300
	22,70%	Recirculatiedeel	8467	8467
	52,29%	Output compost	23932	23932
	47,71%	CO ₂ en waterdamp	21835	21835
Nabewerking		Input compost	23932	23932
	3,48%	Residu	832	832
		Recirculatiedeel (-)	8467	8467
Finaal compost			14633	14633

Tabel 25: Energiebalans gesloten composteren GFT-afval (in MWh)

			10%-scenario	20%-scenario
Elektriciteit		Opwekking	0	0
	0,0412 MWh/ton	Verbruik	1541	1541
		Netto	-1541	-1541

3.3.3 Overzicht

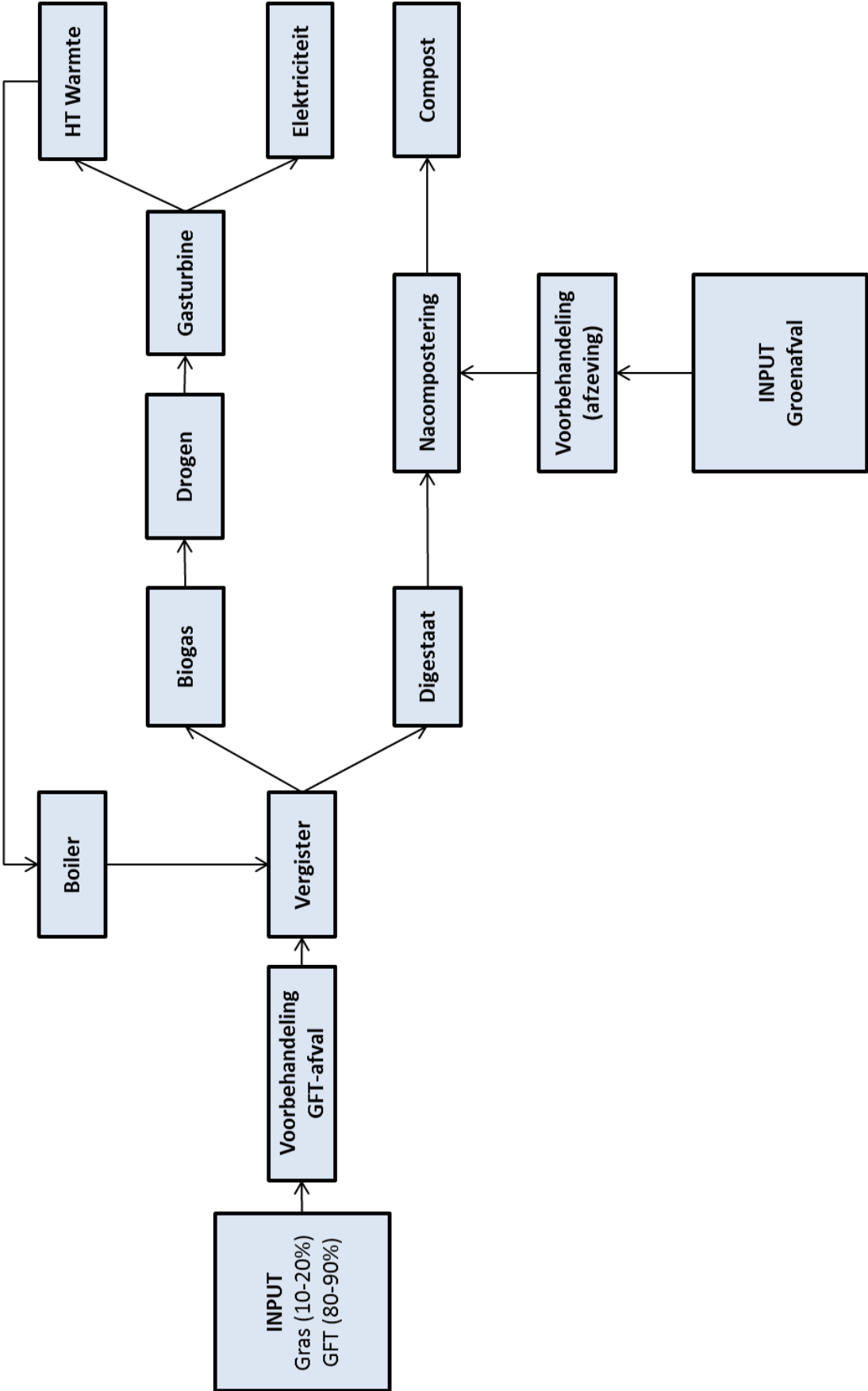
Aangezien bij deze verwerkingsmethode ook een tweedeling werd gemaakt door de verschillende processen, wordt er nog een overzicht aangereikt van de bekomen resultaten in model 3. Deze bevindt zich in tabel 26.

Tabel 26: Overzicht fysische valorisatie model 3

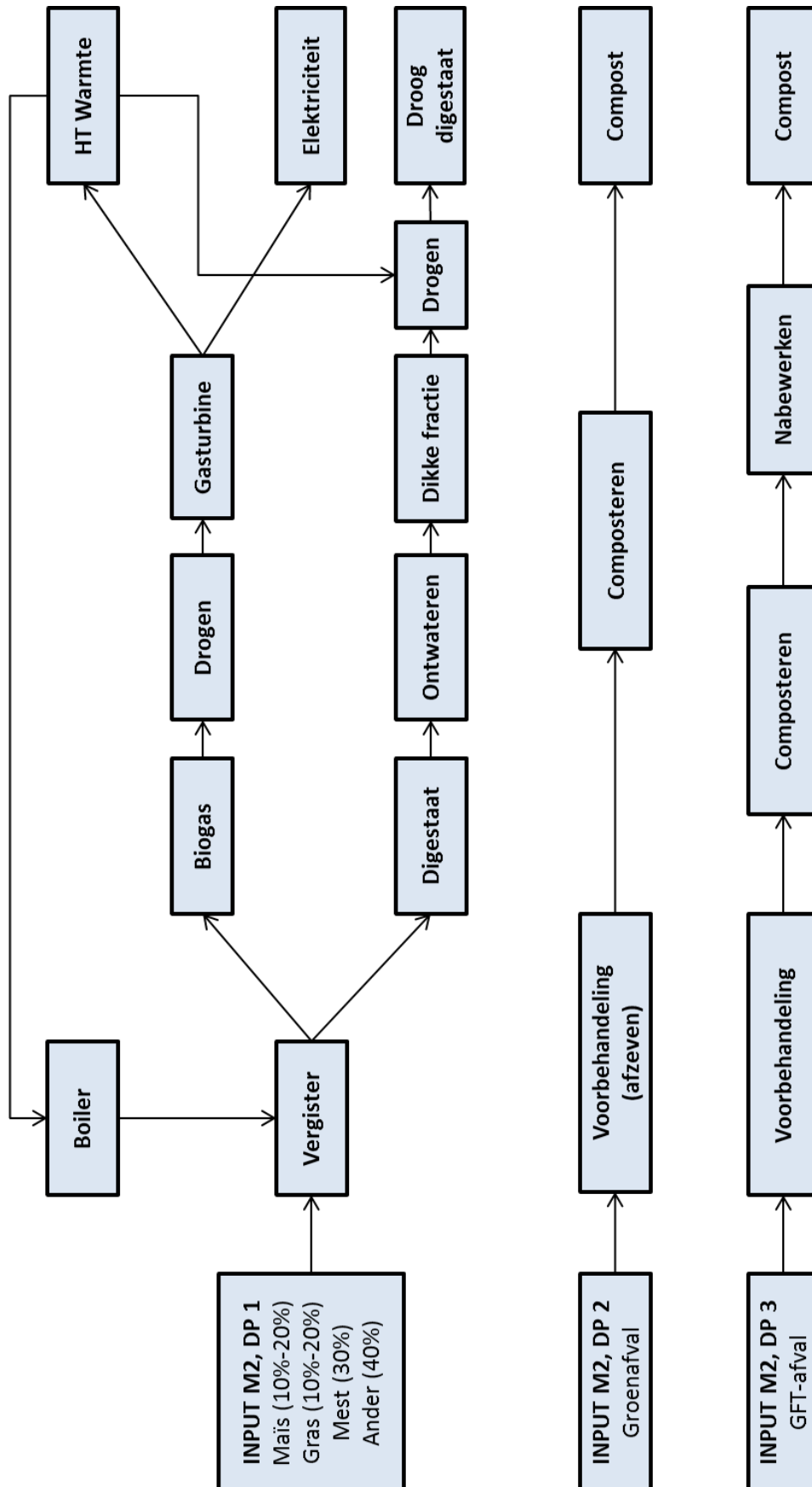
		10%-scenario	20%-scenario
Finaal product	Compost proces 1	12673 ton	16829 ton
	Compost proces 2	14633 ton	14633 ton
Elektriciteit	Proces 1 (-)	596 MWh	780 MWh
	Proces 2 (-)	1541 MWh	1541 MWh
	Netto (-)	2137 MWh	2321 MWh

Hieronder worden nog drie overzichtsfiguren aangereikt, één voor elk model.

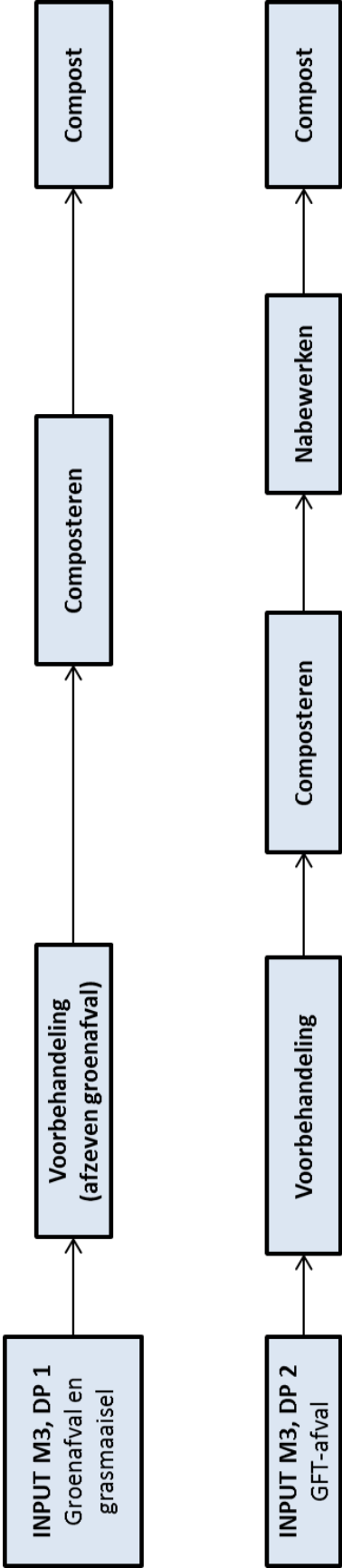
Figuur 2: Het proces bij model 1



Figuur 3: De processen bij model 2



Figuur 4: De processen bij model 3



Hoofdstuk 4: Economische valorisatie

Na de fysische valorisatie verschuift nu de aandacht naar de economische waarde van de processen die hierboven beschreven werden. De vraag in welke mate deze rendabel zijn, staat in dit hoofdstuk centraal. De levensduur van het project bedraagt 15 jaar. De structuur over de modellen is steeds gelijk. Er zijn drie grote groepen van monetaire waarden: de investeringskosten, de operationele kosten en de opbrengsten. De combinatie van deze drie levert voor elke verwerkingsmethode een economische waarde op, dewelke we later kunnen gebruiken om een vergelijking tussen de modellen te maken. Ook hier zijn veel inputgegevens afkomstig uit de ECP-studie, andere worden expliciet vermeld.

4.1 Model 1

4.1.1 Investeringskost

De investeringskosten vergen heel wat assumpties. Per verwerkingsmethode kunnen immers verschillende soorten installaties gebruikt worden, elk met een eigen kostprijs. Bovendien zijn deze kosten vaak niet algemeen beschikbaar. Zo werden er geen gegevens teruggevonden van de investeringskost van de voorbehandelingsinstallatie voor het GFT-afval, van de afzevingsinstallatie voor groenafval en van de nabewerkingsinstallatie voor compost. Aangezien deze in elk model en in elk scenario nodig zijn, worden deze buiten beschouwing gelaten. Relatief gezien verandert er niets aan de vergelijking tussen de modellen.

In model 1 vormt de investeringskost voor de nacomposteringsinstallatie de grootste uitgave, gevolgd door de vergister en de gasturbine om biogas om te zetten in energie. Daarnaast dient ook geïnvesteerd te worden in een waterzuiveringsinstallatie, een gasnetwerk en een warmtenetwerk. De boiler zorgt ervoor dat het vergistingsproces op de gewenste temperatuur gebracht kan worden. De site voorbereiding ten slotte is een éénmalige niet-geactiveerde oprichtingskost om al deze installaties te plaatsen.

Een overzicht van de investeringskosten bij model 1 bevindt zich in tabel 27. Daarnaast is ook de levensduur van elke installatie opgenomen. Zoals aangegeven in de beperkingen, wordt een investering herhaald na het verstrijken van de levensduur ervan. Elk model wordt geacht te stoppen na een periode van 15 jaar. Voor de overzichtelijkheid werd geopteerd om alle formules, die de grondslag vormen van iedere economische waarde, op te nemen in de bijlages. De manier waarop de investeringskosten bepaald werden, vormt het onderwerp van bijlage 1.

Tabel 27: Investeringskosten model 1 (in euro)

	Levensduur (jaar)	10%-scenario	20%-scenario
Vergister	15	6.118.446	6.267.599
Nacomposteringsinstallatie	15	9.648.357	10.832.013
Drooginstallatie biogas	15	86.040	99.152
Waterzuiveringsinstallatie	15	250.000	250.000
Gasturbine	10	652.203	751.597
Gasnetwerk	15	117.500	87.501
Warmtenetwerk	15	630.000	630.000
Boiler	10	25.000	25.000
Site voorbereiding	0	1.752.755	1.894.286
Totaal (Σ)		19.280.301	20.837.148

4.1.2 Operationele kost

Naast investeringskosten zijn er ook kosten die jaarlijks terugkeren. De kosten voor het onderhoud van de site, het watergebruik, de verzekering en de herstellingen zijn in navolging van de ECP-studie gelijk over de modellen. Omdat hun aantal verschillend is voor de modellen, worden ze wel opgenomen in de analyse.

De uitbetaling aan het personeel betreft de grootste operationele kost in model 1. Er wordt uitgegaan van vijf personeelsleden per site. Als er vergist wordt, komt hier nog één extra personeelslid bij. Deze heeft bovendien een hoger uurloon. Naast het algemeen onderhoud van de site, dienen ook de installaties onderhouden te worden. Een laatste groep kosten wordt gebundeld onder de naam 'andere'. Het handelt hier om de kosten die gemaakt worden voor het analyseren van de te vergisten input, de kosten voor de oliebehoefte van de gasturbine en de voorbehandelingskost van het afzeven van het structuurmateriaal uit het groenafval. Aangezien er per scenario dezelfde hoeveelheid groenafval verwerkt wordt, is deze gelijk binnen de scenario's maar dus niet over de modellen.

Alle formules die aan de grondslag liggen van de berekening van de operationele kosten, zijn opgesomd in bijlage 2. De operationele kosten specifiek voor model 1 bevinden zich in tabel 28.

Tabel 28: Operationele kosten model 1 (in euro)

		10%-scenario	20%-scenario
Onderhoud site		26.000	26.000
Watergebruik		5.600	5.600
Verzekering		17.500	17.500
Herstellingen		300.000	300.000
Personeel		292.800	292.800
Onderhoud		354.547	376.162
Andere	<i>Analysekost input vergister</i>	69.230	77.905
	<i>Oliekost gasturbine</i>	1.960	1.960
	<i>Voorbehandelingskost afzeven</i>	11.672	13.131
Totaal (Σ)		1.079.309	1.111.058

4.1.3 Opbrengst

Tegenover het maken van investerings- en operationele kosten, staat uiteraard het creëren van bepaalde opbrengsten. De uiteindelijke doelstelling is immers dat deze opbrengsten de kosten overstijgen binnen de levensduur van het project.

Een eerste vorm van opbrengsten betreft de verkoop van het overschot aan elektriciteit dat opgewekt werd door middel van het vergistingsproces. Deze wordt verkocht aan 90% van de aankoopprijs (139,40€/MWh). Daarnaast speelt ook een opportuiniteitskost. De elektriciteit die verbruikt wordt door het proces moet immers niet meer aangekocht worden.

De grootse vorm van inkomsten heeft te maken met de zogenaamde *gate fees*. Een gate fee is de prijs die moet worden betaald om afval aan een installatie te mogen leveren. De grondstoffen voor het proces in model 1 leveren geld op voor de verwerker. Alle gate fees zijn gelijk over de modellen. De gate fee voor GFT-afval (62€) en de gate fee voor groenafval (36€) komen rechtstreeks uit de ECP-studie. De gate fee voor grasmaaisel daarentegen bedroeg oorspronkelijk 20€. Uit contacten met het VLACO bleek dat de gate fee voor grasmaaisel hoger moet zijn dan die van groenafval (persoonlijke communicatie, E. Vandaele, 8 mei 2012). Uit een studie van de OVAM blijkt dat de gate fee voor grasmaaisel minstens 30€ bedraagt (OVAM, mei 2009). Al deze inzichten beschouwd, wordt de gate fee voor grasmaaisel op 36€ gezet.

Als derde opbrengstensoort worden er een aantal deelproducten uit het proces verkocht. Het betreft hier het structuurmateriaal door de afzeving van groenafval (10€/ton), de compost (4,96€/ton) en het residu uit de voorbehandeling van het GFT-afval (25€/ton). Deze laatste bevat doorgaans een hoog aandeel metaal.

Ten slotte worden de economische steunmaatregelen opgenomen in de analyse. In de reeds vermelde mededeling 2011-3 van de Vlaamse Regulator van de Elektriciteits- en Gasmarkt (VREG) vinden we de minimumsteun, de minimaal gegarandeerde looptijd en de installaties die in aanmerking komen voor groenestroomcertificaten. Voor biogas uit GFT-vergisting met nacompostering (model 1) bedraagt de minimumsteun 100€/MWh en de looptijd 10 jaar. Voor biogas uit agrarische stromen zonder ecopremie (model 2) is dat respectievelijk 110€/MWh en 15 jaar. Voor warmtekrachtcertificaten ontvangt men, in navolging van de ECP-studie, een steun van 31€/MWh primair bespaarde warmte voor minstens 10 jaar. Dit neemt wel af in de tijd, vandaar wordt er in overzichtstabel gewerkt met de gemiddelde opbrengst (^{gem}). Aangezien niet alle looptijden 15 jaar bedragen, de duur van het project, wordt er in overzichtstabel 29 een opsplitsing gemaakt naar twee perioden.

Alle assumpties die deel uit maken van de berekeningen van de opbrengsten staan opgesomd in bijlage 3.

Tabel 29: Opbrengsten model 1 (in euro)

		10%-scenario		20%-scenario	
		Jaar 1 - 10	Jaar 11 -15	Jaar 1 - 10	Jaar 11 -15
Energie		917.361	917.361	1.056.067	1.056.067
	<i>Vermeden elektriciteit</i>	400.976	400.976	451.104	451.104
	<i>Verkoop elektriciteit</i>	516.385	516.385	604.963	604.963
Gate fee		3.232.372	3.232.372	3.514.900	3.514.900
	<i>GFT-afval</i>	2.318.800	2.318.800	2.318.800	2.318.800
	<i>Groenafval</i>	763.992	763.992	859.500	859.500
	<i>Grasmaaisel</i>	149.580	149.580	336.600	336.600
Verkoop		131.898	131.898	148.619	148.619
	<i>Structuurmateriaal</i>	23.344	23.344	26.263	26.263
	<i>Compost</i>	106.054	106.054	119.856	119.856
	<i>Residu voorbehandeling</i>	2.500	2.500	2.500	2.500
Subsidies		770.468	0	887.884	0
	<i>Groenestroomcertificaten</i>	699.238	0	805.799	0
	<i>Warmtekrachtcertificaten</i>	^(gem) 71.230	0	^(gem) 82.085	0
Totaal (Σ)		5.052.099	4.281.631	5.607.470	4.719.586

4.1.4 Economische waarde

Hierboven werden de drie grote monetaire waarden besproken voor model 1. Het algemeen totaal van elk laat ons toe een economische waarde te berekenen voor dit model. De cashflow voor belastingen betreft het jaarlijks verschil tussen de opbrengsten en de operationele kosten. De cashflow voor belastingen min de afschrijvingen vormen de belastbare basis. Het afschrijvingspercentage is lineair over de levensduur van elke installatie. Bijvoorbeeld, de vergister heeft een levensduur van 10 jaar. De eerste 10 jaar bedraagt de afschrijving 1/10 van de investeringskost. In de resterende vijf jaar is dat dan 1/5 van die kost. Eenzelfde redenering geldt voor de gasturbine. Bovendien verschillen ook de opbrengsten tussen die twee periodes. Vandaar wordt er ook hier hetzelfde onderscheid gemaakt in tabel 30. In België bedraagt de vennootschapsbelasting 33,99%. De cashflow voor belastingen min de belastingen, resulteert in een cashflow na belastingen (een gemiddelde voor de eerste 10 jaren).

Vervolgens dient de tijdwaarde van het geld in beschouwing genomen te worden. De verdisconteringsvoet (d) beloopt 7,06% in deze masterproef. Deze is gebaseerd op de gewogen gemiddelde kapitaalkost:

$$d = (\text{aandeel EV} \times \text{reële discontovoet EV}) + [\text{aandeel VV} \times (1 - t) \times \text{intrestvoet leningen}]$$

$$d = (50\% \times 10,49\%) + [50\% \times (1 - 0,3399) \times 5,5\%] = 7,06\%$$

Het betreft hier een reële discontovoet. In de reële discontovoet van het eigen vermogen (EV) werd rekening gehouden met een gemiddeld inflatiepercentage van 2%. Zodoende kunnen we de netto actuele waarde (NAW) van model 1 berekenen.

Tabel 30: Economische waarde model 1 (in euro)

	10%-scenario		20%-scenario	
	Jaar 1 - 10	Jaar 11 - 15	Jaar 1 - 10	Jaar 11 - 15
Cashflow voor belastingen	3.972.791	3.202.323	4.496.410	3.608.526
Afschrijvingen	1.191.077	1.258.797	1.288.744	1.366.404
Belastbare basis	2.781.714	1.943.526	3.207.666	2.242.122
Vennootschapsbelasting	945.505	660.604	1.090.285	762.097
Cashflow na belastingen	3.027.286	2.541.718	3.406.145	2.846.429
Verdisconteringsvoet	7,06%		7,06%	
Verdisconteerde I_0	19.622.624		21.229.714	
Verdisconteerde cashflow	26.462.818		29.746.758	
NAW Model 1	6.840.194		8.517.044	

4.2 Model 2

Om de vergelijking tussen de verschillende modellen te bevorderen wordt er, bij de bespreking van de monetaire waarden in model 2, een verdere opsplitsing gemaakt naar de deelprocessen. In model 2 zijn dit landbouwvergisting, het open composteren van groenafval en het gesloten composteren van GFT-afval. De formules en assumpties zijn andermaal opgenomen in bijlage 1 (investeringskosten), bijlage 2 (operationele kosten) en bijlage 3 (opbrengsten).

4.2.1 Investeringskost

Eerst wordt de investeringskost voor landbouwvergisting weergegeven. Veruit de belangrijkste component is hier de vergister en de ontwateringsinstallatie. Deze zijn afhankelijk van de te vergisten input en worden samengenomen in één formule (bijlage 1). De drooginstallatie van het biogas is afhankelijk van de input. De gasturbine hangt dan weer af van het elektrisch vermogen. De voorwaarden voor de waterzuiveringsinstallatie, het gasnetwerk, het warmtenetwerk en de boiler zijn analoog aan hetgeen in model 1 reeds aangehaald werd. De site voorbereiding (10% van de investeringskost) slaat enkel op dit deelproces. Merk op dat deze oprichtingskost niet geactiveerd wordt, het betreft dus een éénmalige uitgave in het investeringsjaar. Over de drooginstallatie van de dikke fractie zijn geen gegevens bekend. Deze waarde is arbitrair vastgesteld en komt later terug in de sensitiviteitsanalyse. Tabel 31 geeft een overzicht.

Tabel 31: Investeringskosten model 2, deelproces landbouwvergisting (in euro)

	Levensduur (jaar)	10%-scenario	20%-scenario
LANDBOUWVERGISTING			
Vergister + ontw.installatie	15	9.653.054	10.244.087
Drooginstallatie biogas	15	90.534	99.074
Drooginstallatie dikke fractie	15	500.000	500.000
Waterzuiveringsinstallatie	15	250.000	250.000
Gasturbine	10	686.269	751.006
Gasnetwerk	15	87.501	87.501
Warmtenetwerk	15	630.000	630.000
Boiler	10	25.000	25.000
Site voorbereiding	0	1.192.235	1.258.667
Totaal (Σ)		13.114.593	13.845.335

Naast het vergistingsproces vindt er een open compostering van groenafval en een gesloten compostering van GFT-afval plaats. Dit om de vergelijking met model 1 te kunnen maken. Een opsplitsing naar investeringskosten voor de verschillende installaties was niet mogelijk aangezien geen directe data teruggevonden werden.

Na contact met Elke Vandaele van het VLACO (persoonlijke communicatie, 8 mei 2012) beschikte ik enkel over een range van afschrijvingskosten per ton, met name uit de studie van de OVAM omtrent een economische marktanalyse voor duurzame verwerking van groen- en GFT-afval (OVAM, september 2009). Het interval voor de afschrijving van de investeringskosten bedraagt bij groencompostering 5 à 14 euro per ton input. Gemiddeld is dit 9,5€ per ton input. Hier kan de investeringskost uit afgeleid worden. Immers, bij lineaire afschrijvingen bedraagt deze dan 9,5€/ton x input x 15 jaar. Voor GFT-compostering werd het jaarlijks afschrijvingsinterval geschat op 23 à 30 euro per ton input. Er wordt uitgegaan van 26,5 euro per ton input. Eenzelfde redenering geldt dan voor de bepaling van de investeringskost. Met inbegrip van de site voorbereidingen, kunnen de concrete cijferwaarden teruggevonden worden in tabel 32.

Tabel 32: Investeringskosten model 2, deelproces composteren groenafval en deelproces composteren GFT-afval (in euro)

	Levensduur (jaar)	10%-scenario	20%-scenario
COMPOSTERING GROENAFVAL		3.326.549	3.742.407
Algemeen	15	3.024.135	3.402.188
Site voorbereiding	0	302.414	340.219
COMPOSTERING GFT-AFVAL		16.353.150	16.353.150
Algemeen	15	14.866.500	14.866.500
Site voorbereiding	0	1.486.650	1.486.650
Totaal (Σ)		19.679.699	20.095.557

4.2.2 Operationele kost

In overeenkomst met model 1 worden in model 2 ook een aantal vaste operationele kosten verondersteld. Deze zijn het onderhoud van de site, het watergebruik en de verzekering. De personeels- en herstellingskosten bij landbouwvergisting liggen op een gelijk niveau als in model 1. Daarnaast gebeurt er een analyse van de te vergisten input en is er olie vereist voor de gasturbine. De onderhoudskosten zijn installatie gebonden. In het proces van landbouwvergisting zijn er vier stromen vereist: grasmaaisel, mest, de

andere stroom en maïs. Enkel voor deze laatste geldt een aankoopkost (30€ per ton). Er is hier dus geen sprake van een gate fee. Dit is wel het geval voor grasmaaisel en mest. Omtrent de aankoopkost, desgevallend gate fee, van de andere stroom bestaat een grote onzekerheid. Deze was in het verleden immers vaak te hoog, terwijl deze dan negatief uitviel. In overleg met Miet Van Dael en dr. Nele Witters werd besloten om de aankoopkost hiervan op nul te zetten (persoonlijke communicatie, 26 juli 2012). Voorts werd er reeds in de fysische valorisatie aangetoond dat er een tekort was aan hoge temperatuur warmte (tabel 16). Dit tekort wordt aangevuld door het extern aankopen van aardgas, hetgeen een aanzienlijke operationele kost betekent. Alle operationele kosten voor model 2 worden opgesomd in tabel 33.

Tabel 33: Operationele kosten model 2, deelproces landbouwvergisting (in euro)

		10%-scenario	20%-scenario
LANDBOUWVERGISTING			
Onderhoud site		26.000	26.000
Water gebruik		5.600	5.600
Verzekering		17.500	17.500
Personeel		292.800	292.800
Herstellingen		300.000	300.000
Onderhoud		465.913	495.350
Aankoopkost grondstoffen	<i>Maïs</i>	249.300	140.250
	<i>Ander</i>	0	0
Aankoop aardgas		464.243	598.424
Andere	<i>Analysekost input vergister</i>	69.389	78.072
	<i>Oliekost gasturbine</i>	1.960	1.960
Totaal (Σ)		1.892.705	1.955.956

Het composteren van GFT- en groenafval vindt plaats op een aparte site, dus niet in agrarisch gebied. Dit werd in hoofdstuk 2 reeds uitvoerig besproken. Het gevolg is dat de kosten voor de site (onderhoud, watergebruik en verzekering) hier apart dienen berekend te worden. De personeelskost bij composteringsprocessen ligt lager dan bij vergistingsprocessen aangezien er één personeelslid minder vereist is. De herstellings- en onderhoudskost werd voldoende hoog gezet om eventuele aanpassingen uit te voeren aan de installatie. Daarnaast is er in het geval van groencompostering sprake van een voorbehandelingskost voor het afzeven van structuurmateriaal, dewelke afhankelijk is van het afzevingspercentage (11%) en de input aan groenafval. In tabel 34 worden deze operationele kosten op een rij gezet.

Tabel 34: Operationele kosten model 2, deelproces groencompostering (in euro)

		10%-scenario	20%-scenario
GROENCOMPOSTERING			
Onderhoud site		26.000	26.000
Watergebruik		5.600	5.600
Verzekering		17.500	17.500
Personeel		240.000	240.000
Herstellingen & Onderhoud		580.000	580.000
Elektriciteit	<i>Externe aankoop</i>	69.492	78.179
Andere	<i>Voorbehandelingskost afzeven</i>	11.672	13.131
Totaal (Σ)		950.264	960.410

De operationele kosten bij het gesloten composteren van GFT-afval zijn, zoals in de fysische valorisatie, gelijk voor het 10%- en 20%-scenario. Het handelt immers om precies dezelfde hoeveelheid die verwerkt wordt. Alhoewel er bij landbouwvergisting in model 2 een elektriciteitsoverschot bestaat, kan deze niet ingezet worden in deelproces 2 en 3. Deze processen vinden immers plaats op een andere site, niet gelegen in agrarisch gebied. Het extern aankopen van elektriciteit (139,40€/MWh) is dus vereist. De andere operationele kosten voor het proces van GFT-compostering, zie tabel 35, zijn gelijklopend aan deze bij groencompostering.

Tabel 35: Operationele kosten model 2, deelproces GFT-compostering (in euro)

		10%-scenario	20%-scenario
GFT-COMPOSTERING			
Onderhoud site		26.000	26.000
Watergebruik		5.600	5.600
Verzekering		17.500	17.500
Personeel		240.000	240.000
Herstellingen & Onderhoud		580.000	580.000
Elektriciteit	<i>Externe aankoop</i>	214.799	214.799
Totaal (Σ)		1.083.899	1.083.899

4.2.3 Opbrengst

Als laatste monetaire waarde worden de opbrengsten in beschouwing genomen. Wat betreft de opbrengsten bij landbouwvergisting, is er ook hier een grote analogie met het proces van industriële vergisting. De opbrengsten van energie bestaan uit de opportuïteitskost van het elektriciteitsverbruik en de verkoop van groene elektriciteit. De gate fee voor grasmaaisel bedraagt 36€, voor mest 25€. De verkoopprijs van droog digestaat gebeurt aan 4,96 euro per ton, dezelfde prijs als voor compost. Ten slotte bedragen, zoals in onderdeel 4.1.3 uitgelegd, de groenestroomcertificaten voor biogas uit agrarische stromen zonder ecopremie 110 €/MWh, voor een duur van 15 jaar. De warmtekrachtcertificaten, aan 31€/MWh primair gespaarde warmte, worden voor 10 jaar gegarandeerd door de overheid. Zoals aangehaald bij model 1 daalt het bedrag van de warmtekrachtcertificaten in de tijd. Men krijgt dus enkel in het begin 31€ per MWh primair gespaarde warmte. De volledige redenering en de exacte bedragen hieromtrent werden opgenomen in bijlage 3. In wat volgt wordt gerekend met de gemiddelde jaarlijkse opbrengst uit warmtekrachtcertificaten. Voor model 2 worden alle opbrengsten weergegeven in tabel 36.

Tabel 36: Opbrengsten model 2, deelproces landbouwvergisting (in euro)

		10%-scenario		20%-scenario	
		Jaar 1 - 10	Jaar 11 -15	Jaar 1 - 10	Jaar 11 -15
LANDBOUW-VERGISTING					
Energie		949.624	949.624	1.040.022	1.040.022
	<i>Vermeden elektriciteit</i>	265.393	265.393	298.607	298.607
	<i>Verkoop elektriciteit</i>	684.231	648.231	741.415	741.415
Gate fee		461.205	461.205	687.225	687.225
	<i>Grasmaaisel</i>	149.580	149.580	336.600	336.600
	<i>Mest</i>	311.625	311.625	350.625	350.625
Verkoop	<i>Droog digestaat</i>	33.552	33.552	41.133	41.133
Subsidies		1.049.426	809.336	1.148.420	885.682
	<i>Groenestroomcertificaten</i>	809.336	809.336	885.682	885.682
	<i>Warmtekrachtcertificaten</i>	^(gem) 249.520	0	^(gem) 273.058	0
Totaal (Σ)		2.503.235	2.253.715	2.927.120	2.654.062

Hieronder worden de opbrengsten weergegeven voor het composteren van groenafval (tabel 37) enerzijds en het composteren van GFT-afval (tabel 38) anderzijds. Alle waarden werden reeds verklaard in het verloop van dit hoofdstuk.

Tabel 37: Opbrengsten model 2, deelproces groencompostering (in euro)

		10%-scenario	20%-scenario
GROENCOMPOSTERING			
Gate fee	<i>Groenafval</i>	763.992	859.500
Verkoop		74.868	84.231
	<i>Structuurmateriaal</i>	23.344	26.263
	<i>Compost</i>	51.524	57.968
Totaal (Σ)		838.860	943.731

Tabel 38: Opbrengsten model 2, deelproces GFT-compostering (in euro)

		10%-scenario	20%-scenario
GFT-COMPOSTERING			
Gate Fee	<i>GFT-afval</i>	2.318.800	2.318.800
Verkoop		75.078	75.078
	<i>Compost</i>	72.578	72.578
	<i>Residu voorbehandeling</i>	2.500	2.500
Totaal (Σ)		2.393.878	2.393.878

4.2.4 Economische waarde

Op dit moment zijn alle investeringskosten, operationele kosten en opbrengsten gekend voor model 2. Dit laat ons toe om een economische waarde te berekenen, analoog aan de manier die werd beschreven voor model 1. Het belastingpercentage bedraagt nog steeds 33,99%, de verdisconteringsvoet 7,06%.

In Tabel 39 bevinden zich de stappen om te komen tot de economische waarde voor het eerste deelproces van model 2, namelijk landbouwvergisting. Aangezien de cashflow voor belastingen en de afschrijvingen wijzigen na jaar 10, wordt er een opdeling gemaakt naar deze twee perioden.

Tabel 39: Economische waarde model 2, deelproces landbouwvergisting (in euro)

	10%-scenario		20%-scenario	
	Jaar 1 - 10	Jaar 11 - 15	Jaar 1 - 10	Jaar 11 - 15
LANDBOUWVERGISTING				
Cashflow voor belastingen	610.533	361.013	971.162	698.104
Afschrijvingen	818.533	889.660	858.445	921.445
Belastbare basis	-208.000	-528.647	112.717	-223.340
Vennootschapsbelasting	0	0	38.313	0
Cashflow na belastingen	610.533	361.013	932.849	698.104
Verdisconteringsvoet	7,06%		7,06%	
Verdisconteerde I₀	13.474.137		14.237.602	
Verdisconteerde cashflow	5.023.245		7.978.305	
NAW Model 2, deelproces landbouwvergisting	-8.450.892		-6.259.297	

Tabel 40 reikt een overzicht aan van de berekening van de economische waarde voor groencompostering, het tweede deelproces bij model 2.

Tabel 40: Economische waarde model 2, deelproces groencompostering (in euro)

	10%-scenario		20%-scenario	
	Jaar 1 - 10	Jaar 11 - 15	Jaar 1 - 10	Jaar 11 - 15
GROENCOMPOSTERING				
Cashflow voor belastingen	-111.402		-16.681	
Afschrijvingen	201609		226.813	
Belastbare basis	-313.011		-243.493	
Vennootschapsbelasting	0		0	
Cashflow na belastingen	-111.402		-16.681	
Verdisconteringsvoet	7,06%		7,06%	
Verdisconteerde I₀	3.326.549		3.742.406	
Verdisconteerde cashflow	-1.010.789		-151.352	
NAW Model 2, deelproces groencompostering	-4.337.338		-3.893.759	

In tabel 41 wordt de economische waarde voor het derde deelproces van model 2 berekend, namelijk GFT-compostering.

Tabel 41: Economische waarde model 2, deelproces GFT-compostering (in euro)

	10%-scenario	20%-scenario
GFT-COMPOSTERING		
Cashflow voor belastingen	1.309.980	1.309.980
Afschrijvingen	991.100	991.100
Belastbare basis	318.880	318.880
Vennootschapsbelasting	108.387	108.387
Cashflow na belastingen	1.201.592	1.201.592
Verdisconteringsvoet	7,06%	7,06%
Verdisconteerde I₀	16.353.150	16.353.150
Verdisconteerde cashflow	10.902.457	10.902.457
NAW Model 2, deelproces GFT-compostering	-5.450.693	-5.450.693

Hierboven werden de economische waarden berekend voor de drie deelprocessen van model 2. Merk op dat deze processen apart beschouwd worden. Ze komen elk tot uiting in een andere (sterk vereenvoudigde) jaarrekening. Er wordt dus niet op geconsolideerde basis gewerkt. Dit kan een invloed uitoefenen op de netto actuele waarde van het model als geheel. In deelproces 3 bijvoorbeeld wordt een vennootschapsbelasting betaald, hetgeen niet het geval zou geweest zijn in een geconsolideerde jaarrekening. De belastbare basis zou daar immers negatief zijn. De netto actuele waarde van model 2 volgt uit de optelling van de individuele netto actuele waarden van de deelprocessen, hetgeen wordt weergegeven in tabel 42.

Tabel 42: Overzicht economische waarde model 2 (in euro)

	10%-scenario	20%-scenario
Model 2		
NAW deelproces landbouwvergisting	-8.450.892	-6.259.297
NAW deelproces groencompostering	-4.337.338	-3.893.759
NAW deelproces GFT-compostering	-5.450.693	-5.450.693
Algemeen totaal NAW MODEL 2 (Σ)	-18.328.923	-15.603.749

4.3 Model 3

4.3.1 Investeringskost

Voor het bepalen van de investeringskosten bij model 3 wordt uitgegaan van dezelfde werkwijze als in model 2. De gemiddelde afschrijvingskost voor de compostering van groenafval en grasmaaisel bedraagt 9,5€, respectievelijk 26,5€ voor GFT-compostering. Aangezien er bij deze laatste dezelfde hoeveelheid verwerkt wordt als in model 2, is de investeringskost even groot. De investeringskost bij deelproces 1 ligt daarentegen, net zoals de input, hoger. De eenmalige kost voor de site voorbereiding belooft 10% van de totale investeringskost.

In tabel 43 werd een overzicht opgenomen van alle investeringskosten die vereist zijn bij model 3.

Tabel 43: Investeringskosten model 3, deelproces compostering van groenafval en grasmaaisel en deelproces compostering GFT-afval (in euro)

	Levensduur (jaar)	10%-scenario	20%-scenario
COMPOSTERING GROEN & GRAS		3.977.845	5.208.019
Algemeen	15	3.616.223	4.734.563
Site voorbereiding	0	361.622	473.456
COMPOSTERING GFT-AFVAL		16.353.150	16.353.150
Algemeen	15	14.866.500	14.866.500
Site voorbereiding	0	1.486.650	1.486.650
Totaal (Σ)		20.330.995	21.561.169

4.3.2 Operationele kost

Voor de berekening van de operationele kost wordt ook hier een onderscheid gemaakt tussen de deelprocessen. Bij model 3 zijn de kosten voor het onderhoud van de site, het watergebruik, de verzekering, het personeel en de herstellingen gelijk tussen de deelprocessen. Enkel in deelproces 1 dient structuurmateriaal afgezeefd te worden. Daarnaast verschilt ook het elektriciteitsverbruik tussen beide processen.

Tabel 44, respectievelijk tabel 45, somt de operationele kosten op voor het deelproces van gras- en groencompostering, respectievelijk voor GFT-compostering.

Tabel 44: Operationele kosten model 3, deelproces groencompostering (in euro)

		10%-scenario	20%-scenario
GRAS- EN GROENCOMPOSTERING			
Onderhoud site		26.000	26.000
Watergebruik		5.600	5.600
Verzekering		17.500	17.500
Personeel		240.000	240.000
Herstellingen & Onderhoud		580.000	580.000
Andere	<i>Voorbehandelingskost afzeven</i>	11.672	13.131
Elektriciteit	<i>Externe aankoop</i>	83.097	108.795
Totaal (Σ)		963.869	991.026

Tabel 45: Operationele kosten model 3, deelproces GFT-compostering (in euro)

		10%-scenario	20%-scenario
GFT-COMPOSTERING			
Onderhoud site		26.000	26.000
Water gebruik		5.600	5.600
Verzekering		17.500	17.500
Personeel		240.000	240.000
Herstellingen & Onderhoud		580.000	580.000
Elektriciteit	<i>Externe aankoop</i>	214.799	214.799
Totaal (Σ)		1.083.899	1.083.899

4.3.3 Opbrengst

Tegenover de investerings- en operationele kosten staan de opbrengsten. Deze bestaan bij deelproces 1 uit de gate fees voor groenafval (36€/ton) en grasmaaisel (36€/ton). De som van beide vormt de grootste opbrengstenpost. Daarnaast wordt het afgezeefd structuurmateriaal verkocht aan 10€ per ton, de finale hoeveelheid compost aan 4,96€ per ton. Alle opbrengsten voor deelproces 1 bij model 3 werden op een rij gezet in tabel 46.

Tabel 46: Opbrengsten model 3, deelproces groencompostering (in euro)

		10%-scenario	20%-scenario
GRAS- EN GROENCOMPOSTERING			
Gate fee		913.572	1.196.100
	<i>Groenafval</i>	763.992	859.500
	<i>Grasmaaisel</i>	149.580	336.600
Verkoop		86.204	109.736
	<i>Structuurmateriaal</i>	23.344	26.263
	<i>Compost</i>	62.860	83.473
Totaal (Σ)		999.776	1.305.836

De opbrengsten voor deelproces 2 van model 3 zijn, zoals steeds het geval is, identiek aan deze bij deelproces 3 van model 2. Het GFT-afval wordt door de installatie aanvaard voor 62€ per ton. Nadat dit afval verwerkt wordt, kan het compost afgezet worden aan 4,96€ per ton en het residu uit de voorbehandeling aan 25€. Ook hier vormt de gate fee veruit de grootste opbrengstpost. Tabel 47 vat samen.

Tabel 47: Opbrengsten model 3, deelproces GFT-compostering (in euro)

		10%-scenario	20%-scenario
GFT-COMPOSTERING			
Gate fee	<i>GFT-afval</i>	2.318.800	2.318.800
Verkoop		75.078	75.078
	<i>Compost</i>	72.578	72.578
	<i>Residu voorbehandeling</i>	2.500	2.500
Totaal (Σ)		2.393.878	2.393.878

4.3.4 Economische waarde

Het berekenen van de economische waarde van de deelprocessen bij model 3 verloopt volledig analoog aan hetgeen hierboven reeds beschreven werd. Enkel de input, en de daarvan afhankelijke kosten en opbrengsten, liggen iets hoger bij gras- en groencompostering (deelproces 1).

Tabel 48, respectievelijk tabel 49, geeft de berekening en de uiteindelijke economische waarde weer voor gras- en groencompostering, respectievelijk GFT-compostering.

Tabel 48: Economische waarde model 3, deelproces groencompostering

	10%-scenario	20%-scenario
<i>GRAS- EN GROENCOMPOSTERING</i>		
Cashflow voor belastingen	35.907	314.809
Afschrijvingen	241.082	315.638
Belastbare basis	-205.174	-829
Vennootschapsbelasting	0	0
Cashflow na belastingen	35.907	314.809
Verdisconteringsvoet	7,06%	7,06%
Verdisconteerde I₀	3.977.844	5.208.019
Verdisconteerde cashflow	325.798	2.856.371
NAW Model 3, deelproces groencompostering	-3.652.046	-2.351.648

Tabel 49: Economische waarde model 3, deelproces GFT-vergisting (in euro)

	10%-scenario	20%-scenario
<i>GFT-COMPOSTERING</i>		
Cashflow voor belastingen	1.309.980	1.309.980
Afschrijvingen	991.100	991.100
Belastbare basis	318.880	318.880
Vennootschapsbelasting	108.387	108.387
Cashflow na belastingen	1.201.592	1.201.592
Verdisconteringsvoet	7,06%	7,06%
Verdisconteerde I₀	16.353.150	16.353.150
Verdisconteerde cashflow	10.902.457	10.902.457
NAW Model 3, deelproces GFT-compostering	-5.450.693	-5.450.693

Ten slotte worden deze resultaten gebundeld in tabel 50. Merk op dat ook hier verondersteld wordt dat de deelprocessen in een aparte (sterk vereenvoudigde) jaarrekening terecht komen. De economische waarde van model 3 volgt uit de optelling van de netto actuele waarden van de deelprocessen.

Tabel 50: Overzicht economische waarde model 3 (in euro)

	10%-scenario	20%-scenario
Model 3		
NAW deelproces groencompostering	-3.652.046	-2.351.648
NAW deelproces GFT-compostering	-5.450.693	-5.450.693
Algemeen totaal NAW MODEL 3 (Σ)	-9.102.739	-7.802.341

4.4 Conclusie economische valorisatie

Tot nog toe werden in dit hoofdstuk economische waarden berekend op basis van een kasstromenanalyse. Het resultaat van deze economische valorisatie is een netto actuele waarde voor elk deelproces, en bijgevolg voor elk model. De netto actuele waarde kan niet enkel gebruikt worden om het deelproces of het model op zich te beoordelen, maar ook om deze met elkaar te vergelijken. Een eerste voorwaarde vereist dat de netto contante waarde (NCW) van een project positief is. Mercken (2004) stelt in dat verband: "Het is intuïtief duidelijk dat een investering met een negatieve NCW vanuit economisch standpunt te verwerpen is, daar zij de organisatie naar verwachting verarmt. Een positieve NCW daarentegen [...] geeft aan dat het project aanvaardbaar is." (p. 51). Daarnaast valt een hogere netto actuele waarde te verkiezen boven een lagere.

De netto actuele waarde als beslissingscriterium kan gebruikt worden om tot een deelantwoord op de eerste deelvraag te komen. Deze luidt als volgt:

Deelvraag 1: *Levert het vergisten of het composteren van berm- en natuurgrasmaaisel het meeste waarde op vanuit privaat en sociaal economisch standpunt?*

Alvorens deze vraag vanuit privaat oogpunt te beantwoorden, wordt in tabel 51 een overzicht aangereikt van alle netto actuele waarden, zowel voor de deelprocessen als de modellen.

Tabel 51: Overzicht netto actuele waarden model 1, model 2 en model 3 (in euro)

	MODEL 1		MODEL 2		MODEL 3	
	10%-S	20%-S	10%-S	20%-S	10%-S	20%-S
NAW DP 1			-8.450.892	-6.259.297	-3.652.046	-2.351.648
NAW DP 2	6.840.194	8.517.044	-4.337.338	-3.893.759	-5.450.693	-5.450.693
NAW DP 3			-5.450.693	-5.450.693		
TOT. (Σ)	6.840.194	8.517.044	-18.238.923	-15.603.748	-9.102.739	-7.802.341

Uit bovenstaande tabel valt meteen af te leiden dat enkel de netto actuele waarde van model 1 positief is. De netto actuele waarden van model 2 en 3 liggen ver onder het nulpunt. Aan de basis hiervan kunnen vele oorzaken liggen, dewelke later nog zullen onderzocht worden in een sensitiviteitsanalyse. Op basis van de eerste voorwaarde wordt industriële vergisting als verwerkingsmethode verkozen. Daarnaast ligt de netto actuele waarde in dat model hoger in het 20%-scenario.

Met de netto actuele waarde als beslissingscriterium kan gesteld worden dat het vergisten, en meer bepaald industriële vergisting met een input van 20% grasmaaisel, de voorkeur geniet vanuit privaat economisch standpunt. Desondanks dient dit meteen genuanceerd te worden. In model 1 vindt er immers industriële vergisting plaats mét nacompostering. Dit is dus eerder een combinatie van de technieken vergisten en composteren. Bovendien is deze beslissing gebaseerd op een heel aantal statische inputgegevens in zowel de fysische als economische valorisatie, waarvan het effect later nog zal worden nagegaan in de sensitiviteitsanalyse.

Hoofdstuk 5: Externe effecten en sensitiviteit

Mijn model, dat ontwikkeld werd om een antwoord te formuleren op de centrale onderzoeksvraag, heeft uitgewezen dat industriële vergisting met 20% input grasmaaisel te verkiezen valt vanuit privaat economisch standpunt. Dit hoofdstuk tracht die analyse te verruimen. Naast economische argumenten spelen immers vaak ook andere (sociale) aspecten een rol. De gevolgen hiervan worden nagegaan in onderdeel 5.1. Daarna vindt er een sensitiviteitsanalyse plaats. Deze laat toe om de robuustheid van de bekomen resultaten te toetsen onder wijzigende assumpties, zie hiervoor onderdeel 5.2.

5.1 Externe effecten

In de economische valorisatie werd voorlopig uitgegaan van strikt private monetaire waarden. Het zijn de kosten en baten die ten laste vallen van de uitbater van een verwerkingsinstallatie. Zoals aangehaald in de probleemstelling heeft elke trede in de Ladder van Lansink zijn eigen specifieke voor- en nadelen. Volgens Gorecki, Acheson en Lyons (2010) kan deze indeling maar economisch efficiënt zijn als de kosten-baten ratio afneemt van de hoogste naar de laagste trede. We merken meteen op dat het hier handelt om marginale sociale kosten en baten. De analyse moet dus verder reiken dan enkel kosten en baten zoals deze op de (inefficiënte) private markt tot stand komen. Het is immers belangrijk dat alle effecten worden opgenomen in de uiteindelijke prijsbepaling. Indien dit niet ten volle gebeurt spreekt men van externaliteiten. Deze laatste zijn vaak moeilijk te meten en worden door Pindyck en Rubinfeld (2009) als volgt gedefinieerd: "An action by either a producer or a consumer which affects other producers or consumers, but is not accounted for in the market price" (p.646).

In een perfect werkende (efficiënte) markt worden alle externe effecten geïnternaliseerd in de prijs. Bij milieu-aangelegenheden, zoals de verwerking van natuur- en bermgrasmaaisel, is dit vaak niet het geval. Toch zijn ecologische aspecten onontbeerlijk in een correcte analyse. In wat volgt wordt de CO₂-besparing berekend als gevolg van de verwerkingsmethoden in de drie modellen. Koolstofdioxide (CO₂) is een broeikasgas en veroorzaakt schadelijke gevolgen voor het milieu. Een besparing op de uitstoot ervan leidt bijgevolg tot een vermindering van deze maatschappelijke kost. Het vermijden van CO₂-emissies kan aldus gezien worden als een baat voor de maatschappij. Naast CO₂ zijn er nog vele andere externaliteiten bij de verwerking van natuur- en bermgrasmaaisel. Deze vallen buiten het toepassingsgebied van deze masterproef. De analyse wordt enkel aangevuld met dit extern effect.

5.1.1 Valorisatie

Analoog aan de methode beschreven in het model, wordt een fysische en een economische valorisatie gemaakt van de jaarlijkse CO₂-besparing. Deze wordt eerst geschat naar grootte, om vervolgens uitgedrukt te worden in monetaire waarden.

Zoals aangehaald in de beperkingen start de analyse vanaf het moment dat de grondstoffen geleverd worden aan de verwerkingsinstallatie. Omwille van die reden wordt enkel het transport na verwerking in beschouwing genomen, en dus niet het transport van de biomassa naar de installatie. We veronderstellen dat het afgewerkt product, compost of digestaat, steeds 20 kilometer getransporteerd dient te worden. Hiervoor is energie, in de vorm van diesel, vereist. Aangezien dit een fossiele brandstof is, veroorzaakt het transport een bepaalde uitstoot aan CO₂. Daarnaast gaat de productie, respectievelijk het verbruik, van elektriciteit en warmte in de drie modellen ook gepaard met een uitstoot of besparing. Als er, zoals bijvoorbeeld in model 1, een netto-overschot is voor deze parameters, kan dat gedeelte uitgespaard worden. Wat betreft het afgewerkt product, gaan we ervan uit dat digestaat kunstmest vervangt en dat compost veen vervangt.

Alle basisassumpties voor de berekening van de CO₂-besparing bij de drie modellen staan weergegeven in tabel 52.

Tabel 52: Basisassumpties berekening CO₂-besparing

Transport	verbruik ¹	MWh/ton verse stof/km	0,00036
	uitstoot ²	kg CO ₂ /MWh	413
Elektriciteit	uitstoot ³	kg CO ₂ /MWh	224,4
Warmte	uitstoot ²	kg CO ₂ /MWh	266,76
Productie kunstmest	verbruik ⁴	MWh/ton	15,9639
	uitstoot ⁴	kg CO ₂ /MWh	199,908
Veen/compost	vervanging ⁵	ton/ton	0,83
Kunstmest/digestaat	vervanging ⁶	ton/ton	0,00515
Compost	besparing ⁵	kg CO ₂ /ton	264

¹ Borjesson (1996); ² Intergovernmental Panel on Climate Change (2007); ³ MIRA (2008); ⁴ West & Marland (2002); ⁵ Vlaamse Compostorganisatie (2012); ⁶ N. Witters, persoonlijke communicatie, 12 augustus 2012

Aan de gegevens in tabel 52 dienen inputgegevens uit de fysische valorisatie van het model (hoofdstuk 3) te worden toegevoegd, zie hiervoor tabel 53. Daarenboven wordt de transportafstand voor elk model vermeld.

Tabel 53: Benodigde inputgegevens vanuit fysieke valorisatie (hoofdstuk 3)

		MODEL 1		MODEL 2		MODEL 3	
		10%-S	20%-S	10%-S	20%-S	10%-S	20%-S
Input	ton/jaar	62.777	70.625	100.172	108.025	62.777	70.625
Warmte	MWh/jaar	0	0	-8.503	-10.960	0	0
Elektriciteit	MWh/jaar	4.116	4.822	3.414	3.808	-2.137	-2.321
deelproces 1	MWh/jaar	4.116	4.822	5.454	5.910	-596	-780
deelproces 2	MWh/jaar			-499	-561	-1.541	-1.541
deelproces 3	MWh/jaar			-1.541	-1.541		
Digestaat	ton/jaar	0	0	6.765	8.293	0	0
Compost	ton/jaar	21.382	24.164	25.021	26.320	27.306	31.462
groencompost	ton/jaar	0	0	10.338	11.687	12.673	16.829
GFT-compost	ton/jaar	21.382	24.164	14.633	14.633	14.633	14.633
Transport	kilometer	20	20	20	20	20	20

Op basis van de gegevens in tabel 52 en tabel 53, kan de jaarlijkse CO₂-besparing in absolute termen berekend worden. Voor elektriciteit wordt het netto-gedeelte, hetgeen al dan niet terugvloeit naar het net, vermenigvuldigd met de gemiddelde uitstoot per MWh. Als het verbruik van warmte groter is dan de opwekking ervan (model 2) resulteert dit in een uitstoot. Indien dit niet het geval is (model 1) is er geen uitstoot maar evenmin een besparing van CO₂, aangezien het netto-overschot aan warmte niet wordt benut (althans in mijn model).

Voor de CO₂-besparing van digestaat wordt eerst het equivalent in kunstmest berekend. Vervolgens wordt dit vermenigvuldigd met de energiebehoefte voor de productie van kunstmest en op zijn beurt vermenigvuldigd met de uitstoot die gepaard gaat met die energiehoeveelheid. De CO₂-besparing per ton compost wordt vermenigvuldigd met de hoeveelheid compost.

De formule voor de CO₂-besparing van het transport van digestaat is tweeledig. Eerst dient de uitstoot berekend te worden (afstand in km * hoeveelheid digestaat in ton * energiebehoefte per km per ton * uitstoot per MWh). Daarnaast moet er geen kunstmest getransporteerd worden. De uitstoot hiervan (afstand in km * hoeveelheid digestaat in ton * vervangingswaarde kunstmest * energiebehoefte per km per ton * uitstoot per MWh) wordt niet opgelopen, en dus afgetrokken van de uitstoot voor het transport van digestaat. De netto-positie van deze berekening bepaalt of er sprake is van een uitstoot, dan wel een besparing. Eenzelfde redenering geldt in het geval van het transport van compost, dat als vervanger van veen kan dienen.

Het geheel van de fysische berekeningen leidt tot een netto CO₂-besparing in kilogram per jaar. De Nocker, Michiels, Deutsch, Lefebvre, Beukers & Torfs (2010) hebben de maatschappelijke kost voor één ton CO₂-uitstoot in het jaar 2012 berekend op 28€. Op deze manier kan dit ecologisch voordeel in monetaire termen uitgedrukt worden. In het geval van een netto CO₂-besparing wordt deze kost immers vermeden, een baat voor de maatschappij. Tabel 54 vat deze bevindingen samen.

Tabel 54: Fysische en economische valorisatie jaarlijkse CO₂-besparing

		MODEL 1		MODEL 2		MODEL 3	
		10%-S	20%-S	10%-S	20%-S	10%-S	20%-S
Warmte	kg CO ₂	0	0	-1.907.988	-2.459.457	0	0
Elektriciteit	kg CO ₂	1.699.881	1.991.468	1.410.145	1.572.649	-882.575	-958.711
deelproces 1		1.699.881	1.991.468	2.252.411	2.440.652	-246.192	-322.328
deelproces 2				-205.882	-231.620	-636.383	-636.383
deelproces 3				-636.383	-636.383		
Digestaat	kg CO ₂	0	0	111.278	136.419	0	0
Compost	kg CO ₂	5.644.806	6.379.411	6.605.503	6.948.345	7.208.809	8.305.965
groencompost		5.644.806	6.379.411	2.742.477	3.085.319	3.345.783	4.442.939
GFT-compost		0	0	3.863.026	3.863.026	3.863.026	3.863.026
Transport	kg CO ₂	-7.003	-7.914	-21.160	-24.515	-8.943	-10.304
digestaat		0	0	-12.965	-15.895	0	0
groencompost		0	0	-3.402	-3.828	-4.151	-5.512
GFT-compost		-7.003	-7.914	-4.793	-4.793	-4.793	-4.793
CO₂-besparing	kg CO ₂	7.337.684	8.362.965	6.197.777	6.173.441	6.173.290	7.336.949
deelproces 1		7.337.684	8.362.965	442.735	101.719	3.095.440	4.115.099
deelproces 2				2.531.193	2.849.871	3.221.850	3.221.850
deelproces 3				3.221.850	3.221.850		
Euro	28€/ton	205.455	234.163	173.538	172.856	176.884	205.435
deelproces 1		205.455	234.163	12.397	2.848	86.672	115.223
deelproces 2				70.929	79.796	90.212	90.212
deelproces 3				90.212	90.212		

5.1.2 Implicaties model

Hierboven werd de jaarlijkse CO₂-besparing berekend voor elk van de drie modellen. Deze besparing is een externaliteit. Externe effecten, zowel positief als negatief, worden niet gedragen door de veroorzaker ervan. De beheerder van een afvalverwerkingsinstallatie neemt deze immers niet in beschouwing bij zijn investeringsbeslissing. Als beleidsmaker daarentegen dient men het algemeen belang na te streven, te redeneren vanuit een maatschappelijk perspectief.

Bijgevolg dringt de vraag zich op welke gevolgen de CO₂-besparing heeft indien deze wél wordt opgenomen in het model. Met andere woorden, wanneer het externe effect geïnternaliseerd wordt in de investeringsbeslissing. Dit is (theoretisch) perfect mogelijk door de monetaire voordelen op te tellen bij de cashflow na belastingen. Om een opdeling te kunnen maken tussen de deelprocessen, dienen bovenstaande totalen wel gealloceerd te worden aan de deelprocessen. Dit leidt tot tabel 55.

Tabel 55: Economische waarde met inbegrip van extern effect jaarlijkse CO₂-besparing (in euro)

	MODEL 1		MODEL 2		MODEL 3	
	10%-S	20%-S	10%-S	20%-S	10%-S	20%-S
NAW DP 1			-8.338.413	-6.233.455	-2.865.640	-1.306.792
NAW DP 2	8.704.359	10.641.685	-3.693.772	-3.169.739	-4.632.170	-4.632.170
NAW DP 3			-4.632.170	-4.632.170		
TOT. (Σ)	8.704.359 (+27%)	10.641.685 (+24%)	-16.664.355 (+9%)	-14.035.364 (+9%)	-7.497.810 (+18%)	-5.938.362 (+23%)

Uit tabel 55 blijkt dat de toevoeging van de monetaire waarde van CO₂-besparing matige gevolgen heeft voor de economische waarde van elk deelproces, en dus ook voor elk model (tot een kwart meer netto actuele waarde, aangegeven in % tussen haakjes). Desondanks zijn nog steeds alle netto actuele waarden, met uitzondering van model 1, negatief. De maatschappij gaat er wel op vooruit indien deze processen zouden plaatsvinden, maar de waarde hiervan is te klein om de strikt private kosten te compenseren.

In de eerste deelvraag werd de vraag gesteld welke verwerkingsmethode de voorkeur geniet vanuit privaat en sociaal economisch standpunt. Sociale kosten en baten die geen deel uitmaken van de prijs, zijn ook een onderdeel van het economisch vakgebied. Het is immers niet correct om enkel uit te gaan van kosten en baten direct opgelopen door private actoren. In die zin zijn bovenstaande resultaten een aanvulling op de deelconclusie die reeds werd gemaakt in hoofdstuk 4. De toevoeging van de geschatte CO₂-besparing leidt eveneens, vanuit sociaal economisch standpunt, tot de keuze voor industriële vergisting met 20% grasmaaisel als input (antwoord deelvraag 1).

5.2 Sensitiviteitsanalyse

Aan de basis van mijn model liggen een heel aantal assumpties en concrete inputwaarden. Door middel van een sensitiviteitsanalyse kan worden nagaan in welke

mate deze een invloed hebben op de einduitkomst van de verschillende modellen. Boardman, Greenberg, Vining en Weimer (2011) beschrijven hiervoor drie manieren. Deze zijn: een partiële sensitiviteitsanalyse, een *worst- and best-case* analyse en tenslotte een *Monte Carlo* sensitiviteitsanalyse. Daar de nodige tijd ontbrak om een *worst- and best-case* of een uitgebreide *Monte Carlo* sensitiviteitsanalyse uit te voeren, wordt in wat volgt gebruik gemaakt van een partiële sensitiviteitsanalyse.

Een partiële sensitiviteitsanalyse onderzoekt het effect van één wijzigende assumptie op de einduitkomst, in ons geval $\Delta\%$ NAW in het model met 10 gras (10 %-S) en 20% gras (20%-S). Volgens Boardman et al. (2011) is deze techniek het meest aangewezen bij de belangrijkste of meest onzekere assumpties. Vandaar wordt het effect van volgende parameters nagegaan:

- Investeringskost (I_0) industriële vergisting
- Investeringskost (I_0) landbouwvergisting: drooginstallatie dikke fractie, directe afzet dikke fractie
- Investeringskost (I_0) composteringsinstallatie voor GFT- en groenafval
- Elektriciteitsverbruik landbouwvergisting
- Gate fee grasmaaisel
- Afzetprijs digestaat en compost
- Groenestroom- en warmtekrachtcertificaten
- Grootte installatie

De investeringskost bij de vergistingsprocessen is gebaseerd op de ECP-studie. Enkel voor de voorbehandelingsinstallatie, de nabewerkingsinstallatie en de afzevingsinstallatie van het groenafval werden geen gegevens teruggevonden. Aangezien deze nodig zijn in elk model, werd hier abstractie van gemaakt. De werkelijke investeringskost bij industriële vergisting ligt dus waarschijnlijk iets hoger. Vandaar wordt uitgegaan van een verhoging van deze kost met 5%. Bij landbouwvergisting ontbrak enkel een investeringskost voor de drooginstallatie van de dikke fractie. Deze werd arbitrair vastgesteld op 500.000€. Om elke onzekerheid uit te sluiten wordt het effect nagegaan indien de investeringskost 1.000.000€, dan wel 1.500.000€, zou bedragen. In het verlengde hiervan wordt ook het effect onderzocht wanneer er geen droging zou plaatsvinden, en de dikke fractie van het digestaat meteen afgezet kan worden. Aangezien een afzetprijs voor een dikke fractie niet voorhanden is, wordt deze verondersteld 0€ te bedragen.

Voor het bepalen van de investeringskost van de GFT- en groencomposteringsinstallatie werd gebruik gemaakt van de gemiddelde afschrijvingskost per ton input. Deze werd bepaald op basis van een interval. In de gevoeligheidsanalyse wordt aldus uitgegaan van de onder- en bovengrens (23€ en 30€ voor GFT-, 5€ en 14€ voor groencompostering).

Inputdata omtrent het elektriciteitsverbruik voor elk proces werd bekomen op basis van persoonlijke communicatie met E. Vandaele (8 mei 2012). Het bleek niet mogelijk een concrete waarde te plakken op het elektriciteitsverbruik bij landbouwvergisting. Daarom werd bij dit deelproces gebruik gemaakt van het best beschikbare uitgangspunt, namelijk het elektriciteitsverbruik bij GFT-vergisting met nacompostering (model 1). Aangezien het werkelijke verbruik hoger of lager kan liggen, worden twee situaties beschouwd. De eerste wanneer het elektriciteitsverbruik 5% lager ligt, de tweede wanneer het elektriciteitsverbruik 5% hoger ligt.

Doorheen alle modellen bleken de gate fees voor de verschillende grondstoffen een belangrijke opbrengsten- of kostenpost te vormen. In deze gevoeligheidsanalyse wordt specifiek ingegaan op het effect van de gate fee voor grasmaaisel. Deze bedraagt in het basisscenario 36€ per ton. In de ECP-studie daarentegen lag deze laag, op 20€ per ton. In het activiteitenverslag van 2010 (VLACO, z.d.) argumenteert men, na een bevraging bij vergistingsinstallaties, dat een gate fee van 20€ tot 60€ vereist is voor het rendabel verwerken van grasmaaisel. De gevolgen van deze twee uitersten op de netto actuele waarde van de vergistingsprocessen zullen onderzocht worden.

In deze masterproef werd vooralsnog geen onderscheid gemaakt tussen de afzetprijs van compost en digestaat. Beide werden verondersteld 4,96€ op te brengen per ton. Deze waarde werd overgenomen uit de ECP-studie, maar was daar enkel van toepassing op de verkoop van compost. Uit de literatuur kan worden afgeleid dat er een indicatie bestaat dat thermisch gedroogd digestaat (model 2) een hogere afzetprijs kent dan compost. Voor het onderzoeken van de sensitiviteit hiervan, zal uitgegaan worden van een verdubbeling van die afzetprijs (9,92€).

De bedragen van de opgenomen economische steunmaatregelen, in de vorm van groenestroom- en warmtekrachtcertificaten (GSC & WKC), zijn zeer goed gekend en worden gegarandeerd over de looptijd ervan. Wat dat betreft is er dus weinig onzekerheid. Toch kan men zich, zeker in het kader van de op til zijnde wijzigingen in de toekenning van deze subsidies, de vraag stellen in welke mate deze de rendabiliteit van een installatie beïnvloeden. Zodoende worden drie situaties onderzocht: geen groenestroom- maar wel warmtekrachtcertificaten (1), geen warmtekracht- maar wel groenestroomcertificaten (2) en het ontbreken van beide certificaten (3).

Als laatste parameter worden de gevolgen nagegaan van een verandering in de te verwerken input. In het eerste geval, respectievelijk het tweede geval, worden alle inpuhoeveelheden verlaagd, respectievelijk verhoogd, met 20%.

Tabel 56: Resultaten partiële sensitiviteitsanalyse

Assumptie	Wijziging parameter	Effect NAW	Δ% NAW	
			10%-S	20%-S
I₀ industriële vergisting	+ 5% I ₀	Model 1	-11,5%	-10,0%
Drooginstallatie dikke fractie	+ 500.000€	Model 2, DP 1	-6,5%	-13,0%
	+ 1.000.000€	Model 2, DP 1	-7,6%	-15,3%
	directe afzet	Model 2, DP 1	+36,0%	+48,9%
I₀ GFT-compostering	- 3,5€ afschrijving/ton input	Model 2, DP 3	+32,2%	+32,2%
		Model 3, DP 2	+32,2%	+32,2%
	+ 3,5€ afschrijving/ton input	Model 2, DP 3	-32,2%	-32,2%
		Model 3, DP 2	-32,2%	-32,2%
I₀ Groencompostering	- 4,5€ afschrijving/ton input	Model 1	+59,8%	+53,9%
		Model 2, DP 2	+36,3%	+45,5%
		Model 3, DP 1	+51,6%	+85,4%
	+ 4,5€ afschrijving/ton input	Model 1	-59,8%	-53,9%
		Model 2, DP 2	-36,3%	-45,5%
		Model 3, DP 1	-51,6%	-104,9%
Gate fee grasmaaisel	- 16€/ton input	Model 1	-5,8%	-10,5%
		Model 2, DP 1	-7,1%	-17,5%
		Model 3, DP 1	-16,5%	-57,72%
	+ 24€/ton input	Model 1	+8,7%	+15,8%
		Model 2, DP 1	+10,7%	+23,98%
		Model 3, DP 1	+24,8%	+57,3%
Afzetsprijs digestaat	+ 4,96€/ton output	Model 2, DP 1	+3,6%	+4,4%
Elektriciteitsverbruik L.V.	- 5%	Model 2, DP 1	+0,14%	+0,16%
	+ 5%	Model 2, DP 1	-0,14%	+0,16%
Steunmaatregelen	geen GSC, wel WKC	Model 1	-47,3%	-43,7%
		Model 2, DP 1	-86,9%	-124,1%
	geen WKC, wel GSC	Model 1	-4,8%	-4,5%
		Model 2, DP 1	-20,7%	-26,8%
	geen GSC, geen WKC	Model 1	-52,1%	-48,2%
		Model 2, DP 1	-107,6%	-154,7%
Inpuhoeveelheid	- 20% input	Model 1	-50,6%	-44,2%
		Model 2	-10,5%	-14,2%
		Model 3	-8,8%	-13,6%
	+ 20% input	Model 1	+50,5%	+44,8%
		Model 2	+10,2%	+11,9%
		Model 3	+8,8%	+6,7%

Hierboven werd uitgelegd op welke manier de assumpties variëren in de partiële sensitiviteitsanalyse. Het volledig model dat aan de basis ligt van deze masterproef werd op een dynamische manier opgebouwd in Excel. Zodoende kan, door het veranderen van de inputgegevens, het effect op de netto actuele waarde (Δ% NAW) afgeleid worden. De resultaten van deze analyse zijn opgenomen in tabel 56.

Over het algemeen blijkt dat de verscheidene investeringskosten redelijk zwaar doorwegen op de netto actuele waarde. De compostering van grasmaaisel en groenafval (model 3, deelproces 1) is hier bijzonder gevoelig voor. Daarnaast is ditzelfde proces ook in grote mate afhankelijk van de hoogte van de gate fee voor grasmaaisel, dewelke eveneens relevant is voor de andere processen waar gras wordt verwerkt. Voor landbouwvergisting (model 2, deelproces 1) heeft het drogen van de dikke fractie een aanzienlijke invloed op de netto actuele waarde. Indien er sprake is van een directe afzet zou deze stijgen met 36%, respectievelijk 48,9%, in het 10%-scenario, respectievelijk het 20%-scenario. Echter, het grootste effect op de netto actuele waarde voor de vergistingsprocessen betreft het ontbreken van groenestroom- en warmtekrachtcertificaten. Model 1 en model 2 vertonen hier een grote sensitiviteit voor. Daarnaast hebben de groenestroomcertificaten meer impact op de netto actuele waarde dan de warmtekrachtcertificaten. Dit is logisch aangezien deze laatste, in vergelijking met groenestroomcertificaten, een kleinere opbrengst vormen voor de verwerkingsinstallatie. Daarnaast is het effect van een wijziging in het elektriciteitsverbruik bij landbouwvergisting nagenoeg verwaarloosbaar. Ten slotte blijkt ook de inpuithoeveelheid een rol te spelen, voornamelijk bij model 1. Dit houdt wellicht verband met de kostenstructuur. Het overgrote merendeel van de kosten zijn vast, terwijl de belangrijkste opbrengsten (gate fees) een variabel karakter kennen. Met andere woorden, een grotere input leidt tot een lagere gemiddelde vaste kost per eenheid input waardoor het verschil met de constante opbrengst per eenheid input voordeliger wordt.

Ondanks het feit dat sommige effecten als aanzienlijk bestempeld kunnen worden, leidde geen enkele er toe dat een netto actuele waarde van teken veranderde ten opzichte van de basissituatie, of dat de prioriteitsvolgorde tussen de modellen veranderde. In die zin blijft het antwoord op deelvraag 1 overeind, namelijk dat industriële vergisting met 20% grasinput te verkiezen valt vanuit privaat en sociaal economisch standpunt. Bovendien werd steeds gebruikt gemaakt van uiterste waarden van een mogelijk interval. Als men, zoals bij een *Monte Carlo analyse*, veronderstelt dat de kans op een waarde uit het interval benaderd wordt door een normale verdeling, zullen deze uitersten zich wellicht niet snel voordoen. Op basis van de resultaten uit de partiële sensitiviteitsanalyse kan de netto actuele waarde zodoende als tamelijk robuust beschouwd worden.

Hoofdstuk 6: Beleidsinterpretatie

Dit hoofdstuk staat in het teken van de tweede deelvraag. De resultaten uit mijn model worden hier gekoppeld aan het beleidskader. In het eerste onderdeel wordt nagegaan in welke mate de Ladder van Lansink een invloed heeft op de keuze tussen de verwerkingsmethoden. Daarna wordt het effect van twee specifieke beleidsmaatregelen besproken. Op basis van deze inzichten wordt, in het laatste onderdeel, een beleidsaanbeveling geformuleerd.

6.1 Beleidsafweging

De laatste jaren wordt er steeds meer aandacht besteed aan de manier waarop milieu-gerelateerde aspecten een onderdeel kunnen vormen van besluitvorming. Een voorbeeld hiervan kan gevonden worden in het onlangs aangenomen materialendecreet, de opvolger van het voormalig afvalstoffendecreet. Zo wordt er meer nadruk gelegd op duurzame ontwikkeling en het sluiten van kringlopen.

Zoals aangehaald in de probleemstelling dient men als beleidsmaker te zoeken naar de meest geschikte toepassing voor natuur- en bermgrasmaaisel. Een vaak gebruikte leidraad bij het maken van zulke keuzes inzake afvalbeleid, is de Ladder van Lansink. Deze prioriteitsvolgorde heeft een eerder intuïtief karakter, zonder expliciet rekening te houden met economische argumenten (E. Willems, persoonlijke communicatie, 7 oktober 2011). In deze masterproef werd uitgegaan van twee verwerkingsmethoden, namelijk vergisting en compostering. De integratie van beide leidde tot drie modellen. Industriële en landbouwvergisting zijn gericht op zowel energie- als materialenproductie. In een composteringsproces daarentegen wordt uitsluitend materiaal gecreëerd. Op het eerste zicht lijkt vergisting dus te leiden tot een win-win situatie. Toch is dit niet noodzakelijk het geval. De drang naar energie gaat immers gepaard met minder materiaal.

De beleidsmaker moet dus een afweging maken. De Ladder van Lansink verkiest immers materiaal, in de vorm van hergebruik of recyclage, boven energierecuperatie. Het opteren voor vergisting impliceert ingaan tegen de Ladder van Lansink aangezien er met eenzelfde inpuithoeveelheid meer materiaal gecreëerd kan worden. De manier waarop deze afweging tot uiting komt in mijn model, wordt weergegeven in tabel 57.

Tabel 57: Materialenproductie in verhouding tot de inpuhoeveelheid (in ton v.s.)

	MODEL 1		MODEL 2		MODEL 3	
	10%-S	20%-S	10%-S	20%-S	10%-S	20%-S
Deelproces 1	34,06%	34,21%	16,28%	17,74%	49,93%	50,65%
Deelproces 2			48,95%	48,95%	39,13%	39,13%
Deelproces 3			39,13%	39,13%		
TOT. (Σ)	34,06%	34,21%	31,73%	32,04%	43,50%	44,55%

In tabel 57 wordt voor elk deelproces het finaal materiaal, in de vorm van compost of digestaat, vergeleken met de desbetreffende input. Ander materiaal, zoals bijvoorbeeld afvalwater en structuurmateriaal, wordt dus niet in beschouwing genomen. De hierboven vermelde afweging komt duidelijk tot uiting in de resultaten. Het composteren van één ton GFT-afval, respectievelijk één ton groenafval, leidt tot ongeveer 39% finaal product, respectievelijk 49% finaal product. De hoeveelheid finaal product bij vergisting daarentegen ligt lager. Dit is zeker het geval bij landbouwvergisting (deelproces 1, model 2). Hier resulteert één ton input in om en bij 17% finaal product. Dit is aanzienlijk minder dan bij industriële vergisting (model 1). Toch gaat ook hier de drang naar energie gepaard met minder materiaal. In model 3 wordt immers dezelfde inpuhoeveelheid gecomposteerd, hetgeen leidt tot ongeveer 10% meer finaal product.

6.2 Beleidsmaatregelen

Om de invloed van het beleid op de keuze tussen vergisting en compostering na te gaan, werden twee specifieke beleidsmaatregelen beschouwd. Enerzijds kan men bij vergisting aanspraak maken op groenestroom- en warmtekrachtcertificaten. Anderzijds wordt er een afzevingsmaximum ingesteld.

Groenestroom- en warmtekrachtcertificaten zijn in het leven geroepen ter bevordering van het opwekken van hernieuwbare energie. In mijn model kan men hier enkel aanspraak op maken bij industriële- en landbouwvergisting. Zoals aangetoond in de sensitiviteitsanalyse hebben inkomsten uit deze certificaten een groot effect op de economische waarde. Desondanks leidt het ontbreken van groenestroom- en warmtekrachtcertificaten er niet toe dat de netto actuele waarde bij industriële vergisting negatief wordt (*ceteris paribus*). Met andere woorden, zelfs indien de uitbater van zo'n installatie deze steunmaatregelen niet ontvangt, is de investering rendabel genoeg om deze te laten plaatsvinden. In die zin kan men zich vragen stellen bij dit systeem. De berekening van de hoogte van groenestroom- en warmtekrachtcertificaten is immers gebaseerd op de zogenaamde 'onrendabele top'. Deze wordt door Moorkens, Vangeen en

Vos (2010) gedefinieerd als "het productieafhankelijk gedeelte van de inkomsten dat nodig is om de netto contante waarde van een investering op nul te doen uitkomen". In het geval van model 1 is er geen onrendabele top. Strikt gezien zijn hier dan ook geen economische steunmaatregelen, in de vorm van groenestroom- en warmtekrachtcertificaten, nodig.

In een efficiënte markt worden alle effecten opgenomen in de prijs. Als dit het geval is, brengt de marktwerking automatisch de maatschappelijk gewenste hoeveelheid voort. Dit dient niet noodzakelijk het geval te zijn voor de drie modellen. Een voorbeeld hiervan werd in hoofdstuk 5 aangehaald, namelijk de jaarlijkse CO₂-besparing. Deze externaliteit is een vorm van marktfaling. De overheid kan op basis hiervan interveniëren in de markt, hier in de vorm van groenestroom- en warmtekrachtcertificaten. Enerzijds hebben deze tot doel om bepaalde externaliteiten te compenseren. Maar anderzijds gebeurt dit niet expliciet, er wordt immers uitgegaan van de onrendabele top. Deze laatste is gebaseerd op strikt private kosten, baten en rendementsvereisten. De overheidstussenkomst gaat dus niet uit van het internaliseren van externaliteiten, terwijl dit vanuit maatschappelijk perspectief te verkiezen valt. Er bestaat zodoende een grote kans dat men private actoren te veel, dan wel te weinig, subsidieert waardoor de markt niet de maatschappelijk gewenste hoeveelheid voortbrengt.

Merk op dat, indien de overheid externaliteiten impliciet tracht te internaliseren door groenestroom- en warmtekrachtcertificaten, er eigenlijk een dubbeltelling heeft plaatsgevonden in hoofdstuk 5. Daar werd de monetaire waarde van de jaarlijkse CO₂-besparing bij de private kosten en baten, inclusief steunmaatregelen, geteld.

Een tweede maatregel, naast groenestroom- en warmtekrachtcertificaten, bepaalt dat maximaal 15% van de input in een composteringsproces afgezeefd mag worden (<http://www.vlaco.be>). Het structuurmateriaal dat op die manier bekomen wordt, kan later energetisch gevaloriseerd worden door middel van verbranding. Aangezien het om een maximum handelt, drukt deze maatregel een voorkeur uit voor materiaalrecuperatie. In deze masterproef werd geopteerd voor een afzevingspercentage van 11%. Over het algemeen verandert afzeving niet veel aan de eindkomsten. Enerzijds leidt dit slechts tot een zeer geringe toename in het finaal product (1% à 2% in de desbetreffende processen, zie tabel 57). Anderzijds zijn de inkomsten uit de verkoop van het structuurmateriaal (hoofdstuk 4) zeer laag. Daarnaast kan men niet onbeperkt afzeven. Zo halen Huybrechts en Vrancken (VITO, 2005) aan dat voldoende structuurmateriaal zeer belangrijk is in het composteringsproces, anders kan de zuurstof toevoer in het gedrang komen. Men is dus reeds gebonden aan een bepaald afzevingsmaximum vanuit fysieke beperkingen.

6.3 Beleidsaanbeveling

De Ladder van Lansink verkiest composteren boven vergisting. Dit is een conceptueel model en is, zoals hierboven werd uiteengezet, niet meteen gebaseerd op economische overwegingen. Het doel van deze masterproef bestond erin een economische toetsing uit te voeren voor drie modellen omtrent de verwerking van natuur- en bermgrasmaaisel. De bevindingen hiervan wezen uit dat industriële vergisting met 20% grasmaaisel te verkiezen valt, zowel met als zonder het opnemen van ecologische aspecten. Met andere woorden, er is een tegenspraak. De resultaten uit deze masterproef gaan immers in tegen hetgeen men zou verkiezen op basis van de Ladder van Lansink.

Het feit dat deze masterproef tot een andere aanbeveling zou leiden dan de Ladder van Lansink moet niet meteen een probleem zijn. Ten eerste is de Ladder van Lansink slechts een leidraad bij het maken van afval-gerelateerde keuzes. Het is niet absoluut, er kan immers van afgeweken worden indien hier gegronde redenen voor bestaan. Daarnaast wordt er, bij industriële vergisting, ongeveer 10% finaal product opgegeven ten gevolge van energierecuperatie. In ruil hiervoor vloeit wel 4116 MWh in het 10%-scenario, respectievelijk 4822 MWh in het 20%-scenario, elektriciteit terug naar het net (tabel 11). Volgens de Vlaamse Regulator voor de Energie- en Gasmarkt verbruikt een gemiddeld gezin 3500 kWh elektriciteit per jaar (<http://www.vreg.be>). Met andere woorden, met de opoffering van materiaal kunnen ongeveer 1176 gezinnen, respectievelijk 1378 gezinnen, van stroom voorzien worden in het 10%-scenario, respectievelijk het 20%-scenario.

Het energieaspect speelt een doorslaggevende rol in de keuze tussen de alternatieven. Vergisting is uiteindelijk gericht op het opwekken van hernieuwbare energie uit biomassa. Desondanks is dit enkel het geval bij industriële vergisting. Bij landbouwvergisting is de totale netto-energiebalans immers negatief. Er vloeit elektriciteit terug naar het net, maar tegelijkertijd dient er wel meer dan dubbel zoveel van die energie-inhoud in aardgas aangekocht te worden. Dit is voornamelijk te wijten aan het drogingsproces van de dikke fractie. Het doel van het vergistingsproces wordt op die manier gedeeltelijk voorbijgeschoten.

Al deze inzichten beschouwd, is de Ladder van Lansink een goede leidraad aangezien het een intuïtief logisch uitgangspunt biedt voor de beleidsmaker. Toch dient voor elke beslissing inzake afvalbeleid de specifieke situatie beschouwd te worden. In dit geval dient het beleid te opteren voor industriële vergisting met nacompostering (20% grasinput). Alhoewel dit niet gekozen zou worden op basis van de Ladder van Lansink, wijzen alle elementen in deze richting.

Hoofdstuk 7: Besluit

In deze masterproef werd gezocht naar de meest geschikte verwerkingsmethode voor natuur- en bermgrasmaaisel. De onderzoeksvraag die hierbij centraal staat luidt als volgt: "Welk afvalbeheerscenario geniet vanuit privaat en sociaal economisch standpunt de voorkeur: het vergisten of composteren van berm- en natuurgrasmaaisel, en hoe speelt het beleid hier op in?". Vergisting werd verder opgesplitst naar industriële en landbouwvergisting. Op die manier ontstonden drie verschillende modellen, dewelke getoetst werden aan twee deelvragen.

De eerste deelvraag ging na welke verwerkingsmethode te verkiezen valt vanuit privaat en sociaal economisch standpunt. Hiertoe werden de modellen onderworpen aan een fysische en een economische valorisatie. Uiteindelijk leverde dit, door middel van een kasstromenanalyse, een economische waarde op voor elk model. Deze netto actuele waarden vormden een eerste beslissingscriterium tussen de verwerkingsmethoden. Hierbij bleek dat enkel industriële vergisting met nacompostering (model 1) een positieve netto actuele waarde vertoonde. Daarenboven bleek deze het hoogst te zijn bij het scenario waar gras 20% uitmaakte van de te vergisten input. Alle andere alternatieven (model 2 en model 3) bleken niet rendabel vanuit privaat standpunt. Op basis van deze resultaten werd in hoofdstuk 4 besloten dat industriële vergisting met 20% grasinput te verkiezen valt vanuit privaat economisch standpunt.

Naast strikt private kosten en baten spelen externe effecten ook vaak een rol in het economisch vakgebied, zeker met betrekking tot milieu-gerelateerde onderwerpen. Vandaar werd de conclusie van de eerste deelvraag verder genuanceerd. Meer concreet, werd enkel de jaarlijkse CO₂-besparing begroot. Deze bleek geen invloed te hebben op de keuze tussen de verschillende verwerkingsmethoden. Sterker nog, industriële vergisting met 20% grasinput leidt tot de grootste jaarlijkse CO₂-besparing, hetgeen enkel in het voordeel spreekt van dit alternatief. Met andere woorden, het zou gekozen moeten worden zowel vanuit privaat als sociaal standpunt.

Aan de basis van de verschillende netto actuele waarden lagen een heel aantal assumpties en inputwaarden. Aan de hand van een partiële sensitiviteitsanalyse werd nagegaan in welke mate deze een invloed uitoefenen op de einduitkomst van de verschillende modellen, en dus op de mogelijke voorkeur vanuit economisch standpunt (deelvraag 1). Uit deze analyse kwam voort dat geen enkele verandering in een aanname leidde tot een verandering in de reeds gemaakte conclusie. De resultaten die voortkwamen uit mijn model kunnen zodoende als tamelijk robuust beschouwd worden.

De tweede deelvraag ging dieper in op het beleidskader. Vooreerst werd verduidelijkt dat de Ladder van Lansink materiaal boven energierecuperatie verkiest. De beleidsmaker wordt aldus met een afweging geconfronteerd. Immers, als men opteert voor vergisting resulteert dit in energie enerzijds maar minder materiaal anderzijds. Bij compostering geldt een omgekeerde redenering. Dit proces is gericht op materiaal, zonder het benutten van het energiepotentieel. Deze afweging vormt het uitgangspunt voor de tweede deelvraag, en luidt als volgt: "Op welke manier speelt het beleid in op de keuze tussen de verwerkingsmethoden, en dus op de trade-off tussen materiaal en energie?".

De invloed van het beleid werd nagegaan aan de hand van twee maatregelen. De eerste bestaat uit de economische steunmaatregelen, in de vorm van groenestroom- en warmtekrachtcertificaten. Deze bleken een aanzienlijk effect te hebben op de netto actuele waarde van de vergistingsprocessen. In de context van deze masterproef, speelt dit sterk in het voordeel van energierecuperatie (vergisting). Een tweede maatregel bepaalt dat maximaal 15% van de input in een composteringsproces afgezeefd mag worden (<http://www.vlaco.be>). De gevolgen van dit afzevingsmaximum zijn eerder beperkt. Het leidt niet tot een grote toename in het finaal product, de inkomsten uit de verkoop van het structuurmateriaal liggen laag en omdat men, vanuit fysieke beperking, reeds gebonden is aan een maximale afzevingshoeveelheid. De tegenstelling tussen beide beleidsmaatregelen, zoals naar voren geschoven in de probleemstelling, is dus eerder klein in de praktijk (ten voordele van energierecuperatie).

Het oplossen van de deelvragen staat toe om één algemeen antwoord te formuleren op de centrale onderzoeksvraag. Zowel de economische valorisatie, het opnemen van externe effecten als de sensitiviteitsanalyse tonen aan dat industriële vergisting met nacompostering (20% grasinput) te verkiezen valt vanuit privaat en sociaal economisch standpunt. Dit is dus een combinatie van vergisting en compostering. Het beleid speelt duidelijk in op de keuze voor een vergistingsproces. Het effect van groenestroom- en warmtekrachtcertificaten blijkt aanzienlijk te zijn. Het instellen van een afzevingsmaximum daarentegen leidt niet tot een grote materiaalrecuperatie. Op die manier werkt het beleidskader de spanning op de biomassa-markt extra in de hand. Desondanks zijn groenestroom- en warmtekrachtcertificaten niet vereist om de netto actuele waarde van industriële vergisting positief te maken. Het principe van de 'onrendabele topberekening' werd in mijn model dan ook voorbijgeschoten. Zo'n overheidstussenkomst zou dan ook beter gebaseerd zijn op het internaliseren van externe effecten, en dus op het corrigeren van eventuele marktvalingen. Anders bestaat er een grote kans dat men private actoren te veel, dan wel te weinig, subsidieert waardoor de markt niet de maatschappelijke gewenste hoeveelheid voortbrengt.

Lijst van geraadpleegde werken

- Aidt, T. (1998). Political internalization of economic externalities and environmental policy [Elektronische versie]. *Journal of public economics*, 69, p.1-16.
- Baumol, W.J. & Oates, W.E. (1988). *The theory of environmental policy*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Boardman, A.E., Greenberg, D.H., Vining A.R., & Weimer, D.L. (2011). *Cost-Benefit Analysis: concepts and practice (fourth edition)*. New Jersey (USA): Pearson education.
- Borjesson, P. (1996). Energy analysis of biomass production and transportation. *Biomass and Bioenergy*, 11(4), p. 305-318. Verkregen via persoonlijke communicatie N. Witters op 12 augustus, 2012.
- Braekevelt, A., Hoekstra, B., Anthonissen, E., Vandaele, E., Van Dale, G., Vandenbroucke, I., Vandenbroek, K., Van Stichelen, K., Vanacker, L., Goossens, M., Vermoens, S. & Vanden Auweele, W. (VLACO, z.d.). *Activiteitenverslag 2010*. Opgevraagd op 15 augustus 2012, via <http://www.vlaco.be>.
- Decreet van 2 juli 1981 betreffende de voorkoming en het beheer van afvalstoffen (afvalstoffendecreet), laatst gewijzigd bij het Decreet van 2 april 2004*. (B.S. 18.05.2004). Opgevraagd op 28 augustus, 2011, via <http://www.ovam.be>.
- Decreet van 23 december 2011 betreffende het duurzaam beheer van materiaalkringlopen en afvalstoffen*. (B.S. 28.02.2012). Opgevraagd op 3 juli, 2012, via <http://www.emis.vito.be/navigator>.
- De Nocker, L., Michiels, H., Deutsch, F., Lefebvre, W., Beukers, J., & Torfs, R. (2010). *Actualisering van de externe milieukosten (algemeen voor Vlaanderen) met betrekking tot luchtverontreiniging en klimaatverandering, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2010/03, VITO*. Opgevraagd op 7 september, 2011, via <http://www.milieurapport.be>.
- Derden, A., Vanassche, S., & Huybrechts, D. (VITO, februari, 2012). *Best Beschikbare Technieken (BBT) voor (mest)covergistingsinstallaties*. Opgevraagd op 23 juni, 2012, via <http://www.emis.vito.be/navigator>.
- Gorecki, P.K., Acheson, J., & Lyons, S. (2010). An economic approach to municipal waste management policy in Ireland. Final report for Dublin City Council, Ireland, available online at www.esri.ie.
- Huybrechts, D. & Vrancken, K. (VITO, 2005). *Beste beschikbare technieken (BBT) voor composteer en vergistingsinstallaties*. Opgevraagd op 23 juni, 2012, via <http://www.emis.vito.be/navigator>.
- IPCC (2007) Climate Change 2007: synthesis report. An assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press. Verkregen via persoonlijke communicatie N. Witters op 12 augustus, 2012.
- IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Lansink, A. & De Vries – in 't Veld, H. (2010). *De kracht van de kringloop, geschiedenis en toekomst van de Ladder van Lansink*. Apeldoorn/Nijmegen: BnM uitgevers.

Lipsey, R.G & Chrystal, K.A (2007). *Economics*. Oxford University Press.

Masui, C. & Raedts, M. (2007). *Van vraag tot tekst. Praktische leidraad voor literatuurverslagen*. Leuven: Uitgeverij Acco.

Mercken, R. (2004). *De investeringsbeslissing: een beleidsgerichte analyse*. Antwerpen – Apeldoorn: Garant.

Milieurapport (MIRA). *Kernset Milieudata MIRA-T 2008, Emissie van broeikasgassen in kton CO₂-equivalenten (Vlaanderen, 1990-2007)*. Verkregen via persoonlijke communicatie N. Witters op 12 augustus, 2012.

Milieurapport (MIRA). *Kernset afvalproductie milieurapport Vlaanderen 2010*. Opgevraagd op 28 november, 2011, via <http://www.milieurapport.be>.

Moorkens, I., Vangeen, S., & Vos, D. (2010). *Onrendabele toppen van duurzame elektriciteitsopties 2010*. Studie uitgevoerd in opdracht van VEA. Opgevraagd op 16 augustus, 2012, via <http://www2.vlaanderen.be>.

Omzendbrief RO/2006/01 van 19 mei 2006 betreffende het afwegingskader en de randvoorwaarden voor de inplanting van installaties voor mestbehandeling en vergisting. (2006). Opgevraagd op 14 juni, 2012, via <http://www.emis.vito.be/navigator>.

Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij (OVAM). (30 augustus, 2003). *Actieplan maaisel*. Opgevraagd op 24 maart, 2012, via <http://www.ovam.be>.

Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij (OVAM). (mei, 2009). *Geïntegreerde verwerkingsmogelijkheden (inclusief energetische valorisatie) van bermmaaisel*. Opgevraagd op 24 maart, 2012, via <http://www.ovam.be>.

Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij (OVAM). (september, 2009). *Economische marktanalyse voor een duurzame verwerking van (deelstromen) van groen- en gft-afval met voorstel van beleidsaanbevelingen*. Opgevraagd op 21 maart, 2012, via <http://www.ovam.be>.

Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij (OVAM). (april, 2010). *Inventarisatie Biomassa 2007-2008 (deel 2009) met potentieel 2020*. Opgevraagd op 21 maart, 2012, via <http://www.ovam.be>.

Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij (OVAM). (24 november, 2011). *Op wie rekent u voor een ambitieus materialenbeleid?*. Opgevraagd op 2 april, 2012, via <http://www.ovam.be>.

Pindyck, R.S. & Rubinfeld, D.L. (2009). *Microeconomics*. New Jersey: Pearson Education.

Richtlijn 2009/28/EG van het Europees parlement en de raad van 23 april 2009 ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen en houdende wijziging en intrekking van Richtlijn 2001/77/EG en Richtlijn 2003/30/EG. (23 april, 2009). Opgevraagd op 31 maart, 2012, via <http://eur-lex.europa.eu>.

Vanheusden, B. & Van Hoorick, G. (2011). *Milieurecht in kort bestek*. Antwerpen-Cambridge: Intersentia.

Vlaamse Compostorganisatie (VLACO). (2012). *Ecologische en economische voordelen gift- en groencompost*. Verkregen via persoonlijke communicatie E. Vandaele op 8 mei, 2012.

Vlaamse Regulator van de Elektriciteits- en Gasmarkt (VREG). (1 februari, 2012). *Mededeling 2011-3 van de Vlaamse Regulator van de Elektriciteits- en Gasmarkt. De concrete toepassing door de VREG van een aantal recente decreetswijzigingen met betrekking tot de toekenning van groenestroomcertificaten, op vlak van de minimumsteun en de bijstook van biomassa in kolencentrales*. Verkregen via persoonlijke communicatie M. Van Dael op 17 juli, 2012.

Vlaamse Regulator van de Elektriciteits- en Gasmarkt (VREG). (z.d.). *Evolutie elektriciteits- en aardgas (excl. btw) voor kleine professionele afnemers*. Opgevraagd op 2 augustus, 2012, via <http://www.vreg.be>.

West, T.O. & Marland, G. (2002) A synthesis of carbon sequestration, carbon emissions, and net carbon flux in agriculture: comparing tillage practices in the United States. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 91, p. 217–232. Verkregen via persoonlijke communicatie N. Witters op 12 augustus, 2012.

Lijst van geraadpleegde websites

<http://www.emis.vito.be/navigator>, laatst geraadpleegd in juli 2012

<http://www.esri.ie.>, laatst geraadpleegd in januari 2012

<http://eur-lex.europa.eu>, laatst geraadpleegd in maart 2012

<http://www.milieurapport.be>, laatst geraadpleegd in augustus 2012

<http://www.ovam.be>, laatst geraadpleegd in augustus 2012

<http://www.sita.org>, laatst geraadpleegd in oktober 2011

<http://www.uhasselt.be>, laatst geraadpleegd in augustus 2012

<http://www.vlaco.be>, laatst geraadpleegd in augustus 2012

<http://www.vreg.be>, laatst geraadpleegd in augustus 2012

Bijlage 1: Formules en assumpties investeringskosten

MODEL 1

Vergister

$$= 699287 \times (\text{input vergister})^{-0.796} \times \text{input digester}$$

In de ECP-studie werd deze formule geconstrueerd door het opvragen van offertes bij verschillende inpuhoeveelheden.

Nacomposteringsinstallatie

$$= \text{gemiddelde afschrijving per ton input (9,5€)} \times \text{input nacompostering} \\ \times \text{levensduur project}$$

De gemiddelde afschrijving per ton input werd bekomen uit een studie van de OVAM omtrent een economische marktanalyse voor een duurzame verwerking van GFT- en groenafval (OVAM, 2009). Er werd uitgegaan van groencompostering.

Drooginstallatie biogas

$$= \frac{\text{volume droog biogas Nm}^3}{\text{draaiuren installatie (7000)} \times 1000} \times 150.000\text{€ per } 1000\text{Nm}^3 \text{ per uur}$$

Waterzuiveringsinstallatie

$$= 250.000\text{€}$$

Gasturbine

$$\text{Als kWe} > 900 : = (-386,1 \times \text{LN}(900) + 3170,5) \times 1,2$$

$$\text{Als kWe} < 900 : = (-386,1 \times \text{LN}(\text{capaciteit kWe}) + 3170,5) \times 1,2$$

$$\text{met kWe} = \frac{\text{elektriciteitsproductie gasturbine (kWh)}}{\text{draaiuren installatie (7000)}}$$

Gasnetwerk

$$= \text{afstand (700m)} \times 125\text{€ per meter} + \text{aantal connecties (1)} \times 30.000\text{€ per connectie}$$

Warmtenetwerk

$$= \text{afstand (600m)} \times 1.000\text{€ per meter} + \text{aantal connecties (1)} \times 30.000\text{€ per connectie}$$

Boiler

$$= 25.000\text{€}$$

Site voorbereiding

$$= 10\% \text{ van de totale investeringskost}$$

MODEL 2, deelproces landbouwvergisting

Vergister + ontwateringsinstallatie

$$= ((699287 \times ((input\ vergister)^{-0.796}) + 85) \times input\ vergister$$

Drooginstallatie biogas

$$= \frac{volume\ droog\ biogas\ Nm^3}{draaiuren\ installatie\ (7000) \times 1000} \times 150.000\text{€ per } 1000Nm^3\text{ per uur}$$

Drooginstallatie dikke fractie

$$= 500.000\text{€}$$

Deze waarde is niet afkomstig uit de ECP-studie maar werd, door een gebrek aan gegevens, arbitrair bepaald. Hiermee werd rekening gehouden in de sensitiviteitsanalyse.

Waterzuiveringsinstallatie

$$= 250.000\text{€}$$

Gasturbine

$$\text{Als } kWe > 900 : = (-386,1 \times LN(900) + 3170,5) \times 1,2 \times kWe$$

$$\text{Als } kWe < 900 : = (-386,1 \times LN(capaciteit\ kWe)) + 3170,5) \times 1,2 \times kWe$$

$$\text{met } kWe = \frac{elektriciteitsproductie\ gasturbine\ (kWh)}{draaiuren\ installatie\ (7000)}$$

Gasnetwerk

$$= afstand\ (700m) \times 125\text{€ per meter} + aantal\ connecties\ (1) \times 30.000\text{€ per connectie}$$

Warmtenetwerk

$$= afstand\ (600m) \times 1.000\text{€ per meter} + aantal\ connecties\ (1) \times 30.000\text{€ per connectie}$$

Boiler

$$= 25.000\text{€}$$

Site voorbereiding

$$= 10\% \text{ van de totale investeringskost}$$

MODEL 2, deelproces groencompostering

Composteringsinstallatie groenafval

= *gemiddelde afschrijving per ton input (9,5€) × input compostering × levensduur project*

Zoals ook het geval is bij de nacomposteringsinstallatie in model 1, wordt hier gebruik gemaakt van de gemiddelde afschrijvingskost per ton input voor groencompostering (OVAM, 2009). De range werd daar geschat op 5 à 14 € per ton input. Gemiddeld is dit 9,5€. Onder de assumptie dat het afschrijvingspercentage lineair is over de levensduur van het project (15 jaar) en deze slechts één keer dient te gebeuren, kan de investeringskost benaderd worden door bovenstaande formule.

MODEL 2, deelproces GFT-compostering

Composteringsinstallatie GFT-afval

= *gemiddelde afschrijving per ton input (26,5€) × input compostering × levensduur project*

Voor de bepaling van de investeringskost bij GFT-compostering wordt dezelfde werkwijze gebruikt als bij groencompostering. De range van de afschrijvingskost wordt hier geschat op 23 à 30 € per ton input. Gemiddeld is dit 26,50€. Onder de assumptie dat het afschrijvingspercentage lineair is over de levensduur van het project (15 jaar) en deze slechts één keer dient te gebeuren, kan de investeringskost benaderd worden door bovenstaande formule.

MODEL 3, deelproces groenafval- en grascompostering

Composteringsinstallatie groenafval en grasmaaisel

= *gemiddelde afschrijving per ton input (9,5€) × input compostering × levensduur project*

Hierbij werd uitgegaan van een installatie voor groencompostering, dewelke hierboven reeds werd toegelicht.

MODEL 3, deelproces GFT-compostering

Composteringsinstallatie GFT-afval

= *gemiddelde afschrijving per ton input (26,5€) × input compostering × levensduur project*

Aangezien dit deelproces identiek is aan het derde deelproces uit model 2, kan naar de uitleg bij die formule verwezen worden.

Bijlage 2: Formules en assumpties operationele kosten

MODEL 1

Onderhoud site

= 26.000€

Watergebruik

= 5.600€

Verzekering

= 17.500€

Herstellingen

= 300.000€

Personeel

$$= (\text{aantal standaard werknemers} \times \text{uurloon (30€)} + \text{aantal extra werknemers} \\ \times \text{uurloon (33€)}) \times \text{werkuren per jaar (1600)}$$

Over de modellen wordt er standaard uitgegaan van 5 voltijds equivalente werknemers. Deze hebben een uurloon van 30€. Indien er vergist wordt, is er één voltijds equivalente werknemer extra vereist tegen een uurloon van 33€. Elke werknemer werkt 1600 uur per jaar.

Onderhoud

- Vergister
= $\text{investeringskost} \times 3\%$
- Waterzuiveringsinstallatie
= $\text{investeringskost} \times 2,5\%$
- Gasturbine
= $65,347 \times (\text{elektrisch vermogen in kWe})^{-0.1544} \times 0,9$
- Biogasnetwerk
= $\text{investeringskost} \times 3\%$
- Warmtenetwerk
= $\text{investeringskost} \times 3\%$
- Boiler
= $\text{investeringskost} \times 3\%$

Voor bovenstaande installaties werden onderhoudskosten teruggevonden. Enkel voor de drooginstallatie van het biogas ontbreken gegevens. De som van bovenstaande componenten vormt de onderhoudskost zoals weergegeven in hoofdstuk 4.

Analysekost input vergister

= 1,67€ per ton input in de vergister × input vergister

Oliekost gasturbine

= 0,28 € per operationeel uur × aantal operationele uren

Voorbehandelingskost afzeven structuurmateriaal uit groenafval

= 5€ per ton structuurmateriaal × hoeveelheid afgezeefd structuurmateriaal

MODEL 2, deelproces landbouwvergisting

Onderhoud site

= 26.000€

Watergebruik

= 5.600€

Verzekering

= 17.500€

Herstellingen

= 300.000€

Personeel

= (aantal standaard werknemers × uurloon (30€) + aantal extra werknemers × uurloon (33€)) × werkuren per jaar (1600)

Over de modellen wordt er standaard uitgegaan van 5 voltijds equivalente werknemers. Deze hebben een uurloon van 30€. Indien er vergist wordt, is er één voltijds equivalente werknemer extra vereist tegen een uurloon van 33€. Elke werknemer werkt 1600 uur per jaar.

Onderhoud

- Vergister + ontwateringinstallatie
 $= \text{investeringskost} \times 3\%$
- Waterzuiveringsinstallatie
 $= \text{investeringskost} \times 2,5\%$
- Gasturbine
 $= 65,347 \times (\text{elektrisch vermogen in kWe})^{-0.1544} \times 0,9$
- Biogasnetwerk
 $= \text{investeringskost} \times 3\%$
- Warmtenetwerk
 $= \text{investeringskost} \times 3\%$
- Boiler
 $= \text{investeringskost} \times 3\%$

Voor bovenstaande installaties werden onderhoudskosten teruggevonden. Dit betekent dat voor er enkel voor de drooginstallatie van het biogas en voor de drooginstallatie van de dikke fractie gegevens ontbreken. De som van de componenten vormt de onderhoudskost zoals weergegeven in hoofdstuk 4.

Aankoopkost grondstoffen

- Maïs
 $= \text{aankoopkost maïs (30€)} \times \text{input maïs}$
- Ander
 $= \text{aankoopkost ander (0€)} \times \text{input ander}$

Aankoopkost aardgas

$$= \text{warmte tekort} \times \text{gasprijs (54,60€)}$$

De aardgasprijs (april 2012) komt uit een rapport van de VREG (z.d.). Het betreft de prijs die kleine professionele ondernemingen betalen en ligt dus waarschijnlijk iets te hoog in dit model, hetgeen marge laat voor eventuele aanpassingen aan de vergister en hogere onderhoudskosten.

Analysekost input vergister

$$= 1,67\text{€ per ton input in de vergister} \times \text{input vergister}$$

Oliekost gasturbine

$$= 0,28 \text{€ per operationeel uur} \times \text{aantal operationele uren}$$

MODEL 2, deelproces groencompostering

Onderhoud site

= 26.000€

Watergebruik

= 5.600€

Verzekering

= 17.500€

Personeel

= $(\text{aantal standaard werknemers} \times \text{uurloon (30€)} + \text{aantal extra werknemers (0)})$
 $\times \text{uurloon (33€)} \times \text{werkuren per jaar (1600)}$

Over de modellen wordt er standaard uitgegaan van 5 voltijds equivalente werknemers. Deze hebben een uurloon van 30€. Indien er vergist wordt, is er één voltijds equivalente werknemer extra vereist tegen een uurloon van 33€. Elke werknemer werkt 1600 uur per jaar.

Herstellingen en onderhoud

= 580.000€

Voorbehandelingskost afzeven structuurmateriaal uit groenafval

= $5€ \text{ per ton structuurmateriaal} \times \text{hoeveelheid afgezeefd structuurmateriaal}$

MODEL 2, deelproces GFT-compostering

Onderhoud site

= 26.000€

Watergebruik

= 5.600€

Verzekering

= 17.500€

Personeel

$$= (\text{aantal standaard werknemers} \times \text{uurloon (30€)} + \text{aantal extra werknemers (0)}) \\ \times \text{uurloon (33€)} \times \text{werkuren per jaar (1600)}$$

Over de modellen wordt er standaard uitgegaan van 5 voltijds equivalente werknemers. Deze hebben een uurloon van 30€. Indien er vergist wordt, is er één voltijds equivalente werknemer extra vereist tegen een uurloon van 33€. Elke werknemer werkt 1600 uur per jaar.

Herstellingen en onderhoud

$$= 580.000\text{€}$$

MODEL 3, deelproces groenafval- en grascompostering**Onderhoud site**

$$= 26.000\text{€}$$

Watergebruik

$$= 5.600\text{€}$$

Verzekering

$$= 17.500\text{€}$$

Personeel

$$= (\text{aantal standaard werknemers} \times \text{uurloon (30€)} + \text{aantal extra werknemers (0)}) \\ \times \text{uurloon (33€)} \times \text{werkuren per jaar (1600)}$$

Over de modellen wordt er standaard uitgegaan van 5 voltijds equivalente werknemers. Deze hebben een uurloon van 30€. Indien er vergist wordt, is er één voltijds equivalente werknemer extra vereist tegen een uurloon van 33€. Elke werknemer werkt 1600 uur per jaar.

Herstellingen en onderhoud

$$= 580.000\text{€}$$

Voorbehandelingskost afzeven structuurmateriaal uit groenafval

$$= 5\text{€ per ton structuurmateriaal} \times \text{hoeveelheid afgezeefd structuurmateriaal}$$

MODEL 3, deelproces GFT-compostering

Onderhoud site

= 26.000€

Watergebruik

= 5.600€

Verzekering

= 17.500€

Personeel

= (aantal standaard werknemers × uurloon (30€) + aantal extra werknemers (0)
× uurloon (33€)) × werkuren per jaar (1600)

Over de modellen wordt er standaard uitgegaan van 5 voltijds equivalente werknemers. Deze hebben een uurloon van 30€. Indien er vergist wordt, is er één voltijds equivalente werknemer extra vereist tegen een uurloon van 33€. Elke werknemer werkt 1600 uur per jaar.

Herstellingen en onderhoud

= 580.000€

Bijlage 3: Formules en assumpties opbrengsten

MODEL 1

Energie

- Vermeden kost elektriciteit
 $= \text{elektriciteitsverbruik (MWh)} \times \text{aankoopprijs (139,40€ per MWh)}$
- Verkoop groene elektriciteit
 $= \text{overschot elektriciteit (MWh)} \times (90\% \times \text{aankoopprijs})$

Gate fees

- GFT-afval
 $= \text{gate fee GFT – afval per ton (62€)} \times \text{inpuhoeveelheid GFT – afval}$
- Groenafval
 $= \text{gate fee groenafval per ton (36€)} \times \text{inpuhoeveelheid groenafval}$
- Grasmaaisel
 $= \text{gate fee grasmaaisel per ton (36€)} \times \text{inpuhoeveelheid grasmaaisel}$

Verkoop

- Structuurmateriaal
 $= \text{structuurmateriaal (ton)}$
 $\times \text{verkoopprijs structuurmateriaal per ton (10€)}$
- Finaal compost
 $= \text{hoeveelheid compost (ton)} \times \text{verkoopprijs compost per ton (4,96€)}$
- Residu voorbehandeling (metaal)
 $= \text{hoeveelheid residu (ton)} \times \text{verkoopprijs residu per ton (25€)}$

Subsidies

- Groenestroomcertificaten
 $= \text{opgewekte elektriciteit (MWh)} \times \text{minimumsteun (100€ per MWh)}$
voor een periode van 10 jaar

- Warmtekrachtcertificaten

Zoals meermaals aangegeven nemen de warmtekrachtcertificaten af over de looptijd ervan. De berekening van het precieze bedrag is afhankelijk van een heel aantal parameters en wordt hieronder weergegeven. De methode is volledig overgenomen uit de ECP-studie. In hoofdstuk 4 werd gebruik gemaakt van de einduitkomst, namelijk de gemiddelde opbrengst uit warmtekrachtcertificaten per jaar.

Tabel 58: Berekening opbrengsten warmtekrachtcertificaten model 1

	Formule	MODEL 1	
		10%-S	20%-S
Elektr. efficiëntie [E.E.]		38%	38%
Warmte efficiëntie [W.E.]	verbruik/(opwekking*100/40%) met max. 40%	18,77%	18,77%
E.E. referentie EU [REFe]		42%	42%
W.E referentie EU [REFw]		70%	70%
RPE	$1-(1/(E.E./REFe+W.E./REFw))$	14,74%	14,74%
PES	elektr. prod.*(1/REFe+W.E./(E.E.*REFw)-1/E.E.)	3.182	3.667
Steun WKC		31€	31€
Maximale opbrengst	PES * steun WKC	98.642	113.675
Jaarlijks percentage [%]			
jaar 1	volle steun	100%	100%
jaar 2	volle steun	100%	100%
jaar 3	volle steun	100%	100%
jaar 4	volle steun	100%	100%
jaar 5	$((RPE*100)-0,2*(60-48))/(RPE*100)$	84%	84%
jaar 6	$((RPE*100)-0,2*(60-48))/(RPE*100)$	67%	67%
jaar 7	$((RPE*100)-0,2*(60-48))/(RPE*100)$	51%	51%
jaar 8	$((RPE*100)-0,2*(60-48))/(RPE*100)$	35%	35%
jaar 9	$((RPE*100)-0,2*(60-48))/(RPE*100)$	19%	19%
jaar 10	$((RPE*100)-0,2*(60-48))/(RPE*100)$	2%	2%
Jaarlijkse opbrengst (in €)	maximale opbrengst * %		
Jaar 1		98.641,84	113.675
Jaar 2		98.641,84	113.675
Jaar 3		98.641,84	113.675
Jaar 4		98.641,84	113.675
Jaar 5		82.584,09	95.196,66
Jaar 6		66.526,35	76.664,76
Jaar 7		50.468,61	58.159,87
Jaar 8		34.410,87	39.654
Jaar 9		18.353,12	31.150,08
Jaar 10		2.295,38	2.645,19
Gem. jaaropbrengst (in €)		71.229,88	82.085,09

MODEL 2, deelproces landbouwvergisting

Energie

- Vermeden kost elektriciteit
= *elektriciteitsverbruik (MWh) × aankoopprijs (139,40€ per MWh)*
- Verkoop groene elektriciteit
= *overschot elektriciteit (MWh) × (90% × aankoopprijs)*

Subsidies

- Groenestroomcertificaten

= opgewekte elektriciteit (MWh) × minimumsteun (110€ per MWh)
voor een periode van 15 jaar

- Warmtekrachtcertificaten

De werkwijze is identiek aan dewelke beschreven werd voor model 1.

De warmte-efficiëntie [W.E.] bedraagt het maximum van 40%.

Tabel 59: Berekening opbrengsten warmtekrachtcertificaten model 2

	Formule	MODEL 1	
		10%-S	20%-S
Elektr. efficiëntie [E.E.]		38%	38%
Warmte efficiëntie [W.E.]	verbruik/(opwekking*100/40%) met max. 40%	40%	40%
E.E. referentie EU [REFe]		42%	42%
W.E referentie EU [REFw]		70%	70%
RPE	$1-(1/(E.E./REFe+W.E./REFw))$	32,26%	32,26%
PES	elektr. prod.*(1/REFe+W.E./(E.E.*REFw)-1/E.E.)	9.220	10.090
Steun WKC		31€	31€
Maximale opbrengst	PES * steun WKC	285.822	312.784
Jaarlijks percentage [%]			
jaar 1	volle steun	100%	100%
jaar 2	volle steun	100%	100%
jaar 3	volle steun	100%	100%
jaar 4	volle steun	100%	100%
jaar 5	$((RPE*100)-0,2*(60-48))/(RPE*100)$	93%	93%
jaar 6	$((RPE*100)-0,2*(60-48))/(RPE*100)$	85%	85%
jaar 7	$((RPE*100)-0,2*(60-48))/(RPE*100)$	78%	78%
jaar 8	$((RPE*100)-0,2*(60-48))/(RPE*100)$	70%	70%
jaar 9	$((RPE*100)-0,2*(60-48))/(RPE*100)$	63%	63%
jaar 10	$((RPE*100)-0,2*(60-48))/(RPE*100)$	55%	55%
Jaarlijkse opbrengst (in €)	maximale opbrengst * %		
Jaar 1		285.821,60	312.783,57
Jaar 2		285.821,60	312.783,57
Jaar 3		285.821,60	312.783,57
Jaar 4		285.821,60	312.783,57
Jaar 5		264.556,47	289.512,47
Jaar 6		243.291,35	266.241,37
Jaar 7		222.026,22	242.970,28
Jaar 8		200.761,09	219.699,18
Jaar 9		179.495,96	196.428,08
Jaar 10		158.230,84	173.156,98
Gem. jaaropbrengst (in €)		249.520,19	273.057,79

Gate fees

- Grasmaaisel
 $= \text{gate fee grasmaaisel per ton (36€)} \times \text{inputhoeveelheid grasmaaisel}$
- Mest
 $= \text{gate fee mest per ton (25€)} \times \text{inputhoeveelheid mest}$

Verkoop finaal digestaat

$= \text{hoeveelheid droog digestaat (ton)} \times \text{verkoopprijs digestaat per ton (4,96€)}$

MODEL 2, deelproces groencompostering

Gate fee groenafval

$= \text{gate fee groenafval per ton (36€)} \times \text{inputhoeveelheid groenafval}$

Verkoop

- structuurmateriaal
 $= \text{structuurmateriaal (ton)}$
 $\times \text{verkoopprijs structuurmateriaal per ton (10€)}$
- Finaal compost
 $= \text{hoeveelheid finaal compost (ton)}$
 $\times \text{verkoopprijs compost per ton (4,96€)}$

MODEL 2, deelproces GFT-compostering

Gate fee GFT-afval

$= \text{gate fee GFT – afval per ton (62€)} \times \text{inputhoeveelheid GFT – afval}$

Verkoop

- Finaal digestaat
 $= \text{hoeveelheid droog digestaat (ton)}$
 $\times \text{verkoopprijs digestaat per ton (4,96€)}$
- Residu voorbehandeling (metaal)
 $= \text{hoeveelheid residu (ton)} \times \text{verkoopprijs residu per ton (25€)}$

MODEL 3, deelproces groenafval- en grascompostering

Gate fee

- groenafval
 $= \text{gate fee groenafval per ton (36€)} \times \text{inputhoeveelheid groenafval}$

- grasmaaisel
= *gate fee grasmaaisel per ton (36€) × inpuhoeveelheid grasmaaisel*

Verkoop

- structuurmateriaal
= *structuurmateriaal (ton)*
× *verkoopprijs structuurmateriaal per ton (10€)*
- Finaal compost
= *hoeveelheid finaal compost (ton)*
× *verkoopprijs compost per ton (4,96€)*

MODEL 3, deelproces GFT-compostering

Gate fee GFT-afval

= *gate fee GFT – afval per ton (62€) × inpuhoeveelheid GFT – afval*

Verkoop

- Finaal compost
= *hoeveelheid finaal compost (ton)*
× *verkoopprijs compost per ton (4,96€)*
- Residu voorbehandeling (metaal)
= *hoeveelheid residu (ton) × verkoopprijs residu per ton (25€)*

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

Vergisten of composteren? Een vergelijkende studie voor natuur- en bermgrasmaaisel

Richting: **master in de toegepaste economische wetenschappen-beleidsmanagement**

Jaar: **2012**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Daelmans, Roel

Datum: **21/08/2012**