



# BREDE INZET BIOMASSA

VERGELIJKINGSMETHODIEK VOOR VERSCHILLENDE TOEPASSINGEN

PLATFORM GROENE GRONDSTOFFEN

# BREDE INZET BIOMASSA

VERGELIJKINGSMETHODIEK VOOR VERSCHILLENDE TOEPASSINGEN

## PREAMBULE

Biomassa wordt wereldwijd steeds meer toegepast als vervanger voor fossiele grondstoffen. Biomassa als grondstof kent ook andere traditionele toepassingen zoals voedsel, veevoeder, materialen zoals kleding, papier en bouwmaterialen. Daarnaast kan de toepassing van biomassa negatieve (en positieve) effecten hebben op andere People, Planet, Profit elementen zoals ondermeer geformuleerd in de ‘Cramer Criteria’. Het is daarom van belang om bij de route naar een meer duurzame, waaronder ook “biobased” economie de toepassing van biomassa op een evenwichtige manier te stimuleren.

De toepassing van biomassa vervult bepaalde politiek gestelde doelen, en daarom subsidiëren overheden deze toepassingen. Niet gesubsidieerde toepassingen krijgen minder kans zich te ontwikkelen. Deze politieke doelen verschillen van land tot land tengevolge van andere drijfveren en belangengroepen, hetgeen resulteert in een andere aanpak.

Vanuit sommige delen van het bedrijfsleven wordt dit ervaren als het ontbreken van een Level Playing Field dat nodig is voor een evenwichtige en duurzame toepassing van biomassa. Het gaat om evenwicht qua afweging tussen alternatieven, alsook de toepassing voor voedsel, veevoeder, chemie en energie.

Vanwege het jonge karakter van de toepassingen van biomassa schiet de discussie hierover nu nog alle kanten op waardoor er een bos aan regels ontstaat die moeilijk met elkaar tot afstemming kunnen worden gebracht.

Zowel vanuit het Platform Groene Grondstoffen als de Innovatieagenda van de overheid is dit probleem van het ontbreken van een level playing field gesignaleerd en daarom is er een project gestart om dit aan te pakken. In fase 1 hebben we ons als doel gesteld een vergelijkingsmethodiek te ontwikkelen welke enigszins robuust is voor veranderingen en ook vergelijkingen kan maken tussen verschillende sectoren van toepassingen van biomassa.

Ecofys heeft in opdracht van het Platform Groene grondstoffen en in afstemming met een klankbordgroep samengesteld uit een brede verzameling van stakeholders deze methodiek opgesteld.

Afhankelijk van de doelstellingen van overheden of andere gebruikers van de methodiek kan gekozen worden andere parameters mee te nemen in de methodiek en om deze verschillende gewichten mee te geven. Daarbij dient rekening gehouden te worden met de systeemgrenzen waarbinnen een vergelijking wordt gemaakt. Met de uitkomst kunnen overheden meer of minder sturing aan ontwikkelingen geven terwijl de markt vanzelfsprekend ook een belangrijke sturingskracht houdt vanuit meestal economische grondslagen.

Met deze methodiek willen we in een tweede fase de methodiek toetsen, door aan de hand van concrete voorbeelden de methodiek verder uit te werken en de resultaten te toetsen aan praktische situaties. Daarbij zal ook getracht worden te komen tot een kwantitatieve vergelijking in een rekenmethodiek.

Als vervolg kan dan tenslotte in een derde fase gekomen worden tot beleid aanbevelingen voor de overheid waarbij bedacht moet worden dat gemaakte keuzes vooralsnog zullen moeten worden nagekomen. Op dat moment zal ook worden nagegaan op welke punten directe actie en op welke punten een meer lange termijn benadering nagestreefd dient te worden.

We wensen u veel plezier met het lezen van dit rapport.

Prof. Dr. J. Sanders, WUR (voorzitter werkgroep)

Ir. K.W. Kwant, SenterNovem (secretaris)

## SAMENVATTING

### Achtergrond

Biomassa is een veelzijdige grondstof, die als voedsel, constructiemateriaal, vezel, grondstof voor chemische producten en als energiedrager kan worden ingezet. Tot een eeuw geleden, vóór de vondst en de brede inzet van aardolie, werd voor deze toepassingen bijna alleen biomassa ingezet. De goede beschikbaarheid van aardolie tegen lage kosten droeg bij aan een snelle opkomst en ontwikkeling van de petrochemie. Om verschillende redenen zoekt de samenleving nu opnieuw naar biomassa alternatieven voor fossiele en minerale grondstoffen – in alle sectoren. Het is een grote uitdaging om de verschillende functies gelijktijdig naar behoren te vervullen.

De directe keuzes die de markt en de maatschappij hierin maken, zijn vooral gebaseerd op economisch rendement en politieke besluiten.

In recente jaren is in Nederland en Europa met name de rol van biomassa in duurzame energie sterk gegroeid (elektriciteit, warmte en transportbrandstoffen). De belangrijkste redenen hiervoor zijn het besef van de eindigheid van fossiele energie, de wens om broeikasgasemissies te verminderen (die sterk samenhangen met het gebruik van fossiele energie), en de wens om minder afhankelijk te zijn van een beperkt aantal landen (vooral met betrekking tot aardolie).

Deze ontwikkeling kan er toe leiden dat enerzijds belangrijke kansen in andere sectoren gemist worden (zoals papier, voedsel, bouwmaterialen en chemie), en dat anderzijds sectoren die traditioneel op biomassa zijn gebaseerd verstoord worden met ongewenste neveneffecten als gevolg. Zo zijn er maatschappelijke zorgen over het toepassen van biomassa en de mogelijke gevolgen voor voedselprijzen en biodiversiteit.

Optimalisatie van de biomassa inzet kan worden benaderd vanuit het complete “systeem aarde” of vanuit de duurzaamheid van individuele toepassingen. Wij hebben in deze methodiek gekozen voor het laatste, waarbij zowel de directe als indirecte effecten als gevolg van de productieketen, uitdrukkelijk meegenomen worden. Waar de eerste optie vooral geschikt is voor het begrijpen van de onderlinge interactie tussen ketens en processen (monitoring), is de laatste meer geschikt voor het individueel beoordelen van toepassingen. Uiteraard moeten inzichten uit de systeemanalyse vertaald worden naar consequenties binnen de ketenanalyse.

Om biomassa optimaal in te zetten is het nodig dat de mate van duurzaamheid van verschillende toepassingen meetbaar en vergelijkbaar wordt gemaakt. Daarom stellen we voor om een methodiek te ontwikkelen, die:

- Biomassaproductieketens in uiteenlopende sectoren met elkaar kan vergelijken;
- En meerdere criteria tegelijkertijd kan meenemen in de vergelijking.

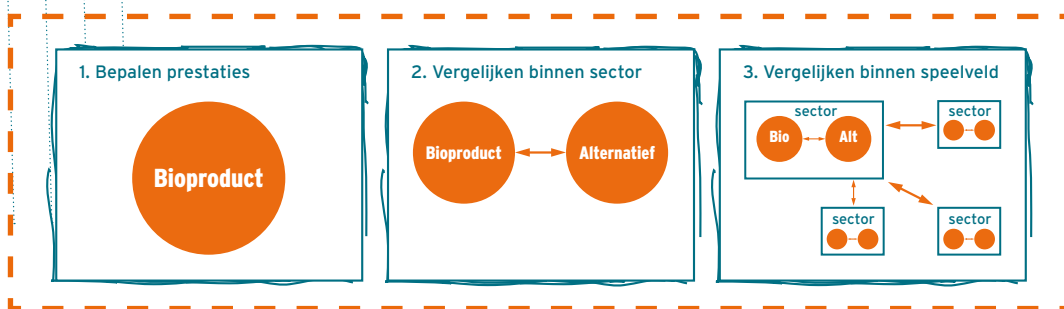
### Aanzet tot een methodiek

Het doel van deze studie is het opstellen van een aanzet tot een methodiek waarmee de “optimale inzet” van biomassa kan worden bepaald. In deze studie wordt dus geen

complete methodiek ontwikkeld, maar worden de grote lijnen en randvoorwaarden voor de methodiek vastgelegd.

Het gebruik van de methodiek en eventuele conclusies ten aanzien van mogelijke stimulering van sectoren is geen onderdeel van deze aanzet. Het is van belang dat de overheid expliciet omgaat met zorgpunten die bestaan of zullen ontstaan over de mogelijke manier van toepassen van de uiteindelijke methodiek. Bij het ontwikkelen van de methodiek hebben we de door belanghebbenden geuite zorgpunten zo veel mogelijk meegenomen. De vergelijkingsmethodiek is flexibel opgezet, zodat de uiteindelijke methodiek continu rekening kan houden met veranderende maatschappelijke inzichten met betrekking tot duurzaamheid.

Het bepalen van de “optimale inzet” van biomassa vereist dat we de prestaties van verschillende toepassingen kunnen bepalen, meten of berekenen en vervolgens kunnen vergelijken. Dit doen we in drie hoofdstappen zoals weergegeven in Figuur 1.



*Figuur 1.*  
Schematische opzet van de methodiek.

- 1 Eerst worden de prestaties bepaald van een biomassatoepassing op verschillende effecten. In de uiteindelijke methodiek kunnen vele verschillende soorten prestaties tegelijkertijd meegenomen worden. Voor sommige prestaties wordt het effect (getal) berekend, bijvoorbeeld voor energiegebruik, broeikasgasemissiereductie of werkgelegenheid. Voor andere prestaties wordt aangegeven dat aan een criterium al dan niet voldaan wordt, bijvoorbeeld het voldoen aan lokale wetgeving. Diverse bestaande methodieken kunnen gebruikt voor het bepalen van de prestaties. Dit wordt beschreven in Hoofdstuk 4. Hierbij worden uitdrukkelijk niet alleen de directe effecten binnen de keten, maar ook de indirecte effecten als gevolg van de keten, meegenomen;
- 2 Vervolgens worden de prestaties vergeleken binnen de sector of de productgroep. Hiermee kan worden bepaald hoe een product scoort ten opzichte van een alternatief dat door de biomassa toepassing vermeden wordt. Voor dit gekozen alternatief worden de prestaties op dezelfde wijze bepaald als voor de biomassatoepassing. Er zijn meerdere alternatieven mogelijk waarvan we er vier onderscheiden hebben:
  - Fossiele of mineraal alternatief. Denk aan de vergelijking tussen biobrandstoffen en hun fossiele pendant;

- Gemiddelde van de producten in de sector<sup>1</sup>. In de loop van de tijd zal het aandeel biomassa producten in alle sectoren toenemen en dit kan worden meegenomen in de vergelijking;
- Marginaal effect in de sector. Vanwege economische of praktische redenen worden sommige producten eerder vervangen dan andere. Denk aan teerzandolie wanneer biobrandstoffen aan de markt worden toegevoegd;
- Betere Alternatief. Denk aan Best Available Technology of een technologie in ontwikkeling;

Niet voor alle sectoren is het mogelijk om een vergelijking met fossiel te maken. In de papiersector is het bijvoorbeeld niet gemakkelijk om een fossiel alternatief te vinden. Een vergelijking met het Beste Alternatief zal in elke sector heel anders uitpakken omdat sommige sectoren al veel verder gevorderd zijn dan andere. Deze vergelijking is erg nuttig om het verbeterpotentieel binnen een sector te bepalen, maar niet geschikt om later producten in verschillende sectoren te vergelijken.

Een vergelijking met het gemiddelde of marginaal vervangen product in de sector is in principe mogelijk binnen alle sectoren. Het resultaat van de vergelijking is dat scores op een neutrale basis kunnen worden uitgedrukt, zoals effect per hectare. De vergelijkingen binnen de sectoren worden beschreven in Hoofdstuk 5;

- 3 Tot slot kunnen de prestaties van biomassatoepassingen tussen sectoren/product-groepen elders op het speelveld worden vergeleken. In feite wordt de verandering in duurzaamheid die een product in een bepaalde sector bewerkstelligt vergeleken met wat andere producten in andere sectoren kunnen realiseren. Deze vergelijking is alleen zinvol wanneer binnen de sectoren met het gemiddelde of vervangen product is vergeleken.
- Het is mogelijk om een vergelijking te maken tussen twee producten in verschillende sectoren;
  - Het is mogelijk om een vergelijking te maken van een product met alle andere reeds geanalyseerde producten in verschillende sectoren.
- Deze vergelijking kan in principe overal plaatsvinden (wereldwijd). De vergelijking tussen ketens in verschillende sectoren wordt beschreven in Hoofdstuk 6.

<sup>1</sup> De sector definiëren we hier als alle producten die een bepaalde toepassing dienen. Bijvoorbeeld hout, staal en plastic kunnen allen als constructiemateriaal in de bouwsector worden gebruikt.

# INHOUDSOPGAVE

	<b>PREAMBULE</b>	<b>IV</b>
	<b>SAMENVATTING</b>	<b>VI</b>
	Achtergrond	VI
	Aanzet tot een methodiek	VI
<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>11</b>
1.1	Introductie	12
1.2	Doel	12
1.3	Principe	12
1.4	Aanpak	12
1.5	Leeswijzer	13
<b>2</b>	<b>AANPAK</b>	<b>14</b>
2.1	Ervaringen uit de literatuur	14
2.2	Mogelijkheden voor optimalisatie	16
2.3	Gekozen aanpak	18
2.4	Gelijk speelveld	19
<b>3</b>	<b>ALGEMENE OPZET</b>	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>STAP 1: BEPALEN VAN DE PRESTATIES</b>	<b>22</b>
4.1	Criteria en indicatoren	22
4.2	Functionele eenheid	28
4.3	Rekenmethodieken	29
4.4	Standaardwaarden voor berekeningen	37
<b>5</b>	<b>STAP 2: VERGELIJKEN VAN KETENS BINNEN EEN SECTOR</b>	<b>39</b>
5.1	Vergelijken binnen de sector	39
5.2	Resultaat van de vergelijking	43
<b>6</b>	<b>STAP 3: VERGELIJKING TUSSEN SECTOREN</b>	<b>47</b>
<b>7</b>	<b>VERDER GEBRUIK VAN DE RESULTATEN</b>	<b>49</b>
7.1	Multicriteria-analyse	49
7.2	Lineair programmeren	50
7.3	Effect analyse	50
	<b>REFERENTIES</b>	<b>52</b>
	<b>APPENDIX A VERSLAG EERSTE WORKSHOP (15 JANUARI 2009)</b>	<b>53</b>
A 1	Basis voor vergelijking	53
A 2	Aansluiting andere initiatieven en inbedding	54



A 3	Systeemgrenzen	54
A 4	Tijdspad methodiek	55
A 5	Complexiteit	56
A 6	Noodzakelijke toepassingen	56
A 7	Mogelijke risico's	56
A 8	Resultaten Post-it sessies	56
A 9	Deelnemers	62

**APPENDIX B VERSLAG TWEDE WORKSHOP (4 MAART 2009) 63**

B 1	Overzicht	63
B 2	Presentatie Carlo Hamelinck	63
B 3	Discussiepunten	63
B 4	Vervolgstappen	65
B 5	Deelnemers	65

**APPENDIX C LITERATUUROVERZICHT 67**

# 1 INLEIDING

## 1.1 Introductie

Biomassa is een veelzijdige grondstof, die als voedsel, constructiemateriaal, vezel, grondstof voor chemische producten en als energiedrager kan worden ingezet. Tot een eeuw geleden, vóór de vondst en de brede inzet van aardolie, werd voor deze toepassingen bijna alleen biomassa ingezet. De goede beschikbaarheid van aardolie tegen lage kosten droeg bij aan een snelle opkomst en ontwikkeling van de petrochemie. Om verschillende redenen zoekt de samenleving nu opnieuw naar biomassa alternatieven voor fossiele en minerale grondstoffen – in alle sectoren. Het is een grote uitdaging om de verschillende functies gelijktijdig naar behoren te vervullen.

In recente jaren is in Nederland en de EU met name de rol van biomassa in duurzame energie sterk gegroeid (elektriciteit, warmte en transportbrandstoffen). De belangrijkste redenen hiervoor zijn het besef van de eindigheid van fossiele energie, de wens om broeikasgasemissies te verminderen (die sterk samenhangen met het gebruik van fossiele energie), en de wens om minder afhankelijk te zijn van een beperkt aantal landen (vooral met betrekking tot aardolie).

Dit beleid kan er toe leiden dat enerzijds belangrijke kansen in andere sectoren gemist worden, en dat anderzijds sectoren die traditioneel op biomassa zijn gebaseerd verstoord worden met ongewenste neveneffecten als gevolg.

Enkele voorbeelden:

- De productie van chemische stoffen uit biomassa, als alternatief voor chemicaliën van fossiele oorsprong wordt nu niet gestimuleerd. Denk hierbij aan bulkchemicaliën, waarvoor nu veel aardgas of aardolie wordt gebruikt dat vermeden zou kunnen worden als het biogene alternatief succesvol wordt. Daarnaast worden grondstoffen vaak laagwaardiger ingezet dan mogelijk zou zijn;
- Als alleen naar de broeikasgasbalans wordt gekeken, dan lijkt het beter om papier te verbranden en continu nieuwe biomassa te groeien, dan om papier te recyclen. Echter, voor de laatste optie is veel minder land nodig, dat voor andere toepassingen zou kunnen worden ingezet;
- Bij sommige biomassa processen komen grote hoeveelheden bijproduct vrij, die nu rechtstreeks en met lage efficiëntie naar energie worden omgezet, bijvoorbeeld bagasse uit suikerriet. Er is geen stimulans voor cascadering via hoogwaardige toepassingen;
- De afbreekbaarheid, non-toxiciteit en lage emissies bij het eindgebruik van materialen van biogene oorsprong kan een positief milieueffect hebben na gebruik van het product (zolang het de toepassing en levensduur van het product niet benadeelt). Denk bijvoorbeeld aan smeermiddelen afgeleid uit plantaardige oliën;
- Voedsel, papier en veel constructiematerialen zijn traditioneel gebaseerd op bepaalde typen biomassa. Door toenemende druk op de beschikbaarheid van land en grondstoffen door andere toepassingen, kunnen deze producten in de knel komen en zal men moeten uitwijken naar alternatieve grondstoffen of efficiëntere productieketens.

De bovengenoemde voorbeelden laten zich als volgt samenvatten:

- De huidige stimulans op biomassagebruik is eenzijdig gericht op energieproductie<sup>2</sup>;
- Opties in verschillende sectoren worden niet met elkaar vergeleken;
- Beoordeling louter op basis van broeikasgasemissies geeft een onvolledig beeld;
- Toenemende druk op land en grondstoffen dwingt tot het maken van keuzes.

### 1.2 Doel

Het Platform Groene Grondstoffen wil een gelijk speelveld ontwikkelen voor biomassa toepassingen in Nederland, waarbij gestreefd wordt naar optimalisatie van duurzaamheid. Ze heeft daarom een werkgroep “Slimme inzet biomassa” opgericht, welke als opdracht heeft om:

- Een methodiek te ontwikkelen om te kunnen bepalen wat de meest optimale inzet van biomassa is;
- Voorstellen te ontwikkelen voor het aanpassen van beleids- en stimuleringskaders, gericht op het creëren van een gelijk speelveld.

Het voorliggende rapport gaat in op het eerste punt en presenteert een aanzet voor een vergelijkingsmethodiek die als basis kan dienen voor een rekentool om de optimale inzet van biomassa te bepalen. Randvoorwaarden voor deze methodiek zijn:

- De methodiek moet de optimale inzet kunnen bepalen van biomassa of van de grond waarop de biomassa geteeld wordt;
- De methodiek moet aangeven welke biomassa toepassing het best de gestelde doelen realiseert;
- De methodiek moet flexibel kunnen omgaan met nieuwe producten, ketens, technologieën en (maatschappelijke) inzichten. We willen de methodiek wat dat betreft niet inperken.

### 1.3 Principe

Wij stellen voor om de methodiek te baseren op de aanname dat om de optimale inzet van biomassa te bepalen, het nodig is dat eerst de mate van duurzaamheid van complete biomassaketens meetbaar en vergelijkbaar wordt gemaakt. De rationale achter deze keuze wordt besproken in Hoofdstuk 2. Daarom stellen we voor om een methodiek te ontwikkelen, die:

- Biomassaproductieketens in uiteenlopende sectoren met elkaar kan vergelijken;
- En meerdere criteria tegelijkertijd kan meenemen in de vergelijking.

Deze methodiek is uitgewerkt in Hoofdstukken 3 tot en met 7.

Er zijn ook andere manieren om een gelijk speelveld te ontwikkelen. In Sectie 2.2 worden één alternatieve methode en een variant op de gekozen methodiek besproken.

### 1.4 Aanpak

Wij hebben de methodiek gebaseerd op elementen uit bestaande internationale methodieken en oplossingen gezocht voor problemen die onvoldoende door bestaande methodieken worden opgelost of die gaan ontstaan wanneer producten in zeer verschillende sectoren met elkaar vergeleken worden.

2 Dit betreft de toepassing van biomassa. De biomassagrondstofproductie (landbouw, bosbouw) krijgt in het algemeen veel overheidsaandacht en steun.

Om de belangrijkste elementen van een gelijk speelveld te kunnen inventariseren en prioriteiten aan te brengen in de methodiek, zijn twee workshops gehouden. Stakeholders vanuit verschillende sectoren waren hierbij aanwezig (zie lijst deelnemers in Appendix A). In de eerste workshop werd het algemene probleem geschetst van het opstellen van een gelijk speelveld. Knelpunten zoals onder andere het vergelijken van zeer verschillende eindproducten, ketens die nu al gebruik maken van biomassa en geen duidelijk alternatief hebben en het stellen van systeemgrenzen werden besproken. Aan de hand van de eerste workshop werd een lijst opgesteld met onderwerpen en probleemgevallen.

In de tweede workshop werd de vergelijkingsmethodiek op hoofdlijnen gepresenteerd en met de stakeholders besproken. De hoofdpunten uit deze workshop zijn gegeven in Appendix B.

### 1.5 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 worden (elementen uit) bestaande methodieken gerapporteerd, enkele mogelijke manieren beschreven om tot een gelijk speelveld te komen en beargumenteerd waarom de gekozen methodiek gekozen is.

In Hoofdstuk 3 wordt de algemene opzet van de vergelijkingsmethodiek gegeven.

In Hoofdstukken 4 tot en met 6 worden vervolgens de vaste elementen van de methodiek systematisch uitgewerkt.

In hoofdstuk 7 wordt aangegeven hoe de resultaten uit deze methodiek op verschillende manieren gebruikt kunnen worden door diverse partijen om de optimale inzet van biomassa en een efficiënte keten te bepalen.

## 2 AANPAK

### 2.1 Ervaringen uit de literatuur

In de (wetenschappelijke) literatuur wordt veel ervaring gepubliceerd met het evalueren van de aspecten van duurzaamheid van biomassaketens:

- Er zijn veel levenscyclusanalyses beschikbaar op biomassaketens. Deze zijn vooral gericht op de broeikasgasbalans en de uitputting van fossiele energiebronnen. In mindere mate worden verzuring en vermisting geanalyseerd. Overige globale milieueffecten worden zelden geanalyseerd;
- Er bestaat veel informatie over lokale milieueffecten (toxische emissies, geluid) op basis van sectorstudies en milieueffectrapportages voor specifieke projecten;
- In de laatste jaren is er veel informatie beschikbaar gekomen op lokale duurzaamheidseffecten zoals biodiversiteit en lokale sociale aspecten, vooral naar aanleiding van zorgen rondom de duurzaamheid van grondstofproductie in de tropen voor bioenergie in Europa. Er bestaan enkele keurmerken die de lokale duurzaamheid zekerstellen voor specifieke grondstoffen zoals palmolie en hout en voor andere grondstoffen (suikerriet en soja) worden dergelijke keurmerken ontwikkeld;
- Macro-economische voordelen van biomassaprojecten worden vaak aangehaald in persberichten. Meestal gaat het om een schatting van de directe en indirecte werkgelegenheid die een project oplevert. Er bestaan enkele studies die macro-economische effecten van biomassaproducten kwantificeren;
- De meeste studies zijn gericht op energieproducten.

Een eerdere studie van Ecofys (Hoogwijk et al. 2006)<sup>3</sup> omvatte een literatuurstudie naar projecten met de vraag "wat is voor biomassa de meest optimale inzet in energie- en materiaalstelsel?". Zij vonden slechts 4 studies<sup>4</sup> die expliciet een vergelijking maakten tussen biomassa ketens voor materialen en andere toepassingen. De andere studies richtten zich op afwegingen tussen biomassa voor elektriciteit, warmte of transportbrandstoffen. Een overzicht van interessante studies is gegeven in Appendix C.

Er zijn geen projecten gevonden die op meer fundamenteel niveau onderzoek doen naar een methodologie om verschillende biomassa ketens met elkaar te vergelijken. De nadruk ligt op het vergelijken van een beperkt aantal ketens met een methode die niet uniform is tussen de verschillende studies.

Uit de studies komen wel interessante aandachtspunten voort die relevant zijn voor deze studie.

- Dornburg et al. (2004) toonde aan dat de keuze voor de functionele eenheid tussen een hectare agrarisch land per jaar (GJ/ha\*yr) en een fysieke hoeveelheid productie (kg) een andere prioriteitenvolgorde van opties levert;
- Ook toonde Hoogwijk aan dat er een grote mate van verscheidenheid aan indicatoren worden gebruikt in biomassa keten studies. Hierbij ligt de nadruk vaak op CO<sub>2</sub> emissie (soms uitgebreid tot broeikasgassen in het algemeen) en gebruik van fossiele

<sup>3</sup> Zie hoofdstuk Referenties voor een overzicht van geciteerde literatuur.

<sup>4</sup> Bergsma et al. (1996), Dornburg et al. (2004), Patel et al. (1999), Vroonhof et al. (2005)

brandstoffen. Andere indicatoren die worden meegenomen zijn verzuring en eutrofiëring. Overige aspecten zoals erosie, verandering landgebruik en biodiversiteit worden slechts in een paar studies meegenomen;

- De keuze in te vervangen materiaal/grondstof is van groot belang bij de uitkomst van vergelijkingen. Hoogwijk geeft aan dat vaak bij biomassa ketens voor elektriciteitsproductie kolen worden vervangen. Echter, door de toename in elektriciteitsproductie vanuit andere bronnen (bijvoorbeeld windmolens) zou de vervangen bron moeten worden aangepast. Zij verwachten dat gebruik van biomassa voor elektriciteit hierdoor minder aantrekkelijk wordt;
- De kennis over de te vergelijken ketens is van groot belang voor de uitkomst. Gebrek aan kennis over bijvoorbeeld de huidige efficiëntie van de biomassa keten (of van de alternatieve keten waarmee vergeleken wordt) kan tot verkeerde uitkomsten leiden;
- De systeemgrenzen van de studies zijn van grote impact op de uitkomst. Voorbeelden van belangrijke grenzen zijn het meenemen van energiegebruik van de biomassa-productie in de berekeningen, cascadering, gebruik van residuen, geografische afbakening etc.

Een studie door het ECN (Gielen et al 2000) beschrijft een integraal model van generieke biomassa ketens naar materialen, brandstoffen en chemicaliën. De studie geeft inzicht in de complexe interacties tussen de ketens, zoals concurrentie om land en om materialen, maar ook concurrentie tussen biomassa oplossingen en andere klimaatstrategieën. De studie is gedaan met behulp van MARKAL, een uitgebreid economisch model waarmee de gevolgen van verschillende soorten klimaatbeleid op “de economie” kunnen worden geanalyseerd. De studie gaat niet in op andere duurzaamheidsaspecten.

Het rapport De Ecopyramide (Derksen et al 2008, in opdracht van het InnovatieNetwerk) stelt dat optimalisatie van biomassagebruik volgt uit optimalisering van de kwaliteit van energie (exergie) door cascadering van hoogwaardig gebruik naar laagwaardig gebruik. “Leidraad daarbij is het maximaal gebruik van de ordening van moleculen. Daarbij staat het gebruik van biomassa voor medicijnen en voedsel voorop, gevolgd door materialen, chemische grondstoffen, transportbrandstoffen en arbeid (elektriciteit) en tot slot warmte.” Het rapport geeft enkele pragmatische regels om biomassa optimaal te benutten en werkt deze kwalitatief uit.

De Transitiewerkgroep WISEBIOMAS (2006) onderzocht een aantal belangrijke omzettingsspaden voor lignocellulose, oliehoudende en eiwithoudende biomassa. De kosten en opbrengsten voor milieu en economie bij een aanzienlijke biomassa-inzet (30% in 2030), zijn vergeleken met die van de bekende processen om bulk- en fijnchemicaliën, transportbrandstoffen, elektriciteit en warmte te maken, uit olie, aardgas dan wel steenkool. In het rapport worden vijf optimalisaties doorgerekend: minimum landgebruik voor biomassa (1), maximale marges voor de Nederlandse industrie (2), minimum investeringskosten voor conversieprocessen (3), een beperkt landgebruik met minimale uitputting van fossiele energie (4) en een beperkt landgebruik met minimale CO<sub>2</sub>-emissies (5).

Voor zover wij overzien bestaat er nog geen complete methodiek die een vergelijking van zeer verschillende producten in zeer verschillende sectoren op meerdere criteria mogelijk maakt.

### 2.2 Mogelijkheden voor optimalisatie

Er zijn verschillende mogelijkheden om de inzet van biomassa te optimaliseren.

Wij hebben twee basisprincipes kunnen identificeren:

- Vergelijk complete productieketens op hun totale prestatie, door de mate van duurzaamheid meetbaar en vergelijkbaar te maken (Principe 1) en stimuleer vervolgens de best presterende ketens;
- Zorg dat in ieder proces de duurzaamheidsschade of -winst wordt verdisconteerd in de productiekosten (Principe 2).

Bij beide principes moet zowel met de directe als de indirecte effecten rekening worden gehouden. Op dit moment vindt veel "systeemonderzoek" plaats om indirecte effecten, zoals indirecte landgebruiksverandering, te begrijpen en te kwantificeren.

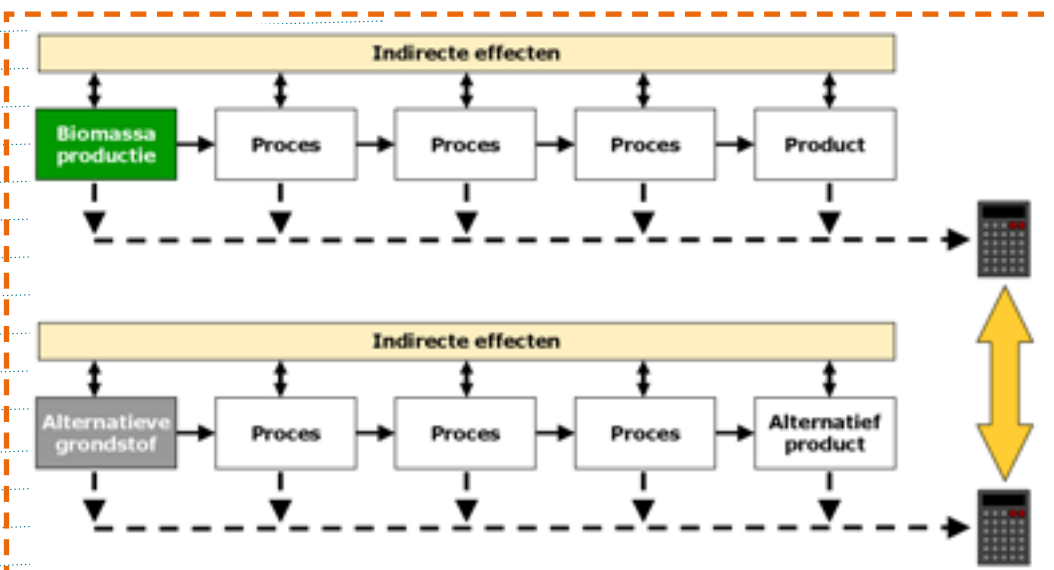
#### Vergelijking aan het eind van de keten (Principe 1)

De mate van duurzaamheid van een productieketen kan worden bepaald aan het eind van de keten, op basis van informatie over de proces en transportstappen in de keten.

De laatste speler in de keten is verantwoordelijk voor het verzamelen van de informatie en het berekenen van de score. De prestatie van de keten wordt vervolgens vergeleken met een alternatieve keten die een vergelijkbaar product oplevert uit een andere grondstof of via een andere route (zie Figuur 2).

Voordelen van deze aanpak zijn dat er inzicht ontstaat over de afzonderlijke bijdrage van verschillende processen of transportstappen langs de keten, waardoor duidelijk wordt op welke plaats verbeteringen het meest gewenst zijn. Ook kan een berekening opnieuw worden gedaan indien de methodiek verandert.

De methodiek kan gebruik maken van uitgebreide LCA kennis op vele ketens en producten die eerder zijn geanalyseerd. Het is mogelijk om generieke informatie over typische ketens te combineren met specifieke informatie in het geval dat men wil bewijzen dat een keten beter presteert dan het gemiddelde. Op deze wijze kan de administratieve last beperkt worden. Bij het gebruik van ketenspecifieke informatie is het wel vereist dat deze informatie onafhankelijk gecontroleerd kan worden.



Figuur 2.

Schematisch voorbeeld van het bepalen van de prestatie van een biomassaproductketen en vergelijking met een alternatief.

Een nadeel is dat de laatste speler in de keten, die wordt afgerekend op de score vaak beperkte (economische) invloed heeft op de processen stroomopwaarts in de keten<sup>5</sup>.

Een ander nadeel is dat deze methodiek niet direct geschikt is om zeer verschillende producten met elkaar te vergelijken. Men kan slechts de relatieve verbetering (na vergelijking met een direct alternatief) vergelijken met de relatieve verbetering die een ander product zou hebben (na vergelijking met diens directe alternatief).

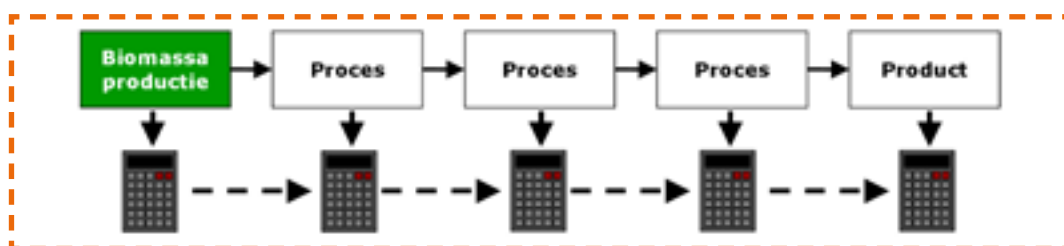
De parameters die per stap moeten worden verzameld moeten onafhankelijk worden gecontroleerd. Hiervoor is een certificeringssysteem nodig. Bestaande certificeerders zouden de belangrijkste parameters kunnen verzamelen en controleren.

Voorbeeld: Een producent van een biomateriaal rapporteert over de duurzaamheid door alle relevante parameters langs zijn aanvoerketen te (laten) verzamelen en vervolgens zelf de berekening uit te voeren. Via zijn leveranciers moet hij de boer die aan het begin van de keten zit motiveren om de duurzaamheid van diens koolzaadproductie te verhogen.

**Meereizende score (Variant op Principe 1)**

De mate van duurzaamheid kan ook als een cumulatieve of “meereizende” score worden uitgerekend. Op deze manier is op iedere plaats in de keten duidelijk wat de mate van duurzaamheid ter plekke is. Een volgende actor in de keten (handelaar, transporteur, verwerker) hoeft geen parameters te verzamelen of berekeningen uit te voeren, maar vergelijkt eenvoudig de score van verschillende aangeboden grondstoffen of tussenproducten.

In principe kan hierbij dezelfde rekenmethodiek worden gebruikt als bij de Vergelijking aan het eind van de Keten (Principe 1).



*Figuur 3. Schematisch voorbeeld van het continu bepalen van de prestatie van grondstoffen en tussenproducten, waarbij de score bij iedere volgende stap steeds wordt opgehoogd.*

5 Anderzijds gaat een grotere verantwoordelijkheid voor de score wel gepaard met een grotere invloed via het zogenaamde “purchase power principe”, waarmee rekening wordt gehouden in het Economische allocatie principe, zie Sectie 4.3, paragraaf “Economische waarde ten behoeve van allocatie”.



Een nadeel van deze methode is dat (waarschijnlijk) het inzicht in de afzonderlijke bijdragen van iedere stap verdwijnt. Een ander nadeel is dat het niet eenvoudig is om te controleren of op iedere plaats de rekenmethodiek juist is gevolgd. Veranderingen in de methodiek moeten op alle plaatsen in de keten gelijktijdig worden doorgevoerd. De certificeerders, die onder de methodiek van Principe 1 parameters moeten controleren moeten in deze Variant ook de berekening controleren.

Voorbeeld: boer optimaliseert de duurzaamheid van zijn koolzaadproductie, omdat een betere resulterende score zijn product meer waarde geeft voor de volgende actor in de keten. Deze volgende actor hoeft niet te weten welke parameters ten grondslag liggen aan de score.

### Internaliseren van externe kosten (Principe 2)

Om een gelijk speelveld te ontwikkelen is het niet per se nodig om de optimale inzet van biomassa te bepalen. Men kan ook ter plekke de milieuschade of duurzaamheidsscore verrekenen in de productiekosten. Dit wordt het volledig internaliseren van externe kosten genoemd. Dit gebeurt al voor sommige duurzaamheidsaspecten in sommige sectoren in sommige regio's. Voor grote Europese industrieën is de broeikasgasuitstoot gemaximaliseerd. Meer uitstoten dan toegestaan kost geld en minder uitstoten levert geld op. Onderling kan men deze emissierechten verhandelen. In Nederland is er ook een systeem van verhandelbare NO<sub>x</sub> rechten.

Een voordeel van deze aanpak is dat elke actor in de markt verantwoordelijkheid krijgt voor de duurzaamheid van zijn eigen proces en daar direct op wordt afgerekend. Een nadeel is dat het in de praktijk vooralsnog onmogelijk is om wereldwijd een dergelijk systeem op te zetten, laat staan een uniform systeem, zonder de soevereiniteit van derde landen aan te tasten. Het is bovendien nodig dat *alle* processen worden aangesproken, ook processen die slechts indirect aan biomassaketens leveren.

Voorbeeld: De al eerder genoemde boer optimaliseert de duurzaamheid van zijn koolzaadproductie, omdat hij anders milieukosten betaalt per hoeveelheid toegepaste kunstmest, per gebruikte hoeveelheid water (in relatie tot beschikbaarheid), etc.

## 2.3 Gekozen aanpak

Principe 2 is het meest overzichtelijk. In een ideale wereld waar we overal gelijke regels zouden kunnen toepassen zou het mogelijk zijn om ieder proces in ieder land individueel te beoordelen op duurzaamheid en eventuele externe kosten via belasting, boetes, of verhandelbare rechten te internaliseren. Dit achten we voorlopig niet haalbaar.

Principe 1 sluit aan bij de ketenbenadering die al bestaat of op dit moment wordt uitgewerkt voor enkele duurzaamheidsaspecten (klimaat, biodiversiteit, sociale duurzaamheid) voor enkele biomassa producten (Fair-trade producten, energiegewassen). We hebben ervoor gekozen om Principe 1 verder uit te werken met een vergelijking aan het eind van de keten<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Principe 1 kan waarschijnlijk onmogelijk internationaal geharmoniseerd worden, onder andere vanwege de complexiteit. Daarmee is kans groot dat we een methodiek ontwikkelen voor Nederlandse toepassingen van biomassa, die gericht is op het Nederlandse beleid. Nadeel van de methodiek gebaseerd op principe 1 is dus dat het kan leiden tot grotere verschillen in beleid tussen verschillende landen.

#### 2.4 Gelijk speelveld

De gekozen methodiek leidt tot een duurzaamheidsscore aan het eind van de keten. Deze score zal bestaan uit meerdere elementen naar gelang de criteria die men belangrijk vindt. De score op zich leidt nog niet tot een gelijk speelveld.

Om tot een gelijk speelveld te komen, kan een overheid de score gebruiken om te sturen op die aspecten die ze het meest wenselijk vindt. Dit kan door middel van verplichtingen op het halen van een bepaalde prestatie of combinatie van prestaties, het kan door gewenste effecten met subsidies te belonen en/of ongewenste effecten te beboeten of te belasten, etc.

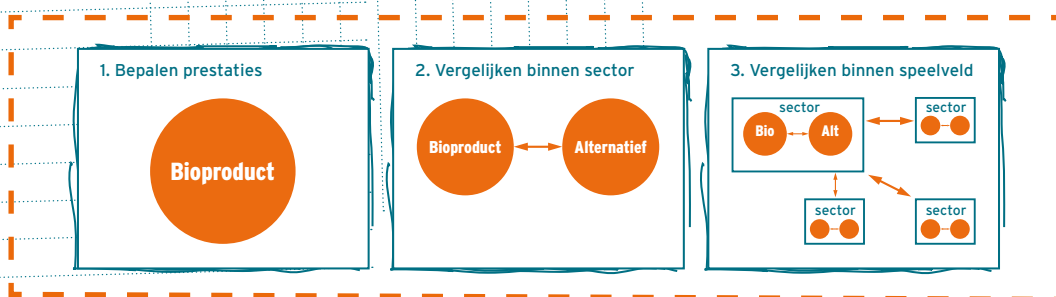
De invulling van het beleid is geen onderdeel van deze vergelijkingsmethodiek.

### 3 ALGEMENE OPZET

De vergelijkingsmethodiek, die we in dit rapport presenteren, bestaat uit drie hoofdstappen:

- 1 Bepalen van de prestaties van een biomassa product op verschillende criteria;
- 2 Vergelijken van de prestaties met een direct alternatief;
- 3 Vergelijken van de relatieve verandering met andere biomassa producten op het speelveld.

De methodiek is schematisch weergegeven in Figuur 1. In dit hoofdstuk beschrijven we de methodiek op hoofdlijnen. In de volgende drie hoofdstukken worden de drie stappen afzonderlijk in detail uitgewerkt.



*Figuur 4. Schematische opzet van de methodiek.*

#### Stap 1: Bepalen prestaties

Eerst worden de prestaties bepaald van een biomassatoepassing op verschillende criteria. In de methodiek kunnen vele verschillende soorten criteria tegelijkertijd worden meegenomen. Duurzaamheid laat zich niet definiëren door een enkel criterium. In overleg met de stakeholders hebben we enkele criteria als prioriteit genomen en in de methodiek uitgewerkt. Het is eventueel mogelijk om de prestaties op meerdere criteria wel in één totaalscore te combineren door middel van multicriteria-analyse (zie Sectie 7.1).

Voor sommige criteria wordt het effect berekend (getal), bijvoorbeeld voor energiegebruik broeikasgasemissiereductie of werkgelegenheid. Voor andere criteria wordt aangegeven dat er al dan niet aan wordt voldaan, dit zijn typisch de bredere duurzaamheidscriteria op biomassa grondstoffen die door diverse keurmerken kunnen worden gecontroleerd.

De prestaties worden uitgedrukt per eenheid product (de functionele eenheid), bijvoorbeeld kg of MJ. Hierdoor is het in de volgende stap mogelijk om een directe vergelijking te maken met een alternatief product.

Een gedetailleerde beschrijving van deze fase staat in hoofdstuk 4.

#### Stap 2: Vergelijken binnen sector

In deze fase worden de prestaties binnen een bepaalde sector of productgroep vergeleken met een referentieketen. Hiermee kan men zien hoe goed de keten presteert in vergelijking met een alternatief. Er zijn meerdere alternatieven mogelijk:

- Het fossiele alternatief. Wanneer het beleid stuurt op de rechtstreekse vervanging van fossiele bronnen door biomassa, ligt het voor de hand om het biomassa product met het fossiele alternatief te vergelijken;
- Gemiddelde van de producten in de sector. Wanneer het beleid de introductie van bepaalde biomassaproducten stimuleert, maar daarbij niet vaststelt wat vervangen dient te worden, dan kunnen juist andere biomassaproducten uit de sector verdreven worden. De kans hierop neemt toe wanneer in de loop der tijd het aandeel biomassa producten in alle sectoren zal toenemen;
- Het marginale effect in de sector. Vanwege economische of praktische redenen worden sommige producten eerder verdrongen dan andere, wanneer een biomassa product in de markt wordt geïntroduceerd. Vaak zal het marginaal eerst verdrongen product een slechtere duurzaamheidsscore hebben dan het gemiddelde van de producten in een sector;
- Het Beste Alternatief. In plaats van te vergelijken met wat verdrongen wordt kan men ook vergelijken met de best presterende bestaande ketens of met wat men zou kunnen bereiken met de Best Available Technology.

In veel sectoren is het niet mogelijk om een vergelijking met fossiel te maken. In de papiersector is het bijvoorbeeld niet gemakkelijk om een fossiel alternatief te vinden. Een vergelijking met het Beste Alternatief zal in elke sector heel anders uitpakken omdat sommige sectoren al veel verder gevorderd zijn dan andere. Deze vergelijking is erg nuttig om het verbeterpotentieel binnen een sector te bepalen, maar niet geschikt om later producten in verschillende sectoren te vergelijken.

Een vergelijking met het gemiddelde of marginaal vervangen product is in principe mogelijk binnen alle sectoren. Het resultaat van de vergelijking is dat scores op een neutrale basis kunnen worden uitgedrukt. In eerste instantie wordt de relatieve score uitgedrukt als fractie van de score van het alternatief (% verbetering).

Doordat voor het biomassa product de opbrengst per hectare bekend is, kan ook het verbetereffect per hectare worden bepaald. De vergelijking binnen de sector wordt in detail beschreven in Hoofdstuk 5.

Binnen een sector kunnen op dezelfde wijze ook meerdere producten met dezelfde referentie en dus met elkaar vergeleken worden.

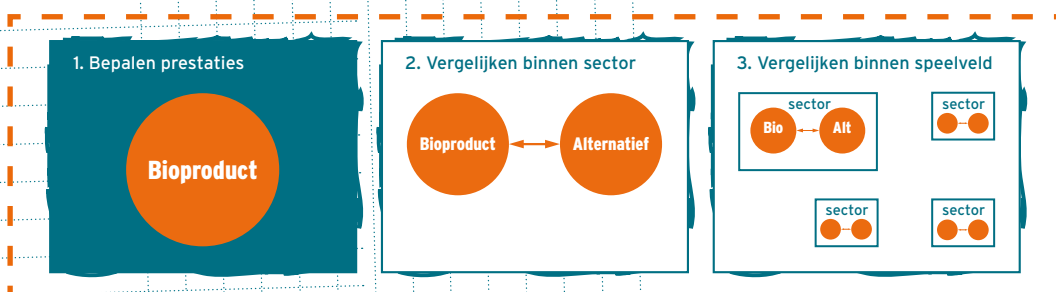
### Stap 3: Vergelijken binnen speelveld

Omdat de resultaten van de vergelijkingen uit fase 2 in een neutrale waarde, namelijk het verbetereffect per hectare kunnen worden uitgedrukt, kunnen de prestaties van verschillende biomassatoepassingen in heel verschillende sectoren met elkaar worden vergeleken. Het is nu mogelijk om een vergelijking te maken tussen twee producten in verschillende sectoren. Voordat een gelijk speelveld gestimuleerd kan worden, moeten vele producten in verschillende sectoren geanalyseerd worden.

De weergave van de vergelijking tussen producten in verschillende sectoren gebeurt op dezelfde manier als de weergave van de (genormaliseerde) vergelijking tussen een aantal producten/ketens binnen dezelfde sector.

Hoofdstuk 6 beschrijft deze stap in detail.

## 4 STAP 1: BEPALEN VAN DE PRESTATIES



De eerste stap in de methodiek is het bepalen van de prestaties van een product op meerdere criteria. Paragraaf 4.1 bespreekt de criteria en bijbehorende indicatoren die in eerste instantie meegenomen worden. Er is voor deze aanzet tot de vergelijkingsmethodiek een keuze gemaakt voor een beperkt aantal criteria/indicatoren. Deze keuze kan in de verdere ontwikkeling van de methodiek worden bijgesteld indien gewenst.

De eenheid waarin de score uitgedrukt wordt, moet voor alle ketens die direct met elkaar vergeleken worden, hetzelfde zijn. In Sectie 4.2 wordt verder ingegaan op de eenheid waarin de prestatie uitgedrukt wordt.

In Sectie 4.3 worden twee rekenmethodieken gepresenteerd die nodig zijn om de prestaties te bepalen. We maken gebruik van bestaande methodieken. Voor enkele veel voorkomende problemen of typische situaties die we in biomassa productketens tegenkomen wordt de methodiek uitgewerkt.

In Sectie 4.4 tenslotte, wordt aangegeven hoe de methodiek gebruik kan maken van standaardwaarden, zowel voor onderdelen van ketens en processen als voor het eindresultaat.

### 4.1 Criteria en indicatoren

Om te bepalen hoe "optimaal" een biomassa toepassing is, moeten we afspreken naar welke criteria geoptimaliseerd moet worden. In brede zin wordt door opdrachtgever en stakeholders belang gehecht aan het people-planet-profit, oftewel aan sociale, milieu en economische duurzaamheid van de biomassa toepassingen. Dit leidt tot een lange lijst aan mogelijke criteria, waarvan voorbeelden zijn gegeven in Tabel 1.

Sommige stakeholders hebben ook aangegeven dat ze hechten aan cascadering en/of recycling. Welbeschouwd zijn dit geen criteria, maar ketenopties waarmee mogelijk sommige echte criteria geoptimaliseerd kunnen worden.

Sommige van de criteria beschouwen de effecten van de gehele productketen en kunnen typisch door middel van levenscyclusanalyse geanalyseerd worden. Economische duurzaamheid wordt typisch door middel van input-output analyse geanalyseerd. Andere criteria beschouwen de lokale duurzaamheidseffecten binnen een keten, met name bij de grondstofproductie, waarover de meeste zorgen bestaan.

Tabel 1.

Indicatoren voor duurzaamheid (niet uitputtend). De schaal Globaal-Regionaal-Lokaal moet als indicatief worden gezien.

	Milieuduurzaamheid	Sociale duurzaamheid	Economische duurzaamheid
Globaal	Klimaatverandering	Competitie met voedsel	Uitputting fossiele bronnen
	Ozonlaag afbraak		Uitputting minerale bronnen
	Verzuring		
	Vermesting		Energievoorzieningszekerheid
Regionaal	Smog	Werkgelegenheid	
	Waterkwaliteit & gebruik	Lokale welvaart	
	Genetische modificatie		Inkomsten bedrijfsleven
			Inkomsten overheid
	Biodiversiteit	Arbeidsomstandigheden	
	Erosie	Kinderarbeid	
Lokaal	Landgebruik	Landrechten	
	Andere lokale milieueffecten	Andere lokale sociale effecten	
	...	...	...

Uit de lijst hebben we vier criteria geselecteerd om verder uit te werken in deze methodiek:

- Lokale duurzaamheidsaspecten;
- Netto energie opbrengst;
- Klimaatverandering;
- Werkgelegenheid in Nederland.

Deze criteria vertegenwoordigen een afspiegeling van de wensen van de stakeholders en bestrijken tegelijkertijd verschillende typen criteria. De stakeholders hebben enerzijds gepleit voor een niet al te complexe methodiek, maar hebben anderzijds wel veel

verschillende criteria benoemd en de onderlinge voorkeuren lopen sterk uiteen. In een peiling onder de betrokken stakeholders kwamen achtereenvolgens broeikasgasemissie-reductie, macro-economische waarde, landgebruik en energiegebruik, nutriëntengebruik en watergebruik als meest belangrijk naar voren. De eerste twee criteria en het vierde criterium uit deze lijst zijn direct als criteria in deze aanzet tot de methodiek uitgewerkt, het criterium landgebruik wordt gebruikt voor normalisering van de resultaten (alle effecten worden uiteindelijk uitgedrukt per hoeveelheid land), en de twee laatstgenoemde criteria zijn lokale criteria die worden afgedekt door de bredere duurzaamheidsaspecten.

De geselecteerde criteria worden in de volgende paragraaf verder uitgewerkt. Wanneer de vergelijkingsmethodiek verder wordt uitgewerkt en wanneer de eerste resultaten daartoe aanleiding geven, kan deze selectie worden uitgebreid met andere criteria.

De stakeholders gaven aan dat de economische waarde van het product of van de keten een belangrijk criterium zou moeten zijn. We hebben dit vertaald als macro-economische waarde, waarin de maatschappelijk-economische duurzaamheid wordt gereflecteerd, en meer specifiek als werkgelegenheid in Nederland. Hierbij is voor werkgelegenheid Nederland gekozen en niet werkgelegenheid internationaal aangezien werkgelegenheid voor de hele wereld een zeer complexe parameter zou zijn en het voordeel ervan niet duidelijk te definiëren is.

Landgebruik, door stakeholders gekozen tot één van de belangrijkste criteria, wordt gebruikt om duurzaamheidsscores te normaliseren. Dus, bijvoorbeeld de score op klimaatverandering wordt uitgedrukt per hectare land en zo is te zien welke keten beter scoort per hectare land, oftewel voor welke keten een hectare land het beste kan worden ingezet. Uiteraard is hierbij het type land van belang en kan niet iedere hectare gelijk worden gesteld (zie verderop).

#### **Lokale duurzaamheidsaspecten**

De lokale duurzame productie van biomassa zal aanvankelijke dienen als een randvoorwaarde bij het bepalen van de optimale inzet van biomassa over de verschillende toepassingen ("stoplichtcriterium"). Met de stakeholders is besloten om hiervoor op dit moment geen deelcriteria te formuleren, maar aan te haken bij bestaande nationale en internationale initiatieven en systemen. We stellen voor om de eisen uit de nieuwe Europese Richtlijn voor Duurzame Energie te hanteren en te vertalen naar andere toepassingen dan alleen energie. Als aangetoond kan worden dat de biomassagrondstof voldoet aan deze eisen, dan mag de volgende voorliggende methodiek worden gebruikt. Als het niet voldoet, dan mag het niet worden gebruikt.

Mochten toepasselijke criteria in de toekomst op een andere manier meetbaar gemaakt worden of mocht er verschil gemaakt worden tussen minimaal duurzaam en mogelijke verbeteringen ten opzichte van dat minimum niveau, dan zou een glijdende schaal toegepast kunnen worden.

Een voorbeeld van subcriteria voor bredere duurzaamheid zijn het niet aantasten van biodiversiteit of het volgen van nationale wetgeving op gebied van nutriënten,

watergebruik of lokale vervuiling; productie van biomassa moet voldoen aan bijvoorbeeld nationale wetgeving op het gebied van watergebruik en vervuiling. In de toekomst zou deze ja/nee schaal vervangen kunnen worden door een indicator zoals lokaal watergebruik tijdens productie, waarbij rekening wordt gehouden met de lokale relevantie van het water. Binnen deze subcriteria voor bredere duurzaamheid kan ook een plaats gevonden voor concurrentie met voedsel, bijvoorbeeld door te waarborgen dat de totale productie van voedsel niet afneemt in een regio waar biomassagrondstofproductie wordt ontwikkeld.

### Energieopbrengst

Het criterium energieopbrengst kan op verschillende manieren worden uitgedrukt en daarmee verschillende doelen dienen:

- Vermindering van gebruik van fossiele energie. Als uitputting van fossiele bronnen het belangrijkste zorgpunt is<sup>7</sup>, dan dient bepaald te worden of de biomassa keten leidt tot vermindering van fossiel energiegebruik. Dit is de traditionele maatstaf bij het vergelijken van biobrandstoffen met fossiele alternatieven, juist omdat deze doelstelling hebben om fossiel te verminderen. Fossiele energie die is ingesloten in het product wordt in de vergelijking meegenomen; bioenergie (of andere hernieuwbare energie) die is ingesloten in het product wordt niet meegenomen. Een nadeel van deze indicator kan zijn dat het voorbijgaat aan het soms erg hoge interne biogene energiegebruik om een keten te realiseren. CO<sub>2</sub> (zie onder) is een redelijke indicator voor fossiel energiegebruik;
- Het totale netto gebruik van energie. Veel stakeholders hebben aangegeven dat uiteindelijk niet alleen fossiele energie schaars is, maar dat duurzame energie wellicht nóg schaarser is. In deze indicator worden daarom bioenergie en andere duurzame energie die nodig zijn om een keten te realiseren, meegenomen. Biomassaketens hebben (vooralnog) een slechtere prestatie dan fossiele ketens<sup>8</sup>, vooral omdat er veel energie nodig is om het te oogsten en te verwerken, in vergelijking met het winnen van fossiele energie (die in meer geconcentreerde vorm beschikbaar komt) en efficiënte (olie)-raffinage. Deze indicator gaat voorbij aan de wens om afhankelijkheid van fossiele energie te verminderen;
- Het totale bruto gebruik van energie. In dit geval wordt ook de energie die zit ingesloten in de grondstoffen meegenomen in de vergelijking, om volledig inzicht te krijgen in de benutting van alle beschikbare energie in de plant én alle energie die nodig is om de keten te realiseren (wind, water, biomassa, fossiel etc);

7 In de VS hebben enkele studies zich gericht op aardoliegebruik, omdat dit voor de VS de belangrijkste indicator van energieafhankelijkheid. De VS heeft intern gemakkelijker toegang tot steenkool en aardgas. Aardolie komt bovendien vooral uit regio's die op gespannen voet met de VS verkeren.

8 Voorbeeld: ethanol uit maïs heeft een netto energieproductieratio van 1.5 [Shapouri 2002, op basis van economische allocatie]. Dit betekent dat wanneer je 1 eenheid energie investeert in de keten, er 1.5 eenheden uitkomen, dus netto 0.5 eenheid extra. Om 1 liter ethanol uit maïs als biobrandstof aan de markt te leveren moet er dus in totaal 3 liter ethanol worden geproduceerd, waarvan 2 liter nodig is om de keten aan sich te realiseren. Het totale netto energiegebruik is daarom 67%. Ter vergelijking: met behulp van 1 liter benzine kan 10 tot 20 liter benzine worden geproduceerd. Hiervan is het totale netto energiegebruik dus slechts 5-10%.



- **Het gebruik van Exergie.** Het rapport “De Ecopyramide” (Derksen et al 2008) stelt het optimaal benutten van exergie (de kwaliteit van energie, oftewel hoeveel arbeid er met die energie kan worden geleverd) centraal, en komt daarmee tegemoet aan het feit dat niet iedere energie-eenheid gelijkwaardig is. Exergie kan in ieder van de bovengenoemde vormen als indicator worden gebruikt (fossiele exergie, totale netto of bruto exergie). Een nadeel is dat er (vooralsnog) te weinig exergie data beschikbaar is om deugdelijke analyses te doen aan biomassa ketens en gerelateerde processen.

Op basis van de wensen van de stakeholders en de opdrachtgever stellen we voor om in eerste instantie het totale bruto energiegebruik als indicator te nemen. Op basis van de eerste resultaten dienen de stakeholders opnieuw geconsulteerd te worden en kan de keuze eventueel worden aangepast. In een later stadium, wanneer meer data beschikbaar is, zou exergie als maatstaf kunnen worden genomen.

De hoeveelheid energie die verbruikt wordt per keten wordt berekend door middel van levenscyclus analyse. De rekenmethodiek hiervoor wordt beschreven in Sectie 4.3.

### Klimaatverandering

Klimaatverandering is op dit moment een belangrijk criterium voor duurzaamheid. De indicator voor klimaatverandering is de emissie van broeikasgassen, uitgedrukt in CO<sub>2</sub> equivalenten. CO<sub>2</sub> is het belangrijkste broeikasgas en andere broeikasgassen, zoals methaan en lachgas, worden uitgedrukt in CO<sub>2</sub> equivalenten. Om de score op broeikasgas emissie van een biomassatoepassing of referentieketen te bepalen, zal ook voor dit criterium gebruikt worden gemaakt van levenscyclus analyse (zie 4.3).

De broeikasgas emissie per processtap wordt vastgesteld aan de hand van emissies bij die stap, gebruik van materialen en energie in de stap en de efficiëntie van de processtap.

Broeikasgasemissies hebben een verband met fossiel energiegebruik (zie boven) omdat een groot deel van de broeikasgassen bestaat uit CO<sub>2</sub> ontstaan bij de verbranding van fossiele energiedragers. Toch is het verband bij biomassaketens minder sterk dan in andere productketens, omdat er juist bij biomassa een significante bijdrage is door N<sub>2</sub>O (lachgas) emissies die ontstaan bij de productie en toepassing van kunstmest.

We stellen in principe de hoeveelheid CO<sub>2</sub> die wordt opgenomen tijdens de groei van biomassa gelijk aan de CO<sub>2</sub> die wordt uitgestoten na de oogst (bij verbranding van de producten aan het eind van een keten), en daarom worden beide in levenscyclus analyse op nul gesteld<sup>9</sup>. Bij sommige toepassingen wordt CO<sub>2</sub> voor langere tijd “opgeslagen” in het product, voordat deze CO<sub>2</sub> weer in de atmosfeer komt. Denk bijvoorbeeld aan papier en karton, maar ook aan plastic bermpaaltjes. De langere opslag van CO<sub>2</sub> dient te worden verdisconteerd aan de hand van de halfwaardetijd van CO<sub>2</sub> in de atmosfeer.

De invloed van directe en indirecte landgebruik, landgebruikverandering en bebossing op de koolstofopslag en daarom op de CO<sub>2</sub> concentratie in de atmosfeer is gedocumenteerd in

9 Sommige bronnen geven zowel de CO<sub>2</sub> opname bij teelt als de uitstoot bij gebruik weer. Dit leidt tot moeilijker interpretatie (vertroebeling van de resultaten met factoren die niet relevant zijn).

rapporten van het IPCC<sup>10</sup>. Aan de hand van deze rapporten kan de invloed van het veranderen van het gebruik van land op CO<sub>2</sub> concentratie in de lucht berekend worden.

### Werkgelegenheid in Nederland

Er zijn diverse manieren om macro-economische effecten uit te drukken, zoals inkomsten voor de overheid, bijdrage aan bruto nationaal product en werkgelegenheid. In dit geval hebben we werkgelegenheid gekozen als criterium, omdat het zowel voor economische als voor maatschappelijke duurzaamheid van belang is.

Macro-economische effecten kunnen op verschillende regionale niveaus worden bepaald, afhankelijk van de beschikbaarheid van data: Provinciaal, Nederland, Europa, wereldwijd. Indien de methodiek wordt gebruikt voor de ontwikkeling van Nederlandse beleidsinstrumenten, lijkt het ons voor de hand liggend om de macro-economische effecten voor Nederland te bepalen.

De macro-economische waarde hangt niet alleen af van hoe en waar een product is geproduceerd, maar ook van de stimuleringsmethode. Wanneer producten worden gesubsidieerd is dat bijvoorbeeld een kostenpost voor de overheid die ten koste gaat van de inkomsten.

De macro-economische waarde hoeft niet altijd positief te zijn. Mocht een bepaalde toepassing bijvoorbeeld veel subsidie nodig hebben om economisch haalbaar te zijn, dan kan een van de indicatoren die macro-economische waarde weergeeft negatief zijn.

Een korte beschrijving van algemene methode voor macro-economische analyse is gegeven in Paragraaf 4.3, de beschrijving van input-output analyse.

### Landgebruik

De opbrengst per hectare van de biomassa grondstof of van het biomassa product is een relevante parameter wanneer producten binnen dezelfde sector met elkaar vergeleken worden en hoeveelheid product een expliciet optimalisatiecriterium is. Het zegt echter weinig over het optimaal realiseren van duurzaamheidsdoelstellingen zoals hierboven besproken, het is bovendien niet *direct* bruikbaar om verschillende producten (in verschillende sectoren) met elkaar te vergelijken en het is tenslotte niet juist om opbrengst per hectare te adresseren zonder rekening te houden met de (grote) variatie in bodemkwaliteit en klimaat.

De opbrengst per hectare speelt een belangrijke rol in stap 2 van de methodiek, het vergelijken binnen de sector (Paragraaf 5.2). Wanneer productketens binnen een sector met elkaar vergeleken zijn, is het mogelijk om de relatieve verbetering of verslechtering van de biomassaketens ten opzichte van het alternatief uit te drukken per hectare. Het is dus dan pas mogelijk om de effectiviteit van een hectare te bepalen in het realiseren van doelstellingen:

10 IPCC Methodology for Land Use, Land Use Change and Forestation (LULUCF).

- Netto energieopbrengst door het inzetten van een hectare;
- Netto broeikasgasemissiereductie door het inzetten van een hectare;
- Netto werkgelegenheid door het inzetten van een hectare.

Om deze redenen wordt in Stap 1 de opbrengst van de grondstof per hectare bepaald. De opbrengst van het product volgt door rekening te houden met de omzettingsefficiëntie en met bijproducten<sup>11</sup> via een levenscyclusanalyse (zie Paragraaf 4.3).

Bij de opbrengst per hectare, dient rekening te worden gehouden met de variatie in kwaliteit van het teeltoppervlak<sup>12</sup>. De opbrengst per grondstof varieert onder andere per bodemsoort en is onder andere afhankelijk van lokale klimaataspecten en beschikbaarheid van water. De methodiek moet ook rekening kunnen houden met aquatische biomassa geproduceerd op land (waaronder land dat minder geschikt is voor andere teelt) en op zee.

We overzien op dit moment niet geheel *hoe* we rekening kunnen houden met de kwaliteit van het teeltoppervlak. Wellicht is het mogelijk om tot een genormaliseerde opbrengst te komen, door te corrigeren met wat er principieel op de hectare geteeld zou kunnen worden met een standaardgewas of met een theoretische opbrengst afhankelijk van bijvoorbeeld instraling.

We bevelen aan om bij geanalyseerde ketens tenminste informatie te verzamelen over het bodemtype en het klimaattype en (in het geval van lokatiespecifieke ketens) de lokale beschikbaarheid van zoetwater.

#### 4.2 Functionele eenheid

Om scores van producten in Stap 2 te kunnen vergelijken met een referentieketen (die een gelijkwaardig product levert) moeten ze op gelijke basis worden uitgedrukt. Deze basis heet de "functionele eenheid". Per productgroep moet een functionele eenheid worden vastgesteld, bijvoorbeeld:

- GJ voor energiedragers (gasvormig, vast, vloeibaar);
- kWh voor energieproducten (warmte en elektriciteit);
- kg voor de meeste overige biomaterialen.

De beheerder van de methodiek dient per product een functionele eenheid vast te stellen<sup>13</sup>.

<sup>11</sup> Bijproducten zijn verantwoordelijk voor een deel van het landgebruik, op een zelfde manier als hoe bijproducten een deel van de milieulast van een keten dragen.

<sup>12</sup> Als voor een keten een hoge productopbrengst per hectare wordt bepaald, dan valt daar niet uit af te leiden dat dat product altijd uit die grondstof moet worden geproduceerd. De opbrengst kan namelijk hoog zijn in sommige klimaatzones terwijl het gewas in andere klimaatzones nauwelijks groeit. Denk bijvoorbeeld aan palmolie dat een zeer goede opbrengst heeft in de tropen, maar in gematigde gebieden minder olie produceert dan bijvoorbeeld koolzaad

<sup>13</sup> Bij sommige toepassingen kan ook het "aantal" producten als functionele eenheid worden gebruikt, bijvoorbeeld het aantal koelverpakkingen dat je uit een kg polystyreen kan maken ten opzichte van een kg polymelkzuur. Daarbij moet dan wel rekening worden gehouden met de mate van isolatie die bij beide kan worden gerealiseerd.

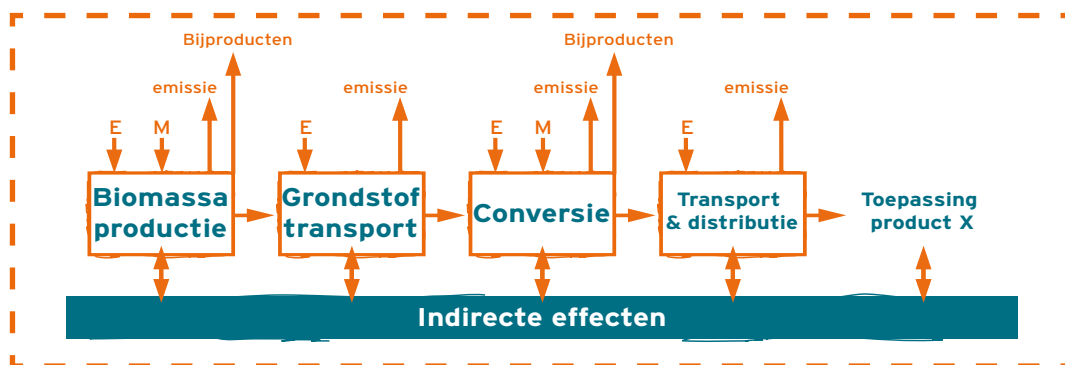
### 4.3 Rekenmethodieken

#### Levenscyclusanalyse

Een levenscyclusanalyse (LCA) is een methode om de impact van de productie en het gebruik van een product te bepalen. Hierbij worden alle directe en indirecte processen meegenomen die nodig zijn om de productieketen te realiseren. Ook de effecten van het uiteindelijk opruimen van het product (end-of-life) kunnen worden meegenomen.

LCA is vooral nuttig voor het bepalen van impacts die op wereldschaal of tenminste in grote regio's van belang zijn, zoals broeikasgaseffect, gebruik van energie, verzuring of vermisting van het milieu, afbraak van de ozonlaag. LCA wordt ook gebruikt voor het bepalen van effecten die vooral lokale gevolgen hebben, zoals smog, toxische emissies naar het milieu, geur en geluidshinder. Dit kan nuttig zijn om te bepalen of een keten tot milieuschade in deze categorieën leidt, maar het is niet eenvoudig om uit de LCA te bepalen waar (op welke locatie) de schade optreedt en al helemaal niet of deze schade ook lokaal relevant is.

In een LCA wordt het productieproces in subprocessen opgesplitst. Voor elk subproces wordt een balans opgesteld. Alle gebruik van energie en materialen en alle emissies worden per subproces geïnventariseerd. Elk materiaal dat gebruikt wordt en elke vorm van energie, is op zichzelf ook weer het gevolg van een productieketen die dus gekend moet worden. Er bestaan grote databases met de impacts van de productieprocessen van de meest gangbare materialen en energievormen. LCA software kan helpen om deze databases te gebruiken in analyse van ieder mogelijk product. Uiteindelijk worden op deze manier alle emissies naar lucht, water en bodem en alle gebruik van primaire delfstoffen zoals fossiele energie bronnen maar ook ertsen, bepaald.



Figuur 5.

Schematisch voorbeeld van de analyse van de productieketen van Product X. In iedere stap is Energie E nodig. Bij de grondstofproductie en de conversiestappen zijn mogelijk ook materialen M nodig. In iedere stap treden emissies op. Ook bij de productie van Energie en Materialen treden emissies op. Er worden bijproducten geproduceerd.

Het totale overzicht van alle emissies en alle gebruik van primaire bronnen, kan worden vertaald in impacts. Bijvoorbeeld de impact op het klimaat wordt bepaald uit de emissies van CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> en alle broeikasgassen, waarbij sommige zwaarder tellen dan andere.

### *Bijproducten, afval en bioraffinage*

In een lineaire productie keten zonder bijproducten is het eenvoudig om alle emissies en alle gebruik van primaire bronnen op te tellen. Zulke ketens zijn zeer zeldzaam, zeker bij biomassaketens zijn er nagenoeg altijd bijproducten. Bijproducten dragen een deel van de milieulast van een keten en daarom hoeft er minder milieulast aan het hoofdproduct te worden toegerekend.

Er zijn twee principiële manieren om met bijproducten om te gaan, substitutie en allocatie.

- Substitutie is gebaseerd op het *feit* dat de productie van bijproducten ertoe leidt dat elders in de maatschappij een gelijk product niet geproduceerd hoeft te worden. Het is dus gebaseerd op *causaliteit*. In de LCA wordt hiervoor een credit gegeven door de impact van de vermeden keten af te trekken van de totale impact;
- Allocatie is gebaseerd op het *feit* dat de meest waardevolle producten het meest verantwoordelijk zijn voor de milieulast van een productieketen. Het is dus gebaseerd op de economische drijfveer voor acties. In de LCA wordt de milieulast naar ratio van de waarde van de verschillende producten<sup>14</sup>.

Beide methodes vertegenwoordigen een realistische benadering van de werkelijkheid. In principe leiden beide methodes tot verschillende resultaten. Soms bestaat er wel een indirect verband tussen de beide methodes, wanneer meer waardevolle bijproducten (die in allocatie meer milieulast wegdragen) via een ingrijpend alternatief proces tot veel milieulast had geleden (en men zodoende bij substitutie een grotere impact mag aftrekken van de score).

Bij beide methodes kunnen problemen optreden:

- Bij substitutie is het lastig om te bepalen welke productieketen wordt vermeden door de productie van een bijproduct<sup>15</sup>. Soms is het onmogelijk om een vermeden keten te bepalen<sup>16</sup>, of leidt het substitueren van een bijproduct tot introductie van een nieuw bijproduct (wat kan leiden tot oneindige herhaling van substitutie);
- Bij allocatie moet de economische waarde van alle bijproducten bekend zijn. Voor sommige tussenproducten in een proces bestaat soms geen markt. Ook kan de waarde van een product sterk van de lokale markt afhangen.

<sup>14</sup> Uit deze uitleg valt af te leiden dat allocatie principieel op economische basis dient te worden uitgevoerd. Er bestaan diverse variaties zoals massa-allocatie en energie-allocatie, die soms goede benaderingen zijn wanneer de verhouding van economische waarde door de verhouding in massa of energie wordt gerepresenteerd. Het toepassen van energetische of massa-allocatie leidt tot verkeerde resultaten wanneer een bijproduct minder of meer waard is, per eenheid energie of massa, dan het hoofdproduct. Bijvoorbeeld bij de productie van melk zou de koeienmest het grootste deel van de milieulast dragen (aan melk en mest zou per kg of per GJ een gelijke last worden toegekend). Vaak wordt dit opgelost door aan bijproducten die als afval worden beschouwd een nullast toe te kennen. Economische allocatie zou dit direct oplossen (per Euro wordt een gelijke last toegekend).

<sup>15</sup> Het marginaal vermeden product dient te worden bepaald, dit kan door de tijd heen veranderen.

<sup>16</sup> Bij de productie van elektriciteit uit kippenmest kan een kippenei als bijproduct worden beschouwd. Het is lastig of wellicht zelfs onmogelijk om een alternatief proces te bepalen waarbij de functie van een kippenei wordt geleverd zonder mest als bijproduct.

Als nadeel van economische allocatie wordt vaak aangevoerd dat de economische waarde zeer kan fluctueren. Dit effect treedt in feite ook op bij substitutie: bij iedere hoogte van de economische waarde van een bijproduct zal het marginaal vervangen product anders zijn. Tegelijkertijd is dit een kracht van beide methodieken. Bijproducten die we nu als afval beschouwen kunnen in de toekomst waardevolle grondstoffen zijn en zullen dan een groter deel van de milieulast wegdragen.

Binnen de methodiek zal worden uitgegaan van economische allocatie.

- Afval wordt binnen de methodiek beschouwd als een bijproduct met een lage economische waarde of zelfs een nulwaarde<sup>17</sup>;
- Bioraffinage is niets anders dan een proces waarbij veel bijproducten tegelijkertijd ontstaan. Binnen de methodiek delen alle raffinageproducten in de milieulast naar rato van hun economische waarde.

#### *Economische waarde ten behoeve van allocatie*

Om tegemoet te komen aan veranderingen in de waarde van alle producten in biomassa ketens, dient de economische waarde die wordt gebruikt voor allocatie actueel te zijn. Tegelijkertijd is het onwenselijk dat plotselinge en tijdelijke fluctuaties leiden tot onverwachte en disproportionele wijziging van de berekende milieulast. We adviseren om een meerjarig gemiddelde van marktprijzen te nemen (bijvoorbeeld de afgelopen 3 jaar).

Omdat sommige prijzen sterk seizoensafhankelijk zijn, is het onwenselijk om uit te gaan van de prijs op een vaste datum (bijvoorbeeld 1 januari van ieder jaar). Jaargemiddelden dienen te worden gebruikt.

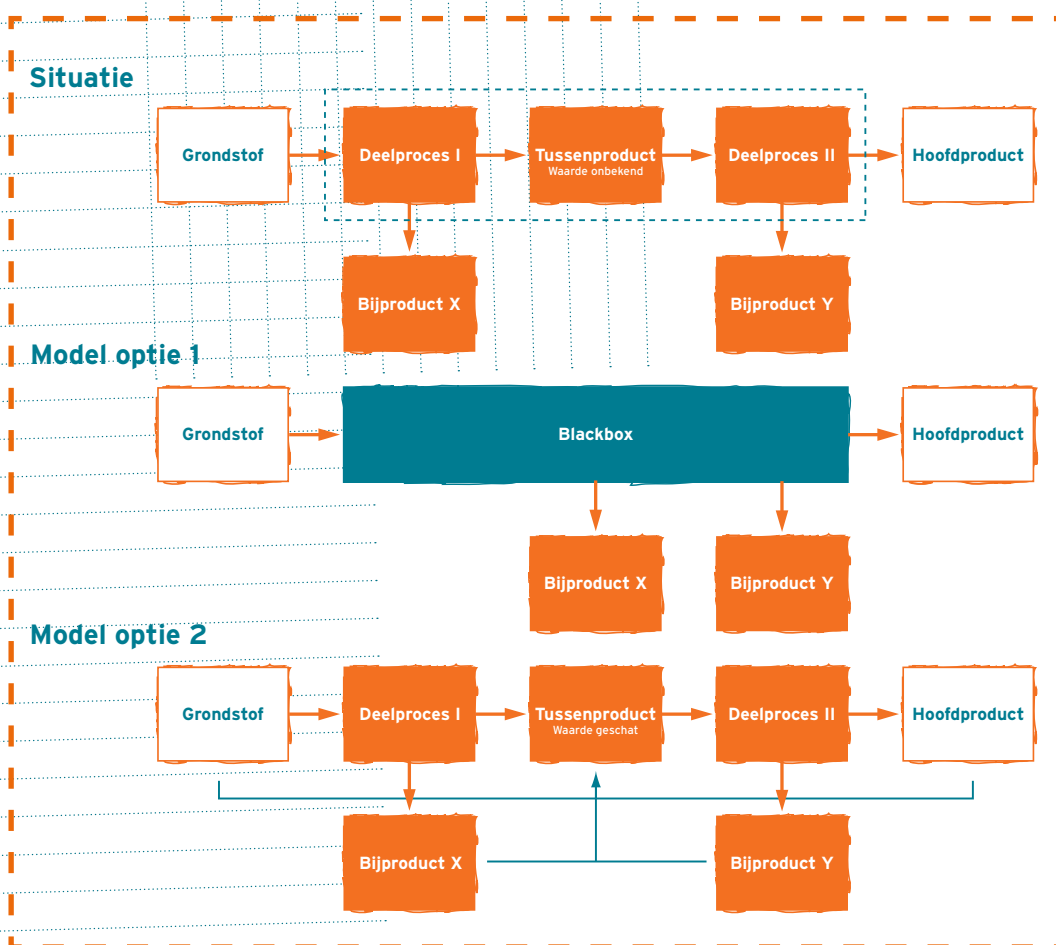
Marktprijzen hangen sterk samen met de locatie waar ze vrij komen. Men kan zich voorstellen dat prijzen in bijvoorbeeld een Nederlandse zeehaven zeer verschillen van prijzen in de Alpen<sup>18</sup>. We adviseren om de prijs zoveel mogelijk op één plaats vast te stellen (bijvoorbeeld Rotterdam) voor internationaal verhandelde producten. De beheerder van de methodiek dient voor overige producten vast te leggen op welke plaats de prijs wordt bepaald.

Voor veelvoorkomende producten worden actuele marktprijzen op regelmatige basis gepubliceerd door verschillende media. We adviseren dat de beheerder van de methodiek een lijst van preferente publicaties opstelt waarmee de meerderheid van de producten afgedekt wordt.

<sup>17</sup> Het gebruik van een negatieve waarde, indien een afval tot verwerkingskosten leidt, kan overwogen worden. Het gevolg is dat meer dan 100% van de cumulatieve milieulast, tot op het moment dat het hoofdproduct ontstaat, zal worden toegerekend aan het hoofdproduct. In feite wordt de milieulast van het afval hiermee aan het hoofdproduct toegerekend.

<sup>18</sup> In sommige gevallen zal de prijsverhouding tussen hoofd en bijproducten wel redelijk gelijk blijven, waardoor ook de allocatie redelijk gelijk blijft.

Voor sommige tussenproducten bestaat er geen marktprijs. Een schematisch voorbeeld hiervan is gegeven in Figuur 6. Hierdoor is het niet eenvoudig om de milieulast van de aanvoerketen en Deelproces 1 te verdelen over de hoofdketen en Bijproduct X. Men kan er voor kiezen om allocatie uit te stellen tot buiten de black box omdat de prijzen van de producten uit de black box wel bekend zijn (optie 1), of de prijs van het tussen product af te schatten uit de prijzen van alle ingaande en uitgaande producten<sup>19</sup> (optie 2).



*Figuur 6. Probleemstelling waarbij de waarde van een tussenproduct binnen een fabriek onbekend is en twee opties om hier modelmatig mee om te gaan. Uitleg in hoofdstekst.*

<sup>19</sup> In het schematische voorbeeld van Figuur 6 is de waarde van het Tussenproduct hoger dan de waarde van de Grondstof minus de waarde van Bijproduct X en lager dan de waarde van het Hoofdproduct minus de waarde van Bijproduct Y.

*Cascadering*

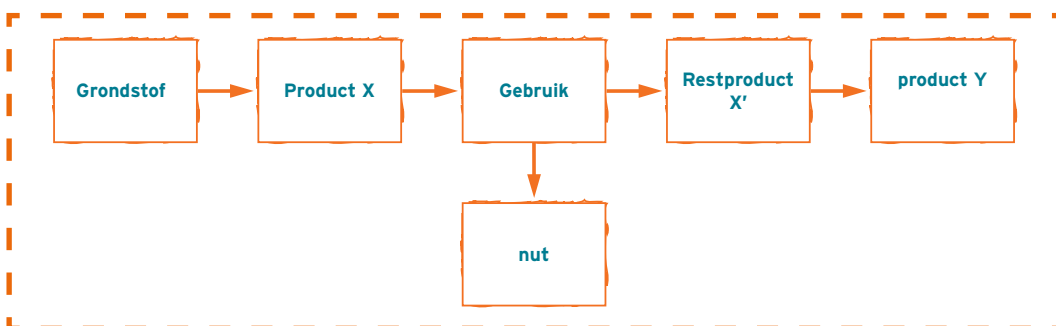
Zoals hierboven uitgelegd wordt, binnen LCA, bij het bepalen van de impact van een product in principe de hele voor keten meegenomen. Dit betekent dat ook bij cascadering, bij ieder volgend product de voorafgaande keten een rol speelt, inclusief alle voorafgaande producten. Een schematisch voorbeeld van cascadering is gegeven in Figuur 7. In een dergelijke eenvoudige voorstelling lijkt het LCA principe te leiden tot ophoping van milieulast, en zou de cumulatieve milieulast van Product Z altijd groter zijn dan die van het voorafgaande Product Y, die op haar beurt weer groter zou zijn dan die van Product X, terwijl de idee is dat het meervoudig gebruik van eenmalige grondstof milieuvordelen kan hebben, wat weerspiegeld moet worden in een lage milieulast.



*Figuur 7.*  
Schematisch voorbeeld van cascadering, waarbij Product X, na gebruik wordt verwerkt tot Product Y, wat na gebruik op haar beurt wordt verwerkt tot Product Z.

Men kan dit probleem oplossen door na ieder product met een schone lei zonder milieulast te beginnen. Als Product X al volledige verantwoording moet afleggen voor de productieketen, is het wellicht niet nodig dat de volgende producten dit nogmaals moeten doen. Anderzijds kan het eerste product in de keten van weinig waarde zijn ten opzichte van de volgende producten en dan is het wellicht wenselijk dat de drijfveren voor de hele cascade meedelen in de milieulast.

We stellen voor om bij het verdelen van de milieulast tussen de opeenvolgende producten rekening te houden met het nut van die producten, uitgedrukt in de waarde, zie Figuur 8. De milieulast van Product X wordt uitgerekend op basis van de voorafgaande keten. We kunnen op dat moment geen rekening houden met de keten die erna komt, tenzij het zeker is dat die keten werkelijk plaatsvindt (zie verderop). Aan het volgende Product Y wordt een deel van de last van Product X toegerekend op basis van de verhouding in waarde tussen het Restproduct X' en het originele Product X<sup>20</sup>.



*Figuur 8.*  
Schematisch voorbeeld van cascadering, waarbij de milieulast in het restproduct X' wordt bepaald door rekening te houden met het gebruiksnut van Product X.

20 Wanneer we de milieulast via economische allocatie verdelen over het Gebruiksnut en het Restproduct X', waarbij het Gebruiksnut is vastgesteld door het verschil in economische waarde van het Product X en het Restproduct X', krijgen we hetzelfde resultaat.



Een voorbeeld: Een bioplastic wordt verwerkt tot koffiebekertjes, na afloop wordt het plastic ingezameld en verwerkt tot bermpaaltjes. De gebruikte koffiebekertjes kosten 2% van de prijs van nieuwe bekertjes, zodat 2% van de cumulatieve milieulast van de nieuwe bekertjes wordt gebruikt als startpunt voor de gebruikte koffiebekertjes.

Dit principe leidt tot een dubbeltelling van milieulast, immers 100% van de last van de voorketen is toegerekend aan de nieuwe bekertjes en vervolgens nog eens 2% aan de gebruikte bekertjes. (Uiteraard worden de milieulasten van de inzameling volledig aan de bermpaaltjes toegerekend.)

In principe zouden we willen bereiken dat cascades van producten die naadloos op elkaar aansluiten, of cascades over zeer veel producten, beloond worden met een goede score. In beide gevallen heeft het Restproduct na gebruik nog een relatief hoge waarde, waardoor het een groot deel van de milieulast van het voorafgaand product zou meekrijgen en de cascade als geheel een veel hogere cumulatieve milieulast (door de dubbeltelling). Dit is niet wenselijk. We stellen daarom voor dat in aantoonbare gevallen van cascadering de milieulast van Product X wordt verminderd met de last die aan het Restproduct X' kan worden toegerekend.

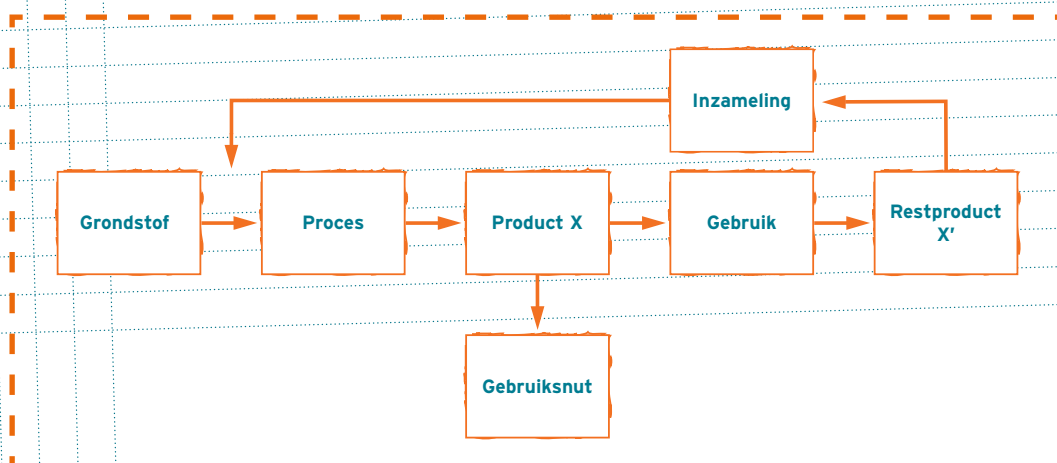
De hele cascade krijgt door toepassing van deze methodiek minstens de milieulast van het eerste product (en de milieulast van alle processen die nodig zijn om de cascade te realiseren). Het grote voordeel van de cascadering is dat deze milieulast kan worden verdeeld over een grotere hoeveelheid producten en dat per hectare meer producten kunnen worden geproduceerd.

Bovendien, als een product goed voorbereid op verdere cascadering, dan volgt in een transparante markt ook een hogere economische waarde.

Deze stap van de methodiek is tamelijk fraudegevoelig. Zonder controle op het proces dat plaats vindt is groenwassen goed mogelijk. In het voorbeeld van de koffiebekertjes is het eenvoudig om "gebruikte" bekertjes te produceren (zonder dat ze werkelijk gebruikt zijn) die zo een lage milieulast krijgen.

### *Recycling*

Recycling is in feite een herhaalde cascadering van hetzelfde product, zie Figuur 9. Het aantal voorafgaande cycli is voor een specifieke batch niet te bepalen. Het is wel bekend hoeveel het aandeel oud materiaal en nieuwe grondstoffen is in het recyclingproces.



*Figuur 9. Schematisch voorbeeld van recycling.*

De milieulast van een product X is daarmee afhankelijk van:

- Het aandeel nieuwe grondstof en de milieulast van de aanvoerketen van deze nieuwe grondstof;
- Het aandeel gerecycled materiaal en de milieulast van de recycling;
- Het deel van de milieulast van X dat aan het Restproduct X' wordt toegekend op basis van de relatieve waarde van X' ten opzichte van X.

De milieulast van X is dus voor een deel afhankelijk van zichzelf (tenzij de milieulast van het residu na gebruik op nul wordt gesteld). Via iteratie moet dit in de methodiek worden uitgewerkt.

### *Landgebruiksverandering*

Landgebruiksverandering heeft directe gevolgen voor de broeikasgasbalans via verandering in de opslag van bovengrondse koolstof. In de loop der tijd leidt landgebruiksverandering ook tot verandering in de opslag van ondergrondse koolstof. De IPCC beschrijft hoe de verandering uit te rekenen is per klimaat- en bodemtype voor diverse landgebruiksveranderingen. Andere globale milieu-effecten die het gevolg zijn van landgebruiksverandering worden zelden genoemd, maar kunnen, indien bekend, ook in levenscyclus analyse worden meegenomen.

Naast de directe landgebruiksverandering kan er ook sprake zijn van een indirecte landgebruiksverandering als een functie die het land vervulde wordt verplaatst naar elders. Indirecte landgebruiksverandering is een relatief nieuw actueel onderwerp en er zijn nog geen algemeen geaccepteerde methodieken die hier mee om kunnen gaan<sup>21</sup>. De Europese Commissie heeft via de Renewable Energy Directive de opdracht om in de komende jaren een methodiek uit te werken om indirecte landgebruiksverandering te kwantificeren.

<sup>21</sup> Het indirecte effect hangt samen met het product dat verdrongen wordt, alternatieven om soortgelijke producten te produceren, de prijselasticiteit van de markt waar het product verhandeld wordt en de plaats van de markt (lokaal, regionaal, wereldwijd).

Op dit moment bevat de Renewable Energy Directive een bonus indien aangetoond kan worden dat braakland wordt gebruikt voor het telen van bioenergie (en daarmee indirecte landgebruiksverandering wordt vermeden). Wereldwijd blijkt het lastig om aan te tonen dat ergens sprake is van braakland. Een optie zou kunnen zijn om braakland te creëren binnen het kader van een keten, door lokaal de landbouw te verbeteren zodat minder land nodig is voor voedselproductie en er meer overblijft voor energieproductie.

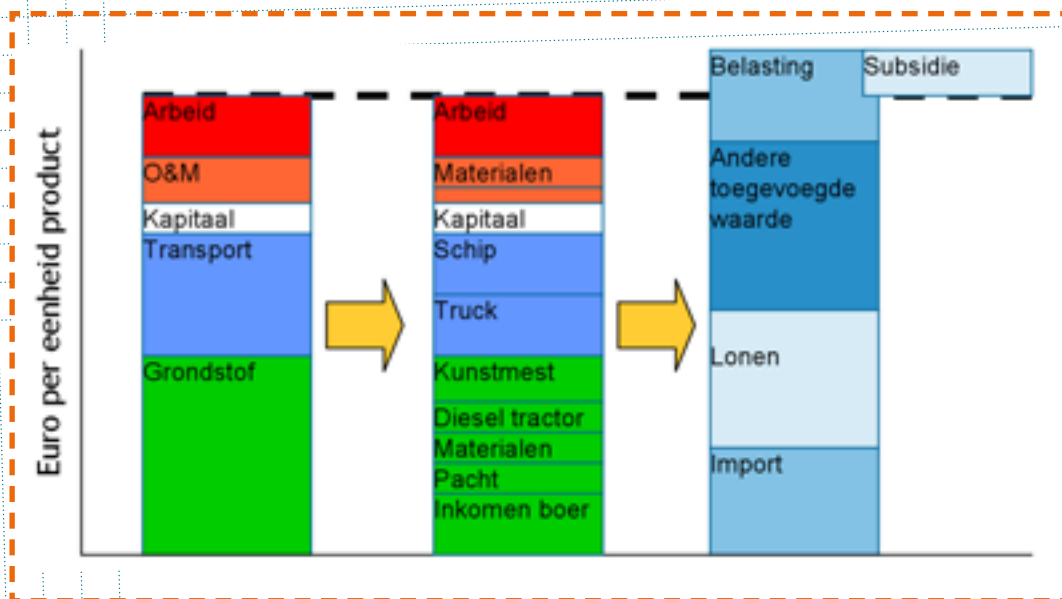
### Input-Output analyse

Om de macro-economische waarde uit te rekenen wordt een input-output analyse gedaan. Dit is een analyse van de rol van het product in de economie, waarbij de prijs van het product wordt uitgesplitst naar kosten van onderdelen en toeleveranciers. Deze analyse kan gebruikt worden om te berekenen welk deel van een bepaalde uitgave in het buitenland terecht komt en welk deel een toegevoegde waarde voor de nationale economie betekent. De som van alle toegevoegde waarde in een land is het Bruto Nationaal Product (BNP).

Er wordt gebruik gemaakt van een Input-Output tabel. Dit is een overzichtstabel van de economie van een land, die laat zien welke sector uit welke andere sector onderdelen, service of materialen koopt voor de productie van zijn producten. De Nederlandse Input-Output tabel is beschikbaar bij het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS). De kostenstructuur van het product wordt gecombineerd met deze Input-Output tabel zodat een nieuwe opbouw van de kosten ontstaat uitgesplitst naar:

- **Import.** Dit betreft directe en indirect import van producten en diensten om het uiteindelijke product mogelijk te maken. Import betekent dat die kosten in het buitenland worden gemaakt;
- **Lonen in Nederland.** Deze zijn het gevolg van arbeid in Nederland die direct of indirect nodig is om grondstoffen, transportacties, conversiestappen, distributie en verkoop te realiseren;
- **Andere toegevoegde waarde.** Hieronder vallen rente en interest (inkomsten van kapitaal), pacht (van land), winsten (inkomsten van ondernemers);
- **Belasting.** Dit is het totaal van belastingen die op producten, diensten en lonen wordt geheven;
- **Accijnzen.** Voor sommige producten zijn accijnzen van toepassing. Accijns, en met name de vrijstelling daarvan, wordt soms gebruikt om binnen een productgroep bepaalde opties te stimuleren;
- **Subsidies.** Ook subsidies worden gebruikt om bepaalde producten of processen te stimuleren.

Figuur 10 geeft een schematisch voorbeeld van de herverdeling van de kosten waaruit een productprijs is opgebouwd naar macro-economische aspecten. Winst is een onderdeel van "andere toegevoegde waarde".



*Figuur 10. Voorbeeld van omzetting productiekosten naar macro-economische aspecten.*

De totale bijdrage van een product aan het bruto nationale product is de som van de lonen, belastingen, accijnzen, andere toegevoegde waarde, verminderd met de subsidies.

Werkgelegenheid is rechtstreeks gekoppeld aan lonen. De meeste werkgelegenheid per Euro loon worden gecreëerd in arbeidsintensieve sectoren, zoals landbouw.

Inkomsten voor de overheid volgen uit de combinatie van belastingen en accijnzen verminderd met de uitgaven aan subsidies en uitkeringen voor werklozen. Werkgelegenheid heeft daarmee een direct positief effect voor de inkomsten voor de overheid. Een nauwkeurige macro-economische analyse moet uitwijzen of uitgaven voor subsidies of vrijstellingen van accijnzen in balans zijn met besparingen op uitkeringen.

Het mag duidelijk zijn dat de macro-economische bijdrage van een product niet alleen van het product, maar ook van de beleidsmaatregelen afhangt.

**4.4 Standaardwaarden voor berekeningen**

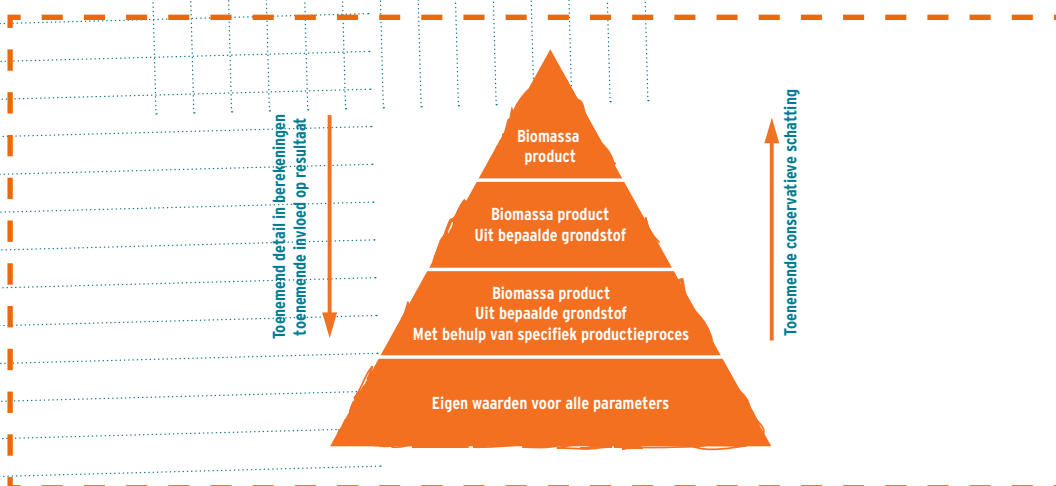
Voor het maken van de levenscyclusanalyse en de input-output analyse zijn gegevens nodig over de aanvoerketen en over indirecte processen die nodig zijn om de keten te ondersteunen (in het geval van LCA) en over de kostenopbouw van het product (in het geval van IO). Het uitvoeren van de berekeningen is een intensief proces en het is niet altijd mogelijk om alle benodigde informatie te traceren. Daarom is het wenselijk dat men gebruik kan maken van standaardwaarden als men zelf niet in staat is om de berekeningen te doen. Standaardwaarden kunnen op verschillende niveaus worden vastgelegd:

- Het product is bekend, maar het is onbekend uit welke biomassa grondstof het is geproduceerd. Een conservatieve standaard score wordt aangenomen op basis van inzicht in meerdere ketens uit meerdere grondstoffen die eerder zijn geanalyseerd;

- Het product en haar grondstof zijn bekend. De meest conservatieve score van bekende ketens van dezelfde grondstof naar hetzelfde product wordt aangenomen;
- Standaardprocessen in de keten zijn bekend, waarvoor in de berekeningen standaardwaarden kunnen worden gebruikt;
- Eigen, ketenspecifieke waarden kunnen worden gebruikt voor alle parameters.

In veel gevallen zal er een tussenvorm van de laatste twee opties worden gebruikt, waarbij standaardwaarden voor een aantal processen worden gebruikt en ketenspecifieke waarden voor processen waarop men controle heeft.

De verschillende detailniveaus die zich dan voordoen zijn weergegeven in Figuur 11. De top van de piramide is het meest generiek, hierbij is alleen de toepassing of het eindproduct bekend. Een stap verder qua detail is als bekend is welke grondstof (welk type biomassa) de toepassing of het product gebruikt. Het derde niveau is als het productieproces bekend is, en het laatste niveau is als specifieke procesparameters zoals opbrengst van de biomassa per hectare of energieverbruik van een bepaalde processtap bekend zijn.



Figuur 11.

Variatie detailniveau van standaard score op een generieke keten tot individuele score op een specifieke keten.

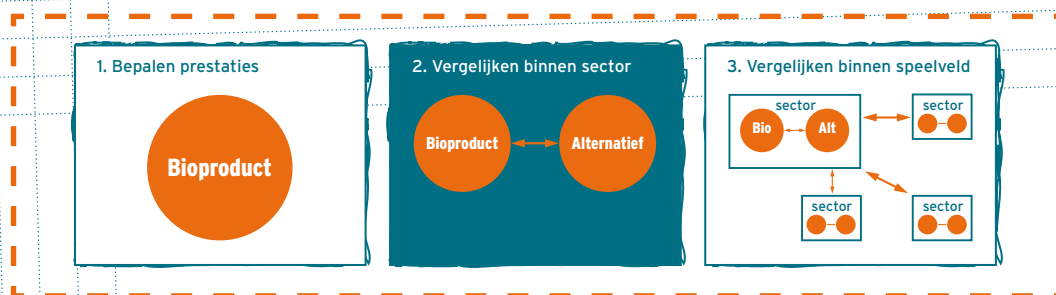
Standaardwaarden voor standaardketens zullen moeten worden ontwikkeld in het beginstadium van het gebruik van de methodiek. In eerste instantie zal het aantal beschikbare standaardketens klein zijn, maar gaandeweg kan het toenemen op basis van wat wordt gerapporteerd.

Standaardwaarden kunnen conservatief worden ingestoken, om zo de producenten te motiveren om verbeteringen in de productieketen te realiseren en in de berekeningen eigen, ketenspecifieke waarden te gebruiken. Om de administratieve last te minimaliseren kunnen parameters die niet erg belangrijk zijn voor het eindresultaat<sup>22</sup> en parameters waarvan kan worden verwacht dat men er weinig invloed op heeft<sup>23</sup>, minder conservatief worden gesteld.

22 Hierbij gaat het niet zozeer om de bijdrage van de parameter aan het eindresultaat, als wel de gevoeligheid van het eindresultaat voor variatie in de parameter.

23 Zoals parameters die zich verder stroomopwaarts in de aanvoerketen bevinden.

## 5 STAP 2: VERGELIJKEN VAN KETENS BINNEN EEN SECTOR



De tweede stap in de methodiek is het vergelijken van de scores van een biomassa product met een direct alternatief binnen dezelfde sector. In Paragraaf 5.1 wordt uitgelegd dat er meerdere typen alternatieven mogelijk zijn en met welke daarvan vergeleken dient te worden. In Paragraaf 5.2 wordt uitgelegd hoe deze vergelijking resulteert in een nieuwe, relatieve score voor het product, die bruikbaar is voor de uiteindelijke vergelijking met andere producten in andere sectoren in Stap 3.

### 5.1 Vergelijken binnen de sector

Er wordt een vergelijking met een alternatief gemaakt om te bepalen hoeveel een biomassa product verbetert aan de situatie ten opzichte van wanneer het product er niet zou zijn. Dit betekent dat er een alternatief moet worden gedefinieerd. Hiervoor zijn verschillende mogelijkheden:

- Een fossiel alternatief. Dit is zinnig wanneer het doel is om fossiele bronnen te vervangen door biomassa bronnen en het beleid ook expliciet op deze vervanging is gericht. Dit is bijvoorbeeld het geval bij bioelektriciteit en biobrandstoffen;
- Een alternatief in de sector als geheel. In vele sectoren spelen fossiele bronnen geen of slechts een kleine rol en worden vooral andere grondstoffen gebruikt. Ook als er geen expliciet beleid is op het vervangen van fossiele bronnen, dan dienen we aan te nemen dat een biomassa product in principe allerlei bestaande producten binnen de sector kan vervangen (verdringen) zonder voorkeur voor het verdringen van fossiele bronnen<sup>24</sup>.

In beide gevallen is het mogelijk om een het alternatief te definiëren als het gemiddelde of als het marginale alternatief:

- Het gemiddelde alternatief dient bepaald te worden aan de hand van alle ketens en hun relatieve marktvolume. Het wordt vaak bepaald op basis van één of enkele voor de hand liggende ketens, waarbij aangenomen wordt dat de vele afwijkende ketens een klein deel bijdragen aan het totale productvolume;

<sup>24</sup> Voorbeeld: zelfs als er een stimulans is op de productie van biobrandstoffen, maar er meer wordt geproduceerd dan dat er wordt gestimuleerd, kan het vermarkten van de ene biobrandstof leiden tot minder verkoop van een andere biobrandstof.

- Het marginale alternatief hangt af van de economische aantrekkelijkheid van de vele producten op de markt. Het product dat relatief moeilijker of duurder te produceren is zal het eerst verdrongen worden<sup>25</sup>. Omdat moeilijker of duurder vaak samengaat met meer energie en materiaalgebruik, zal dit product vaak een slechtere milieuprestatie hebben dan het gemiddelde van de sector.

Daarnaast is het ook mogelijk om te vergelijken met een Gewenst (Toekomstig) Alternatief, bijvoorbeeld om te meten in hoeverre een product de prestaties van een beoogt ideaal product benaderd. De resultaten uit deze vergelijking zijn bruikbaar om verbeteropties binnen een sector te identificeren en voor overheid en bedrijfsleven om R&D paden uit te zetten.

#### **Fossiel alternatief**

Vergelijken met een fossiele keten is alleen mogelijk in die gevallen waar een fossiele productiemethode bestaat en alleen logisch als die fossiele productiemethode ook gangbaar is.

De vergelijking met een fossiele keten is voor sommige biomassa producten relatief te maken. Een belangrijk voordeel is dat de vergelijking plaatsvindt ten opzichte van een relatief statisch punt. Ook is de fossiele referentie vaak relatief gemakkelijk te bepalen en berekenen. De vergelijking spreekt tot de verbeelding, als een soort 'absolute' winst van het gebruik van biomassa wanneer een fossiele bron vervangen wordt.

Belangrijk nadeel voor de voorliggende methodiek is dat voor veel biomassa producten geen logische fossiele referentie bestaat en dat wanneer biomassa producten een grotere rol gaan spelen, zij ook onderling elkaar kunnen vervangen of verdringen. De vergelijking met fossiel is dus niet voor alle biomassa producten mogelijk of voor de hand liggend.

#### **Sector gemiddelde alternatief**

Het gemiddelde alternatief in de sector bestaat in principe altijd. Het is soms relatief gemakkelijk te bepalen als het leeuwendeel van de markt vaak bestaat uit een beperkt aantal producten die (relevant voor levenscyclusanalyse) via een beperkt aantal typen ketens wordt geproduceerd. Dat is echter niet altijd het geval. Het is ook mogelijk om enkele typische extremen in de markt te analyseren en hiervan een beredeneerd gemiddelde te nemen.

In de meeste gerapporteerde (levenscyclus)analyses wordt er weinig diepgaande analyse gedaan om het gemiddelde alternatief te bepalen. Om een evenwicht te vinden tussen betrouwbaarheid en pragmatisme, stellen we voor om in eerste instantie per productgroep een alternatief vast te stellen op basis van expert-inzicht, gebaseerd op één of enkele bekende productketens. In samenwerking met stakeholders kan op basis van beschikbare

<sup>25</sup> In discussies over broeikasgasberekeningen voor biobrandstoffen hebben betrokken stakeholders vaak aangegeven dat zij het eerlijker zouden vinden als biobrandstoffen zouden worden vergeleken met benzine of diesel gebaseerd op lastige bronnen zoals teerzandolie in plaats van met de gemiddelde productieketens.

marktanalyses besloten worden tot een nauwkeuriger vaststellen van het gemiddelde alternatief in een sector.

Een mogelijk nadeel van het vergelijken met een sectorgemiddelde is dat het gemiddelde niet vast staat, maar door de jaren heen zal veranderen. Anderzijds kan dit juist belangrijk zijn voor de flexibiliteit van de methodiek richting de toekomst.

Wanneer een te onderzoeken biomassa product een grote rol speelt in een sector, lijkt er een dilemma op te treden: het product wordt onder andere vergeleken met zichzelf. We denken dat dit is geen principieel probleem is. Wanneer de sector in zijn geheel zou bestaan uit het te onderzoeken biomassa product dan kan er tenslotte geen sprake zijn van verbetering of verslechtering ten opzichte van de bestaande situatie. In de vergelijking met het marginaal verdrongen product, gaan we anders om met dit schijnbare dilemma (zie onder). We denken dat het ook principieel niet uitmaakt of een sector volledig uit biomassa producten bestaat.

Omdat er in principe een gemiddeld alternatief bestaat voor ieder biomassa product, is het een goede basis om in Stap 3 de vergelijking tussen producten in verschillende sectoren te maken.

#### **Marginaal verdrongen product**

Het meest rechtvaardig is om te vergelijken met het marginaal verdrongen product. Immers de verbetering of verslechtering van duurzaamheid is gelijk aan het verschil in duurzaamheid van het te introduceren biomassa product en datgene dat vervolgens niet meer hoeft te worden geproduceerd.

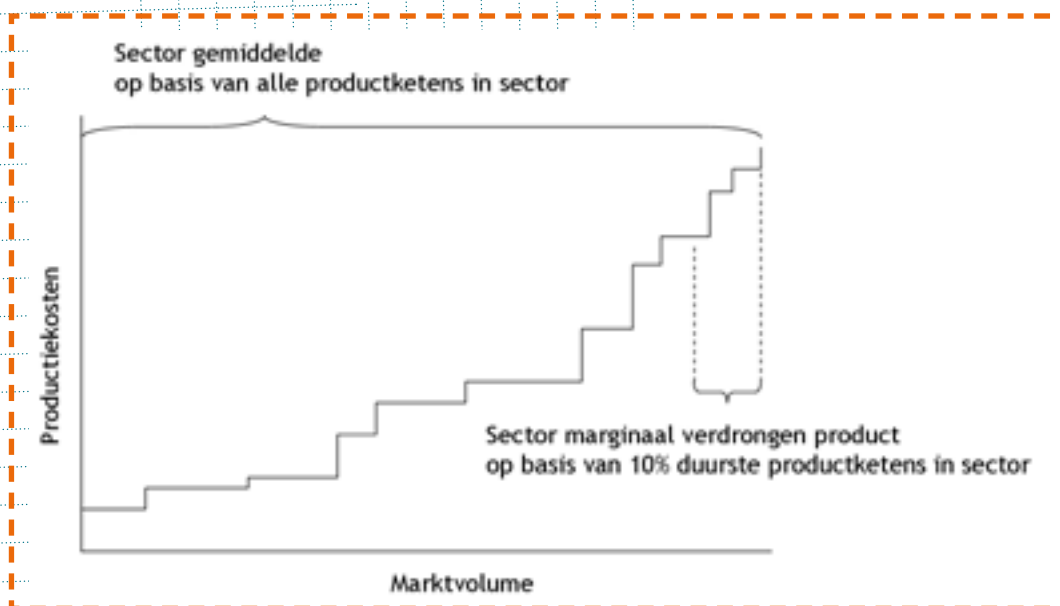
Hoewel in sommige sectoren het gevoelsmatig duidelijk is welke productketen marginaal verdrongen wordt, bevelen we aan om steeds een analyse van de markt te doen, voordat het alternatief wordt vastgesteld.

Wanneer een sector in zijn geheel zou bestaan uit het te onderzoeken biomassa product geproduceerd volgens één aanvoerketen, dan is het marginaal verdrongen product eigenlijk het product dat aan de markt zou worden toegevoegd indien het biomassa product in kwestie *niet* zou worden geproduceerd<sup>26</sup>.

Het marginaal verdrongen product lijkt één enkel product te betreffen. We bevelen aan om het gemiddelde te nemen van de producten die waarschijnlijk het eerst verdrongen worden. Deze groep producten kan in principe bepaald worden op basis van een aanbodcurve (zie Figuur 12). Het is aannemelijk dat de 10% duurste producten eerder worden verdrongen dan de rest van de sector.

<sup>26</sup> Immers, als de markt bijna geheel zou bestaan uit het te onderzoeken biomassa product, dan is het product wat het laatst verdrongen wordt te identificeren als het marginaal verdrongen product.





*Figuur 12.*

*Bepalen van het sectorgemiddelde en van het marginaal verdrongen product.*

Het zal zeker niet altijd gemakkelijk zijn om het marginale alternatief vast te stellen. Net zoals bij het vaststellen van het gemiddelde alternatief stellen we voor om dit in eerste instantie te doen met behulp van expert-inzicht.

Omdat er in principe een marginaal alternatief bestaat voor ieder biomassa product, is het een goede basis om in Stap 3 de vergelijking tussen producten in verschillende sectoren te maken.

#### **Gewenst (toekomstig) alternatief**

Het kan soms wenselijk zijn om te vergelijken met de beste optie in een sector, om zo aan te geven hoe dicht men bij een duurzaam ideaal is of hoe ver ervan af. Zo'n vergelijking kan een stimulans geven tot verbetering. Ook kan het voor de overheid aangeven in welke sectoren nog de meeste winst op de verschillende indicatoren te halen is.

Men kan vergelijken met Best Beschikbare Technologie (Best Available Technology oftewel BAT), innovaties die in laboratoria of in test situatie zich al bewezen hebben, of met theoretisch haalbare resultaten.

Een voordeel is dat deze manier van scores een stimulerende werking heeft voor toekomstige verbeteringen en niet zozeer een belonende werking voor al gedane prestaties. Het kan innovaties en continue procesverbeteringen stimuleren. Daarnaast is het voor elke keten mogelijk om zich te spiegelen ten opzichte van een BAT of innovatie.

Een nadeel is dat het gewenste alternatief niet in iedere sector op dezelfde wijze te bepalen is: We achten het daarom geen goed alternatief voor de uiteindelijke vergelijking tussen

producten in verschillende sectoren in Stap 3, omdat de vergelijking van een product met zijn gewenste alternatief niets zal duidelijk maken over de relatieve duurzaamheid van het onderzochte biomassa product.

### Conclusie

De vergelijking met het marginaal verdrongen product achten we het meest representatief voor de werkelijke situatie. Het resultaat daarvan kan in Stap 3 worden gebruikt om te bepalen of een product veel verbetering realiseert in haar sector ten opzichte van andere producten in andere sectoren.

### 5.2 Resultaat van de vergelijking

Door de score van een product op de gekozen criteria te vergelijken met die van het alternatieve product, volgt de absolute en relatieve score ten opzichte van dat alternatief:

- Verbetering van energieopbrengst ;
- Vermindering van broeikasgasemissies;
- Bijdrage aan werkgelegenheid.

De absolute score ten opzichte van het alternatief kan worden uitgedrukt per functionele eenheid product en per eenheid grondstof. Ongeacht waar de productie plaatsvindt zijn de absolute en de relatieve score bruikbaar voor het onderling vergelijken van opties binnen een sector op de geselecteerde duurzaamheidscriteria.

De relatieve score is in Figuur 13 schematisch uitgewerkt voor vijf indicatoren. In de tabel linksboven staan de scores van zowel de biomassa toepassing als het alternatief.

Vervolgens kan direct worden gezien wat de relatieve score is. De 80% score op indicator 2, bijvoorbeeld, betekent 20% verbetering ten opzichte van het alternatief. In de uiteindelijke methodiek is het wellicht niet mogelijk om dergelijke spinnewebdiagrammen te gebruiken omdat sommige ketens tot negatieve scores of juist tot meer dan 100% verbetering kunnen leiden (op sommige criteria).



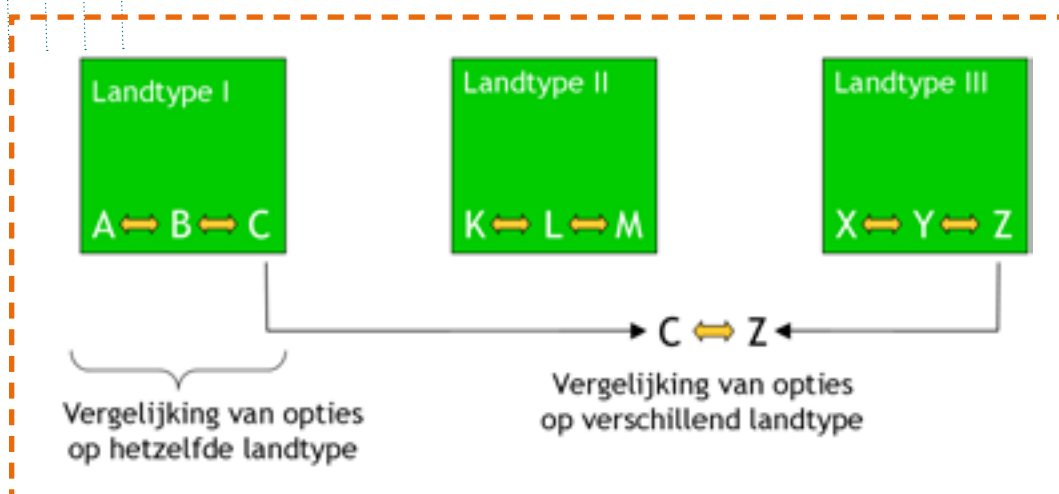
De bovenstaande vergelijkingen zijn niet bruikbaar om in Stap 3 producten in verschillende sectoren met elkaar te vergelijken omdat ze niet zijn uitgedrukt op basis van een gelijke functionele eenheid en omdat ze ons niets vertellen over de effectiviteit van het land in het realiseren van de doelstellingen.

Daarnaast, omdat we zowel voor het biomassa product als voor het alternatief kunnen bepalen hoeveel hectare land er nodig is voor hun productie, kan uitgedrukt worden hoe effectief een hectare is:

- Netto energiebesparing door het inzetten van een hectare;
- Netto broeikasgasemissiereductie door het inzetten van een hectare;
- Netto werkgelegenheid door het inzetten van een hectare.

Deze hectare effectiviteit wordt bepaald door het verschil in scores te delen door de netto toename in hectares<sup>27</sup>. In Figuur 13 is dit weergegeven in de laatste kolom "Abs" van de tabel.

De vergelijking op basis van land kan eigenlijk alleen gemaakt worden als zowel het biomassa product als het alternatief gebruik maken van hetzelfde landtype<sup>28</sup> (zie eerdere discussie in Paragraaf 4.1). Het ligt voor de hand dat de vergelijking tussen opties in Stap 3 plaatsvindt voor opties die op hetzelfde landtype kunnen worden gerealiseerd omdat men dan per hectare kan beslissen welke keten het meest effectief is in het voldoen aan de duurzaamheidscriteria. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 15.



Figuur 15.

De vergelijking van opties op hetzelfde landtype (bijvoorbeeld ketens A, B en C onderling) geeft de mogelijkheid om voor dat landtype te beslissen met welke optie het land optimaal wordt ingezet in het realiseren van duurzaamheid op de geselecteerde criteria. De vergelijking van opties op verschillend landtype is mogelijk zinnig als men de keuze heeft tussen opties op deze verschillend landtypes.

27 Bijvoorbeeld, voor een bepaalde indicator heeft bioproduct x (in Sector X) een score van 8 per eenheid product. Alternatief product x' scoort 10 voor dezelfde toepassing, zodat de relatieve score van het product 80% is (20% besparing). Product x heeft een opbrengst van 2 eenheden per hectare, Product x' is gebaseerd op fossiele bronnen en gebruikt geen land. Het netto landgebruik is dus 0.5 ha per eenheid bioproduct. Het bioproduct realiseert een besparing van 2 eenheden per eenheid product op 0.5 ha land. De hectare effectiviteit is daarom 4. (Zie indicator 2 in Figuur 13.)

28 Of als het alternatief geen gebruik maakt van land.

Het is mogelijk ook zinvol om scores te vergelijken van producten die niet op hetzelfde landtype kunnen worden geproduceerd. Bij het inrichten van land kan men dan een afweging maken tussen verschillende landtypen als niet alle land tegelijk beschikbaar kan worden gemaakt voor biomassa teelt. Zie Figuur 15. Stel dat landtype III veel vruchtbaarder is dan landtype I, willen we dan dat productketen Z optimaal van deze vruchtbaarheid gebruikmaakt in het realiseren van de duurzaamheidscriteria dan keten C, of vinden we het voldoende dat Z beter scoort dan C ook al is dit vooral te danken aan de vruchtbaarheid van landtype III en zelfs als Z daar eigenlijk niet optimaal gebruik van maakt?

Als we in de vergelijking tussen producten op verschillende typen land willen corrigeren voor vruchtbaarheid, dan is het wellicht mogelijk om de hectare opbrengst eerst te normaliseren:

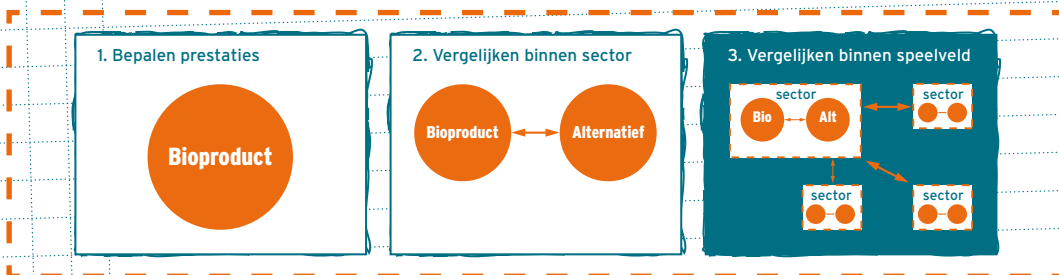
- Door rekening te houden met instraling, klimaat, bodemtype en de beschikbaarheid van zoetwater;
- Door te corrigeren voor de theoretische opbrengst van een genormaliseerd product op het land in kwestie.
- Door te normaliseren op economische opbrengst van de voornaamste voedselgewassen<sup>29</sup> per capita.

De normalisatie dient te worden uitgevoerd voor zowel het te onderzoeken biomassa product als het voor de vergelijking gebruikte alternatieve product. We overzien op dit moment niet of deze normalisatie ook echt tot een eerlijker vergelijking zal leiden en of ze voor alle typen biomassa<sup>30</sup> mogelijk zijn. Dit zou door middel van een paar case-studies onderzocht moeten worden.

29 "Staple foods" in het Engels, meestal zetmeelgewassen zoals graan, rijst, aardappelen.

30 Voor aquatische biomassa zou de derde normalisering problematisch kunnen zijn.

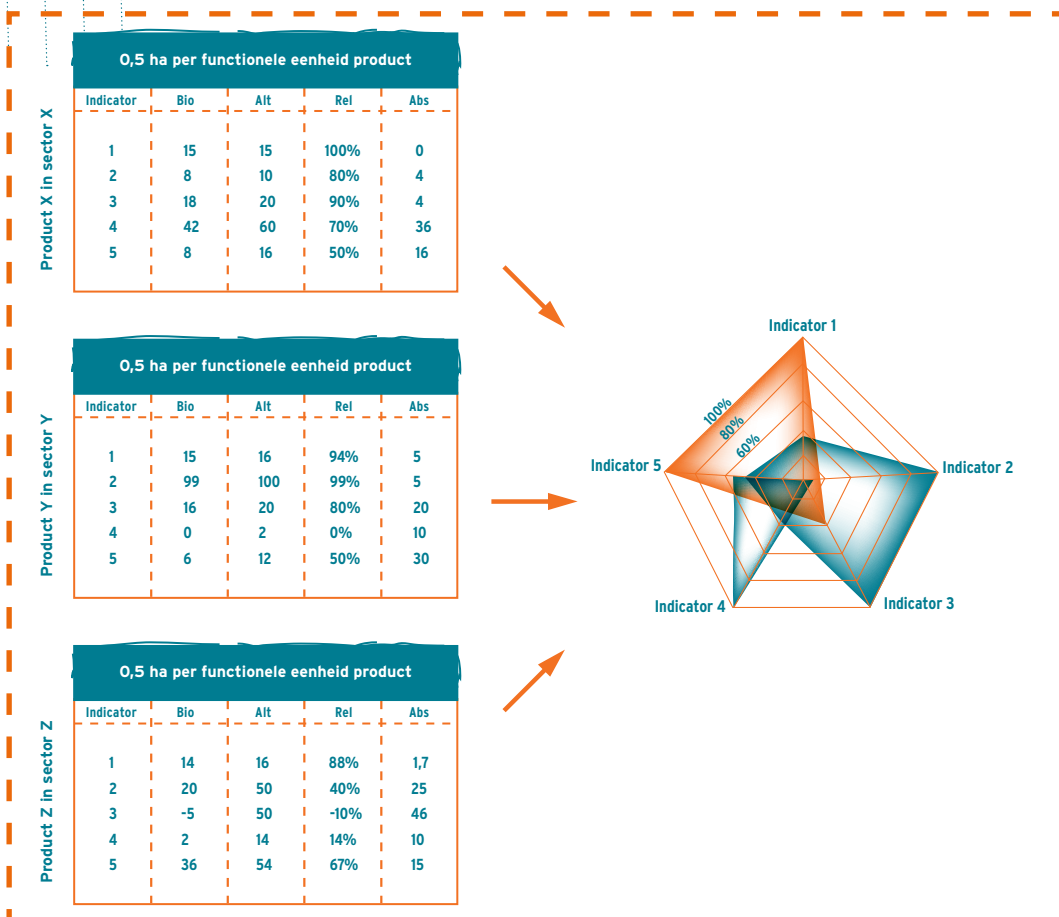
## 6 STAP 3: VERGELIJKING TUSSEN SECTOREN



Omdat de resultaten van de vergelijkingen uit Stap 2 in een neutrale waarde, namelijk het verbetereffect per hectare kunnen worden uitgedrukt, kunnen de prestaties van verschillende biomassatoepassingen in heel verschillende sectoren met elkaar worden vergeleken op elk van de geselecteerde criteria:

- Netto meer opbrengst van energie door het inzetten van een hectare;
- Netto broeikasgasemissiereductie door het inzetten van een hectare;
- Netto werkgelegenheid door het inzetten van een hectare.

Deze vergelijking kan in een spinnewebdiagram worden weergegeven (zie Figuur 16). Voor ieder criterium wordt de slechtst gevonden score op 100% genormaliseerd, zodat alle overige scores een verbetering zijn.



Figuur 16.

Prestaties van verschillende ketens binnen verschillende sectoren. De absolute scores per hectare (vierde kolom in de tabel) worden met elkaar vergeleken. Het slechtst scorende alternatief (per criterium) is op 100% genormaliseerd. Product x in dit figuur is gelijk aan product x in Figuur 10.

In het voorbeeld van Figuur 16 scoort Product x het slechtst op het vierde criterium, Product B het slechtst op het eerste en laatste criterium en Product C het slechtst op het tweede en derde criterium.

Uit dit resultaat valt niet direct af te leiden welke van de opties x, y of z tot een optimale inzet van biomassa leiden. Het veel kleinere oppervlak van optie y in het spinnwebdiagram betekent niet automatisch dat het een goede optie is, omdat we niet weten hoe belangrijk het vierde criterium is ten opzichte van de andere criteria.

## 7 VERDER GEBRUIK VAN DE RESULTATEN

Voordat de resultaten kunnen worden gebruikt om een gelijk speelveld te stimuleren moeten vele producten in verschillende sectoren geanalyseerd worden en moeten de resultaten daarvan centraal beschikbaar zijn voor onderlinge vergelijking middels Stap 2 en 3 van de methodologie.

### 7.1 Multicriteria-analyse

Een overheid kan de resultaten rechtstreeks gebruiken om te sturen op die ketens die op een bepaalde hectare het beste presteren op één bepaald duurzaamheids criterium.

Soms wil men de totale prestatie op duurzaamheid (op een beperkt aantal criteria) gebruiken om de meeste optimale keten te identificeren. In het geval van deze aanzet tot de methodiek, zou het gaan om drie criteria die worden bepaald *nadat* is voldaan aan een stoplichtcriterium:

- Lokale duurzaamheidsaspecten (stoplichtcriterium);
- Energieopbrengst (te bepalen middels levenscyclus analyse);
- Klimaatverandering (idem);
- Werkgelegenheid in Nederland (te bepalen middels input-output analyse).

Het is dan nodig om meerdere criteria tegelijk in één totaalscore uit te drukken<sup>31</sup>. De score op elk criterium wordt vermenigvuldigd met een gewicht. Wanneer alle scores maal hun gewicht worden opgeteld, ontstaat er één totaalscore.

De grote uitdaging is het bepalen van het gewicht per criterium. Wanneer multicriteria-analyse wordt toegepast, hoeven belanghebbenden het niet eens te zijn over het gewicht omdat dit door stemming kan worden bepaald. Het is uiteraard belangrijk dat belanghebbenden evenredig in de stemming vertegenwoordigd zijn. De methodiek is dus subjectief en de uitkomst sterk afhankelijk van de samenstelling van het pannel. In Tabel 2 wordt een voorbeeld uitgewerkt met drie criteria waaraan door drie experts verschillend belang wordt gehecht.

Tabel 2.

Voorbeeld van het bepalen van het relatieve gewicht van drie criteria door drie experts.

Criterium	Gewicht volgens...			Gewogen gemiddelde
	Expert 1	Expert 2	Expert 2	
Criterium 1	50	40	30	40
Criterium 2	30	30	60	40
Criterium 3	20	30	10	20
Totaal	100	100	100	100

31 Een voorbeeld van het vangen van veel verschillende criteria in één totaalscore is de veelgebruikte HAY methodiek om prestaties van arbeiders in zeer verschillende functies met elkaar te vergelijken en zodoende de beloning te kunnen vaststellen.



Vervolgens wordt in Tabel 3 het resulterende gewicht van ieder criterium gebruikt om de scores samen te voegen tot één totaalscore.

Tabel 3.

Voorbeeld van het wegen van scores, zoals bijvoorbeeld weergegeven in Figuur 16, om tot één totaalscore te komen, gebruikmakend van het gewicht bepaald in Tabel 2.

Criterium	Score (in vergelijking met referentie)	Gewicht	Totaal
Criterium 1	60%	40	0.24
Criterium 2	25%	40	0.1
Criterium 3	100%	20	0.2
		Totaal	0.54

### 7.2 Lineair programmeren

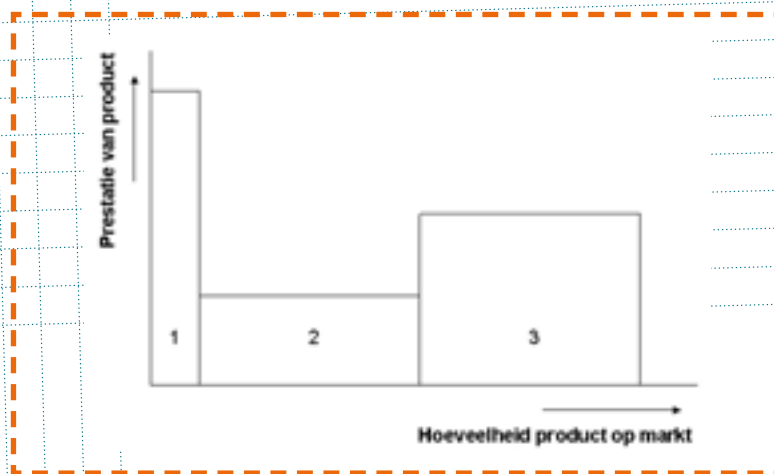
Lineair programmeren is een methode om grote aantallen verbonden variabelen te optimaliseren. Er wordt uitgegaan van een bepaald doel (bijvoorbeeld een doelstelling voor een broeikasgasemissiereductie) en een bepaalde beperkte hoeveelheid input (bijvoorbeeld een beperkte hoeveelheid land). Er zijn verschillende variabelen waarvan de onderlinge relaties zoveel mogelijk kwantitatief in vergelijkingen gezet worden (bijvoorbeeld relatie tussen nutriënten en opbrengst) daarnaast zijn er een aantal gegeven randvoorwaarden (bijvoorbeeld een maximale hoeveelheid nutriënten per hectare of een aantal noodzakelijke toepassingen). Door een model dat deze vergelijkingen, randvoorwaarden en doelstellingen combineert kan er een optimale situatie bepaald worden waarbij de uiteindelijke doelstelling bereikt wordt (in het voorbeeld een bepaalde verdeling van land over de verschillende toepassingen die leiden tot de gewenste totale hoeveelheid broeikasgasemissiereductie).

Een bestaand model dat ook van deze achterliggende gedachte gebruik maakt is MARKAL. ECN heeft dit model toegepast op het energie systeem van West-Europa waarbij marktfactoren gebruikt worden om verschillende scenario's van energiesystemen te ontwikkelen.

### 7.3 Effect analyse

Een andere manier om de resultaten van de methodiek te gebruiken is door de prestaties van biomassatoepassingen verkregen uit de methodiek te combineren met de marktgrootte van de betreffende toepassingen. Het doel hiervan is om naar het totale mogelijke effect op een bepaald criterium te kijken.

Een relatief eenvoudig voorbeeld hiervan is weergegeven in Figuur 17. Naar aanleiding van de prestaties van verschillende toepassingen, lijkt toepassing 1 het best te presteren. Maar gecombineerd met totaal marktaandeel lijkt toepassing 3 de grootste absolute impact te kunnen hebben op een bepaalde doelstelling.



*Figuur 17*  
*Combinatie prestatie en marktaandeel*

Een overheid zou met behulp van deze analyse kunnen zien wat het effect is van stimulering in een specifieke sector of toepassing.

Resultaten van een model als MARKAL kunnen hiermee gebruikt worden om effecten van beleidsmaatregelen of impact van scenario's te kwantificeren en dus als basis te dienen voor beleidsontwikkeling.

## REFERENTIES

- Bergsma GC and Sas H, 1996, Een afweging van energetische benutting versus materiaalhergebruik van afvalhout – concept eind rapport, CE, Delft the Netherlands.
- Brehmer B, 2008, Chemical biorefinery perspectives: The valorization of functionalized chemicals from biomass resources compared to the conventional fossil fuel production route, Ph.D. Thesis Wageningen University, the Netherlands.
- Dornburg V, van Dam J and Faaij A, 2004, Estimating GHG emission mitigation supply curves of large-scale biomass use on a country level, in: Dornburg V, Multifunctional biomass systems (PhD), Utrecht University> Copernicus Institute, Utrecht the Netherlands.
- Derksen JTP, van Seventer E, Braber KJ, van Liere J, 2008, De Ecopyramide – Biomassa Beter Benutten, InnovatieNetwerk, Utrecht the Netherlands.
- Eforwood, Tools for sustainability impact assessment of forestry – wood chain, project for call FP6-2004-global-3.
- Gielen et al., 1998, Biomass for energy or materials? – A western European MARKAL MATTER 1.0 model characteristics, ECN, Petten the Netherlands.
- Gielen DJ, Bos AJM, de Feber MAPC and Gerlagh T, 2000, Biomass for greenhouse gas emission reduction, Task 8: Optimal emission reduction strategies for western Europe, ECN, Petten the Netherlands.
- Hoogwijk M and de Visser E, 2006, ECO-efficiëntie van biomassa- een quickscan, In opdracht van SenterNovem Agentschap voor duurzaamheid en innovatie.
- IPCC (2006), IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2: Energy.
- Patel M, Reinhardt G and Zemanek G, 1999, Vegetable oil for biofuel versus surfactant: An ecological comparison for energy and greenhouse gases, Fett/Lipid, 101(9):314-320.
- Platform Biobased Raw Materials, 2006, Potential of Coproduction of Energy, Fuels and Chemicals from Biobased Renewable Resources.
- Shapouri H, Duffield JA and Wang M, 2002, The energy balance of corn ethanol: An update, US Department of Agriculture, Washington DC USA.
- Vroonhof JTW, Croezen HJ and Bergsma GC, 2005, Milieuevaluatie van inzet van (bio)brandstoffen in de Gelderland 13 energiecentrale, CE, Delft the Netherlands.
- WISEBIOMAS (2006), Potential of Coproduction of energy, fuels and chemical from biobased renewable resources, transition path 3: Co-production of energy, fuels and chemicals; platform biobased raw materials.

## APPENDIX A

### verslag eerste workshop (15 januari 2009)

Tijdens de consultatie workshop van 15 januari 2009 is via discussie en een post-it sessie geprobeerd zoveel mogelijk issues, problemen, ideeën en oplossingen die een rol spelen bij de opzet voor een methodiek te identificeren. In deze notitie zullen zoveel mogelijk van de opgebrachte issues weergegeven worden. Er is geprobeerd deze zoveel mogelijk te groeperen per onderwerp. In deze notitie worden de geïdentificeerde issues en ideeën gegeven. In de bijlage zijn de resultaten van de post-it sessie gegeven (wel verwerkt in de issueslijst in de hoofdtekst) en een lijst van aanwezigen.

#### A 1 Basis voor vergelijking

Als essentieel bleek de manier van vergelijken tussen de verschillende ketens en toepassingen. Dit onderdeel is hieronder weergegeven in een aantal deelaspecten.

#### Indicator voor vergelijking

De basis voor vergelijking is een van de essentiële issues binnen het opzetten van deze methodiek. De voor deze vergelijking gebruikte indicatoren moeten aansluiten bij langere termijn doelen van de overheid.

CO<sub>2</sub> als enige indicator wordt niet als voldoende gezien. CO<sub>2</sub> emissie reductie is momenteel een 'hot topic' maar beleid- en maatschappelijk trends kunnen deze focus mogelijk verleggen. Vandaar dat het van belang is de vergelijking tussen de verschillende toepassingen breder te trekken. Als mogelijke andere indicatoren worden genoemd:

- Energie
- Geld/economische waardering
- Duurzaam landgebruik
- Resource efficiency
- Water
- Nutriënten
- Duurzaamheid
- Gezondheidswaarde
- Dierenwelzijn
- Langere opslag van CO<sub>2</sub>
- Terugdringen van verbruik fossiele grondstoffen
- Leveringszekerheid van energie
- Zelfvoorzienendheid Nederland/Europa

Hierbij worden de eerste twee aangegeven als minimaal (energie en geld). Generaliserend wordt opgebracht dat het misschien van belang is te kijken naar de functionele waarde van de biomassa voor een bepaalde toepassing en niet zozeer de calorische waarden.

Naast al deze opties werd ook aangegeven dat teveel indicatoren de complexiteit en transparantie van de methodiek waarschijnlijk negatief beïnvloeden.

### Mogelijke alternatieven van een keten

Voor een aantal ketens zijn er mogelijke alternatieven (bijvoorbeeld fossiele ketens die een soortgelijke product produceren of andere toepassingen die dezelfde service bieden). Worden ketens vergeleken met hun alternatief om mogelijk verbetering te identificeren of worden toepassingen onderling vergeleken?

Hoe om te gaan met toepassingen waar geen/weinig alternatieven voor bestaan?

Moet deze methodiek ook gebruikt kunnen worden voor niet-biomassa toepassingen te vergelijken met biomassa toepassingen (zoals gebruik biobrandstof versus elektrische auto's).

### Vergelijking tussen de verschillende toepassingen

Hoe wordt er omgegaan met schaafeffecten, zowel binnen een toepassing (kleine of grote fabrieken die hetzelfde product maken) als tussen toepassingen (bulkproductie ten opzichte van bv fijnchemicaliën).

Ook wordt opgebracht hoe om te gaan met meerdere producten en toepassingen die van een hectare land komen.

Hoe wordt de beste toepassing per biomassagrondstof geselecteerd en hoe wordt hierbij omgegaan met al bestaande stimuleringsmaatregelen voor bepaalde toepassingen (bijvoorbeeld voor bioenergie en voedselproductie).

## A 2 Aansluiting andere initiatieven en inbedding

Er wordt aangegeven dat het van belang is om zoveel mogelijk aansluiting te zoeken bij al bestaande of al ontwikkelde methodieken ter waardering van biomassa toepassingen. Als voorbeelden worden gegeven de door VROM ontwikkelde maatschappelijke kosten/baten analyse (alles uitgedrukt in euro's) of de door het UNFCCC opgezette LULUCF (vanuit de IPCC methodologie, waarbij nationale boekhouding voor carbon sinks opgezet is).

Voordeel van aansluiting bij andere initiatieven is dat er al draagvlak voor bestaat, het wiel niet nog een keer uitgevonden hoeft te worden en veel van deze initiatieven al langdurig onderzoek en consultaties hebben gedaan voor de ontwikkelde methodiek.

Daarnaast is het van belang om verschillende groeperingen zoals NGO en MKB om reactie of visie te vragen.

Ook moet de methodiek een level playing field voor ogen houden, niet alleen tussen de verschillende biomassatoepassingen maar ook een internationaal level playing field bijvoorbeeld met betrekking tot subsidies.

## A 3 Systeemgrenzen

Dit onderwerp kan opgesplitst worden in de volgende issues:

### Geografische grenzen van de methodiek

Er wordt aangegeven dat Nederland niet als eiland gezien kan worden, maar dat er wel uitgegaan moet worden van de sterke kanten van Nederland (zoals de haven van Rotterdam, chemische industrie, efficiënte landbouw en veestapel). Door sommige wordt de regionale optimalisatie van biomassa ook gewaardeerd, maar of het mogelijk is om de methodiek los te zien van import van biomassa blijft lastig.

### Recycling en biodegradeerbaarheid

Waardering voor recycling zou weergegeven moeten worden in de methodiek (bijvoorbeeld gebruik van oud papier in Nederlandse papierindustrie). Daarnaast is het van belang om te kijken naar het nut van biodegradeerbaarheid en waar dit voor problemen zou kunnen zorgen.

### Cascadering

Cascadering wordt gezien als een oplossing om biomassa voor meerdere toepassingen te gebruiken. De afweging tussen hoogwaardige en laagwaardige toepassingen moet meegenomen worden in het model (mogelijk kan exergie hier een aandeel in hebben). Daarnaast moet er meer gefocust worden op 'en/en' in plaats van 'of/of'.

### CO<sub>2</sub> vastlegging

CO<sub>2</sub> vastlegging is een tweeledig aspect. Ten eerste werd het issue van CCS (carbon capture and storage) opgebracht. Zouden deze CO<sub>2</sub> effecten toegerekend mogen/moeten worden aan de keten? Ten tweede zou meer vastlegging van CO<sub>2</sub> in de productie fase van de biomassa meer gestimuleerd moeten worden door de methodiek.

## A 4 Tijdsfad methodiek

Het tijdsfad dat de methodiek moet gaan beslaan is van belang voor een aantal aspecten, zoals beschikbaarheid van biomassa, nieuwe technologieën en samenhang met politieke doelstellingen.

### Beschikbaarheid en overschot

De hoeveelheid biomassa beschikbaar is nog onzeker. Nieuwe ontwikkelingen zoals tweede generatie brandstoffen, gewassen zoals jatropha en het potentieel van algen maken het onzeker of

Op kleinere schaal zijn fluctuaties in landbouw, door goede/slechte oogsten, buitenlandse vraag naar biomassa en meer/eenjarige gewassen. Het is van belang deze fluctuaties mee te nemen in de methodiek.

### Technologische ontwikkeling

Technologische ontwikkeling is een aspect waar zeker rekening meegehouden moet worden bij de ontwikkeling van de methodiek. Het zou mogelijk moeten zijn om nieuwe, innovatieve technologieën op te nemen wanneer deze commercieel beschikbaar worden en er moet ruimte zijn voor eventuele nieuwe toepassingen.

Daarnaast zou het model innovatie en efficiëntie verbetering waar mogelijk moeten stimuleren.

### CO<sub>2</sub> vastlegging

Een specifiek issue dat opkwam met betrekking tot tijdsfad van de methodiek is of langere CO<sub>2</sub> vastlegging binnen een keten (door middel van cascadering, recycling etc.) meer gewaardeerd moet worden dan kortere CO<sub>2</sub> cycli. Hoe dit weergegeven moet worden in het model (door middel van een tijdscomponent, terugrekenen over aantal jaar of geen extra waardering) is nog niet duidelijk.

### A 5 Complexiteit

Er wordt meerdere malen aangegeven, dat transparantie en het opzetten van een zo pragmatisch mogelijke methodiek van belang zijn. Complexiteit van de methodiek is ongewenst, in zoverre het mogelijk is om met een relatief 'simpele' methodiek wel de juiste conclusies te trekken. Aan de andere kant is het wel belangrijk dat de marges tot een minimum beperkt worden. Als voorbeeld wordt gegeven dat bij CO<sub>2</sub> berekeningen de marges relatief onzeker zijn waardoor er moeilijk harde uitspraken gedaan kunnen worden.

Er moet een afweging plaats vinden tussen complexiteit en volledigheid / uitgebreidheid.

### A 6 Noodzakelijke toepassingen

Van een aantal toepassingen wordt aangegeven, dat deze noodzakelijk zijn. Er kan bijvoorbeeld gedacht worden aan voedsel of warmteproductie. Moeten deze ketens concurreren met andere toepassingen van biomassa, worden deze als randvoorwaarden gezien of wordt hier op een andere manier mee om gegaan? Daarnaast wordt aangegeven, dat efficiëntie verbetering in 'noodzakelijke' ketens, zoals voedselproductie, nodig en mogelijk is. Ook wordt aangegeven, dat niet elk type biomassa voor elke toepassing gebruikt kan worden.

De exacte definitie van noodzakelijke toepassing is hierbij nog niet duidelijk.

### A 7 Mogelijke risico's

Er worden een aantal risico's geïdentificeerd bij het opzetten van een dergelijke methodiek. Vanwege de complexiteit van de materie is het van belang om tot een transparant model te komen om een goede politieke vertaling van de resultaten te garanderen. Er moet dus zorgvuldigheid zijn bij het vertalen van academische resultaten naar kort door de bocht conclusies waar mensen misbruik van kunnen maken.

Daarnaast wordt aangegeven, dat er gekeken moet worden of het model zoveel mogelijk ruwe data geeft die dan voor eigen interpretatie gebruikt kan worden.

### A 8 Resultaten Post-it sessies

Hieronder zijn de verschillende post-its zoals voortgekomen uit de workshop weergegeven. Ze zijn, waar mogelijk, ingedeeld per onderwerp.

#### 1. Praktische problemen uit eigen omgeving/veld

##### *Schaarste & efficiëntie:*

- Productie van voeding in NL kost ca. 1200 PJ terwijl we ca. 55 PJ aan verteerbare energie op ons bord behoeven. De efficiency van de voedselketen kan significant verbeterd worden door middel van bioraffinage;

- Uitgaande van schaarste zouden we kunnen beginnen van het beperken van verliezen en afval. Dus niet 'of'/of' benadering maar optimaal gebruik.

#### *Belangen & inbedding:*

- Wie gaat het systeem/methode beheren/onderhouden? Overheid, Ecofys, Algemeen platform, ministerie of zoiets?;
- Loopt Nederland in de pas met de EU? ;
- Nut voor ons: beoordelen van resource efficiency van klanten en/of product ketens. Geen prijzen maar recht toe recht aan fysieke eenheden. Ook geen weging alleen fysieke eenheden. Het gaat ons om relevante materiële stromen: energie, water, nutriënten, emissie, afval, etc.;
- Wat is de visie van de NGO's?;
- Bestaande belangen in (fossiele) wereld houden innovatie tegen. Investerings door bedrijven houden innovatie tegen;
- Waardebepaling in euro bij betere CO<sub>2</sub> emissie reductie voor biobrandstof/biomassa?;
- Creëer mechanismes om individuen/MKB/grote bedrijven aan te zetten tot onze gemeenschappelijke doelen, zoals CO<sub>2</sub> reductie, Euros verdienen, welzijn/welvaart verdeling;
- Level playing field Europa met stimulering biomassa. Er zijn enorme verschillen tussen met name Nederland en Duitsland in stimulering biomassa (biobrandstoffen, biovergisting). Dit leidt tot verslepen van biomassa van Nederland naar Duitsland. Hoe is de energie/CO<sub>2</sub> balans voor een dergelijke scheve stimulans.

#### *Zelfde services, verschillende oorsprong:*

- Transport: biobrandstof versus elektrisch. In de recente discussie over biobrandstoffen is rijden op elektriciteit als alternatief naar voren gekomen. Lijkt vanwege CO<sub>2</sub> aspecten aantrekkelijk. Heeft ook consequenties voor stimuleringsbeleid;
- Vergelijk biofuels met H<sub>2</sub> of elektriciteit voor aandrijving auto's en vrachtwagens;
- Wat is de waarde van genotmiddelen en lifestyle producten shampoo versus veevoer;
- Vergelijk biogas (CH<sub>4</sub>) met waterstof voor netgebonden aardgas toepassingen;
- Biosmeermiddelen (minder toxisch, beter biologisch afbreekbaar) versus minerale smeermiddelen. Hernieuwbaar, minder bodem en grondwaterverontreiniging. FB
- Wat is efficiënter, biobrandstof of elektrisch vervoer (elektriciteit duurzaam opgewekt). Hoe ga je om met observatie dat transportmiddelen (verbrandingsmotor versus elektrisch) kwalitatief verschillen.

#### *Verschillende toepassingen per bron:*

- Beoordeling bijdrage van een activiteit aan CO<sub>2</sub> emissie reductie en aan efficiënt energiegebruik (tanken versus stoken);
- Verwerking oliezaden: wat is hoofd- en wat is bijproduct? Heeft Nederland grote oliezadenverwerking vanwege de grote vraag naar oliezadenmeel voor de grote veestapel in Nederland en omliggende landen;
- Level playing field met biopolymeren. Biopolymeren zijn een belangrijke potentiële toepassing in het gebied van chemie/materialen. Biopolymeren zouden vergeleken kunnen worden met biofuels waarvoor veel duidelijke stimuleringsmaatregelen zijn;
- Papier versus Hout voor energie & brandstoffen (2e generatie);
- Glycerine meest optimaal als brandstof voor chemicaliën, biobrandstof of elektriciteit?.



- Gebruik van eetbare oliën: Door bioenergie nauwelijks afweging voor verschillende gebruiksmogelijkheden zoals voedsel, energie, chemie of feed.

#### *Recycling:*

- Gebruik digestaat als grondstof voor materialen/chemische producten.
- Mestverbrandingsketen: Vaste pluimveemest gaat naar DEP (elektriciteit) moerdijk voor x euro (contracten voor 10 jaar). Nu trekt Duitsland aan dezelfde biomassa omdat 'SDE' vergoeding voor vergisters beter is dus we concurreren met Duitse SDE regeling. Level playing field subsidies.
- Hoe neem je gerecyclede biobased producten mee? Case Hoe kom je tot een eerlijke vergelijking tussen verse vezels uit hout en gerecycled papier als grondstof voor papier;
- Waar leg je de grenzen van het systeem? Papierindustrie in NL recyclet veel (ca 80%) is tot nu toe in LCA's niet beloond.

#### *Cascadering:*

- Economisch hoogwaardige agrostromen worden 'laagwaardig' ingezet door subsidiering van deze laagwaardige toepassingen;
- Warmte uit houtpellets: grote vraag naar warmte, restmateriaal te gebruiken maar exergetisch laag;
- We denken in het westen sterk 'of'/'of' en niet 'en'/'en'. Geef voorbeelden voor twee of drie sectoren elkaars problemen kunnen verminderen. Of nodig bedrijven uit verschillende sectoren uit dit te doen.

#### *Overig:*

- Jatropha produceert niet op marginale gronden (als wonderplant) want heeft water, vruchtbare gronden en inputs (bemesting, beschermingsmiddelen) nodig;
- Ondoordachte promotie van gebruik 'zeeplanten' als biomassa voor energie (zeeën zijn niet bepaald rijk aan nutriënten bijv.);
- Level playing field subsidies: Vergisting: Coproducten en biomassa (vaste mest) gaan naar Duitsland omdat daar beter 'SDE' is. Digestaat als meststof toegediend kan worden door soepelere interpretatie van mestwetgeving (nitraatrichtlijn) -> gevolg mineralen en organische stof verdwijnt uit Nederland en onze landbouw moet dit compenseren met kunstmest (is ook energie);
- 1e, 2e, 3e generatie biofuels. Zoals uit Case 1 blijkt, blijft optimaal gebruik van bijproducten en teeltmaatregelen e.d. de eerste generatie een goede CO<sub>2</sub> balans op te leveren. Het is goed om dit eens te vergelijken met huidig inzicht in 2e en 3e generatie;
- Verbranden van bagasse om elektriciteit te maken (inefficiënt) wordt door de CO<sub>2</sub> tool bevorderd, terwijl we dat bagasse ook hoger kunnen inzetten;
- Food or feed or fuel or feedstock? Kan uit oogpunt van resource efficiency.

## **2. Methodologische issues**

#### *Recycling en biodegradeerbaarheid:*

- Einddoel/bestemming: Tuinmeubelen van bioplastics versus wegwerpbestek van fossiele plastic;
- Recycling en energiebeslag ketens (& efficiency);
- Functionaliteit/ effect op rest van keten. Bv fossiel plastic versus bioplastic. Wat als fossiel plastic zorgt voor bijv. langere houdbaarheid van het verpakte product? AW
- Discussie over nut of onzin van biodegradeerbaarheid.

*Onderlinge vergelijking:*

- Keuze relevante grootheden is cruciaal daarvoor moet men het eens zijn. Liever te veel dan te weinig;
- We kijken te veel naar de calorische van biomassa en niet naar de functionele waarde die ver boven de calorische input en kapitaal input kan liggen;
- Hoe meet je materiaal en energie op een vergelijkbare wijze (exergie);
- Functionaliteit en grenzen aan toepassing. Integratie en competitie van ketens.

*Aansluiten bestaande inzichten:*

- CO<sub>2</sub> (GHG) balansen moeten een mondiale dimensie hebben! De lucht ken geen nationale grenzen -> Dus indirecte effecten moeten worden meegenomen in de analyses;
- Zorg voor benutting kennis bij afvalscheiding;
- Gebruik nationaal afgesproken methoden om milieueffecten en gezondheidseffecten om te rekenen naar euro's (Maatschappelijke kosten/baten analysemethode VROM);
- Gebruik wel zoveel mogelijk bestaande databases en procedures voor zover deze oké zijn;
- Begin bij bestaande (internationaal afgestemde) methodieken. IPCC heeft methoden voor berekening emissies aan 'partijen' en koolstof boekhouding (LULUCF) voor 'partijen'.

*Niet alleen CO<sub>2</sub> als indicator:*

- Te veel aandacht voor landgebruik (Dus is goed/prima). Eveneens vergelijken beslag op water en nutriënten (m.n. fosfor);
- Economie/CO<sub>2</sub> schommelt teveel vooral door politieke besluiten en conjunctuur. Hoe is dat in methode onder te brengen?;
- Hoe om te gaan met biodiversiteit als 'keuzes' gemaakt worden? Primair blijft kostenefficiënt landgebruik dat uitgaat van duurzame landbouw;
- Bij gebruik/promotie van 'marginale' gebieden voor biomassaproductie graag ook totale input pakket meenemen (water, nutriënten);
- Niet alleen CO<sub>2</sub> is belangrijk ook: gezondheid, biodiversiteit, voorzieningszekerheid en werkgelegenheid;
- Hoe gezondheid uit te drukken in een waarde (euro). Dit kan niet in CO<sub>2</sub>;
- Economische waarde wordt vooral beïnvloed door politieke besluiten (milieueisen, subsidies, verplichtingen). Allerbelangrijkste factoren naast 'normale' marktfactoren;
- Zorg dat model openstaat voor ontwikkeling van criteria. Nu is CO<sub>2</sub> in de aandacht. Let ook op bijv. methaan, uitstoot, NOx etc.;
- We kunnen moeilijk koeien en paarden vergelijken vanuit de verschillende belangen. Overheid zou duidelijk moeten aangeven wat de hoofddoelen zijn voor lange termijn. Is CO<sub>2</sub> emissie reductie belangrijk om zelf te doen of afkopen? Is elektriciteitsleveringszekerheid belangrijk? Is voortbestaan van haven van Rotterdam belangrijk? Is voortbestaan van grote bedrijven belangrijk? Is er een prioriteit of hiërarchie?;
- Vergelijk in voorstel: CO<sub>2</sub> reductie, euro, energie en Cramer criteria (EU duurzaamheidscriteria).

*Beschikbaarheid en overschot:*

- Beschikbaarheid biomassa voor bemesting en organische stof voorziening. Nu trekt energie, composteerd, export en feed/food. De markt trekt aan biomassa maar is dit de gewenste toepassing;
- Houd rekening met de situatie in Nederland. Zo zijn wij als papier/kartonindustrie op oud papier terecht gekomen;
- Hoe omgaan met de dynamiek in productiehoeveelheden van biomassa -> tekorten en overschotten;
- Hoe gaan we om met het feit dat materiaal meer dan voldoende beschikbaar kan zijn voor meest efficiënte toepassing (bijv. glycerine als chemicaliën). Hebben we marktanalyses nodig (hoeveel materiaal, hoeveel nodig per toepassing?)?

*Technologische ontwikkeling:*

- Hoe gaan we om met tijdshorizon/technologische ontwikkeling? Bijv. uitkomst is dat stro of houtafval meest efficiënt is in te zetten als biobrandstof, echter technologie is nog niet commercieel. Gooien we optie dan overboord? Nemen we hem volledig mee? Of iets 'ertussenin'?
- Referenties: Is de vraag naar producten in de toekomst leiden? Of huidige; markt volumes? Bijv. elektrische auto's versus biofuels, aardgasinfrastructuur versus kachel structuur, all-electric versus warmtenetten;
- In hoeverre hou je rekening met de uitzichten op innovatie in een keten die in de toekomst tot betere resultaten kunnen leiden?

*Maak 't niet te moeilijk:*

- Hoe houden we het simpel (LCA's over meerdere kentallen wordt voor niet-deskundigen onnavolgbaar);
- Systeemgrens wordt te groot/alles heeft met alles te maken;
- Vergelijking zo eenvoudig en transparant mogelijk houden. Het al complex om een grootte over een keten goed te bepalen. Als je die hebt dan de waarde vergelijken dus waarde van product of keten A met producten/keten B.

*Noodzakelijk eerst te vervullen:*

- Wat zijn 'noodzakelijke' biomassa toepassingen? Hoe definieer je noodzakelijk (ethische aspecten);
- Voedselproductie: Er is geen echt alternatief voor voedselproductie. Lijkt me een verbreding van de vraagstelling die het te breed maakt. Bij deze keten spelen andere vraagstukken, zoals eiwitvervangers/vlees, intensivering of areaaluitbreiding;
- Hoe voedsel/energie/materialen te veranderen. Aan alle drie heeft de mens behoefte. Heel extreem voorbeeld: wel voedsel, maar geen verwarming. Bij vorst -> vries je dood. Methodologie moet rekening houden met voorziening in alle behoeften.

*CO<sub>2</sub> vastlegging:*

- Recycling en vastlegging koolstof;
- Moeten we niet veel meer CO<sub>2</sub> vastlegging (biomassagroei) stimuleren dan CO<sub>2</sub> emissie reductie (vervanging van fossiel)?;
- Mag er bij CO<sub>2</sub> uitstoot rekening gehouden worden met het mogelijke gebruik van CCS?;

- Meenemen van CO<sub>2</sub> in opslag van product;
- Zorg dat er ook gekeken wordt naar behoud van CO<sub>2</sub>-opslag-capaciteit. Waardering van behoud van bos etc.

*Overig:*

- In de markt is mate van verandering en aantal actoren dat moet veranderen van grote (negatieve) invloed. Biomassa scoort hier juist erg goed. Hoe maak je dit zichtbaar?;
- Level playing field: beleid (zie mineralenbeleid -> nitraatrichtlijn); subsidies (stimulering nu verdwijnt biomassa en mineralen naar bv Duitsland). Ton
- Kleine fabrieken ten opzichte van grote fabrieken;
- Hoe vergelijk je grote en kleine volumes voor toepassing van biomassa (bv fijnchemicalien <-> warmte);
- Vervanging, hoeveel kost (energie, CO<sub>2</sub> etc.) het alternatief?;
- Bewuste keuze en uitwisseling: bijv. makkelijk afbreekbare en degradeerbare lignocellulose biomassa -> energie, moeilijk af te breken lignocellulose voor duurzame producten;
- Toegevoegde waarde en werkgelegenheid (verbranding versus hoogwaardig product);
- Toepassen CO<sub>2</sub> emissie reductie tool op landgebruik voor voedsel (als er geen sprake is van positieve effecten ten aanzien van land use change);
- Afval uit voedingsmiddelen industrie vergisten leidt tot vergroting mestafzet probleem;
- GHG emissie getallen bij biomassa productie zijn zeer onzeker. Probeer marges helder aan te geven;
- Wat is land use en hoe daarmee om te gaan. Bv een hectare levert een gewas waarvan meerdere producten worden gemaakt voor meerdere toepassingen -> energiegewassen of voedselgewassen bestaan niet/foute terminologie. Met name bij eenjarige gewassen wisselt de boer het geteelde gewas per jaar.

**A 9 Deelnemers**

Johan Wempe	Platform Groen Gas
Remco Hoogma	SenterNovem
Daan Dijk	Rabobank
Frank Bergmans	MVO
Helma Kip	Essent
Ton van Korven	ZLTO
Gerrit Jan Koopman	Nederlandse Papier- en kartonfabrieken
John Neeft	SenterNovem/Ministerie van Vrom
Peter Besseling	Ministerie van LNV
Prem Bindraban	Wageningen
Jip Lenstra	ECN
Piet van den Ouden	Argos
Iwan Hoekjan	Ministerie van Financiën DV/AVM
Anita Westenbroek	Kenniscentrum papier en karton
<b>Opdrachtgever</b>	
Kees Kwant	SenterNovem
Johan Sanders	Wageningen UR
<b>Project Team</b>	
Carlo Hamelinck	Ecofys
Ernst Worrell	Ecofys
Marc Marsidi	Ecofys
Michèle Koper	Ecofys

## APPENDIX B

### Verslag tweede workshop (4 maart 2009)

#### B 1 Overzicht

- Opening door Johan Sanders
- Presentatie van de vergelijkingsmethodiek door Carlo Hamelinck
- Inventarisatie van discussievragen
- Discussie over vier geselecteerde vragen
- Vervolgstappen

#### B 2 Presentatie Carlo Hamelinck

De presentatie van Carlo Hamelinck geeft een overzicht van de vergelijkingsmethodiek tot nu toe.

Belangrijkste opmerkingen:

- Er moet veel beter gelet worden op de zorgvuldigheid bij het formuleren van argumenten voor het ontwikkelen van de methodiek;
- Gebruik meer voorbeelden van buiten de energiesector;
- De duurzaamheidsaspecten van biomassaproductie (het begin van de keten) moeten niet opnieuw uitgewerkt worden in deze methodiek, maar wel als stoplicht criteria gebruikt worden;
- Er moeten meer voorbeelden uitgewerkt worden zodat de werking van de methodiek gedemonstreerd kan worden;
- De methodiek moet niet te complex zijn – anderzijds zijn de wensen van de stakeholdergroep zeer divers;
- Methodiek moet flexibel zijn en tegelijkertijd stabiel om zekerheid in markt te scheppen;
- Er moet zorgvuldig omgegaan worden met de resultaten uit de methodiek zodat deze niet tot 'te snelle' conclusies of misinterpretaties leiden.

#### B 3 Discussiepunten

Inventarisatie discussievragen:

- Hoe omgaan met noodzakelijke functies;
- Waarom uitdrukken per hectare;
- Hoe omgaan met verschillende hectares;
- Hoe voorkomen dat er monoculturen ontstaan;
- Hoe wordt cascadering ingevuld;
- Hoe wordt het alternatief/referentie vastgesteld;
- Hoe vindt vergelijking en afweging tussen verschillende biobased producten van dezelfde grondstof plaats;
- Is duurzaamheid nu wel of niet een onderdeel van de methodiek;
- Hoe worden weegfactoren voor de verschillende indicatoren bepaald;
- Wat wordt er verwacht van de methodiek;
- Wat is realistisch haalbaar om te doen binnen deze methodiek;
- Samenstelling biomassa meenemen;

- Kringloop in plaats van ketens;
- Recycling;
- Raffinage;
- Meer overlaten aan marktwerking.

De volgende vier issues zijn in de discussieronden van 20 minuten aan de orde gesteld:

- 1 Wie gaat er wat met de resultaten van de methodiek doen?
- 2 Hoe wordt er omgegaan met cascadering, recycling en raffinage?
- 3 Hoe wordt de referentie/alternatieve keten bepaald?
- 4 Wat zouden mogelijk heel andere methodes zijn om dit probleem aan te pakken?

#### Ad 1.

In principe is de uiteindelijke toepassing van de methodiek geen onderdeel van deze "aanzet tot vergelijkingsmethodiek". Weging op meerdere factoren dan alleen CO<sub>2</sub> is nodig. De methodiek kan meerdere toepassingen dienen, waaronder bewustwording als een belangrijke genoemd wordt. Wel moet er met veel zorg omgegaan worden met de toepassingen, berekeningen en publicaties, om verkeerde interpretaties van beleidsmakers en publiek te voorkomen.

#### Ad 2.

Recycling, cascadering en raffinage zijn drie verschillende begrippen die meegenomen moeten worden in de opzet van de methodiek. Er moet goed gelet worden op het voorkomen van 'rare' uitkomsten (zoals bij het voorbeeld van verpakkingsbelasting). Bij cascadering moet in principe het laatste product uit de cascade het voordeel van cascadering moet krijgen. De markt kan dit voordeel stroomopwaarts verdelen naar producten die gemakkelijker gecascadeerd kunnen worden.

Recycling is eigenlijk een herhaling van cascadering naar hetzelfde product. Zowel cascadering als recycling zullen in de rapportage beter worden uitgewerkt.

Bij raffinage wordt voor ieder product afzonderlijk de impact bepaald. Alle bijproducten "dragen een deel van de milieulast weg" zoals gangbaar in LCA.

#### Ad 3.

Het alternatief moet vastgesteld worden op het moment van toepassen en dan op basis van 'merit order' (het duurste product uit de markt wordt eerst vervangen). Hierbij moet wel een oplossing gevonden worden voor externalities en prijsschommelingen (eventueel een soort langtijd gemiddelde). Het feit dat je dan wel veel van de markt moet weten maakt het complex. Wij stellen voor dat de beheerder van het systeem alternatieven dient vast te stellen voor de meest gangbare ketens.

#### Ad 4.

De voorgestelde methodiek rekent de score of impact uit van eindproducten, op basis van afzonderlijke stappen in een aanvoerketen.

Eén alternatieve methode die aangestipt is in de presentatie, is gebaseerd op de volledige

internalisering van milieueffecten<sup>32</sup> in de kosten van individuele stappen in de keten. Een voordeel is dat de actor die verantwoordelijk voor een bepaald milieueffect direct kan worden aangesproken, en inzicht in de totale ketens niet relevant is. Een nadeel is dat het nauwelijks mogelijk is om vanuit Nederland actoren aan te spreken op effecten op wereldschaal (Energie, klimaat) of in Nederland (macro-economisch).

Sommige externe effecten worden sowieso in toenemende mate geïnternaliseerd, doordat er wereldwijde wetgeving op ontstaat. Zodra een effect voldoende wordt gewaarborgd door internationale regels, is het niet meer nodig om deze als criterium in de methodiek op te nemen.

#### B 4 Vervolgstappen

Ecofys zal binnen drie weken na de bijeenkomst van 4 maart, een nieuwe versie van de vergelijkingsmethodiek aan de stakeholders sturen.

Ecofys werkt met de stakeholders enkele principiële voorbeelden uit om de methodiek te demonstreren en te testen.

Kees Kwant stelt voor om met de stakeholdergroep nog één keer in detail naar de methodiek te kijken als deze volledig uitgewerkt is.

#### B 5 Deelnemers

Aanwezig:

Johan Wempe	Platform Groen Gas
Frank Bergmans	MVO
Helma Kip	Essent
Ton van Korven	ZLTO
Piet van den Ouden	Argos
Anita Westenbroek	Kenniscentrum papier en karton
Wolter Elbersen	WUR
Jaap Kiel	ECN
Cornelis Mijnders	Ministerie van LNV
<b>Opdrachtgever</b>	
Kees Kwant	SenterNovem
Johan Sanders	Wageningen UR
<b>Project Team</b>	
Carlo Hamelinck	Ecofys
Marc Marsidi	Ecofys
Michèle Koper	Ecofys

32 De milieupact van een activiteit of een process kan direct beboet of belast worden, hetgeen de productiekosten beïnvloedt en daarmee de aantrekkelijkheid van de activiteit voor de volgende speler in de aanvoerketen. Concreet voorbeelden hiervan zijn belasting op CO<sub>2</sub> emissie of op energiegebruik en het beboeten van vervuilde emissies.



## Afgemeld:

Remco Hoogma	SenterNovem
Daan Dijk	Rabobank
Gerrit Jan Koopman	Nederlandse Papier- en kartonfabrieken
John Neeft	SenterNovem/Ministerie van Vrom
Ed Buddenbaum	Ministerie van EZ
Prem Bindraban	Wageningen
Ewald Breunesse	Shell
Iwan Hoekjan	Ministerie van Financien DV/AVM
Jip Lenstra	ECN
Anton Spierings	VNPI
Gerald van Engelen	Cosun
Ernst Worrell	Ecofys

## APPENDIX C

### Literatuuroverzicht

Eerdere studies die een vergelijking maken tussen biomassaketens voor materialen, energie of voor andere toepassingen:

- Patel et al. (1999) – Een vergelijking tussen de route van plantaardige olie voor surfactanten tegenover biomassa voor transportbrandstof. De inzet van biomassa als grondstof voor surfactanten is gunstiger op basis van CO<sub>2</sub> en andere broeikasgassen, behalve CH<sub>4</sub>;
- Dornburg et al. (2004) – Onderzoek tussen biopolymeren en biomassa voor energietoepassingen. Concluderen dat in algemeen productie van biopolymeren minder CO<sub>2</sub> reductie plaatsvindt dan bij gebruik van biomassa voor energie. Echter, bij gebruik van residuen tijdens biopolymeer productie voor bio-energie is de vermindering in CO<sub>2</sub> emissie ongeveer evenredig met de bio-energie keten;
- Eforwood – Europees project dat bestaat uit verschillende modules die gericht zijn op verschaffen van inzicht over de biomassa ketens gebaseerd op hout. Het project werkt samen op Europees niveau met partners uit alle onderdelen van de biomassa keten (houders van bossen, kap bedrijven, eindtoepassingen etc.). Verder heeft het project een brede aanpak doordat het ingaat op de effecten van beleid op de biomassaketens en daardoor op de economie, biodiversiteit, en milieu impact;
- Platform Groene Grondstoffen (2006) – Onderzoekt voor een vaste set aan biomassa-toepassingen voor verschillende scenario hoeveel reductie voor een bepaalde indicator kan worden bereikt. De scenarios bestaan uit verschillende combinaties van randvoorwaarden. Binnen een scenario wordt geoptimaliseerd naar een bepaalde factor zoals bijvoorbeeld minimaal landgebruik voor biomassa productie, minimale fossiele energie gebruik of minimale investeringen voor conversieprocessen;
- Gielen et al. (1998) – Kijkt naar de reductiekosten van biomassatoepassingen. Hierbij gingen zij echter wel vanuit dat er voldoende biomassa is voor alle verschillende toepassingen. Er wordt geen aandacht besteed aan welke toepassing het beste is, enkel hoeveel emissiereductie plaatsvindt bij bepaalde CO<sub>2</sub> belasting en wat de kosten hiervan zijn.

Dit rapport is opgesteld in opdracht van het Platform Groene Grondstoffen, EnergieTransitie. Het aan dit rapport ten grondslag liggende onderzoek is uitgevoerd door Ecofys Netherlands B.V.

*Auteurs*

Carlo Hamelinck

Michèle Koper

Marc Marsidi

Ecofys Netherlands B.V.

juli 2009

PBIONL082994 / © Ecofys 2009

Platform Groene Grondstoffen

*Disclaimer*

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is samengesteld, kan de opdrachtgever, noch de auteur aansprakelijkheid aanvaarden voor eventuele fouten. Aan deze publicatie kunnen geen rechten worden ontleend. Overname en publicatie van informatie uit dit rapport is toegestaan, mits met bronvermelding.

### **EnergieTransitie - Creatieve Energie**

Bedrijfsleven, overheid, kennisinstellingen en maatschappelijke organisaties zetten zich gezamenlijk in om ervoor te zorgen dat de energievoorziening in 2050 duurzaam is. Energie is dan schoon, voor iedereen betaalbaar en wordt continu geleverd. EnergieTransitie vraagt én geeft Creatieve Energie.

### **Contactgegevens**

EnergieTransitie  
Platform Groene Grondstoffen  
Postbus 17  
6130 AA Sittard  
[e groengrondstoffen@senternovem.nl](mailto:egroengrondstoffen@senternovem.nl)