

Groene chemische
grondstoffen, potentieel in de
EU en duurzaamheidsaspecten

Ondersteuning van de Subcommissie
Biochemie van de Commissie Corbey

Rapport
Delft, oktober 2012

Opgesteld door:
H.J. (Harry) Croezen
G.C. (Geert) Bergsma



Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

H.J. (Harry) Croezen, G.C. (Geert) Bergsma

Groene chemische grondstoffen, potentieel in de EU en duurzaamheidsaspecten

Ondersteuning van de Subcommissie Biochemie van de Commissie Corbey

Delft, CE Delft, september 2012

Publicatienummer: 12.2752.53

Opdrachtgever: Agentschap NL

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Geert Bergsma.

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft is een onafhankelijk onderzoeks- en adviesbureau, gespecialiseerd in het ontwikkelen van structurele en innovatieve oplossingen van milieuvraagstukken.

Kenmerken van CE-oplossingen zijn: beleidsmatig haalbaar, technisch onderbouwd, economisch verstandig maar ook maatschappelijk rechtvaardig.



Voorwoord

Dit rapport is bedoeld als ondersteuning voor de Subcommissie Biochemie van de Commissie Corbey. Deze subcommissie gebruikt de inventarisatie in dit rapport voor haar advies over duurzaamheidscriteria voor de chemie.

Wij willen de Subcommissie Biochemie van de Commissie Corbey hartelijk danken voor het meedenken en het leveren van commentaar op eerdere versies van deze verkenning:

Ella Lammers, secretaris Commissie Corbey

Johan Sanders, WUR

Frank Bergsmans, MVO

Nelo Emerencia, VNCI

Peter Paul Schouwenberg, Essent

Rop Zoetemeyer, Purac

Danielle de Nie, IUCN

Ron Wit, SNM

Ward Morsmuller, DSM

Dit rapport betreft een snelle verkenning in een snel veranderende wereld waarin verschillende visies op de ontwikkelingen in de (bio)chemie bestaan. Middels de scenario-aanpak hebben wij geprobeerd de verschillende visies en verwachtingen af te dekken maar we zijn hier zeker niet compleet in.

Harry Croezen

Geert Bergsma





Inhoud

	Samenvatting	7
1	Inleiding	9
1.1	Biobased ambities en de behoefte aan duurzame biomassa	9
1.2	Gehanteerde benadering	9
2	Organische basischemie in de EU	11
2.1	Chemie en organische basischemie	11
2.2	Structuur en grootte van de organische chemie in Europa	11
2.3	Potentiële milieuwinst door inzet van biomassa in de chemie	15
3	Scenario's voor inzet van biomassa in de chemie	17
3.1	De toekomstige rol van biomassa in de chemie	17
3.2	Het speelveld, vier scenario's	17
4	Duurzaamheidsaspecten	23
4.1	Biobased economy en duurzaamheidscriteria	23
4.2	CO ₂ -effect en landgebruik van biobased routes in de chemie	23
4.3	Andere duurzaamheidsaspecten dan CO ₂ en landgebruik	27
4.4	Aangrijpingspunten voor duurzaamheidscriteria en reeds bestaande initiatieven	28
Bijlage A	Initiatieven biochemie	31
A.1	Bestaande en kansrijke routes	32
Bijlage B	Achtergrondtabellen	35





Samenvatting

Hoeveel biomassa kan de chemie gebruiken?

Een globale beschouwing van het gebruik van grondstoffen in de chemie laat zien dat de Europese chemie ongeveer 8 EJ fossiele grondstoffen per jaar gebruikt. Hiervan wordt 4,8 EJ gebruikt als grondstof voor verdere verwerking en 3,2 EJ als energiebron.

Als, zoals regelmatig wordt voorspeld, de chemie voor 25% biobased zou worden dan betekent dit grofweg een vraag van 2 EJ aan biomassa per jaar. Als biomassa voor elektriciteit buiten beschouwing wordt gelaten dan gaat het om 1,6 EJ per jaar.

In de NREAP's is door de lidstaten van de EU voorzien dat in 2020 1,3 EJ biomassa gebruikt zal worden voor biofuels. Daarnaast mikken deze landen in Europa op 5,1 EJ biomassa voor elektriciteit, gas en warmte.

Geconcludeerd kan worden dat een doelstelling van 25% biomassatoepassing (inclusief elektriciteitsvraag) in de chemie overeenkomt met ongeveer 1,5 maal de hoeveelheid biomassa die nu wordt geprognotiseerd voor biofuels voor transport in 2020 in Europa (een aandeel van circa 10% in de transport-energievraag).

Scenario's voor de biobased economy

Niemand kan voorspellen hoe een biobased economy zich gaat ontwikkelen. Daarom zijn in deze verkenning een aantal scenario's bekeken die denkbaar zijn als ontwikkelingsrichting:

- het inzetten van biomassa in bestaande installaties;
- biomassa via nieuwe routes omzetten tot bestaande chemische stoffen;
- het gebruik van biomassa als energiedrager;
- het inzetten van biomassa in innovatieve routes en alternatieve producten.

Overheidsbeleid, importheffingen, prijsontwikkelingen van gewassen en biomassa en technische ontwikkelingen zijn allemaal van invloed op welke kant de biobased economy zich zal ontwikkelen.

Soorten biomassastromen die de chemie zou kunnen gebruiken

De soorten biomassa die de chemie gaat vragen overlappen sterk met de biomassa waar de biotransportbrandstoffen, de bio-elektriciteit en biowarmte nu al gebruik van maken. De focus is echter afhankelijk van de scenario's die hierboven genoemd zijn. De focus van de chemie in die vier scenario's is weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1 Grondstoffen voor de biochemie per scenario

Scenario	Grondstoffen
Biomassa in bestaande installaties	Suikers en oliën, zoals ook gebruikt worden voor biotransportbrandstoffen
Aansluiten op bestaande chemie met nieuwe routes	Houtige biomassa, vergelijkbaar met de vraag voor bio-elektriciteit
Biomassa als energiedrager	Houtige biomassa, vergelijkbaar met de vraag voor bio-elektriciteit
Innovatieve routes en alternatieve producten	Suikers en oliën, specifieke teelt van nieuwe gewassen en houtige biomassa



Conclusie is dat de chemie voor een groot deel dezelfde grondstoffen kan gaan gebruiken als nu wordt gevraagd voor biofuels, bio-elektriciteit en biowarmte. Voor het scenario 'innovatieve routes en alternative producten' kan er vraag ontstaan naar andere gewassen zoals bijvoorbeeld bepaalde typen eiwitgewassen.

Biochemie versus biofuels of bio-elektriciteit

De biochemie bestaat uit een groot aantal mogelijke ketens met verschillende kenmerken. Globaal gezien kan uit eerder onderzoek worden gedistilleerd dat, vergeleken met de inzet voor transport en elektriciteit, de inzet van biomassa voor chemie:

- vaak minder overheidssteun dan inzet in transport en elektriciteit vergt en deels ook al rendabel is zonder subsidie;
- meestal een hogere CO₂-reductie per kg biomassa/hectare geeft dan inzet in de biofuelsector;
- naast voordeel op klimaat en energie ook regelmatig een voordeel op andere milieuaspecten als toxiciteit en afvalverwerking geeft.

Duurzaamheidsaspecten gelinkt aan biochemie

Duurzaamheidsaspecten gelinkt aan biochemieketens zijn sterk vergelijkbaar met de duurzaamheidsaspecten die eerder gesignaleerd zijn voor biotransportbrandstoffen en bio-elektriciteit omdat het grotendeels om vergelijkbare grondstoffen gaat. De criteriasets die hiervoor ontwikkeld zijn zouden ook voor biochemieketens gehanteerd kunnen worden.

Er zijn hierop twee uitzonderingen:

- Een aantal biochemieketens die gebruik maken van voedselgewassen bestaan al decennia zonder overheidssubsidie naast de voedselproductie. Het is zeer de vraag of voor deze ketens eisen in de vorm van 'geen concurrentie met voedsel of vergelijkbaar' gesteld moeten/kunnen worden.
- Voor de reeds bestaande, niet gesubsidieerde, ketens is het ook de vraag of er een CO₂-reductie-eis ten opzichte van fossiel gesteld zou moeten worden (voor nieuwe als 'groen' gepresenteerde opties is het natuurlijk wel zinvol).



1 Inleiding

1.1 Biobased ambities en de behoefte aan duurzame biomassa

Gebruik van biomassa in de chemische industrie staat momenteel sterk in de aandacht als een mogelijk nieuwe manier om onze economie zowel qua milieubelasting als qua toegevoegde economische waarde te verduurzamen.

Biomassa kan naast toepassing in de chemie ook gebruikt worden als grondstof voor elektriciteit, warmte, gas en transportbrandstof. Overheden in de EU stimuleren deze toepassingen middels subsidies en verplichtingen. Gebruik in de chemie wordt echter niet gestimuleerd met subsidies en verplichtingen.

In deze door de overheid gestimuleerde sectoren is er steeds meer sprake van het invoeren van duurzaamheidscriteria voor biomassa.

Voor de chemie speelt daarmee ten eerste de vraag in hoeverre concurrentie (om grondstoffen) met andere sectoren zal plaatsvinden. Verder speelt de vraag of er ook duurzaamheidscriteria voor inzet van biomassa in de chemie zouden moeten gelden. De Commissie Corbey heeft zich voorgenomen om advies uit te brengen over de rol van biomassa in de chemie en over de mogelijkheden om duurzaamheid van de toegepaste biomassa te verankeren.

CE Delft ondersteunt de Subcommissie Biochemie van de Commissie Corbey bij het uitwerken van dit advies door het verzamelen en structureren van informatie over deze onderwerpen. Doel van de werkzaamheden van CE Delft is inzicht geven in:

- de mogelijkheden (gevat in scenario's) voor toepassing van biomassa in plaats van grondstoffen van fossiele oorsprong in de chemische industrie in Europa;
- de soorten en de hoeveelheden biomassa die de chemie zou kunnen gaan gebruiken, vergeleken met de plannen voor biofuels voor transport en biomassa voor elektriciteit en warmte;
- een indicatieve vergelijking van toepassing van biomassa in de chemie versus toepassing in andere sectoren;
- duurzaamheidsaspecten die spelen bij het toepassen van biomassa in de chemie.

In deze rapportage is een overzicht opgenomen van informatie over deze onderwerpen.

1.2 Gehanteerde benadering

Bij het formuleren van een eerste overzicht over deze onderwerpen is de informatie vooral 'vanaf de andere kant' geformuleerd.

- Er is eerst een globaal overzicht gegeven van de huidige markt van chemische grondstoffen en producten.
- Daarna hebben we met scenario's verkend hoe het (meer) toepassen van biomassa in de chemie eruit zou kunnen zien en welke soorten biomassa daarvoor nodig zijn.
- Tot slot zijn duurzaamheidsaspecten van biochemieketens globaal verkend en zijn suggesties voor duurzaamheidscriteria gegeven.





2 Organische basischemie in de EU

2.1 Chemie en organische basischemie

De chemische industrie maakt en bewerkt grondstoffen en producten door middel van chemische veranderingen aan bestaande stoffen. Binnen deze branche vallen (onderverdeeld conform SBI-codes¹):

- 2011: vervaardiging van industriële gassen;
- 2012: vervaardiging van kleur- en verfstoffen;
- 2013: overige anorganische basischemie;
- 2014: overige organische basischemie;
- 2015: kunstmestindustrie;
- 2016: vervaardiging van kunststof in primaire vorm;
- 2017: vervaardiging van synthetische rubber in primaire vorm;
- 2020: vervaardiging van verdelgingsmiddelen en overige landbouwchemicaliën;
- 2030: vervaardiging van verf, vernis e.d., drukinkt en mastiek;
- 2040: vervaardiging van zeep, wasmiddelen, poets- en reinigingsmiddelen, parfums en cosmetica;
- 2050: vervaardiging van overige chemische producten;
- 2060: vervaardiging van synthetische en kunstmatige vezels.

Voor deze achtergrondstudie zijn vooral die sectoren van belang waarin organische chemische producten worden geproduceerd of verwerkt (2014, 2016 t/m 2060).

2.2 Structuur en grootte van de organische chemie in Europa

Biomassa is een alternatieve grondstof voor de organische basischemie en een alternatief voor de in de organische chemie gebruikte grondstoffen uit aardolieraffinage en de aardgasindustrie.

De organische basischemie is voornamelijk gebaseerd op:

- nafta en in mindere mate LPG en gasolie uit olieraffinage;
- aardgas en aardgascondensaat uit aardgasindustrie.

Deze grondstoffen worden in de petrochemie - met additieven uit de anorganische chemie - verwerkt tot een aantal intermediaire verbindingen ('intermediates'). Deze intermediates worden in de daarop aansluitende chemische productenindustrie verwerkt tot bulkgrondstoffen² en een breed spectrum aan fijnchemicaliën³ (zie Tabel 2).

¹ [http://www.kvk.nl/download/Standaard%20Bedrijfs%20Indeling%20\(SBI\)_tcm14-191363.pdf](http://www.kvk.nl/download/Standaard%20Bedrijfs%20Indeling%20(SBI)_tcm14-191363.pdf).

² Plastics, rubbers, vezels, harsen en vezels.

³ Bijvoorbeeld oplosmiddelen (bijv. ethanol, butanol, aceton), antivries, weekmakers, verf en coatings, inkt, gewasbeschermingsmiddelen, lijm.



De petrochemie is in de EU in het algemeen kleiner dan de markt voor transportbrandstoffen en andere brandstoffen:

- de Europese productie aan brandstoffen bedraagt in totaal meer dan 880 Mton;
- de productie aan *grondstoffen* voor de organische chemie bedraagt circa 155 Mton/jaar, waarvan 60 Mton/jaar voor de productie van waterstof, die grotendeels wordt gebruikt bij de productie van transportbrandstoffen.

In een aantal lidstaten zoals Nederland en België is de chemie overigens wel een grote sector waar het gebruik aan grondstoffen vergelijkbaar is met de consumptie van transportbrandstoffen.

Een indicatie van de geconsumeerde volumes van de verschillende eindproducten binnen de EU wordt gegeven in Tabel 2⁴. De indicatie voor 2020 is gebaseerd op informatie van CEFIC.

Tabel 2 Huidige chemie EU, belangrijkste producttypen

Producten	Indicatief gebruik EU (Mton/jaar)	Aandeel bio Mton/jaar		Energie-Inhoud# (GJ/ton)	Smog vorming (indicatief)##	Kostprijs (k€/ton)
		Huidig	In 2020			
Commodity plastics (PE/PP/PS/PVC)	31	0,1	0,9	75-90	X	1,3-1,6 PE 1,8-1,90 PS
PET	3			80-85	X	0,5-1,0
PUR	3			100-105	X	4,4-5,5
Engineering plastics	7			100-140		2-4
Oplosmiddelen	5	0,6	1,1		X/XXXX	0,5-1,0
Koudemiddelen	4					
(Verf, coating)	7				X/XXXX	1,5-4,5
Lijm	2	0,3				
Smeermiddelen	5	0,15	0,23			
Oppervlakte Behandelingsmiddelen	3	1,5	2,3		XXX	
Totaal	70			0		

Bron: CEFIC-website.

= Gros energy requirement is de hoeveelheid fossiele energie/grondstoffen benodigd om deze stof te maken.

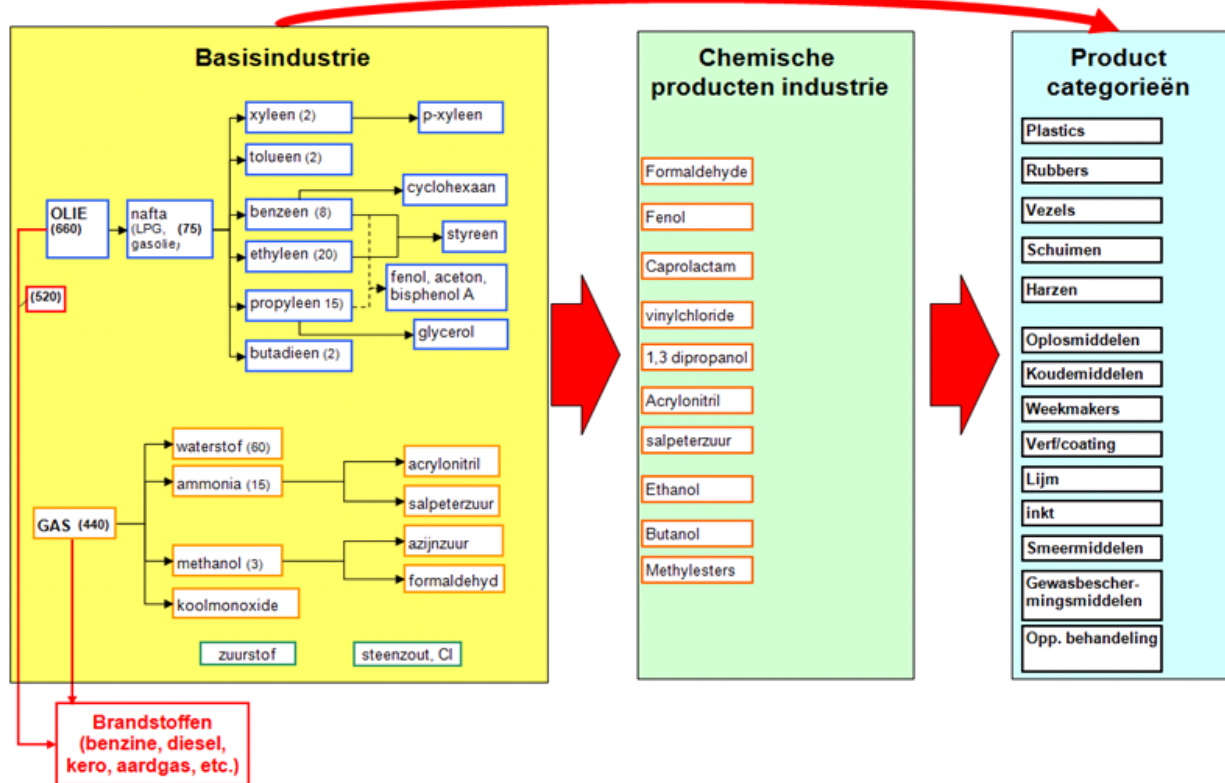
##= Aantal X-en is maat voor ernst.

Buiten de organische chemie worden steenkool en petrocokes (een bijproduct van olieraffinage) gebruikt bij de productie van staal en van bepaalde anorganische chemicaliën. De steenkool en petrocokes worden vooral toegepast als reductiemiddel in het productieproces, waarbij ze zuurstof uit de grondstof binden onder de vorming van koolmonoxide en kooldioxide.

⁴ De in Tabel 2 genoemde categorieën lopen beperkt door elkaar heen, een deel van de genoemde hoeveelheden oplosmiddelen, PUR en epoxyharsen worden toegepast in verf en coatings. Ongeveer de helft van de in de EU geconsumeerde verf is 'emulsion paint' op waterbasis.



Figuur 1 Globaal overzicht van de structuur van de petrochemie en aansluitende chemische producten industrie (getallen tussen haakjes in Mton/jaar olie-equivalenten (42 MJ/kg))



Bron: CE, 2006⁵.

Op basis van Tabel 2 is slechts een eerste indicatie van de totale fossiele input te berekenen. Als uitgegaan wordt van gemiddeld 90 GJ/ton dan gaat het om circa 6 EJ fossiele input per jaar voor de chemie waarvan ongeveer 3 EJ als grondstof (40 GJ/ton). In dit overzicht is kunstmest nog niet meegenomen.

In Tabel 2 is ook de huidige en de voor 2020 verwachte hoeveelheid bioproducten weergegeven. Op basis van biomassa geproduceerde oppervlakte-actieve stoffen en oplosmiddelen zijn afkomstig uit de oleochemische industrie en de papierindustrie (tall oil-producten). Lijmen op basis van biomassa worden geproduceerd door de oleochemie- en de zetmeel-industrie.

In het kader van de in het Europese BIOCHEM-project uitgevoerde markt-analyse (Pöyry, 2010) wordt ingeschat dat met name de op basis van biomassa geproduceerde hoeveelheden oplosmiddelen en oppervlakte-actieve stoffen autonoom sterk zullen toenemen in de komende tien jaar.

De toename in het gebruik van op basis van biomassa geproduceerde oppervlakte-actieve stoffen en oplosmiddelen hangt sterk samen met de lagere milieubelasting en toxiciteit. Daarnaast bieden de recent ontwikkelde bioproducten ook voordelen qua prijs en kwaliteit.

⁵ CE, 2006: H.J. (Harry) Croezen, G.C. (Geert) Bergsma, M.C.M. (Marjolein) Koot: Is er een vruchtbare toekomst voor groene grondstoffen in Nederland? Een evaluatie ten behoeve van het transitie management. Delft : CE Delft, 2006.



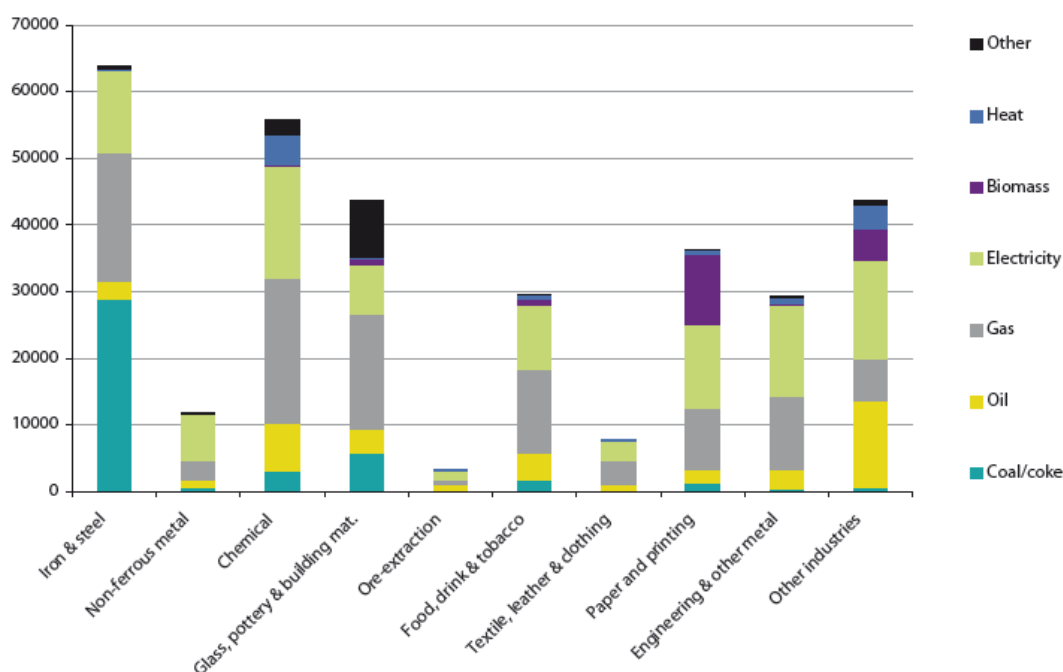
Ook bij lijmen zal het aandeel bioproducten naar verwachting van een studie van Frost and Sullivan⁶ toenemen vanwege de lagere milieubelasting in vergelijking met op basis van petrochemische grondstoffen geproduceerde lijmen. Dit is bijvoorbeeld van toepassing bij formaldehydelijmen in plaatmateriaal (spaanplaat en MDF).

Inzet van biosmeermiddelen zal licht toenemen en zal slechts een fractie van de markt betreffen. Biosmeermiddelen kunnen, technisch gezien, maximaal een marktaandeel van 90% innemen. Het belangrijkste knelpunt hier is de hogere prijs van de biosmeermiddelen.

Eurostat rapporteert 56 Mton olie-equivalenten voor de hele chemische industrie in de EU-27 (2,3 EJ). Daarin is elektriciteit ook meegenomen. Als gerekend wordt met een opwekkendement van 40%, dan gaat het om 3,2 EJ energiegebruik voor de chemie in Europa. Naast gebruik van energie om reacties te laten verlopen wordt er ook brandstof gebruikt als grondstof. Deze hoeveelheid is volgens CEFIC ongeveer 1,5 maal groter dan het gebruik voor energie-omzetting⁷, omgerekend ongeveer 4,8 EJ/jaar. Deze energie wordt vastgelegd in de vorm van de energie-inhoud van de geproduceerde chemische producten, bijvoorbeeld de stookwaarde.

Deze globale inschatting komt daarmee op circa 8 EJ gebruik van fossiele grondstoffen voor de chemie in Europa (4,8 EJ grondstoffen, 1,5 EJ brandstoffen en 1,7 EJ brandstoffen elektriciteit).

Figuur 2 Energiegebruik in de EU-27 industrie in 2006 (alle waarden in kiloton olie-equivalent)



1 ton olie-equivalent = 41,85 GJ energie-inhoud.

Bron: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-GH-09-001/EN/KS-GH-09-001-EN.PDF.

⁶ Zie <http://www.frost.com/prod/servlet/report-brochure.pag?id=D100-01-00-00-00>.

⁷ Zie: http://www.cefic.org/Global/Facts-and-figures-images/Graphs%202011/FF2011-chapters-PDF/Cefic_FF%20Rapport%202011_5_Energy.pdf; "We know from historical data that feedstock consistently accounted for 60 per cent of total energy products".



Een precieze analyse van het energiegebruik in de chemie is zeker mogelijk. Hierbij dient dan beter te worden gedefinieerd wat er tot de chemie wordt gerekend en wat tot de elektriciteitssector.

2.2.1 Hoeveelheden biomassa voor de chemie in perspectief

Om een inschatting te maken van het potentiële gebruik van biomassa in de chemie gaan we uit van de inschatting van 8 EJ gebruik van fossiele grondstoffen voor de chemie in Europa (4,8 EJ grondstoffen, 1,5 EJ brandstoffen en 1,7 EJ brandstoffen elektriciteit).

Regelmatig wordt als doel gesteld om 25% van de chemie biobased te maken. Dan zou het bij directe vervanging om 2 EJ biomassa kunnen gaan. Als het elektriciteitsverbruik niet meegenomen wordt, omdat dit onder de elektriciteitssector wordt gerekend gaat het nog om bijna 1,6 EJ.

In Europa is door de lidstaten van de EU in de NREAP's voorzien dat 1,3 EJ biomassa gebruikt zal worden voor biofuels in 2020. Daarnaast mikken deze landen in Europa op 5,1 EJ biomassa voor elektriciteit, gas en warmte.

Geconcludeerd kan worden dat een doelstelling van 30% biomassatoepassing in de chemie (inclusief de vervanging van elektriciteit) overeenkomt met ongeveer 1,5 maal de hoeveelheid biomassa die nu wordt geprognosticeerd voor biofuels voor transport in 2020 in Europa (biofuels hebben een aandeel van circa 10% in de transportenergievraag).

2.3 Potentiële milieuwinst door inzet van biomassa in de chemie

In Tabel 2 is eveneens een schatting gegeven van de milieubelasting per type conventioneel product. De milieubelasting bij de kunststoffen als PE en PP hangt voor een groot deel samen met de energie-inhoud van de grondstof (nafta) en het energiegebruik om nafta te kraken tot bouwstenen voor deze kunststoffen.

Hierbij is zichtbaar dat per ton product de cumulatieve energie-inhoud (hulpenergie en grondstof) met 75 à 140 GJ/ton duidelijk hoger is dan de cumulatieve energie-inhoud van transportbrandstoffen zoals benzine en diesel (± 50 GJ/ton). In potentie is dus meer milieuwinst te boeken als deze fossiele ketens worden vervangen door efficiënte bioketens.

Energiegebruik in de biochemie

Een groot deel van het gebruik van fossiele grondstoffen in de chemie betreft de energievraag voor conversies. Deze kan ook ingevuld worden door biomassa. Het is dan wel de vraag of dit gezien moet worden als biochemie of als bio-energie.

Een deel van het energiegebruik van de chemie kan wellicht in de toekomst voorkomen worden door nieuwe bioroutes met gefunctionaliseerde grondstoffen, omdat bepaalde processtappen dan niet meer nodig zijn.

De daaronder genoemde polymeren (PET, PUR en engineering plastics) hebben een nog hogere cumulatieve energie-inhoud. Dit hangt vooral samen met de extra energie die nodig is om in de koolwaterstoffen een stikstof- of zuurstof-atoom in te bouwen. Vooral bij koppeling met stikstof is veel energie nodig. Er is in de synthese van deze verbindingen vaak een intermediair gechlorerd product nodig en voor het leveren van de stikstof is het energie-intensieve ammoniak of HCN nodig.



Andere milieueffecten dan energie en CO₂

Bepaalde typen fijnchemische producten kunnen een grote milieubelasting per gewichtseenheid veroorzaken, maar ook bepaalde typen plastic kunnen een significante bijdrage geven vanwege de toxiciteit van de gebruikte grondstoffen. Bij de polymere producten betreft dit met name producten waarin xyleen, benzeen, pentaan, fenol, VCM, chloor en fosgeen zijn verwerkt.

Fossiele smeermiddelen zijn zeer toxisch voor grondwater. Een kilo smeermiddel kan vele honderden kubieke meter grondwater verontreinigen. De toxiciteit van gewasbeschermingsmiddelen is evident.

Voor oplosmiddelen, verven, inkten en andere niet-polymere producten is het lastig om gegevens over milieubelasting en energie-inhoud te vinden omdat weinig gegevens als LCA's beschikbaar zijn.



3 Scenario's voor inzet van biomassa in de chemie

3.1 De toekomstige rol van biomassa in de chemie

Zoals in voorgaand Hoofdstuk 2 aangestipt zijn er verschillende bestaande en in ontwikkeling zijnde routes voor de inzet van biomassa in de chemie.

Voorspellingen doen over de chemie van de toekomst, de mate waarin biomassa daarin als grondstof wordt gebruikt en welke productieroutes zullen worden toegepast zijn lastig te maken. Er zijn hierop verschillende visies die wij hebben proberen te vangen in scenario's. Daarbij kijken wij vanuit een Europese bril. In andere werelddelen waar prijzen van aardgas en ethaan soms veel lager liggen, is de discussie anders.

Welk aandeel fossiel door biomassa wordt vervangen en welke op biomassa gebaseerde routes eventueel de voorkeur krijgen, wordt door een groot aantal factoren beïnvloed, zoals:

- overheidsbeleid gericht op toxiciteit (REACH en voorgaand beleid, beleid rond vluchtige koolwaterstoffen);
- beleid gericht op CO₂-emissies van productie-installaties;
- beleid gericht op gebruik van biomassa voor elektriciteit, warmte en transport;
- de olieprijs en biomassaprijs;
- consumentenbehoeften, zoals de vraag naar 'groenere', milieu-vriendelijkere producten;
- concurrentie met niet-chemiematerialen (bijvoorbeeld plastic versus papier/karton of metalen en blik);
- kwaliteit van producten uit biomassa versus producten op basis van fossiele grondstoffen.

Er is op dit moment alleen een duidelijke trend voor oplosmiddelen en oppervlaktebehandelingsmiddelen - vanwege vluchtige koolwaterstofemissies en superieure eigenschappen - om over te stappen op producten op basis van biomassa.

Een uitgebreidere lijst van bestaande initiatieven op het gebied van biochemie is opgenomen in Tabel 9.

3.2 Het speelveld, vier scenario's

Vanwege de onvoorspelbaarheid van de ontwikkeling van de biochemie hebben we in deze beknopte studie een viertal scenario's globaal beschouwd. Per scenario is steeds in tabelvorm kort een aantal karakteristieken aangegeven:

- biomassa invoeren in bestaande installaties (installaties voor thermochemische conversie van petrochemische grondstoffen tot bestaande chemische stoffen en materialen);
- biomassa via nieuwe routes omzetten tot bestaande chemische stoffen en materialen;



- biomassa via nieuwe routes omzetten tot nieuwe chemische stoffen en materialen;
- biomassa inzetten als energiebron voor de productie van chemicaliën.

Het perspectief voor deze verkenning is Europees en gaat ervan uit dat alle scenario's in zekere mate ook economisch realistisch zijn en desnoods naast elkaar kunnen worden geïmplementeerd. Er is geen rekening gehouden met beschikbaarheid van goedkope biomassa (bijvoorbeeld ethanol uit Brazilië) of juist fossiele grondstoffen (bijvoorbeeld ethaan uit de V.S.) en de mogelijke effecten daarvan op het economische realiteitsgehalte van de verschillende routes.

Deze scenario-aanpak is opgesteld met het doel te verkennen welke grondstoffen gebruikt zouden kunnen worden door de biochemie in de toekomst en niet om deze scenario's met elkaar te vergelijken.

3.2.1 Scenario 1: Biomassa in bestaande installaties voor bestaande stoffen en materialen

Dit scenario gaat ervan uit dat gangbare halffabricaten in de chemie, zoals olefinen (etheen, propeen) en aromaten (benzeen, styreen) geproduceerd gaan worden uit suikers en oliën. Voorbeeldroutes zijn:

- productie van etheen (en propeen, butadieen) door omzetting van ethanol uit suikers/zetmeel;
- productie van olefinen en aromaten door stoomkraken van HVO, geproduceerd op basis van plantaardige en dierlijke oliën⁸.

Dit scenario is sterk afhankelijk van de prijs van ethanol en oliën. Deze prijs hangt af van of er wel of geen importheffing is en of er wel of geen beleidsverschil is tussen inzet voor transport of chemie.

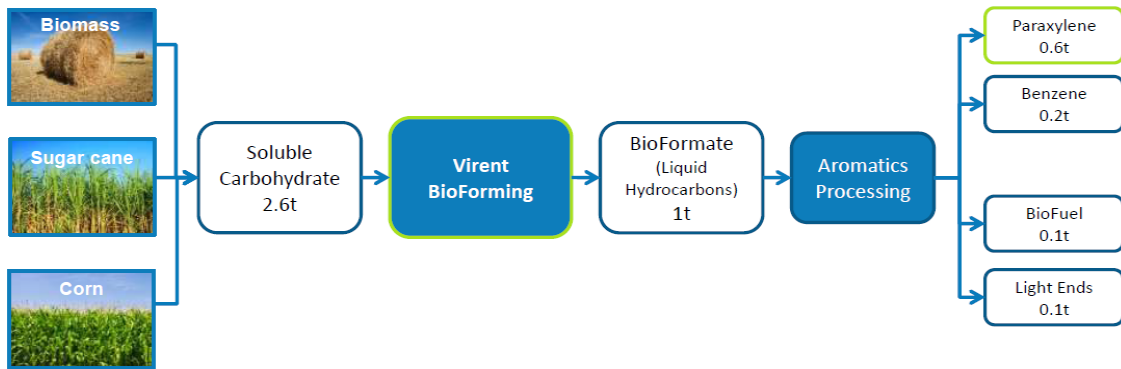
Tabel 3 Karakteristieken voor Scenario 1 - Biomassa in bestaande installaties voor bestaande stoffen en materialen

Aansluiten op bestaande chemie	
Routes	Bijvoorbeeld: <ul style="list-style-type: none"> – Etheen/propeen uit ethanol – Plantaardige oliën hydrogeneren tot HVO/gasolie en HVO verwerken in bestaande naftakraker – Nieuw: Virent's BioformPX Proces
Stand der techniek	Grotendeels volwassen technologie
Perspectief en potentieel	Via deze routes nu al groot deel bestaande chemie vergroenbaar
Unieke aspecten	Enige bekende productieroutes voor aromaten
Toe te passen biomassa	<ul style="list-style-type: none"> – Landbouwproducten (granen, plantaardige olie, suikerriet en -biet) – Gewasresten (stro/bietenblad voor ethanol, mest voor methanol)
Productopbrengst per eenheid biomassa	<ul style="list-style-type: none"> – Suikers naar etheen (kg/kg): 3,8 ÷ 1 – Plantaardige olie naar olefinen (etheen/propeen) en aromaten (kg/kg): 1,5 ÷ 1 – Suikers naar olefinen en aromaten (kg/kg): 2,6 ÷ 1

⁸ HVO = Hydrogenated Vegetable Oil. HVO is vergelijkbaar met gasolie en wordt geproduceerd bij Neste in Rotterdam.



Figuur 3 Massabalans aromaten en naftaproductie via Virent Bioforming Proces als voorbeeld



Bron: http://www.novaspect.com/education/2012/2012_Renewable_Presentations/Virent%20-%20G.%20Keenan.pdf.

Deze routes hebben als voordeel dat de geproduceerde biohalffabrikaten identiek zijn aan de halffabrikaten die ze vervangen en de biohalffabrikaten daarmee zonder verdere aanpassingen in bestaande industriële productieprocessen kunnen worden toegepast.

In feite is implementatie zelfs simpeler dan bij transportbrandstoffen:

- Ethanol en ook HVO kunnen maar in beperkte mate worden bijgemengd. Zeker bij ethanol is voor hogere bijmengpercentages een aparte infrastructuur nodig en moet het bestaande wagenpark worden vervangen door flexfuel-auto's.
- Bij inzet van ethanol en HVO in de chemie kunnen de uit deze half-fabrikaten geproduceerde stoffen (etheen, olefinen en aromaten) volledig en zonder verdere obstakels en investeringen worden gebruikt om olefinen en aromaten uit fossiele energie voor desgewenst 100% te vervangen.

3.2.2 Scenario 2: Biomassa via nieuwe routes omzetten naar bestaande stoffen en materialen

In dit scenario ligt een grote nadruk op het vergassen van hout tot syngas (CO+H₂). Uit het syngas wordt methanol geproduceerd wat vervolgens wordt omgezet in de gangbare olefinen etheen en propeen. Dit scenario is denkbaar bij een hoge prijs van ethanol (door bijvoorbeeld grote vraag uit de biobrandstoffenhoek) en een lage prijs van houtige biomassa.

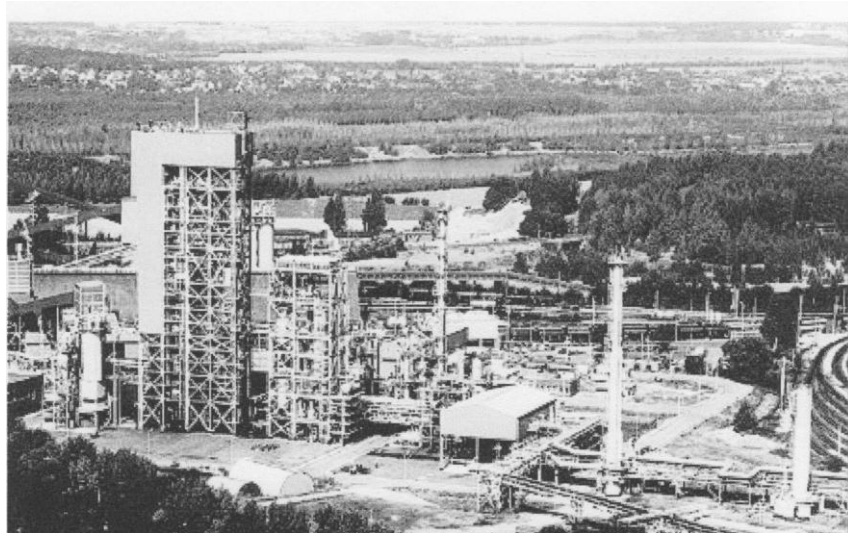
Tabel 4 Karakteristieken voor Scenario 2 - Nieuwe routes voor bestaande stoffen en materialen

Aansluiten op bestaande chemie via vergassing	
Routes	Hoofdroutes: <ul style="list-style-type: none"> – Biomassa vergassen → synthese gas omzetten in methanol olefinen → methanol omzetten in olefinen – Biomassa vergisten → biogas omzetten in methanol olefinen → methanol omzetten in olefinen
Stand der techniek	Grotendeels volwassen technologie
Perspectief en potentieel	Alleen vervanging van PE en PP
Unieke aspecten	Enige route waarin houtachtige biomassa zonder complexe voorbewerking (pulpen) kan worden ingezet voor productie van chemicaliën
Toe te passen biomassa	<ul style="list-style-type: none"> – Houtachtige biomassa – Landbouwproducten (granen, plantaardige olie, suikerriet en -biet) – Gewasresten (stro/bietenblad)
Productopbrengst per eenheid biomassa	<ul style="list-style-type: none"> – Hout naar etheen (kg/kg): 5,2 ÷ 1 – Biogas (55 vol% CH₄) naar etheen (Nm³/kg): 3,2 ÷ 1



De benodigde technologie is voor wat betreft productie van synthesesgas en productie van methanol uit synthesesgas sinds enkele decennia op commerciële schaal beschikbaar, zie bijvoorbeeld de HT Winkler vergasser in Berenrath, die al sinds 1979 operationeel is (zie Figuur 4). 'Methanol to olefins' wordt door Total ontwikkeld en is op semi-commerciële schaal gedemonstreerd.

Figuur 4 De 300 MW HT Winkler demonstratie-installatie voor biomassa en afval naar methanol in Berenrath medio jaren '80



Bron: CE, 2009⁹.

3.2.3 Scenario 3: Gebruik van biomassa als energiedrager

De chemie heeft een grote energievraag waarvoor nu voornamelijk fossiele energie wordt ingezet. Het is ook denkbaar dat juist deze energievraag wordt ingevuld met biomassa. Zeker als de overheidssubsidies wel beschikbaar blijven voor inzet van biomassa voor energie (SDE+) en niet voor inzet van biomassa als grondstof voor de chemie. Dit scenario is waarschijnlijk als de biomassaprijs voor houtige materialen substantieel lager wordt/blijft dan de prijs voor suikers en vetten.

⁹ CE, 2008: Harry Croezen, Bettina Kampman; Bio-input for oil refineries : Overview of possibilities and constraints report. Delft : CE Delft, 2008

Tabel 5 Karakteristieken voor Scenario 3 - Gebruik van biomassa als energiedrager

Biomassa als energiedrager	
Routes	Twee hoofdtoepassingen: <ul style="list-style-type: none"> - Inzet van vaste, vloeibare of gasvormige biomassa in procesfornuizen - Inzet van vaste, vloeibare of gasvormige biomassa in boilers - Vast: pellets, getorreficeerde biomassa, houtskool - Vloeibaar: plantaardige olie, pyrolyse-olie - Gasvormig: biogas, groen gas, SNG
Stand der techniek	Grotendeels volwassen technologie
Perspectief en potentieel	Maximaal 1/3 van totale fossiele energie in de chemie
Unieke aspecten	<ul style="list-style-type: none"> - In kader van RED efficiëntere inzet biomassa als meestoken in kolencentrale (zie tekstkader) - Telt mee onder ETS
Toe te passen biomassa	<ul style="list-style-type: none"> - Houtachtige biomassa - Landbouwproducten (granen, suikerriet en -biet) voor biogas - Gewasresten (stro/bietenblad) en afval
Productopbrengst per eenheid biomassa	N.v.t.

Energiegebruik onder de Renewable Energy Directive (RED)

Onder de Renewable Energy Directive is een doelstelling voor de bijdrage van duurzame energie aan het **eindgebruik** in een lidstaat gedefinieerd. Eindgebruik betreft de consumptie van elektriciteit, warmte (stoom, ondervuring, ruimteverwarming) en transportbrandstoffen.

Bij meestoken van biomassa in een kolencentrale wordt ongeveer 40% van de energie-inhoud in elektriciteit omgezet, bij productie van stoom of bij ondervuring van een procesfornuis wordt al gauw 90% van de energie-inhoud van de biomassa omgezet in nuttige energie, die meetelt onder de RED.

3.2.4 Scenario 4: Innovatieve routes en alternatieve producten

Dit scenario gaat ervan uit dat vooral nieuwe materialen en technieken zullen worden ontwikkeld die de bestaande productieroutes van chemicaliën en kunststoffen gaan vervangen.

Tabel 6 Karakteristieken voor Scenario 4 - Innovatieve routes en alternatieve producten

Innovatieve routes en alternatieve producten	
Routes	Bijvoorbeeld: <ul style="list-style-type: none"> - Suikers naar PLA - Plantaardige oliën naar nylon - Suikers naar rubber
Stand der techniek	Deels net commercieel beschikbaar, deels in ontwikkeling
Perspectief en potentieel	Op termijn een compleet palet aan producten
Unieke aspecten	Enige route waarin houtachtige biomassa zonder ingewikkelde voorbewerking kan worden ingezet voor productie van chemicaliën
Toe te passen biomassa	<ul style="list-style-type: none"> - Landbouwproducten (granen, plantaardige olie, suikerriet en -biet) - Gewasresten (stro/bietenblad) - Houtachtige biomassa - Voor isolatie van suikers, vetten, lignine, eventueel eiwitten
Productopbrengst per eenheid biomassa	Suikers naar PLA (kg/kg) - ter indicatie: 1,3 ÷ 1



De snelheid waarmee dit zou kunnen verschilt per type product:

- In de praktijk is er, zoals eerder genoemd, voor oplosmiddelen en oppervlaktebehandelingsmiddelen al een trend in deze richting (zie Pöyry, 2010).
- Voor smeermiddelen, coatings, lijmen en inkten zijn er diverse commerciële producten die door grote bedrijven als Cargill en DOW worden aangeboden, maar de vraagprijs voor deze producten lijkt nog te hoog voor een marktpenetratie zoals voor oplosmiddelen en oppervlaktebehandelingsmiddelen. Daarnaast is er voor smeermiddelen (nog?) geen algemene wetgeving die overstappen op bioproducten stimuleert. Alleen voor niches zoals gebruik van motorzagen in natuurgebieden in Zweden is er een eis om biologisch afbreekbare biosmeermiddelen te gebruiken.
- Bij lijmen voor spaanplaat en ander plaatmateriaal is er vanwege de toenemende druk vanuit beleid om formaldehyde-emissies uit plaatmateriaal te reduceren een actieve ontwikkeling om alternatieven te ontwikkelen en in te zetten.
- Voor plastics bestaan er een aantal alternatieven, maar hun marktaandeel is nog zeer beperkt en het aandeel zal de komende tien jaar naar verwachting nog niet uitgroeien tot een significant volume zoals bij oplosmiddelen.

3.2.5 Samenvatting grondstoffen voor de biochemie per scenario

Tabel 7 Samenvatting grondstoffen per scenario

Scenario	Grondstoffen
Bestaande installaties voor bestaande stoffen en materialen	Suikers en oliën, zoals die ook gevraagd worden voor biofuels
Nieuwe routes naar bestaande materialen	Houtige biomassa, vergelijkbaar met vraag voor bio-elektriciteit
Gebruik van biomassa als energiedrager	Houtige biomassa, vergelijkbaar met vraag voor bio-elektriciteit
Innovatieve routes en alternatieve producten	Suikers en oliën, specifieke teelt van nieuwe gewassen en houtige biomassa

Conclusie is dat de chemie voor een groot deel dezelfde grondstoffen kan gaan gebruiken als nu gebruikt worden voor biofuels en bio-elektriciteit en biowarmte. In het scenario met de innovatieve routes en alternatieve producten zou een breder pakket grondstoffen denkbaar zijn.



4 Duurzaamheidsaspecten

4.1 Biobased economy en duurzaamheidscriteria

Bij het produceren en toepassen van biomassa spelen diverse duurzaamheidsaspecten. In dit hoofdstuk wordt verkend welke duurzaamheidsaspecten dit zijn en of deze vergelijkbaar zijn met de aspecten die spelen bij biotransportbrandstoffen en bij bio-energie.

Om te beginnen beschouwen we eerst de aspecten CO₂ en landgebruik.

4.2 CO₂-effect en landgebruik van biobased routes in de chemie

De netto milieueffecten voor overschakelen op een biobased productieroute zullen mede afhangen van:

- de bij de bereidstelling (teelt, bewerkingen) van de grondstof optredende emissies en de consumptie van hulpstoffen (bijvoorbeeld kunstmest) en energie;
- de efficiency van het productieproces en de daarin optredende consumptie van hulpstoffen (bijvoorbeeld methanol of waterstof) en energie.

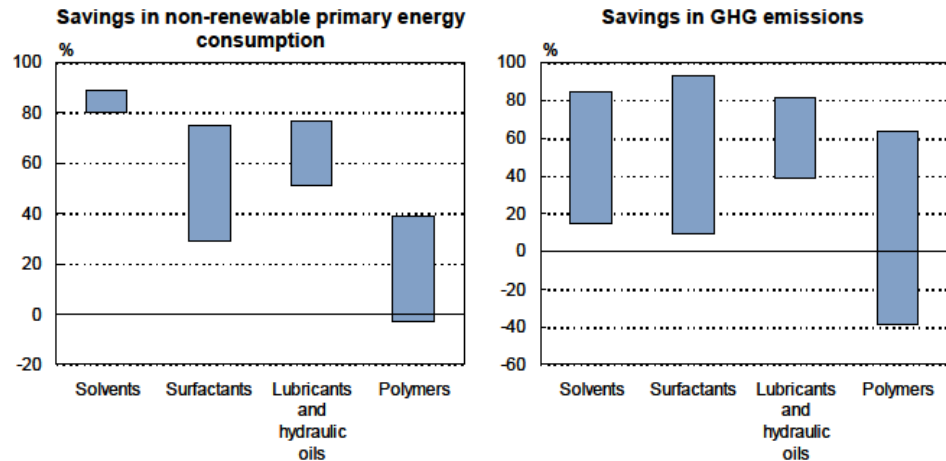
Energiegebruik in bioketens

Zoals aangegeven in Pöyry (2010) en Fraunhofer (2002) zijn de netto milieueffecten voor biobased producten in het geval van biopolymeren vaak beter, hoewel niet altijd, dan die van fossiele tegenhangers (zie Figuur 5).

Veel productieroutes voor biopolymeren zijn gebaseerd op fermentatie van suikers. Het aan fermentatie gerelateerde energiegebruik is meestal hoog. Vaak moet veel warmte worden geleverd om het proces op de benodigde temperatuur te houden. Maar daarnaast kunnen energie-intensieve voorbewerking van de biomassa, energie-intensieve reacties en hoog energiegebruik bij het isoleren van het gewenste product (bijvoorbeeld ethanol uit water) de totale milieubelasting eveneens sterk verhogen.



Figuur 5 Bereiken van energiereductie en reductie van broeikasgasemissies voor bepaalde categorieën bioproducten



Bron: Pöyry, 2010¹⁰.

Een voorbeeld:

Productie van PLA uit zetmeel kost volgens NatureWorks (Liebert, 2010)

42 GJ/ton PLA aan procesenergie bestaande uit:

- maïsteelt en malen van maïs: 4 GJ/ton;
- omzetting van maïszetmeel in dextrose middels hydrolyse: 5 GJ/ton;
- omzetting van dextrose in melkzuur middels fermentatie: 20 GJ/ton;
- omzetting van melkzuur in lactide en polymerisatie (ringvormige koolwaterstof vormen en weer openen): 13 GJ/ton.

Productie van het concurrerende PE uit aardolie vergt een procesenergie-input van 35 tot 45 GJ/ton, minder tot vergelijkbaar dus met de PLA-route. Er is een netto uitsparing van niet-hernieuwbare energie omdat ook de grondstof voor PE een niet-hernieuwbare energiedrager is.

Efficiency productieproces

De met biomassa behaalbare reductie van gebruik van niet hernieuwbare energie en broeikasgasemissies kan sterk samenhangen met de route die voor toepassing wordt gekozen en wat wordt uitgespaard.

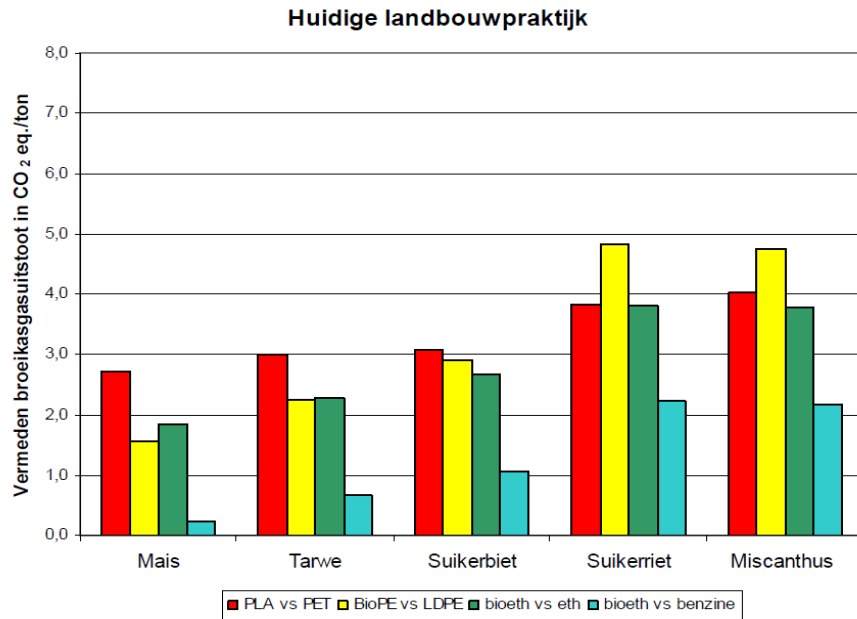
Productie van bio-etheen mag dan netto per ton etheen een vergelijkbare hoeveelheid broeikasgasemissies uitsparen als productie van PLA en vervanging van PET, maar per hectare levert PLA-productie een grotere reductie op omdat per hectare drie keer meer PLA als PE kan worden geproduceerd uit dezelfde hoeveelheid suiker.

Figuur 6 en Figuur 7 illustreren overigens ook dat gebruik van suikers voor productie van plastics meer CO₂ uitspaart dan het gebruik voor productie van transportbrandstof.

¹⁰ Pöyry, 2010: Anonymus, Biochem report D2.3 - Report on the "Assessment of the Bio-based Products Market Potential for Innovation", Pöyry Management Consulting, September 30, 2010, http://www.suschem-es.org/docum/pb/proyectos/BIOCH_BIOCHEM_T2_3_300910.pdf.

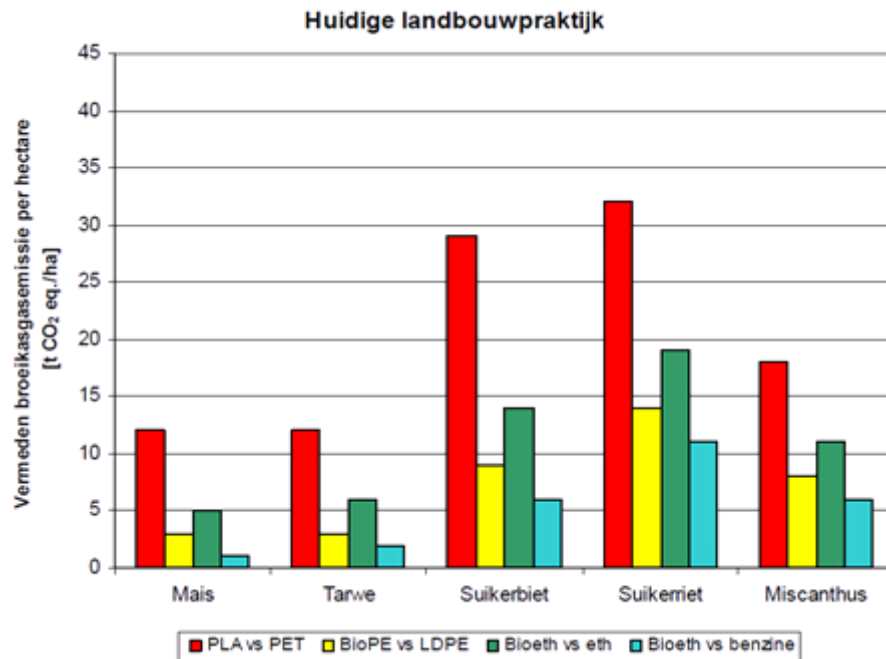


Figuur 6 Voorbeeld uitgespaarde broeikasgasemissies door bioplastics, per ton eindproduct



Bron: Bos et al., 2011¹¹.

Figuur 7 Vermeden broeikasgasemissies per hectare voor verschillende zetmeel- en suikergewassen



Bron: Bos et al, 2011.

¹¹ Bos et al., 2011: Harriëtte Bos, Sjaak Conijn, Wim Corré, Koen Meesters, Martin Patel
 Duurzaamheid van biobased producten - Energiegebruik en broeikasgasemissie van producten met suikers als grondstof. WUR, Wageningen, 2011, <http://www.groenegrondstoffen.nl/Rapporten.html>.

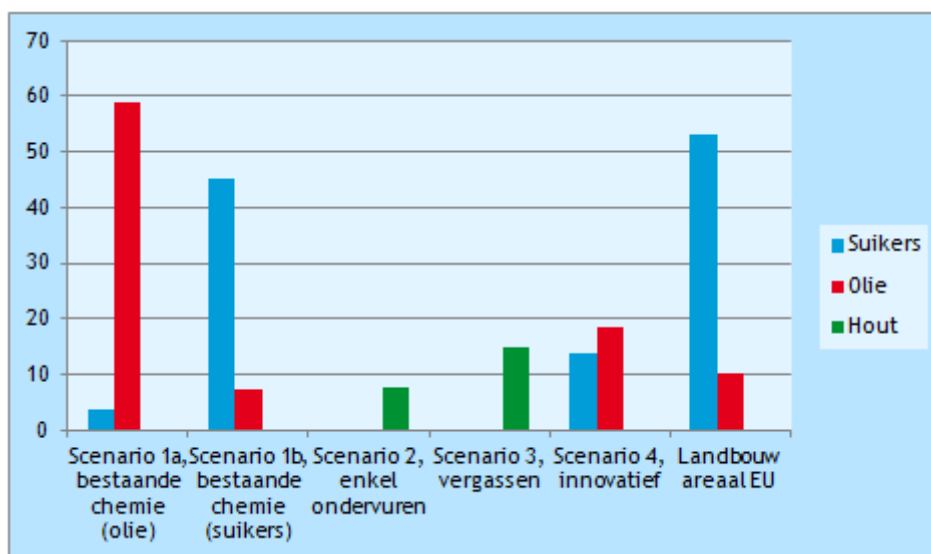


Landgebruik

Zoals al aangegeven in Figuur 7, is de hoeveelheid biomassa die nodig zou zijn voor de chemische industrie in de EU om volledig over te schakelen op biomassa zonder efficiencyverbetering, van dezelfde orde van grootte als de huidige land- en bosbouwproductie. Dit geldt ook voor het landgebruik (zie Figuur 8). Bij het opstellen van deze figuur is uitgegaan van eenzelfde opbrengst aan land- en bosbouwproducten per hectare als nu gemiddeld in de EU wordt geproduceerd (volgens Biograce):

- 3,2 ton/ha aan zetmeel (tarwe);
- 1,2 ton/hectare aan plantaardige olie (koolzaad);
- 10 ton/ha (droge stof) aan hout).

Figuur 8 Indicatie van maxima van landgebruik, nodig om de chemische industrie over te schakelen op biomassa (cijfers in Mha)



Bron: CE Delft.

Minder landgebruik bij efficiencyverbetering in keten

In principe kan landgebruik worden beperkt door de toepassing van reststoffen, door intensivering van teelt en door te kiezen voor efficiënte ketens. Een inschatting op basis van enkele recente studies is dat er bijvoorbeeld in principe aan suikers 2 EJ/jaar beschikbaar is in de vorm van stro dat niet wordt gebruikt als bedmateriaal in stallen. De indicatie van landgebruik in Figuur 8 betreft daarmee de worst case-situatie.

Conclusie CO₂ en landgebruik

Biochemieketens kunnen een substantiële CO₂-reductie bewerkstelligen maar de verschillen per keten zijn groot. Er zijn ook ketens waar de reductie-potentie beperkt is. Biochemieketens kunnen, afhankelijk van de grondstof, extra vraag naar vruchtbaar land genereren. Ook dit aspect verschilt sterk per biochemieketen.

4.2.1 Biochemie ten opzichte van inzet biomassa voor biofuels of bio-elektriciteit

De biochemie bestaat uit een groot aantal mogelijke ketens met verschillende kenmerken. Globaal kan uit eerder onderzoek dat inzet van biomassa voor chemie vergeleek met inzet voor transport en elektriciteit, worden gedistilleerd dat:

- inzet van biomassa in de chemie vaak minder overheidssteun vergt dan inzet in transport en elektriciteit en deels ook al rendabel is zonder subsidie;
- inzet van biomassa in de chemie meestal een hogere CO₂-reductie per kg biomassa/hectare geeft dan inzet in de biofuel-sector;
- inzet in de chemie naast voordeel op klimaat en energie ook regelmatig een voordeel op andere milieuaspecten zoals toxiciteit en afvalverwerking geeft.

4.3 Andere duurzaamheidsaspecten dan CO₂ en landgebruik

De grondstoffen voor de biochemie komen grotendeels overeen met de grondstoffen voor biofuels (suikers en oliën) en bio-elektriciteit (houtige grondstoffen en reststromen). Duurzaamheidsaspecten die spelen, zijn daarmee vergelijkbaar met de duurzaamheidsaspecten die eerder door de Commissie Cramer en de Commissie Corbey zijn vermeld voor biofuelsketens en bio-elektriciteitsketens.

Ten opzichte van de duurzaamheidsdiscussies voor transportbrandstoffen spelen in ieder geval ook de volgende aspecten:

- toxische effecten tijdens productie en gebruik - eventuele voordelen van biochemische producten ten opzichte van conventionele producten;
- levensduur, recycling en afvalverwerking;
- een onderscheid tussen gebruik van biomassa als grondstof en gebruik als energiedrager en eventuele voordelen van gebruik in biochemie -zoals hogere reductie van broeikasgasemissies per hectare;
- biochemie als niet gesubsidieerde/niet verplichte optie naast verplichte biotransportbrandstof en gesubsidieerde bio-energie (=> level playing field).

Bij een aantal duurzaamheidscriteria die eerder zijn gesteld voor biofuels is gerefereerd aan een vergelijking met bestaande leveranciers van de fossiele grondstof (bijvoorbeeld de CO₂-berekening) en aan bestaande gebruikers van de biograndstof (geen of beperkte competitie met de voedselsector). Hierbij is impliciet de redenering meegenomen dat op basis van overheidsondersteuning (subsidie of verplichting) er een verschuiving van fossiel naar bio wordt geforceerd. In de biochemie ligt dit gedeeltelijk anders. Er zijn een aantal producten die al decennia op basis van biograndstoffen worden gemaakt zonder overheidsbemoediging. Een aantal andere producten zullen echter waarschijnlijk pas bio worden als er overheidsondersteuning komt naast de ondersteuning voor biofuels en bio-elektriciteit. Voor een aantal duurzaamheidscriteria geeft dit een wat andere discussie:

- CO₂-reductie t.o.v. fossiel: dit is voor nieuwe toepassingen goed te berekenen en toetsen, voor lang bestaande toepassingen speelt eerder de vraag wat het CO₂-effect is als de grondstof naar een andere sector gaat.
- Concurrentie met voedsel: discussie zou anders kunnen liggen voor reeds lang bestaande toepassingen en/of ketens zonder subsidie/overheids-ondersteuning.



4.4 Aangrijpingspunten voor duurzaamheidscriteria en reeds bestaande initiatieven

Zoals aangegeven in de vorige Paragraaf 4.3 overlappen de duurzaamheidsaspecten voor teelt/bereidstelling en verwerking van biomassa voor chemie grotendeels met de duurzaamheidsaspecten voor biobrandstoffen en bio-energie. Om die reden zou kunnen worden aangesloten bij bestaande of in ontwikkeling zijnde certificeringssystemen voor biomassa en voor biobrandstoffen/bio-energie. Ook certificeringschema's voor landbouw, bosbouw en voor sociaal beleid zouden kunnen worden gebruikt (zie Figuur 9). Meer certificeringschema's zijn te vinden in bijvoorbeeld CE, 2011)¹².

Naast deze schema's voor biomassabereidstelling in het algemeen of voor producten in andere sectoren wordt ook door de chemische industrie zelf gewerkt aan duurzaamheidscriteria en duurzaamheidskaders. Bedrijven die een dergelijk kader hebben ontwikkeld of aan het ontwikkelen zijn, zijn bijvoorbeeld BASF, Bayer, DSM en Sabic. BASF en Bayer zijn daarnaast bijvoorbeeld lid van de International Sustainability and Carbon Certification Scheme¹³ (ISCC) voor certificering van biobased producten. De ISCC is ook toegelaten onder de RED als alternatief certificeringssysteem.

Al met al lijken er al voldoende systemen beschikbaar te zijn om duurzaamheid van biomassa voor de chemie te kunnen certificeren - met uitzondering van het aspect ILUC. Hiervoor zou kunnen worden aangesloten bij de RSB (Roundtable on Sustainable Biofuels).

Wat echter nog niet in wetgeving, stimuleringsbeleid of anderszins is vastgelegd, is:

- de afweging tussen gebruik van biomassa voor chemie of toepassing als brandstof en de eventuele voordelen die de ene of andere toepassing kan bieden;
- de afweging tussen de routes waarop biomassa binnen de chemie kan worden gebruikt voor hetzelfde doel - suikers voor ethanol versus suikers voor PLA - en de voordelen die de ene of andere route biedt in relatie tot duurzaamheid (zie Figuur 7).

Mogelijkerwijs kan de Commissie Corbey hierover (ook) tot een advies komen.

¹² Zie: http://www.ce.nl/publicatie/biodiversity_and_land_use/1156.

¹³ Zie: http://www.iscc-system.org/e813/e1717/e7391/111222RenewableChemicalsVol1No8-2011_ger.pdf.



Figuur 9 Overzicht aantal certificeringschema's die zouden kunnen worden gebruikt voor certificering van biochemicaliën

	BIOMASS			AGRICULTURE					FORESTRY				SOCIAL			ENERGY			
	GGL	RSPO	Basel Crit.	BIO	Bioland	COCC	EuroGAP	IFOAM	SAN	Certfor	FSC	MTCC	PEFC	ETI	FLO	FLP	Greenpeace	Grüner Strom	OK Power
Land-use competition																			
land-use competition energy vs competing land uses	Geel	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
Socio-economic issues																			
social aspects by stakeholder consultation	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
land rights (indigenous peoples, local communities, ...)	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
freedom of association, collective bargaining	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
labour conditions, basic treatment	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
not permanent employed	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
child labour, forced labour	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
wages and compensation	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
health and safety	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
discrimination (sex, age, handicap, religion, nationality)	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
training - capacity building, management of skills	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
change of way of life, security and culture, important indigenous skills	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
struggle against poverty / equitable distribution of products	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
fair trade conditions	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
complaint mechanism	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
Others	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
Environmental land-use issues																			
conservation of biodiversity	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
protection species/ecosystems	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
soil - erosion	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
water resources - depletion/loss	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
chemicals - nutrients/pesticides (use addressed, what is affected)	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
GMOs (genetically modified organisms)	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
national land use regulations	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
high nature values addressed	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
Others	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
Life-cycle aspects																			
social issues in life-cycle addressed	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
energy balance (whole the production chain)	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
renewed resources balance	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
addressed nutrients, organic matter	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
water resources - contamination	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
soil - contamination	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
safeguard subject climate addressed	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
energy balance (only CO2 emission)	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
environmental impacts (if produce (NOx, SO2, POP, etc.)	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
waste management addressed	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood
Others	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood	Rood

Bron: BUBE, 2010¹⁴.

Kleurcodering: Rood = niet beschouwd, geel = gedeeltelijk beschouwd, groen = beschouwd.

¹⁴ BUBE, 2010: Bettina Kampman, Geert Bergsma, Benno Schepers, Harry Croezen (CE Delft); Uwe R. Fritsche, Klaus Henneberg, Katja Huenecke (Öeko-Institut); Jan Willem Molenaar, Jan Joost Kessler (AidEnvironment); Stephan Slingerland, Coby van der Linde (CIEP): Better Use of Biomass for Energy : Background Report to the Position Paper of IEA RETD and IEA Bioenergy. Darmstadt ; Delft : OEKO=Institut ; CE Delft, 2010; <http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6476>.





Bijlage A Initiatieven biochemie

Benodigde biomassa

De voor productie van chemicaliën uit biomassa benodigde biomassa betreft net als bij biobrandstoffen en bio-energie landbouwgewassen, reststromen en houtachtige biomassa.

Veel routes voor de productie van commodity plastics en PET(-vervangers) zijn gebaseerd op suikers, die of direct (suikergewassen) of na hydrolyse (zetmeelgewassen, granen) uit het gewas kunnen worden geïsoleerd. In de toekomst zouden de suikers ook kunnen worden geïsoleerd uit gewasresten, zoals stro en bietenbladeren of overtollig gras.

Plantaardige olie en dierlijke vetten zijn de voornaamste grondstoffen voor PUR, engineering plastics en voor andere producten dan plastics. Oliezaden en vetten uit de vleesverwerkende industrie zijn tot nu toe de enige primaire bronnen van plantaardige en dierlijke oliën gebruikt in PUR, smeermiddelen en lijmen.

Mogelijk kunnen in de toekomst ook algen en wieren als bron van plantaardige oliën worden geteeld. Het economisch perspectief voor algen lijkt echter volgens een recente studie van IEA Task 39¹⁵ ongunstig, terwijl mogelijke milieuvoordelen als lagere broeikasgasemissies per eenheid olie niet evident zijn.

Tabel 8 Typen biomassa grondstoffen voor chemie

	Suikers	Olie	Hout
Gewassen nu	– Suikergewassen (bijv. suikerbiet, suikerriet) – Granen (tarwe, gerst, maïs, etc.)	– Oliegewassen (koolzaad, zonnebloem, palmolie, castor, etc.) – Restvetten	Reguliere bosbouw
Mogelijkheden straks	Gewasresten, snelgroeiende houtsoorten en grassen	Algen en wieren?	Snelgroeiende houtsoorten ¹⁶

De sourcing van de grondstoffen vindt net als voor biobrandstoffen voornamelijk plaats in de landbouw en de daaraan gerelateerde handel in agrarische commodities of in de agro-industrie. Voor houtachtige biomassa vindt sourcing plaats bij de bosbouw of houtverwerkende bedrijven.

Inzet van restproducten is in principe ook goed mogelijk. Suikers kunnen worden geïsoleerd uit restproducten van akkerbouw en graslandbeheer of uit reststromen en bijproducten van de agro-industrie. Vetten kunnen worden geïsoleerd uit reststromen en bijproducten van de agro-industrie en uit consumentenafval.

¹⁵ Zie: <http://www.task39.org/LinkClick.aspx?fileticket=Q1H5nSQ3tB0%3d&tabid=4348&language=en-US>. Volgens dit rapport bedragen de toekomstige productiekosten minimaal - voor de meest optimale situatie - nog steeds \$ 0,8/liter.

¹⁶ Al gangbaar in bijv. Brazilië.



Er zijn echter een aantal kanttekeningen bij dit idee te plaatsen:

- De grondstof kan componenten bevatten die micro-organismen remmen in groei en productie. Het is bijvoorbeeld bekend dat ruwe glycerine componenten bevat die storend zijn in de productie van 1,3 propaandiol (Fraunhofer, 2002).
- Het is mogelijk dat, in tegenstelling tot bij landbouwgewassen, grote hoeveelheden restproducten ontstaan die als afval moeten worden verwijderd. Dit zou de kosten significant negatief kunnen beïnvloeden.

A.1 Bestaande en kansrijke routes

Een indicatie van de mogelijkheden om bestaande producten van de organische chemie te vervangen door producten uit biomassa of te produceren op basis van biomassa wordt gegeven in Tabel 9. Een samenvatting is hieronder opgenomen.

Tabel 9 Voorbeelden van routes om biomassa voor productie van chemische producten in te zetten

	Alternatieve productieroute	Technische ontwikkeling	Benodigde biomassa
Commodity Plastics (PE/PP/PS/PVC)	Zelfde product – Via ethanol	Commercieel	Granen, suikerriet/biet
	Zelfde product – Via vergassing	Demo	Hout
PET	Alternatief – Via fermentatie van suikers ¹⁷	Pilot - vijf jaar ontwikkeling	Granen, suikerriet/biet
	Zelfde product – Via chemisch katalytisch proces ¹⁸	Pilot - vijf jaar ontwikkeling	Granen, suikerriet/biet
PUR	Alternatief PUR o.b.v. soja	Commercieel	Soja
Engineering Plastics	Alternatief ¹⁹ of zelfde product	Van laboratorium-onderzoek tot commercieel	Granen, suikerriet/biet, vetten en eiwitten
Oplosmiddelen ²⁰		Commercieel	
Koudemiddelen	Niet perse biomassa	Commercieel	
Lijm	Alternatief product uit lignine uit hout	Commercieel	Naaldhout
	Alternatief product uit soja meel	Commercieel	Soja
Smeermiddelen	Alternatief o.b.v. plantaardige olie	Commercieel	Soja, koolzaad, palmolie, etc.
Oppervlakte-behandelingsmiddelen		Commercieel	

¹⁷ Zie bijvoorbeeld Avantium YXY technologie (PEF).

¹⁸ Virent BioFormPX technologie, zie: http://www1.eere.energy.gov/biomass/pdfs/bio2011_held_1-1.pdf.

¹⁹ Bijvoorbeeld: Sorona, PLA, Rilsam.

²⁰ Voor een overzicht zie: http://www.esig.org/uploads/ModuleXtender/Publications/149/FactSheet_CarbonTable_2002_final.pdf.



Al langer bestaande routes

Sommige routes, zoals productie van etheen uit ethanol of smeermiddelen uit plantaardige oliën bestaan al decennia. Koolzaad bijvoorbeeld werd in de Tweede Wereldoorlog veel gebruikt als grondstof voor smeermiddelen. Ethanol uit suikers was tot de komst van goedkope nafta in de jaren '50 en '60 de gangbare grondstof voor etheen, hieruit kan weer PE en PVC worden gemaakt. Via etheen kan ook propeen (grondstof van PP) en butadieen (grondstof van rubbers) worden gemaakt.

Recente gecommercialiseerde innovaties

Daarnaast heeft de afgelopen jaren ook een significante technische ontwikkeling plaatsgevonden, mede vanwege de hoge olieprijs, het streven naar verlaging van olie-importen en het streven naar verduurzaming. Enkele belangrijke recentelijk ontwikkelde nieuwe en commercieel toegepaste routes zijn bijvoorbeeld:

- een uitgebreide reeks producten van Cargill op basis van plantaardige oliën (onder meer verven, coatings, inkt, PUR en smeermiddelen);
- productie van de hoogwaardige nieuwe plastic sorona door Dupont op basis van suikers. Sorona kan worden gebruikt voor kleding, tapijt en carrosserie onderdelen van auto's;
- productie van epichloorhydrine - een grondstof voor epoxyharsen toegepast in lijm, verf en printplaat - op basis van glycerol uit plantaardige oliën;
- productie van rubbers uit biomassa voor bijvoorbeeld toepassing in autobanden²¹;
- productie van rilsam-polyamiden PA11 en PA12 uit castorolie door Arkema. PA11 en PA 12 kunnen worden gebruikt voor kabelmantels, leidingen en fittingen.

In ontwikkeling

Er zijn daarnaast een aantal andere, veel belovende routes in ontwikkeling, die wel al op pilotschaal of commerciële schaal zijn gedemonstreerd maar waarvan verdere ontwikkeling nog vijf tot tien jaar (of meer) technologische ontwikkeling vergt. Voorbeelden zijn:

- Avantium YXY-technologie voor productie van de PET-ervanger PEF op basis van fermentatie van suikers;
- Virent BioFormPX-technologie voor katalytische thermochemische omzetting van suikers in benzine en dieselachtige producten inclusief aromaten.

Gebruik van eiwitten en aminozuren als grondstof lijkt nog een lange technologische ontwikkeling te moeten doorlopen.

Eiwitten zouden goede grondstoffen kunnen zijn voor stikstof bevattende bulkchemicaliën, zoals acrylonitrile, acrylamide and ϵ -caprolactam, vooral toegepast in de synthetische rubbers en plastics zoals SAN, ABS en nylon. Er is volgens bijvoorbeeld Paul Könst van de WUR echter nog geen makkelijke manier ontdekt om specifieke stikstofhoudende grondstoffen uit bijvoorbeeld eiwitten te isoleren²².

²¹ Zie bijvoorbeeld: EPDM rubber (Lanxess), farneseen (Amyris) en bio-isopreen van Genencor.

²² Zie bijvoorbeeld: <http://edepot.wur.nl/171395>.



Gebruik voor energie

Behalve als grondstof wordt biomassa ook beperkt ingezet als brandstof om de energiebehoefte van chemische processen te dekken.

Nederlandse voorbeelden van toepassing van biomassa of afgeleide brandstoffen in industriële boilers en fornuizen zijn:

- stoomlevering van de AVI Moerdijk aan de chemische industrie op het belendende complex;
- gebruik van biogas bij Rendac, Suiker Unie, Friesland Foods Leeuwarden en Bavaria.

In het buitenland worden boilers gestookt op reststromen uit de voedingsmiddelenindustrie, zoals bij Heineken in Groot-Brittannië²³. Gebruik van pyrolyse-olie in industriële boilers is gedemonstreerd door bijvoorbeeld Dynamotive en BTG²⁴.

²³ Zie: http://www.heineken.co.uk/ataglance/ataglance_environment.pdf.

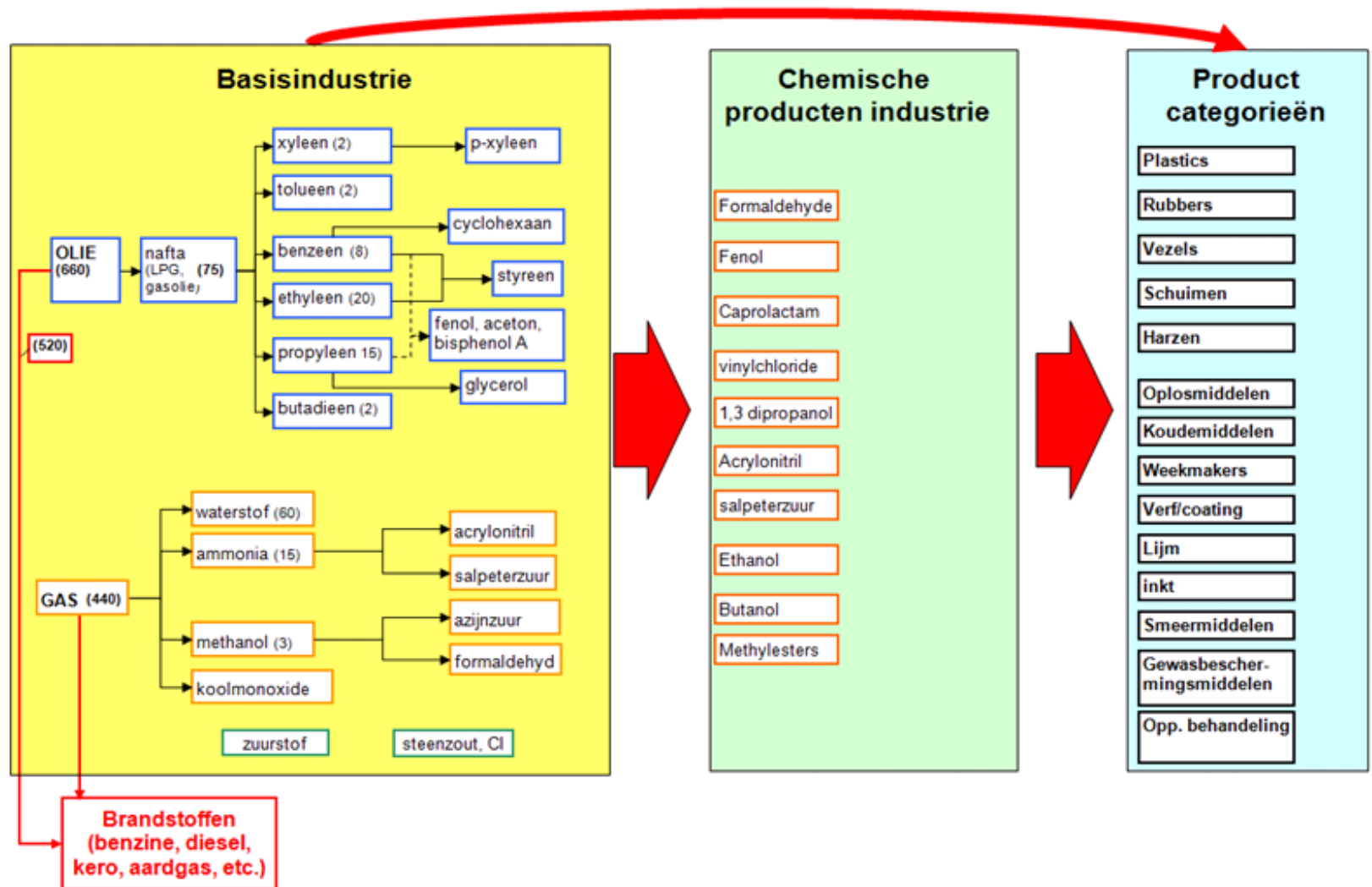
²⁴ Zie: <http://www.btg-btl.com/uploads/documents/Stork%20TS%20pyrolysis%20oil%20burner%20tests.pdf?PHPSESSID=pg3v3hpj0p2ohqo9mdppnrq7o5>.



Bijlage B Achtergrondtabellen



Figuur 10 Globaal overzicht van de structuur van de petrochemie en aansluitende chemische productenindustrie (getallen tussen haakjes in Mton/jaar olie-equivalenten (42 MJ/kg))



Tabel 10 Indicatieve omvang van het gebruik van diverse chemische eindproducten binnen de EU-27

	Indicatieve omvang gebruik EU (Mton/jaar)	Huidig aandeel bio Mton/jaar	Verwacht aandeel 2020 Mton/jaar	Energie-inhoud (GJ/ton)	Fotochemische oxidantvorming (indicatief)	Kostprijs (€/ton)
Plastics, rubbers, vezels, harsen		0,1	0,9			
– PE/PP	22,4			75-85	X	± 1.000
– PS	3,4			85-90	X	?
– PVC	5,3			60	X	?
– PET	3,0			80-85	X	800
– Polyamiden (PA)	0,9			120-140	X	2.000-4.000
– ABS/SAN (rubber)	0,8			90-95	X	2.000-4.000
– Polycarbonaten, acrylics, PMMA	1,9			110	X	2.000-10.000
– PUR	3,2			100-105	X	4.400-5.400
– Amino harsen	2,6				X	2.000-4.000
– Fenolische harsen	1,0			125	XX	2.000-4.000
– Epoxy harsen	0,4			135	X	2.000-4.000
– Polyesters	0,5				X	2.000-4.000
Oplosmiddelen	5,0	0,6	1,1		X-XXXX	500-1.000
Koudemiddelen	3,8					
(Verf, coating)	7,0				X-XXXX	1.700-4.400
Lijm	2,3	0,3				
Gewasbeschermingsmiddelen						
Smeermiddelen	5,2	0,15	0,23			
Oppervlakte behandelingsmiddelen	2,7	1,5	2,3		XXX	
Ftalaten voor weekmakers en						
Houtbeschermingsmiddelen						

X = weinig, XXXX = grote milieubelasting. Energie-inhoud inclusief eigen stookwaarde.

Tabel 11 Op biomassa gebaseerde ketens en hun specificaties

	Alternatieve productieroute	Technische ontwikkeling	Benodigde biomassa	Sourcing	Concurrereert met
Plastics, rubbers, vezels, harsen		1%			
– PE/PP	Biomassa → ethanol → etheen (→ propeen)	Commercieel	Suiker- of zetmeelgewas, gewasresiduen	Landbouw	Nafta
	Biomassa → syngas → methanol → olefinen	Commerciële demo ²⁵	Houtachtige biomassa	Bosbouw, afval	
			Suiker- of zetmeelgewas, gewasresiduen	Landbouw	
– PS	Benzeen: HVO-productie - nafta kraken	Commercieel	Oliezaden, restvetten	Landbouw	Nafta
– PVC	Zie PE + PS				Nafta
– PET	Avantium YXY-technologie (PEF)	Pilots vijf jaar ontwikkeling met Coca Cola	Suiker- of zetmeelgewas, gewasresiduen	Landbouw	Nafta en aardgas
	Virent BioFormPX-technologie ²⁶		Suiker- of zetmeelgewas, gewasresiduen	Landbouw	Nafta en aardgas
– Polyamiden (PA)					
– ABS/SAN (rubber)	EPDM-rubber (Lanxess)	Pilot	Suiker- of zetmeelgewas, gewasresiduen	Landbouw	Nafta
	Amyris farneseen molecuul	Pilot	Suiker- of zetmeelgewas, gewasresiduen	Landbouw	Nafta
– Polycarbonaten, acrylics, – PMMA					
– PUR	Soja PUR	Commercieel	Oliezaden		Nafta en aardgas
– Amino harsen					
– Fenolische harsen					
– Epoxy harsen					
– Polyesters	1,3-propaandiol	Commercieel (Sorona)	Suiker- of zetmeelgewas, gewasresiduen	Landbouw	Nafta en aardgas

²⁵ Voor 'methanol to olefines'-proces, zie Total demonstratie-installatie in Fleury, Wallonië; methanol uit houtachtige biomassa: Värmland 'wood to methanol'-initiative.

²⁶ Zie http://www1.eere.energy.gov/biomass/pdfs/bio2011_held_1-1.pdf.

	Alternatieve productieroute	Technische ontwikkeling	Benodigde biomassa	Sourcing	Concurrereert met
Koudemiddelen	Mag ook NH ₃ en CO ₂ zijn				
Lijm	Lignine van sulfiet pulpen van naaldhout	Commercieel	Naaldhout	Gespecialiseerde pulpproducenten	Nafta
	Sojameel	Commercieel	Oliezaden	Landbouw	
Smeermiddelen	Smeermiddelen o.b.v. plantaardige olie	Commercieel beschikbaar	Oliezaden	Landbouw	Smeerolie
Ftalaten voor weekmakers	Isosorbide esters weekmakers uit suikers	Gedemonstreerd, niet opgepakt door industrie	Suikergewassen, <i>gewasresten</i>	Landbouw	
Houtbeschermingsmiddelen					

