

Platform Groene Grondstoffen

# Groenboek energietransitie

Groenboek energietransitie









# Groenboek

## energietransitie



# Inhoudsopgave





## VOORWOORD

PAGINA 7



## HOOFDSTUK 3

PAGINA 41

### POTENTIEEL, RESTSTROMEN EN OVERSCHOTTEN



## HOOFDSTUK 1

PAGINA 13

### WAAROM GROENE GRONDSTOFFEN?



## HOOFDSTUK 4

PAGINA 53

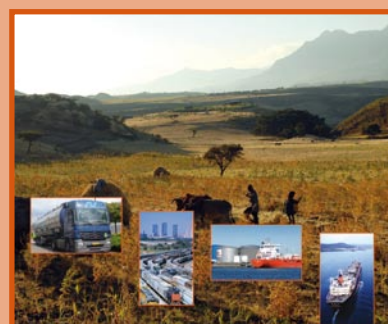
### TEELT



## HOOFDSTUK 2

PAGINA 27

### WELKE GROENE GRONDSTOFFEN, WAAR IN TE ZETTEN?



## HOOFDSTUK 5

PAGINA 67

### IMPORT





## HOOFDSTUK 6

PAGINA 79

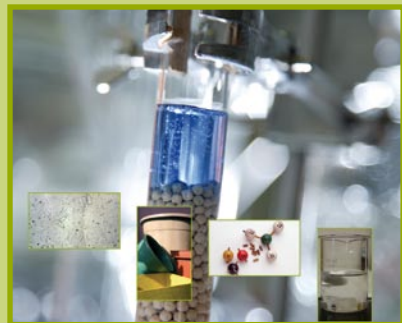
**WARMTE, ELEKTRICITEIT EN  
TRANSPORTBRANDSTOFFEN**



## HOOFDSTUK 9

PAGINA 117

**STRATEGIE**



## HOOFDSTUK 7

PAGINA 91

**CHEMICALIËN EN MATERIALEN**



## EVEN VOORSTELLEN

PAGINA 133

**DE LEDEN VAN HET PLATFORM**



## HOOFDSTUK 8

PAGINA 107

**BALANS**



## INDEX

PAGINA 137

**INDEX & LIJST VAN FIGUREN EN TABELLEN**



# Platform Groene Grondstoffen

**Voorwoord**



# VOORWOORD



**Groene grondstoffen kunnen een reële en zeer belangrijke bijdrage leveren aan het oplossen van de energieproblemen van onze wereld. De duurzame toepassingen van groene grondstoffen, ofwel biomassa, zijn groot: hun gebruik draagt niet bij aan de mondiale uitstoot van CO<sub>2</sub>, want wat vandaag wordt uitgestoten wordt morgen weer opgeslagen in nieuwe biomassa (afgezien van energie-input bij geteelde gewassen). Planten op het land en in het water bieden voorlopig een van de weinige onmiddellijk beschikbare mogelijkheden om CO<sub>2</sub> te binden en daarmee uit de atmosfeer te halen.**



Toch is het ontwikkelen van een kwaliteitskeurmerk inclusief duurzaamheidscriteria voor biomassa noodzakelijk, omdat gebruik van groene grondstoffen voor energiedoeleinden ook een negatief effect kan hebben op de voedselvoorziening en het milieu. Duurzaamheid wordt hier over de hele keten gezien: van herkomst tot en met toepassing. Het gebruik van reststoffen en overschotten uit landbouw en voedselindustrie voor gebruik als grondstof en/of energieopwekking staat daarbij niet ter discussie, maar bij teelt van gewassen expliciet voor energie moet erop worden toegezien dat de biodiversiteit niet wordt aangetast en dat de voedselvoorziening niet in het gedrang komt. Wanneer er echter voldoende landbouwgrond beschikbaar is, kan de aansluiting op nieuwe non-foodmarkten extra inkomsten opleveren voor de boer, waarmee de rurale ontwikkeling juist een duw in de rug krijgt. Dit geldt zeker in situaties waar men voor voeding te zeer afhankelijk is van één gewas. Een goede afwisseling van gewassen zorgt ervoor dat niet alleen het biomassagewas extra inkomsten levert maar eveneens dat het voedselgewas betere opbrengsten levert.

Of een biomassabron duurzaam is, kan van land tot land en van gebied tot gebied verschillen, immers wat het ene land tekortkomt, kan in het andere land als overschot beschikbaar zijn. Richtlijn moet zijn dat van gewassen die van oudsher bestemd zijn voor voeding, alleen overschotten worden ingezet voor grootschalig gebruik als grondstof en energiebron. We moeten voorkomen dat de nu al schaarse biodiversiteit verder wordt aangetast doordat meer natuurlijk areaal wordt opgeofferd aan teelt ten behoeve van voedsel, grondstof of energie. Het ene land moet het andere land ook niet verleiden tot leveringen die de teelt van voedingsgewassen verdringen en de biodiversiteit aantasten. Het oordeel of dat aan de orde is, zal moeten worden geveld in samenspraak met plaatselijke belangengroepen.



Groene grondstoffen die de bovenstaande toets doorstaan, zijn of komen in ruime mate beschikbaar. Het potentieel is groot voor de energievoorziening, maar ook de productie van chemicaliën en materialen kan op een groene leest geschoeid worden. Deze extra potentie van groene grondstoffen ligt in het benutten van de totale biomassaproductie en niet het gebruik van slechts een deel van een plant voor bijvoorbeeld consumptie, energie of veevoer. Restanten kunnen op talloze manieren worden ingezet, vaak met een hogere toegevoegde waarde dan de traditionele toepassingen. Nieuwe technologieën zoals fermentatie en bioraffinage, die binnen fijnchemie en biotechnologie hun mogelijkheden al hebben bewezen, kunnen dan ook dienen om groene grondstoffen te leveren voor (nieuwe) materialen en energievoorziening.

Groene grondstoffen hebben geen 'rocket science' nodig om de basis te worden voor meer dan een derde van alle grondstoffen die we gebruiken. De vereiste technologieën en technieken zijn soms opvallend eenvoudig en vaak al lang beschikbaar. We kunnen morgen al beginnen groene grondstoffen te benutten, sterker: we zijn gisteren al begonnen en elke dag gaan we daarin een stap vooruit. Een belangrijke doorbraak in de technologie - de zogenaamde tweede generatie technologieën - verwachten we binnen een jaar of tien: dan zullen we de volle potentie van groene grondstoffen kunnen benutten.

Groene grondstoffen zullen een zeer belangrijke bijdrage leveren aan de transformatie van onze energievoorziening in de komende decennia door het verminderen van de uitstoot van CO<sub>2</sub> en andere broeikasgassen, tot we het zonlicht echt grootschalig en goedkoop

direct in energie kunnen omzetten. Tot dat moment verminderen we door het inzetten van groene grondstoffen de afhankelijkheid van schaarser wordende fossiele brandstoffen (kolen, olie en gas).

Het Platform Groene Grondstoffen (PGG), ingesteld door de Interdepartementale Projectdirectie Energietransitie, heeft zijn visie neergelegd in een aantal wetenschappelijke rapporten. Dit boek is daarop gebaseerd. De ambitie van het platform is vóór 2030 30% van het energie- en materialengebruik in Nederland te baseren op groene grondstoffen, met positieve effecten voor milieu, maatschappij en economie. In dit boek wordt toegelicht dat deze ambitie absoluut realistisch is.

**Ir. Paul L.A. Hamm**

**Voorzitter Platform Groene Grondstoffen**



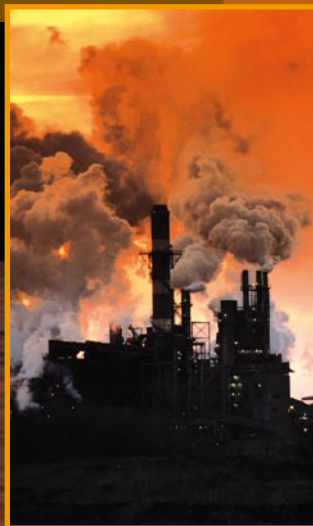




# Waarom groene grondstoffen?



# WAAROM GROENE GRONDSTOFFEN?



## ENERGIETRANSITIE NODIG

**Energie is een van de meest dringende vraagstukken ter wereld. Er is een nauw verband tussen energiegebruik en klimaatverandering. En door het krappere worden van de oliemarkt is energie potentieel een bron geworden van internationale conflicten.**

De wereldenergievoorziening is voor 80% gebaseerd op fossiele brandstoffen: aardolie, aardgas, kolen. De welvaart stijgt en daarmee stijgt ook de energievraag, niet alleen in geïndustrialiseerde landen maar ook in opkomende economieën als China en India. De fossiele voorraden raken echter ooit uitgeput. De oliemarkt wordt krappere en bij verstoringen worden de effecten direct voelbaar, zoals bij de oorlog in Irak en bij de orkaan Katrina, die New Orleans onder water zette en boorplatforms in de Golf van Mexico vernielde. De aanvoer van olie en gas in Europa en de VS, die zelf te weinig voorraden hebben om aan hun vraag naar energie te voldoen, wordt minder zeker. Landen met grote energievoorraden gaan deze gebruiken om een grotere rol te spelen in de wereldpolitiek.

Door het gebruik van fossiele brandstoffen komen grote hoeveelheden CO<sub>2</sub> vrij, de belangrijkste veroorzaker van het broeikaseffect. Dit leidt tot extra opwarming van de aarde en daarmee tot verandering van het klimaat. Om dit effect tegen te gaan is afgesproken dat vooral de industrielanden hun CO<sub>2</sub>-uitstoot zullen beperken. De eerste deadline (krachtens het Kyoto-verdrag) is in 2012. Daarna zullen mogelijk verdergaande doelstellingen worden overeengekomen. Dat is althans de inzet van landen die ernst willen

maken met de bestrijding van het broeikaseffect, waaronder de Europese Unie.

Om aan deze problemen het hoofd te bieden is een wereldwijde omslag nodig in alle sectoren van de energievoorziening: elektriciteitsproductie, warmtevoorziening, transport, industrie. Dat betekent minder verspilling van energie door betere auto's, woningen en fabrieken. We gaan onze energie uit andere bronnen halen: minder gas, olie en kolen, meer zon en wind.





Ook groene grondstoffen zijn daarin van belang: in een overgangperiode voor de energievoorziening en op blijvende basis als grondstof voor de chemie. Dit raakt onze hele samenleving: van wonen en industrie tot mobiliteit, telecommunicatie en landbouw. Als de energievoorziening verandert krijgt iedereen daarmee te maken. Zo'n ommekeer wordt transitie genoemd. De energietransitie zal tientallen jaren bestrijken. Dit alles vereist een lange-termijnkoers naar de toekomst, die al in het heden moet worden ingeslagen met concrete stappen.

### **BEDREIGING EN KANS**

De energietransitie is nodig om aan bedreigingen het hoofd te bieden. Maar de energietransitie is tegelijkertijd een kans om nieuwe grondstoffen aan te boren, nieuwe technologieën toe te passen en nog betere te ontwikkelen, en nieuwe bedrijvigheid van de grond te krijgen. Voor Nederland is er niet alleen de noodzaak om nieuwe wegen in te slaan (vooral vanwege de oprakende aardgasvoorraad en het streven naar leveringszekerheid), maar ook volop de mogelijkheid om nieuwe kansen te grijpen.

Nederland is uniek in het omgaan met beperkte ruimte: bijna nergens ter wereld zijn verstedelijking, verkeer, intensieve landbouw en energieproductie zo efficiënt gecombineerd. Nederland is kampioen in het scheiden en hergebruiken van afvalstromen. Wij hebben een unieke gasinfrastructuur. Onze wetenschappelijke en technische kennis van energie, biomassa en chemie is internationaal vooraanstaand. En in de Nederlandse energiesector zijn vele bedrijven actief met handelsgeest en innovatief vernuft. Als het Nederlandse bedrijfsleven nú de kansen grijpt, kan het met nieuwe energietechnologie de wereldmarkt op en concurrentievoordeel behalen met goede timing en efficiënte productie.

### **PLATFORMS EN TASKFORCE ENERGIETRANSITIE**

Het Nederlandse energiebeleid is gericht op het tot stand brengen van de energietransitie. Er is een ambitieus lange-termijnperspectief ontwikkeld, geen blauwdruk die alle activiteiten benoemt maar een richtingaanwijzer naar een duurzame energievoorziening. Energie moet veel efficiënter worden gebruikt. Van de in 2050 gebruikte energie moet een groot deel afkomstig zijn uit duurzame bronnen: zon, wind en groene grondstoffen.

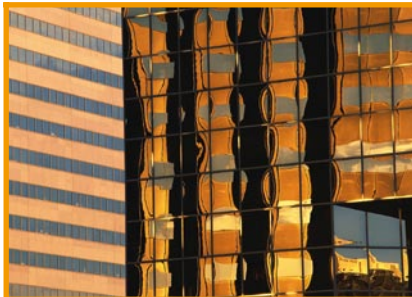
De CO<sub>2</sub>-emissies moeten zijn teruggebracht tot de helft van het niveau van 1990. Daarbij moet de positie van het Nederlandse bedrijfsleven zijn versterkt.

Op zes kernthema's zijn platforms ingesteld, bestaande uit vertegenwoordigers van het bedrijfsleven, onderzoeksinstituten, maatschappelijke organisaties en de overheid. Deze platforms en hun doelstellingen zijn:

- Groene grondstoffen: in 2030 halen we 30% van onze energie uit groene grondstoffen; omzetting van biomassa in elektriciteit, warmte, chemicaliën en materialen.
- Duurzame mobiliteit: broeikasgasemissies door nieuwe voertuigen zijn een factor 2 gereduceerd in 2015 en broeikasgasemissies door het hele wagenpark zijn een factor 3 gereduceerd in 2035, door gebruik van alternatieve motorbrandstoffen, nieuwe voertuigtechnologie en optimalisatie van verkeersgedrag.
- Ketenefficiency: Nederland is de meest energie-efficiënte economie ter wereld door slimme organisatie van

productieketens van fabriek tot consument, in 2030 wordt een besparing in product- en productieketens gerealiseerd van 150-180 PJ.

- Nieuw gas, schoon fossiel: Nederland is de meest efficiënte en innovatieve gaseconomie ter wereld door efficiënte toepassingen van aardgas, biogas en waterstof en door het afvangen en opslaan van CO<sub>2</sub> waar dat mogelijk is.
- Duurzame elektriciteit: een CO<sub>2</sub>-vrije elektriciteitsvoorziening door de inzet van windenergie, zonne-energie en biomassa, en door het verduurzamen van de traditionele stroomproductie en -infrastructuur.
- Gebouwde omgeving: een energieneutrale gebouwde omgeving, waarin woningen en gebouwen bij elkaar per saldo voldoende hebben aan duurzame energie door drastische vermindering van het energiegebruik voor verwarming, koeling en apparatuur.



Verder heeft het Nederlandse kabinet een Taskforce Energietransitie in het leven geroepen, die de overkoepelende boodschap van de platforms moet uitdragen. Ook hierin zijn bedrijfsleven, onderzoeksinstituten, maatschappelijke organisaties en de overheid vertegenwoordigd.



In dit geheel is de internationale dimensie van groot belang. Nederland wil vooroplopen in de wereldwijde transitie naar een duurzame energievoorziening. Dat betekent bijvoorbeeld het spelen van een voortrekkersrol bij multilaterale samenwerking op mondiaal niveau, zoals in internationale verdragen ten aanzien van klimaat, energie en milieu. Het betekent actief samenwerken in de Europese Unie, met de Commissie en met gelijkgezinde landen. Het betekent dat samenwerking wordt gezocht met de Europese industrie en

dat buitenlandse bedrijven worden uitgenodigd hier aan energie-innovatie te doen. En ten slotte krijgt die internationale dimensie gestalte in het ontwikkelen van kansrijke wereldmarkten voor innoverende Nederlandse bedrijven en kennisinstellingen.

## TRANSITIEPADEN

Elk van de platforms heeft een aantal 'transitiepaden' uitgewerkt (kansrijke ontwikkelingen in de energievoorziening), die moeten bijdragen tot het verwezenlijken van de ambities. Elk transitiepad wordt mede gedragen door het bedrijfsleven en heeft tot doel niet alleen het energiesysteem in gunstige richting te veranderen, maar ook om bij te dragen aan de concurrentiekracht van de Nederlandse economie.

De transitiepaden hebben betrekking op vele soorten activiteiten: ontwikkeling van producten en diensten, gedragsverandering van consumenten, het starten van nieuwe ondernemingen. Het Transitie Actie Plan bevat nu 26 transitiepaden, die samen een breed spectrum vormen. Deze portfolio ligt niet voor altijd vast, er kunnen paden afvallen en ook bijkomen, bijvoorbeeld als er nieuwe technieken beschikbaar komen.

Omdat overheid en bedrijfsleven beide participeren, dragen beide ook op hun eigen manier bij. De overheid heeft tot taak om een gunstig en stabiel beleid te voeren, bijvoorbeeld door het wegnemen van belemmeringen; deze kunnen financieel van aard zijn, of liggen in belemmerende wetten en regels.

## VOORBEELDEN VAN TRANSITIEPADEN

### **Micro- en mini-warmtekracht**

*Dit transitiepad richt zich op een drastische verbetering van het rendement bij opwekking van elektriciteit en warmte, door deze samen op te wekken in thuiscentrales. Door gezamenlijke productie wordt warmteverlies vermeden bij elektriciteitsproductie en verlies van exergie (het vermogen elektriciteit op te wekken) bij warmteproductie. Door dit dicht bij huis of in huis te doen worden transportverliezen voorkomen. De technologie hiervoor op basis van gasketels is reeds voorhanden. Op termijn kunnen brandstofcellen deze functie overnemen, maar die zijn nog in ontwikkeling. Alle thuiscentrales kunnen samen in één gekoppeld systeem fungeren als een virtuele elektriciteitscentrale, waarbij de warmte effectief gebufferd kan worden.*



### **Duurzame papierketen**

*De energie-efficiency van de productieketen van papier en karton van grondstof tot eindgebruik kan aanzienlijk verbeteren door over de hele keten proces- en productverbetering in te voeren, restproducten te recyclen en de logistiek te optimaliseren. De papier- en kartonindustrie is verantwoordelijk voor 4 à 5% van het primaire energieverbruik in de Nederlandse procesindustrie, maar ziet kansen voor forse reducties (tot 50%) in het energiegebruik. Centraal in de duurzame papierketen staat de vraag hoe zodanige omstandigheden gecreëerd kunnen worden dat de transitie daadwerkelijk plaatsvindt. Het doel is een halvering van het energieverbruik per eindproduct in het jaar 2020.*



*Op stal bij Melkveebedrijf Zijlstra te Hallum, Friesland*

De overheid stimuleert ook projecten in de energietransitie, bijvoorbeeld door subsidies of het verplicht stellen van het bijmengen van biobrandstoffen. Daarmee wordt het voor bedrijven interessant te investeren in projecten die bijdragen aan de transitiepaden.

## **GROENE GRONDSTOFFEN**

Een mogelijke oplossing bieden de processen die zich in de natuur in miljoenen jaren van ervaring hebben ontwikkeld. De zon straalt driehonderd maal zo veel energie op aarde als de mens gebruikt. Een belangrijk deel van die energie wordt in de natuur opgevangen en opgeslagen door planten, zowel op land als in grote hoeveelheden op zee (in de vorm van algen). Zo ontstaan 'groene grondstoffen', ook wel biomassa genoemd. Ook alle dierlijke

producten zoals mest rekenen we in dit verband onder biomassa. Bij het ontstaan van groene grondstoffen wordt CO<sub>2</sub> uit de atmosfeer in het fotosynthesep proces gebonden. Daardoor is het gebruik van groene grondstoffen in principe CO<sub>2</sub>-neutraal. Bij dit gebruik wordt weliswaar CO<sub>2</sub> uitgestoten, maar deze hoeveelheid is eerst in de vorm van plantaardig materiaal gebonden (de zogenoemde korte cyclus). Alléén bij gebruik van geteelde gewassen is deze cyclus niet CO<sub>2</sub>-neutraal door een input van fossiele grondstoffen, voornamelijk in de vorm van kunstmest en van dieselolie voor tractoren. Van alle groene grondstoffen ter wereld is echter 95% zonder zulke fossiele inputs ontstaan.



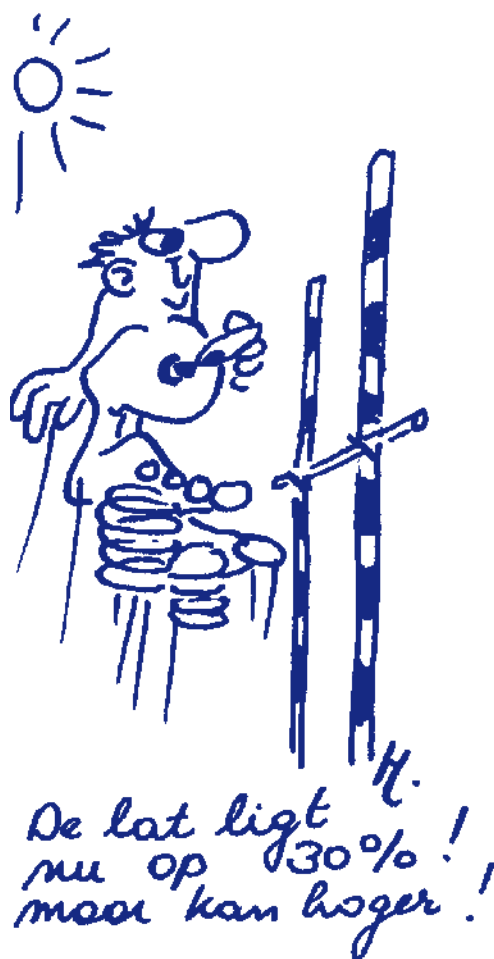


Groene grondstoffen zijn een afgeleide vorm van zonne-energie en kunnen daardoor een belangrijke bijdrage leveren aan een duurzame energievoorziening. Zij vertegenwoordigen een enorm potentieel. De helft van de wereldbevolking is voor zijn energievoorziening op groene grondstoffen aangewezen. Hun bijdrage aan de wereldenergievoorziening bedraagt op dit moment zo'n 10%. Ook in Nederland kunnen groene grondstoffen een belangrijk deel van de energievoorziening voor hun rekening gaan nemen en daarnaast ook de grondstof gaan vormen voor veel (chemische) producten die nu uit aardolie en aardgas worden gemaakt.

Een belangrijke zorg bij het benutten van groene grondstoffen voor energie en chemicaliën is concurrentie met de voedselvoorziening. Een verantwoord gebruik is alleen mogelijk als de efficiency van de

landbouw over de hele wereld wordt verhoogd, wat met krachtige inspanning zeker mogelijk is. Dit vereist politieke wil om dit doel te bereiken. Energie- en voedselvoorziening kunnen ook samengaan in gecombineerde teelt, door het gebruik van reststromen van de landbouw voor productie van brandstoffen. Verder is teelt van energiegewassen mogelijk op marginale en braakliggende gronden, en in verzilte gebieden waar gewone landbouw onmogelijk is geworden, waardoor geen concurrentie met landbouw plaatsvindt maar juist een nieuwe bron van inkomsten wordt geschapen voor de boer. Ook op zee kunnen groene grondstoffen worden geteeld. We zullen verder zien dat het voor de toekomst van groene grondstoffen van groot belang is, snel zogenaamde tweede generatie technologieën te ontwikkelen, waarmee waardevolle producten kunnen worden verkregen uit de lignocellulosefractie van biomassa die niet geschikt is voor voeding.





Evenals energiebesparing en zonne- en windenergie bieden groene grondstoffen de kans op het ontwikkelen van nieuwe bedrijvigheid, vaak op basis van nieuwe en schone technologie. In Nederland bieden groene grondstoffen bij uitstek deze economische kans doordat de daarvoor benodigde knowhow aansluit op de bestaande sterkten van de Nederlandse agro- en chemische industrieën. Agro en chemie zijn precies de twee terreinen waarop de Nederlandse industrie haar sporen heeft verdiend.

Voor het ontwikkelen van een sterke positie op het gebied van groene grondstoffen is dus niet méér nodig (en ook niet minder) dan dat deze branches, met de daaraan gekoppelde onderzoeksinstellingen, hun aandacht deels verleggen naar dit nieuwe, veelbelovende terrein.

### **AMBITIE EN TRANSITIEPADEN**

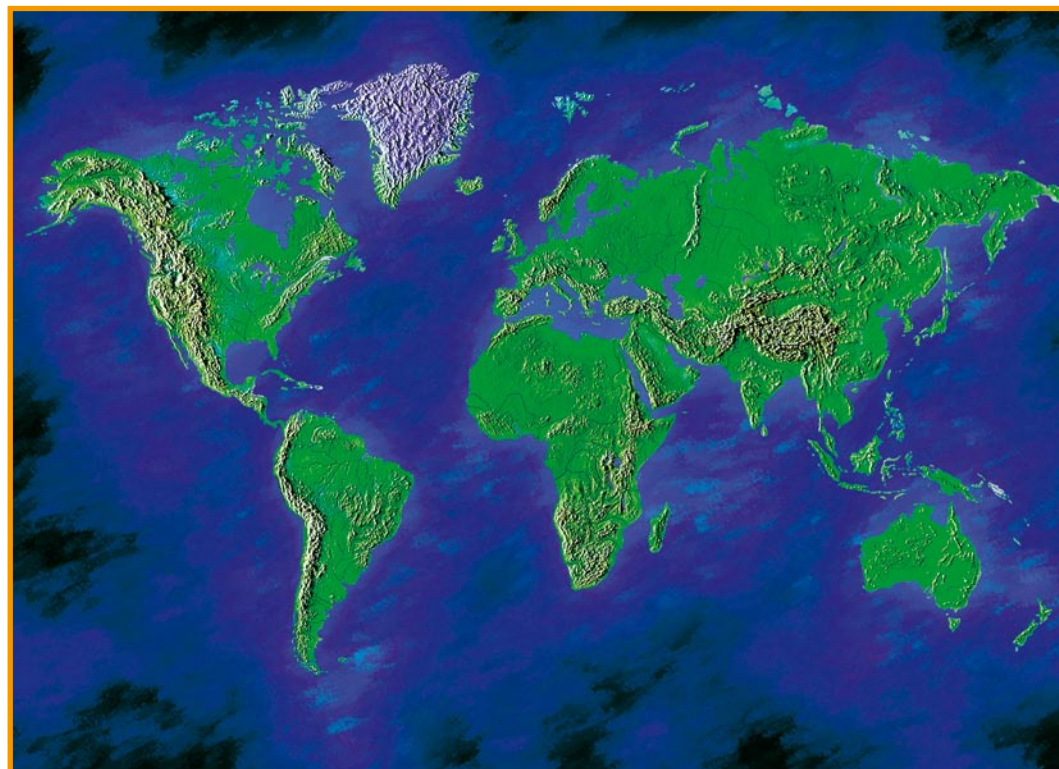
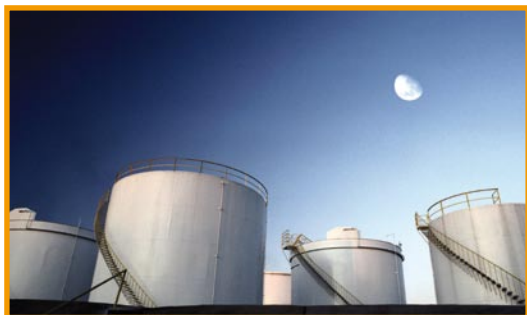
De ambitie van het Platform Groene Grondstoffen is om in 2030 30% van de fossiele grondstoffen in de Nederlandse energievoorziening te vervangen door groene grondstoffen. Het platform neemt daarbij aan dat het energieverbruik in 2030 gelijk is aan dat van 2000, namelijk 3.000 PJ. In deze visie is energiebesparing daarom cruciaal. Daarnaast neemt het platform aan dat de biomassa grotendeels geïmporteerd zal moeten worden omdat in Nederland onvoldoende biomassa beschikbaar zal zijn (reststromen en eigen productie) om de ambities te halen. Het zichtjaar 2030 is bewust gekozen. Het jaartal is ver genoeg weg om de mogelijkheden en het potentieel van groene grondstoffen in de volle breedte te laten uitkomen, maar het is tevens dichtbij genoeg om op dit moment bewuste keuzes in transitiepaden te kunnen maken en de toepassing van groene grondstoffen in gang te zetten.

Het gebied van groene grondstoffen is buitengewoon uitgebreid en er zijn bijzonder veel kansrijke activiteiten te bedenken. Om focus aan te brengen heeft het platform vijf transitiepaden geformuleerd. De eerste twee hebben betrekking op de productie van groene grondstoffen, de laatste drie op hun verwerking.

## TRANSITIEPAD 1:

### *Duurzame productie en ontwikkeling van biomassa*

Op basis van de gewenste eindtoepassingen (elektriciteit, warmte, transportbrandstoffen en chemicaliën) is geïnventariseerd welke biomassa ontwikkeld, geproduceerd en geïmporteerd moet worden. Bij dit transitiepad wordt gemikt op een aanzienlijke bijdrage van binnenlandse reststromen. Daarnaast liggen perspectieven in de ontwikkeling en optimalisatie van landbouwgewassen en gewassen die in zout of zoet water geteeld en geoogst kunnen worden (de aquatische biomassa).



## TRANSITIEPAD 2:

### *Duurzame importketens*

In regio's als zuidelijk Afrika, Oost-Europa en Latijns-Amerika ligt een aanzienlijk potentieel voor rendabele biomassaproductie. Bij de import dient wel verzekerd te worden dat deze niet ten koste gaat van de voedselvoorziening, het milieu en de arbeidsomstandigheden in de exportlanden. Nederlandse bedrijven kunnen een belangrijke rol spelen op terreinen als internationale logistiek en handel, certificering en commerciële dienstverlening.



Foto en auteursrecht: IdéActive BV, Sittard, NL

### **TRANSITIEPAD 3:**

#### ***Coproductie van chemicaliën, transportbrandstoffen, elektriciteit en warmte***

Voor de inzet van biomassa staat een groot aantal technologieën ter beschikking, grofweg in te delen als bioraffinage (scheiding van waardevolle onderdelen van de plant), fermentatie (processen onder invloed van enzymen en levende organismen), en thermochemische omzetting (vergassing, pyrolyse, verbranding). De keuze van technologie blijkt afhankelijk te zijn van de doeleinden van de inzet van biomassa.

### **TRANSITIEPAD 4:**

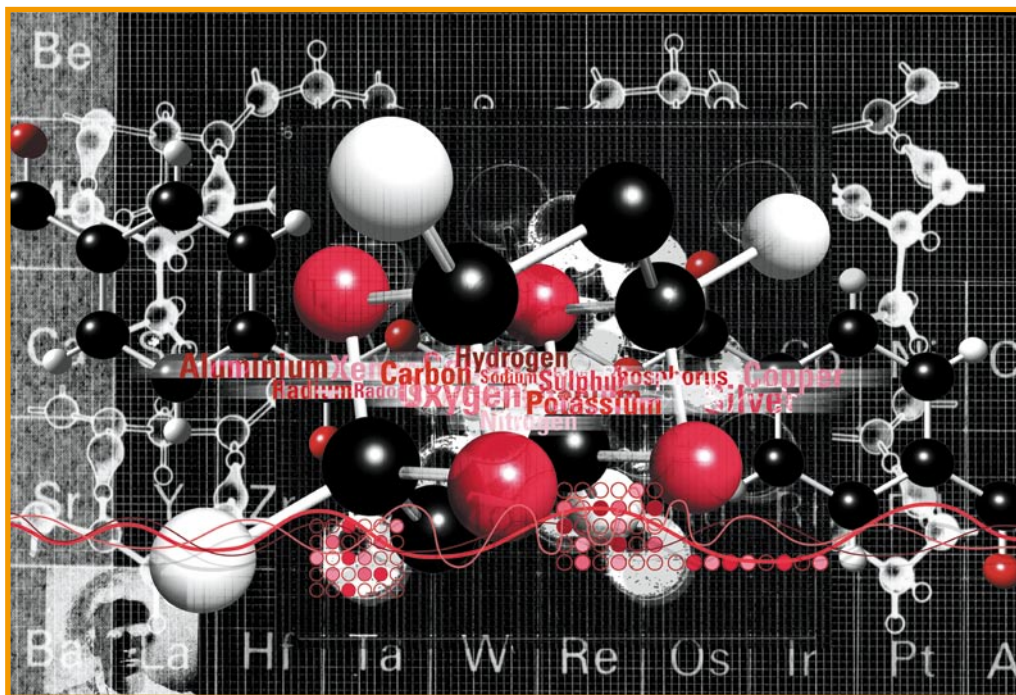
#### ***Productie van SNG (synthetic natural gas) voor de aardgasinfrastructuur***

De warmtebehoefte van huishoudens kan verduurzaamd worden door de inzet van SNG (synthetic natural gas) uit biomassa. SNG wijkt qua samenstelling iets af van Gronings aardgas maar heeft dezelfde calorische waarde, waardoor het goed in de bestaande infrastructuur kan worden opgenomen. Op dit moment heeft Nederland een koploperspositie op het gebied van SNG door onderzoek bij ECN en de betrokkenheid van Gasunie. De verwachting is dat de gehele conversieketen van biomassa tot SNG binnen tien jaar commercieel kan zijn.

## TRANSITIEPAD 5:

### *Innovatief gebruik van groene grondstoffen en verduurzaming van bestaande producten en processen in de chemie*

In Nederland is de chemie de grootste industriële gebruiker van fossiele grondstoffen, ruim 20% van het totaal waarvan 8% voor energie en 12% in de vorm van grondstof voor eindproducten. Al ruim tien jaar is de overgang naar groene grondstoffen op gang, waarbij Nederland een leidende rol speelt door een sterke positie in de fermentatietechnologie. In combinatie met nieuwe chemische bouwstenen en slimme bioraffinage ontstaan unieke kansen voor efficiëntere en meer milieuvriendelijke processen, en voor de ontwikkeling van nieuwe duurzame materialen en producten. Vermindering van afval en van uitstoot van gevaarlijke stoffen zijn onderdeel van deze ontwikkelingen.



## LEESWIJZER

In de komende hoofdstukken worden de ambities van het platform uitgewerkt en toegelicht.

**In hoofdstuk 2** geven wij een overzicht van de manier waarop biomassa kan worden ingezet.

**In hoofdstukken 3, 4 en 5** bespreken wij de bronnen van waaruit biomassa kan worden verkregen: reststromen en overschotten, teelt, import. Hier wordt ook ingegaan op bezwaren die vaak tegen het gebruik van groene grondstoffen worden ingebracht.

**In hoofdstukken 6 en 7** behandelen we de technieken waarmee biomassa kan worden toegepast: technieken voor energieopwekking in hoofdstuk 6, en technieken voor productie van chemicaliën en mineralen in hoofdstuk 7.

**Hoofdstuk 8** geeft aan hoezeer de inzet van biomassa kan variëren, al naar gelang de doelstellingen, met als conclusie voorlopig even vele opties open te houden.

**In hoofdstuk 9** ten slotte proberen we vele stukjes van de puzzel in elkaar te passen en een strategie voor groene grondstoffen te formuleren.



# Welke groene grondstoffen, waar in te zetten?



# WELKE GROENE GRONDSTOFFEN, WAAR IN TE ZETTEN?





***Het Platform Groene Grondstoffen heeft een ambitieus doel gesteld: in het jaar 2030 in 30% van de Nederlandse energiebehoefte te voorzien met groene grondstoffen. Dit is mede mogelijk door de specifieke Nederlandse situatie, met veel reststromen van biomassa, goede importkansen door grote havens, en beperkte mogelijkheden voor andere vormen van duurzame energie, met name waterkracht en zon.***

Als de inzet van zó veel biomassa in andere landen wordt nagevolgd, moet het rendement van de landbouw wereldwijd wel worden verbeterd om concurrentie met de voedselvoorziening zo veel mogelijk te vermijden. En nogmaals: energiebesparing is cruciaal omdat anders een te groot beslag wordt gelegd op waardevolle grondstoffen. Om de ambities van het platform toe te lichten, bespreken wij eerst waarover we het hebben bij biomassa, daarna de manier waarop deze kan worden ingezet.

Het platform ziet aanvoer van biomassa uit vier bronnen: primaire bijproducten, secundaire en tertiaire bijproducten, teelt en import. We kijken eerst naar de soorten biomassa en hun toepassing. In de hoofdstukken 3, 4 en 5 bezien we het volume: of er genoeg biomassa beschikbaar zal zijn.

***Primaire bijproducten*** bestaan uit bijproducten van land- en bosbouw, zoals bietenloof, stro van granen, bermgras en snoei- en dunningshout. Er bestaat bij eigenaren vaak wel interesse voor een verantwoorde en liefst financieel aantrekkelijke afzet. Gewasresten die op het land worden achtergelaten spoelen bijvoorbeeld gemakkelijk uit, leidend tot eutrofiëring van het

oppervlaktewater. Gewasresten worden vaak wel ondergeploegd voor bodemverbetering, maar dit is vanuit de bodemkwaliteit bezien meestal slechts beperkt nodig.



**Secundaire bijproducten** komen vrij bij bewerking van landbouwproducten, bijvoorbeeld aardappelstoomschillen, bierbostel en bietenpulp. **Tertiaire bijproducten** komen vrij na gebruik van de landbouwproducten; voorbeelden zijn mest, sloophout, groente-, fruit- en tuinafval (GFT) en slachtproducten. Deze producten moeten op een verantwoorde manier worden verwijderd. De bestaande markten hiervoor zijn de laatste jaren in beweging. Door veevoerincidenten (BSE, hormonen) is het verboden om sommige bijproducten nog langer als veevoer af te zetten. Dierziekten als varkenspest en vogelgriep hebben geleid tot ophoping van bijproducten, wat tot grote kosten heeft geleid. Er bestaat daarom behoefte aan nieuwe afzetkanalen; energieopwekking is daarvoor een mogelijkheid.



**Teelt** van energiegewassen is in Nederland beperkt mogelijk en komt langzaam op gang doordat deze zonder subsidies nog niet rendabel is. Ook het milieurendement is met de huidige gewassen en technologieën nog beperkt. Er zijn initiatieven voor koolzaad voor biodiesel (Groningen, Achterhoek en Limburg), tarwe voor ethanolproductie (Zeeland) en maïs voor vergisting. Bij verandering van subsidieregelingen voor suikerbieten zou de teelt van dit gewas wel eens voornamelijk op energieproductie kunnen worden gericht. Een andere mogelijkheid is multifunctionele energieteelt, waarbij teelt van energiegewassen wordt gecombineerd met andere landgebruiksfuncties. Er zal misschien ook behoefte gaan ontstaan aan andere afzetkanalen van gras door geplande vermindering van de veestapel, rationalisering van de bedrijfsvoering en beheersmaatregelen in veenweidegebieden, waardoor veel meer lage kwaliteit 'beheersgras' beschikbaar komt. Alle ontwikkelingen op dit gebied zijn sterk afhankelijk van het Europese landbouwbeleid.

**Import** van biomassa zal een groot deel van de Nederlandse behoefte moeten dekken. Uit studies blijkt dat de potentie hiervoor ruim voldoende is. De uitdaging is vooral een verantwoorde aanvoer tot stand te brengen. Er is bijvoorbeeld een stevige discussie ontstaan over het gebruik van palmolie voor bijstook in elektriciteitscentrales. Palmolie wordt in landen als Indonesië en Maleisië geproduceerd in grote plantages, vaak ontstaan door kap van regenwoud. Bovendien is palmolie ook geschikt voor menselijke consumptie, zodat misschien wordt ingegrepen in de voedselvoorziening in die landen. Het probleem ligt daarom vooral in een verantwoorde aanvoer en de daarbij behorende prijs. Hierover meer in hoofdstuk 5.

De volgende vraag is: waar, in welke sectoren, zullen groene grondstoffen worden toegepast? Om die vraag te beantwoorden heeft het platform vier grote toepassingen van fossiele grondstoffen onderscheiden: transportbrandstoffen, warmte, elektriciteit, en chemicaliën en materialen. Voor elke toepassing is een mogelijke bijdrage van biomassa in 2030 geformuleerd:

- **60% vervanging bij transportbrandstoffen**
- **25% vervanging bij de productie van chemicaliën en materialen**
- **17% vervanging bij het warmteverbruik**
- **25% vervanging bij het elektriciteitsverbruik**

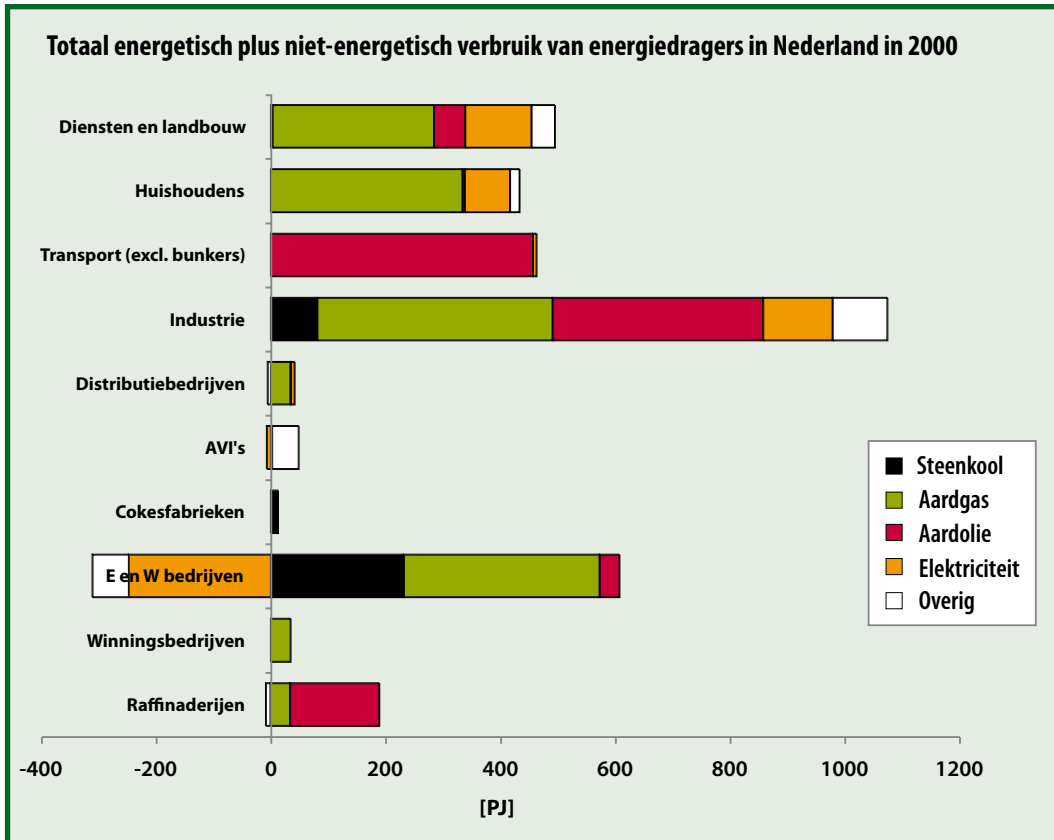
Om te onderzoeken welke rol groene grondstoffen in deze sectoren kunnen spelen, beschouwen we nader de structuur van de Nederlandse energiehuishouding.

We maken daarbij gebruik van een studie verricht door Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) en Wageningen University Research (WUR) op verzoek van het platform: L.P.L.M. Rabou en E.P. Deurwaarder (ECN), H.W. Elbersen en E.L. Scott (WUR), 'Biomassa in de Nederlandse Energiehuishouding in 2030' (aan te halen als ECN/WUR).



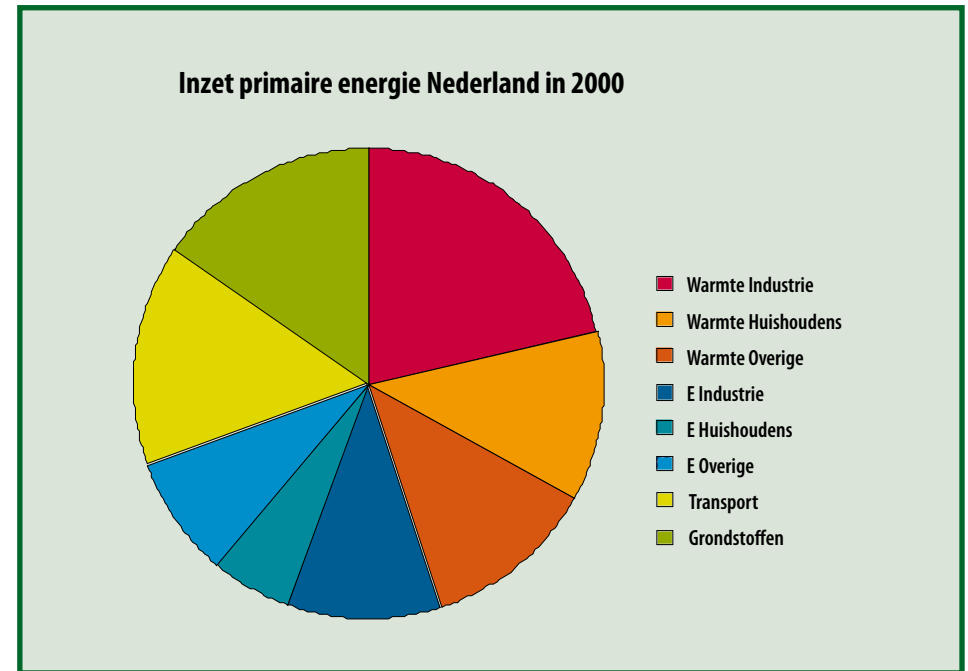
## DE NEDERLANDSE ENERGIEHUISHOUDING

In het jaar 2000 werd in Nederland 3.065 PJ gebruikt, verdeeld over sectoren zoals getoond in figuur 1.



Figuur 1. Energiegebruik in Nederland naar sector, 2000 (bron: Biomassa in de Nederlandse energiehuishouding in 2030, ECN/WUR, 2006)

Een andere manier om deze resultaten uit te drukken is in de vorm van taartpunten: zie figuur 2.

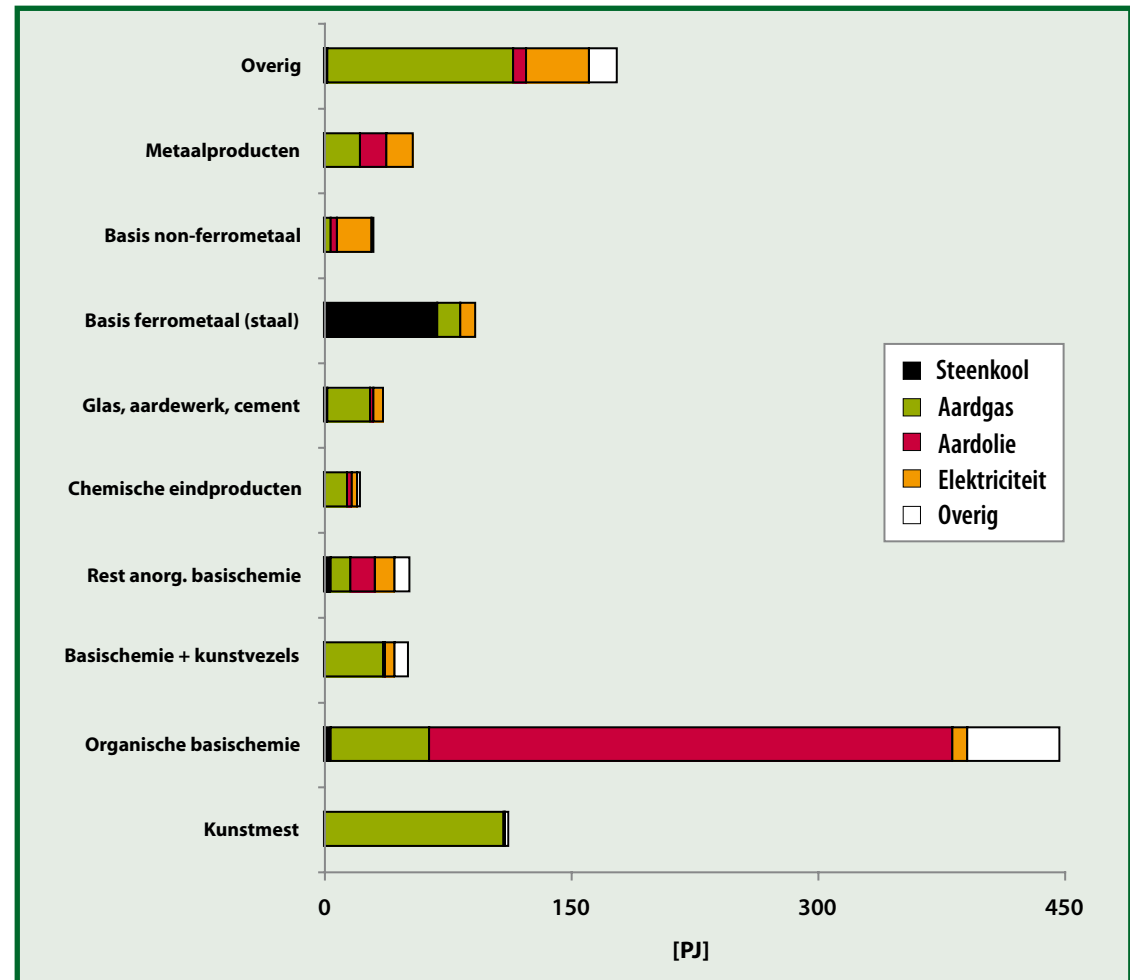


Figuur 2. Energiegebruik in Nederland naar toepassingen en gebruikers, 2000 (bron: Biomassa in de Nederlandse energiehuishouding in 2030, ECN/WUR, 2006)

Energiestatistiek is een ingewikkeld vak, omdat er vele beslissingen moeten worden genomen over toerekening van verbruiksposten. Bijvoorbeeld: worden omzettingsverliezen bij elektriciteitsproductie gerekend als energieverbruik van centrales, of omgeslagen over de elektriciteitsverbruikers? En hoe zit dat wanneer deze omzettingsverliezen in de vorm van warmte nuttig worden gebruikt in de industrie of bij stadsverwarming? Worden omzettingsverliezen bij raffinaderijen geboekt als industrieel energiegebruik of omgeslagen over de gebruikers van benzine en diesel?

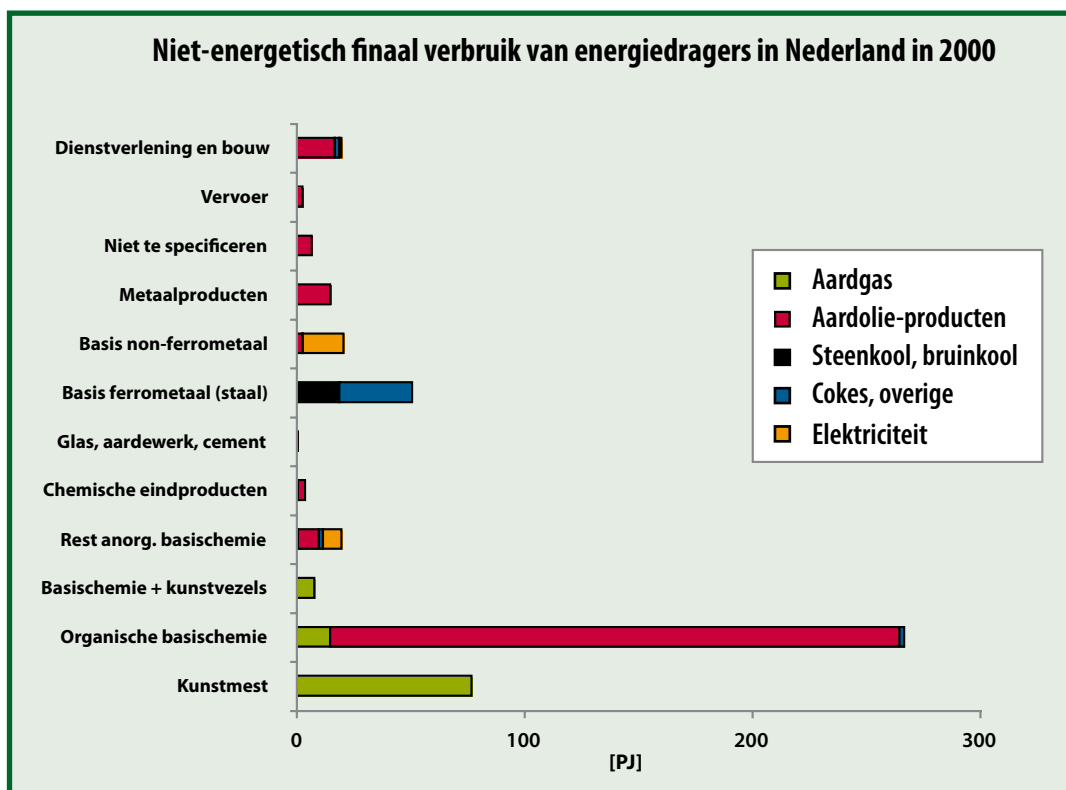
**Bij het inboeken van de energie-effecten van maatregelen moet steeds nauwkeurigheid worden betracht bij de statistiek. Het is bijvoorbeeld heel goed mogelijk visolie, een grondstof voor de voedingsmiddelen- en veevoerindustrie, te vervangen door oliën uit de teelt van algen. Als dat gebeurt, hoeft er minder vis te worden gevangen. Mag dan de besparing op dieselolie van viskotters als ‘opbrengst’ van deze maatregel worden geboekt? En als aminozuren zoals lysine worden geïsoleerd uit plantaardig materiaal, mag dan de vermeden energie bij synthese uit aardolie als energiewinst worden geboekt? Bij de besparingscijfers zoals gepresenteerd in dit boek worden dergelijke opbrengsten niet meegerekend.**

In vergelijking met het buitenland bezit Nederland een zeer grote sector energie-intensieve industrie zoals raffinaderijen, producenten van basischemicaliën en kunstmestfabrieken. De productie in deze sectoren is veel groter dan het binnenlands verbruik, een belangrijk deel van de producten wordt geëxporteerd. Daarom zijn berekeningen over Nederland niet zonder meer toepasbaar op andere landen. De verdeling van het energiegebruik over de Nederlandse industrietakken staat in figuur 3.



Figuur 3. Energiegebruik in de Nederlandse industrie, 2000 (bron: Biomassa in de Nederlandse energieuishouding in 2030, ECN/WUR, 2006)

Verder moet in rekening worden gebracht dat een deel van de fossiele brandstoffen, vooral van aardolie en aardgas, wordt gebruikt als grondstof. Aardgas is bijvoorbeeld grondstof voor de kunstmestproductie, doordat uit aardgas waterstof wordt gemaakt, dat vervolgens met luchtstikstof wordt gebonden tot ammoniak, uitgangspunt voor stikstofhoudende kunstmest. We hebben het gebruik van fossiele brandstoffen in de vorm van grondstof samengevat in figuur 4.



Figuur 4. Gebruik van fossiele brandstoffen als grondstof in Nederland, 2000 (bron: Biomassa in de Nederlandse energiehuishouding in 2030, ECN/WUR, 2006)

## NEDERLAND IN 2030

De vraag is: hoe zal in deze sectoren naar verwachting het energiegebruik in 2030 eruit gaan zien? Voor dit onderzoek is uitgegaan van een totaal energiegebruik in Nederland in 2030 op het peil van het jaar 2000, dat wil zeggen: ca. 3.000 PJ. Alleen al voor het stabiliseren van het energiegebruik zijn forse inspanningen nodig, aangezien dit in Nederland lange tijd met 2 à 3% per jaar is gestegen. In 2005 was het energiegebruik al weer hoger dan in 2000, namelijk ca. 3.200 PJ. Maar misschien gaan autonome ontwikkelingen hier een handje helpen, want 2005 was ook het eerste jaar na de Tweede Wereldoorlog waarin het energiegebruik licht is gedaald.

Gezien de stand van de technologie kunnen we redelijke voorspellingen doen over de manier waarop het energiegebruik per sector zich zal ontwikkelen. Bij elkaar geeft dat een beeld van de Nederlandse energievoorziening in 2030.

**Huishoudens.** De bevolking neemt toe en het aantal huizen nog sneller, maar daar staat tegenover dat huizen steeds beter geïsoleerd zullen worden. Warmte zal meer worden geleverd via zonnepanelen en warmtepompen. Het elektriciteitsgebruik neemt nog toe, maar dit wordt ruimschoots gecompenseerd door afname van het gebruik van aardgas voor verwarming.

**Diensten.** Dezelfde ontwikkeling als bij huishoudens, alleen is hier de daling van het aardgasgebruik voor verwarming nog sterker. Ook hier blijft het elektriciteitsgebruik licht stijgen.

**Land- en tuinbouw.** De glastuinbouw is de grootste energiegebruiker. Ook hier zal, ondanks vergroting van het areaal, het warmteverbruik dalen terwijl het elektriciteitsverbruik licht zal toenemen.

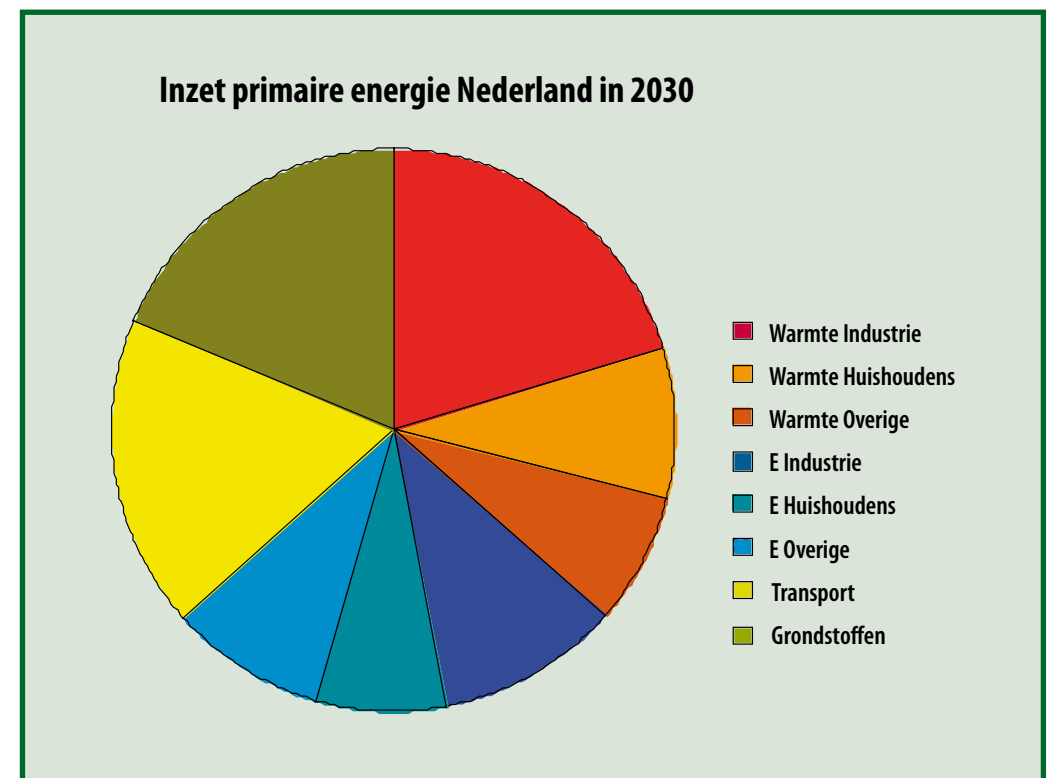
**Transport.** Ondanks zuinigere auto's zal het verbruik van transportbrandstoffen naar verwachting toenemen. De spoorwegen zullen meer elektriciteit verbruiken door het in gebruik nemen van nieuwe trajecten en door hogere snelheden.

**Raffinaderijen.** Voorspellingen tot 2030 zijn moeilijk te maken. Wij gaan ervan uit dat de capaciteit niet sterk zal toenemen waardoor ook het eigen verbruik grotendeels gelijk blijft.

**Industrie.** Deze is sterk afhankelijk van de ontwikkeling van de wereldeconomie en de vraag in hoeverre productie gaat verschuiven naar lagelonenlanden. Wij gaan er hier van uit dat er nog groei plaatsvindt, die echter nauwelijks leidt tot een grotere vraag naar energie, vooral door besparing op energie voor warmteproductie.

**Elektriciteits- en warmtebedrijven.** De toenemende vraag naar elektriciteit leidt tot een groeiende vraag naar brandstoffen voor elektriciteitscentrales, zelfs bij een fors bouwprogramma voor windenergie op zee. Warmte zal meer worden geleverd door warmtekrachtinstallaties bij industrie, landbouw en diensten.

Er zal hierdoor een verschuiving in het energiegebruik per sector plaatsvinden. De verwachte verdeling in taartpunten in 2030 laten we zien in figuur 5.



*Figuur 5. Verwacht energiegebruik in Nederland naar sector, 2030 (bron: Biomassa in de Nederlandse energiehuishouding in 2030, ECN/WUR, 2006)*

## DE BIJDRAGE VAN BIOMASSA

Welke bijdrage kan biomassa, in zijn vele vormen, in 2030 leveren aan de vier toepassingen: warmte, elektriciteit, transport en chemicaliën/materialen? (De verschillende technologieën voor omzetting van biomassa worden nader besproken in de hoofdstukken 6 en 7.)

**Warmte.** Biomassa kan door verbranding direct worden omgezet in warmte. In de praktijk zal dit vaak op bezwaren stuiten vanwege de emissie van stof en verzurende gassen, vooral bij kleinschalige installaties. Daarom is omzetting van biomassa in methaan aantrekkelijker, door vergisting (kleinschalig) of vergassing (grootschalig). Vergassing is geschikt als technologie om op grote schaal synthetisch aardgas (SNG) te maken (rendement ca. 70%), dat via het aardgasnet kan worden gedistribueerd.

**Elektriciteit.** Door bijstook in kolencentrales wordt droge biomassa nu al ingezet voor elektriciteitsproductie. Om milieuredenen wordt het aandeel biomassa beperkt tot 20%, maar dit kan misschien worden opgerekt tot 30%. Specifieke centrales voor verbranding van biomassa vormen een alternatief.

Bij de elektriciteitsvoorziening in 2030 moet rekening worden gehouden met een aanzienlijke hoeveelheid windvermogen aan het net, waarvan de productie afhankelijk is van de weersomstandigheden. Dit vereist een goede regelbaarheid van het overige vermogen. De bestaande kolencentrales, waarin biomassa in de vorm van houtpellets wordt bijgestookt, zijn niet geschikt voor

dit doel. De vereiste regelbaarheid bestaat wel in aardgascentrales, waar vloeibare brandstoffen uit biomassa kunnen worden bijgestookt. Momenteel worden daarvoor zuivere plantaardige oliën gebruikt, maar in de toekomst kunnen deze worden vervangen door pyrolyseolie. Ook bestaan er plannen voor flexibele centrales, waarin steenkool en biomassa door middel van vergassing kunnen worden omgezet in elektriciteit, SNG en warmte, al naar behoefte.

**Transport.** Ook in 2030 zullen veel auto's nog rijden op diesel en benzine, zo wordt verwacht. Beide motorbrandstoffen kunnen grotendeels worden vervangen door producten van biologische oorsprong. **Biodiesel** wordt gemaakt uit plantaardige oliën als raapolie, maar ook pure plantaardige oliën kunnen worden gebruikt na aanpassingen in de motor. In de toekomst, als de vraag naar biodiesel toeneemt, kan deze ook synthetisch worden gemaakt via het Fischer-Tropsch proces.

**Bio-ethanol** uit vergisting van onder meer suikerriet wordt gebruikt als bijmenging bij benzine. Ethanol kan voor de nu op de markt zijnde automotoren slechts beperkt worden bijgemengd bij benzine, maar na aanpassing van de motoren (zoals op grote schaal gebeurt in Brazilië) mag het ethanolgehalte stijgen tot 85%.

Gebruik van biodiesel en bio-ethanol wordt sterk gestimuleerd door de richtlijn biobrandstoffen van de EU. Deze stelt tot doel dat in 2010 5,75% van de motorbrandstoffen van biologische oorsprong moet zijn.





*\* Het Platform Groene Grondstoffen zal in dit kader een nadere studie laten verrichten teneinde in 2008 aanvullend te kunnen rapporteren over zijn ambitie voor het aandeel groene grondstoffen in transportbrandstoffen in 2030.*

In het voorstel van de Europese Commissie was een bijdrage van 8% in 2020 voorzien, maar uit onderzoek van de Commissie blijkt dat 10% (EU-doel bijmenging biobrandstoffen in 2020\*) haalbaar is. Een beperkende factor vormt de betrekkelijke inflexibiliteit van de bestaande raffinaderijen. Deze produceren benzine en diesel in een vaste verhouding, zodat bij elke vervanging van diesel ook een overeenkomstig percentage vervanging van benzine moet worden voorzien. Verder produceren raffinaderijen veel producten voor de chemische industrie, zodat ook voor deze stoffen biologische alternatieven moeten worden ontwikkeld. Al met al biedt de sector transport goede mogelijkheden om grootschalig biomassa in te zetten.

**Chemicaliën/materialen.** In principe zijn er grote mogelijkheden om de inzet van fossiele grondstoffen voor de productie van chemicaliën en materialen te vervangen door biomassa, maar een groot deel van deze processen is nog in het onderzoeksstadium en sommige veelbelovende ideeën bestaan nog slechts op papier.

Direct toepasbaar is de vervanging van steenkool door houtskool bij de staalfabricage; technisch lijkt 50% vervanging zeker haalbaar. Basischemicaliën in de organische chemie worden voornamelijk uit aardolie gemaakt, zoals olefinen (ethyleen, propyleen, butadieen), en aromaten (benzeen, toluen, ethylbenzeen, xylene). Maar bij ontwikkeling van groene grondstoffen als basis voor de chemie komen misschien geheel andere stoffen tevoorschijn als basischemicaliën. Dit wordt uitgewerkt in hoofdstuk 7.

Er zijn in principe vier routes waarbij geschikte grondstoffen uit biomassa kunnen worden gewonnen:

- 1 Kleinschalige biomassa(pre)conversie nabij de bron (akker). Biomassa komt op tal van locaties in diverse hoeveelheden en in diverse samenstellingen beschikbaar. Lokale verwerking tot een beter transporteerbaar en langer houdbaar tussenproduct met terugvoer van benodigde fracties naar de akker biedt grote voordelen.
- 2 Het verbeteren van gebruik van bestaande residustromen uit de agro-foodindustrie door bioraffinage en verdere conversie.
- 3 Coproductie van brandstoffen en chemicaliën naast elektriciteit (en warmte) in grootschalige vergassingsinstallaties voor kolen en biomassa.
- 4 De productie van zogenaamde tweede generatie transportbrandstoffen en andere producten uit lignocellulose en agrarische residuen, door fermentatie en thermochemische conversie.

De conclusie van deze beschouwing per eindtoepassing is dat het inpassen van groene grondstoffen in de Nederlandse energievoorziening zeker mogelijk is. Alleen bij elektriciteitsproductie en transport zal het halen van ambitieuze doelstellingen op problemen kunnen stuiten vanwege de mogelijk beperkte beschikbaarheid van de grondstoffen en de inertie van de bestaande infrastructuur.

## PRIORITEITEN

Bij het ontwikkelen van groene grondstoffen dienen vroeg of laat prioriteiten te worden gesteld. Moeten oliën en restvetten zoals frituurvet en slachtafval worden gebruikt voor elektriciteitsproductie, waarmee voornamelijk aardgas wordt bespaard, of kunnen deze beter worden ingezet als grondstof voor biodiesel omdat we daarmee besparen op aardolie? Moeten landbouwresten worden vergist tot methaan voor gebruik in kleinschalige warmtekrachteenheden, of centraal worden verzameld voor vergassing en omzetting in biodiesel? Moet vooral worden ingezet op energieproductie of op veredeling en opwerking tot basischemicaliën? Heeft reductie van CO<sub>2</sub>-emissie de prioriteit of het toevoegen van zo veel mogelijk waarde?

Het platform meent dat allereerst moet worden gemikt op vervanging van aardolie als grondstof. Aardolie is schaarser dan aardgas (en zeker dan steenkool) en de markt van aardolie is krapper. Vervanging van aardolie heeft dan ook de voorkeur van het platform boven vervanging van aardgas en steenkool. Deze voorkeur wordt nog eens versterkt door de overweging dat steenkool vooral grootschalig wordt gebruikt, met name in elektriciteitscentrales, waardoor te zijner tijd heel goed CO<sub>2</sub> kan worden afgevangen, terwijl aardolieproducten verspreid worden toegepast en afvang van CO<sub>2</sub> niet aan de orde is. Daarom zal zeker in de beginperiode veel aandacht moeten worden gericht op productie van transportbrandstoffen en chemicaliën uit groene grondstoffen.

Restvetten en restoliën dienen daarom te worden verwerkt tot biobrandstof en niet te worden verstoekt in elektriciteitscentrales. Uit de overige rest- en bijproducten wordt bij voorkeur pyrolyseolie gemaakt.

Een tweede prioriteitsstelling komt voort uit economische overwegingen. Tussen de vier sectoren waarin fossiele grondstoffen kunnen worden vervangen door biomassa bestaat een groot verschil in opbrengst. Inzet van grondstoffen voor warmteproductie levert de laagste opbrengst, momenteel ca. € 3/GJ; elektriciteitsproductie levert € 6/GJ, transportbrandstoffen € 8/GJ, en bij de productie van bulkchemicaliën zijn de grondstoffen gemiddeld € 30/GJ waard. Vanuit economisch oogpunt is het dan ook zaak de verschillende biomassastromen in te zetten in de sector met de hoogste opbrengst. Opnieuw komt de productie van chemicaliën en

transportbrandstoffen boven aan de prioriteitenlijst, gevolgd door elektriciteitsproductie, terwijl warmteproductie de toepassing is voor de niet elders in te zetten reststroom.

De laatste prioriteit volgt uit de noodzaak om concurrentie met de voedselvoorziening te voorkomen. De komende jaren worden transportbrandstoffen uit biomassa nog voornamelijk gemaakt uit voedingsgewassen als raapzaad, maïs en tarwe. Wanneer hierop massaal wordt overgeschakeld, wordt de concurrentie met voeding nijpend. Met tweede generatie technologieën (Fischer-Tropsch proces en fermentatie, waarover meer in hoofdstuk 6) zal lignocellulose, die niet geschikt is voor voeding, in transportbrandstoffen kunnen worden omgezet. Het snel ontwikkelen van deze technologieën is daarom zeer belangrijk voor grootschalige toepassing van groene grondstoffen.





# Potentieel, reststromen en overschotten



# POTENTIEEL, RESTSTROMEN EN OVERSCHOTTEN



**Veel mensen die voor het eerst horen van een mogelijke grote rol van groene grondstoffen in de energievoorziening zijn sceptisch en vragen zich af of dit niet ten koste zal gaan van voedselvoorziening en milieu. De zorg is terecht, maar onder gunstige omstandigheden is het mogelijk dat misstanden slechts incidenteel zullen voorkomen. Een voorwaarde voor het op grote schaal benutten van groene grondstoffen is dat de efficiency van de landbouw over de hele wereld omhoog gaat. Verder zijn een goede organisatie en toezicht op het naleven van afspraken essentiële ingrediënten van een verantwoord gebruik van biomassa.**

### **HET POTENTIEEL VAN BIOMASSA**

De helft van de wereldbevolking is voor zijn energievoorziening geheel afhankelijk van biomassa. Biomassa draagt voor 10% bij aan de wereldenergievoorziening en zelfs in Nederland is er een aanzienlijk potentieel. Nederland kent een hoog welvaartspeil, een energie-intensieve industrie en weinig landoppervlak, ongunstige omstandigheden voor een groot binnenlands aandeel van groene grondstoffen. De onderzoekers van WUR en ECN schatten dat ook in Nederland **binnenlandse** groene grondstoffen een tiende van de energievoorziening voor hun rekening nemen, en dit zónder specifieke teelt van energiegewassen, dus uitsluitend met benutting van reststoffen als sloophout, GFT, resten van land- en bosbouw, mest etc.

Het Platform Groene Grondstoffen mikt op de systematische benutting van deze reststoffen in 2030, waarmee al een derde van zijn ambities worden waargemaakt.

Nog hogere getallen verschijnen als we het potentieel aan groene grondstoffen over de hele wereld vergelijken met de wereldenergievraag. Deze laatste bedraagt momenteel ca. 400 EJ en zal zich, bij een groeiende wereldbevolking, toenemende welvaart en een veel betere efficiency van de energievoorziening wellicht over dertig jaar stabiliseren op ca. 1.000 EJ. De stroom reststoffen van land- en bosbouw over de hele wereld vertegenwoordigt een energetische waarde van 100 EJ.



Nog eens 100 EJ kan worden verkregen uit teelt van energiegewassen op gronden die voor landbouw ongeschikt zijn (geworden): marginale en braakliggende gronden, verzilte en verdroogde gebieden, en geërodeerd land waarvoor aanplant van energiebossen een eerste stap kan zijn om het weer in cultuur te brengen. We brengen futuristische concepten als teelt van zeewier op zee nog niet in rekening. En ten slotte, als de efficiency van de landbouw toeneemt, kunnen gronden vrijkomen die niet meer voor voedselproductie nodig zijn, wat tegen het midden van deze eeuw nog eens 200 EJ aan groene grondstoffen kan leveren. Alle hier genoemde getallen zijn 'middenschattingen': pessimistische onderzoekers komen veel lager uit, optimisten veel hoger.

We kunnen dit ook als volgt uitdrukken. Het platform heeft becijferd welk extra beslag er op productiegrond wordt gelegd wanneer 30% van de Nederlandse energievoorziening wordt gebaseerd op groene grondstoffen, uitgaande van een zekere verhoging van de efficiency van de landbouw. Het platform komt uit op 3,5 miljoen hectare, en dat terwijl Nederland zelf slechts 3,3 miljoen hectare omvat.

Nederland zal dus gebruik moeten maken van buitenlandse landbouwgrond. Maar we moeten niet vergeten dat Nederland een dichtbevolkt land is, dat door import van voeding en voedinggrondstoffen altijd al een zeker beslag heeft gelegd op buitenlands productieareaal. En wat als het Nederlandse welvaartspeil en gebruik van groene grondstoffen wereldwijd ingang zouden vinden? In Nederland woont ca. 0,3% van de wereldbevolking. Wanneer de hele wereldbevolking eenzelfde beslag zou leggen op land voor de productie van groene grondstoffen, komen we uit op 1 miljard hectare ofwel 7% van het totale landoppervlak van onze planeet - een zeer forse maar misschien niet onmogelijke claim op landgebruik.

Op macroschaal vertegenwoordigen groene grondstoffen aldus een aanzienlijk potentieel. Is benutting van dit potentieel ook mogelijk in de praktijk? Om dit te onderzoeken bekijken we achtereenvolgens de bronnen van biomassa: reststromen en teelt (beide binnenslands) en import. Daarbij komen niet alleen de kansen maar ook de risico's van gebruik van biomassa aan de orde.

***“Berekeningen over het potentieel aan groene grondstoffen gaan doorgaans uit van te voorzichtige aannames. Men heeft geen oog voor de snelle vorderingen dankzij biotechnologie. Alleen al door incrementele verbeteringen aan gewassen met behulp van biotechnologie stijgt de opbrengst van de landbouw jaarlijks met 2%. De opbrengst van maïs per hectare is bijvoorbeeld enorm toegenomen door de juiste teeltkeuze. Men is erin geslaagd de communicatie tussen planten sterk te verminderen, zodat zij nu veel dichter op elkaar kunnen worden geplant. En die 2% per jaar is dan nog exclusief doorbraken die eveneens plaatsvinden.”***

**Johan Vanhemelrijck, lid van het Platform Groene Grondstoffen**

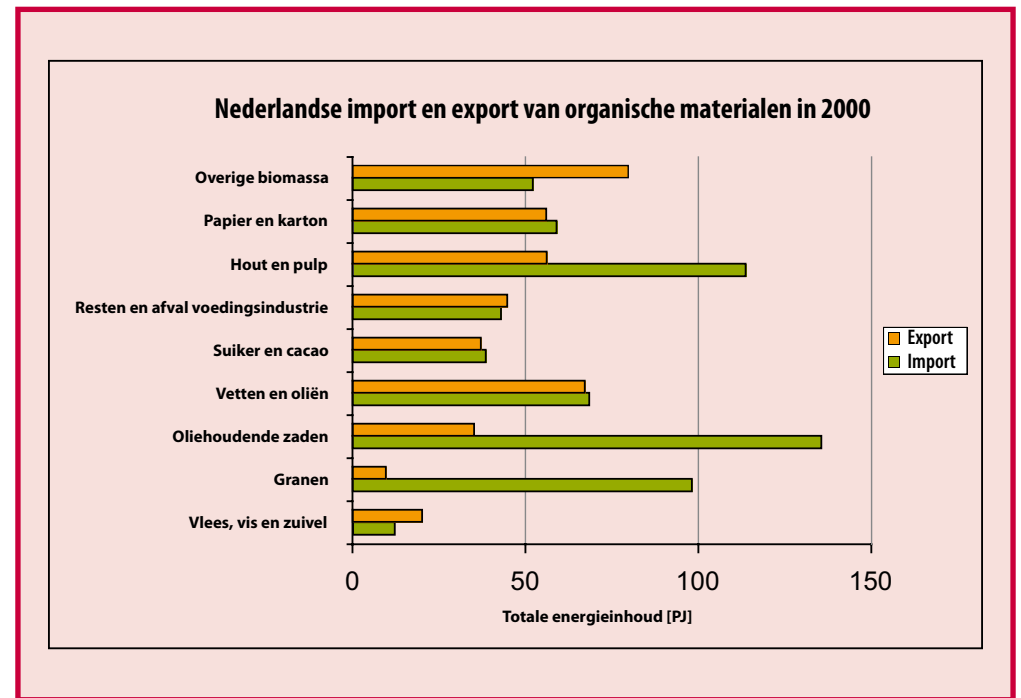


## RESTSTROMEN

Biomassastromen in Nederland komen primair vrij uit binnenlandse productie: door groei van planten en bomen. De maximale opbrengst bij duurzaam gebruik van de Nederlandse bodem (dus zonder degradatie van landbouwgrond) wordt door de onderzoekers van ECN en WUR in energietermen geschat op 527 PJ; dit is zonder teelt op zee. Deze hoeveelheid is gelijk aan 17% van het binnenlandse energiegebruik in 2000 en omvat alle biomassaproductie, dus óók de voedselproductie.

Biomassa wordt echter in Nederland niet alleen voortgebracht van eigen bodem, maar ook op grote schaal geïmporteerd en geëxporteerd. In 2000 voerde Nederland 52 miljoen ton aan biomassa in, terwijl de uitvoer 43 miljoen ton bedroeg (berekend op 'droge massa'). Hierbij verstaan wij onder biomassa: alle organische materialen, dus producten als papier, meel, plantaardige oliën en oliehoudende zaden, granen, groente en fruit, vlees en vis, en levende dieren. In figuur 6 worden de belangrijkste im- en exportstromen weergegeven. Om vergelijking met het voorgaande mogelijk te maken, is alle biomassa uitgedrukt in energetische waarde (PJ).

Uit de statistiek blijkt dat in 2000 de import de export overtrof met 9 miljoen ton ofwel 215 PJ. Er zijn twee categorieën die eruit springen met een importoverschot: hout en pulp (voor de bouw en de papierfabricage), en de voedingsmiddelen 'granen' en 'oliehoudende zaden' (grondstoffen voor onder meer veevoer en de bio-industrie). Daar staan exportoverschotten tegenover voor



Figuur 6. Import en export van biomassa, Nederland 2000 (bron: Biomassa in de Nederlandse energiehuishouding in 2030, ECN/WUR, 2006)

levende planten en dieren, vlees, vis en zuivel, en producten van de meelindustrie. Geïmporteerde biomassa wordt in Nederland dus voor een belangrijk deel omgezet in meer waardevolle producten.

Binnenlandse toepassing van biomassa begint met verzameling van reststromen. Nederland is mede door zijn importoverschot het land met de hoogste doorzet van biomassa ter wereld, berekend per hectare. Deze doorzet bedraagt jaarlijks 43 miljoen ton, waarvan 21 miljoen uit import van voedsel, veevoer en landbouwresten, 10 miljoen uit grasproductie, 7 miljoen uit productie van akkerbouw en tuinbouw, en 5 miljoen uit import en binnenlandse productie van hout en papier.

Op 3,3 miljoen hectare betekent dit een flux van 13 ton per hectare per jaar. Vergelijk daarmee de cijfers voor Frankrijk en Duitsland (5 ton), de VS (2,5 ton) en het wereldgemiddelde (1,5 ton).

Reststroom is een mooi woord voor afval - en daarmee is meteen een probleem aangeduid, want voor de verwerking van afval bestaan stringente regels ter bescherming van volksgezondheid en milieu. Voor het benutten van groene grondstoffen is het echter dringend noodzakelijk dat zich markten ontwikkelen waarop biomassa verhandeld wordt. Dat wringt, bijvoorbeeld bij export van afval. Europese wetgeving speelt hierbij een belangrijke rol, en de ervaring tot nu toe met Europese samenwerking op dit gebied is niet goed.



Er bestaan al markten voor tertiaire stromen als frituurvet en slachtafval. Hieruit kan jaarlijks in Nederland ca. 10 PJ aan transportbrandstoffen worden gewonnen. Is deze verwerking eenmaal op gang gekomen dan kan ook hooi voor dit doel worden aangeboden, opbrengst nog eens 2 PJ per jaar.

GFT (groente-, fruit- en tuinafval) wordt in vele gemeenten apart ingezameld. In 2002 werd 1,4 miljoen ton GFT ingezameld, ofwel 88 kilo per persoon per jaar. Toch is dit maar 52% van de totale hoeveelheid huishoudelijk GFT; nog eens 1,3 miljoen ton kwam terecht bij het restafval. Wordt de apart ingezamelde GFT-fractie ingezet voor de energieproductie, bijvoorbeeld door vergisting, dan is dit goed voor een jaarlijkse opbrengst van 9 PJ.

Mest is een zeer grote reststroom. Vanaf 1 januari 2006 geldt in Nederland een nieuwe mestwetgeving die mestverwerking stimuleert in zogenaamde co-vergisters (installaties die zowel mest als plantaardig afval verwerken). In 2006 telde Nederland enkele tientallen vergisters en een honderdtal initiatieven. Deze vergisters werden gestimuleerd door MEP-subsidie van de overheid totdat eind 2006 deze subsidie weer grotendeels werd stopgezet. In Duitsland gaat dat beter, de overheid steunt duurzame energie daar voluit en dat komt niet alleen tot uiting in een veel groter aandeel windenergie maar ook in veel meer vergisters: momenteel staan er al ca. 1.000.

Primaire bijproducten zullen, naarmate verwerkingsmogelijkheden zich ontwikkelen, eveneens op de markt worden aangeboden.

Het gaat dan om producten als bietenloof en bermgras, die vaak op het land blijven liggen en daar problemen veroorzaken met uitspoeling van nitraten naar het oppervlaktewater. In bossen en de natuur wordt in Nederland jaarlijks gemiddeld per hectare 3,5 ton biomassa per jaar geproduceerd, maar deze aanmaak wordt beperkt gebruikt. De afvoer van hout uit Nederlandse bossen bedraagt slechts de helft van de jaarlijkse bijgroei.

Stro van granen wordt deels verzameld om te worden verkocht in balen en blijft daarnaast op het land achter om te worden ondergeploegd. Lang niet alle stro is echter nodig als C-gift en

meststof. Er bestaat bij akkerbouwers belangstelling voor nieuwe afzetmogelijkheden.

Ook groenbemestingsgewassen als bladrammenas vormen een aantrekkelijke biomassabron. Deze gewassen worden later in het seizoen ingezaaid na het hoofdgewas, zoals tarwe. Zij binden stikstof en functioneren daarom na het onderploegen als stikstofbemesting. Zij kunnen echter ook worden geoogst en vergist (met energieproductie), waarna de stikstofgift alsnog kan worden toegediend als digestaat (reststof van vergisting).



## Het platform hanteert de volgende inventarisatie van het verwachte aanbod van biomassa in Nederland in 2010.

Nr.	Biomassasoort	Aanbod in Nederland [kton/jaar]	Energie-inhoud [GJ/ton]	Energie-inhoud [PJ/jaar]
1a	Vers resthout, houtblokken	500	10,2	5,1
1b	Vers resthout, houtsnippers	540	10,2	5,5
2	Energieteelt	2	2	-
3a	Schoon resthout (zaagsel/krullen)	270	15,6	4,2
3b	Houtpellets	100	17,5	1,8
3c	Schoon resthout, afkorthout	250	15,6	3,9
4	Gescheiden ingezameld hout van A-hout kwaliteit	500	15,4	7,7
5	Gescheiden ingezameld hout van B-hout kwaliteit	700	15,4	10,8
6	Gescheiden ingezameld hout van C-hout kwaliteit	50	15,4	0,8
7	Granen	-	17	-
8	Stro van granen	-	13,3	-
9	Bermgras	450	5,3	2,4
10	Hooi van gras	140	12,7	1,8
11	Hennep, vlas	5	11,3	-
12	Energieteelt (miscanthus)	0,5	13,2	-
13	Plantaardige olie	4	38	-
14	Stro	15	13,6	-
15a	Schillen	100	16,5	1,7
15b	Schroot / schilfers	100	15	1,5
16a	Frituurvet	60	38	2,3
16b	Bleekarde	12	10	-
16c	Vetzuren	60	38	2,3
16d	Restvetten	-	30	-

## Het platform hanteert de volgende inventarisatie van het verwachte aanbod van biomassa in Nederland in 2010.

Nr.	Biomassasoort	Aanbod in Nederland [kton/jaar]	Energie-inhoud [GJ/ton]	Energie-inhoud [PJ/jaar]
16e	Droge VGI-restproducten	100	18	1,8
16f	Diermeel	50	22	1,1
17	Swill	215	-	-
18	GFT	2.280	3,4	7,8
19	Afval	6.800	9	27,5
20	Oud papier en karton	-	-	-
21	Textiel	-	-	-
22	Shredderafval	-	-	-
23	Reinigingsdienstenafval	-	-	-
24	Kippenmest	1.000	6,6	6,6
25	Runder- en varkensmest	15.000	-	-
26	Slib RWZI	1.400	1,5	2,1
27	Composteeroverloop	50	10,2	0,5
28	Afgescheiden houtafval uit brandbaar afval	500	15,4	7,7
29	Papierslib	1.000	1,6	1,6
30	Papier/plastic pellets (SRF)	1.400	18	18,9
<b>Totaal</b>		<b>34 Mton</b>		<b>132,3</b>
<b>Primair bijproduct (direct van het land)</b>				<b>4,2</b>
<b>Secundair en tertiair (bijproduct of afval)</b>				<b>126,3</b>
<b>Teelt</b>				<b>-</b>
<b>Import</b>				<b>1,8</b>

Tabel 1. Verwacht aanbod van biomassa in 2010 (naar Koppejan 2005, aangepast door Rabou et al - bron: Biomassa in de Nederlandse energiehuishouding in 2030, ECN/WUR, 2006)

In 2030 zal de situatie weer anders zijn dan nu. Door toenemende productiviteit van de landbouw en door groei van de industrie zullen de reststromen groter zijn. Bovendien zullen er technologieën zijn om ook de moeilijk te benutten soorten afval om te zetten, bijvoorbeeld runder- en varkensmest, waarvan de energieproductie in tabel 1 niet is meegenomen. Het platform schat dat in 2030 uit primaire reststromen per jaar 100 PJ benut zal kunnen worden en uit secundaire en tertiaire reststromen nog eens 200 PJ.

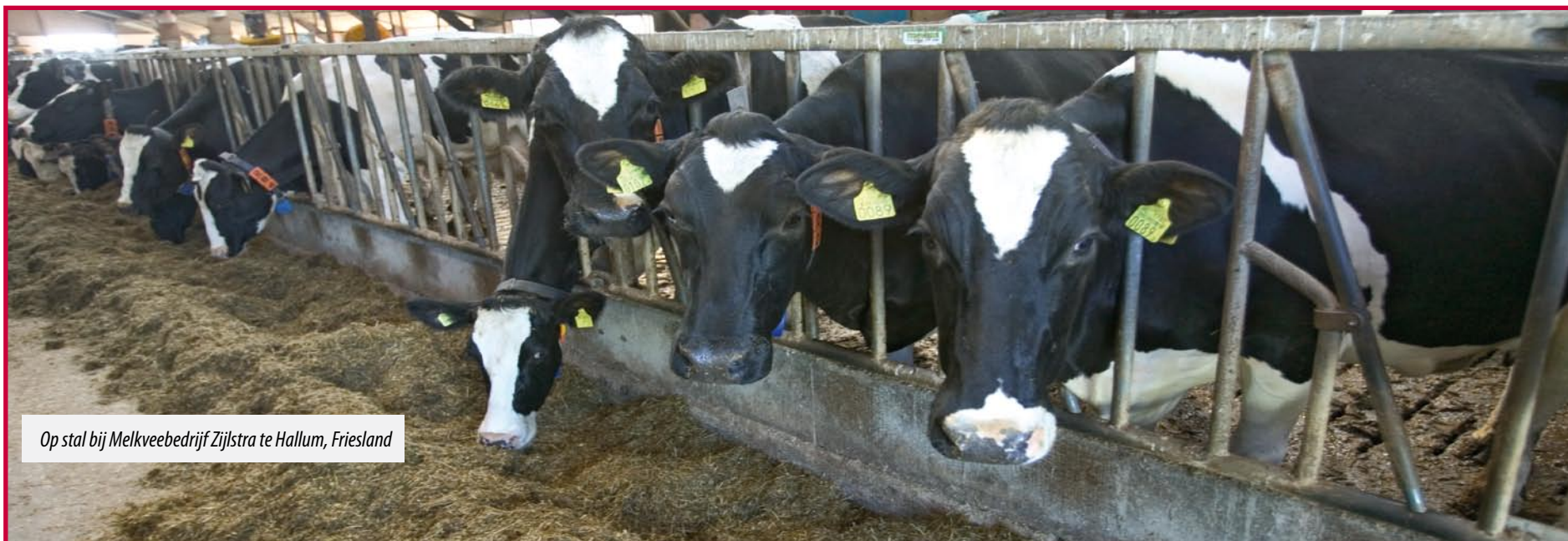
## **VERDERE ONTWIKKELING VAN RESTSTROMEN**

Met de hier aangegeven reststromen kunnen na 2010 nog vele interessante ontwikkelingen worden gestart. Het platform geeft diverse voorbeelden.

De voedings- en genotmiddelenindustrie produceert jaarlijks grote hoeveelheden restproducten. Een belangrijk deel daarvan gaat richting veevoer. Er zijn echter bijproducten die daarvoor

minder geschikt zijn, naar schatting van het platform 5,5 miljoen ton per jaar, overeenkomend met een energie-inhoud van 44 PJ. De technologieën om deze reststroom om te zetten in chemicaliën en transportbrandstoffen is echter nog in ontwikkeling (zie de hoofdstukken 6 en 7).

Een andere ontwikkeling betreft de optimalisatie van de ruwvoerketen. Deze is gericht op betere benutting van gras. Avébé heeft reeds een technologie voor bioraffinage van gras ontwikkeld, die hiervoor kan worden toegepast. Hierbij wordt gras omgezet in veevoer, en verder in grondstoffen voor chemie, elektriciteit, en transportbrandstoffen. De economie van de raffinagetechnologie zal bepalen of dergelijke bioraffinage commercieel toegepast zal worden. Als de helft van het huidige graslandareaal nu eens met intensieve teelt voor dit doel zou worden gebruikt, dan wordt de opbrengst geschat op 7,5 miljoen ton, waarvan 2,5 miljoen ton richting veevoer zou gaan (voldoende voor de in 2030 verwachte veestapel) en 5 miljoen ton beschikbaar komt voor non-food.



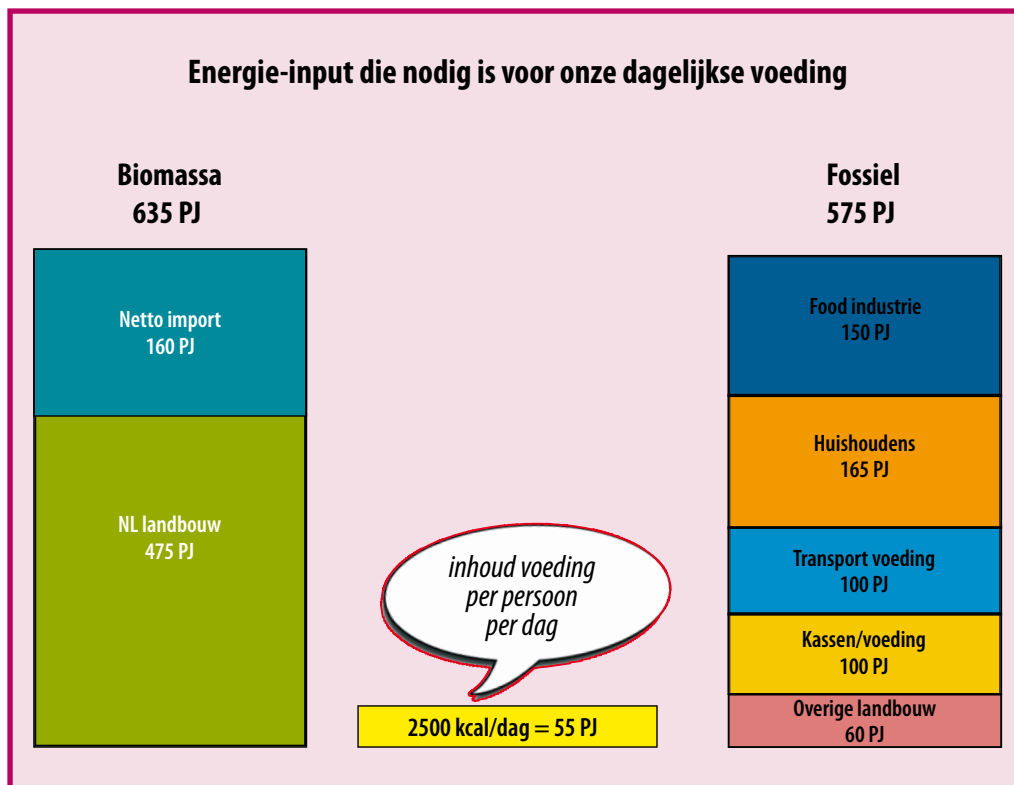
*Op stal bij Melkveebedrijf Zijlstra te Hallum, Friesland*

Eiwitten, voorzover niet gebruikt in veevoer, zouden aan de chemie kunnen worden afgezet. Vezels kunnen worden gebruikt voor elektriciteitsproductie. Suikers en organische zuren zijn bruikbaar als bron voor waardevolle chemicaliën. En mineralen kunnen worden ingezet als mest. De opbrengst van deze route wordt door het platform geschat op 65 PJ per jaar.

Als gevolg van de richtlijn motorbrandstoffen van de EU wordt de import van grote hoeveelheden raapzaad en tarwe in de Europese havens verwacht, waarvan een aanzienlijk deel in Rotterdam. Uit tarwezetmeel zal middels bestaande technologie ethanol worden geproduceerd. De resterende eiwitten kunnen richting veevoer

gaan. Uit raapolie zal biodiesel worden gewonnen, het restproduct glycerol dient als grondstof voor diverse chemicaliën. Ook hier blijft een eiwitfractie over. Ten slotte resulteert een grote cellulosefractie, die kan worden ingezet voor de productie van elektriciteit en warmte, totdat slimme technologieën beschikbaar komen.

Een laatste voorbeeld. Er zijn veel betere dingen te doen met huishoudelijk afval dan nu. Huisvuil wordt nu voor een belangrijk deel ingezet voor elektriciteitsproductie, omdat dit hygiënischer is dan sorteren in plastic, glas, papier, hout, metalen etc. Maar na voorbehandeling van huisvuil op 160 °C kan scheiding gemakkelijk en hygiënisch plaatsvinden. Vooral plastic, metaal en biomassa kunnen dan goed worden afgescheiden. Biomassa kan bijvoorbeeld worden ingezet voor vergisting (biogas). De plasticfractie kan worden benut als grondstof voor dieselolie, een technologie die momenteel alleen nog op kleine schaal beschikbaar is. Deze wijze van behandelen van huisvuil levert veel meer energie dan directe verbranding, waarvan het rendement niet meer bedraagt dan 25%. De reden daarvoor is dat in de afgassen het corrosieve HCl zit. De afgassen moeten daarom bij lage temperatuur worden gereinigd, wat sterk ten koste gaat van het rendement.



Figuur 7. Energie-input die nodig is voor onze dagelijkse voeding (bron: Duurzame productie en ontwikkeling van biomassa, zowel in Nederland als in het buitenland, eindrapport werkgroep transitiepad 1 van het Platform Groene Grondstoffen, 2006)





**Teelt**



# TEELT



***In de ambities van het Platform Groene Grondstoffen past dat er nieuwe binnenlandse bronnen van biomassa beschikbaar komen door teelt van energiegewassen. We onderscheiden twee mogelijkheden voor deze teelt: droge teelt op bestaande landbouwgronden of grasland, en natte teelt op buitendijs land, op zee of in speciaal aangelegde bassins.***

### **TEELT OP BESTAANDE LANDBOUWGROND**

Teelt van energiegewassen op bestaande akkerbouw- en weidegronden gaat niet noodzakelijkerwijs ten koste van voedselproductie. Door teeltkeuze en verbetering van landbouwtechnieken is het mogelijk gewassen voor meer dan één doel te telen: zowel voedselproductie als productie van energie en chemicaliën. Op deze manier komt teelt van groene grondstoffen niet in plaats van, maar bovenop voedselproductie. Een aantal gewassen blijkt zich zeer goed te lenen voor zo'n gecombineerde teelt. Om de potentie van dit concept te beschrijven, drukken we alle opbrengsten uit in energietermen. Dit maakt een vergelijking tussen de verschillende mogelijkheden inzichtelijk.

Tot de binnenlandse gewassen met de hoogste opbrengst per hectare op dit moment behoort de suikerbiet. Suikerbieten leveren bij extractie van suiker en vergisting tot ethanol per hectare 123 GJ, waarvan na aftrek van 57 GJ/ha (input) netto overblijft 66 GJ/ha. Suikerbieten geven daarnaast een aanzienlijke opbrengst van primaire en secundaire reststoffen (bietenkoppen en loof respectievelijk pulp). De meeropbrengst hiervan bij vergisting bedraagt 91 GJ/ha in de vorm van biogas.

Voor aardappelen geldt in mindere mate hetzelfde. De netto opbrengst van aardappelen bedraagt 61 GJ/ha. De aardappelplant heeft aanzienlijk minder loof. De vergisting hiervan en van de pulp die overblijft na extractie van zetmeel en eiwit, levert een aanvullende 12 GJ/ha.



Koolzaad heeft een betrekkelijk lage opbrengst. Bij een gewasopbrengst van 3,3 ton/ha is de netto energieopbrengst van biodiesel uit koolzaad 15 GJ/ha, mede als gevolg van de hoge energievraag bij de productie van biodiesel (14 GJ/ton). Vergisting van stro en pulp kan de energieopbrengst verhogen tot 57 GJ/ha. Vanuit het oogpunt van energie-efficiency is de productie van biodiesel uit koolzaad momenteel dus een weinig aantrekkelijk proces. Als pure plantaardige olie gebruikt kan worden in dieselmotoren, pakt de opbrengst van koolzaadteelt energetisch aanzienlijk gunstiger uit, omdat we dan kunnen besparen op procesenergie voor de biodieselproductie.

Grassen (waaronder ook de granen) vormen een zeer interessante grondstof. Gras bevat 30% vezels, 20% eiwitten, 10% mineralen, en verder een groot aantal interessante bouwstoffen als polysacchariden, mono- en disacchariden en organische zuren. Tot de grassen rekenen we verder ook tarwe, maïs, gerst, haver etc.

Bij een gewasopbrengst van 14 ton gras (droge stof) per hectare is de gemiddelde netto energieopbrengst ca. 125 GJ/ha. De opbrengst van maïs is bij aanwezigheid van voldoende water in potentie nog hoger. Als energiegewas komen ook nieuwe grassoorten in aanmerking, zoals switchgrass en miscanthus. Deze hebben zeer hoge opbrengsten, maar de voor Nederland benodigde teeltkeuze en teeltwijze moeten nog in proefprojecten worden uitgewerkt.

Boeren zullen alleen overgaan tot de teelt van gewassen voor productie van energie en chemicaliën als deze leidt tot hogere inkomsten. Dit kan bijvoorbeeld worden bereikt door andere teeltsystemen, zoals gebruik van gewassen met een langere groeiperiode, waardoor een groter deel van het invallende licht kan worden benut. Een voorbeeld van dit concept is het verhogen van de maïsopbrengst van 14 naar 20 ton/ha door het groeiseizoen te verlengen tot eind oktober.



Extra opbrengsten kunnen ook worden verkregen door productie van basischemicaliën uit planten, zoals alcoholen, organische zuren en aminozuren. De technologie hiervoor is nog in ontwikkeling en de markt moet nog op gang komen. Gezien de omvang van de teelten en de afzetmarkt voor bio-energie moet de vraag in de orde van honderdduizenden tonnen per jaar zijn. Een deel van de extra opbrengst moet komen van waardetoevoeging uit reststoffen zoals loof. Vergisting tot methaan is op korte termijn het meest haalbaar, in de toekomst kunnen eerst eiwitten en aminozuren worden onttrokken voor extra inkomsten.

Door het platform zijn berekeningen uitgevoerd om te onderzoeken bij welke gewassen de boer kan rekenen op extra inkomsten. Daarbij is ervan uitgegaan dat tegen 2030 alle Europese landbouwsubsidies zullen zijn stopgezet. De aardappel valt dan af als energiegewas, omdat de opbrengst te laag is. Suikerbiet heeft wel een grote potentie, vooral doordat de totale biomassa van pulp, loof en wortelresten veel hoger is dan bij de aardappel. Als alle reststromen voor energiewinning worden benut, haalt de boer net een opbrengst van € 600 per hectare, wat wordt beschouwd als minimum voor het agrarische bedrijf. Biet wordt pas echt aantrekkelijk als door aminozuurscheiding chemicaliën kunnen worden gewonnen uit de groene grondstof. Ook voor gras geldt dat intensieve energieteelt alleen voldoende inkomsten oplevert als waardevolle componenten kunnen worden gescheiden. De productie van koolzaad levert in Nederland te weinig op; dit kan alleen veranderen als de opbrengst van het gewas zou kunnen worden verdubbeld.



Het platform verwacht dat langzamerhand, maar zeker in 2030, alle voedselgewassen in Nederland tweeledig zullen worden gebruikt: voor voeding én winning van energie en chemicaliën, gebruikmakend van de voortdurende opbrengstverhoging van landbouwgewassen. De grens aan die ontwikkeling wordt voornamelijk bepaald door de behoefte aan water, zelfs in een gematigd klimaat als het onze, omdat landbouw meer water nodig heeft naarmate deze intensiever wordt bedreven. Een grens wordt ook gesteld door de noodzakelijke koolstofgiften aan de bodem, wanneer gewasresten niet meer worden ondergeploegd maar systematisch worden verwijderd.

Doordat de productie van de landbouw steeds stijgt, is het voorstelbaar dat het oppervlak uitsluitend bestemd voor voedselproductie inkrimpt en dat de vrijkomende gronden worden bestemd voor natuurontwikkeling en toerisme, zoals ook in bergachtige gebieden van Europa is gebeurd. Dit kan misschien heel goed met energiewinning worden gecombineerd, maar deze gedachte moet nog helemaal worden uitgewerkt.

## NATTE TEELT

Natte teelt vormt een zeer interessante mogelijkheid voor binnenlandse productie van biomassa. Er zijn globaal gesproken vier mogelijkheden: benutting van plantengroei in sloten en kanalen voor energiewinning, zoutwaterlandbouw, teelt van micro-algen in speciale bassins en teelt van zeewieren op zee.

**Waterplanten.** Nederland heeft naar verhouding een waterrijk grondgebied. In alle sloten, watergangen, moerassen en meren groeien waterplanten en om dichtslibben te voorkomen is onderhoud noodzakelijk: plantengroei in en langs het water moet worden gemaaid. De opbrengst wordt momenteel slechts voor een klein deel nuttig gebruikt (compostering). Het merendeel wordt ondergeploegd of blijft op het land liggen.

Het grootste probleem zal hier zijn, de afvoer van de plantenresten te organiseren uit de vaak slecht bereikbare plaatsen waar de oogst plaatsvindt. Daarnaast moeten ook vergisters of andere verwerkingsinstallaties worden gebouwd. Een proefproject met

onder meer waterschappen en leveranciers van installaties wordt vanaf 2006 opgezet. Het potentieel van deze biomassa-bron in 2030 wordt geschat op ca. 20 PJ per jaar.

**Zoutwaterlandbouw.** Nederland bezit een groot areaal (125.000 hectare) aan zilte (buitendijkse) gronden, waarop teelt van energiegewassen kan plaatsvinden met weinig schade aan het milieu en zonder ruimtelijke conflicten met bijvoorbeeld industrie en woningbouw. Zilte teelt staat in de belangstelling vanwege de internationale dimensie. Verzilting wordt wereldwijd steeds meer als ernstig probleem erkend vanwege de grote oppervlakten verzilte bodem, zowel in droge gebieden (Midden-Oosten) als in delta's. Een voorbeeld is de delta van de Colorado-rivier in Noord-Mexico. Ooit was de Colorado een machtige rivier met een prachtige delta, maar door vele stuwdammen in Amerikaanse staten komt nog slechts 2 tot 5% van het debiet in de delta aan.



De oceaan dringt nu het land binnen en het milieu wordt steeds zouter, waardoor de basis onder de lokale economie is weggevallen. Door zoutwaterlandbouw kan deze grond weer in cultuur worden genomen. Op Nederlands initiatief is in deze delta in 2006 een eerste plantage als proef gestart.

In Nederland is een vorm van gemengd bedrijf op zilte gronden uitgewerkt. Hierbij wordt de productie van vis, schelp- en schaaldieren, algen en wieren, en zilte planten met elkaar gecombineerd, waardoor een bedrijf ontstaat met gesloten stofstromen en daardoor duurzame productie met hoge toegevoegde waarde. De te telen plantensoorten moeten uiteraard een hoge zouttolerantie hebben. Hiervoor zijn bestaande gewassen geschikt zoals gerst, spelt of biet, maar ook nieuwe gewassen zoals slijkgras of kweldergras.

**Micro-algen.** Micro-algen zijn plantaardige micro-organismen die voor hun groei gebruikmaken van zonlicht en anorganische voedingsstoffen, met name CO<sub>2</sub>, stikstofverbindingen en fosfaat. Hun teelt vindt plaats in zogenaamde fotobioreactoren, die de vorm kunnen hebben van open of gesloten vijvers. Deze kunnen worden geplaatst op marginale gronden of op land dat ongeschikt is (geworden) voor landbouw. De productiviteit van algen (in termen van de hoeveelheid biomassa per hectare) ligt zeer hoog. In Nederland is 30 ton per hectare per jaar momenteel reeds mogelijk en in de toekomst wellicht 50 ton per hectare (vergelijk maïs maximaal 20 ton/ha).



Biomassa uit micro-algen vormt een veelzijdige grondstof voor de winning van energiedragers en chemicaliën. Er zijn meer dan 30.000 soorten micro-algen en de keuze van algensoort, teeltwijze en verwerkingsmethode, mede afhankelijk van het klimaat en de vraag naar producten, is nog volop in ontwikkeling. Sommige micro-algen produceren oliën met veel onverzadigde vetzuren, die rechtstreeks kunnen worden toegepast in de voedingsmiddelenindustrie ter vervanging van visolie, of voor de productie van biodiesel in plaats van raapolie.

Andere soorten kunnen weer worden gebruikt voor de productie van bodemverbeterende meststoffen, die zowel de plantengroei stimuleren als schimmelvorming tegengaan. Interessante verbindingen kunnen uit de teelt worden geïsoleerd, zoals omega-vetzuren, kleurstoffen, polysacchariden met bijzondere eigenschappen of farmaceutisch interessante stoffen zoals anti-oxidanten.

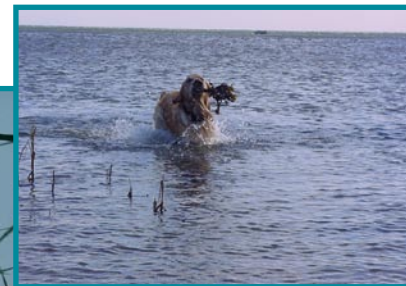
De hoeveelheden die van dergelijke specialties kunnen worden gewonnen zijn klein, maar hun productie kan aanzienlijk bijdragen tot de economische haalbaarheid van de teelt van micro-algen. Een alternatief is de hele opbrengst te gebruiken als voedingsbron voor de teelt van vissen in aquacultuur, of als toeslag in veevoeders. En vergisting tot biogas is altijd een laatste inzetmogelijkheid.

Het platform verwacht dat in Nederland tegen 2030 een aanzienlijk areaal van 20.000 hectare zal worden benut voor de teelt van micro-algen. De opbrengst daarvan, uitgedrukt in energietermen, bedraagt ca. 16 PJ per jaar.

**Zeewieren.** Zeewieren of macro-algen vormen een zeer diverse plantengroep. Ze kunnen een lengte bereiken van enkele centimeters tot tientallen meters. Diverse zeewiersoorten worden wereldwijd al geoogst, deels uit zee en deels uit teelt, in totaal ca. 10 miljoen ton ofwel 2 miljoen ton droge stof per jaar.

Zeewier wordt gebruikt voor productie van menselijke voeding (voedingssupplementen), meststof, cosmetica en farmaceutische producten. Zeewier kan zonder meer worden ingezet voor productie van energie en chemicaliën.

Zeewierteelt kan heel goed worden gecombineerd met windmolenparken op zee. Om risico's te vermijden zullen windmolenparken niet toegankelijk zijn voor de scheepvaart, zodat de betreffende gronden kunnen worden gebruikt voor andere doeleinden. De masten van turbines kunnen worden gebruikt om de teeltconstructie op te verankeren. Het negatieve effect voor de visserijsector is zeer beperkt, omdat het door Nederland beheerde deel van de Noordzee 57 miljoen hectare omvat, waarvan slechts enkele procenten in beslag genomen hoeven te worden door windparken om heel Nederland van elektriciteit te voorzien.



Bron: Floris Boogaard (Tauw)





Daarentegen wordt juist een positief effect op de visstand verwacht, doordat windparken zullen gaan dienen als kraamkamer en toevluchtsoord van vissen, zeker wanneer daar intensieve begroeiing met wieren te vinden is.

Uit teelt van zeewieren kunnen in eerste instantie de al bestaande markten worden voorzien, zoals personal care producten en diervoeders. Zeewieren hebben een hoog gehalte aan polysacchariden (60%) en een zeer laag ligninegehalte, zodat ze zeer geschikt zijn voor vergisting (tot methaan) of fermentatie (tot ethanol). Ook basischemicaliën als melkzuur, propaandiol en biopolymeren zijn eruit te winnen, evenals eiwitten, mannitol, vetzuren en kleurstoffen. Zeewieren hebben een hoog gehalte aan mineralen, waaruit jodium, broom en meststoffen kunnen worden gehaald. De verwerking kan geheel op zee plaatsvinden of deels op het land. Gezien het hoge watergehalte bij de oogst (85-90%) lijkt in elk geval een ontwateringsstap op zee nodig om transportkosten te beperken.

Als de teelt van zeewieren geheel plaats gaat vinden in windparken op zee, is de potentiële energiebijdrage gekoppeld aan de hoeveelheid windenergie die op zee zal worden gewonnen. Als in 2030 het Nederlandse deel van de Noordzee wordt bevolkt door 20 windmolenparken van elk 100.000 hectare, in totaal dus 2 miljoen hectare, dan kan door teelt van zeewieren daarop 126 PJ per jaar worden geoogst. Deze teelt heeft wel grote potentie, maar is vooralsnog omgeven met grote economische en technische onzekerheden.



## PLANTENVEREDELING

Toepassing van groene grondstoffen zal een hogere vlucht nemen naarmate de productiviteit van de landbouw toeneemt. Door hogere productiviteit zullen in sommige gebieden (zoals West-Europa) landbouwoverschotten toenemen. Het alternatief is het in gebruik nemen van gronden voor andere doeleinden, bijvoorbeeld teelt van gewassen voor energie- en chemicaliënproductie. Voor deze toenemende productiviteit is plantenveredeling nodig. Met plantenveredeling kunnen bovendien andere eigenschappen, nuttig voor de productie van energie of chemicaliën, worden versterkt. De bestaande cultuurgewassen zijn het product van eeuwenlange selectie en veredeling gericht op verhoging van de voedselproductie. Zij verschillen in het algemeen sterk van hun natuurlijke voorouders door de verhoogde productie van bijvoorbeeld zetmeel (granen, aardappelen) of vruchten. Door het gebruik van groene grondstoffen voor de productie van energiedragers of chemicaliën worden nu andere eisen gesteld aan de productiviteit van cultuurgewassen.



De suikerbiet is een goed voorbeeld. Hij vormt ook voor de productie van energie en chemicaliën een interessant gewas. Suikerbieten zijn uitermate geschikt voor de productie van zuurstof- en stikstofhoudende chemicaliën, zoals organische zuren en aminozuren. Bij de huidige wijze van suikerproductie is de aanwezigheid van amino- en organische zuren ongewenst, omdat ze de opbrengst aan kristalsuiker verlagen, maar indien productie van ethanol het hoofddoel is dragen ze juist bij aan de opbrengst. Een nog beter idee is het isoleren en apart verkopen van de aminozuren.

Dit verhoogt niet de opbrengst in GJ per hectare, maar wel de inkomsten van de boer. Als dit (mede) het doel wordt van suikerbietenenteelt, dan moet het mogelijk zijn het gehalte aan aminozuren door gewasontwikkeling en teeltkeuze te verdubbelen.

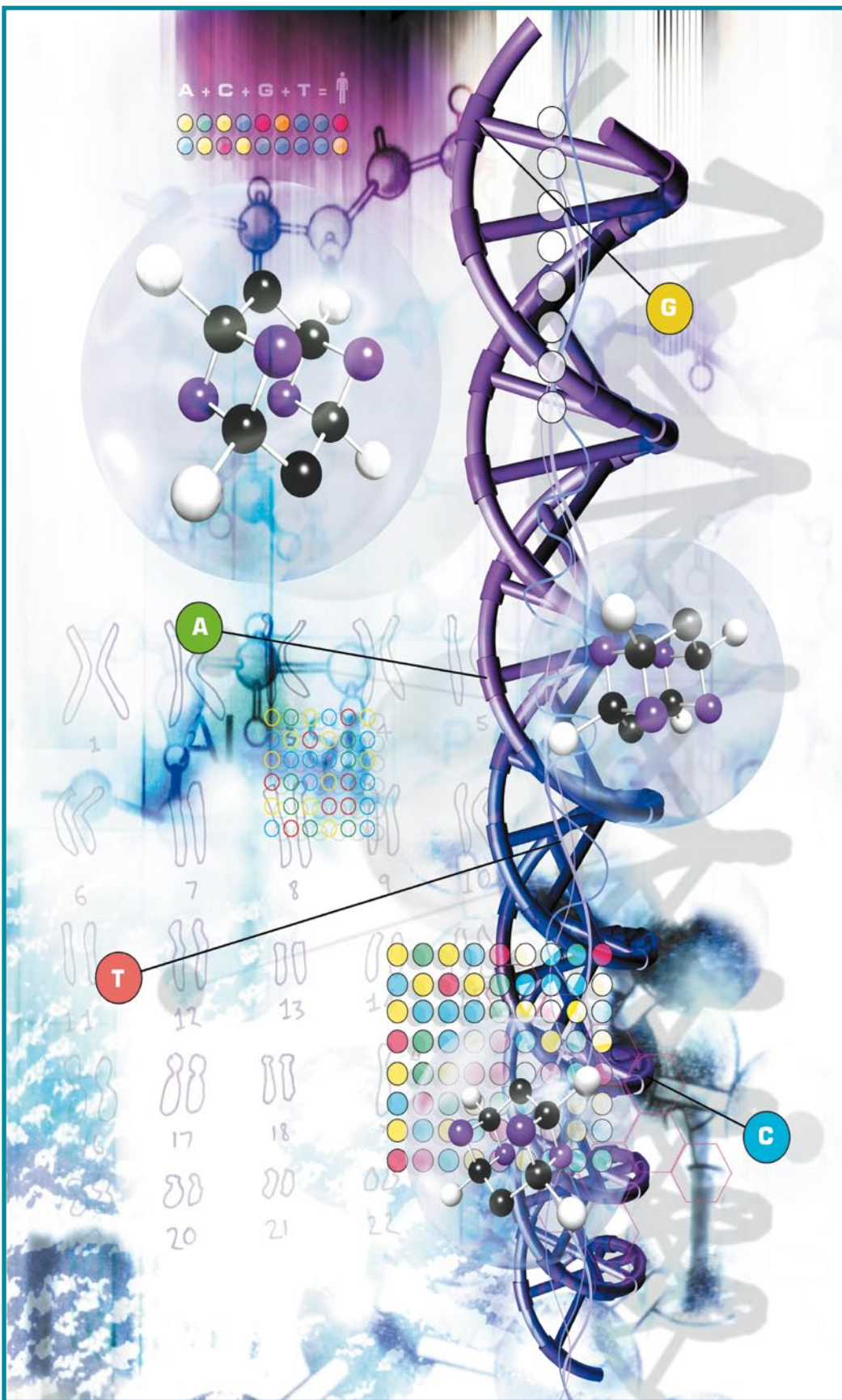
Een bijzondere mogelijkheid biedt haver, omdat de zaden van dit gewas veel olie bevatten. Sommige wilde haverzaden hebben een oliegehalte van 28%. Dit biedt zicht op de teelt van haver soorten die de plaats van koolzaad kunnen innemen bij de productie van plantaardige olie. Daarnaast blijft haver natuurlijk een goede bron van zetmeel, waardoor de totale opbrengst in energietermen hoger kan uitvallen dan die van koolzaad. Koolzaad zelf vormt een andere uitdaging voor plantenveredelaars, omdat de zaadproductie laag is in vergelijking met die van andere cultuurgewassen. Verdubbeling van de opbrengst lijkt tot de mogelijkheden te behoren, waardoor de teelt van koolzaad voor biodiesel in gematigde klimaten economisch aantrekkelijk zou worden.

Ook bij verhoging van de productiviteit van de landbouw, door het Platform Groene Grondstoffen gesteld als voorwaarde voor het verantwoord gebruik van biomassa, speelt plantenveredeling een grote rol. Plantenveredeling kan plaatsvinden met traditionele technieken of met recombinant-DNA-technologie, waarbij genetisch gemodificeerde organismen (GMO's) ontstaan. Deze laatste technologie is omstreden, vooral in Europa.

***“De enorme rendementsslag die de landbouw in ons deel van de wereld heeft doorgemaakt, is op het merendeel van de wereld nog niet van toepassing, hetgeen op zichzelf enorme mogelijkheden schept om nu bestaande landbouwgronden te gebruiken met veel hogere opbrengsten, en daarmee tevens grotere arealen beschikbaar te maken voor bijvoorbeeld energiegewassen en/of andere toepassingen. Het is van het grootste belang dat die rendementsslag in de nabije toekomst wordt gerealiseerd, zodat niet - zoals nu vaak gebeurt in landen van de derde wereld - bossen worden platgebrand ten faveure van voedselproductie (die productie zou bij verbeterde rendementen immers heel goed op bestaand areaal kunnen worden gerealiseerd). Die efficiencyverhoging zal in eerste instantie moeten worden bereikt met traditionele veredelingstechnieken en toepassing van meststoffen en gewasbeschermingsstoffen (zowel natuurlijke als kunstmatige), maar wanneer daarvoor GMO's gecontroleerd kunnen worden ingezet voor energiegewassen wijs ik dat niet bij voorbaat af.”***

**Paul Hamm**  
**Voorzitter Platform Groene Grondstoffen**





## GENETISCHE MODIFICATIE

*Een genetisch gemodificeerd organisme (GMO) is een organisme waarvan het genetische materiaal is veranderd door recombinant-DNA-technologie. Deze technologie bestaat uit het inbrengen van 'vreemd' DNA in het gen van een organisme, waardoor zijn erfelijke eigenschappen worden gewijzigd. 'Genetische modificatie' is de wetenschappelijke term; deze geeft neutraal aan dat de genen 'gemodificeerd' (gewijzigd) zijn. Door anderen wordt vaak de term 'genetische manipulatie' gebruikt, die de nadruk legt op de 'manipulatie' (ingreep) die wordt toegepast.*

*Bij discussie over GMO in verband met groene grondstoffen hebben we het in het bijzonder over toepassing van recombinant-DNA-technologie op planten. De soorten die hieruit voortkomen noemt men transgene planten. Verandering van DNA van planten ligt ook ten grondslag aan de natuurlijke evolutie en aan traditionele technieken van plantenveredeling door bijvoorbeeld kruisbestuiving. De term transgene planten wordt uitsluitend toegepast voor planten waarbij in een laboratorium door recombinant-DNA-technologie bewust vreemd DNA-materiaal is ingebracht om eigenschappen te veranderen. De ingebouwde eigenschappen kunnen afkomstig zijn van verwanten, maar ook van geheel andere soorten organismen.*

*Toepassing van recombinant-DNA-technologie is omstreden. Veel milieuorganisaties verzetten zich ertegen. Internationaal is vooral de Europese Unie tegenstander van deze technologie. Het belangrijkste argument tegen transgene planten is dat de ingebouwde eigenschappen kunnen ontsnappen en zich verspreiden over natuurlijke soorten. Dit kan gebeuren wanneer gemuteerde planten kruisen met natuurlijke soortgenoten, indien de gemuteerde eigenschappen dominant blijken te zijn. Dit kan leiden tot nieuwe soorten die zich als onkruid gedragen en daardoor de oogst verstoren, of in ernstiger gevallen leiden tot verdringing van de natuurlijke soortenrijkdom. Vooral dit gevaar van verdringing van de natuurlijke vegetatie wordt als bezwaar gezien. Verder bestaat de vrees dat door recombinant-DNA-technologie ingebouwde beschermingen, bijvoorbeeld tegen een pesticide, de plant en zijn nakomelingen uit kruisbestuiving óók kunnen beschermen tegen bijvoorbeeld een keversoort. Dit kan het natuurlijk evenwicht aantasten, bijvoorbeeld bij dieren die zich voeden met deze kevers.*

*Transgene planten zijn niet essentieel voor toepassing van groene grondstoffen. Door voorstanders wordt de nadruk erop gelegd dat met recombinant-DNA-technologie nieuwe eigenschappen van planten snel en effectief kunnen worden aangebracht, terwijl dit met traditionele technieken vele jaren kan duren. Met andere woorden: wanneer verhoging van het oliegehalte van haverzaden wordt gewenst, dan kan*

*dit sneller en effectiever tot stand worden gebracht door transgene haver te maken. Maar dit is niet essentieel voor de toekomst van groene grondstoffen. Met meer moeite en aanzienlijk meer tijd kán hetzelfde effect waarschijnlijk ook worden bereikt met traditionele technieken.*

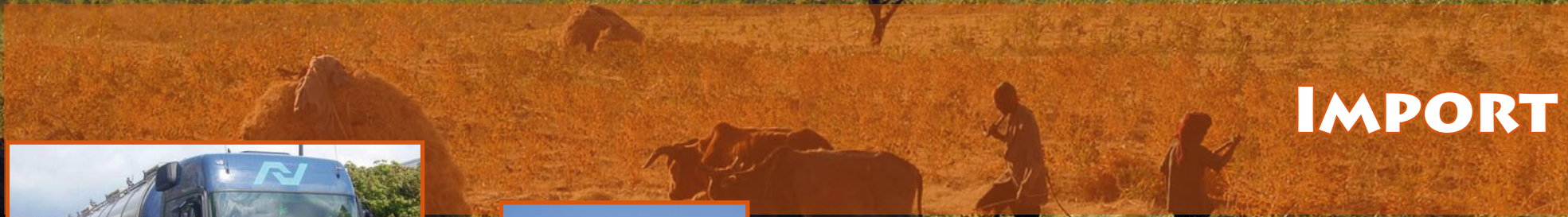
*Voorstanders van gebruik van GMO's wijzen ook op de behoefte aan gewassen die resistent zijn tegen plagen en droogte in de derde wereld. Voor het verhogen van de voedselproductie en het voorkómen van misoogsten zijn transgene planten dringend noodzakelijk, zo betogen zij. Zij menen dat afwijzing van recombinant-DNA-technologie een luxepositie is van landen die weinig met misoogsten worden geconfronteerd en geen hongerprobleem hebben. Tegenstanders vinden GMO's alleen acceptabel wanneer de kans op ontsnappen van zulke organismen tot vrijwel nul is gereduceerd, zoals in aquatisch milieu het geval is.*

*Het Platform Groene Grondstoffen neemt geen standpunt in over deze politiek-wetenschappelijke discussie, maar meent wel dat de discussie over GMO's moet worden voortgezet. Tot nu toe is de discussie vooral gegaan over gebruik van recombinant-DNA-technologie voor voedingsgewassen. Wellicht valt de balans van voors en tegens anders uit wanneer deze technologie wordt toegepast in afgeschermd (bijvoorbeeld aquatische) milieus c.q. op 'energiegewassen'.*

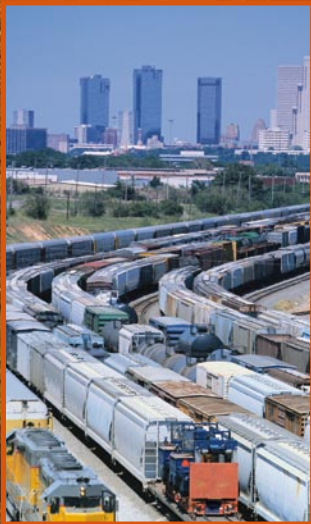


## Import





# IMPORT





**Het potentiële volume van import is zeer groot, zoals we hebben gezien. In de praktijk is de import van biomassa niet alleen veelbelovend maar ook lastig, vooral als we het milieu willen ontzien, de sociale omstandigheden in de exportlanden willen verbeteren en niet in concurrentie willen komen met voedselvoorziening.**

## DE BEPERKINGEN

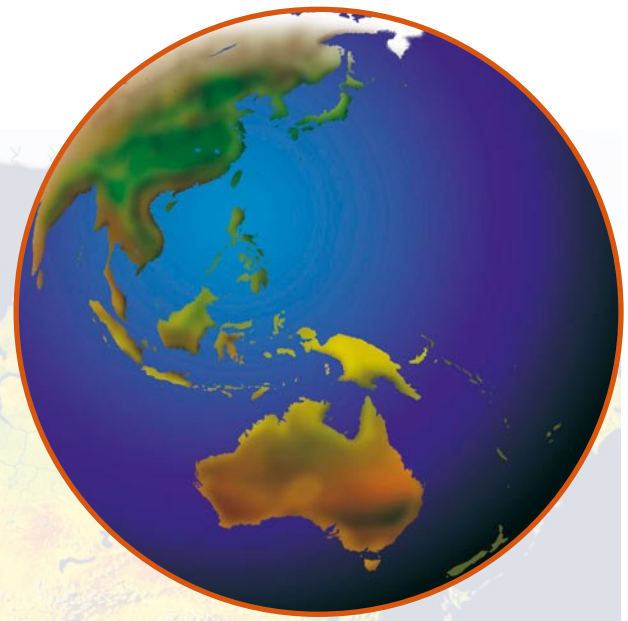
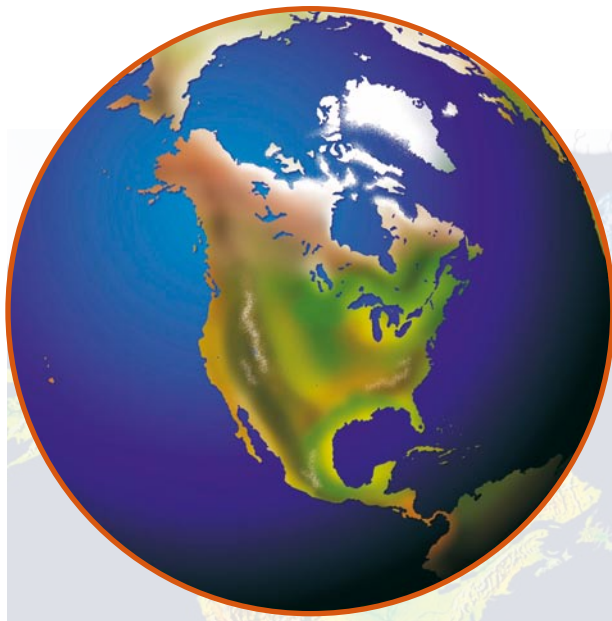
Toch zal op korte termijn een aanzienlijke importstroom van groene grondstoffen op gang komen, vooral als gevolg van de Europese richtlijn biobrandstoffen. Houtpellets voor elektriciteitsproductie vormen al een grote stroom. Daarnaast zal naar verwachting grootschalige import gaan plaatsvinden van oliehoudende zaden (vooral raapzaad) of reeds daaruit gewonnen raapolie voor biodiesel, en van tarwe voor bio-ethanol, om bij te mengen in benzine. Grote exportstromen zijn al op gang gekomen: van ethanol tussen Brazilië en Japan, van palmpitten (bijproduct van palmolie) tussen Maleisië en Nederland, en van houtpellets van Canada en Oost-Europa naar West-Europa.

Dat er nog geen sprake is van stabiele marktverhoudingen wordt geïllustreerd door optredende prijsschommelingen. In de winter van 2005-2006 was de vraag naar houtpellets groter dan verwacht: in Europa schakelden veel huishoudens over van dure fossiele brandstoffen op hout, elektriciteitscentrales verstookten meer hout en de aanvoer ondervond problemen door vorst. De prijzen stegen aanzienlijk. Zulke gebeurtenissen bemoeilijken het afsluiten van lange-termijncontracten, doordat deze als te riskant worden

beschouwd. De weg naar stabiele markten, nodig voor de vereiste volumes, is nog lang.

Er zijn meer voorwaarden waaraan zal moeten worden voldaan voordat de markten redelijk stabiel kunnen worden. Biomassa moet in de exportlanden goed worden voorbehandeld. Bij onvoldoende geprepareerde biomassa kan vrees bestaan voor invoer van schimmels en vreemde insecten.





Verder heeft onbehandelde biomassa vaak het bezwaar van een te lage energiedichtheid, waardoor transport- en opslagkosten navenant toenemen. Geschikte technieken voor het compacter maken zijn pyrolyse en torrefactie (zie hoofdstuk 6), maar gebruikers zijn nog huiverig voor pyrolyseolie en torrefactie is nog in het ontwikkelingsstadium.

In de exportlanden moet infrastructuur worden opgebouwd in de vorm van op- en overslagfaciliteiten en transportcapaciteit naar havens. De prijs van biomassa aangeland in Europa is nog te hoog, deels als gevolg van onvoldoende volume en continuïteit bij de export. Alleen als continuïteit en volume zijn verzekerd, is er een basis voor investeringen die de kosten omlaag brengen.

Zoals bij elke nieuwe handelsstroom bestaan ook voor biomassa beperkende en slecht toegesneden regels. In de EU worden bijvoorbeeld groene grondstoffen die restanten zetmeel bevatten aangemerkt als diervoedingsstoffen en als zodanig belast bij

import. En de invoer van gedenatureerde ethanol in de EU wordt belast met een aanzienlijke toeslag van 4,9 €/GJ.

Zorg voor het milieu kan een reden zijn voor terughoudendheid met import: grootschalige energieplantages kunnen slecht zijn voor het milieu. Gevaren zijn bijvoorbeeld verlies van soortenrijkdom, erosie, wateronttrekking, uitspoeling van voedingsstoffen en verontreiniging door bestrijdingsmiddelen. Uit diverse studies blijkt echter dat energieplantages vaak minder slecht zijn voor het milieu dan grootschalige landbouw. Snelgroeiende houtgewassen (zoals wilg en populier) hebben zelfs duidelijke voordelen. Ze vereisen weinig bestrijdingsmiddelen en vaak zijn zij beter voor het dierenleven dan akkerbouw. In erosiegevoelige gebieden kunnen ze, ook op plaatsen die niet meer geschikt zijn voor akkerbouw, zorgen voor de vereiste stevigheid van de bodem. Bij de oogst (eens in de vijf jaar) worden alleen scheuten en stammen verwijderd, terwijl de wortels intact blijven.

Op veel plaatsen ter wereld hebben hellingen een slechte waterretentie als gevolg van erosie, dat wil zeggen: regen spoelt te snel weg waardoor er grote schommelingen ontstaan in het debiet van rivieren. De aanplant van snelgroeiende houtgewassen voor energieproductie op geërodeerde hellingen biedt dan een aantal voordelen tegelijkertijd. Er is daarom zeker niet bij voorbaat strijdigheid tussen goede milieuzorg en de teelt van energiegewassen.

Sociale omstandigheden in de productielanden kunnen eveneens problematisch zijn. Wat is het effect van de teelt van energiegewassen op de kwaliteit van arbeid en op kinderarbeid, onderwijs en gezondheidszorg? Dit is een punt van zorg bij alle grootschalige exportprojecten in ontwikkelingslanden.



*Ethiopië*



*Burkina Faso*



*Mali*

Uit onderzoek komt naar voren dat de omstandigheden op energieplantages doorgaans niet anders zijn dan in het algemeen in het betreffende land. In een belangrijk energiegewassen producerend land als Brazilië zijn sociale zekerheid en kinderarbeid nog steeds knellende problemen, maar over de periode 1992-2004 is wel duidelijke vooruitgang op deze punten geconstateerd.

En de concurrentie met voedselproductie dan? Op het eerste gezicht lijkt het duidelijk: voor energiegewassen is land nodig - land dat dringend nodig is voor akkerbouw om het wereldvoedselprobleem op te lossen. Naarmate markten voor groene energiegrondstoffen zich gaan ontwikkelen, neemt de kans toe dat boeren hierop gaan overschakelen, ook in arme landen met ernstige voedselproblemen.

Vaak is echter niet de voedselproductiecapaciteit, maar gebrek aan koopkracht het probleem waardoor honger voorkomt. Verder bestaat er bij nader inzien geen absolute concurrentie tussen teelt van gewassen voor voeding en voor energieproductie - bij een goede teeltkeuze kunnen gewassen als tarwe, suikerriet en suikerbieten voor beide doeleinden tegelijk worden geteeld, zeker als het principe van biocascadering wordt toegepast en bijvoorbeeld 'gewasresten' voor energie worden ingezet. Bij suikerriet is er bijvoorbeeld een aanzienlijke stroom restproducten die kan worden bewerkt voor energie-export. Er bestaat wel een reële kans dat in een aantal landen teelt van energiegewassen in concurrentie komt met teelt van gewassen voor veevoer, wat tot hogere prijzen kan leiden voor veevoergrondstoffen. En in een land als Zweden vreest de papierindustrie een tekort aan houtpellets (met stijgende prijzen) wanneer een steeds groter deel hiervan ingezet gaat worden voor energieproductie.

Al in een vroeg stadium heeft de milieubeweging in Nederland de import van biomassa voor energieproductie als probleem aan de orde gesteld. Als gevolg van die discussie is een commissie ingesteld onder voorzitterschap van prof. Jacqueline Cramer, die in juli 2006 een rapport aan de Tweede Kamer heeft uitgebracht. De commissie heeft de hier besproken punten gewogen en criteria opgesteld waaraan duurzame import in haar ogen dient te voldoen: een lijst met minimumcriteria voor 2007 en aanvullende en strengere criteria voor 2011. Zo veel mogelijk heeft de commissie aangesloten bij al bestaande conventies en keurmerken.

***“Bij groene grondstoffen speelt altijd de concurrentie van food/feed met energie- en materialenproductie. De wereldvoedselsituatie is nog steeds zorgwekkend. De doelstelling van de VN, in 2020 de armoede te halveren, wordt niet gehaald. Er zijn alarmerende berichten over de zoetwatervoorziening. De stelling dat groene grondstoffen niet strijdig hoeven te zijn met de voedselvoorziening is te gemakkelijk. Macro klopt het wel, maar micro en meso kunnen grote spanningen ontstaan. De menselijke factor zit ertussen. Ook in hongergebieden kunnen er grote boeren zijn die zich niets aantrekken van de mensen en die energie telen, als dat meer opbrengt.***

***Aan de andere kant is er ook veel reden tot optimisme. In onze jeugd spaarden wij zilverpapier en dubbeltjes voor de arme mensen op de wereld. Sinds die tijd zijn er 2 miljard mensen bij gekomen die goed functioneren. Het is verbazingwekkend dat in zo'n korte tijd zo veel mensen een redelijk welvaartsniveau hebben gehaald.”***

**Alle Bruggink**

**Lid van het Platform Groene Grondstoffen**

Voor arbeidsomstandigheden verwijst de commissie bijvoorbeeld naar richtlijnen van de internationale arbeidsorganisatie ILO.

Wat betreft concurrentie met voedselvoorziening wil de commissie een rapportage verplicht stellen waarin de lokale situatie wordt beschreven met betrekking tot voedsel, energievoorziening, bouwmaterialen en medicijnen. Voor verantwoorde import van biomassa zal een goed controlesysteem van zulke rapportages nodig zijn.

De Universiteit van Utrecht heeft een studie gedaan naar ethanolproductie in de Braziliaanse staat Sao Paulo, waar 85% van de Braziliaanse productie is geconcentreerd. Volgens deze studie voldoet de huidige productie grotendeels aan de criteria voor 2007. Of de productie ook aan de strengere criteria van 2011 zal voldoen is de vraag. Misschien zal alleen biologisch geteeld suikerriet nog aan deze voorwaarden kunnen voldoen.

De concurrentie tussen gebruik van groene grondstoffen voor voeding en voor energie en chemicaliën (met name

transportbrandstoffen) mag niet worden onderschat.

Bij de huidige kleine volumes lijkt het energetisch gebruik van groene grondstoffen nog geen probleem te vormen, maar als de volumes toenemen en transportbrandstoffen nog grotendeels uit voedingsstoffen worden geproduceerd, kan dat snel veranderen. Daarom moet voortdurend de vinger aan de pols worden gehouden. Een structurele oplossing voor deze voedsel/energieconcurrentie ligt zoals reeds aangegeven in de ontwikkeling van tweede generatie technologieën. Ook de toepassing van pyrolyseolie kan aan de beperking van dit probleem bijdragen.

Grootschalige import van biomassa geeft wellicht ook een binnenlands probleem. Door de grote veestapel op basis van geïmporteerde voedingsstoffen heeft Nederland jarenlang te kampen gehad met een mestprobleem. Bij de import van groene energiegrondstoffen moet dit worden voorkomen. Daarom zal bij voorbaat aandacht besteed moeten worden aan de achterkant van deze import: wat blijft er over na verwerking, en kan dat worden ingepast in het Nederlandse milieu?



Bron: European Bulk Services (E.B.S.)

## DE KANSEN

Internationale handel in biomassa kan tot voordeel strekken van zowel de exporterende als de importerende partij. Teelt en transport van biomassa, evenals het omzetten van reststoffen uit voedselproductie tot energiegrondstof, zijn nieuwe economische activiteiten, die kunnen bijdragen aan de economische ontwikkeling van het exportland.

In sommige gevallen biedt opwerking van primaire en secundaire reststromen van voedselproductie in het exportland zelfs een oplossing voor lokale milieuproblemen. Bij de teelt van rijst en tarwe is de verwerking van halmen en stro bijvoorbeeld een probleem. Deze worden deels ondergeploegd en deels nuttig toegepast, maar een belangrijk deel blijft op het land achter en wordt daar verbrand, met schade voor het lokale milieu.

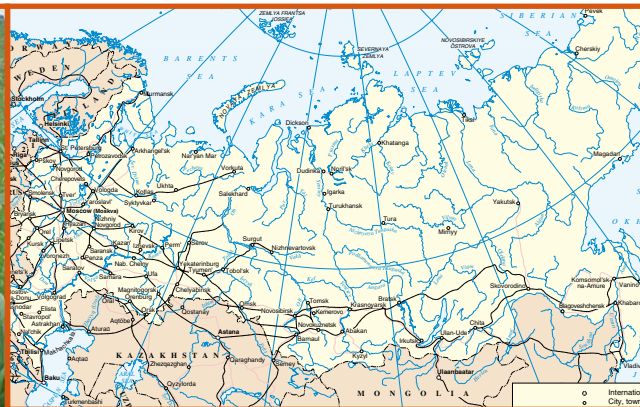
Reststromen en overschotten van voedselproductie zijn in potentie een zeer grote energiebron. Alleen al aan primaire restproducten van rietsuikerteelt (bladeren en toppen) ontstaat in de vier grootste

Latijns-Amerikaanse productielanden (Brazilië, Cuba, Mexico en Colombia) jaarlijks 134 miljoen ton aan biomassa. In India, Pakistan en Thailand ontstaat nog eens 113 miljoen ton. In grote tarweproducerende landen als de Russische Federatie, Kazachstan, Oekraïne en Turkije komt jaarlijks tenminste 62 miljoen ton aan stro vrij.

Verdere potentiële energiegrondstoffen ontstaan als secundaire reststroom. Bij suikerriet blijft bijvoorbeeld 25% van de biomassa-opbrengst achter als bagasse, voor ca. 50% bestand uit water en vaak voor niet meer ingezet dan inefficiënte verbranding.

De totale productie van bagasse in de genoemde landen bedraagt 221 miljoen ton. Bij goede voorbewerking zou dit restproduct goed over zee vervoerd kunnen worden.

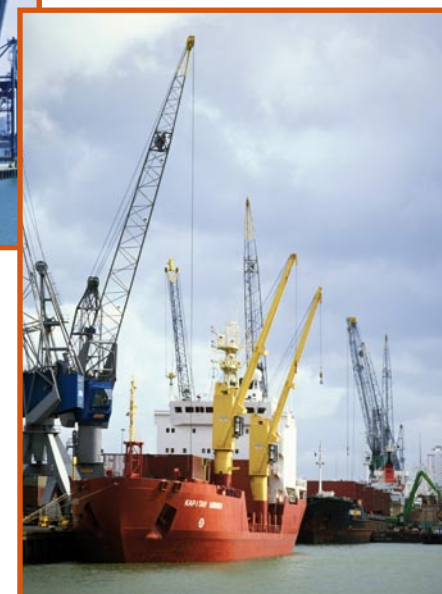
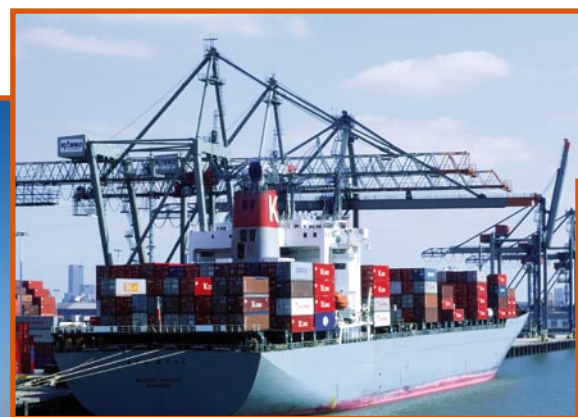
Alle hier genoemde stromen worden uitgedrukt in droge stof. Als gemiddelde energie-inhoud van biomassa kunnen we 17 GJ/ton nemen, zodat de hier genoemde hoeveelheden, samen 530 miljoen ton, een energiestroom vertegenwoordigen van ca. 9.000 PJ per jaar, driemaal het energiegebruik van Nederland.



Naast benutting van reststromen en landbouwoverschotten zal ook op grote schaal specifieke energieteelt gaan voorkomen. Op wereldschaal is er potentieel voor teelt van grote hoeveelheden biomassa tegen kostprijzen van 1-2 €/GJ, vooral in regio's als zuidelijk Afrika, Latijns-Amerika en Oost-Europa. Inclusief voorbereiding en internationaal transport zou dat kostprijzen van 3-4 €/GJ in West-Europa kunnen opleveren. Met nieuwe omzettingstechnologie voor tweede generatie biobrandstoffen (zie hoofdstuk 6) kan dat productiekosten opleveren van 6-9 €/GJ brandstof (biodiesel of ethanol voor bijmenging in benzine). Biobrandstof is met deze prijs concurrerend met benzine of diesel vanaf ca. 40-50 \$/vat.

Voor import van biomassa hoeven we niet alleen over zee te kijken. Het potentieel aan biomassaproductie in West-Europa zelf is aanzienlijk. Steeds meer landbouwgrond is marginaal - bij de huidige wereldprijzen en de vermindering van Europese landbouwsubsidies is er geen commercieel aantrekkelijke exploitatie meer mogelijk. De Franse wijnbouw bijvoorbeeld levert - behalve voor de grands crus, die zeer in trek zijn bij officiële gelegenheden - nauwelijks meer voldoende inkomen door concurrentie uit Zuid-Afrika, Chili en andere nieuwe wijnlanden. Zonnebloemen als alternatief worden eigenlijk alleen geteeld voor de Europese subsidie. Om braak op grote schaal te voorkomen zou intensief gezocht kunnen worden naar vervangende energiegewassen.





Nederland zou Nederland niet zijn als niet ook de handelsvoordelen van een actieve aanpak van biomassa-import zouden worden bekeken. In de haven van Rotterdam worden sinds jaar en dag geïmporteerde grondstoffen op grote schaal doorgevoerd. Ook voor biomassa kan Rotterdam de toegangspoort vormen tot een groot achterland. En biomassa hoeft niet onveranderd te worden doorgevoerd, de aanlanding kan aanleiding geven tot industriële bewerkingen zoals ook gebeurt in de petrochemie. De volle potentie hiervan zullen we onderzoeken in hoofdstuk 7.

Import van biomassa heeft nog een belangrijk voordeel: de afhankelijkheid van buitenlandse energieleveranciers wordt gespreid en daardoor verminderd. Groene grondstoffen groeien over de hele wereld en de macht over deze grondstoffen zal veel gelijkmatiger verdeeld zijn dan die over fossiele en minerale bronnen.

## OVERZICHTSTABEL

Het Platform Groene Grondstoffen heeft zijn visie op import en teelt van groene grondstoffen in 2030 samengevat in tabel 2. Daarbij is, overeenkomstig de visie van het platform, een uitsplitsing gemaakt naar prioriteiten. Vervanging van aardolie heeft prioriteit boven CO<sub>2</sub>-reductie. Inzet van groene grondstoffen heeft prioriteit waar dit de meeste waarde oplevert, dus bij voorkeur in de chemie. Uit de tabel blijkt dat naar het oordeel van het platform zelf zijn doelstellingen zonder meer gehaald kunnen worden: voor verwezenlijking van de ambities is 852 PJ nodig, terwijl het potentieel 1136 PJ bedraagt. De mogelijkheid méér te bereiken dan de ambitie vereist, bestaat in alle sectoren: bij chemie, bij motorbrandstoffen, en bij elektriciteit, warmte en SNG.



Het platform heeft bewust gestreefd naar het benoemen van een grotere beschikbaarheid dan direct nodig is voor zijn doelstellingen. Een aantal ontwikkelingen heeft immers grote potentie, maar kent ook grote onzekerheden op technisch en economisch terrein. Om de hier genoemde potentiëlen te halen, moet fors worden geïnvesteerd. Lukt dat niet, dan zal de bijdrage van groene grondstoffen lager uitvallen. Een voorbeeld is de productie en verwerking van zeewieren.

Wanneer we er onvoldoende in slagen de natte teelt te ontwikkelen, zal het aandeel import groter worden. Dit type verschuiving zal zich ook in de loop van de tijd voordoen: natte teelt komt pas op de lange termijn beschikbaar. Als Nederland zich onvoldoende inspant om het eigen potentieel optimaal te benutten (gewasontwikkeling voor teelt in Nederland en verhogen van het rendement van reststromengebruik) zal Nederland eveneens afhankelijker worden van import van biomassa.

Vermeden fossiele PJ		E / W / S *	Ethanol	Biodiesel	Chemie	Totaal	Import [%]	Extra land efficiency [kha/PJ]	Extra land-gebruik [kha]
a	Reststromen	261	70	10	70	411	50	0	0
b	Droge teelt	69	78	57	36	240	75	9	2300
c	Natte teelt	114	24	37	81	256	0	(2)	(300)
d	Import van rest-, half- en eindproducten	73	44	112	0	229	100	5	1250
<b>Totaal</b>		<b>517</b>	<b>216</b>	<b>216</b>	<b>187</b>	<b>1136</b>	<b>55</b>	<b>3</b>	<b>3550</b>
<b>Platformambitie</b>		<b>388</b>	<b>324</b>	<b>140</b>	<b>852</b>				

\* E=elektriciteit, W=warmte, S=SNG

Tabel 2. Potentiële bijdragen van biomassa naar sector, 2030 (bron: Duurzame productie en ontwikkeling van biomassa, zowel in Nederland als in het buitenland, eindrapport werkgroep transitiepad 1 van het Platform Groene Grondstoffen, 2006)



# Warmte, elektriciteit en transportbrandstoffen



# WARMTE, ELEKTRICITEIT EN TRANSPORTBRANDSTOFFEN



***In hoofdstukken 6 en 7 gaan we kijken naar toepassing van groene grondstoffen. De efficiënte benutting van biomassa is deels afhankelijk van de ontwikkeling van nieuwe technologieën. Sommige nieuwe technologieën zijn erop gericht ruwe grondstof om te zetten in een hanteerbare brandstof, te gebruiken voor productie van warmte, elektriciteit en transport. Deze behandelen we in hoofdstuk 6. Andere zijn gericht op het vrijmaken van waardevolle chemicaliën en materialen. Deze bekijken we in hoofdstuk 7. We laten de belangrijkste bestaande en in ontwikkeling zijnde technologieën de revue passeren.***

## **ELEKTRICITEIT EN WARMTE**

Een groot aantal technologieën is beschikbaar voor de omzetting van biomassa in elektriciteit en warmte; sommige daarvan moeten nog verder worden doorontwikkeld.

***Verbranding.*** Dit is de meest eenvoudige technologie, maar lang niet altijd toepasbaar omdat veel aangeboden biomassa nat is. Droge biomassa zoals houtpellets kan goed worden verbrand, maar de opbrengst is laag. Rookgasreiniging is bij grootschalige verbranding van biomassa een probleem van de eerste orde, vooral vanwege de productie van stof. In kolencentrales is bijstook van biomassa om deze reden gebonden aan een maximum. Verder zijn er vormen van biomassa zoals slib van rioolwaterzuiveringsinstallaties die ongewenste elementen bevatten (bijvoorbeeld fluor en kwik), waarop de bestaande reinigingsinstallaties niet zijn ingericht. Verbranding heeft de laagste prioriteit - het streven is de grondstof door bewerkingen een hogere waarde te geven.

***Compostering.*** Hierbij wordt biomassa onder invloed van bacteriën in aanwezigheid van zuurstof (aeroob) omgezet in een cellulose- en mineralenrijk materiaal, dat kan dienen als meststof en bodemverbeteraar. Het rendement is laag, doordat proceswarmte ongebruikt ontsnapt.



**Vergisting.** Bij deze technologie wordt natte of vloeibare biomassa door bacteriën anaeroob (zonder zuurstof) omgezet in biogas, voornamelijk bestaande uit een mengsel van methaan en kooldioxide. Het milieuvoordeel van vergisting bestaat niet alleen uit vermijding van CO<sub>2</sub>-uitstoot doordat fossiele brandstoffen worden vervangen, maar ook uit vermijding van CH<sub>4</sub>-uitstoot bij afbraak van mest op het land. Methaan is een 21 keer zo sterk broeikasgas als kooldioxide. Vergisting is een doorontwikkelde technologie, op de markt verkrijgbaar. De financiële opbrengst is bij de huidige marktprijzen echter te laag, zodat vergistingsinstallaties alleen met subsidie worden gebouwd.

Het product biogas kan worden toegepast voor elektriciteits- en warmteproductie in een warmtekrachtinstallatie direct gekoppeld aan de vergister. Het vergistingsproces vereist warmte, zodat een deel van de warmteproductie in de installatie zelf kan worden afgezet. Maar de geproduceerde elektriciteit wordt doorgaans volledig aan het elektriciteitsnet geleverd, omdat daarop nu juist subsidie wordt verstrekt. Biogasinstallaties zijn vaak kleinschalig, om de geproduceerde warmte nuttig te kunnen afzetten (warmte is moeilijk transporteerbaar). Doorgroei van vergisting is vooral mogelijk wanneer biogas wordt opgewerkt tot aardgaskwaliteit, waardoor het aan regionale aardgasnetten kan worden toegevoegd. Dit wordt op zijn vroegst verwacht in 2008.

**Vergassing.** Bij vergassing wordt biomassa met ondermaat zuurstof verhit. Boven 900 °C ontstaat synthesegas, ook syngas genoemd, dat vooral bestaat uit CO en H<sub>2</sub>.

Syngas is uitgangspunt voor de productie van vele verbindingen, waaronder dieselolie. Vergassing uitgaande van fossiele brandstoffen is een commerciële technologie. Er staan op de wereld honderden vergassers. Vergassing van biomassa stelt technologen voor nieuwe uitdagingen: de grondstof is veel complexer dan fossiele brandstoffen en bevat veel meer gebonden stikstof. Vergassing van biomassa bevindt zich nog volop in het stadium van ontwikkeling en demonstratie.

Op basis van vergassing is een nieuw type centrale mogelijk, waar kolen en biomassa worden vergast en waarbij het syngas flexibel wordt ingezet voor de productie van zowel brandstoffen en chemicaliën, als elektriciteit en warmte.



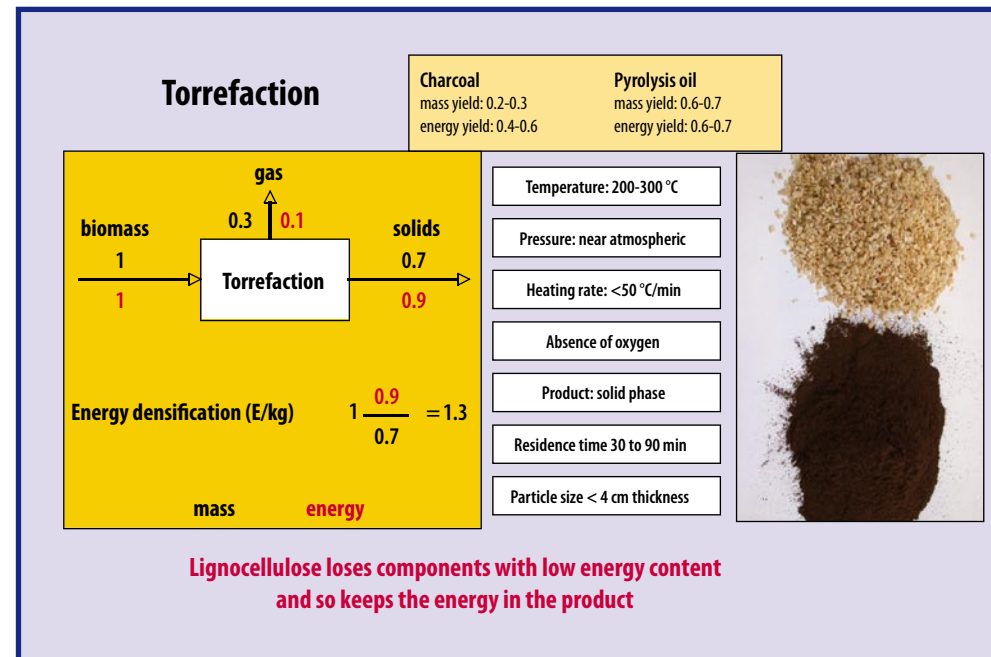
Vergasser ECN

Hoewel zo'n centrale als beste scoort op criteria van duurzaamheid, ziet het ernaar uit dat deze technologie nog niet zal worden gebruikt voor de eerstvolgende generatie steenkool/biomassacentrales op de Maasvlakte.

**Pyrolyse.** Bij pyrolyse wordt biomassa anaeroob verhit tot 500 °C, waardoor een olie ontstaat. In de vorm van pyrolyseolie is biomassa goed te transporteren, bijvoorbeeld per schip. Het ligt voor de hand dat pyrolysefabrieken zullen worden gebouwd in exportlanden van biomassa. Pyrolyseolie heeft de naam snel te polymeriseren, maar er zijn claims dat dit probleem overwonnen is. Het is niet goed voorspelbaar wanneer deze technologie zal doorbreken, maar als de kinderziekten worden overwonnen heeft deze een grote potentie.



*Pyrolyse testinstallatie,  
Universiteit Twente  
(foto en auteursrecht  
Webletters, Anne Groot)*



*Figuur 8. Torrefactie (bron: presentatie Vergassing en torrefactie, H.J. Veringa, ECN, 2006)*

**Torrefactie.** Bij torrefactie wordt biomassa anaeroob verhit op veel lagere temperaturen (250-300 °C). Hierbij ontwijken vluchtige componenten; de cellulosefractie blijft onaangetast maar verliest wel veel van zijn structuur, waardoor een gemakkelijk maalbaar, waterafstotend en daardoor goed transporteerbaar product ontstaat. Met torrefactie kan de aanzienlijke input van energie bij het malen van hout (tot 20% van de energie-inhoud) grotendeels achterwege blijven. Maar ook torrefactie is nog geen uitontwikkelde technologie.

**SNG-productie.** SNG (synthetic natural gas) ontstaat door opwerking van syngas. Uit CO en H<sub>2</sub> kunnen in de zogenaamde syntheses stap CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> en water worden gemaakt. In de VS staat een grote fabriek die SNG produceert uit steenkool, bedoeld om de afhankelijkheid van aardolie te verminderen. De productie van SNG uit biomassa is echter nog in ontwikkeling, bijvoorbeeld bij ECN.

Na verwijdering van water en het grootste deel van de CO<sub>2</sub> is SNG geschikt om te worden gevoed in het aardgasnetwerk. In Nederland zal de bestaande gasinfrastructuur vroeg of laat worden gebruikt om gas uit groene grondstoffen (groen aardgas) bij de verbruikers te brengen. Groen aardgas zal niet van exact dezelfde samenstelling zijn als aardgas van fossiele oorsprong, al zal de verbrandingskwaliteit (de Wobbe-index) binnen de nauwe daarvoor vastgestelde grenzen moeten liggen. Er zijn verontreinigingen mogelijk in de vorm van waterstof, H<sub>2</sub>S, ammoniak, chloriden en siloxanen. Van veel van deze componenten is niet bekend wat hun effect is op leidingen en verbrandingsinstallaties, en welke maxima daarom aan hun concentraties moeten worden gesteld. Om ervaring op te doen zal toevoer van groen aardgas in eerste instantie een experimenteel karakter hebben. Op zijn vroegst wordt bijmenging van SNG verwacht in 2015.

## TRANSPORTBRANDSTOFFEN

Veel aandacht gaat op de korte termijn uit naar bio-transportbrandstoffen. Deze zijn betrekkelijk eenvoudig te maken en goed inpasbaar in de bestaande infrastructuur, doordat bijmenging bij benzine en dieselolie tot een zeker percentage toelaatbaar is voor het bestaande wagenpark. De wereldproductie van ethanol is meer dan verdubbeld tussen 2000 en 2005, terwijl de productie van biodiesel verviervoudigde.

**Biodiesel uit plantaardige oliën.** Biodiesel kan langs verschillende wegen worden geproduceerd. Technisch is het

mogelijk dieselmotoren te voeden met pure plantaardige olie (PPO); hiervoor is de dieselmotor oorspronkelijk ontwikkeld. Bijmenging van PPO bij dieselolie wordt voor diverse oliën beproefd, er worden bijvoorbeeld voor Jatropha-olie gunstige resultaten gemeld. Bij te grote percentages is er vaak een bezwaar van baklucht in de uitlaatgassen.

Doorgaans worden andere routes gekozen. De gebruikelijke route naar biodiesel bestaat momenteel uit hydrolyse van plantaardige oliën, waarbij vetzuren en glycerol ontstaan. De vetzuren worden opnieuw veresterd met methanol of ethanol tot biodiesel, die chemisch verschilt van dieselolie uit fossiele bron maar er tot een zeker percentage mee kan worden gemengd. Europa is zeer actief bij de productie van biodiesel. Duitsland produceerde in 2005 bijna 2 miljard liter en Frankrijk 0,5 miljard, daarmee de VS met bijna 300 miljoen liter ruim achter zich latend.





**Biodiesel uit groen syngas.** Uitgaande van syngas kan eveneens diesel worden geproduceerd met het Fischer-Tropsch proces. Met name in Duitsland en Zuid-Afrika wordt deze technologie verder ontwikkeld. De zo geproduceerde dieselolie bestaat voornamelijk uit koolwaterstoffen en lijkt daarom chemisch meer op de gebruikelijke diesel. Wanneer het uitgangspunt syngas van biologische oorsprong is, wordt de zo geproduceerde dieselolie eveneens gekarakteriseerd als biodiesel. Productie van biodiesel uit groene grondstoffen met het Fischer-Tropsch proces is een van de zogenaamde tweede generatie technologieën, die voor de toepassing van biomassa op de langere termijn van grote betekenis zullen zijn.

**Ethanol uit suikers en zetmeel.** Met vergisting zoals sinds mensenheugenis toegepast voor de bereiding van alcoholhoudende dranken kan ethanol worden verkregen uit suikers en zetmeel. Het eerste land waar dit proces op grote schaal werd toegepast voor productie van transportbrandstof was Brazilië, rijk aan suiker en arm aan aardolie. Door schaalvergroting is bio-ethanol daar nu aanzienlijk goedkoper dan benzine. In de VS, die met bio-ethanol proberen af te komen van hun olieverslaving, kan binnenlandse ethanol uit maïs nu concurreren met benzine. De Europese inspanningen zijn beperkt in vergelijking met die in deze twee landen. Terwijl Brazilië en de VS in 2005 beide meer dan 16 miljard liter ethanol produceerden, bleef de productie in de EU steken op 950 miljoen liter.



**Ethanol uit lignocellulose.** Biomassa bestaat voor een belangrijk deel uit lignocellulose; dit bestaat deels uit cellulose en hemicellulose (complexen met C6- en C5-suikers) en deels uit lignine (voornamelijk polyaromaten). Lignocellulose is een moeilijk afbreekbare stof, bijvoorbeeld zeer resistent tegen schimmels, een voorwaarde overigens voor het voortbestaan van planten en bomen. Tot voor kort was lignocellulose alleen om te zetten met zware middelen: omzetting bij hoge temperatuur door verbranding of vergassing. Door de snelle ontwikkeling van de fermentatietechnologie komt echter de omzetting in ethanol en andere waardevolle chemicaliën in zicht bij lage temperatuur en in waterige oplossing. Naar deze route wordt veel speurwerk verricht. Ook deze omzetting rekt men tot de tweede generatie technologieën.

**Biomethanol.** Restproducten als glycerol (uit de productie van biodiesel of uit restanten van de olie- en vetverwerkende industrie) kunnen met een nieuwe technologie onder hoge temperatuur en druk worden omgezet in synthesegas; hieruit wordt met bestaande technologie methanol gemaakt. Hierdoor komt methanol uit groene grondstoffen beschikbaar. Methanol is geschikt voor bijmenging bij benzine of zelfs (na aanpassingen in de motor) in pure vorm als motorbrandstof. Verder kan methanol worden omgezet in MTBE, dat als antiklop middel aan benzines wordt toegevoegd. Ook groene MTBE is hierdoor sinds kort beschikbaar.

*Procesinstallatie Nedalco*



## **CASE: BIOMETHANOL**

***Toen Methanor, de methanolfabriek in Delfzijl, eigendom van Akzo Nobel, DSM en Dynea, in 2006 haar poorten moest sluiten, waren er twee opties: verkoop aan Russen of aan een consortium van durfkapitalisten, Econcern, NOM en Oakinvest, die er biomethanol wilden gaan maken. De keuze viel op het laatste en Methanor heeft inmiddels een doorstart gemaakt onder de naam Bio Methanol Chemie Nederland. BMCN gaat, grotendeels met het oude personeel, met een nieuw procedé groene methanol produceren uit glycerol, bijproduct van de productie van biodiesel, en in korte tijd in grote hoeveelheden op de markt gekomen. De initiatiefnemers verwachten dat de Nederlandse vraag naar biomethanol (als loodvervanger in benzine of voor directe bijmenging) voldoende is om al in 2007 de helft van de productie (500.000 ton) af te zetten. De rest moet worden geëxporteerd. Het meest verbazingwekkende is dat dit alles zich heeft afgespeeld zonder dat er een cent overheidssubsidie aan te pas is gekomen.***



## **WATERSTOF UIT BIOMASSA**

***Door de autobranche wordt momenteel vol ingezet op toepassing van brandstofcellen in de mobiliteit van de toekomst. De gebruikte brandstofcellen hebben waterstof (H<sub>2</sub>) nodig als voeding. Ook uit biomassa kan waterstof worden gemaakt. De nu op de markt verkrijgbare waterstof is echter niet groen, want geproduceerd uit nafta.***

***Eén route voor groene waterstof leidt langs vergassing van biomassa bij hoge temperaturen (1100-1300 °C). Het synthesegas bestaat bij deze temperatuur vrijwel uitsluitend uit CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub> en water. Waterstof die langs deze weg is geproduceerd moet zeer sterk worden gereinigd omdat het soort brandstofcellen dat in auto's wordt toegepast erg gevoelig is voor CO. Waterstof is hierdoor vrij duur.***

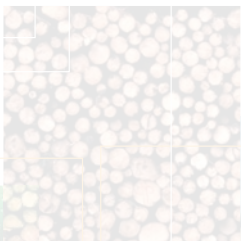
***Waterstof kan ook worden verkregen door fermentatie van biomassa met geschikte organismen. Een bewezen route verloopt via micro-algen. Eerst wordt zonne-energie vastgelegd in de vorm van koolhydraten, gevormd in algen door fotosynthese. De algen worden geoogst en onderworpen aan donkere fermentatie; hierbij ontstaan waterstof en organische zuren. In een volgende stap, fotofermentatie, worden ook deze zuren omgezet in waterstof (en kooldioxide). Van dit proces wordt veel verwacht, met name voor toepassing in woestijnachtige gebieden. De diverse stappen zijn echter nog slechts uitgevoerd op laboratoriumschaal. In plaats van algen kan ook andere biomassa als voeding voor de donkere fermentatiestap dienen. De biomassa dient voorbehandeld te worden zodat fermenteerbare stoffen (oplosbare suikers, aminozuren, vetzuren) voor de fermentatiestap beschikbaar komen.***

***Een alternatief wordt gevormd door biofotolyse: de directe omzetting van water in waterstof en zuurstof door micro-organismen onder invloed van zonlicht. Met dit proces wordt zeer zuivere waterstof geproduceerd, zonder bijmenging van koolmonoxide of methaan. Het rendement is echter tot nu toe laag.***

***In het laboratorium wordt tot 10% gehaald, in praktijkproeven in de buitenlucht niet meer dan 0,2% - en dat nog alleen wanneer de zon schijnt. Bovendien zijn de investeringskosten hoog, en de scheiding van waterstof en zuurstof is een nog niet goed opgelost probleem.***

***Het Platform Groene Grondstoffen is overigens van mening dat het vanuit groene grondstoffen logischer is andere motorbrandstoffen te ontwikkelen als alternatief voor benzine, zoals methaan of methanol.***

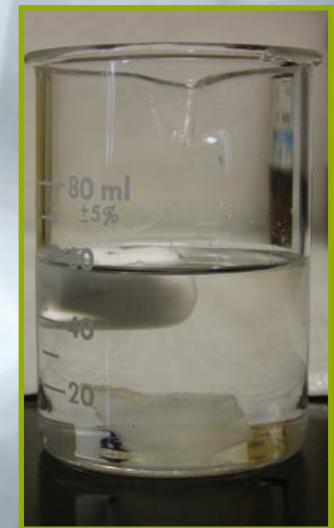




# Chemicaliën en materialen



# CHEMICALIËN EN MATERIALEN





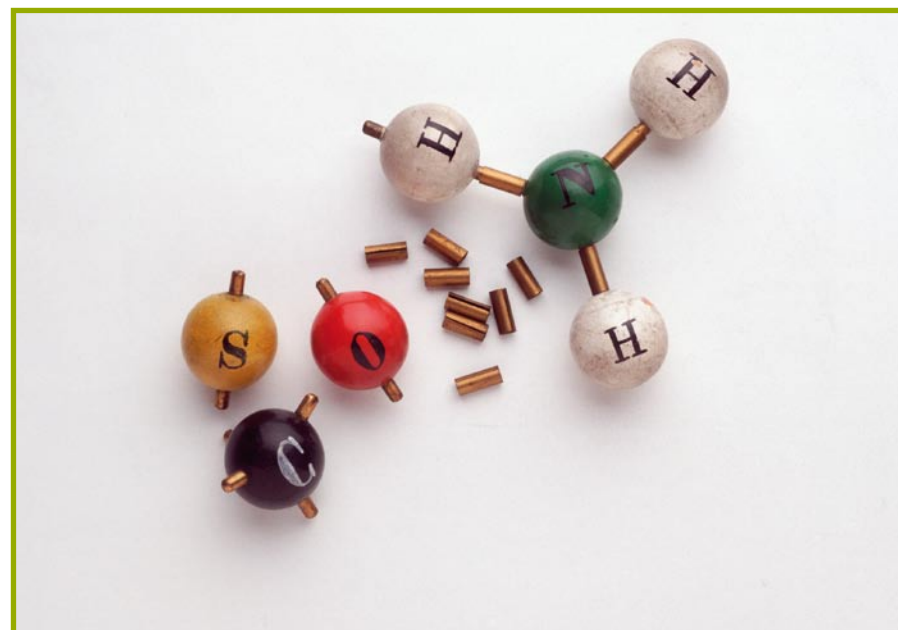
***Alhoewel de fijnchemie reeds de afgelopen 25 jaar de potentie van groene processen heeft bewezen ligt de belofte van groene grondstoffen op termijn ook in de ontwikkeling van technologieën waarmee bulkchemicaliën en materialen kunnen worden gewonnen uit biomassa. Door de grote toegevoegde waarde is hier veel te halen. In potentie kan een groot deel van de kunststoffen in onze economie worden geproduceerd uit biomassa met twee in opkomst zijnde technologieën: witte biotechnologie en bioraffinage. Deze zullen in de nabije toekomst grote invloed hebben op respectievelijk de chemie en de agrosector.***

### **WITTE BIOTECHNOLOGIE: DE TOEKOMST VAN DE CHEMIE**

Witte biotechnologie is het gecontroleerd gebruik van micro-organismen voor het maken van producten uit duurzame grondstoffen. De basis van witte biotechnologie is fermentatie, een verzamelnaam voor biochemische processen gebruikmakend van bacteriën en schimmels. Fermentatie ligt van oudsher ten grondslag aan de productie van voedingsmiddelen als bier, wijn, sojasaus etc. De fermentatietechnologie is de laatste twintig jaar bezig aan een verbazingwekkende opmars. Deze technologie is zijn opkomst begonnen bij de productie van hoogwaardige medicijnen en staat nu op het punt een doorbraak te maken naar de productie van bulkgoederen uitgaande van groene grondstoffen.

De veranderingen die met fermentatietechnologie teweeggebracht zullen worden, kunnen we goed illustreren aan de historie van de industriële productie van penicilline. Eén kilo penicilline kostte in de jaren '70 honderden dollars. Daarom was het eigenlijk alleen een medicijn voor de rijke landen. Nu kost penicilline een paar tientjes

per kilo en wordt het over de hele wereld gebruikt. De meeste fabrieken staan in India en China. De kostprijs is een factor tien gedaald en daardoor is het publiek honderdvoudig gestegen. In India zijn nu 600 à 700 miljoen mensen bereikbaar voor antibiotica, tweemaal de bevolking van de Verenigde Staten. In China zijn het er 800 à 1.000 miljoen - tweemaal de bevolking van de Europese Unie.



Deze slagen zijn mogelijk geweest door achtereenvolgende vervanging van chemische omzettingen bij hoge temperatuur door biokatalytische en fermentatieve omzettingen in waterige oplossingen, een proces dat bekend is geworden als 'vergroening van de chemie'. Twee Nederlandse bedrijven, DSM en Gist-brocades (tegenwoordig één) zijn sinds de jaren '70 marktleider in dit proces. De economische basis van deze ontwikkeling is dat antibiotica producten zijn met hoge marktprijzen en een lange levensduur: wat in de jaren '70 werd gemaakt, wordt nog steeds verkocht. Door voortdurende scherpe aanpassingen in productietechnologie kon de daling van de marktprijzen worden bijgehouden door daling van de productiekosten.

De uiteindelijke winnaar is het milieu. Veel van de vernieuwingen konden daarom ook worden doorgevoerd met subsidies voor milieuvriendelijke technologieën. In de jaren '60 leverde 1 kg antibioticum 50-60 kg afval op. In de jaren '80 was dat nog 25-30 kg.

Sinds biokatalyse wordt toegepast, is het teruggebracht tot 3-5 kg. Het afval bestaat verder vrijwel geheel uit ammoniumsulfaat, dat kan worden opgewerkt tot meststof. Verdwenen zijn de gehalogeneerde oplosmiddelen, omdat biokatalyse plaatsvindt in waterig milieu. En ook de kwaliteit is omhooggegaan, het product is mooi wit en kristallijn en heeft niet meer de kenmerkende bittere smaak als je per ongeluk de capsule stukbijt. Daarom kan de toepassing van fermentatietechnologie in deze sector worden opgevoerd als toonbeeld van het realiteitsgehalte en succes van het 'factor 10 denken': de uitdaging om producten en diensten te ontwikkelen die eenzelfde, of beter nog, een hoger niveau van leefcomfort verzekeren, maar die tegelijkertijd een factor 10 (of 90%) minder milieubelastend zijn.



*Producten uit fermentatieprocessen*

Vergroening van de chemie rust op twee pijlers:

- **Biokatalyse**

Het gebruik van enzymen voor chemische omzettingen.

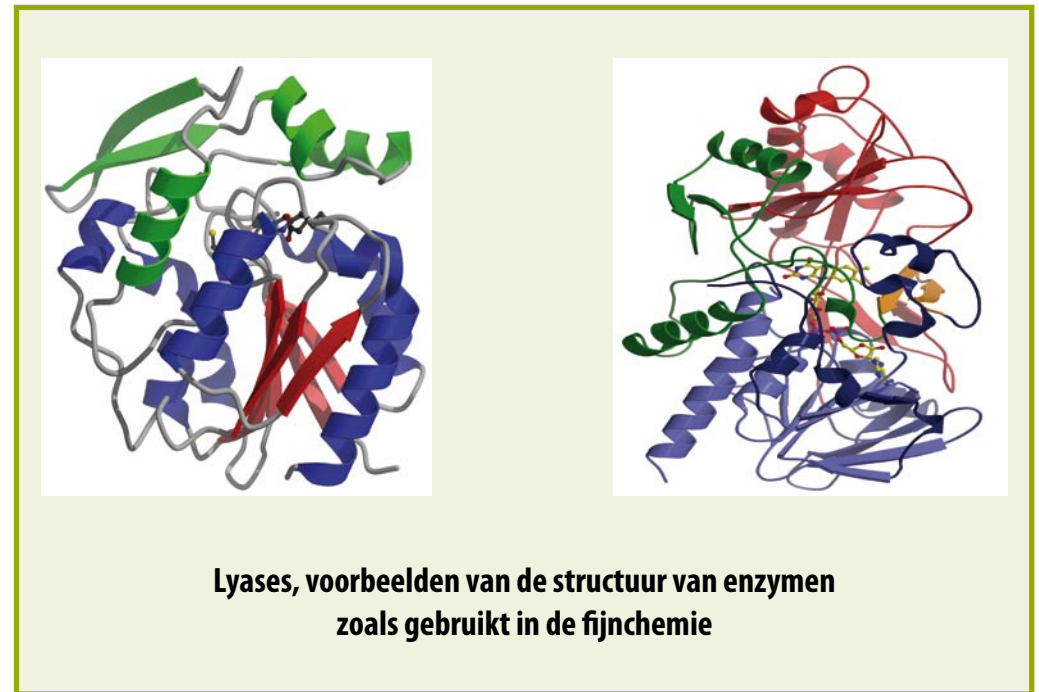
- **Biosynthese**

Het gebruik van al dan niet gemodificeerde micro-organismen om volledige chemische producten in elkaar te zetten.

Fermentatie vormt een onderdeel van biosynthese.

Gebruik van micro-organismen voor biosynthese is onomstreden en dit gebruik maakt géén deel uit van de discussie over genetische modificatie. Micro-organismen muteren zelf al voortdurend en de nuttige aanwending daarvan heeft nooit ter discussie gestaan. De gemodificeerde organismen blijven in de fabriek of de werkzame functies worden zelfs op een chip gebracht.

Elk biochemisch bedrijf heeft een of meer micro-organismen waarvan het genoom bekend is en dat wordt ingezet al naar behoefte (het huisorganisme), bijvoorbeeld de penicillineschimmel of de colibacterie. Het huisorganisme moet wel worden getemd. In de natuur gebruiken micro-organismen 90% van hun energie voor reproductie. Voor biosynthese is dat niet nodig en zelfs onwenselijk. Biosynthese wordt gebruikt om zeer zuivere stoffen te produceren. Daartoe worden veranderingen aangebracht in het metabolisme van het organisme, waarbij bepaalde routes worden afgesneden en andere juist worden gestimuleerd. Het is soms mogelijk door kennis van het genoom, uit één organisme meerdere stoffen te produceren,



*Figuur 9. Lyases*

al naar gelang de behoefte. Eenzelfde organisme kan bijvoorbeeld worden gebruikt voor de productie van ethanol of melkzuur. Hiermee kan goed worden ingespeeld op prijsverschuivingen.

Ook biokatalyse is bezig aan een opzienbarende opmars. Biokatalyse werd oorspronkelijk vooral ingezet bij zuivering van afvalstromen (met als bekende toepassing de toevoeging van enzymen aan wasmiddelen). Afval bestaat vaak uit zeer veel verschillende stoffen, maar met biokatalyse kunnen omzettingen met grote specificiteit plaatsvinden, ook onder extreme condities (bijvoorbeeld ernstige vervuiling). Leidende bedrijven in deze sector hebben als motto 'voor elk probleem bestaat een bacterie die het kan oplossen', wat leidt tot veel spitwerk naar micro-organismen in vervuilde milieus zoals vulkaanmeren en afvalstortplaatsen.

## **HET GROENE TIJDPERK IS AL BEGONNEN**

*“Gezien de voortrekkersrol van de chemie in de transitie naar een groene economie, is het niet verwonderlijk dat veel van de lopende onderzoeksprogramma’s en de op stapel staande plannen nauw aansluiten op de in dit hoofdstuk geschetste scenario’s. De industrie is medefinancier van deze programma’s, wat een snelle doorstroom naar commerciële toepassing versterkt. Belangrijke programma’s zijn bijvoorbeeld: B-Basic, IBOS (biokatalyse en biosynthese), ASPECT (chemokatalyse in competitie met biokatalyse), PoaC (miniaturisering van procesvoeringen), onderzoek van het technologisch topinstituut DPI (groene materialen) en het nationale programma Genomics (fundamenteel inzicht in biotechnologische processen).*”

*Totaal wordt reeds nu ca. € 100 miljoen per jaar geïnvesteerd in ontwikkelingen in de richting van een groene chemie en materialensector. Het recente besluit van het innovatieplatform om chemie als een van de vijf sleutelgebieden voor een nationale kenniseconomie aan te wijzen, heeft geleid tot een versnelling in het ontwikkelen van nieuwe plannen die prima aansluiten op de gewenste groene transitie. Een toename van de investeringen in onderzoek en ontwikkeling tot ca. € 200 miljoen per jaar ligt nu in de lijn der verwachting. En daarbij zijn inspanningen binnen de industrie of financieringen van eventuele demonstratieprojecten nog niet meegerekend. Meer specifiek ten aanzien van materialen moeten in dit verband de activiteiten en plannen worden genoemd van onder andere DSM en Philips op het gebied van bio(medische) materialen en apparatuur.”*

**Alle Bruggink**

**Lid van het Platform Groene Grondstoffen**

Na vergroening van de medicijnproductie is nu vergroening van bulkproductie aan de orde, meestal met suikers als grondstof. In de jaren '70 had DSM nog een plan om lysine (een aminozuur met een essentiële rol in menselijke en dierlijke voeding) te maken uit caprolactam van petrochemische oorsprong. Nu is het omgekeerde aan de orde: een plan om caprolactam (bouwsteen van nylon) van biologische oorsprong te maken. Lysine wordt al fermentatief uit suikers gemaakt voor minder dan \$ 1 per kilo. Concrete plannen voor productie van caprolactam uit biomassa zijn er nog niet, maar dit zou binnen tien jaar wel eens zijn beslag kunnen krijgen.

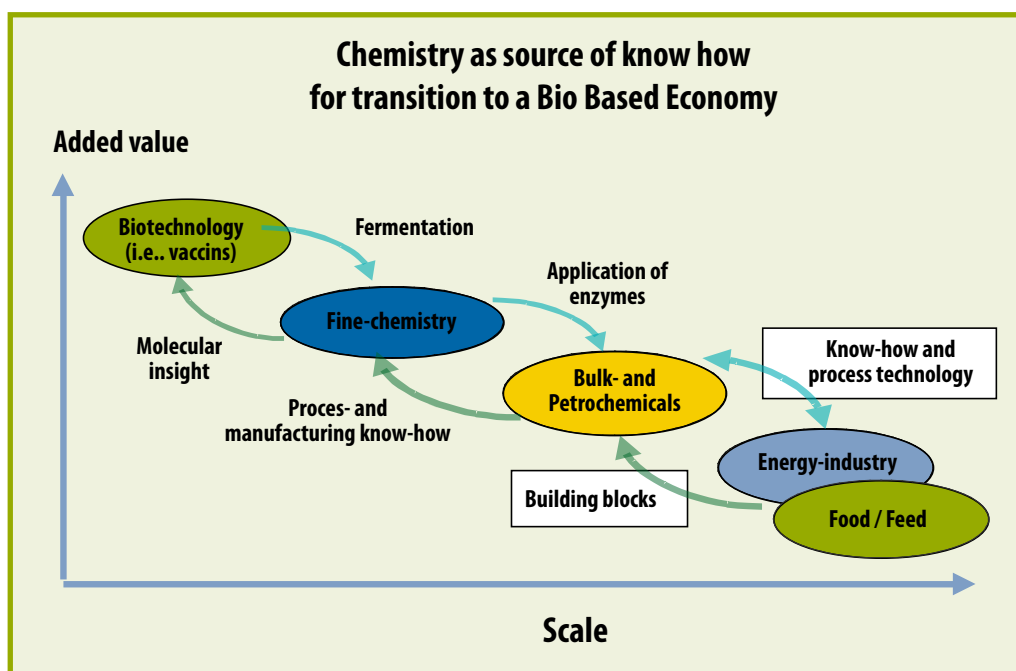
De ontwikkeling op dit gebied gaat in een snel tempo verder. Biokatalyse, oorspronkelijk vooral toegepast voor afbraakprocessen, wordt in toenemende mate gebruikt voor het omgekeerde: synthese. Met in serie geschakelde enzymatische syntheses kunnen complexe omzettingen tot stand worden gebracht, waarmee processen in levende organismen worden benaderd.

Omgekeerd kunnen sommige biosyntheses nu ook tot stand worden gebracht met dode in plaats van levende organismen, zodat de twee vakgebieden naar elkaar toegroeien.

Een belangrijke doorbraak wordt verwacht van de reeds genoemde tweede generatie technologie gericht op biotechnologische omzetting van lignocellulose in bruikbare verbindingen. Het is de bedoeling fermentatieprocessen te vinden waarmee met name de C5-suikers kunnen worden vrijgemaakt. Deze kunnen dan via fermentatie worden omgezet in waardevolle stoffen als xylose, methanol en ethanol. Tweede generatie technologieën zitten nu nog in het onderzoeksstadium, maar hun doorbraak in de markt wordt verwacht over tien à vijftien jaar. Hun industriële toepassing betekent dat straks niet alleen voedingsstoffen als suikers en zetmeel kunnen worden gebruikt voor de productie van transportbrandstoffen en basischemicaliën, maar de hele plant.



In figuur 10 wordt de weg naar vergroening van de chemie geschetst. De pijlen aan de linkerkant geven de opbouw van kennis aan. Onze chemische kennis is begonnen bij processen in de voedselbereiding en energieproductie, en steeds verder verfijnd totdat we inzicht hebben verworven in de kleinste bouwstenen van het leven. Deze kennis is in eerste instantie toegepast voor het maken van medicijnen, maar blijkt nu goed bruikbaar te zijn voor het maken van fijnchemicaliën. De productie van bulk- en petrochemicaliën is de volgende stap in de schaalvergroting van deze kennis. Hiermee wordt het mogelijk, de ruggengraat van ons industriële systeem te baseren op groene grondstoffen.



Figuur 10. Chemie als kennisbron voor transitie naar een groene grondstoffen economie (bron: Nieuwe bronnen voor chemie, eindrapport transitiepad 5 van het Platform Groene Grondstoffen, A. Bruggink, 2006)

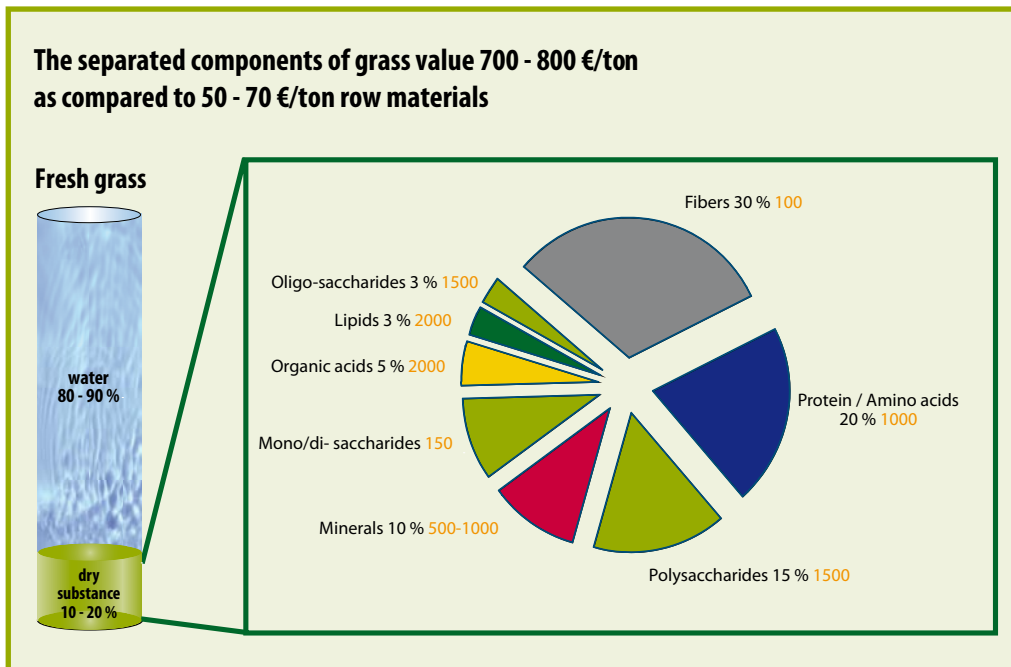
## BIORAFFINAGE: DE TOEKOMST VAN AGRO

Planten bestaan voornamelijk uit lignocellulose en eiwitten, en daarnaast wisselende hoeveelheden stoffen als oliën (vooral in de zaden), mineralen, sacchariden en polysacchariden, en organische zuren. Bioraffinage is een concept gericht op scheiding en verwaarding van al deze onderdelen van de plant.

Veel biomassa wordt geoogst met het oog op een onderdeel met hoge voedingswaarde: de zaden vanwege hun zetmeel (granen) of olie (zonnebloem, kool- en raapzaad, aardnoot etc.); de stengels vanwege hun suiker (suikerriet); de wortels vanwege hun zetmeel (aardappel, voederbiet) of suiker (suikerbiet). De belangstelling bij bioraffinage richt zich juist op de reststromen die overblijven na oogst van de voedingsstoffen (stengels, loof en wortels), of ook op de hele plant wanneer deze geen eetbare onderdelen bevat zoals gras. De eerste stap in het opwaarderen van biomassa zal vaak bestaan uit het scheiden van de lignocellulosefractie van de rest. Dat kan in sommige gevallen al mechanisch, zo wordt bij de verwerking van suikerriet de lignocelluloserijke bast gescheiden van de kern.

Meestal zal een voorbereidingsstap nodig zijn, in vele gevallen een eenvoudige behandeling van gemalen biomassa in zuur milieu, om deze scheiding te laten plaatsvinden. In licht zure oplossingen zijn de meeste componenten van biomassa goed oplosbaar, maar lignocellulose niet. In de jaren '90 ontwikkelde Avébé samen met anderen (in het Prograss-consortium) op deze basis een procedé voor bioraffinage van gras.

Terwijl gras in ruwe vorm niet meer opbrengt dan € 50-70 per ton, is de waarde van dezelfde ton gras, wanneer gescheiden in componenten, meer dan het tienvoudige: € 700-800 per ton - zie figuur 11. Tot nu toe is deze technologie echter nog niet toegepast.



Figuur 11. Verwaarding van de componenten van gras door bioraffinage (bron: lezing Johan Sanders, WUR: Biorefinery, the Bridge between Agriculture and Chemistry, York 6-8 September 2006)

Een belangrijk deel van de waardetoevoeging komt uit eiwitten. Eiwitten zijn biologische structuren, opgebouwd uit aminozuren die in elk eiwit in een specifieke volgorde en ruimtelijke structuur met elkaar zijn verbonden. Eiwitten zelf hebben nog betrekkelijk weinig waarde, omdat ze niet als zodanig industrieel kunnen worden verwerkt. Ze kunnen wel worden toegepast in hoogwaardig veevoer - hoogwaardig doordat het maagdarmkanaal van onze

varkens niet meer wordt belast met nutteloze lignocellulose en de efficiency van hun spijsvertering sterk omhooggaat.

Bij een nog verdergaande stap kunnen de gewonnen eiwitten worden gesplitst in aminozuren. Deze aminozuurscheiding is voorwerp van veel research. Het probleem is vooral de isolatie van elk van de aminozuren tegen aanvaardbare kosten. Er zijn ruim twintig aminozuren waaruit eiwitten zijn opgebouwd, en de scheiding in bulk hebben technici nog niet goed onder de knie. Veel toepassingen van biomassa in de hogere waardesegmenten hangen af van deze effectieve en betaalbare aminozuurscheiding.

Wanneer aminozuren zijn gescheiden is verdere uitsplitsing van stoffstromen mogelijk. De meest waardevolle aminozuren zijn de zogenoemde essentiële aminozuren, zo geheten omdat ze essentieel zijn voor dierlijk leven maar niet door dieren zelf in het lichaam kunnen worden gemaakt. De mens bijvoorbeeld kan acht aminozuren niet maken. Het eenvoudigste en belangrijkste in de groep essentiële aminozuren is lysine. De mens moet het uit de voeding opnemen en hetzelfde geldt voor varkens, kippen en runderen, die lysine krijgen als voedersupplement.

Wanneer eiwitten in aminozuren zijn gesplitst kunnen de essentiële aminozuren alsnog in veevoer worden verwerkt (met verdere reductie van het mestprobleem) terwijl de niet-essentiële aminozuren worden gebruikt als grondstof voor de productie van chemicaliën.

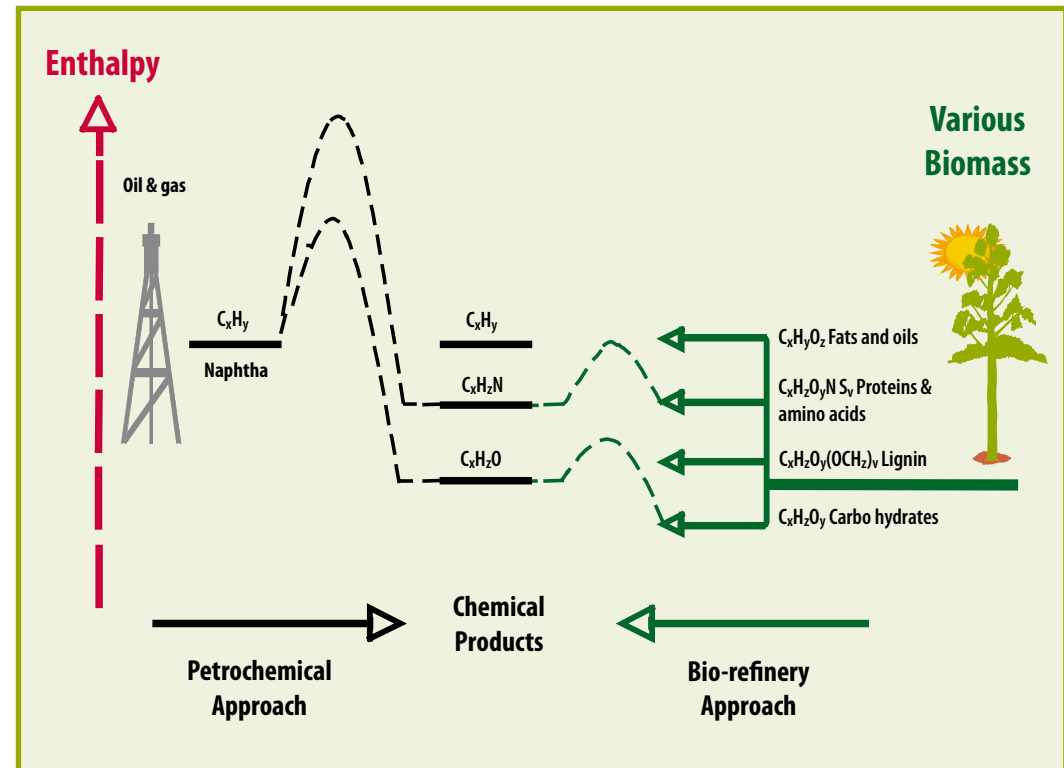


Behalve eiwitten kunnen uit plantaardig materiaal vele andere waardevolle stoffen worden geïsoleerd, zoals sacchariden en polysacchariden die met eeuwenoude technologie worden vergist tot ethanol, of gebruikt voor fermentatieve omzettingen. Ook organische zuren zijn stoffen met een hoge waarde.

De winning van eiwitten en organische zuren uit biomassa staat nog in de kinderschoenen omdat planten tot nu toe niet zijn geselecteerd en gekweekt op de productie van deze stoffen. Verwacht wordt dat bij een goed teeltprogramma de opbrengsten sterk omhoog zullen kunnen gaan.

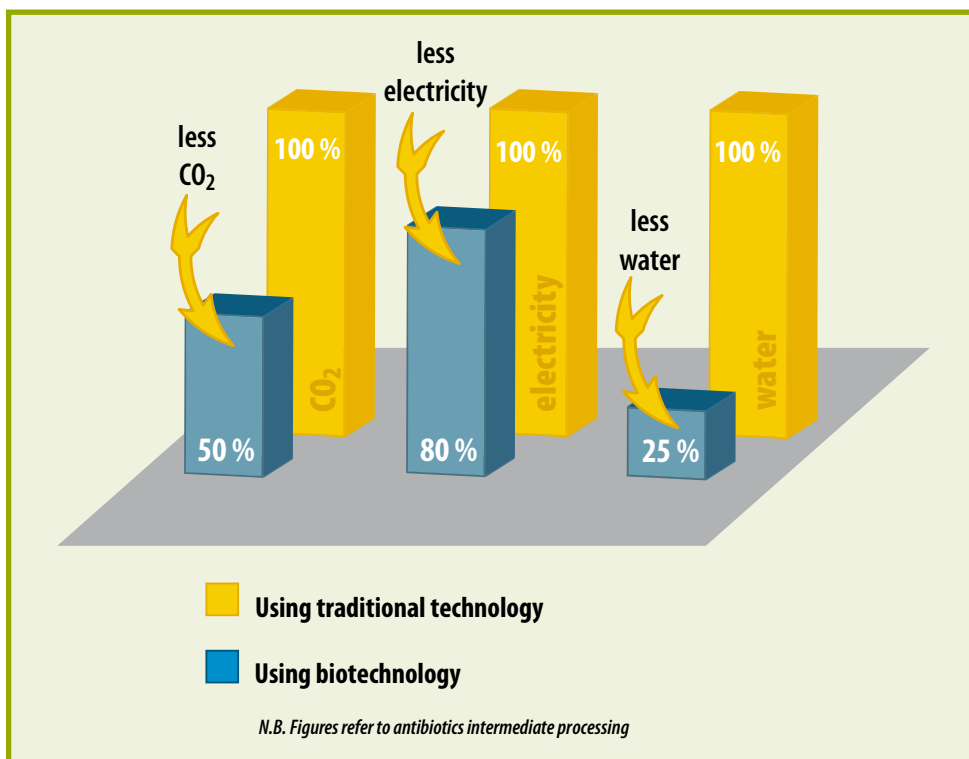
## EEN ALTERNATIEF VOOR PETROCHEMIE

Bijna alle organische stoffen waarvan wij gebruikmaken kunnen worden geproduceerd uit aardolie. Dat gaat wel gepaard met omzettingen die veel energie vragen, energie die overigens wordt geleverd door de vele exotherme (warmteproducerende) reacties in de petrochemie; zie figuur 12.



Figuur 12. Energiebesparende alternatieven voor de productie van zuurstof- en stikstofhoudende chemicaliën uit groene grondstoffen (bron: lezing Johan Sanders, WUR: Biorefinery, the Bridge between Agriculture and Chemistry, York 6-8 September 2006)





Figuur 13. Vergelijking tussen biologische en traditionele productieprocessen (bron: [www.europabio.org](http://www.europabio.org))

Een voorbeeld. 1,2-ethaandiamine is een belangrijke grondstof voor rubber, chemicaliën, geneesmiddelen, smeermiddelen en detergents. Industrieel wordt het gemaakt uit etheen, dat ontstaat bij het kraken van aardolie. De eerste stap is chlorering, waarna nitrificering volgt: de chlooratomen worden vervangen door aminogroepen. Voor de chloreringsstap is chloor nodig, geproduceerd uit elektrolyse van keukenzout; voor nitrificering is ammoniak nodig, dat ontstaat uit synthese van waterstof en stikstof. Productie van 1,2-ethaandiamine vergt hierdoor drie energie-intensieve processen: kraken van aardolie, chloorproductie, en ammoniakproductie. De totale afvalstroom bij deze processen is aanzienlijk. Met veel minder energie kan 1,2-ethaandiamine worden geproduceerd uit serine of ethanolamine, stoffen die als zodanig in planten voorkomen.

Maar waarom zou men uit biologische grondstoffen 1,2-ethaandiamine willen maken? Deze stof is immers alleen maar weer een tussenstap bij de synthese van meer complexe verbindingen. Die complexe verbindingen kunnen misschien zelf door bioraffinage of door fermentatie van biologische grondstoffen worden verkregen.

In het algemeen geldt dat de meest waardevolle chemicaliën worden gekenmerkt door aanwezigheid van zuurstof- en/of stikstofgroepen. Deze kunnen uit aardolie alleen door energie-intensieve processen worden geproduceerd. De chemicaliën met zuurstof- en stikstofgroepen nemen een kwart van het volume in van de petrochemische industrie, maar voor hun productie is de helft nodig van het energiegebruik in deze sector. De meest moeilijke stap in de petrochemie is katalytische oxidatie, de noodzakelijke eerste stap om van koolwaterstoffen te komen tot de gewenste eindproducten. Juist deze stap kan worden overgeslagen wanneer we uitgaan van groene grondstoffen.

Naar verwachting zullen in de komende tijd stoffen van biologische oorsprong in toenemende hoeveelheden op de markt komen. Een voorbeeld is bioglycerol, bijproduct van de hydrolyse van plantaardige oliën bij de productie van biodiesel. Glycerol heeft zelf niet veel toepassingen, maar het kan langs chemische weg worden omgezet in basischemicaliën als glycol, isopropanol en aceton, stoffen die vaak ook weer een bouwsteen zijn voor verdere syntheses.

Deze ontwikkeling heeft al geleid tot nieuwe wegen, ook in de petrochemie. Sinds kort produceert Dupont in de VS het halffabrikaat 1,3-propaandiol langs fermentatieve weg uit maïs met een procedé ontwikkeld door het biotechnologische bedrijf Genencor. Tezeldertijd maakt Shell dezelfde stof nog uit nafta in de Rijnmond. Dit leidt tot een interessante concurrentie tussen beide routes, met als waarschijnlijke uitkomst voortdurende verbeteringen in beide processen. Concurrentie tussen petrochemie en productie uit groene grondstoffen zal zich kunnen voordoen met vele andere halffabrikaten.

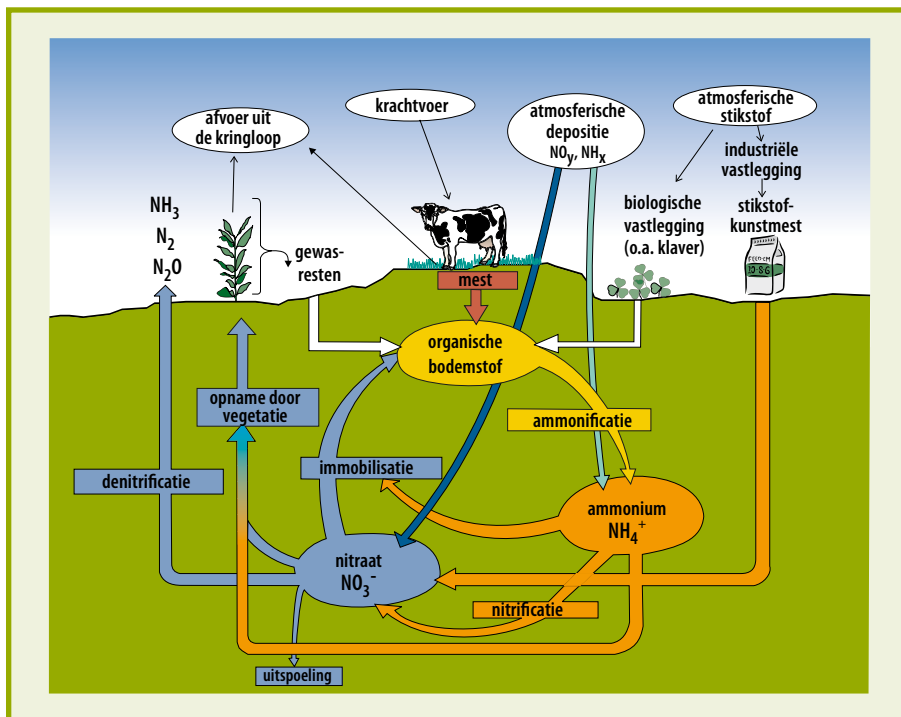
Groene grondstoffen geven ook aanleiding tot de ontwikkeling van nieuwe materialen. Een interessant nieuw plastic is polylactaat, gemaakt van de plantaardige grondstof melkzuur. Polylactaat kan voor veel toepassingen de plaats innemen van polyethyleen, waarop het één groot voordeel heeft: het is biologisch afbreekbaar. Voorbeelden zijn plastic bekertjes en zelfs T-shirts. Verder wordt het ook in de geneeskunde toegepast, onder meer bij rimpelbestrijding. Polylactaat heeft waarschijnlijk een grote toekomst.

Bij zuurstofhoudende koolstofverbindingen bestaan bio-alternatieven voor vrijwel alle koolwaterstoffen uit de aardolie-industrie, zoals wordt aangegeven in tabel 3.

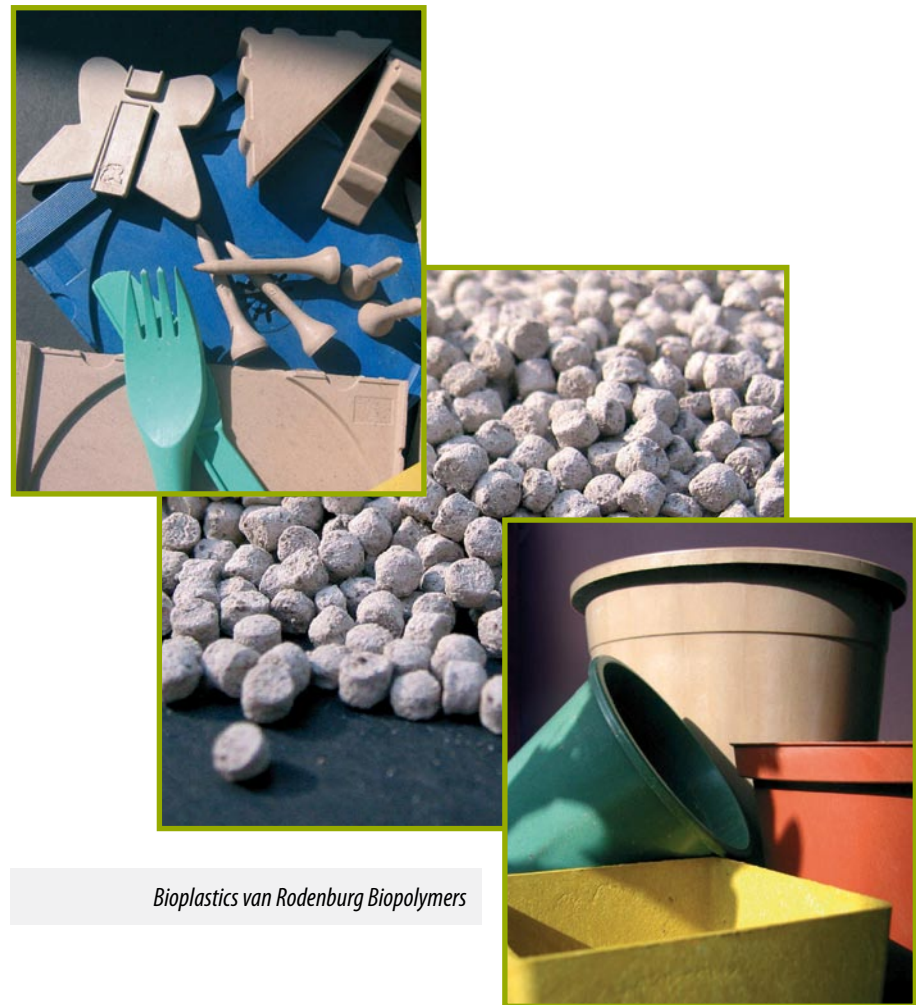
	Uit aardolie	Uit groene grondstoffen
C <sub>1</sub>	Synthesegas (CO/H <sub>2</sub> ), methaan	Methanol, synthesegas, methaan
C <sub>2</sub>	Ethyleen	Ethanol
C <sub>3</sub>	Propyleen	Glycerol, melkzuur, propanols
C <sub>4</sub>	Buteen, butadieen	n-butanol
C <sub>5</sub>	Diverse koolwaterstoffen	G <sub>5</sub> suikers
C <sub>6</sub>	Benzeen	G <sub>6</sub> suikers, lysine
C <sub>7</sub> en hoger	Aromaten	G <sub>7</sub> suikers

Tabel 3. Nieuwe grondstoffen voor de chemische industrie  
(bron: Nieuwe bronnen voor chemie, eindrapport transitiepad 5 van het Platform Groene Grondstoffen, A. Bruggink, 2006)

Nog interessanter zijn de mogelijkheden om stikstofhoudende eindproducten te maken uit stikstofhoudende biomassa. Stikstof is een erg moeilijke stof in de huidige agro-industriële cyclus. Planten hebben stikstof nodig om te groeien. Dit wordt momenteel door zeer energie-intensieve processen (kunstmestproductie) toegevoegd. Wanneer planten worden geoogst en de restproducten biologisch worden afgebroken, bijvoorbeeld in de bodem, komt stikstof vrij; voor een groot deel in de vorm van elementair stikstof  $N_2$  (nutteloos, het vrijkomen betekent dat opnieuw kunstmest moet worden toegevoegd), deels als  $N_2O$  (schadelijk als broeikasgas) en deels als nitraat (schadelijk wanneer dit wordt uitgespoeld naar watergangen en grondwater).



Figuur 14. Stikstofcyclus in de bodem en de atmosfeer (bron: *De vliegende geest: ammoniak uit de landbouw en de gevolgen voor de natuur*, J.W. Erisman, Betatext, 2000)

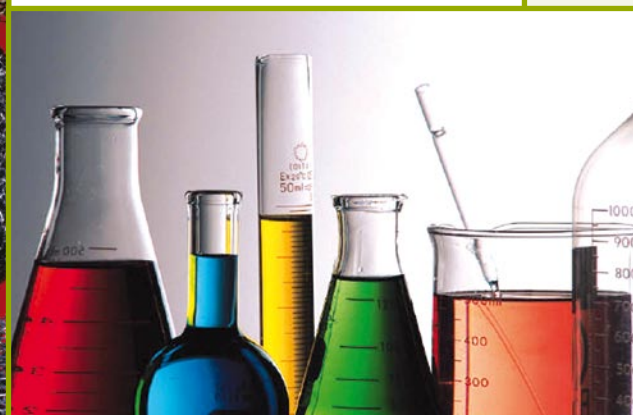
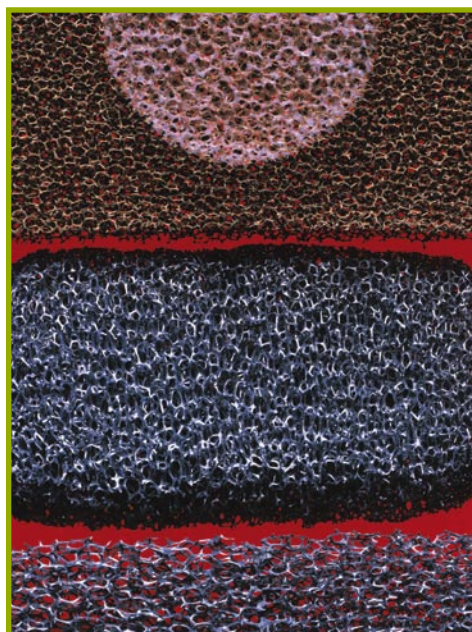


Bioplastics van Rodenburg Biopolymers

De uitdaging is, de stikstofcyclus te bekorten door meststoffen te ontwikkelen uit biomassa met behoud van de koolstof-stikstofbindingen, dus in de vorm van aminen. Het scheiden van een fractie met vooral aminen (of aminozuren) uit biomassa gaat niet sterk ten koste van de energiewinning, omdat de energiedragers in biomassa vooral gebaseerd zijn op koolstof en zuurstof. Er zijn juist duidelijke voordelen: in het geval van verbranding van biomassa is gebonden stikstof een storende factor vanwege de vorming van de verzurende stikstofoxiden  $NO$  en  $NO_2$ . Scheiding van aminen en aminozuren uit biomassa vóór verdere verwerking biedt dus winst naar alle kanten.

Ze kunnen worden geïsoleerd en apart opgewerkt als mest én als grondstof voor de chemische industrie. Ook hier tekent zich de interessante mogelijkheid van competitie tussen groene grondstoffen en aardolieproducten af, omdat juist de laatste jaren de katalyse zich sterk heeft ontwikkeld; hierdoor kunnen koolwaterstoffen direct met luchtstikstof tot stikstofhoudende verbindingen reageren.

De ambitie van het Platform Groene Grondstoffen is, in 2030 25% van het fossiele grondstofverbruik in de chemie te vervangen door groene grondstoffen, maar de ontwikkeling kan in potentie veel harder gaan. Rond 2030 kan de helft van de chemie gebaseerd zijn op groene grondstoffen. Dit zal niet alleen worden bereikt door vervanging van aardolieproducten door biomassa, maar ook door besparing op grondstoffen.



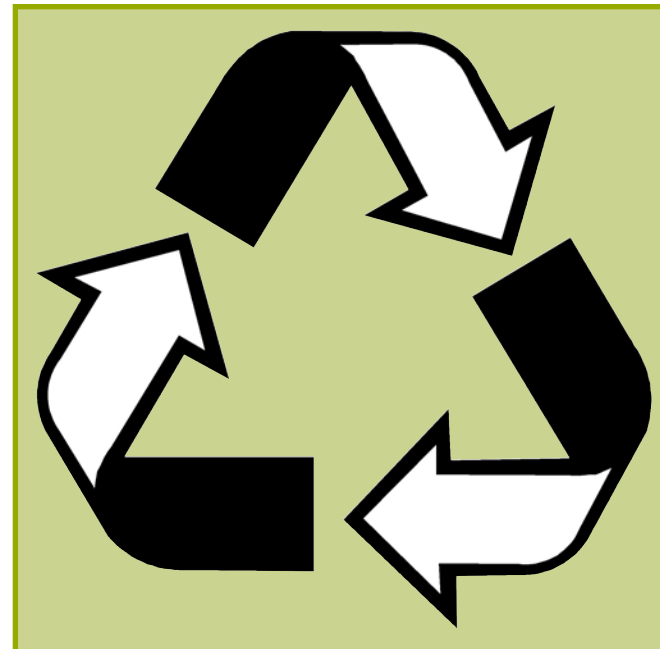
***“Op korte termijn kan al vanuit biomassa in belangrijke mate worden voorzien in de behoefte aan zuurstofbevattende basischemicaliën: glycol, 1,3-propaandiol, isopropanol, aceton, methylbutylketon en vervanging van MTBE door ETBE. Deze stoffen omvatten samen 10-15% van de basischemicaliënproductie in de Rijnmond. Een van de in aanmerking komende grondstoffen voor deze basischemicaliën is glycerol. Op langere termijn (vanaf 2015) kan worden verwacht dat ook stikstofhoudende basischemicaliën van biologische oorsprong op de markt komen, zoals 1,2-ethaandiamine, acrylonitril, acrylamide en caprolactam.”***

**Johan Sanders**  
**Lid van het Platform Groene Grondstoffen**

Een belangrijke rol zal zijn weggelegd voor producten die met minder materiaal dezelfde prestaties kunnen leveren (dematerialisatie). Gebieden waarop dit zich zal afspelen zijn verpakkingen, lijmen, composieten en medicijnen. Verdere besparingen zijn mogelijk door betere organisatie van de recycling van plastics, andere polymeren en bulkchemicaliën. Voor het energiegebruik in de industrie zijn verder de ontwikkelingen rond kunstmest (momenteel zeer energie-intensief) van groot belang. Het ligt voor de hand dat de productie van kunstmest geheel andere, momenteel nog niet voorspelbare routes zal nemen wanneer groene grondstoffen in groten getale onderdeel gaan worden van ons industriële systeem. In het algemeen zal het niet-energetisch gebruik van fossiele brandstoffen sterk kunnen afnemen door het opkomen van biomassa als grondstof.



Groene grondstoffen kunnen de plaats gaan innemen van aardolieproducten. Dat zal geleidelijk gaan, omdat het gaat om grote volumes aan producten. Bovendien zal er terughoudendheid zijn bij de industrie om zich afhankelijk te maken van oogsten, met de mogelijkheid dat deze mislukken. Maar op wereldschaal bezien vormt de doorzet in de chemie slechts een fractie van de stofstromen in de landbouw en de energievoorziening. Bij de laatste twee gaat het om miljarden tonnen per jaar, waar de chemie 'slechts' beslag legt op tientallen miljoenen tonnen. Op macroschaal is het daarom heel goed voorstelbaar dat de chemie zich voor het overgrote deel gaat baseren op groene grondstoffen, ook al zal de petrochemie nog tientallen jaren een belangrijke rol blijven spelen.





# Balans



# BALANS

A photograph of a gas station price sign. The sign is red and white with a logo at the top. It lists various fuel types and their prices per liter.

Fuel Type	Price (SEK/l)
Bensin 95	9,53
Bensin 96	9,69
Bensin 98	9,83
Diesel	7,97
Etanol E5	9,43
Etanol E85	7,41



***In de vorige hoofdstukken hebben we gezien dat verschillende soorten biomassa met diverse technologieën kunnen worden omgezet in brandstoffen en chemicaliën. Voor het bepalen van een toekomststrategie moet nu naar prioriteitstelling in die technologieën worden gekeken.***

De werkgroep WISEBIOMAS van het Platform Groene Grondstoffen heeft uitgebreide modelberekeningen uitgevoerd om te onderzoeken hoe de inzet van groene grondstoffen scoort op criteria van economie en duurzaamheid, afhankelijk van de prioriteit in die criteria en de technologieën die daartoe worden ingezet. WISEBIOMAS staat voor: Working Group for Innovative and Sustainable BIObased energy and MAterialS). De werkgroep onderscheidt vijf mogelijke doelstellingen:

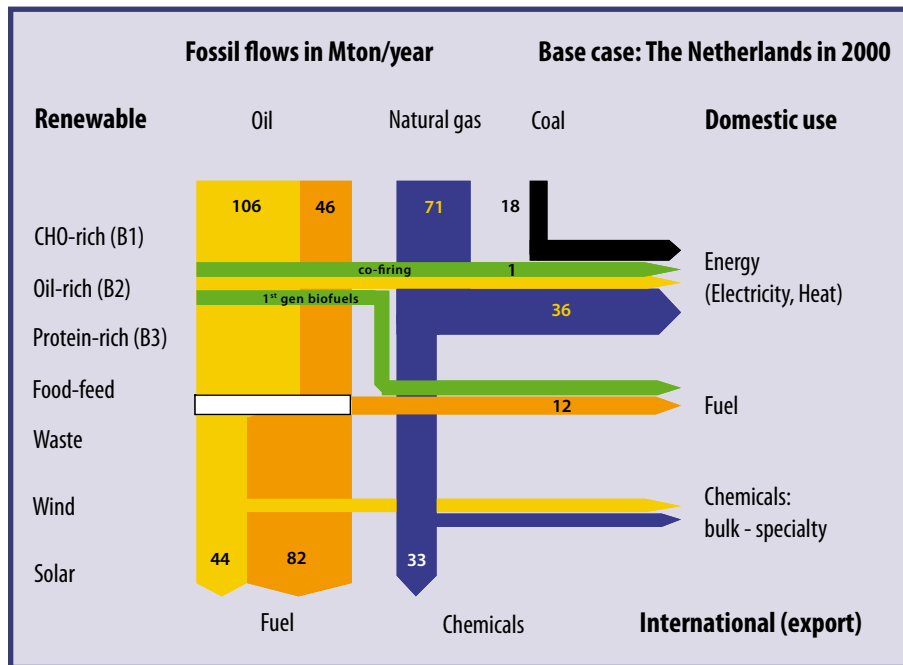
- 1 Minimum landgebruik voor biomassa
- 2 Maximale marges voor de Nederlandse industrie
- 3 Minimum investeringskosten voor conversieprocessen
- 4 Een beperkt landgebruik met minimale uitputting van fossiele energie
- 5 Een beperkt landgebruik met minimale CO<sub>2</sub>-emissies

Elke doelstelling leidt tot andere prioriteiten voor de manier waarop biomassa zal worden gebruikt, dus tot prioriteiten voor andere technologieën en andere eindproducten.

Belangrijke vragen betreffen de wisselwerking van de criteria: gaat de economische opbrengst sterk achteruit bij minimalisering van landgebruik en omgekeerd? Hoe scoren de duurzaamheidscriteria onderling? De centrale vraag is of de economische en de duurzaamheidscriteria in belangrijke mate met elkaar strijdig zijn, met andere woorden of zich rond groene grondstoffen een strijd tussen economie en milieu kan gaan aftekenen.

WISEBIOMAS is bij de berekeningen uitgegaan van drie soorten biomassa: lignocellulose, oliehoudende biomassa en eiwithoudende biomassa. Deze kunnen met verschillende technologieën worden omgezet: bioraffinage, fermentatie en thermochemische conversie (vergassing en bijstook). De mogelijke producten van deze omzettingen zijn bulk- en fijnchemicaliën, transportbrandstoffen, elektriciteit en warmte. De kosten en opbrengsten van deze producten voor milieu en economie bij een inzet van 30% biomassa zijn vergeleken met die van de bekende processen om deze producten te maken, uit olie, aardgas of steenkool.

De werkgroep heeft eerst een vereenvoudigd model gemaakt van de Nederlandse energiehuishouding. Dit gebeurt in een zogenaamd Sankey-diagram.



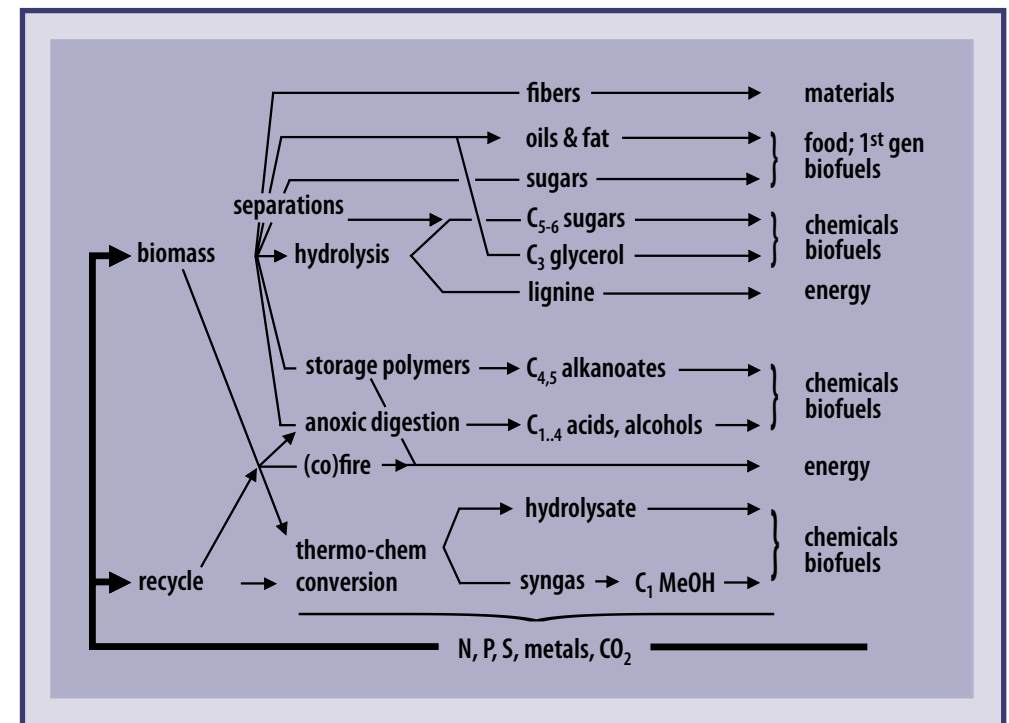
Figuur 15. Uitgangssituatie: energiestromen voor import, binnenlands gebruik en export in Nederland in 2000 (biomassastromen niet op schaal) (bron: Potential of coproduction of energy, fuels and chemicals from biobased renewable resources, WISEBIOMAS, 2006)

Deze figuur moet als volgt worden gelezen:

- de dikte van de pijlen geeft de grootte van de stroom aan, tenzij anders vermeld
- fossiele brandstoffen komen aan de bovenkant binnen
- biomassa komt aan de linkerkant binnen
- binnenlands gebruik gaat aan de rechterkant naar buiten
- export gaat aan de onderkant naar buiten
- **geel** = aardolie      **oranje** = aardolieproducten
- **blauw** = aardgas      **zwart** = steenkool
- **groen** = biomassa

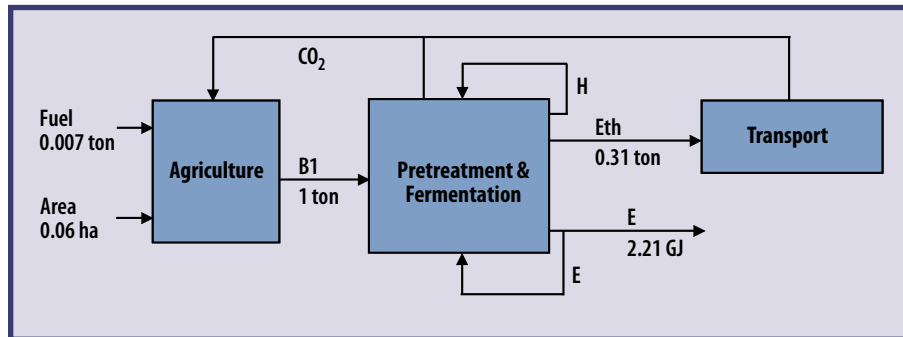
- bij biomassa wordt onderscheiden in linocelluloserijke biomassa (B1), olierijke biomassa (B2) en eiwitrijke biomassa (B3).

Bij het onderzoek naar de manier waarop biomassa in 2030 het beste fossiele brandstoffen kan vervangen, heeft WISEBIOMAS het volgende schema gemaakt, gebruikmakend van zowel bewezen als nog in ontwikkeling zijnde technologieën.



Figuur 16. Vereenvoudigd schema van raffinage en omzetting van biomassa in industriële en consumentengoederen (bron: Potential of coproduction of energy, fuels and chemicals from biobased renewable resources, WISEBIOMAS, 2006)

Voor alle omzettingen zijn gedetailleerde schema's gemaakt, zoals het onderstaande.



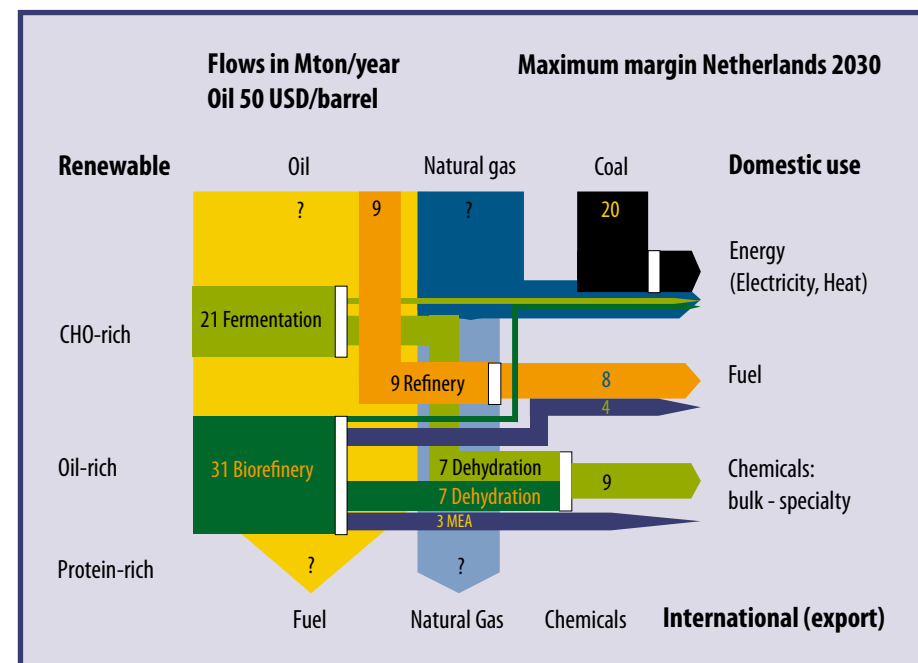
Figuur 17. Omzetting van lignocelluloserijke biomassa (B1) in transportbrandstof (ethanol) en elektriciteit (tweede generatie technologie), met als input fossiele brandstof en landbouwgrond (bron: Potential of coproduction of energy, fuels and chemicals from biobased renewable resources, WISEBIOMAS, 2006)

Bij de berekeningen heeft de werkgroep voor 2030 een olieprijs aangenomen van \$ 50/vat, met een variant van \$ 70/vat. Voor biomassa heeft de werkgroep een prijs gesteld van € 100/ton. Deze prijs ligt aanzienlijk boven de huidige prijzen, variërend van € 25 tot € 50 per ton. Met deze aanname heeft de werkgroep willen voorkomen dat een te rooskleurig beeld wordt gegeven van de potentie van groene grondstoffen. Een verdere aanname is dat elektriciteitsproductie uit aardgas in 2030 niet zal zijn toegestaan. Afvang en opslag van CO<sub>2</sub> is niet in de beschouwingen betrokken.

De vijf doorgerekende scenario's verschillen op belangrijke punten sterk van elkaar. Tweede generatie fermentatietechnologie, waarbij laagwaardige lignocellulose wordt omgezet in hoogwaardige biobrandstoffen, scoort hoog wanneer economische criteria

voeropstaan. Wanneer vervanging van schaarse aardolie het belangrijkste doel is, komt de Fischer-Tropsch synthese naar voren, aangezien daarbij een groter deel van biomassa wordt omgezet in transportbrandstoffen. En wanneer terugdringen van CO<sub>2</sub>-emissies het hoofddoel is, moet zo veel mogelijk biomassa worden verbrand ter vervanging van steenkool, de fossiele brandstof met de hoogste CO<sub>2</sub>-uitwerp.

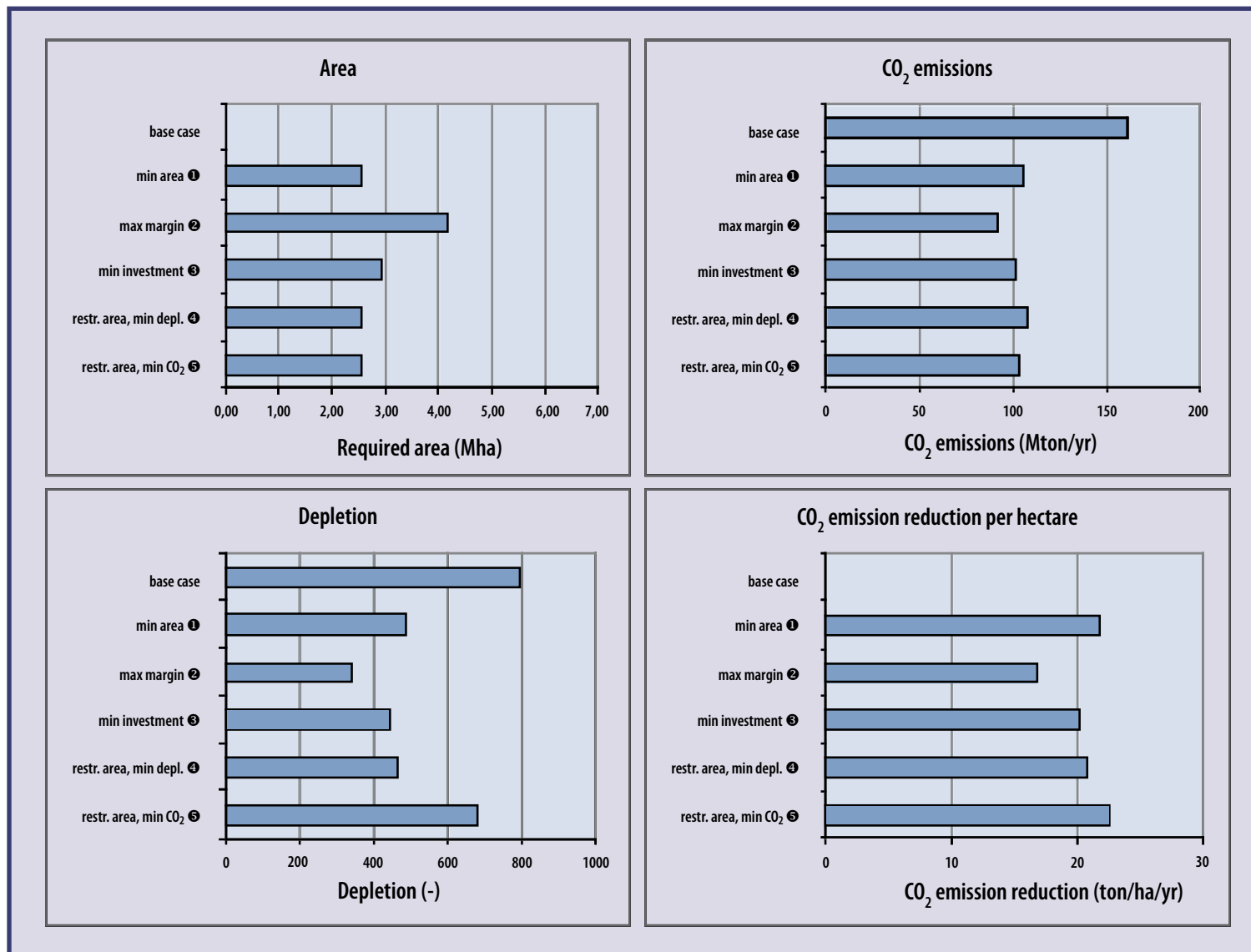
Als voorbeeld geven we het stroomschema voor de Nederlandse energiehuishouding in 2030 voor de doelstelling 'maximale opbrengst'. Hierin speelt, naast fermentatietechnologie, ook bioraffinage een belangrijke rol.



Figuur 18. Energiestromen voor import, binnenlands gebruik en export in Nederland in 2030 (doelstelling 'maximale opbrengst') (bron: Potential of coproduction of energy, fuels and chemicals from biobased renewable resources, WISEBIOMAS, 2006)

Hoe verschillend de uitkomsten ook zijn voor de gekozen technologieën, de milieu-effecten van de diverse routes verschillen verrassend weinig. Zelfs route 5 scoort niet veel beter dan de andere. Dit wordt geïllustreerd in de volgende figuren. Opmerkelijk is bijvoorbeeld dat de CO<sub>2</sub>-emissies niet sterk verschillen

tussen de diverse routes en dat de route 'maximale winst' zelfs tot minder uitstoot van CO<sub>2</sub> leidt dan die met minimale CO<sub>2</sub>-uitworp (met beperkt landgebruik). Daarentegen is het landgebruik vrij groot bij maximering van de winst.



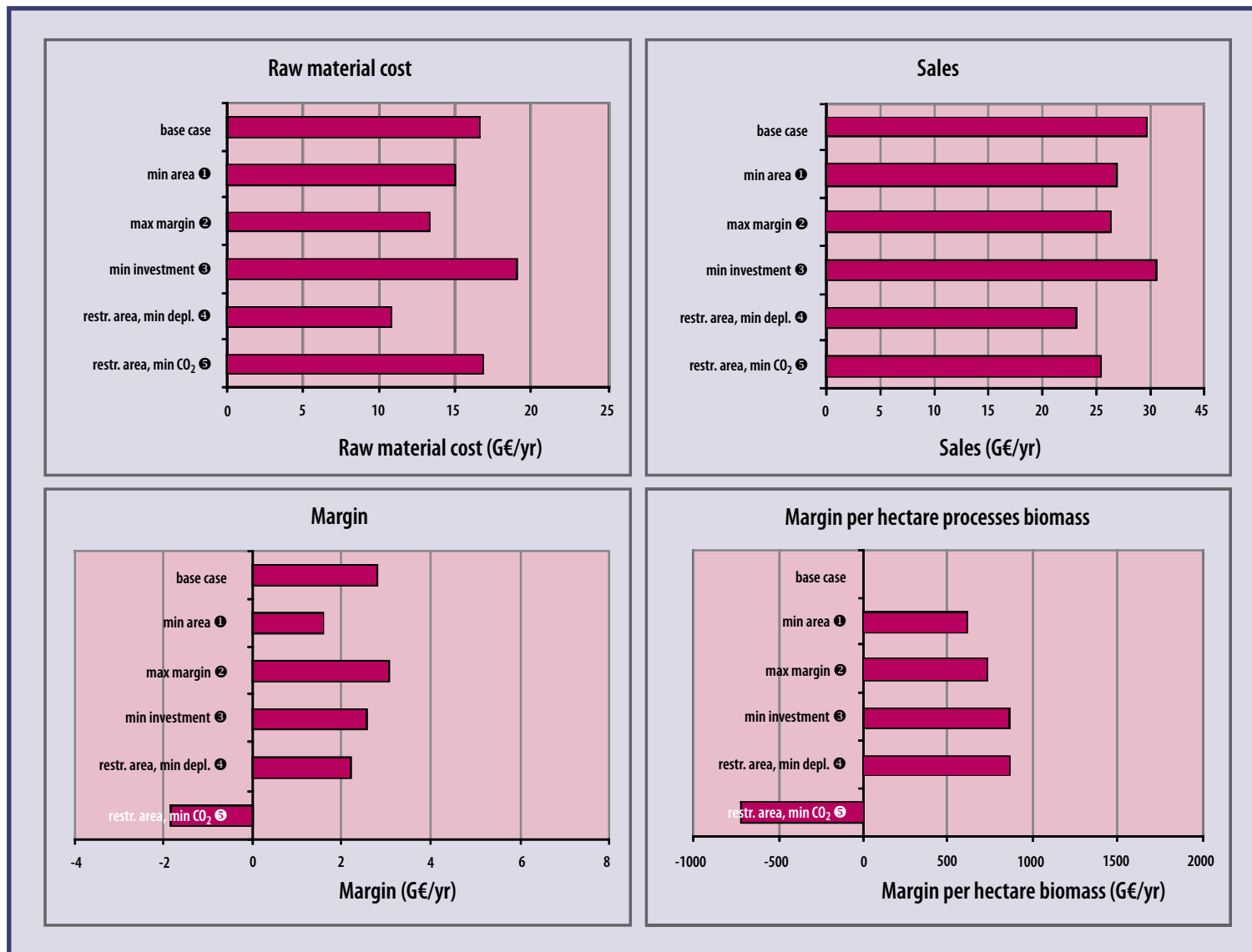
Figuur 19. Scores van verschillende doelstellingen op milieuresultaat (bron: Potential of coproduction of energy, fuels and chemicals from biobased renewable resources, WISEBIOMAS, 2006)

In vergelijking met de milieuresultaten bieden de economische resultaten een grote spreiding.

Het belangrijkste gegeven van de economische effecten is het negatieve resultaat van route 5. Dit komt doordat de beschikbare

biomassa hier maximaal wordt ingezet ter vervanging van de meest goedkope fossiele brandstof steenkool.

Daarmee is route 2 (ruimte geven aan economische mogelijkheden) het meest interessant.



Figuur 20. Scores van verschillende doelstellingen op economisch resultaat (bron: Potential of coproduction of energy, fuels and chemicals from biobased renewable resources, WISEBIOMAS, 2006)

Die leidt tot de grootste marges voor bedrijven en daarmee tot verhoging van het Bruto Nationaal Product. Vervanging van olie door biomassa in 2030 lijkt aantrekkelijker dan vervanging van steenkool.

WISEBIOMAS trekt de conclusie dat slimme inzet van biomassa op termijn goed is voor de economie, maar dat op dit moment nog geen duidelijke winnaar is aan te wijzen onder de technologieën die daarvoor moeten worden ingezet. Van belang is wel dat tweede generatie technologieën zo snel mogelijk worden ontwikkeld.



De werkgroep ziet vier 'paden' voor biomassagebruik; al deze paden vergen samenwerking tussen de agrarische, de energie- en de chemische sector.

- 1 Het eerste pad is de productie van tweede generatie transportbrandstoffen en andere producten uit lignocellulose en agrarische reststoffen, door fermentatie en vergassing.
- 2 Het tweede pad is 'coproductie' van brandstoffen en chemicaliën, naast elektriciteit en warmte in grootschalige vergassingsinstallaties voor kolen en biomassa.

- 3 Het derde pad omvat verbetering van gebruik van bestaande reststromen uit de agro-foodindustrie door bioraffinage en verdere omzetting.
- 4 Het vierde pad is kleinschalige biomassa(pre)conversie nabij de bron (akker).

Industrie, overheid en onderzoekers zouden nu de ontwikkeling van de vier kansrijke technologiepaden moeten gaan stimuleren. Op die manier kan Nederland zijn positie als distributieland en belangrijk land voor de chemische en agrarische sector behouden en versterken.



*Onderzoekers uit Nijmegen en Delft hebben de schimmels in de uitwerpselen van de olifant bestudeerd, omdat de olifant in staat is om voedingsstoffen uit hemicellulose te halen. Onderzoekers hebben het gen geïdentificeerd dat dit mogelijk maakt. Door dit gen in te bouwen in een gist, kan nu ook lignocelluloserijke biomassa in ethanol worden omgezet (tweede generatie technologie).*





# Strategie



# STRATEGIE



***Het benutten van groene grondstoffen is ongelooflijk uitdagend en complex doordat uiteenlopende sectoren van de economie en diverse nieuwe technologieën daarin met elkaar verbonden raken. Het bijzondere is dat Nederland bij veel van die technologieën een vooraanstaande plaats inneemt en dat groene grondstoffen bovendien aansluiten bij sterkten in de Nederlandse economie. Drie sterke pijlers zijn de havens, de agro (land- en tuinbouw, veeteelt, voeding), en de chemie. Door het thema groene grondstoffen worden deze met elkaar verbonden waardoor ze van elkaar kunnen profiteren en zich verder ontwikkelen tot een bio-based economy, of in goed Nederlands een groene grondstoffen economie.***

De havens spelen in dit concept in de eerste plaats een rol als aanlandingsplaats van buitenlandse biomassa. Een deel hiervan zal worden doorgevoerd, en het ligt voor de hand dat dat deels zal gebeuren na bewerking, zoals nu ook bij aardolie het geval is. Rond de havens zal zich een nieuwe grootschalige verwerkingsindustrie kunnen vestigen. Maar evenzeer zullen havens een rol spelen bij de export van groene grondstoffen en daaruit te vervaardigen producten. Dit is het voordeel van land- en tuinbouw dicht bij zee. Het is voor ontwikkeling van deze mogelijkheden niet nodig dat alle activiteit in Rotterdam wordt geconcentreerd, Rotterdam kan samen met Delfzijl, Amsterdam en het Sloegebied één bioport worden.

Het innovatieve karakter van de Nederlandse land- en tuinbouw zal in een groene economie mede worden gericht op veredeling van groene grondstoffen. De unieke kennisinfrastructuur van de Nederlandse agrosector, met zijn nauwe verwevenheid van onderzoek en toepassing, geeft daarvoor alle mogelijkheid.

Deze omschakeling is in feite al op gang gekomen. Wageningen University Research (WUR) houdt zich bezig met ontwikkeling van groene grondstoffen voor productie van energie en chemicaliën, en in kringen van land- en tuinbouw wordt de discussie hierover nauwgezet gevolgd.

Door de vergroening van de chemie krijgt de benutting van groene grondstoffen nog eens nieuwe impulsen. De sterke kennispositie in katalyse en biosynthese bij bedrijven als DSM en universiteiten als TU Delft kan hier te nutte worden gemaakt. In de chemie is de overschakeling naar groene grondstoffen al ruim tien jaar op gang, waarbij Nederland een koppositie inneemt.

Havens, agro en chemie zijn alle op zoek naar nieuwe impulsen. Groene grondstoffen zijn het thema waarop zij elkaar kunnen vinden en versterken.

## MARKTLEIDERSCHAP

In diverse takken van handel en bedrijvigheid bestaat een mondiaal marktleiderschap. De effectenbeurs van New York is marktleider bij de handel in aandelen; een soortgelijke positie hebben op hun gebied de diamantbeurs van Antwerpen en de bloemenveiling van Aalsmeer. De marktleider is de spil van de bedrijfstak, de aanvoerder naar wie de andere spelers kijken voor de richting. Rond de marktleider concentreren zich vele bedrijven die profiteren van, en tegelijkertijd bijdragen aan zijn invloed. De marktleider is een centrum van bedrijvigheid, met invloed op de plaatsen waar de belangrijkste investeringen worden gedaan.

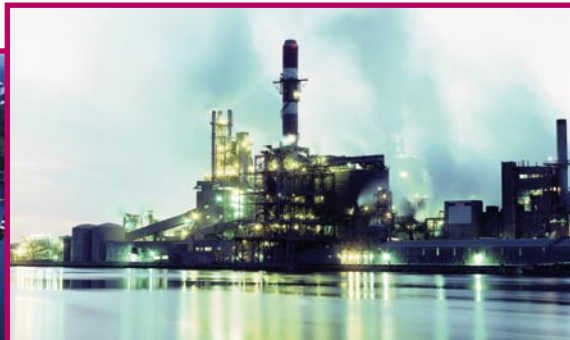
Marktleiderschap wordt ook wel regie genoemd en in sommige sectoren aangeduid met namen als hub of mainport. Het is iets wat moet groeien en bij voorbaat valt niet te zeggen of op een nieuw terrein een marktleider zal ontstaan, en zo ja waar. Drie elementen lijken van essentieel belang: infrastructuur en afzetmarkt, kennis, en het maken van de juiste keuzes op basis van handelsgeest.

Nederland heeft de potentie marktleider te worden in groene grondstoffen op basis van de bestaande uitgangspositie.

## Infrastructuur en afzetmarkt

Dit is ontegenzeggelijk een bestaande sterkte. Nederland heeft de beschikking over de haven van Rotterdam, een goed netwerk van spoor- en waterwegen en een achterland van 50 miljoen consumenten. Hierdoor heeft Nederland een krachtige positie bij import, overslag en doorvoer van bulk- en fijngoederen. Ook op het gebied van agrobusiness en logistiek (bloemen, groenten, bollen, poot aardappelen) en voedselverwerking (koffie, cacao) heeft Nederland een vooraanstaande positie in de wereld.

Een aspect van logistiek is ook het organiseren van optimale distributie. Energieproductie uit lokaal geproduceerde en geïmporteerde biomassa kan worden gemaximaliseerd door regie van productie en opslag, en door verdeling van de beschikbare grondstofstromen over lokale en internationale energiecentrales. Het is uiteraard mogelijk om dit volledig aan de markt over te laten, maar gezamenlijk en gecoördineerd beheer leidt zeer waarschijnlijk tot lagere energetische en economische verliezen. Het is een uitdaging, beheer en distributie van lokale en geïmporteerde biomassa goed te ontwikkelen.



## ***Kennis***

Op zeer verschillende elkaar aanvullende terreinen beschikt Nederland over een uitstekende kennispositie.

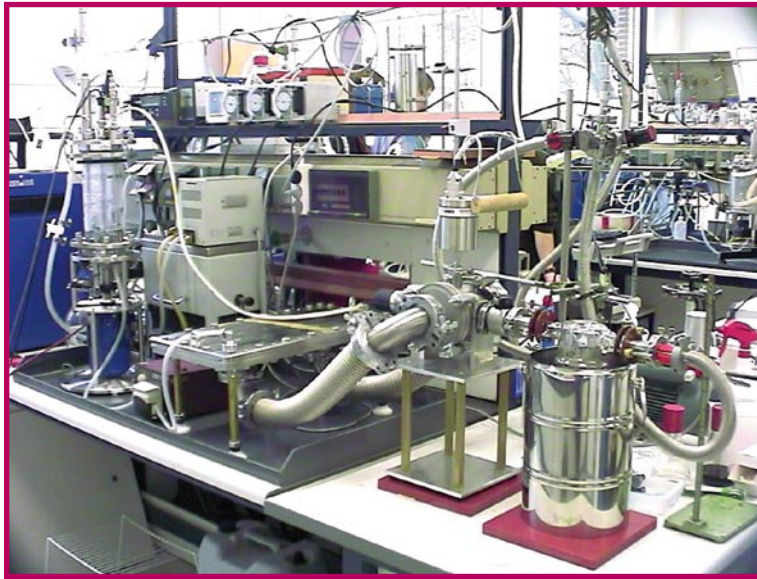
***Teeltsystemen.*** Nederland heeft traditioneel veel kennis van de teelt van tropische gewassen. De tropen zijn belangrijke leveranciers van biomassa door de grote hoeveelheid zonnestraling. Ook van teeltsystemen in ons gematigde klimaat bestaat in Nederland veel kennis, die toepasbaar is in grote delen van West-Europa. De bevolking zal gaan dalen terwijl de voedselproductie nog gaat stijgen, waardoor er naar verwachting land vrijkomt voor productie van energie- of chemiegrondstoffen.

Aan marktleiderschap op dit gebied kan ook worden bijgedragen door modellen die de gevolgen doorrekenen van de inzet van land, water, energie en voedingsstoffen voor verschillende teeltsystemen.



***Rechten op zaadmateriaal.*** Een krachtig middel om regie over de keten te houden is het hebben van eigendom, via kwekersrecht, op plantaardig uitgangsmateriaal met een hoge productie per hectare of andere bijzondere eigenschappen zoals zaadvastheid of resistentie tegen droogte. Nederland heeft hierin een uitstekende traditie. Op zaden en ook op genen kunnen patenten worden verleend, die een aantrekkelijke inkomstenbron vormen voor de eigenaar.

***Energietechnologie.*** In ECN beschikt Nederland over een van de toonaangevende kennisinstellingen ter wereld op het gebied van energie. Rond biomassa worden hier vooral vergassing (met veel aandacht voor teerverwijdering), torrefactie en pyrolyse ontwikkeld.



Biokatalyse in Duitsland

**Fermentatietechnologie.** In het algemeen wordt de meeste waarde toegevoegd aan het eind van de keten. Hier is witte biotechnologie van groot belang. Zoals eerder betoogd, heeft de fermentatietechnologie zich kunnen ontwikkelen bij de productie van medicijnen; nu kan de sprong worden gemaakt naar de productie van basischemicaliën. Een goede kennispositie op dit terrein leidt tot het aantrekken van nieuwe bedrijvigheid, en tot meer investeringen in verwerking van biomassa in Nederland.

### ***Juiste keuzes op basis van handelsgeest***

Marktleiderschap heeft ook te maken met de juiste keuzes. Keuzes voor investeringen worden vaak ingegeven door voordelen gebaseerd op een subsidieregeling. Maar misschien baseert men zich dan op korte-termijnvoordelen die zullen verdwijnen wanneer de betreffende regeling wordt afgeschaft (wat vrijwel zeker een keer zal gebeuren). Het zou dus niet goed zijn als investeringen in bio-ethanol, biodiesel en biogas alleen worden gedaan met het oog op bestaande voordelen als MEP of accijnsvrijstelling. Zulke

voordelen staan altijd ter discussie - momenteel is bijvoorbeeld de vraag actueel of de MEP niet gedifferentieerd moet worden naar milieueffecten, terwijl de huidige regeling alleen kijkt naar energieopbrengst. Regelingen zijn altijd een gevolg van een reeks belangen, zoals het voorkomen van de uitstoot van CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub>, tekorten aan water en voedingsstoffen, sociale effecten, en conflicterende aanspraken op grondgebruik.

Juiste keuzes komen voort uit goede analyses. Op elk moment moet worden geanalyseerd of de markt of de politiek de drijvende kracht is achter ontwikkelingen, zodat alert kan worden ingespeeld op gebeurtenissen van strategisch belang. Hoe groot moeten de volumes van chemicaliën uit bioraffinage en fermentatietechnologie ten minste zijn om invloed te hebben op de markt?



BioMethanol Chemie Holding



***“De ontwikkeling van een groene grondstoffen economie wordt fors versterkt door de grote geldstromen die vanuit de grootschalige toepassingen (energie, voedselproductie) naar ontwikkeling van fermentatietechnologie gaan. Deze dynamiek kunnen we inzetten voor een nationale strategie. Het wereldenergieprobleem zal niet vanuit Nederland worden opgelost, maar we kunnen wel dankbaar gebruikmaken van krachten die elders in gang worden gezet. Landen die vooral belang hebben bij het op gang blijven van de wereldenergievoorziening zijn de VS, India, China en Japan – niet in de eerste plaats de EU! Hoe werkt de druk vanuit deze landen, welke richting gaan de ontwikkelingen uit? Ook al is de route van maïs naar ethanol bijvoorbeeld niet economisch haalbaar, in de VS zal deze route worden bewandeld zowel omdat veel land braak ligt als vanwege de strategie om olieproducten te vervangen. Nederland zou daarop kunnen inspringen met tweede generatie technologie.*”**

***Een andere ontwikkeling waaraan Nederland weinig kan bijsturen is de komst van palmolie. In Indonesië wordt daarop sterk ingezet. Singapore bouwt een fabriek van meerdere honderden kilotonnen. Wat gaat Brazilië doen? Wat gaat Zuid-Afrika doen? We zouden vele scenario's moeten uitwerken om te zien wat de plannen van deze landen betekenen voor onze scenario's voor duurzame energievoorziening. De voorlopige les: open einden moeten nog een tijdje open blijven en de kansen voor een Nederlandse kenniseconomie zijn nog nooit zo groot geweest!”***

**Alle Bruggink  
Lid van het Platform Groene Grondstoffen**



Welke invloed heeft de introductie van een nieuw product op (bijvoorbeeld) de productketen van de petrochemische industrie? Hoe sterk zijn de drijvende krachten achter de (politieke) wil om biobrandstoffen op de markt te brengen? Het juist inschatten van zulke kwesties is van belang voor de ontplooiing van groene grondstoffen en op den duur voor de invloed van spelers op het nieuwe speelveld.

### **GROOT- EN KLEINSCHALIGHEID**

Al werkende aan een groene grondstoffen economie komen we waarschijnlijk voor verrassingen te staan. De industriële logica, nu sterk gedomineerd door de petrochemie, zal opnieuw moeten worden opgebouwd. Eén zo'n verrassende ontwikkeling die door een aantal leden van het Platform Groene Grondstoffen wordt gesignaleerd, betreft een tendens naar kleinschalige industrie.

***“Ik raak er steeds meer van overtuigd dat er iets zit in decentralisatie. Professionele kleinschaligheid is met fermentatie heel goed mogelijk, zoals iedereen weet die eigen bier maakt. Kleinschaligheid in combinatie met witte biotechnologie geeft de mogelijkheid specifieke processen toe te passen voor specifieke lokale omstandigheden. Door decentralisatie kan worden ingespeeld op de lokale situatie. Zelfs kleinschalige vergassing behoort tot de mogelijkheden, maar kleinschalige syngasproductie is lastig, reden waarom op lokale schaal beter methanol als eindproduct kan worden gekozen. Een voorbeeld van industriële kleinschaligheid is het rookloze oventje voor vergassing/verbranding van biomassa met hoog rendement dat Philips heeft ontworpen voor toepassing in landen van de derde wereld.”***

**Luuk van der Wielen  
Lid van het Platform Groene Grondstoffen**



In de wereld van fossiele brandstoffen bestaat een inherente tendens naar grootschaligheid. Vanuit procestechnologisch oogpunt wordt deze veroorzaakt door de grote warmteproductie bij petrochemische processen. Warmte afvoeren naar andere processen of naar het milieu kost veel inspanning (geld) en sterk warmtevrugnende processen zijn daardoor inherent grootschalig. Biologische processen vergen veel minder warmte en kunnen heel goed op kleine schaal worden toegepast.

In de groene economie kan dit principe met voordeel worden benut. We kunnen opnieuw suikerbieten als voorbeeld nemen. Suikerbieten worden direct na de oogst vervoerd naar de suikerfabriek, omdat zij anders zouden verrotten. Daar worden zij verwerkt tot producten, waarvan 10% (voornamelijk mineralen) wordt



teruggevoerd naar het land. In een groene grondstoffen economie zijn nieuwe technologieën ontwikkeld waardoor de suikerbieten direct na de oogst worden verwerkt in een kleinschalige installatie (wassen, malen, nog eens wassen en indampen). Hierdoor ontstaat een houdbare pulp die op de geschikte tijd aan de fabriek kan worden aangeboden, en een grote stroom restproducten (70%) die kan worden vergist en waarvan het residu naar het land kan worden teruggevoerd. Dit biedt diverse voordelen. Ten eerste is de suikerfabriek geen seizoenbedrijf meer; de fabriek wordt continu en daardoor efficiënter belast. De boer kan kunstmest uitsparen doordat hij het digestaat van vergisting direct op het land kan brengen - een kortere en daardoor efficiëntere stikstof- en koolstofcyclus. En, niet onbelangrijk: de boer krijgt een hogere opbrengst doordat een deel van zijn producten wordt vergist en derhalve nuttig toegepast.

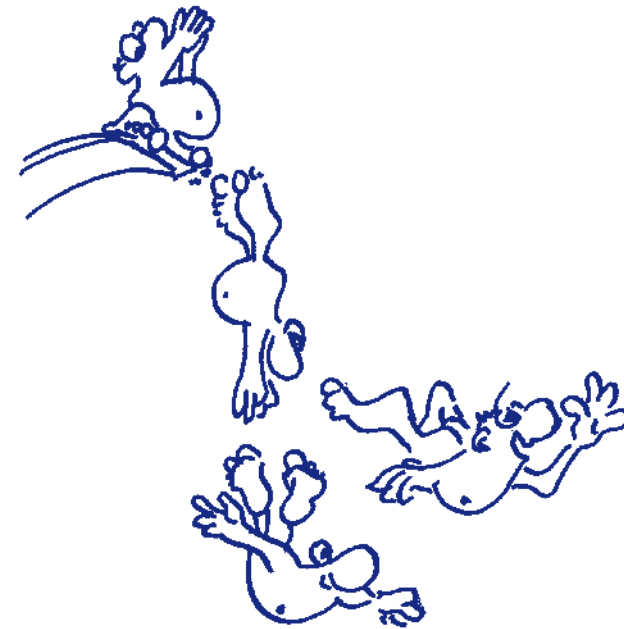




Bioraffinage van gras kan op dezelfde manier worden aangepakt. Het door het Prograss-consortium met Avébé ontwikkelde procedé vond geen toepassing toen Avébé zich steeds meer op zetmeel ging richten. Met de huidige inzichten is een grootschalige opzet ook niet nodig. Centrale verwerking van gras betekent het verslepen van 80% water - onnodig wanneer dezelfde processen ook kleinschalig kunnen worden toegepast. De bouw van een proefinstallatie voor grasbioraffinage wordt onderzocht in Friesland in het kader van Courage, een stichting die innovatie in de Nederlandse melkveehouderij stimuleert en ondersteunt.

In de groene economie biedt schaalvergroting voor de meeste processen geen voordelen meer. Dit biedt in het bijzonder kansen

aan landen die nog geen nafta en daarop gebaseerde industriële infrastructuur hebben. Maar ook voor Nederland, dat al een grote naftacapaciteit heeft, is het van belang zich te richten op de groene grondstoffen economie. De productie van basischemicaliën op basis van petrochemie zal vermoedelijk geleidelijk uit Nederland verdwijnen, niet doordat de arbeidskrachten te duur zijn, maar doordat aardgas in sommige delen van de wereld als bijproduct wordt afgefakkeld en derhalve als gratis grondstof voor petrochemie kan worden ingezet.



*Sommigen vinden  
klimaatverandering  
niet zo erg!*

***“De focus op een bio-based economy is nog erg jong. Vroeger ging alle biomassa naar voeding en veevoer, de energievoorziening vond plaats met fossiele brandstoffen. Pas sinds kort worden de dwarsverbanden tussen deze gebieden in kaart gebracht. De prijsstijgingen van fossiele brandstoffen en het gebruik van agroproducten voor energie zorgen ervoor dat ineens andere vragen worden gesteld. De fermentatie-industrie vraagt zich af waar in de toekomst hun grondstoffen vandaan zullen komen. De suikerindustrie verwachtte dat de prijs van suiker zou dalen bij afschaffing van de landbouwsubsidies, maar in plaats daarvan stijgt hij doordat uit suiker nu ook ethanol wordt gemaakt en de suikerprijs daardoor direct gekoppeld is geraakt aan de olieprijs. De mengvoederindustrie merkt dat er ook uit andere hoek vraag is naar hun grondstoffen.”***

**Johan Sanders**  
**Lid van het Platform Groene Grondstoffen**



## **STIMULERING**

Uit de berekeningen van hoofdstuk 8 trekt het Platform Groene Grondstoffen de conclusie dat de inzet van groene grondstoffen uiteindelijk zal renderen, ook zonder subsidie en andere financiële overheidssteun. In de introductiefase lijkt krachtige overheidssteun wél noodzakelijk, voornamelijk vanwege de belangrijke trendbreuk met de huidige industriële structuur. Dit wordt bevestigd door grootschalige investeringen binnen en buiten Europa.

Ontwikkeling van de biomassaketen is sectoroverschrijdend (met betrokkenheid van agro/food, energie en chemie) en daardoor gaan ontwikkelingen langzaam. Het gevaar dreigt dat de sterke kennispositie onvoldoende wordt uitgebuit. Het aantal mogelijke projecten is legio, zowel grootschalig (rond de havens) als kleinschalig (verwerking van agrarische reststromen).



*BioMethanol Chemie Holding*

Het Platform Groene Grondstoffen vindt het van groot belang dat een level playing field wordt geschapen voor de toepassingen van biomassa: productie van elektriciteit, warmte, transportbrandstoffen en chemicaliën. Daartoe zou de overheid alle initiatieven moeten stimuleren, waarbij de hoogte van de stimulering afhangt van de bijdrage aan de CO<sub>2</sub>-reductie en het economisch perspectief. Marktpartijen en de overheid zouden daarmee Nederland op de kaart moeten zetten. De overheid zou bijvoorbeeld de productie van biobrandstoffen gebaseerd op ecologisch en commercieel verantwoorde processen moeten stimuleren, zoals bio-ethanol uit lignocellulose, biomethanol en biodiesel. Of de productie van synthesegas uit biomassa. Of bioraffinage met de reststromen van de ethanol-, biodiesel- en sojaverwerkende industrie. Ontwikkeling en implementatie van biomassaproductie, biomassavergassing en verschillende vormen van groot- en kleinschalige bioraffinage

zouden door de overheid moeten worden gestimuleerd, bij voorkeur in programma's met nauwe betrokkenheid van het bedrijfsleven, nationaal en internationaal.

Een bottleneck voor de ontwikkeling van veel vernieuwende technologieën, zeker in Nederland, is de beschikbaarheid van (durf)kapitaal. Hier ligt misschien wel de sleutel tot succes. Daarom stelt het platform voor, een publiek-privaat durfkapitaalfonds op te richten waaraan overheid en financiële instellingen bijdragen. Dit fonds richt zich op investeringen in projecten die passen in de geselecteerde transitiepaden en het wordt opgericht voor een periode van tien jaar met een jaarlijks budget van 500 miljoen euro. Het fonds heeft het karakter van een VC-fonds, waarbij vooraf niet exact aan te geven is in welke projecten uiteindelijk zal worden geïnvesteerd.

Wel zijn op voorhand de commerciële en duurzaamheidscriteria bekend waaraan projecten moeten voldoen.

Het fonds heeft niet de bedoeling in de plaats te komen van subsidies, maar gebruikt een andere insteek.

Het is bedoeld voor groeifinanciering van activiteiten die op voorhand zijn beoordeeld als waarschijnlijk commercieel succesvol. Deze andere insteek is ook van belang voor de ondernemer; deze ontvangt niet alleen aanmoedigingssteun, maar krijgt te maken met een kritische participant die na verloop van tijd zijn geld, vermenigvuldigd met een commerciële waardefactor, terug wil zien. Dit vergt een andere opstelling van de overheid: niet mikken op een zeker verlies in altijd te duur uitvallende infrastructurele projecten, maar op onzekere winst met duurzame waarde.

Het fonds krijgt een revolving karakter, omdat het naar verwachting meer geld gaat opleveren dan erin wordt geïnvesteerd. Na een

aantal jaren wordt het jaarlijkse budget ruimschoots opgebracht door terugverkoop van eerdere participaties. Het management van het fonds is onafhankelijk en zal voor zijn beloning sterk afhankelijk zijn van de waardevermeerdering van het fonds. Wel moet worden bepaald dat private equity partners en overheid vetorecht hebben bij het aangaan van nieuwe investeringen. Deze aanpak heeft zijn waarde bewezen in het buitenland. Zeker gezien het relatief nieuwe karakter van groene grondstoffen is zo'n stimuleringsfonds essentieel om daadwerkelijk in 2030 minimaal 30% van het gebruik van fossiele grondstoffen te vervangen door biomassa. Sondering bij (grote) banken en venture capitalists wettigt de conclusie dat in ieder geval vanuit die hoek een dergelijk fonds substantieel zal worden gesteund.



De import van biomassa wordt in deze visie in verantwoorde banen geleid door introductie van een certificeringssysteem door overheid en marktpartijen, waarbij wordt aangesloten op de al ontwikkelde randvoorwaarden van duurzaamheid. Er wordt naar gestreefd zo'n systeem in heel Europa ingang te doen vinden. Duurzame teelt en verwerking van biomassa voor onze import kunnen het beste ontwikkeld worden door overheid en markt samen, in een geselecteerd aantal landen, mede in het kader van ontwikkelingssamenwerking.

Het platform gaat uit van forse energiebesparingen door overheid, markt en consumenten. Door fors overheidsingrijpen met stimulering én ontmoediging moet het mogelijk zijn het energieverbruik in Nederland in 2030 te stabiliseren op het niveau van 2000.

Het platform is voorstander van het instellen van een breed samengestelde groep die de activiteiten in de energietransitie monitort, ondersteund door up-to-date scenario's van bijvoorbeeld het CPB. Waar nodig zal deze groep de transitie-activiteiten moeten stimuleren. Met deze maatregelen wil het platform de impuls geven die de ontwikkeling van groene grondstoffen in onze economie nú nodig heeft.



## NAAR EEN GROENE GRONDSTOFFEN ECONOMIE

De groene grondstoffen economie is een niet te missen kans. Door groene chemie is de mensheid in staat, vroegere vervuilende en energie-intensieve processen te vervangen door vrijwel schone productiemethoden met laag energiegebruik. Met groene grondstoffen krijgt de agrosector een nieuwe impuls. In een lange overgangperiode kunnen biobrandstoffen helpen klimateffecten tegen te gaan.

De groene economie staat nog slechts aan het begin van haar ontwikkeling. Er zijn nog vele open einden. Door alert in te spelen op wat er in de wereld gebeurt, kan Nederland wellicht ook op dit nieuwe terrein een belangrijke rol gaan spelen. Met positieve gevolgen voor de eigen energievoorziening, de nationale bedrijvigheid, en naar het zich laat aanzien ook het milieu.







# Platformleden





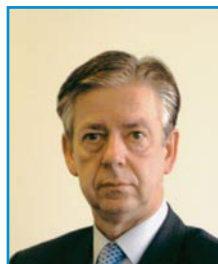
**Ir. Paul L.A. Hamm**

*Ondernemer  
Voorzitter Platform Groene Grondstoffen*



**Ir. Edith Engelen-Smeets**

*SenterNovem  
Secretaris Platform Groene Grondstoffen*



**Ger. G. Bemer**

*Koninklijke Nedalco  
Lid Platform Groene Grondstoffen*



**Dr. André Faaij**

*Copernicus Instituut / UU  
Lid Platform Groene Grondstoffen*



**Dr. Marjan Botman**

*Ministerie EZ  
Lid Platform Groene Grondstoffen*



**Ir. Kees Kwant**

*SenterNovem  
Lid Platform Groene Grondstoffen*



**Prof. dr. Alle Bruggink**

*DSM / NWO / RUN  
Lid Platform Groene Grondstoffen*



**Dr. Peter Lednor**

*Shell Global Solutions  
Lid Platform Groene Grondstoffen*



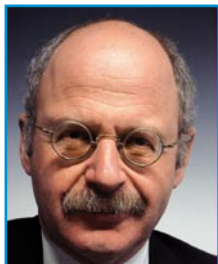
**Dr. Peter Bruinenberg**

*AVEBE  
Lid Platform Groene Grondstoffen*



**Prof. dr. Emmo Meijer**

*Unilever  
Secretaris Platform Groene Grondstoffen*



**Prof. dr. Johan Sanders**

*Wageningen UR  
Lid Platform Groene Grondstoffen*



**Dr. ir. Gerdi Breembroek**

*SenterNovem*



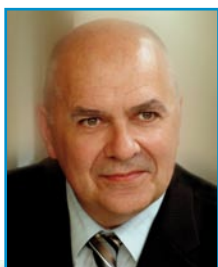
**Prof. dr. Wim van Swaaij**

*Universiteit Twente  
Lid Platform Groene Grondstoffen*



**Petra Sluijmers**

*SenterNovem*



**Dr. Johan Vanhemelrijck**

*EuropaBio  
Lid Platform Groene Grondstoffen*



**Els de Wit**

*SenterNovem*



**Prof. dr. Hubert Veringa**

*ECN  
Lid Platform Groene Grondstoffen*



**Prof. dr. ir. Luuk van der Wielen**

*TU Delft  
Lid Platform Groene Grondstoffen*



# Index & lijst van figuren en tabellen

## INDEX

<b>A</b>	Aardappel	57, 98, 138	<b>E</b>	Economie (kansen)	11, 17, 18, 50, 59, 93, 96, 98, 109, 114, 118, 119, 123, 124, 125, 126, 130, 131, 138, 140
	Agro (sector)	22, 38, 98, 103, 115, 119, 127, 138		Efficiency landbouw	21, 43, 44, 138
<b>B</b>	Bio-ethanol	36, 69, 85, 122, 128, 138		Elektriciteit (productie, verbruik)	5, 17, 19, 23, 24, 31, 35, 36, 38, 50, 51, 60, 76, 80, 81, 82, 109, 111, 115, 128, 138
	Biodiesel	30, 36, 38, 51, 56, 59, 62, 69, 75, 77, 84, 85, 86, 87, 101, 122, 128, 138		Energiebesparing	22, 29, 138
	Biomethanol	86, 87, 128, 138		Energietransitie	1, 11, 15, 16, 18, 20, 130, 138, 139, 143
	Bioraffinage	10, 24, 25, 38, 50, 93, 98, 99, 101, 109, 111, 115, 122, 126, 128, 138, 140	<b>F</b>	Fermentatie	10, 24, 38, 39, 61, 88, 93, 95, 97, 101, 109, 115, 124, 127, 138
<b>C</b>	Chemicaliën en materialen	5, 10, 17, 31, 37, 81, 91, 92, 138		Fossiele brandstoffen (voorraden)	11, 15, 34, 69, 83, 105, 110, 125, 127, 138, 140
	Chemie (sector)	16, 22, 25, 37, 50, 51, 76, 77, 87, 93, 94, 95, 96, 98, 102, 104, 105, 119, 127, 131, 138, 140	<b>G</b>	Genetische modificatie	64, 94, 138
	Chemie, verduurzaming, vergroening	25, 95, 97, 98, 119, 138		Gras	29, 30, 48, 50, 51, 56, 57, 70, 119, 127, 138
	Compostering	58, 81, 138			
	Coproductie	24, 38, 115, 138			
<b>D</b>	Duurzame energievoorziening	16, 18, 21, 123, 138			

## INDEX

<b>H</b>	Havens	29, 51, 70, 119, 127, 139	<b>M</b>	Marktleiderschap	120, 121, 122, 139
	Huishoudelijk afval	51, 139		Micro-algen	58, 59, 60, 88, 139
<b>I</b>	Import van biomassa	31, 69, 72, 73, 75, 76, 77, 130, 139	<b>N</b>	Natte teelt	55, 58, 77, 139
	- criteria	72, 73, 83, 109, 111, 139	<b>O</b>	Overschotten	4, 9, 10, 25, 41, 42, 74, 139
	- infrastructuur	17, 24, 38, 70, 84, 120, 126, 139	<b>P</b>	Petrochemie	76, 100, 101, 102, 105, 124, 126, 139
	- kansen	16, 19, 25, 44, 74, 123, 126, 139		Platforms energietransitie	16, 139
	- milieu	9, 11, 18, 23, 43, 46, 58, 59, 65, 69, 70, 73, 74, 94, 98, 109, 112, 125, 131, 139		Plantenveredeling	61, 62, 64, 139
	- sociale omstandigheden	69, 71, 139		Prioriteiten	38, 76, 109, 139
	- voedselvoorziening	9, 21, 23, 29, 31, 39, 43, 69, 72, 73, 139		Pyrolyse	24, 70, 83, 121, 139
	Industrieel energiegebruik	32, 139	<b>R</b>	Reststoffen	4, 9, 43, 55, 57, 74, 115, 128, 139
<b>K</b>	Kleinschaligheid	124, 139		Reststromen	4, 21, 22, 23, 25, 29, 41, 42, 44, 45, 50, 57, 74, 75, 77, 98, 115, 127, 128, 139
	Klimaatverandering	15, 139			
	Koolzaad	30, 56, 57, 62, 139			
	Kunstmest	20, 34, 103, 105, 125, 139			

# INDEX

**S** SNG 24, 36, 76, 77, 83, 84, 140

Suikerbiet 30, 55, 57, 62, 72, 98, 125, 140

**T** Taskforce energietransitie 16, 18, 140

Teelt van biomassa 21, 30, 31, 140

Torrefactie 70, 83, 121, 140, 141

Transportbrandstoffen 5, 23, 24, 31, 35, 37, 38, 39, 46, 50, 73, 79, 80, 84, 97, 109, 111, 115, 128, 140

Transitiepaden 18, 19, 20, 22, 128, 140

Tweede generatie technologie 97, 111, 115, 123, 140, 141

**V** Veevoer 10, 30, 45, 50, 51, 72, 99, 127, 140

Verbranding 24, 36, 51, 74, 80, 81, 86, 103, 124, 140

Vergassing 24, 36, 38, 82, 83, 86, 88, 109, 115, 121, 124, 140

Vergisting 30, 36, 46, 47, 51, 56, 57, 60, 61, 82, 85, 125, 140

Voedselvoorziening 9, 21, 23, 29, 31, 39, 43, 69, 72, 73, 140

**W** Warmte (productie, verbruik) 5, 17, 19, 23, 24, 31, 33, 34, 35, 36, 38, 51, 76, 79, 80, 81, 82, 109, 115, 125, 128, 140

Waterplanten 58, 140

Waterstof 17, 34, 84, 88, 89, 101, 140

**Z** Zeewieren 58, 60, 61, 77, 140

Zoutwaterlandbouw 58, 59, 140



## LIJST VAN FIGUREN

<b>Figuur 1.</b>	Energiegebruik in Nederland naar sector, 2000	pagina 32
<b>Figuur 2.</b>	Energiegebruik in Nederland naar toepassingen en gebruikers, 2000	pagina 32
<b>Figuur 3.</b>	Energiegebruik in de Nederlandse industrie, 2000	pagina 33
<b>Figuur 4.</b>	Gebruik van fossiele brandstoffen als grondstof in Nederland, 2000	pagina 34
<b>Figuur 5.</b>	Verwacht energiegebruik in Nederland naar sector, 2030	pagina 35
<b>Figuur 6.</b>	Import en export van biomassa, Nederland 2000	pagina 45
<b>Figuur 7.</b>	Energie-input die nodig is voor onze dagelijkse voeding	pagina 51
<b>Figuur 8.</b>	Torrefactie	pagina 83
<b>Figuur 9.</b>	Lyases	pagina 95
<b>Figuur 10.</b>	Chemie als kennisbron voor transitie naar een groene grondstoffen economie	pagina 98
<b>Figuur 11.</b>	Verwaarding van de componenten van gras door bioraffinage	pagina 99
<b>Figuur 12.</b>	Energiebesparende alternatieven voor de productie van zuurstof- en stikstofhoudende chemicaliën uit groene grondstoffen	pagina 100
<b>Figuur 13.</b>	Vergelijking tussen biologische en traditionele productieprocessen	pagina 101
<b>Figuur 14.</b>	Stikstofcyclus in de bodem en de atmosfeer	pagina 103
<b>Figuur 15.</b>	Uitgangssituatie: energiestromen voor import, binnenlands gebruik en export in Nederland in 2000	pagina 110
<b>Figuur 16.</b>	Vereenvoudigd schema van raffinage en omzetting van biomassa in industriële en consumentengoederen	pagina 110

## LIJST VAN FIGUREN

- Figuur 17.** Omzetting van lignocelluloserijke biomassa (B1) in transportbrandstof (ethanol) en elektriciteit (tweede generatie technologie), met als input fossiele brandstof en landbouwgrond pagina 111
- Figuur 18.** Energiestromen voor import, binnenlands gebruik en export in Nederland in 2030 (doelstelling 'maximale opbrengst') pagina 111
- Figuur 19.** Scores van verschillende doelstellingen op milieuresultaat pagina 112
- Figuur 20.** Scores van verschillende doelstellingen op economisch resultaat pagina 113

## LIJST VAN TABELLEN

- Tabel 1.** Verwacht aanbod van biomassa in 2010 pagina 48 + 49
- Tabel 2.** Potentiële bijdragen van biomassa naar sector, 2030 pagina 77
- Tabel 3.** Nieuwe grondstoffen voor de chemische industrie pagina 102

## COLOFON

### Uitgave van het Platform Groene Grondstoffen

April 2007

Foto voorzijde: veld met suikerbieten van Mark Reinders - Emmen

Niets uit deze uitgave mag zonder schriftelijke toestemming van het Platform Groene Grondstoffen vermenigvuldigd worden.

**SenterNovem publicatienummer: 8ET-07.01**

#### **Platform Groene Grondstoffen**

*Adres:* Swentiboldstraat 21, Postbus 17, 6130 AA Sittard

*E-mail:* [groenegrondstoffen@senternovem.nl](mailto:groenegrondstoffen@senternovem.nl)

*Telefoon:* 046 - 420 23 51

*Website:* [www.energietransitie.nl](http://www.energietransitie.nl)









