

Wetenschappelijke en Technologische Commissie  
voor de Biobased Economy

*Kennis- en innovatieagenda voor de biobased economy*

# Naar groene chemie en groene materialen



## Voorwoord

Na zo'n 100 jaar keren we terug van een fossiele naar een hernieuwbare biologische grondslag, dus naar de biobased economy en – vanwege de hiermee gepaard gaande ingrijpende veranderingen – naar de biobased society. Zonder overdrijving kan gesproken worden van een complexe systeeminnovatie.

Voor Nederland ligt hier een bijzondere en grote uitdaging omdat de sectoren chemie en landbouw heel belangrijk zijn in hun bijdragen aan werkgelegenheid, BBP en export. De uitdaging is om deze twee bedrijfstakken samen te brengen tot een nieuwe groene chemie in een agrowereld die daarvoor de grondstoffen gaat leveren en wel in synergie met de grootschaligheid van een globale energietransitie. Met de ondersteuning van een van oudsher sterke logistieke sector staat Nederland er goed voor op de drempel naar de biobased society. Maar tegelijkertijd is duidelijk dat ook nog veel moet gebeuren om deze kansen te benutten.

Een van de voorwaarden is de aanwezigheid van een adequate en uitdagende kennis- en innovatieagenda. In het kader van het Interdepartementaal Programma Biobased Economy (IPBBE) van het Ministerie van EL&I, is daartoe een Wetenschappelijke en Technologische Commissie (WTC) ingesteld. De WTC richt zich op het vroegtijdig onderkennen van veelbelovende trends en ontwikkelingen in wetenschap, praktijk en maatschappij in binnen- en buitenland, en draagt deze voor verdere stimulering voor bij overheid, bedrijfsleven en onderzoeksinstituten. De WTC ontwikkelt een dynamische visie voor de wetenschappelijke aanpak van de biobased economy op de langere termijn. In 2010 is de WTC met haar activiteiten van start gegaan en heeft zich daarbij laten adviseren door breed samengestelde Themagroepen bestaande uit vertegenwoordigers van de meest betrokken universiteiten, bedrijven en onderzoeksinstituten. Een eerste concept van de nu voorliggende kennis- en innovatieagenda is op ruime schaal in een vijftigtal interviews getoetst in een brede kring van bedrijfsleven, kennisinstellingen en overheid, en besproken met een tiental NGO's. Op de netwerkbijeenkomst van het IPBBE op 7 december 2010 in Baarn zijn de eerste resultaten van de WTC gepresenteerd en besproken. Vervolgens zijn al deze inzichten verwerkt; ze leveren met deze publicatie de start van de genoemde dynamische visie.

De WTC acht het van groot belang tot een brede aanpak van de ontwikkeling van de biobased economy c.q. society te komen, variërend van technologische tot maatschappelijke aspecten. De WTC doet de aanbeveling met breed samengestelde programma's de belangrijkste velden, inclusief maatschappelijke aspecten, in de biobased society verder (blijvend) te monitoren en te ontwikkelen. Een overkoepelende High Level Regiegroep moet daarbij zorgen voor een goede samenhang.

Veel dank gaat uit naar allen die hebben bijgedragen aan de totstandkoming van deze publicatie. In het bijzonder wil ik de heren Diederik van der Hoeven en Paul Reinshagen, die het secretariaat tijdelijk zijn komen versterken, bedanken voor hun inhoudelijke en redactionele bijdragen aan deze publicatie.

Vinus Zachariasse

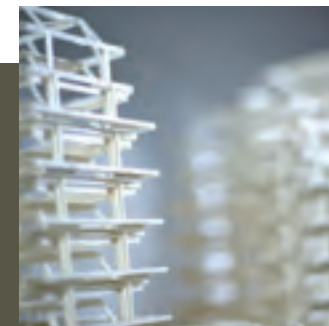
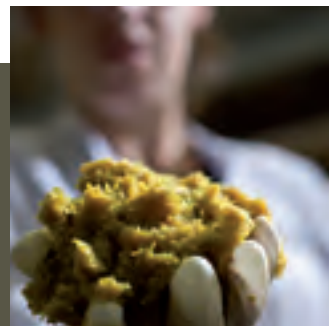
*voorzitter Wetenschappelijke en Technologische Commissie Biobased Economy*

Den Haag, maart 2011



## Inhoud

Naar een groene industriële structuur in een biobased economy	10
Inleiding	18
1 Motoren voor de biobased economy	20
2 Maatschappelijke aspecten van de biobased economy	34
3 Biobased economy en groene chemie: Nederland Kennisland	48
4 Een roadmap voor de groene chemie	60
5 Beschikbaarheid en logistiek van biomassa	78
6 De kennis- en innovatieagenda	90
Bijlage Samenvattingen interviews	104
Colofon	136



# Naar een groene industriële structuur in een biobased economy

Niet omdat de aardolie opraakt, maar vanwege de kansen van een nieuwe industriële structuur. Niet omdat we straks de dijken steeds verder moeten ophogen, maar om de brede voordelen van een duurzame productiewijze. Niet omdat business-as-usual niet meer is vol te houden, maar vanwege de perspectieven op duurzaamheid. En niet omdat de hele wereld die kant op gaat, maar juist omdat Nederland, met zijn grote chemische bedrijfstak en een voortreffelijke kennisbasis, in een niche-positie verkeert waarvan we de voordelen moeten plukken. Dáárom moeten we naar een andere industrie, waarin groene grondstoffen een belangrijke rol spelen. In dit rapport worden de achtergronden en mogelijkheden hiervan uitgebreid belicht.

Het Ministerie van EL&I heeft de onafhankelijke Wetenschappelijke en Technologische Commissie (WTC) gevraagd een visie op te stellen op de ontwikkeling van de biobased economy, en een agenda te maken met kennis en innovatie-opgaven. Dit boek is het eindrapport van deze commissie.

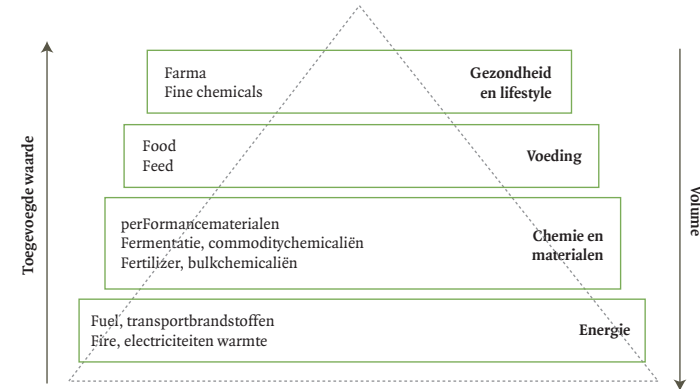
Meestal veranderen mensen hun gedrag pas als het water ons tot de lippen staat, als het water bijna over de dijken klotst en automobilisten vechten om de laatste druppel benzine. Maar dat hoeft niet! De voordelen van een biobased economy reiken zó ver, dat een breed gedragen consensus kan ontstaan over de noodzaak deze te ontwikkelen en geen kansen te missen. Wetenschap en technologie zijn voldoende ver gevorderd om deze koers te schetsen. Het uittekenen van zo'n koers is

één zaak, een nieuwe bedrijfstak opbouwen is iets anders. En, hoewel Nederland op dit gebied een van de beste kennislanden ter wereld is, komt de innovatie over het algemeen niet van onderzoekers en technologen. Ten minste niet aan deze kant van de Atlantische Oceaan. Europese, en ook Nederlandse ondernemers lijken over het algemeen minder innovatief dan elders. Ook aan hieraan valt dus nog het nodige te stimuleren.

Onder een biobased economy verstaan we een economie die zijn grondstoffen grotendeels betreft uit de levende natuur (biomassa, 'groene grondstoffen'), als onderdeel van een groene of duurzame economie. Een hoog ontwikkelde biobased economy gebruikt groene grondstoffen in de eerste plaats voor de productie van chemicaliën en materialen en daarnaast voor energie. Zodanig dat concurrentie met de voedselvoorziening wordt geminimaliseerd.

## Van energie naar materialen

Tegen groene grondstoffen zou pleiten dat voor hun gebruik steeds meer landbouwgrond nodig is. Gevolg zou concurrentie met voedselvoorziening zijn en kap van tropisch regenwoud. Maar dan denken mensen meestal aan het maken van biobrandstoffen uit biomassa, niet aan biomaterialen. De wereld verbruikt ca. 100 EJ aan motorbrandstoffen en (omgerekend op energie) 8 EJ aan kunststoffen. Er is dus een groot verschil in volume tussen de energie- en de materialenmarkt; overschakeling op groene vervangers van benzine en diesel is een heel ander verhaal dan overschakeling op groene vervangers van materialen. Groene grondstoffen worden bovendien voor zo veel méér gebruikt dan energie en voeding, zoals kleding en geurstoffen, bloemen en timmerhout. De potentie is groot genoeg om de economie te voeden met biomaterialen.



Biomaterialen worden wereldwijd in snel tempo ontwikkeld doordat de wetenschap de laatste tientallen jaren reuzenstappen heeft gemaakt. Met Nederland nu nog als één van de topspelers. Bioaffinage ontleedt groene grondstoffen in afzonderlijke componenten, en met milde chemische technologieën als fermentatie worden deze verder verwerkt. Langs deze weg ontwikkelt de chemie al enige tijd medicijnen. Nu is de technologie ver genoeg gevorderd om ook kunststoffen en vrijwel alle andere materialen langs deze weg te produceren. Dit is het begin van de biobased economy. In onze wereld is niet alleen een energietransitie aan de gang, maar ook – en misschien nog wel fundamenteeler – een industriële transitie. Energie zal steeds meer worden geleverd in de vorm van elektriciteit uit zon, wind en water (naast zuinig gebruik van fossiele energiebronnen). Biomassa zal in de eerste plaats worden gebruikt voor chemie en materialen – al ontwikkelt deze sector zich in eerste instantie nog in de marge van de veel grotere sector van energie in de vorm van biobrandstoffen.

## De industriële transitie

Groene grondstoffen bieden méér. Meer waardevolle mogelijkheden dan energie, zowel gezien duurzaamheid als vanuit oogpunt van de economie. De biomaterialen die we uit één ton groene grondstoffen kunnen maken zijn veel meer waard dan de brandstoffen die we eruit verkrijgen (het economische argument). En de besparing op fossiele energie is groter door materialen te maken dan brandstof (het duurzaamheidsargument). Want biomaterialen vervangen producten uit aardolie, die bij hun productie veel energie kosten. Behalve kunststoffen zijn er nog veel meer waardevolle producten die we uit groene grondstoffen kunnen halen. De biobased economy staat nog maar in haar kinderschoenen.

Voor de benutting van groene grondstoffen is de 'waardepiramide' maatgevend. Het belangrijkste hulpmiddel daarbij heet groene chemie: een geheel nieuwe bedrijfstak zonder hoge destillatie- en koeltorens, energieverslindende hoge temperaturen en drukken; maar juist met milde omzettingen bij lage temperatuur in water, uitgaande van groene grondstoffen. Met groene chemie kunnen nu en in de toekomst vele materialen worden vervaardigd, zoals: wasmiddelen, auto-onderdelen, kabels, geur- en smaakstoffen, materialen die temperaturen van honderden graden kunnen weerstaan, laminaat voor de vliegtuigbouw, en organische halfgeleiders. De uitdaging ligt erin, materialen te ontwikkelen op basis van groene grondstoffen, die voldoende goedkoop zijn en schaarse materialen kunnen vervangen. De markt voor biobrandstoffen, die nu op gang komt, kan daarbij goede diensten bewijzen, alleen al door zijn omvang: biomaterialen kunnen zich in eerste instantie ontwikkelen in de *slipstream* van biobrandstoffen.

## Nieuwe kansen voor de landbouw

Groene grondstoffen komen uit afvalstromen en uit land- en tuinbouw, bosbouw en veeteelt; ze kunnen bijdragen aan het inkomen van de boer, met geringe stijging van voedselprijzen, zowel hier als in exportlanden. Dat wil zeggen: bij een goede organisatie. Het zal in de biobased economy aankomen op een slimme organisatie van de markt voor agrarische producten. Om stabiele prijzen op een redelijk niveau te bevorderen en om ongewenste effecten te vermijden als: uitputting van de bodem, vervuiling van sloten en rivieren, en kap van het tropisch regenwoud.

De boer krijgt nieuwe kansen doordat de groene industrie veel minder dan nu geconcentreerd zal zijn op grote industrieterreinen. In de biobased economy is veel minder schaalvergroting nodig, om kosten te besparen. Misschien is het zelfs mogelijk, al op de boerderij, of op een groep boerderijen, eenvoudige oogstbewerkingen te doen (zoals nu al mestvergisting), waarmee de boer een aanvullend inkomen kan verdienen. Dit heet voorwaartse integratie: doordat een deel van de keten ‘naar voren’ wordt verplaatst in de productieketen. Hiermee kan ook veel gemakkelijker de mineralenkringloop worden gesloten (een kwetsbaar punt in de biobased economy): mineralen uit de oogst worden zo veel mogelijk ter plaatse afgescheiden en teruggevoerd naar het land. Dit principe kan zowel in industrielanden als in ontwikkelingslanden worden toegepast.

De consequentie van bovenstaande standpunten is dat, zeker in Nederland met zijn beperkte landbouwareaal, grootschalige energieteelt geen goed idee is. Niet alleen hebben we onevenredig veel hectares nodig voor het kweken van energiegewassen, de opbrengst moet ook concurreren op de markt voor energie, waardoor er in elk geval

in onze streken geen winstgevend bedrijfsmodel te vinden is. De kennisontwikkeling in Nederland moet worden gericht op teelten waarbij met bioraffinage zo veel mogelijk waardevolle stoffen worden gewonnen. Het restant gebruiken we dan voor energieopwekking en hergebruik van mineralen: daarmee wordt de opbrengst in zowel geld als duurzaamheid gemaximaliseerd.

Voor de duurzaamheid van zulke teelten moeten duidelijke criteria worden ontwikkeld. Ze moeten voldoen aan ecologische en sociale maatstaven van zorgvuldige landbouw, bovendien moet worden verzekerd dat andere teelten niet worden verdrongen naar meer kwetsbare gebieden. Goede analyses en scenariostudies vooraf zullen discutabele ontwikkelingen moeten voorkomen.

## Gelijke kansen

Het is jammer dat de maatschappelijke aandacht voor groene grondstoffen zo geconcentreerd is rond energie. De negatieve gevolgen van het gebruik van biomassa worden daardoor uitvergroot: productie van energie uit groene grondstoffen vraagt veel meer land dan productie van materialen. Maar de duurzame energievoorziening hangt niet op biobrandstoffen alleen: er zijn ook nog zonne- en windenergie, die op den duur het grootste deel van een duurzame energievoorziening voor hun rekening kunnen nemen – biobrandstoffen vormen niet de hoofdmoot. Biomassa is slechts een tussenstation voor oplossing van de energieproblematiek.

De enige wegwijzers die in ons maatschappelijk landschap bij biomassa zijn geplaatst wijzen echter in de richting van energie: er is een Europese verplichting tot gebruik van biobrandstoffen in het verkeer en er is

subsidie voor omzetting van biomassa in elektriciteit. Géén verplichting voor biomaterialen en géén productsubsidie voor biochemicaliën! Dat moet worden rechtgezet.

Wetgeving bepaalt de ontwikkelingen rond groene grondstoffen voor een belangrijk deel. Veelbelovende routes voor verwerking van (resten van) groene grondstoffen worden geblokkeerd door afvalwetgeving. En de Europese biobrandstoffenrichtlijn schept een kunstmatige markt voor biobrandstoffen, waardoor veel biomassastromen worden weggevoerd van de chemicaliënsector naar de energiesector. Als gevolg hiervan staat momenteel de waardepiramide op zijn kop: biotransportbrandstoffen (vrijwel onderaan in de piramide) zijn vaak duurder dan veevoer (hoger in de waardepiramide). Nog een voorbeeld van marktverstoring: bij het maken van etheen, één van de belangrijkste basischemicaliën, kan de industrie als grondstof kiezen tussen bio-ethanol (met importheffing) en aardolieproduct nafta (zonder importheffing). De biobased economy heeft voor haar ontwikkeling dringend een vlak speelveld nodig. Eigenlijk moet ons hele bestand aan regelgeving en bestuur (*governance*) op ongewenste ‘fossiele’ elementen worden gescreend.

## De chemietransitie in drie stappen

Naast de energietransitie is er dus een chemietransitie nodig: de ombouw van de petrochemie naar een groene chemie. Dat kan in drie stappen. We denken daar tegen 2050 vrijwel mee klaar te zijn.

### 1 Biobrandstoffen in de petrochemische infrastructuur

De petrochemie maakt gebruik van *building blocks*, eenvoudige moleculen waaruit meer complexe moleculen worden opgebouwd. Zo’n bouwsteen is bijvoorbeeld etheen. Dat maken we nu uit nafta (een aardolieproduct),

maar etheen kan ook heel gemakkelijk uit ethanol worden gemaakt, en dus ook uit bio-ethanol. Het neerzetten van een fabriek voor fabricage van bio-etheen uit bio-ethanol zoals voorgesteld door het Platform Groene Grondstoffen (PGG) is dan ook een stap in de opbouw van de biobased economy. Bio-etheen kan dan (gecertificeerd) in het bestaande West-Europese pijpleidingennet worden gedistribueerd; het wordt ge- en verkocht net als groene elektriciteit door aan- en verkoop van rechten. De biobased economy ontwikkelt zich in deze eerste stap op de bagagedrager van de energiesector. Dit is relatief eenvoudig te doen en geeft snel resultaat; de potentie van dit idee is zeer groot, want er zijn veel *building blocks* die eenvoudig gemaakt kunnen worden uit groene grondstoffen als bio-etheen en groen synthesegas. Voor de opbouw van een zelfstandige groene chemie gaat hier echter nog geen impuls van uit. Bovendien zijn er wellicht zware beleidsmaatregelen nodig (subsidies, verplichtingen) om de groene doelstellingen te halen.

Basisbouwstenen voor de chemie

Aantal C	Fossiel	Groene grondstof	Op de bagagedrager van...
C <sub>1</sub>	Synthesegas Methaan	Biomethanol uit glycerol:	Groene energie
		BioMCN	Groene energie
		Synthesegas uit glycerol Biogas/groen gas (methaan)	Groene energie
C <sub>2</sub>	Ethaan Etheen	Bio-etheen uit bio-ethanol, grootschalig in Rotterdam (PGG)	Groene energie
		Azijnzuur (fermentatie)	Voedselketen

Aantal C	Fossiel	Groene grondstof	Op de bagagedrager van...
C <sub>3</sub>	Propaan Propeen	Glycerol, afval biodiesel Melkzuur (fermentatie) 1,3 propaandiol (fermentatie) Propeenglycol uit glycerol (DOW)	Groene energie Voedselketen Voedselketen Groene energie
C <sub>4</sub>	Butaan Buteen Butadieen	N-butanol (fermentatie) Isobuteen uit isobutanol via fermentatie (Lanxes, Gevo)	Voedselketen Voedselketen
C <sub>5</sub>	Pentaaan Alifaten	Pentosesuikers	Nog te ontwikkelen
C <sub>6</sub>	Benzeen Aromaten	Hexosesuikers (glucose) Lignine	Nog te ontwikkelen
C <sub>7,8</sub>	Tolueen Xylenen Aromaten	Heptosesuikers Vetzuren Lignine	Nog te ontwikkelen

## 2 Volledig benutten van de potentie van katalyse, enzymen en fermentatie

Nederland is wereldleider op het gebied van industriële biokatalyse. Deze kennis kan worden ingezet voor het maken van chemicaliën uit biomassa, stoffen als melkzuur, furaandicarbonzuur, dialcoholen en andere moleculen die stikstof of zuurstof bevatten. In een later stadium valt te denken aan producten via bioraffinage zoals butaandiamide uit arginine of acrylonitril uit glutamaat, waarvoor echter nog wel nieuwe scheidingstechnologie moet worden ontwikkeld. Er zijn ook stoffen waarvan de productie uit groene grondstoffen nog in de onderzoeksfase verkeert, maar die een groot potentieel bieden voor de groene chemie vanwege hun productievolume (tussen 1 en 5 miljoen ton per jaar

wereldwijd), zoals acrylzuur, 1,2 propaandiol, 1,4 butaandiol, sorbitol, tereftaalzuur en adipinezuur. Lopende landelijke onderzoekprogramma's als IBOS, B(E)Basic en CatchBio gaan hier uitvoerig op in. Kenmerkend punt in deze fase is dat biomassa in eerste instantie wordt omgezet in relatief eenvoudige bouwelementen zoals zetmeelsuikers, eiwitten of aminozuren.

Op strategisch niveau betekent deze fase de opmaat voor het losmaken van de chemie van de energiesector en het begin van aansluiting bij de voedingssector.

## 3 Bioraffinage, het benutten van de al aanwezige complexiteit

De werkelijke waarde van de groene chemie komt in deze fase aan de orde: het isoleren van waardevolle producten uit planten, waarbij we de aanwezige complexiteit niet reduceren maar zoveel mogelijk benutten voor direct gebruik of efficiënte omzetting. De rest, het groene afval, gebruiken we voor een tweede generatie biobrandstoffen, diervoer of soms zelfs voedsel. Het benutten van de hoogste waarde wordt nu de leidraad.

In deze derde fase verandert de chemie in een bedrijfstak die geheel onafhankelijk van zowel de energie- als voedingssector opereert. Ten behoeve van deze groene chemische sector zullen bewust teelten worden ingericht, zodat planten en micro-organismen rechtstreeks bepaalde ingewikkelde stoffen voor speciale doeleinden produceren. Dat kan door genetische aanpassing van planten en/of micro-organismen, of via de al lang bestaande weg van kruising, die tegenwoordig dank zij automatisering ook veel sneller dan vroeger mogelijk is ('directed evolution').

Zo tillen we de chemie als geheel naar een hoger, wetenschappelijk en technisch veel eleganter niveau. De bedrijfstak komt geheel los van de pijpen en fornuizen van de afgelopen eeuwen.

## Technologische ontwikkeling doorslaggevend

Er bestaat een overweldigende hoeveelheid redenen, zowel economisch als ecologisch, die de biobased economy tot een goed idee maken. Het zal er van komen, omdat zo'n economie uiteindelijk in alle opzichten profijtlijker en duurzamer is.

Maar met elke stap in die richting wordt duidelijker dat we nog heel veel kennis missen. Filosofisch gezegd: we hebben als mensheid pas kort geleden geleerd dat wij in wetenschap en techniek de natuur moeten imiteren, terwijl we tot nu toe altijd probeerden haar te dwingen. Daardoor komen we nu heel veel kennis tekort en moeten we dat gemis in snel tempo gaan opvullen. In de petrochemie hebben we geleerd ingewikkelde stoffen te maken, uitgaande van eenvoudige building blocks. Voor de groene chemie moeten we nu de functionaliteiten van ingewikkelde uitgangsstoffen leren gebruiken om zo slim mogelijk naar het doel te komen, met behoud van complexiteit. Filosofisch gesproken: we gaan van reductionisme naar holisme. Belangrijke wetenschaps- en technologiegebieden als katalyse, scheidingstechnologie, chemische analyse, thermische conversies en procestecnologie moeten grotendeels opnieuw worden vormgegeven naar de nieuwe inzichten.

Bij die herstructurering van de wetenschap ligt het voor de hand, gebruik te maken van genetische modificatie. Genetisch gemodificeerde gisten, schimmels en bacteriën zijn al jaren lang in gebruik bij de productie van medicijnen. Dit is maatschappelijk onomstreden: het

productiemechanisme waarmee de stoffen worden gemaakt is genetisch gemodificeerd, het eindproduct niet. Deze technologieën zullen nu ook worden toegepast bij de productie van chemicaliën en materialen in de industriële biotechnologie. Daarnaast is er de genetische modificatie van teeltgewassen, die wel omstreden is – maar beide terreinen groeien naar elkaar toe, en bovendien is het bij gewasverrijking steeds minder duidelijk waar nu sprake is van genetische modificatie en waar niet, omdat ook 'klassieke' teeltmethoden steeds gericht worden. Zelfs als consumenten het gebruik van genetisch gemodificeerde voeding afwijzen, blijft er nog een groot gebied over voor gebruik van materialen en chemische tussen- en eindproducten die met genetisch gemodificeerde organismen zijn gemaakt.

## Maatschappelijk onderzoekprogramma onmisbaar

De biobased economy brengt andere maatschappelijke verhoudingen met zich mee. Alle agrarische ketens zullen opnieuw onder de loep worden genomen, veel materiaalstromen veranderen ingrijpend. Wetgeving zal zich moeten aanpassen en fundamentele begrippen als duurzaamheid en rechtvaardigheid worden opnieuw getoetst.

De verdere ontwikkeling van de biobased economy wordt op dit moment in gevaar gebracht door wetten en regels die niet op de nieuwe situatie zijn toegesneden. Ook de biobased economy kent een innovatiekloof – omdat wetenschappelijke kennis moeilijk doorstroomt naar praktische toepassingen, op dit moment vooral door blokkades, opgeworpen door wetten, regels en procedures. Zo blokkeren afvalwetten soms het gebruik van reststromen. Financiering wordt bemoeilijkt door trage vergunningverlening. Om de snelste weg naar adequate oplossingen te vinden is onderzoek nodig.

De toenemende vraag naar biomassa kan grote maatschappelijke effecten hebben, niet alleen in eigen land maar vooral in de productielanden. We hebben onderzoek nodig om duurzame productieketens te ontwikkelen, de voedselvoorziening en de bodemvruchtbaarheid niet in gevaar te brengen en de positie van boeren in de agrarische keten te versterken. Mondiale vraagstukken zoals gebruik en eigendom van land, waterbeheer en biodiversiteit zullen steeds meer op indringende wijze om anticiperende oplossingen vragen.

Alleen bèta-kennis is daarom voor de biobased economy volstrekt onvoldoende. De collega's in alfa- en gammakennis zullen in versneld tempo langs zij moeten komen en zelfs op meerdere fronten wellicht de leiding moeten overnemen. De economie moet zich er rekenschap van geven dat bestaande economische ontwikkelingsmodellen in een biobased economy niet meer kloppen en moeten worden aangepast en uitgebreid. Maatschappij- en ruimtelijke wetenschappen zullen zich moeten buigen over de sociale gevolgen van een ander, meer ruimtelijk verspreid, industrieel patroon. En dit zijn nog maar enkele vragen die wij op dit moment kunnen overzien.

De complexiteit van de biobased economy gaat aanzienlijk verder dan haar moleculaire inhoud en moet hanteerbaar worden gemaakt. Dat kan alleen door alle daarmee verbonden processen in samenhang te bestuderen.

## Biobased economy, speciaal voor Nederland

Nederland bevindt zich in een bijzondere positie om het pad van de biobased economy op te gaan:

- Economische redenen: Nederland (met de aanpalende regio's) heeft zeer grote chemische en agrarische sectoren en Nederland is sterk in logistiek.
- Ecologische redenen: Nederland is dichtbevolkt in een kwetsbare delta.
- Wetenschappelijke en technologische redenen: Nederland is zeer sterk op een aantal wetenschappelijke sleutelgebieden als katalyse en fermentatietechnologie en praktische procestechnologische kennis. Nederland heeft veel te winnen – en als de ombouw van petrochemie naar groene chemie mislukt, ook veel te verliezen. Daarom moet dringend iets worden gedaan aan knellende regels en omslachtige procedures waardoor financiering van innovatieve projecten steeds moeilijker wordt, en Nederland juist nu een achterstand dreigt op te lopen.

Nederland vormt qua industrie een eenheid samen met Noordrijn-Westfalen en België. Qua landbouw strekt de verwantschap (natte akkerbouw) zich nog verder uit, tot Nedersaksen en Noord-Frankrijk. Voor zijn groene grondstoffen zal Nederland een beroep moeten doen op deze gebieden, op de hele Europese Unie en daar buiten. Omgekeerd zal Nederland kennis moeten exporteren: op het terrein van energie en van landbouw en chemie. Een brede internationale samenwerking, ook met gebieden als Noord- en Zuid-Amerika en Azië, is op al deze terreinen van groot belang.

## Een grote logistieke opgave

De logistiek moet in de biobased economy naar een hoger niveau worden getild. Zeehavens spelen een belangrijke rol in de biobased economy, vanwege grote importen. Ook vanwege de mogelijke ontwikkeling van een hubfunctie in *mainports* (zoals in Rotterdam), of nieuwe exporten in havens met chemische industrie en veel agrarisch achterland (zoals Delfzijl en Terneuzen). De bestaande sterkten van de havens zijn niet één op één overdraagbaar op de biobased economy. Naar verwachting worden veel industriële bewerkingen uitgevoerd in de productielanden van biomassa. Biochemicaliën bepalen echter de internationale handel, niet de onbewerkte biomassa. Daarom moeten opnieuw posities worden verworven – ook in de biobased economy heeft Nederland door zijn ligging goede kansen.

De handel in biomaterialen verschilt in één opzicht sterk van de bestaande handel, en dat is in de behandeling van afval- en retourstromen. In principe zal de biobased economy geen afval erkennen, wat de logistiek van restproducten voor nieuwe uitdagingen stelt. Verder zullen we de mineralenbalans in de gaten moeten houden: met elke verplaatsing van biomassa verplaatsen we ook waardevolle mineralen als stikstof en vooral fosfaat. En omdat fosfaat een uitputbare grondstof is, gaan we steeds sterker letten op voldoende retourstromen.

## Samenwerking vereist

De biobased economy kan er alleen komen wanneer, over de grenzen van bedrijfstakken en wetenschappelijke disciplines heen, samenwerking tot stand komt. Chemie en voeding hebben nu nog niet zoveel met elkaar te maken, maar raken door groene grondstoffen steeds meer bij elkaar betrokken. In de nieuwe logistiek zal met beide sectoren intensief moeten worden samengewerkt.

Wetenschappelijke disciplines moeten naar elkaar toegroeien en elkaar steeds beter leren verstaan. Bèta-onderzoekers moeten meer dan ooit vertrouwd raken met de maatschappelijke gevolgen van keuzes die zij maken, en met de daartoe noodzakelijke samenwerking met alfa- en gamma-onderzoekers. Samen zullen ze zich ervan bewust moeten zijn dat de biobased economy er in Nederland alleen komt wanneer deze door de publieke opinie breed wordt gedragen. Een breed maatschappelijk debat zal het fundament moeten vormen waarop de biobased economy kan worden opgebouwd. Op korte termijn moeten de regels worden aangepast, gelijkgeschakeld en veranderd opdat de groene chemie, en daarmee de biobased economy een eerlijke kans krijgen.

Nederland heeft een uitstekende uitgangspositie om een biobased economy tot stand te brengen; maar er moet tegelijkertijd een stevig maatschappelijk debat worden gevoerd om iedereen daarvan te overtuigen, zodat de taken op die weg eensgezind kunnen worden aangepakt.

## Inleiding

Dit boek gaat over de *biobased economy*, een economie die voor zijn energie en materialen niet meer afhankelijk is van fossiele brandstoffen, maar van groene grondstoffen. Tijdens het werk aan deze rapportage zijn we echter overtuigd geraakt van de invloed die deze op het oog eenvoudige overschakeling naar groene grondstoffen zal uitoefenen op alle sectoren van de samenleving. Het is daarom misschien beter, te spreken van een *biobased society*. We staan aan de vooravond van een transitie of systeeminnovatie: een innovatie, niet van afzonderlijke technologieën, maar van het hele maatschappelijke systeem, een overgang die tientallen jaren zal duren en waarbij alle sectoren van de samenleving betrokken zijn.

Het Ministerie van EL&I heeft aan een onafhankelijke Wetenschappelijke en Technologische Commissie gevraagd een visie op te stellen op de ontwikkeling van de biobased economy en een agenda te maken met kennis en innovatie opgaven. Dit boek is het eindrapport van de WTC.

De bedoeling ervan is een kennis- en innovatieagenda te ontwikkelen voor geschetste transitie: de conclusies betreffen de terreinen waarop nieuwe kennis en innovaties moeten worden gestimuleerd en de manier waarop. De term *biobased economy* is al redelijk ingeburgerd, daarom blijven we die gebruiken. We schetsen die nieuwe economie: de drijvende krachten erachter, de integratie van agro, chemie en logistiek die het met zich mee zal brengen, de maatschappelijke vragen die deze ontwikkeling oproept. Wij schetsen vooral de breedte van het proces: de vele gebieden van de samenleving waarop de biobased economy van invloed zal zijn.

Het boek is als volgt opgebouwd:

In hoofdstuk 1 verkennen we waarom de biobased economy in de belangstelling staat. Zowel de economische als de ecologische redenen komen ruim aan bod.

Hoofdstuk 2 gaat over het maatschappelijke debat. De biobased economy heeft grote potenties maar is ook kwetsbaar. Maatschappelijke steun is onontbeerlijk maar niet zeker. Idealiter is een biobased economy maatschappelijk gedreven, maar is dat ook zo? Niet alleen het feitelijk voldoen aan duurzaamheidscriteria, maar ook de beeldvorming die daarover ontstaat, is van belang. In dit hoofdstuk verkennen we de onderwerpen in dit maatschappelijke debat.


Hoofdstuk 3 zet de schijnwerper op de ontwikkeling van de groene chemie als bepalend voor de biobased economy. Welke kennispositie heeft Nederland momenteel, en in welke stappen kan de chemie worden vergroend?

In hoofdstuk 4 ontwikkelt de commissie een stappenplan, met veel aandacht voor innovatie om de in hoofdstuk 3 geschetste ontwikkeling voor elkaar te krijgen.

Hoofdstuk 5 onderzoekt of de groene grondstoffenvoorziening een voldoende stevige basis vormt voor de biobased economy. Die grondstoffenvoorziening lijkt tegelijkertijd juist nieuwe (logistieke) kansen te geven aan de Nederlandse economie.

In hoofdstuk 6 trekken wij conclusies.

In de bijlage zijn korte samenvattingen opgenomen van de gehouden interviews.



Dit boek gaat over de biobased economy, een economie die zijn grondstoffen grotendeels betreft uit de levende natuur (biomassa, 'groene grondstoffen'), als onderdeel van een groene of duurzame economie. Het bijzondere van de biobased economy is dat deze ontwikkeling om zeer uiteenlopende redenen aantrekkelijk is – ja zelfs om redenen die tot voor kort als tegenstrijdig aan elkaar werden beschouwd, zoals 'economie' en 'klimaat'.

# 1. Motoren voor de biobased economy

*Drijvende krachten*

## Groene materialen (biobased products)

**Groene materialen die van oudsher worden gebruikt zijn: papier, zeep, smeermiddelen, bouwhout. Nieuw zijn bijvoorbeeld: inkten en tweede generatie biobrandstoffen.**

**Basischemicaliën.** Veel basischemicaliën, gebruikt voor de opbouw van meer complexe stoffen, kunnen worden gemaakt uit biomassa. De meeste bio-basischemicaliën worden op dit moment gemaakt uit suikers of zetmeel, zoals 1,3-propaandiol, een grondstof voor materialen en coatings, en barnsteenzuur (*succinic acid*), een stof met vele toepassingen in voeding, chemische industrie en geneesmiddelen. De stof 1,3-propaandiol kan ook worden gemaakt uit glycerol, een restproduct bij het maken van biodiesel. Ook *building blocks* van de bestaande chemie zoals etheen kunnen eenvoudig uit groene grondstoffen worden geproduceerd.

**Fijnchemicaliën.** Fijnchemicaliën doen dienst als: oplosmiddelen, oppervlakreactieve stoffen (gebruikt in wasmiddelen, cosmetica en bij industriële processen) en als startmateriaal voor vele specialties zoals medicijnen, katalysatoren, reuk- en smaakstoffen, voedseladditieven enz. Oppervlakreactieve stoffen worden steeds meer gemaakt uit groene grondstoffen, net als chemische oplosmiddelen (bijvoorbeeld ethylactaat, een derivaat van melkzuur). De fijnchemie heeft het gebruik van fermentatie en enzymen (biokatalyse) ontwikkeld, waarmee een belangrijk deel van de weg is geëffend voor de biobased economy.

**Industriële oliën.** Sommige oliën van plantaardige oorsprong dienen als hoogwaardige smeermiddelen of hydraulische oliën. Kleurinkten worden onder meer gemaakt van sojaolie.

**We beschrijven in dit boek de omslag in het maatschappelijk denken en doen, noodzakelijk om de vruchten van de biobased economy te plukken: van energie naar chemie, en van massagoed naar gespecialiseerd product. Welke kennis hebben we nodig om die omslag te maken?**

Dat is het uiteindelijke doel van deze verkenning. Ietwat gechargeerd gesteld, maar niet onjuist: een economie die zich toelegt op productie van massagoederen (zoals biobrandstoffen) uit groene grondstoffen, ontmoet grote problemen als: concurrentie met de voedselvoorziening, uitputting van de bodem, kaalslag van tropisch regenwoud en andere concurrentie op het scherp van de snede. Een economie echter, die zich toelegt op het halen van de hoogste waarde en het grootste nut uit de waardevolle groene grondstoffen, is zowel voor 'economie' als voor 'klimaat' het allerslimste. Sleutel is hier de nieuwe, deels nog te ontwikkelen groene chemie. Het resultaat is: meer toegevoegde waarde, minder afval, lagere *footprint*, minder druk op de boerenstand, en minder concurrentie met de voedselvoorziening.

Een paar verhelderingen zijn hier op hun plaats. In de eerste plaats hebben we het over 'producten uit de levende natuur'. We vermijden de woorden 'biologische oorsprong' van de materialen – niet omdat deze termen incorrect zijn, maar omdat ze verwarring geven met het spraakgebruik dat 'biologisch' betekent: 'zonder kunstmest'. De biobased economy is niet zonder meer 'groen' in de betekenis van duurzaam. Steeds weer moet worden bekeken of de producten uit de levende natuur wel duurzaam verkregen zijn; dit bespreken we in hoofdstuk 2. De producten uit de levende natuur zijn in principe van plantaardige oorsprong: ook al het dierenleven berust op plantaardig leven; maar hier brengen we wat rek aan in onze definities, omdat

technologen steeds beter in staat zijn processen uit de levende natuur na te bootsen, bijvoorbeeld fotosynthese. Ook zulke nabootsingen van levende processen (en de producten die daarbij ontstaan) horen volgens onze omschrijving bij de biobased economy. Een specialisme als synthetische biologie maakt niet toevallig juist nu veel opgang.

Een biobased economy kan voorzien in het merendeel van de materiaalbehoefte van de samenleving, inclusief vervanging van sommige schaarse metalen of andere anorganische producten door groene equivalenten of zelfs verbeterde producten, en ook nog in een deel van de energiebehoefte. Het verschil tussen energie en materialen zit voornamelijk hierin, dat voor een duurzame energievoorziening niet alleen groene grondstoffen in aanmerking komen, maar ook energiebronnen als zon, wind en water. Deze zullen op den duur het belangrijkste deel van de energievoorziening voor hun rekening moeten nemen.

Zon, wind en water leveren energie in de vorm van elektriciteit. Dit sluit uitstekend aan op de groeiende populariteit van stroom als energiedrager. Maar voor sommige toepassingen (in het bijzonder zwaar transport) zijn voorlopig brandstoffen nodig. Deze kunnen nog worden geleverd vanuit aardolie, met de mogelijkheid van een geleidelijke overschakeling op biobrandstoffen. In een biobased economy worden op den duur vrijwel alle producten vervangen door materialen gemaakt van groene grondstoffen, merendeels met de potentie van extra of verbeterde functionaliteit.

Het is deze biobased economy die om zeer uiteenlopende redenen aantrekkelijk is. We lopen de belangrijkste daarvan langs.

## Milieu en klimaat

Het gebruik van groene grondstoffen veroorzaakt minder uitstoot van broeikasgassen.

- Als groene grondstoffen worden gebruikt voor energieproductie, stoten ze alleen CO<sub>2</sub> uit die korte tijd daar vóór al in planten (inclusief algen) is vastgelegd. Weliswaar hebben de meeste cultuurgewassen een input van fossiele energie in de vorm van kunstmest en het energiegebruik van tractoren, en ontstaan soms bij kunstmestproductie en/of bij grondbewerking N<sub>2</sub>O of CH<sub>4</sub>, beide krachtige broeikasgassen. Toch is de broeikasgasbalans bij gebruik van groene grondstoffen voor de energievoorziening, vergeleken met het gebruik van fossiele brandstoffen in het algemeen (en soms sterk) in het voordeel van de eerste.
- Groene grondstoffen kunnen uitstekend worden gebruikt bij de productie van chemicaliën en materialen. De energie-input en de uitstoot van broeikasgassen bij het maken van deze verbindingen uit groene grondstoffen zijn vaak aanzienlijk lager dan die bij productie uit aardolie of aardgas.

Het mes snijdt dus aan twee kanten: er is minder energie nodig bij het maken van chemicaliën en materialen, en bij het maken van de energiedragers wordt minder CO<sub>2</sub> uitgestoten. Bovendien wordt bij de productie van chemicaliën en materialen uit groene grondstoffen vrijwel alle grondstof nuttig gebruikt, zeker als de biobased economy zich verder ontwikkelt, zodat afval steeds minder een probleem wordt.

Grootschalig gebruik van groene grondstoffen levert echter ook potentiële milieuproblemen op. Water is vaak een beperkende factor bij de groei van gewassen: de watertekorten in vele gebieden ter wereld zouden door de biobased economy kunnen verergeren. Planten hebben mineralen nodig om te groeien, waarvan vooral stikstof en fosfaat



**Biopolymeren.** We kunnen veel fossiele materialen vervangen door biomaterialen. Sommige biomaterialen zijn chemisch identiek aan hun fossiele voorgangers, zoals biopolyetheen gemaakt uit bio-etheen, verkregen uit bio-ethanol. Er komen ook nieuwe materialen op de markt, gemaakt uit groene grondstoffen, zoals PLA (polymelkzuur, *poly lactic acid*) en PHA's (polyhydroxyalkanoaten). Zetmeelplastics hebben in korte tijd een grote markt verworven als verpakkings- en vulmateriaal, en als biologisch afbreekbare hulpmiddelen in de tuinbouw. Celluloseplastics worden al heel lang toegepast, onder andere in sigarettenfilters en als voeringsstof.

**Vezels.** Plantaardige vezelproducten kunnen glasvezels vervangen als versterking of verstijving in composietmaterialen, vooral in polypropreen in bijvoorbeeld auto-onderdelen, bouwmaterialen en meubels.

**Rayon en nylon.** Rayon is een al langer bestaande vezel, gemaakt uit cellulose. Nylons maken we traditioneel uit aardolie, maar één (hoogwaardige) nylon is altijd al gemaakt uit een groene grondstof: castorolie. Recent kwam een aantal nieuwe nylons uit groene grondstoffen op de markt.

**PUR.** Eén van de twee componenten in PUR (polyurethaan) wordt in toenemende mate gemaakt uit groene grondstoffen.

Groene materialen bestaan dus in vele vormen, in vele kwaliteiten en voor vele doeleinden. De meeste daarvan kunnen materialen uit fossiele grondstoffen vervangen.

bepalend zijn, en verder een reeks sporenelementen. Fosfaat is een eindige grondstof, en naarmate biomassa meer over de aardbol versleept gaat worden, wordt de fosforbalans van steeds groter belang: behalve een stroom naar de verbruikers toe moet ook een retourstroom van mineralen worden georganiseerd. We gaan later in op de problemen én de kansen die hieruit voor een Nederlandse biobased economy voortkomen.

Bij de juiste teeltkeuze is het volgens recente studies beter voor het klimaat, materialen te maken uit groene grondstoffen in plaats van brandstoffen (zoals bio-ethanol). Voorbeelden van zulke materialen zijn de kunststoffen PLA (polymelkzuur) en bio-PE (poly-etheen). Bij het maken van die materialen uit groene grondstoffen wordt de grote input van energie vermeden, die optreedt wanneer men ze uit aardolie maakt. We komen hier later nog op terug.

## Grondstoffenhonger

De vrees voor aantasting van natuurgebieden - vooral het tropisch regenwoud - is terecht, zeker als de vraag naar groene grondstoffen steeds stijgt. Er zijn echter ook ernstige problemen met de exploitatie van grondstoffen in het algemeen en van fossiele brandstoffen in het bijzonder. De relatie tussen grondstoffenrijkdom en gewapende conflicten in gebieden zonder sterk gezag is langzamerhand goed gedocumenteerd. Exploitatie van grondstoffen leidt vaak tot conflicten, niet zelden van ernstige aard. De relatie tussen het tragische lot van Zaïre (Kongo) en haar mineralenrijkdom kan niemand ontgaan. In een olierijk en in potentie welvarend land als Nigeria lukt het al decennia niet om vrede te brengen en armoede uit te bannen.

Ook in de internationale politiek spelen grondstoffen een belangrijke rol. Bij de laatste grote gewapende conflicten, in Irak en Afghanistan, waren oliebelangen nadrukkelijk aanwezig. Van oudsher zijn de Verenigde Staten beducht om afhankelijkheid van het buitenland wat betreft hun essentiële grondstoffen, vooral energie, en in Europa is de zorg hierom groeiende. China heeft de laatste decennia bewust een sleutelpositie opgebouwd in de wereldmarkt van zeldzame aardmetalen en maakt daarvan nu gebruik. En Rusland is voor zijn stabiliteit sterk afhankelijk van aardgasexport, wat risicovol is voor Europa als belangrijkste afnemer. In principe geven groene grondstoffen minder houvast voor machtspolitiek omdat ze overal op de wereld te winnen zijn, hoewel we al zien dat een land als Brazilië internationaal-politiek gebruik probeert te maken van zijn sterke positie in de wereldmarkt van bio-ethanol. Boven op dit polemologische aspect van grondstoffenexploitatie komt nog de vraag hoe lang de mensheid grondstoffen uit de aardkorst kan blijven halen. Ook al is daadwerkelijke uitputting voor de meeste mineralen nog ver weg, een economie die gebaseerd is op eindige grondstoffen is uiteindelijk niet duurzaam. Overschakeling op groene grondstoffen is één van de manieren om het materiaalgebruik van het productiesystemen te verduurzamen.

## Vernieuwingsbehoefte bij het bedrijfsleven

Van geheel andere orde, maar niet minder belangrijk, is de vernieuwingsbehoefte bij het bedrijfsleven en de mogelijkheid van 'groene' processen om in die behoefte te voorzien.

De toenemende concurrentie uit opkomende economieën als China en India vormt een belangrijke motor van de vernieuwingsbehoefte van het Europese bedrijfsleven. Over de Europese strategie om aan deze

concurrentie het hoofd te bieden is men eensgezind: vergroting van de rol van kennis in het productiesysteem. De uitvoering van die strategie stuit echter voortdurend op problemen. In 2000 sprak de Europese Unie bijvoorbeeld het Lissabon-proces af: in 2010 moest de Unie de meest concurrerende kenniseconomie ter wereld zijn. Een belangrijk middel daartoe was het verhogen van de onderzoeksbudgetten met 50%. Het Lissabon-proces is helaas mislukt, de onderzoeksbudgetten zijn niet gestegen maar gedaald.

Vele bedrijfstakken formuleren bij hun strategiebepaling dat hun input van energie en grondstoffen met tientallen procenten naar beneden moet om te kunnen overleven. Vervanging van fossiele grondstoffen door groene grondstoffen biedt hiertoe een uitgelezen mogelijkheid, dit wordt besproken in hoofdstuk 3. Het voordeel van het gebruik van groene grondstoffen is niet alleen dat minder aardolie hoeft te worden gewonnen als grondstof – we profiteren ook van het lagere energiegebruik en de lagere (en minder giftige) afvalproductie bij het merendeel van de processen.

Ons gebruik van groene grondstoffen kan profiteren van de snelle ontwikkeling van belangrijke ondersteunende technologieën, vooral fermentatietechnologie, scheidingstechnologie (inclusief bioraffinage) en genetische modificatie. Dit is van belang voor de strategie van Europese bedrijven: de doorslaggevende factor in de concurrentiestrijd met bedrijven uit opkomende economieën ligt niet zozeer in handige technologie als wel in de stapeling van uiteenlopende technologieën in een slimme keten.

Samenvattend biedt de biobased economy dus een uitgelezen mogelijkheid voor het Europese en dus het Nederlandse bedrijfsleven om sterk te staan in de internationale concurrentiestrijd. Een uitgekende



## Productie van biotransportbrandstoffen

Een gezaghebbende bron voor productiecijfers van biobrandstoffen is de World Agricultural Outlook. Deze statistiek (N.B. alléén biobrandstoffen voor transportdoeleinden) geeft de herkomst van de geproduceerde biobrandstoffen niet aan.

Land	Bio-ethanol		Biodiesel	
	Productie	Consumptie	Productie	Consumptie
Argentinië			1,23	0,02
Brazilië	26,17	24,09	1,54	1,50
Canada	1,06	1,70		
China	2,05	1,92		
Europese Unie	3,04	4,10	9,38	10,85
India	1,13	1,79		
Indonesië			0,09	0,01
Japan		0,52		
Zuid-Korea		0,32		
Maleisië			0,29	0,07
Verenigde Staten	40,50	41,21	2,19	1,52
Rest van de wereld		0,28		0,66
<b>Totaal</b>		<b>75,94</b>		<b>14,63</b>

Tabel 1. Productie en consumptie van biotransportbrandstoffen per land, in miljarden liters, 2009. Bron: World Agricultural Outlook.

Het totaal van ca. 90 miljard liter komt overeen met ruim 70 miljoen ton per jaar. Vergelijk: de wereldproductie van plantaardige oliën in 2005/6 bedroeg 110 miljoen ton per jaar en de wereldproductie aan aardolie is bijna 90 miljoen vaten per dag ofwel ruim 4.000 miljoen ton per jaar.

aansluiting op de bestaande infrastructuur is daarbij belangrijk om te voorkomen dat opkomende economieën zoals in Z.O.-Azië via nieuwbouw het voortouw pakken. De snelle vervanging van allerlei basismoleculen uit de petrochemie door identieke of soortgelijke producten uit groene bronnen (bijvoorbeeld etheen uit bio-ethanol) is daarbij een slimme aanpak.

## Groene leefstijlen

In westerse landen is consumentengedrag vaak van doorslaggevend belang voor het welslagen van maatschappelijke en technologische vernieuwingen, zie bijvoorbeeld video, dvd, internet, mobiele telefonie, digitale fotografie, mp3 spelers etc. Daarom is het van belang te signaleren dat consumenten groeiende belangstelling tonen voor groene leefstijlen. Deze tendens zal, als zij doorzet, een belangrijke drijvende kracht gaan vormen voor de biobased economy.

Groene leefstijlen worden gekenmerkt door een actieve belangstelling voor de effecten van het consumptiepatroon op klimaat (spaarlampen, elektrische auto's e.d.), arbeidsomstandigheden in de Derde Wereld (fair trade), dierenwelzijn (scharrelvlees) en dergelijke. Alle genoemde consumptiegebieden hebben relatief hoge groeicijfers en daarom herdefiniëren steeds meer bedrijven hun strategie in 'groene' richting, al zijn er ook bedrijven die zich inzetten voor behoud van *business as usual* en die bijvoorbeeld steun verlenen aan klimaatsceptici.

Het varen van een groene koers is niet zonder risico, want pers, consumenten- en milieu-organisaties ontmaskeren graag gevallen van *window dressing*, zoals bij palmolie. Maar sinds de successen van Body Shop en Solidaridad is er niet meer vanzelfsprekend een kloof tussen inzet voor goede doelen en ('welbegrepen') eigenbelang. Daarom

scheppen groene leefstijlen ook kansen voor bedrijven die activiteiten willen ontplooiën in de biobased economy. De marketing kan dankbaar gebruik maken van lager energie- en grondstoffengebruik, vermindering van afval, of verbeterde productkwaliteit.

## Maatschappelijke dynamiek

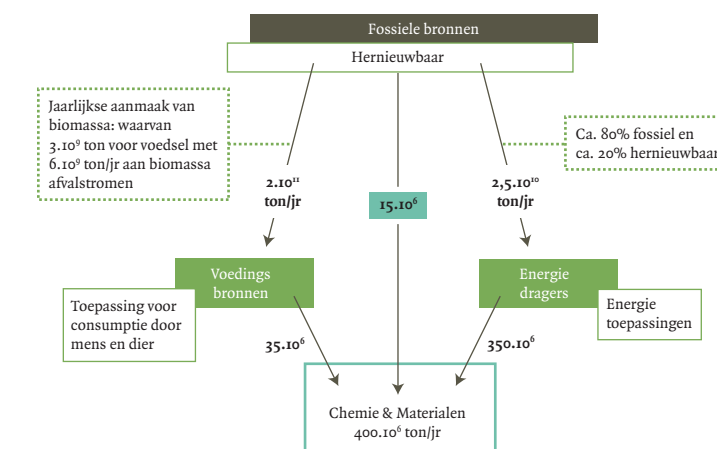
De combinatie van deze groenmotieven levert een vliegwielerwerking op, waardoor de biobased economy een eigen maatschappelijke dynamiek krijgt. Concurrentie uit opkomende economieën dwingt Westerse bedrijven tot ongekende besparingen, die in belangrijke mate moeten worden gevonden in verminderd materiaal- en energiegebruik. De onzekere markten van fossiele brandstoffen zetten bij het zoekproces een premie op het gebruik van groene grondstoffen. Het broeikas-effect versterkt die zoekrichting nog eens, evenals de gevoeligheid van consumenten voor de duurzaamheid van energie en materialen, en niet in de laatste plaats: de zich razend snel ontwikkelende technologieën zoals fermentatie, katalyse, scheidingsprincipes en een reeks aan biotechnologische specialismen (genomics). De biobased economy is daarom geen wensbeeld meer, maar een gegeven. En Nederland doet er het beste aan daarvan, zowel handig als verantwoord gebruik te maken.

## Internationale ontwikkelingen

### Biobrandstoffen

Biobrandstoffen bezitten onmiskenbaar het grootste volume bij het gebruik van groene grondstoffen. De meeste ontwikkelingen in de

biobased economy worden tot nu toe getrokken door de omschakeling van fossiele brandstoffen op biobrandstoffen. Oorzaak daarvan is deels de politieke prioriteit die hieraan is gegeven. Anderzijds speelt het enorme volume van de brandstoffenmarkt, waarvan elke beweging grote invloed heeft op materiaalstromen in de chemie. De voedings- en energiestromen zijn vele malen groter dan de stroom van chemicaliën en materialen, zodat de laatste zich op de bagagedrager van hetzij de voedselproductie, hetzij de brandstoffenproductie kan ontwikkelen (zie figuur 1). Zoals daar aangegeven, wordt op dit moment ca. 90% van de relevante materiaalstroom in de wereld afgeleid van fossiele brandstoffen.



Figuur 1. De chemie als bescheiden fractie van de biomassa-stromen voor voeding en energie. Bron: Alle Bruggink op basis van K.Weissermel en H.-J.Arpe, "Industrial Organic Chemistry", Wiley, mei 2008.



## Donkergroen, lichtgroen en niet-groen

**Niet alle consumenten met duurzaamheid in het vaandel hechten even sterk aan de mate van groen. We kunnen afnemers met een ‘donkergroene’ en een ‘lichtgroene’ leefstijl onderscheiden, en daarnaast nog consumenten zonder groene leefstijl.**

Donkergroene consumenten zijn actief betrokken bij duurzaamheid. Ze kiezen consequent voor ecowasmiddel, waterbesparende kranen, Fair Trade- dan wel EKO-producten of openbaar vervoer. Ze leggen zich serieuze beperkingen op bij vliegen en vlees eten. In Nederland omvat deze groep ongeveer 5% van de consumenten: mensen met voorkeur voor biologische levensmiddelen 5%, vegetariërs 4%, hybride autobezitters 2%. Hun aandeel is groeiende.

Daar tegenover staan de ongeïnteresseerden, afhankelijk van focus een kwart tot de helft van de bevolking omvattend. Zo’n 20% wil echt niets met duurzaamheid te maken hebben; daarnaast is er een grote groep die er wel ‘iets’ mee zou willen maar die duurzame producten bijvoorbeeld te duur vindt.

Daar tussenin staat een brede en diverse groep van ongeveer 40-70% van het publiek, de ‘lichtgroene consumenten’. Zij willen wel kiezen voor duurzaam, maar dan bij voorkeur met weinig gevolgen voor het consumptiepatroon. De keuzes zijn vaak niet consequent, bijvoorbeeld wel spaarlampen maar geen waterbesparing, wel biologische zuivel maar geen biologisch vlees. Lichtgroene consumenten zijn relatief gevoelig voor mode of groepsdruk, en consumeren eerder ‘groen’ wanneer de betreffende producten als hip worden beleefd.

*Bron: rapportage Sanne Minten & Hans Dagevos, LEI Wageningen UR*

Diverse landen voeren tot nu toe een eigen koers, met meer of minder succes.

Brazilië begon dertig jaar geleden de suikerrietteelt mede in te zetten voor de productie van bio-ethanol ter vervanging van benzine. Dat beleid is zeer succesvol geweest. Sinds enkele jaren is Brazilië, zonder grote eigen olieproductie, zelfvoorzienend in motorbrandstoffen en sinds kort zelfs exporteur. Brazilië profiteert ook van de (vrijwel volledige) klimaatneutraliteit van zijn bio-ethanolproductie.

In de Verenigde Staten is klimaatneutraliteit tot nu toe geen belangrijk argument geweest. Het alles overheersende motief, zeker in de periode Bush, was het verminderen van de afhankelijkheid van buitenlandse olieleveranciers. Geholpen door overschotten op de markt voor maïs heeft men ingezet op de productie van bio-ethanol uit maïs, zelfs wanneer de CO<sub>2</sub>-balans hiervan niet uitgesproken positief was.

In de EU echter, hebben de enige harde beleidsmaatregelen juist betrekking op tegengaan van het broeikas-effect. Voorbeelden zijn: de verplichting tot gebruik van biobrandstoffen voor het wegverkeer (in oplopende percentages) en financiële steunmaatregelen bij duurzame productie van elektriciteit. In Duitsland is daardoor de teelt van koolzaad enorm toegenomen, hoewel de opbrengst van dit gewas onvoldoende is om commerciële productie van biodiesel langs deze weg mogelijk te maken. Voor de productie van biodiesel is in Europa ook een aanzienlijke import van palmolie uit Zuidoost Azië op gang gekomen, hoewel deze onder vuur ligt vanwege duurzaamheidscriteria. Vrijwel alle nu geproduceerde biobrandstoffen zijn van de eerste generatie, dat wil zeggen: afkomstig van eetbare grondstoffen. De economische, maatschappelijke en politieke druk is groot om biobrandstoffen van de tweede generatie te ontwikkelen (uit o.a.

cellulose, diverse vezels en lignine), maar het duurt zeker nog wel tien jaar voordat deze stoffen in aanzienlijke mate op de markt komen. De overheersende visie onder marktanalisten is dat de ontwikkeling van biobrandstoffen van de eerste generatie een noodzakelijke stap is om die van de tweede generatie een vliegende start te kunnen geven.

## Chemicaliën en materialen

De ontwikkelingen in de groene chemicaliën- en materialenhoek hebben zich tot nu toe vooral afgespeeld op de bagagedrager van de groene energie-ontwikkelingen, net zoals de petrochemie in feite een verlengstuk van de aardolie is. Ze zijn daarom zeker niet minder interessant, te meer daar in de chemie- en materialensector de hogere toegevoegde waarden zijn vertegenwoordigd. De productie van chemische *building blocks* (basischemicaliën) uit de eerste generatie brandstoffen en agrarisch afval, functioneert al op sommige plaatsen, zoals de productie van biomethanol bij BioMCN in Delfzijl laat zien. BioMCN is, op enkele papierfabrieken na, de grootste fabriek gebaseerd op groene grondstoffen in Europa. Nederland, met zijn omvangrijke raffinaderijen (€ 30 miljard/jaar) en een nog omvangrijker chemische sector (€ 50 miljard/jaar) moet, gezien de omvang van die cijfers, extra alert zijn op nieuwe kansen voor de groene chemie, los van de ontwikkelingen in de brandstoffensector.

Internationaal kwam het laatste decennium al veel in beweging. De markt introduceerde polymelkzuur (PLA), voornamelijk op basis van maïs en sterk groeiend. Basischemicaliën als 1,3 propaandiol (Dow) en barnsteen zuur (onder meer DSM) worden al op industriële schaal uit groene grondstoffen geproduceerd. De prijs van bio-ethanol in Brazilië is inmiddels zo ver gezakt dat Braskem een fabriek bouwt voor productie van polyetheen (PE) uit etheen van biologische oorsprong (verkregen uit bio-ethanol). Biochemicaliën en biomaterialen vormen duidelijk een groeiemarkt.

## Kansen voor Nederland

Terwijl de Verenigde Staten zich vooral stort op de ontwikkeling van biobrandstoffen, doet Europa er niet goed aan dit één op één na te volgen. De enorme beleidsmatige druk op de Amerikaanse energiesector is in Europa niet goed te kopiëren, waardoor de kans reëel is dat Europa bij deze koers achter de feiten aan zou blijven lopen.

Zeker voor Nederland, met (naast energie) grote belangen en veel kennis in agro en chemie, en een sterke positie in logistiek, ligt het voor de hand de eigen sterke punten extra tot uitdrukking te laten komen. Wij kunnen gebruik maken van de kracht van onze nichepositie. Bij voorkeur gebeurt dit samen met de vergelijkbare industrieën in Noordrijn-Westfalen en België, waarmee de Nederlandse chemiesector een logistieke eenheid vormt. De focus moet hierbij niet zozeer komen te liggen op maximale productie van biobrandstoffen, als wel op ontwikkeling van de chemie- en materialensector, uitgaande van groene grondstoffen. Nemen we bovendien de sterktes in de landbouw mee, dan is de regio Nederland, België, Noord Frankrijk en Noordwest Duitsland voor het verkrijgen en verwerken van groene grondstoffen een kanshebbend gebied met meerdere sterke centra van een biobased economy.

Een tweede, misschien nog belangrijker punt is dat de toegevoegde waarde bij de productie van chemicaliën aanzienlijk hoger is dan bij het maken van biobrandstoffen. Dit wordt geïllustreerd met tabel 1, waarin de waarde van eindproducten en grondstoffen zijn uitgedrukt in euro’s per eenheid van energie.



## Op weg naar bioraffinage

Het bedrijf Zeafuels in Lelystad brengt de verwaarding van verschillende onderdelen van de oogst op kleine schaal in de praktijk. In de beproevingsfase nemen zij maïs als uitgangspunt. Stengel en korrels krijgen een aparte behandeling. De stengels worden samen met mest vergist tot biogas. Uit de korrels produceert het bedrijf ethanol, later ook maïskiemen en zeïne (een maïseiwit), en verder een eiwitrijk restproduct dat als veevoer wordt verkocht. In de toekomst wil Zeafuels reststromen als grondstof gebruiken, hetgeen leidt tot een hogere toegevoegde waarde. Ook zal een algenvijver aan het proces worden gekoppeld.

Zeafuels noemt als voordelen van zijn proces onder meer:

- geringe investeringen, leidend tot een lage kostprijs voor bio-ethanol
- transport van biomassa over kleine afstanden (in de regio), zodat mineralen in de regio worden gehouden en gemakkelijk naar het land terug zijn te voeren
- productie van eiwitrijk veevoer zonder indampen
- geen vergisting van eiwitten tot ammoniak
- gebruik van restpartijen en agrarische reststromen
- voorwaartse integratie (het uitvoeren van waardeverhogende processen eerder in de keten), leidend tot meer inkomsten voor de boer

Bron: [www.zeafuels.com](http://www.zeafuels.com)

	Integrale kostprijzen (€/GJ eindproduct)	Grondstofkosten (€/GJ)
<b>Fossiel</b>		
Warmte	4	3 (steenkool)
Elektriciteit	22	6 (steenkool)
Transportbrandstof	10	8 (aardolie)
Bulkchemicaliën (gemiddeld)	75	30 (aardolie)
<b>Biomassa (voorbeelden)</b>		
Biotransportbrandstoffen	25	20 (suiker)
Lysine	75	20 (suiker)
Eiwit	75	17 (plant)

Tabel 1. Grondstofkosten en integrale kostprijzen voor de belangrijkste afzetmarkten van fossiele brandstoffen (ruwe olieprijs ca. \$ 50/vat). Bron: Johan Sanders en Ton Runneboom.

Tabellen 1 en 2 laten zien dat voor het welslagen van de biobased economy in Nederland zo veel mogelijk producten worden afgeleverd in de hogere waardesegmenten (food, feed, chemicaliën), en zo weinig mogelijk in de lagere waardesegmenten (warmte, elektriciteit en transportbrandstof). De afwijkende waarde voor biotransportbrandstoffen in tabel 1 is een gevolg van het Europese voorkeursbeleid voor biotransportbrandstoffen. Dit is op de lange duur verstoring voor de ontwikkeling van de biobased economy, en daarom hopelijk een tijdelijke situatie. Wij komen hierop nog een aantal keren terug, zoals in hoofdstuk 2 bij de behandeling van de zogenoemde waardepiramide en regelgeving in het nadeel van de biobased economy.

Wij betogen dat de waarde van de groene grondstof in de eerste plaats afhankelijk is van het percentage producten met hogere toegevoegde waarde dat men uit de grondstof weet te maken. Omdat er voor de voortbrenging van chemicaliën zo veel energie nodig is, stijgt niet alleen de opbrengst in geld, maar ook de netto energieopbrengst van de landbouw (gerekend over de keten) naarmate er meer chemicaliën uit de oogst worden geproduceerd. Stel bijvoorbeeld dat in Nederland groene grondstoffen worden geteeld (gemengd grasland/akker), dan ziet de energetische en economische opbrengst van een denkbeeldige gemiddelde hectare er bij een oogst van 22 ton droge stof bij benadering als volgt uit: (Vergelijk daarmee de opbrengst van tarwe, ca. € 1.400 per hectare.)

Opbrengst bij:	Opbrengst bij:		
	geen grondstof voor chemicaliën	10% grondstof voor chemicaliën	20% grondstof voor chemicaliën
Energieopbrengst (GJ/ha)	330	410	490
Bruto opbrengst (€/ha)	1.330	2.330 (te ontwikkelen)	3.330 (te ontwikkelen)

Tabel 2. Opbrengst van een gemiddelde hectare landbouwgrond bestemd voor groene grondstoffen in Nederland. Op basis van gegevens van Johan Sanders.

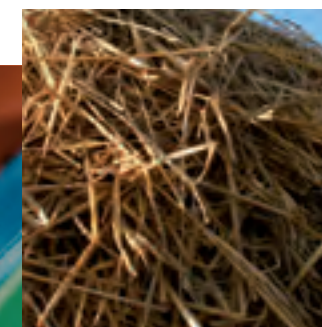
Het is voor de toekomst van de Nederlandse industrie dan ook zaak dat agro en chemie beter op elkaar gaan aansluiten – waarbij overigens ook energie en logistiek een rol spelen. Veel ontwikkelingen worden momenteel getrokken door de energiesector – maar het wordt deze sector dan ook door volumeverplichtingen en subsidies tamelijk gemakkelijk gemaakt groene grondstoffen in te zetten. Een visie op

deze ontwikkelingen en op de beste benutting van het potentieel van groene grondstoffen ligt er nog niet. Juist in de ontwikkeling van die visie en van de daarbij horende instrumenten (beleidsmaatregelen, financieringsbehoefte etc.) zouden chemie en agro met veel nut samen kunnen optrekken.

De agrarische sector in West-Europa heeft behoefte aan heroriëntatie nu, kort door de bocht gezegd, het ‘oude’ op productiviteit en volumegroei gebaseerde ontwikkelingsmodel op zijn einde loopt. Het ontbreekt niet aan initiatieven om nieuwe wegen in te slaan, maar de agrarische sector heeft nog geen nieuwe koers te pakken. De benutting van de waarde van groene grondstoffen blijkt een essentiële bouwsteen te zijn van die nieuwe koers, want deze maakt het mogelijk dat diverse componenten van de oogst apart op de markt worden gebracht, tegen een hogere financiële opbrengst.

De chemie kan voor de agrarische sector van groot nut zijn, want scheidings- en fermentatietechnologieën vormen onmisbare onderdelen van de waardeverhoging van de groene grondstoffen. Tegelijkertijd is de agrarische sector (niet alleen nationaal, maar ook internationaal) de chemie van nut, door deze te voorzien van grondstoffen waarmee de ambitieuze lange termijn doeleinden van de chemische industrie, noodzakelijk om te overleven, kunnen worden verwezenlijkt.

De logistieke sector speelt hierin een belangrijke verbindende functie: de rol van de havens in de biobased economy zal groot zijn. Er komen vanuit land- en bosbouwgebieden aanzienlijke transportstromen op gang van groene grondstoffen en daaruit geproduceerde halffabricaten naar geïndustrialiseerde landen. De Nederlandse havens zijn goed geëquipeerd voor ontsluiting van het Europese achterland; veel factoren



## Eerste en tweede generatie

In het debat over biobrandstoffen neemt het onderscheid tussen eerste generatie en tweede generatie technologieën een belangrijke plaats in. Bij eerste generatie technologieën wordt brandstof geproduceerd uit voedingsstoffen zoals zetmeel (uit maïs), suiker (uit suikerriet) of koolzaadolie. Bij tweede generatie technologieën wordt de brandstof gewonnen door omzettingen uitgaande van vezels uit hout of gras, of uit speciaal te kweken ‘tweede generatie gewassen’ als Miscanthus. Voor de acceptatie van biobrandstof maakt de oorsprong van de brandstof veel uit.

Bij het maken van chemicaliën en materialen uit groene grondstoffen speelt het onderscheid tussen eerste en tweede generatie technologieën minder. In vergelijking met energie zijn voor materialen en chemicaliën veel kleinere volumes grondstoffen nodig. Bovendien is voor energiegebruik en broeikasgasemissies niet zozeer de gebruikte technologie van belang, maar de vraag of we de hele plant gebruiken. Bij de productie van biomaterialen uit tarwe bijvoorbeeld: als alléén de korrel nuttig wordt gebruikt, is de emissie van broeikasgassen veel hoger dan wanneer alle onderdelen van de plant meedoen, bijvoorbeeld stro voor de productie van procesenergie.


Uit een recente studie van WUR en Copernicus Instituut blijkt dan dat in West-Europa productie van biomaterialen uit de hele suikerbiet (eerste generatie) tot minder uitstoot leidt van broeikasgassen, dan productie uit Miscanthus (tweede generatie), eenvoudig doordat de productie van suikerbiet per hectare zo veel groter is dan die van Miscanthus. Ook al is momenteel de overheersende mening dat tweede generatie technologieën noodzakelijk zijn voor de doorbraak van groene grondstoffen – in de praktijk kunnen eerste generatie technologieën misschien nog lang in gebruik zijn, simpelweg vanwege hun efficiency.

die de Rotterdamse haven een centrale rol geven in de handel in aardolieproducten in Noordwest Europa kunnen ook de positie van deze haven bevorderen bij de handel in biobrandstoffen en biochemicaliën. Mits we op tijd ruimte en geld reserveren voor een overschakeling, kan Rotterdam een groene *mainportfunctie* gaan vervullen.

Regionale havens als Delfzijl en Terneuzen kunnen daarnaast als exporthavens nieuwe posities verwerven. Deze havens hebben een productief agrarisch achterland met sterke ontwikkelmogelijkheden. In een biobased economy kan dat bijvoorbeeld op basis van suikerbieten- of aardappelbioraffinage. Ook voor Amsterdam (veel import van voedingsmiddelen) liggen er kansen. Samen kunnen de Nederlandse havens hun sterke punten bundelen tot een hubfunctie voor groene grondstoffen en hun halffabricaten.

De biobased economy geeft kortom meerdere belangrijke stimulansen voor een volgende stap in de ontwikkeling van Nederland – waarbij klimaatdoelstellingen worden gehaald en we tegelijkertijd een nieuwe agro-industriële structuur voor de Nederlandse economie scheppen. Maar de beweging in deze richting vindt toch vooral plaats op congressen en in laboratoria – in de praktijk is van de *sense of urgency* waarover wel wordt gesproken, niet altijd voldoende te merken. Wat is ervoor nodig om Nederland in beweging te krijgen?

Het volgende hoofdstuk over de stand van zaken in het maatschappelijke debat gaat hier nader op in.



De biobased economy heeft grote potenties, zowel in economisch als in ecologisch opzicht. Aan de positieve kant staat dat groene grondstoffen ons kunnen voorzien van al het nodige, wanneer fossiele brandstoffen opraken of wanneer hun gebruik onaanvaardbaar wordt.

## 2. Maatschappelijke aspecten van de biobased economy

*De biobased economy is een lokkend vergezicht...*

## Knellende regels

De ontwikkeling van de biobased economy wordt op vele gebieden gehinderd door wetten en regels die niet op de nieuwe mogelijkheden zijn toegesneden.

**Afvalwetgeving.** Afvalwetten zijn gemaakt ter bescherming van de volksgezondheid. Voorbeelden van groene grondstoffen met een risico voor de volksgezondheid zijn mest en slachtafval. Strenge afvalregels zijn vooral ingesteld om de uitbraak van ziekten door achteloos omgaan met zulke producten te bestrijden. Maar op belangrijke punten leiden deze strenge regels tot bizarre beperkingen. Verwerking van een stof die als afval wordt gekenmerkt, mag alleen plaats vinden door afvalverwerkingsbedrijven met een speciale vergunning. Zo mogen vezels uit suikerbietenloof niet worden verwerkt tot papier, omdat ze als afval moeten worden behandeld zodra ze de suikerfabriek verlaten. Uienpellen mogen om dezelfde reden niet worden verwerkt tot kleurstof.

- Bedrijven die een als afval geregistreerde stof willen verwerken, kunnen problemen krijgen met vergunningen en bestemmingsplannen.
- Voedselbedrijven willen niet gezien worden als afvalverwerkers en zien om deze reden soms af van gebruik van stoffen die geen enkel risico voor de volksgezondheid meebrengen.
- Wetgeving verhindert hergebruik in de landbouw van mineralen die uit Nederlandse biomassa worden teruggewonnen, waaronder struviet (fosfaat). Fosfor is schaars en tevens een essentieel element in de voeding van mens en dier (zie kader 'Fosfaat' bij hoofdstuk 5), en daarom is dit onwenselijk.

**De wereld heeft een duurzame energievoorziening nodig, maar groene grondstoffen geven méér dan dat. Duurzame energiebronnen als zon en wind geven uitsluitend elektriciteit, maar groene grondstoffen geven chemicaliën en materialen, en reststoffen die kunnen worden omgezet in biobrandstoffen.**

Positieve economische effecten blijken bijvoorbeeld uit een studie van Copernicus Instituut van de Universiteit Utrecht en LEI (Landbouw Economisch Instituut) (2009), vooral door goedkopere routes om chemicaliën te maken. Daarnaast kunnen groene grondstoffen van grote strategische betekenis zijn bij de herpositionering van de Nederlandse havens in een tijd van dalende vooruitzichten voor raffinaderijen en petrochemie, aldus Copernicus en LEI.

Andere positieve economische effecten komen voort uit toenemende mogelijkheden voor hergebruik van afval. Al het afval van biologische oorsprong, zoals mest, swill en sloophout, kunnen we herdefiniëren tot groene grondstof, waarbij de negatieve economische waarde van afval mogelijk wordt omgezet in een positieve waarde, afhankelijk van slimme technologie die wordt ontwikkeld. Nog slimmer: door herinrichting van ketens, bijvoorbeeld: voorbehandeling van de oogst op de boerderij, zodat fosfor en mineralen direct naar de akker worden teruggevoerd, of aanpassing in diervoeding door verwijdering van overmaat vezels. Hierdoor wordt de hoeveelheid onbruikbaar afval sterk verminderd, terwijl de afgescheiden vezels gebruikt kunnen worden in plaatmateriaal, of voor bijstook in kolencentrales.

Ook voor de landbouw kunnen nieuwe impulsen ontstaan, niet alleen in West-Europa maar wereldwijd, doordat boeren meerdere afzetkanalen vinden voor hun producten. Door voorwaartse integratie, zowel in industrielanden als elders, kunnen boeren een deel van de

waardevermeerdering in de keten in eigen hand krijgen. De biobased economy biedt dus potenties voor plattelandontwikkeling. Gronden in Europa die braak waren gelegd door overproductie zijn voor een belangrijk deel al weer in exploitatie genomen voor teelt van bijvoorbeeld koolzaad voor biodiesel. En op verzilde of geërodeerde gronden kunnen nieuwe gewassen worden gekweekt als groene grondstof, wat voordelig is voor zowel milieu als economie. De biobased economy heeft, alles bij elkaar opgeteld, niet alleen potenties voor een welvarender en duurzamer, maar ook voor een rechtvaardiger wereld.

Waarom zijn we niet al gisteren begonnen met de biobased economy?

## ... maar erg kwetsbaar

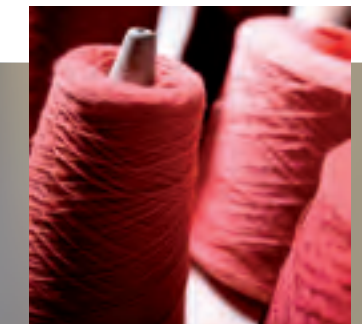
De biobased economy zou kunnen bezwijken onder een overdaad aan goede doelen. Een opsomming van voordelen zoals boven leent zich snel voor groene retoriek die op zijn beurt weer voedsel geeft aan scepsis en wantrouwen. Kunnen alle goede doelen tegelijkertijd worden bereikt of zijn ze op sommige punten onderling strijdig? De voedsel/energie-discussie heeft het grote publiek al bereikt. Zijn er ook verliezers in de groene race? Is de biobased economy afhankelijk van nog te ontwikkelen technologie, en zo ja, is het niet verstandig op die ontwikkeling te wachten? Want er is veel op de groene retoriek af te dingen.

De biobased economy is bijvoorbeeld niet volledig duurzaam, met als belangrijkste reden de onduurzaamheid van de huidige landbouw. Veel landbouwsystemen zijn tamelijk inefficiënt door vervuiling van het oppervlaktewater, uitputting van de fosfaatreserves van de wereld, verspilling watergebruik, en een aanzienlijke input van fossiele brandstoffen door gebruik van tractoren en in de vorm van energie die

in kunstmest zit. Misschien speelt de landhonger van onze huidige systemen al een belangrijke rol in de ontbossing van tropisch regenwoud – en dat zou nog eens worden verergerd door een extra beroep op de landbouw voor groene grondstoffen.

Een volledige biobased economy vereist in Nederland forse importen. Aan die import zullen we duurzaamheidseisen stellen – maar accepteren exporterende landen de bemoeienis voortkomend uit die eisen, en de bureaucratie die dat met zich meebrengt? En dan nog: als consumptielanden voldoende gemotiveerd zijn om duurzaamheidseisen te stellen, en als productielanden die duurzaamheidseisen accepteren, kunnen we die afspraken monitoren? En worden ze niet als handelspolitiek beschouwd en verboden? Wat te doen aan sociale effecten in armere productielanden? Bij een fors groeiende vraag naar groene grondstoffen zouden rijkere landen grond kunnen huren of kopen in armere landen voor hun grootschalige productie (negatief 'landgrabbing' genoemd), wat ten koste zou kunnen gaan van de lokale bevolking. Dit vindt nu al plaats, onder meer in Afrika.

Zal de gevraagde biomassa wel geleverd kunnen worden? Op Europees niveau bestaan bijmengverplichtingen voor biomassa, terwijl er niet voldoende duurzaam geproduceerde biobrandstoffen beschikbaar zijn – de rest zal dus onduurzaam worden geproduceerd. De biobased economy maakt toenemend gebruik van genetische modificatie. Voor een deel is die onomstreden, zoals bij het maken van genetisch gemodificeerde micro-organismen waarmee precisie-omzettingen kunnen worden gedaan, bijvoorbeeld voor het maken van geneesmiddelen. Voor een deel is die wel omstreden, zoals bij het aanbrengen van nieuwe erfelijke eigenschappen in cultuurgewassen. De biobased economy zal dus betrokken worden bij de GMO-discussie, met een onzekere uitkomst.



- Digestaat, het restproduct van anaerobe vergisting, bestaat uit mineralen, humuszuren en onverteerde organische componenten. Het is geschikt als bodemverbeteraar in de Nederlandse akker- en tuinbouw. Er zijn echter regels die deze toepassing beperken. Voor organische mest en compost geldt deze beperking niet. In het buitenland kent men deze beperking ook niet, daar is men juist positief over gebruik van digestaat.

De huidige afvalwetgeving is nog niet ingericht op de gedachte dat elk afval een grondstof kan zijn.

**Onduidelijkheid over GMO's.** Bedrijven die productie op basis van Genetically Modified Organisms (GMO) willen starten, ondervinden problemen bij de vergunningverlening. Er bestaat niet altijd voldoende deskundigheid op dit gebied bij de vergunningverlener, en bedrijven zijn afhankelijk van deze deskundigheid omdat wetten vaak op verschillende manieren kunnen worden uitgelegd.

**Ongelijk speelveld.** Er is geen sprake van een gelijk speelveld voor de verschillende biomassatoepassingen. In de praktijk stimuleert Nederland vooral het gebruik in de vorm van energie. Dit gebeurt via beleid gericht op productie van duurzame elektriciteit (door de SDE-subsidie, een stimuleringsregeling voor duurzame elektriciteitsproductie) en op de verplichting voor bijmenging van biobrandstoffen. Gebruik van biomassa voor doeleinden hoger in de waardepiramide (materialen, chemicaliën, food en feed) ondervindt hier hinder van, in de vorm van beperktere beschikbaarheid van biograndstoffen en reststromen, en hogere prijzen. Een andere vorm van sturing door subsidies vinden we bij biogas. Dit wordt door de SDE-regeling in de richting gestuurd van het maken van elektriciteit, terwijl we het volgens systeemstudies misschien beter kunnen gebruiken als motorbrandstof.



De gebeurtenissen rond genetische modificatie vormen een instructieve parallel met de huidige stand van zaken rond de biobased economy. Deze vormt in vele opzichten een aantrekkelijk perspectief, maar dit zou zó maar tientallen jaren in de ijskast kunnen belanden bij ongunstige publieke beeldvorming. Deels is dat al gebeurd tijdens de *food/fuel* discussie, maar de biobased economy biedt veel méér dan biobrandstoffen en zou er bij een nieuw publiek debat positiever uit kunnen komen.

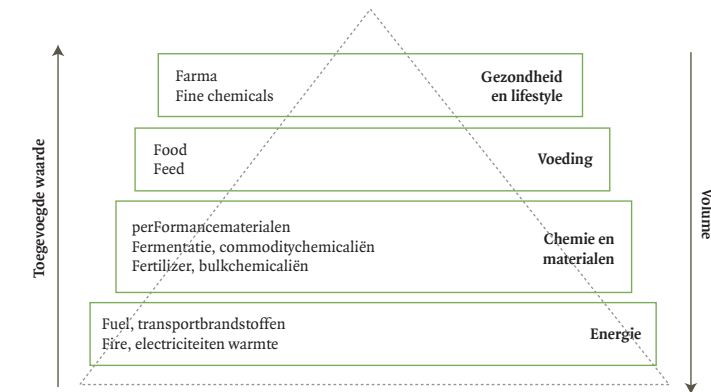
De historie rond genetische modificatie laat ook zien hoe het niet moet. Wat ook de merites van genetische modificatie waren en zijn, de toon van het debat daarover wordt beïnvloed door de harde, op winstbejag gerichte introductie van GMO's door bedrijven als Monsanto, een houding die tot de dag van vandaag voortduurt. De biobased economy moet dus vooral niet op die manier worden geïntroduceerd – al hebben de voorvechters dat maar zeer ten dele in de hand.

Er is kortom alle aanleiding voor een publiek debat over de biobased economy, en als dat niet wordt uitgelokt zal het vanzelf ontstaan.

## De waardepiramide

In een maatschappelijk debat heeft de biobased economy één belangrijk punt voor op biobrandstoffen, namelijk cascadering in overeenstemming met de waardepiramide (zie figuur 2). Volgens dit principe gebruiken we de meest waardevolle delen van de oogst eerst voor de doeleinden boven in de piramide. Daarna komen de doeleinden lager in de piramide, en wat overblijft kan worden gebruikt voor energie. Dit is in wezen bestaande praktijk, want er zijn geen maatschappelijke bezwaren tegen gebruik van groene grondstoffen als geurstoffen of timmerhout. Daarom

zou de biobased economy, met zijn grotere nadruk op chemie dan op energie, meer bijval van het publiek kunnen krijgen. Het debat daarover is tot nu toe uitgebleven, waarschijnlijk omdat er nog zo weinig zichtbare nieuwe toepassingen van biomassa bestaan en ook de chemie nog buiten beeld is.



Figuur 2: Waardepiramide van groene grondstoffen

De waardepiramide kan goed functioneren wanneer de maatschappelijk meest gewaardeerde delen van biomassa ook de hoogste marktprijs hebben. Maar door het bestaande energiebeleid functioneert de waardepiramide momenteel niet goed. Subsidies voor duurzame elektriciteitsproductie en de EU-verplichtstellingsregeling voor biotransportbrandstoffen zetten de piramide op zijn kop: de opbrengst van biomassa voor energieopwekking wordt kunstmatig verhoogd (zie tabel 1, hoofdstuk 1). Chemische toepassingen van biomassa mogen niet uit de markt worden geprijsd. Want de markt is de meest krachtige motor van maatschappelijke ontwikkelingen, maar als prijssignalen verkeerd staan leidt de markt op den duur niet tot het economisch en

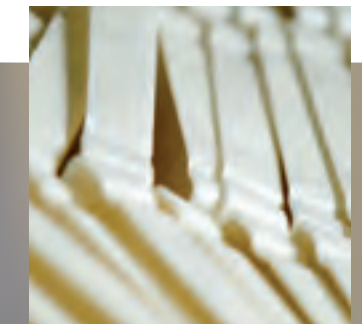
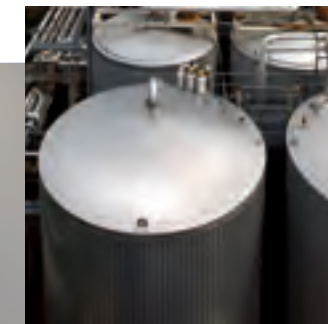
maatschappelijk optimale resultaat. Het is van belang dit in de gaten te houden. Om die reden pleiten wij regelmatig in het rapport voor het tot stand brengen van een ‘vlak speelveld’, waarin de diverse markten voor biomassa op gelijke wijze worden gestimuleerd.

## De transitie naar de biobased economy

In het laatste hoofdstuk, wanneer we alle aspecten van de biobased economy hebben besproken, betogen we dat de overgang naar de biobased economy alle kenmerken heeft van een systeeminnovatie of transitie. Kenmerk van zo'n transitie is dat de innovaties tijdens zo'n overgang het technologische domein overschrijden en samen genomen een maatschappelijke verandering teweeg brengen, die alle sectoren van de maatschappij raakt.

Centraal in de transitie naar de biobased economy staat de verwevenheid tussen agro en chemie die tot stand gaat komen, waarbij logistiek een belangrijke bemiddelende rol speelt. De biobased economy vraagt een heroverweging van alle agrarische ketens, omdat voor elke verwerkingsroute alternatieven zullen ontstaan. Dat zal leiden tot nieuwe teelten, nieuwe handelsrelaties, nieuwe definities van kwaliteit voor handels- en consumptiegoederen, herverdeling van de industrie (meer bedrijvigheid op het platteland en kleinschaliger bedrijven), nieuwe geopolitieke machtsverhoudingen. En dat zijn nog maar de gevolgen die we nu kunnen overzien.

Een transitie wordt wel omschreven als een breed maatschappelijk proces, in onze tijd vaak aangedreven door een serie technologische innovaties. Hierdoor vindt ontstaat over een breed terrein een herdefinitie van maatschappelijke verhoudingen. Transities zijn



**Heffingen en accijnzen.** Op veel voedingsmiddelen zit een heffing bij import in de EU. Dat is onder meer het geval (al genoemd) bij bio-ethanol. Bij het produceren van etheen is bio-etheen uit bio-ethanol daarom in het nadeel: op de concurrerende grondstof (nafta uit aardolie) rust geen importheffing.

Deze importheffingen strekken zich zelfs uit tot het afval van voedingsmiddelen. Essent heeft bijvoorbeeld afgezien van import van rijstschilfers voor bijstook in kolencentrales, omdat deze als voedingsmiddelen werden beschouwd en er dus een heffing op zou rusten.

Accijns voor de wegenbelasting wordt geheven per liter. Ethanol heeft een groter volume per eenheid verbrandingswaarde dan benzine. Het gevolg is dat de automobilist méér accijns betaalt naarmate het ethanolgehalte in zijn motorbrandstof hoger is.

**Ontbreken van regels.** Sommige nieuwe processen leveren producten op die nog niet goed beschreven zijn. Vergunningsverleners weten niet goed hoe ze met zulke producten moeten omgaan. Wanneer biomassa bijvoorbeeld kan worden verwerkt tot biogas of tot pyrolyse-olie, zal de ondernemer in Nederland vaak voor het eerste kiezen, alleen al omdat dit veel minder problemen bij vergunningverlening met zich meebrengt.

langdurige processen, ze beslaan vaak vele decennia. Een voorbeeld van een transitie vormt de overgang van het zeilschip op het stoomschip. Deze voltrok zich tussen ca. 1820 en 1900, waarbij niet alleen de technologie kantelde maar ook vele maatschappelijke verhoudingen: er ontstonden geregelde lijndiensten, massa-emigratie werd mogelijk (bij de grote hongersnood in Ierland, 1845-1850), reders kregen de overhand boven cargadoors, er ontstonden nieuwe technieken en centra van scheepsbouw (Glasgow), en de binnenlandse logistiek moest zich aanpassen aan het kadeproces vanwege de hoge kapitaalinvesteringen in schepen.

Omdat de maatschappelijke verandering die wij voorzien zo breed is, leidt de biobased economy ook tot een brede kennis- en innovatieagenda. Zonder de pretentie van volledigheid geven we hier een aantal maatschappelijke vragen bij de biobased economy, en per onderwerp de daaraan verbonden kennis- en innovatieagenda.

## Een maatschappelijke kennis- en innovatieagenda

### *Barrières opruimen: de goede bakens zetten in het economisch landschap*

Bij elke transitie blijkt dat wetten, normen, veiligheidsvoorschriften etc. een knelpunt vormen voor nieuwe technologieën, omdat ze geoptimaliseerd zijn voor de bestaande technologieën. Bij de overgang naar de biobased economy is dat net zo. Maar omdat de biobased economy zijn *take-off* fase begint te naderen, komen er juist nu veel knelpunten naar boven. Deze dreigen de ontwikkeling naar een biobased economy te frustreren en we zouden ze met spoed moeten aanpakken.

Knellende regels zijn in de ogen van veel betrokkenen nu een groter probleem dan tekortschietende technologie.

In de eerste plaats zou een inventarisatie van knelpunten moeten plaatsvinden. Voor veel knellende regels (zie kader) is in de huidige omstandigheden eigenlijk geen goede rechtvaardiging meer. Maar ze bestaan nog en vormen een hinderpaal. Waar het gaat om uitvoeringsregels, normbladen etc. is dit een kwestie van aan de orde stellen, heroverwegen en doorvoeren van veranderingen. Als we wetten moeten aanpassen kunnen meer fundamentele vraagstukken een rol gaan spelen (zie volgende punt).

Het ongelijke speelveld voor toepassingen van biomassa hebben we al een paar keer genoemd: regelingen waarmee biomassa wordt geleid naar energie en niet naar materialen, zoals de EU Richtlijn Biobrandstoffen (RED) en de Stimuleringsregeling Duurzame Elektriciteitsproductie (SDE). We moeten onderzoeken hoe deze bakens in het economisch landschap kunnen worden verzet, om een vlak speelveld te verkrijgen.

### *Nieuwe wetgeving*

Een systeeminnovatie betekent voor veel maatschappelijke terreinen het plaatsnemen van nieuwe accenten. Fundamentele begrippen als duurzaamheid en rechtvaardigheid zullen opnieuw worden getoetst. Dit zal voor een deel zijn weerslag moeten vinden in wetgeving. We noemen een paar punten die aan de orde gaan komen.

Het is bijvoorbeeld van belang dat de grondslag van de afvalwetgeving wordt heroverwogen: voor welke afvalstoffen moeten regels gelden in verband met volksgezondheid, en hoe kan nuttig hergebruik van afval (veilig) worden gestimuleerd? Bij deze heroverweging komen,

nog fundamenteeler, ook ethische vraagstukken aan de orde, zoals herwaardering van afval tot grondstof, bescherming van bodemkwaliteit en biodiversiteit, en de afweging tussen deze belangen. Bij nieuwe wetgeving moet de politiek ook oog hebben voor nieuwe risico's als die van brand en broei, en aandacht schenken aan de noodzaak van het sluiten van kringlopen (zie hoofdstuk 5).

Er zijn aanwijzingen dat de biobased economy kan leiden tot herverdeling van industriële bedrijvigheid: meer verwerkende industrieën zouden zich kunnen vestigen in de buurt van hun grondstoffeveranciers, de agrarische bedrijven – dus op het platteland. Dat gegeven moet worden verwerkt in de ruimtelijke ordening, bijvoorbeeld door het toekennen van nieuwe regionale bevoegdheden.

### *Ontwikkeling en monitoring van duurzame ketens*

Veel bedrijven hebben de marktmogelijkheden voor groene producten en groen produceren ontdekt; eerst heette het Triple P, later duurzaamheid. 'Groen' is van belang voor het imago van bedrijven. Het wordt daarom steeds belangrijker, bedrijven op hun duurzaamheidsaanspraken te controleren, om valse claims en misleiding van het publiek te voorkomen, en om daadwerkelijk stappen vooruit te maken op het pad naar duurzaamheid.

De laatste jaren hebben Rondetafels op het gebied van duurzaamheid van landbouwproducten vaste voet aan de grond gekregen: soja, palmolie, rietsuiker, hout, al zijn de marktaandelen van duurzame producten vaak nog beperkt. Daarnaast zijn er nationaal en op Europees niveau criteria ontwikkeld voor de certificering van duurzame biomassa. Die criteria moeten goed worden onderbouwd en de certificatie moet worden gemonitord, zodat gebruikers op duurzaamheidslabels kunnen



## NGO's en de biobased economy

In 2009 heeft het Instituut voor Maatschappelijke Innovatie (IMI) op verzoek van het Interdepartementale Programma Biobased Economy elf maatschappelijke organisaties geïnterviewd over hun houding tegenover de biobased economy. Deze organisaties waren: IUCN-NL; ICCO; Natuurmonumenten; Stichting Natuur en Milieu; Milieudefensie; Oxfam Novib; Bureau Advies voor Duurzaamheid; Both ENDS; Wereld Natuur Fonds; Solidaridad; Institute for Environmental Development IIED, UK; Wij geven hier een verkort verslag van de bevindingen van IMI.

Alle geïnterviewden meenden dat de tijd rijp is om de biobased economy gestalte te geven. De noodzaak om de omslag te maken van een op petrochemie gebaseerde economie naar een economie gebaseerd op groene grondstoffen wordt steeds duidelijker. De grondhouding is dus positief. De opvattingen over de snelheid waarmee dit dient te gebeuren, maar vooral over de vormgeving en verduurzaming van deze systeemvernieuwing variëren.

Voor alle NGO's geldt als harde randvoorwaarde dat de ontwikkeling van een biobased economy op echt duurzame wijze vorm krijgt. Veel NGO's praten mee in Rondetafels over relevante onderwerpen als palmolie en soja. Zij pleiten voor een duurzame en integrale benadering van de biobased economy, bijvoorbeeld door het sluiten van relevante kringlopen (water, nutriënten). NGO's vinden de mogelijkheid dat de voedselproductie in het gedrang komt een ernstig punt van zorg. De waardepiramide wordt eigenlijk omarmd (ook al wordt dat niet door iedereen zo benoemd) evenals het streven naar cradle-to-cradle. Sommigen vinden het ontbreken van aandacht voor biodiversiteit zorgelijk.



vertrouwen. Dit is des te meer van belang omdat Europa zich er met het *Lead Market Initiative* voor inzet dat overheden als *launching customers* gaan fungeren voor duurzame producten.

Duurzaamheidsaanspraken van producten en productieprocessen moeten betrouwbaar worden gecontroleerd, dat is van belang. Daarvoor moet kennis worden ontwikkeld, en dienen er algemeen aanvaarde controlemechanismen te komen. Ook het vermogen om al van tevoren de duurzaamheid van ketens goed in te schatten, moet worden vergroot. LCA (*Life Cycle Analysis*) moet systematisch worden toegepast om de effecten van biobased voorstellen vooraf te overzien, en missers zoals bij de eerste generatie biobrandstoffen te voorkomen.

### Biobased economy in een wereld van schaarste

Schaarste aan landbouwgrond, energie, water en materialen zal in de toekomst leiden tot nationale en internationale spanningen. Nieuwe technologische mogelijkheden, nieuwe materialen en nieuwe energietoepassingen van biomassa zullen de vraag naar biomassa de komende decennia sterk doen toenemen. Gesproken wordt over een totale stijging van de vraag met 30 tot 50%. Het vraagstuk van *competing claims* zal daarmee de komende jaren snel urgenter worden. Bovenaan de meeste gehanteerde cascademodellen staat *food* maar het is niet duidelijk of *food* zich op deze plaats kan handhaven wanneer er bijvoorbeeld in 2020 een grote koopkrachtige vraag naar biomassa voor energiedoelinden zal bestaan.

Aan de andere kant is het ook heel goed mogelijk dat de biobased economy nog even op zich laat wachten. De ontwikkeling via de markt is sterk afhankelijk van de prijsontwikkeling van fossiele energie, en deze is hoogst onzeker. Verder zijn de investeringen in de petrochemische

sector afgeschreven, waardoor bedrijven nog lang tegen een lage kostprijs fossiele producten kunnen blijven maken. Daar staat dan weer tegenover dat nieuwe technologieën heel snel efficiënt en goedkoop kunnen worden, wat de ontwikkeling van een biobased economy weer kan bespoedigen.

Geopolitieke overwegingen spelen in de Verenigde Staten, China en Brazilië een rol bij de stimulering van biobrandstoffen. Brazilië ontwikkelt zich nu ook tot producent van bulk biopolymeren. Er ontwikkelen zich nieuwe machtsposities, gebaseerd op de beschikbaarheid van landbouwgrond en industriële capaciteit voor de verwerking van landbouwproducten. Dit kan leiden tot mondiale handel in landbouwgrond, ook wel *'land grabbing'* genoemd. Europa neemt hierin geen bij voorbaat zwakke positie in, met een onbenut Oost-Europees potentieel aan landbouwproductie, en met een afnemende Europese bevolking (dus op termijn een overschot aan landbouwproducten).

Deze probleemschets leidt tot een aantal onderzoeksvragen.

- Wat zijn de mogelijke gevolgen van *competing claims* bij een stijging van de wereldvraag naar biomassa in 2020 met bijvoorbeeld 20%?
- Hoe kan de productiviteit van landbouw en verwerkende industrie zoveel mogelijk worden vergroot, met inachtneming van duurzaamheid?
- Wat kunnen nationale overheden en internationale organen doen als er voedselschaarste ontstaat door een te grote vraag naar groene grondstoffen voor energie en materialen? Welke toekomstscenario's zijn in dit veld denkbaar? Hoe kan Nederland zo slim mogelijk op deze verschillende mogelijke toekomst in spelen?

Het is kortom wenselijk dat we scenariostudies uitvoeren, waarbij de biobased economy wordt gezien bij verschillende geopolitieke

ontwikkelingen: schaarste aan grondstoffen (energie, water en biodiversiteit) en ontwikkelingen in voedselmarkten.

### Effecten van de biobased economy op landgebruik, voedselmarkten en biodiversiteit wereldwijd

Toenemend gebruik van biomassa voor de biobased economy kan ten koste gaan van voedsel, en leiden tot uitbreiding van landbouwgronden ten koste van natuurgebieden, vooral in ontwikkelingslanden en opkomende economieën. Verandering van de bestemming van grond (*Land Use Change*, LUC) gebeurt niet altijd direct, maar kan over vele schijven lopen (*Indirect Land Use Change*, ILUC), wat het vraagstuk erg complex maakt. Het is noodzakelijk natuurgebieden in productielanden te beschermen (om redenen als broeikasgasbalans, biodiversiteit en lokale milieueffecten), en dit leidt tot voorwaarden aan de verdere ontwikkeling van agro/chemie/energieketens in Nederland (LEI-UU-PBL studie).

Aan de andere kant is de biobased economy niet alleen een bedreiging, maar misschien ook een kans voor de voedselproductie, die immers kan worden gestimuleerd en verduurzaamd. De productie van energie en materialen uit groene grondstoffen geeft een nevenroute voor verwerking van de oogst, ook in tijden van overproductie. Op die manier zien we de opbrengst van de oogst groter worden en minder risicovol, hetgeen investeringen stimuleert.

De directe en indirecte effecten van de biobased economy op natuurgebieden en voedselmarkten kunnen beter in kaart worden gebracht, en het is wenselijk dat er een systeem in het leven wordt geroepen om deze effecten te volgen.



Een aantal organisaties ziet nieuwe economische kansen, vooral door de uitstekende kennispositie van Nederland. Ze vragen wel om een echte systeemtransitie, omdat de huidige productieketens niet in staat zijn de gewenste noodzakelijke (duurzame) verandering tot stand te brengen. Ze zien ook kansen voor de ontwikkelingslanden, niet alleen grootschalig maar ook kleinschalig, bijvoorbeeld via coproductie met kleine boeren. Ook al wordt verschillend gedacht over de potentie van biobrandstoffen, men vindt unaniem dat de eerste generatie (maïs, koolzaad) zo snel mogelijk vervangen moet worden door de tweede en derde generatie. Als risico ziet men hierbij dat een slechte regie bij de uitfasering van de eerste generatie biobrandstoffen ertoe leidt dat de biobased economy zich te langzaam ontwikkelt, waardoor de op olie gebaseerde economie niet daadkrachtig wordt vervangen. Dit zou het slechtste van beide niet-duurzame werelden zijn: een *lose-lose* situatie.

De overheid zou niet meer uitsluitend *top-down* maar ook sterk *bottom-up* moeten denken, als stimulator van decentrale ontwikkelingen. De NGO's zien verschillende nieuwe rollen voor de Nederlandse overheid weggelegd: aanjager van duurzaamheidscriteria binnen de EU, stimulator van marktinnovaties in plaats van alleen technologie, en bewust de eigen inkoopmacht inzetten ten bate van duurzaamheid. Het gebrek aan samenwerking en afstemming tussen de betrokken departementen baart de NGO's enigszins zorgen. Maar tot slot: uit de interviews blijkt dat alle NGO's open staan voor dialoog en benieuwd zijn naar de vervolgstappen van de overheid.

[www.imi.nu](http://www.imi.nu)

### Maatschappelijke acceptatie van technologie: genetische modificatie bij planten, synthetische biologie

Genetische modificatie van bacteriën, gisten en schimmels voor de productie van chemicaliën (tot aan medicijnen toe) is gemeengoed; er bestaat geen maatschappelijke discussie over. Genetische modificatie voor industriële planten zoals zetmeelaardappelen is ontwikkeld, en voor sommige algen is dit proces in het proefstadium. Er bestaat daartegen momenteel weinig weerstand bij het publiek, terwijl er wel grote bezwaren leven tegen genetische modificatie van voedingsgewassen. De meeste gesprekspartners zijn van mening dat genetische modificatie maatschappelijk geen probleem zal zijn zo lang producten daaruit niet in het voedsel terecht komen. Maar de onzekerheid rond deze uitkomst kan wel een ernstig obstakel vormen voor de grote investeringen die de biobased economy vereist.

Ontwikkelingen in de synthetische biologie kunnen dit vraagstuk nog in een heel ander daglicht gaan plaatsen. De synthetische biologie maakt te zijner tijd een geheel van planten onafhankelijke route naar biochemicaliën mogelijk. Er is tot nu toe geen sprake van bezwaren tegen deze route (onderdeel van het FES project Biosolar Cells, BE-Basic).

We moeten de maatschappelijke aspecten van technologie voortdurend evalueren. Lopende onderzoekprogramma's op dit gebied moeten worden voortgezet.

### Positie van boeren, vooral in ontwikkelingslanden, in de biobased keten

In de meeste bestaande agrarische ketens is de boer niet meer dan grondstofleverancier, met nauwelijks invloed op de prijs van zijn

producten. Dat geldt ook voor de meeste ketens van industriële agrarische producten. Bij veel biobased grondstoffen (houtpellets, suiker, zetmeel) bestaat wereldwijde concurrentie in het aanbod. Boeren in ontwikkelingslanden en boeren in Nederland zitten, hoewel van een ander welvaartsniveau, met vergelijkbare vraagstukken. Hoe kunnen boeren meer inkomen verwerven in de biobased keten? Vaak vindt het merendeel van de waardetoevoeging in de agrarische keten plaats in industriecentra, vóór van het platteland. Door voorwaartse integratie, waarbij een deel van de bewerking nog op het platteland plaats vindt, worden de regionale economieën versterkt.

Bewerking van de oogst op het platteland heeft ook een belangrijk voordeel voor de mineralenkringloop. Als de eerste stap in de bewerking niet ver van de akker plaats vindt, kan het merendeel van de mineralen direct naar het land worden terug gevoerd, waarmee onnodig transport wordt vermeden en de bodemkwaliteit verbetert.

De economische positie van boeren in ontwikkelingslanden vormt naar verwachting een maatschappelijk gevoelig punt in de biobased economy. Hoe kunnen ontwikkelingslanden profiteren van de biobased keten? Welk deel van de verwaarding kunnen ze op zich nemen? Hoe kan kennis internationaal beschikbaar komen, zoals ook bepleit in het recente AWT rapport 'Kennis zonder grenzen'? Een verzekerde voedselvoorziening is daarbij van belang, evenals een voldoende hoge en stabiele prijs voor voedings- en industriële gewassen, zodat boeren voldoende verdienen en ook kunnen investeren in verbetering van hun positie.

Er moet technologie worden ontwikkeld voor regionale verwaarding van biomassa en het tot stand brengen van korte kringlopen van mineralen (zie bijvoorbeeld 'Voorbewerking van cassave' in hoofdstuk 5).

### Transitievraagstukken, innovatiesysteemvraagstukken, ketensamenwerking

De overgang naar een biobased economy heeft alle kenmerken van een transitie. Er zullen nieuwe regels en nieuwe verhoudingen tussen sectoren ontstaan. Agro, chemie, energie en logistiek moeten nieuwe samenwerkingsverbanden ontwikkelen. Hierbij zullen cultuurverschillen overwonnen moeten worden.

De bestaande instrumenten van de overheid bevorderen vooral de ontwikkeling van precompetitieve kennis, waarmee de innovatiekloof in stand wordt gehouden. Op deze zwakte in het innovatiesysteem wordt vaak gewezen. De overheid zou veel meer moeten inzetten op het ontwikkelen en ondersteunen van specifieke *business cases* tussen bedrijven uit verschillende sectoren. Daarnaast bestaat veel kritiek op de voortdurende heroverweging van onderzoeksprioriteiten. Daardoor besteden projectleiders te veel tijd aan *funding*, terwijl de opbouw van echte sterkten in de research erdoor wordt verhinderd. Keuzen in onderzoeksprioriteiten zouden zeker voor tien jaar moeten worden vastgelegd.

Innovatie in de biobased economy speelt op verscheidene schaalniveaus tegelijkertijd.

- Op internationaal niveau is van belang dat de meeste in Nederland te verwerken biomassa van overzee moet (blijven) komen. Zeker op den duur zal een belangrijk deel van de voorbewerking in de productielanden plaats vinden; veel producten zullen worden verscheept in de vorm van (bio-)platformchemicaliën. In productielanden speelt innovatie dan een grote rol.
- Partners in een innovatieproces komen meestal uit de eigen regio, binnen een straal van 20 à 30 km. Het lokale niveau blijft voor bevordering van innovatie in Nederland dus van groot belang. Elke regio in Nederland kan daarbij in principe eigen sterktes ontwikkelen.



- Hoewel Nederland in vele opzichten een eenheid vormt met het omringende buitenland (qua industrie met België en Noordrijn-Westfalen, qua landbouw ook met Nedersaksen en Noord-Frankrijk) spelen deze relaties in het innovatieproces dus een ondergeschikte rol.

Recent innovatieonderzoek (transitiebenadering, innovatiesysteembenadering) legt veel nadruk op de sociale aspecten van innovatiesystemen. Gemeenschapsvorming en informatie-uitwisseling zijn in de beginfase absolute slaagfactoren. Hoe kunnen in de biobased economy zulke gemeenschappen worden bevorderd, en dat ook nog over de grenzen van maatschappelijke sectoren heen (agro, chemie, logistiek etc.)? Dit vraagstuk heeft aandacht nodig. Uit andere resultaten van innovatieonderzoek is ook maatschappelijk voordeel te halen, zoals: arenavorming, evenwicht tussen *top-down* en *bottom-up* activiteiten, en inbouwen van momenten van reflectie in het (transitie)proces.

Zowel de transitiebenadering als de innovatiesysteembenadering ontwikkelt zich snel vanuit een groeiende empirische basis. De inzichten uit deze velden kunnen met voordeel worden toegepast op het veld van de biobased economy, vooral met betrekking tot de vraag hoe de innovatiekloof overwonnen kan worden. Bij de programmering van maatschappelijke onderzoeksvragen moeten we ook aandacht besteden aan monitoring van het transitieproces. Een maatschappelijk debat kan weliswaar niet worden gestart en geregisseerd, maar vragen die in het lopende maatschappelijke debat opkomen moeten wel door de wetenschap worden onderzocht.

### Financieel-economische betekenis van de biobased economy

Ketens zijn van overheersend belang. Teelt en teeltkeuze, verwerking van hoofd- en restproducten, retourstromen etc. hangen veel nauwer met elkaar samen dan in de huidige economie. Er is een semi-kwantitatieve onderbouwing nodig van plannen, uitgaande van ketens: hoeveel hectaren, voor welke producten? Welke cascades, welke opbrengsten?

De voordelen van de ligging van Nederland als toegangspoort tot Noordwest Europa zijn niet één op één overdraagbaar van de petrochemische maatschappij naar de biobased economy. Nederland (beter: de cluster Nederland/Noordrijn-Westfalen/België) heeft een onevenredig grote chemiesector, die niet per se voordeel van zijn vestigingsplaats zal houden als de grondstofstromen wijzigen.

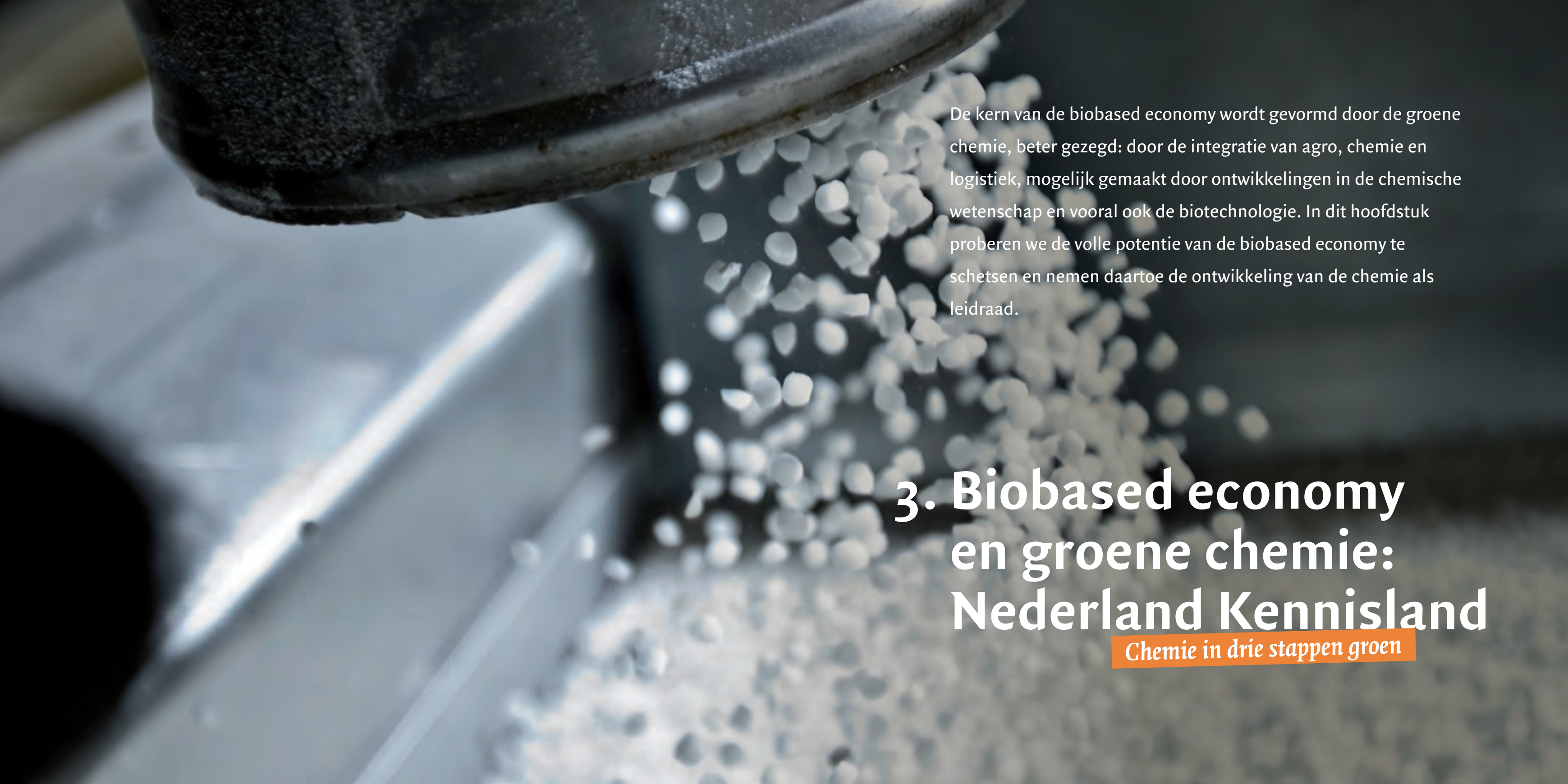
Winst is een belangrijk smeermiddel in de transitie naar een biobased economy. Wanneer bedrijven uit commercieel belang vergroenen (zoals nu in de sector biopolymeren) kan de transitie aanzienlijk soepeler verlopen dan de huidige energietransitie, die zonder ingrijpen van de overheid niet voortgaat. Voor het soepel verlopen van maatschappelijke processen is dit een uitermate belangrijke, maar helaas onzekere factor (zie de vorige alinea).

Kritische financieel-economische analyses van de ontwikkeling van de biobased economy zijn wenselijk. Wij voeren veel financieel-economisch beleid op basis van macro-economische modelberekeningen. Veel economische modellen zijn te zeer ingesteld op correlaties uit het verleden en houden te weinig rekening met ontwikkelingsfactoren in nieuwe economische verhoudingen. Het wetenschappelijk debat onder economen moet veel meer aandacht geven aan de nieuwe situatie in een biobased economy. Veel visies worden nu teveel gevoed vanuit technologisch perspectief of vanuit economische belangen van actoren.

### Benodigde kennis

Om deze maatschappelijke onderzoeks- en innovatieagenda uit te voeren zal uit alle disciplines kennis en ondersteuning nodig zijn. Technologische kennis is vereist, om nieuwe routes voor gebruik van biomassa te ontwikkelen en de negatieve effecten ervan te minimaliseren. Maar we hebben ook kennis van juristen nodig (bijvoorbeeld voor nieuwe regelgeving en het tot stand brengen van een vlak speelveld), economen en milieukundigen (bijvoorbeeld voor levenscyclusanalyses), sociologen (bijvoorbeeld om de gevolgen in ontwikkelingsverhoudingen te toetsen), gedragswetenschappers (bijvoorbeeld om het maatschappelijk debat te leiden), enz. enz.





De kern van de biobased economy wordt gevormd door de groene chemie, beter gezegd: door de integratie van agro, chemie en logistiek, mogelijk gemaakt door ontwikkelingen in de chemische wetenschap en vooral ook de biotechnologie. In dit hoofdstuk proberen we de volle potentie van de biobased economy te schetsen en nemen daartoe de ontwikkeling van de chemie als leidraad.

### **3. Biobased economy en groene chemie: Nederland Kennisland**

*Chemie in drie stappen groen*

**We zullen zien hoe de groene chemie in drie stappen tot ontplooiing komt en tenslotte geheel met agro verweven kan raken.**

De eerste stap in dit proces van overgang van fossiele brandstoffen naar groene grondstoffen zien we in de komende periode. Die eerste stap is snel gezet: we maken uit riet- of bietsuiker, of straks zelfs uit hout of ander landbouwafval, via bio-ethanol, de belangrijkste (petro)chemische bouwstenen bio-etheen en biopropeen. Uit glycerol, afvalproduct van biodiesel, maken we biomethanol en synthesesgas. Via fermentatie van suiker maken we ook butanol en buteen. Uit lignine halen we straks aromaten. Als we dat op grote schaal gaan doen, is in principe vrijwel de gehele petrochemie in één klap omgezet in een groene chemie. We denken aan een periode binnen de tien jaar.

## Scenario

Stelt u zich voor. Bio-ethanol, of voorbewerkt landbouwafval – waarvan we eerst bio-ethanol maken – komt binnen in de haven van Rotterdam en wordt daar omgezet tot bio-etheen. Dit basisproduct wordt via het etheenpijpleidingennet over heel Noordwest Europa verspreid. Met alle positieve gevolgen: verminderde CO<sub>2</sub>-uitstoot, verzorgde beschikbaarheid van vloeibare brandstof en nuttig gebruik van onze bestaande petrochemische fabrieken. Met enige procestechnische aanpassingen natuurlijk en certificatie van dit nieuwe etheen. Dat is het snelle en gemakkelijke scenario. Zo blijft de chemische industrie, zoals hij lange tijd heeft gezeten, op de bagagedrager van de energie en de aardolie. Op termijn moet alles anders en daarvoor moeten we nu de aanzet geven. Want de potentie van de biobased economy ligt in de eerste plaats in de opbouw van een geheel nieuwe, groene chemie, gebaseerd op het

benutten van de ingewikkelde chemische stoffen die in groene planten worden gevormd. Doel is het ontwikkelen van een nieuwe bedrijfstak, niet alleen los van aardolie, maar helemaal los van de energiesector. Met een nog veel hoger kennisniveau dan nu. Zou tegen 2050 deze nieuwe bedrijfstak voor een belangrijk deel gerealiseerd kunnen zijn?

In dit hoofdstuk spreken we over de opbouw van de kenniseconomie. Die hebben we in Nederland hard nodig om op den duur economisch te overleven, met de nieuwe, groene chemie als één van de belangrijkste motoren. De grondstof voor die nieuwe, groene chemische producten is voornamelijk biomassa. De chemie betreft zijn grondstoffen uit voor dit doel geteelde, vaak – maar lang niet altijd – genetisch aangepaste planten en micro-organismen. Met 2050 als voorlopig richtpunt. In feite kunnen we tegen die tijd alle chemische stoffen die we willen hebben, uit planten betrekken. En bovendien vele brandstoffen uit plantenaafval, of speciaal voor dat doel geteelde gewassen. De route via bio-etheen zoals boven geschetst is nog maar de eerste bescheiden stap op dat pad. Om de volle voordelen van de groene chemie te plukken moet alle kennis daarop bewust worden ingezet. Nederland Kennisland heeft een goede uitgangspositie om dat voor elkaar te krijgen.

## Grote moleculen

Het grote verschil tussen de groene chemie en de petrochemie is dat die laatste haar producten opbouwt uitgaande van kleine bouwstenen, waarvan de meeste slechts waterstof en koolstof bevatten. Reacties vinden plaats onder hoge temperatuur en druk, en om de gewenste stoffen te isoleren uit het reactiemengsel worden organische oplosmiddelen gebruikt die later moeten worden afgedampt. Die oude petrochemie gebruikt heel veel energie.

De nieuwe groene chemie gaat uit van veel grotere bouwstenen. Dat zijn aanzienlijk ingewikkelder moleculen, gevormd in planten of via micro-organismen, te midden van vele andere daarop lijkende moleculen. De groene chemie voert een belangrijk deel van haar reacties uit in waterig milieu, meestal bij kamertemperatuur en atmosferische druk. De (meestal) enzymatisch katalytische reacties leveren weinig product in een flinke waterige organisch-chemische soep, die vervolgens moet worden opgewerkt met behulp van geavanceerde scheidingstechnologie.

Er is nog een verschil tussen de groene chemie en petrochemie: *building blocks* uit de petrochemie bevatten voornamelijk koolstof en waterstof, terwijl de natuur bij de ‘biomoleculen’ uit planten al zuurstof, stikstof, zwavel en ook fosfor heeft ingebouwd. Planten bestaan uit ingewikkelder, en meestal veel grotere moleculen. Hierdoor verschuift de essentie van de chemische technologie van het opbouwen van grote moleculen uit kleine bouwstenen (petrochemie) naar het ‘losmaken’ en verder verwerken van de gewenste grote moleculen uit het plantenmengsel (groene chemie). Vandaar dat de biochemie uit processen bestaat waarbij al die hoge schoorstenen en zwaar uitgevoerde reactoren niet meer nodig zullen zijn en er al in de eerste stappen, met behulp van enzymen zeer ingewikkelde moleculen kunnen worden gemaakt. Dat bekort en vergemakkelijkt de verdere verwerking tot andere tussen- of eindproducten aanzienlijk.

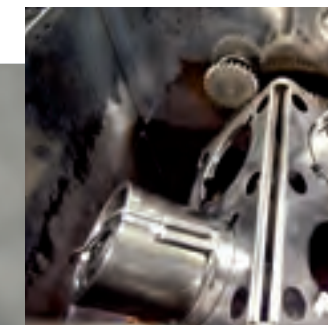
## ‘The unbeatable biet’

Een voorbeeld dicht bij huis, is suiker. Volgens een recente studie uit Wageningen veroorzaakt suiker (uit bieten of suikerriet) in vergelijking met suikers uit maïs, tarwe en Miscanthus bij verdere verwerking tot biochemische producten verreweg de laagste milieubelasting. Vrijwel

al deze groene grondstoffen scoren weer beter dan vergelijkbare producten uit de petrochemie. Dat geldt bij de productie van bio-ethanol (brandstof), bio-etheen en biopolyetheen, en ook voor een speciaal materiaal als polymelkzuur (PLA).

Suiker kan dus in principe het uitgangspunt zijn voor de opbouw van de groene chemie. Waar suiker (inclusief rietstengels en bietenloof en –pulp), gezien de marktsituatie, een prima uitgangspunt vormt voor de productie van biobrandstoffen en biochemicalïen, geldt dat meestal niet voor soja en maïs. Dat zijn allebei hoogwaardige voedingsmiddelen voor mens en dier, die door de nieuwe, vooral bio-energetische toepassingen in gedrang komen op de voedselmarkt. Of ze verdringen het regenwoud voor bio-energetische productie van deze of andere gewassen. Regenwoud opofferen voor voedsel is al dubieus. Maar Westerse auto’s laten rijden op biobrandstoffen die ten koste gaan van voedselproductie in de Derde Wereld en via deze omweg ook nog het regenwoud aantasten, is helemaal uit den boze. Waar niet mee gezegd is dat biobrandstoffen die als hoofdschuldige zijn aangewezen, ook werkelijk aanspraak moeten maken op die titel. Vóórop staat de illegale houtkap, waarna andere rovers volgen.

Het ziet er naar uit dat biet- en rietsuiker, met suikerafval en rietstengels en bietenloof in de tweede generatie, een van de belangrijkste nieuwe bio-‘oliebronnen’ van de toekomst zal worden, een belangrijke eerste stap in de transitie naar een groene chemie. Bovendien, suiker is het ideale uitgangspunt voor fermentatieprocessen, waarbij micro-organismen zoals schimmels, gisten en bacteriën ons tot de meest ingewikkelde eindproducten kunnen leiden. Ook kan de al of niet (genetisch) aangepaste biet op een gegeven moment als klein biochemisch fabriekje in lange rijen op het land staan. Vandaar de uitdrukking de ‘unbeatable biet’ (Cosun).



## Vlakbij is de biobased economy al in volle gang

Hoewel we ons in Nederland graag voor laten staan op onze kennis van chemie, katalyse en proceskunde zijn anderen natuurlijk ook bezig met het ontwikkelen van biobrandstoffen en de groene chemie. In Noord Frankrijk is de Franse overheid op twee plaatsen, in Picardië en Champagne-Ardennes, druk bezig met investeringen. De Fransen doen onderzoek en pilot- en demoproductie van bio-ethanol, zij produceren tweede generatie biobrandstoffen en producten als barnsteenzuur. Dit alles uit producten en afval van de Noord Franse landbouw. De twee landstreken vormen het hart van de Franse agricultuur en vooral van de natte akkerbouw. In het gebied worden 57% van de Franse suikerbieten geteeld en 39% van alle aardappelen, 47% van de hennep en 80% van de alfalfa komt er vandaan.

In Frankrijk werkt de overheid met *competitive clusters*, regionale netwerken van universiteiten, onderzoeksinstituten, industrie, mkb's en lokale overheden. De nadruk ligt op het gebied van grondstofketens, technologieoverdracht, onderzoek en ontwikkeling en demonstratieprojecten. Er zijn in Frankrijk 61 van deze clusters actief waaronder enkele grote, en één van deze grote *Worldclass* clusters is actief op het gebied van biomassa: Industries & Agro Resources (IAR) dat een groot complex in Noord Frankrijk heeft. Deze cluster omvat 25 grote industriële bedrijven (waaronder Roquette Frères) en 50 mkb's. De leden investeren gezamenlijk in onderzoek. Sinds 2006 werken zij aan 110 projecten waarvan 72 gesubsidieerd (367 miljoen euro). Meer dan een derde van het onderzoeksgeld komt uit de publieke sector, vooral van de regionale overheid.

## Drie ontwikkelingsfasen

De ontwikkeling van groene chemie vindt – volgens onze bevindingen – plaats in drie elkaar overlappende ontwikkelingsfasen die vanaf heden tot het jaar 2050 in beslag zullen nemen. De eerste is al geruime tijd aan de gang, de tweede is kort geleden begonnen, en de derde is in het researchstadium.

### De eerste stap: biobrandstoffen in de petrochemische infrastructuur (2010-2025)

Die eerste fase betreft de invoeging van biochemicaliën (meestal afgeleid van biobrandstoffen) in de bestaande petrochemische infrastructuur. Deze fase vereist naar verhouding nog maar weinig onderzoek. Het genoemde voorbeeld van bio-etheen, met twee koolstofatomen, gevormd door ontwatering van bio-ethanol is het meest bekende product van deze fase. Ook andere producten met weinig koolstofatomen als biomethaan, biosynthesegas en biomethanol (alle drie *building blocks* uit één koolstofatoom) maken we al uit planten. Bij de bouwstenen met drie koolstofatomen is glycerol een bekend voorbeeld, verkregen uit suikers of plantaardige oliën. Het wordt ingezet voor het maken van biopropeen, biomethanol of biogas. Een andere bouwsteen met drie koolstofatomen is 1,3 propaandiol. Er zijn ook vergelijkbare *building blocks* met vier koolstofatomen (butanol) en met zes koolstofatomen (aromaten) die naast etheen belangrijke uitgangsubstanten in de petrochemie vormen. Veel biochemici zien echter het strippen van zuurstof uit ethanol (tot etheen) bijvoorbeeld, of uit glycerol (tot propeen) als het downgraden van waardevolle uitgangsubstanten die beter voor opbouw van andere moleculen kunnen worden ingezet.

Als we groene grondstoffen op deze manier inpassen in de chemische sector, halen we hiermee de doelstelling van het Platform Groene Grondstoffen snel: in 2030 minstens 30% van de chemische productie vergroenen. We kunnen groene bulkproducten gemakkelijk invoeren in petrochemische netwerken voor verdere verwerking. Maar daarmee realiseren we de potentie van de groene chemie nog niet.

In hoofdstuk 1 zagen we al dat energietoepassingen van groene grondstoffen qua prijs meestal nog niet kunnen concurreren met hun fossiele tegenhangers. Hetzelfde geldt voor de daarvan afgeleide bestaande platformchemicaliën. Tot in lengte van jaren zouden zware beleidsmaatregelen (subsidies, verplichtingen) de groene doelstellingen moeten begeleiden om de concurrentie met de petrochemie gestalte te geven. Nee dus, de potentie van groene grondstoffen ligt niet in energie, maar in materialen en bijzondere chemische producten op basis van een kenniseconomie.

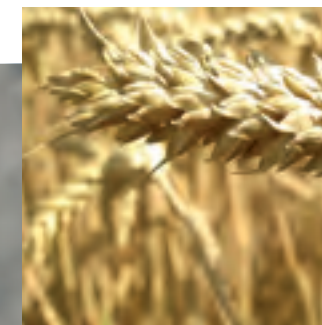
### Basisbouwstenen voor de chemie

Aantal C	Fossiel	Groene grondstof	Op de bagagedrager van...
C <sub>1</sub>	Synthesegas Methaan	Biomethanol uit glycerol: BioMCN Synthesegas uit glycerol Biogas/groen gas (methaan)	Groene energie Groene energie Groene energie
C <sub>2</sub>	Ethaan Etheen	Bio-etheen uit bio-ethanol, grootschalig in Rotterdam (PGG) Azijnzuur (fermentatie)	Groene energie Voedselketen

C <sub>3</sub>	Propaan Propeen	Glycerol, afval biodiesel Melkzuur (fermentatie) 1,3 propaandiol (fermentatie) Propyleenglycol uit glycerol (DOW)	Groene energie Voedselketen Voedselketen Groene energie
C <sub>4</sub>	Butaan Buteen Butadieen	N-butanol (fermentatie) Isobuteen uit isobutanol via fermentatie (Lanxes, Gevo)	Voedselketen Voedselketen
C <sub>5</sub>	Pentaaan Alifaten	Pentosesuikers	Nog te ontwikkelen
C <sub>6</sub>	Benzeen Aromaten	Hexosesuikers (glucose) Lignine	Nog te ontwikkelen
C <sub>7,8</sub>	Tolueen Xylenen Aromaten	Heptosesuikers Vetzuren Lignine	Nog te ontwikkelen

### De tweede stap: volledig benutten van de potentie van katalyse, enzymen en fermentatie. Overgang naar de agrosector (2015-2040)

Nederland is wereldleider op het gebied van katalyse, zowel van de homogene als de heterogene katalyse, en van de industriële biokatalyse. De eerste twee zijn van grote betekenis in de petrochemie, maar gaan ook een belangrijke rol spelen in de groene chemie. Biokatalyse betreft het gebruik van enzymen in de omzetting van eenvoudige startmoleculen, al of niet van groene herkomst, naar meer ingewikkelde eindproducten. Na een succesvolle start in de fijnchemie, met de enzymatische processen voor allerlei penicillines van DSM als het grote voorbeeld, zijn enzymatische conversies nu bijna gemeengoed in alle deelsectoren van de chemie.



De Fransen doen onder meer onderzoek naar pyrolyse van vinasse: het ontwikkelen van platformchemicaliën en tweede generatie bio-ethanol. Er zijn demonstratiefabrieken voor de productie van barnsteenzuur en andere groene chemicaliën.

Op het industriële complex Les Sohettes (het hart van het IAR-cluster waar 1000 mensen werken) in een dorpje bij Reims (Pomacle) staan fabrieken voor de verwerking van tarwe en suikerbieten. Ook staat er een fabriek voor de verwerking van één miljoen ton suikerbieten en een half miljoen ton graan tot 3,5 miljoen hectoliter bio-ethanol en de rest tot veevoeder. Het fermentatieproces is ontwikkeld door ARD (Agro-industries Recherches & Développements).

ARD bestaat uit een onderzoekcentrum met 79 onderzoekers dat voor driekwart eigendom is van boerencoöperaties. Het is dus ook de bedoeling dat de boeren beter worden van deze technologische ontwikkelingen. ARD werkt aan de ontwikkeling van het Futurol project, tweede generatie bio-ethanol uit een breed scala van biomassa en stedelijk afval, dat per gebied en per seizoen kan fluctueren. Men werkt er met fermentoren tot 80 m<sup>3</sup> voor schaalvergroting en *downstreamprocessing*. ARD wil in 2016 beschikken over een demonstratie-unit voor opschaling van de barnsteenzuurproductie tot 100 ton per uur. Behalve barnsteenzuur ligt het in de bedoeling later meer groene chemische bouwstenen te gaan maken. ARD beschikt, voor tien jaar, over een budget van 75 miljoen euro, waarvan 30 miljoen van het agentschap OSEO, dat is opgericht voor bevordering van innovatie bij het mkb. De Franse aanpak van de biobased economy lijkt een interessant businessmodel, en wat meer zegt, ze zijn al aardig onderweg. De Fransen denken er over om aansluiting te zoeken bij de biomassa-activiteiten in Nederland (WUR). Binnen bepaalde EU -projecten wordt al samengewerkt.

[www.lessohettes.fr](http://www.lessohettes.fr)

Deze katalytische kennis zal straks ook van groot nut blijken in de ombouw van grotere moleculen uit groene grondstoffen. In de overgangsfase kunnen we in eerste instantie denken aan moleculen die uit de huidige grote grondstofstromen via fermentatie kunnen worden gemaakt. Stoffen als: melkzuur, furaandicarbonzuur, dialcoholen en andere moleculen die stikstof of zuurstof bevatten. In een later stadium valt te denken aan producten via bioraffinage als: 1,3 propaandiol of epichloorhydrine uit glycerol, butaandiamide uit arginine, acrylonitryl uit glutamaat, acrylamide uit aspartaat en nog vele andere moleculen. Voor al deze stoffen moeten we nog nieuwe scheidingstechnologie ontwikkelen om ze uit de reactiemengsels te kunnen isoleren. Ook zijn er stoffen waarvan de realisatie nog in de onderzoeksfase verkeert, maar die bijzonder interessant kunnen worden omdat ze met een fors productievolume – tussen de 1 miljoen en 5 miljoen ton wereldwijd – de groene chemie een enorme push vooruit kunnen geven. Dat zijn stoffen die niet via bio-etheen, maar wel biobased gemaakt kunnen worden. Stoffen als: acrylzuur, 1,2 propaandiol, 1,4 butaandiol, sorbitol, tereftaalzuur en adipinezuur. Dat geldt eveneens voor stoffen met kleinere productievolumes tot 1 miljoen ton, als: propionzuur en oxaalzuur (allebei via melkzuur), THF en furfural (allebei uit C<sub>5</sub> suikers) en maleïnezuuranhydride.

Zoals hierboven al betoogd, kunnen fermentaties, veelal op basis van suiker, nog een grote vlucht nemen. In feite is fermentatie ook biokatalyse, waarbij we meerdere of alle enzymen in een micro-organisme inzetten voor de omzetting van eenvoudige voedingsstoffen in complexe eindproducten. Voor beide vormen van biokatalyse geldt dat moderne technologie, zoals genomics en synthetische biologie, het spectrum aan toegankelijke producten nog aanzienlijk kan vergroten. Lopende landelijke onderzoeksprogramma's zoals IBOS, B(E)Basic en CatchBio gaan hier diepgaand op in.

Strategisch gezien is het uitvoerige gebruik van biokatalyse de opmaat voor het losmaken van de chemie van de energiesector en het begin van een aansluiting bij de agrosector.

### De derde stap: bioraffinage, het benutten van de al aanwezige complexiteit (2020-2050)

De werkelijke waarde van de groene chemie komt in deze fase aan de orde: het isoleren van waardevolle producten uit planten waarbij we de reststromen, het groene afval, gebruiken voor tweede generatie biobrandstoffen, diervoeding of soms zelfs voedsel. Nu is er pas echt sprake van bioraffinage, waarbij we – volgens de waardepiramide – eerst de hoogste toegevoegde waarde van de biomassa benutten. Denk bijvoorbeeld aan het isoleren van aminozuren, peptiden en eiwitten uit gras of algen. Dat zijn producten die de waarde van de biochemische producten uit de eerste fase (en zeker van die uit de petrochemie) verre overstijgen omdat stikstof, zuurstof, zwavel en fosfor, zoals gezegd, al in de plant aanwezig zijn. Cyanobacteriën, algen en zeewierien hebben in het verleden te weinig aandacht gekregen als producenten van dit type chemicaliën en veevoer.

Op langere termijn, in deze derde fase, wordt de chemie een bedrijfstak die geheel onafhankelijk zal zijn van fossiele grondstoffen. De chemie is dan niet meer een afgeleide van de energiesector, maar berust op de (wereld)productie van biomassa en in het bijzonder op productie van speciaal geteelde en aangepaste planten en micro-organismen. Deze voorzien de chemie rechtstreeks van gewenste stoffen. Dat kan door genetische aanpassing van die planten en eencelligen, langs de versnelde weg van genetische modificatie, of door de al lang bestaande weg van kruising, die tegenwoordig dank zij automatisering ook veel sneller dan voorheen mogelijk is. We noemen dat 'directed evolution'. Denk daarbij op

de eerste plaats aan bepaalde werkzame stoffen in medicijnen, maar er zal nog veel meer mogelijk worden. Dit wordt de ware groene revolutie die de chemie niet alleen naar een hoger, en wetenschappelijk en technisch veel eleganter niveau tilt, maar haar helemaal loskoppelt van de pijpen en fornuizen van de chemie zoals wij die al honderd jaar kennen. In de tweede en derde fase zal het ruimtelijk patroon van de chemische industrie sterk veranderen. Losgekoppeld van de vertrouwde grote installaties hoeft de industrie niet meer geconcentreerd te zijn op grote industrieterreinen. De chemie kan zich dichter bij de bron vestigen: op de productielocaties van biomassa, het platteland.

### 2050

Het jaar 2050 lijkt een goed peiljaar voor het afronden van de overgang naar een groene chemie. In een Utrechts rapport (de *Brew-study* van zes Europese instituten onder aanvoering van de Universiteit Utrecht) is uitgerekend dat dit jaartal een goede richttijd is en dat suikers, als uitgangspunt voor verdere verwerking tot 14 verschillende bio-bulkchemicaliën, prima zullen voldoen. Ook wat betreft de milieuaspecten. Maar economische voordelen lijken de doorslag te gaan geven: bij een olieprijs van 85 dollar per vat en een suikerprijs van 70 tot 200 euro per ton, verdergaande technologische innovatie en 3% groei per jaar, kunnen we in Europa tegen het jaar 2050 tweederde aan fossiele brandstoffen besparen en meer dan een kwart miljard ton aan kooldioxide minder uitstoten als we gebruik maken van suikers als groene chemische grondstoffen. Economisch zou dat een besparing van 75 miljard euro betekenen. Het landgebruik voor biobased chemische producten lijkt in de verschillende bestudeerde scenario's relatief laag uit te komen. Dat betekent op zijn minst dat, afgezien van veel discussie en verfijning van verdere rekentechnieken over landgebruik, verdringing



## DSM verdubbelt opbrengst door warmtevast enzym

DSM ontwikkelde een proces dat gebruik maakt van enzymen die cellulose bij hoge temperatuur afbreken tot suikers. Normaal ontsluit cellulose in water bij hogere temperaturen waarna het reactiemengsel moet afkoelen voordat de enzymen er op kunnen worden losgelaten. Beschikken over een enzym dat 'warmtevast' is en cellulose bij hoge temperatuur kan aanpakken, geeft een geweldige voorsprong.

Dat proces maakt de C<sub>5</sub>-suikers door behandeling met zuur en verhitting vrij uit de biomassa. Door enzymatische omzetting van de overblijvende cellulose, de bron voor C<sub>6</sub>-suikers, is het mengsel van C<sub>5</sub> en C<sub>6</sub> suikers meteen geschikt voor verdere fermentatie. De afbraak van cellulose geschiedt bij 65 graden met een enzym dat het bedrijf heeft 'ontdekt' in een composthoop. Als 'voertuig' dient een schimmel waarin deze cocktail van enzymen wordt geproduceerd. Met behulp van aangepaste giststammen die zowel de C<sub>5</sub> als de C<sub>6</sub> suikers kunnen omzetten in bio-ethanol, wordt de opbrengst van het bio-ethanolproces ruwweg verdubbeld.

[www.dsm.com](http://www.dsm.com)

van regenwoud en uitstoot van kooldioxide, de economische argumenten sterk in de richting van groene grondstoffen werken. De *Brew*-studie gaat over bulkchemicaliën en hun economische opbrengst. De economische waarde van de productie van chemische specialiteiten en producten voor bijzondere toepassingen, die een veel hogere toegevoegde waarde gaan opleveren, is nog niet eens ingecalculleerd. De groene chemie wint tegen die tijd op alle terreinen.

## Onderzoek in de chemie en procestechnologie

Voor de biobased economy, waarin de groene chemie een zeer belangrijke rol zal spelen, moet nog veel onderzoek plaatsvinden. Vrijwel alle technologie uit de petrochemie verandert, moet aangepast of zelfs opnieuw worden uitgevonden. Dat geldt voor onderzoek in scheidings- en procestechnologie, katalyse en analysetechnieken. Daarnaast zullen alle deelspecialismen van de biotechnologie tot volle wasdom moeten komen. De lopende en komende genomics programma's van NGI zullen hier in kunnen voorzien.

### Scheidingstechnologie

Meer chemie uit groene grondstoffen betekent grotere afhankelijkheid van de scheidingstechnologie die het gewenste product uit het biochemische reactiemengsel moet zien te isoleren. Nederland heeft een grote naam op het gebied van proces- en scheidingstechnologie, maar die is vooral gebaseerd op de relatief eenvoudige mengsels van de petrochemie. Voor een groene chemie op deze gebieden moeten we nog veel nieuw fundamenteel en analytisch onderzoek verrichten. Het verschilt namelijk nogal of je te maken hebt met vloeistoffen of met vaste stoffen voor verdere verwerking, met waterige systemen of

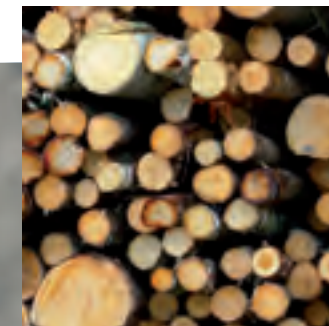
organische oplosmiddelen, met thermisch weinig gevoelige moleculen of met kwetsbare enzymen en eiwitten. Scheidingstechnologie wordt een wezenlijk onderdeel van de groene chemische technologie. Net zoals de laatste halve cent op een ton productiekosten in de petrochemie kan uitmaken of je winnaar of verliezer op een bepaalde markt bent, zo zal de meest efficiënte scheiding van het gewenste product uit een chemische 'soep' uit gaan maken wie de winnaar op een bepaalde markt wordt. De scheidingstechnologie in de petrochemie staat in Nederland op een hoog kennispeil, maar zal zich verder moeten ontwikkelen, in de richting van het isoleren van geringe hoeveelheden product uit sterk verdunde waterige oplossingen met veel vergelijkbare stoffen. De onderzoekers zijn daar hard mee bezig, getuige het voorbeeld van een klein technologiebedrijf dat er in slaagt om algen die in een concentratie van 0,1% in water voorkomen te verdichten tot een concentratie van 30%, waar 25% de ondergrens is voor verdere industriële verwerking. De scheidingstechnologie is straks een van de sleuteltechnologieën van de groene chemische productie.

### Opschaling

De groene chemie bevindt zich voor vele producten en processen nog in de laboratoriumfase. Voor commerciële productie is het noodzakelijk dat de procestechnologie zich eerst gaat toeleggen op het opschalen van de laboratoriumfase. We moeten toe naar het verwerken van biomassa op pilotschaal in proeffabrieken waarin de juistheid van de technologie kan worden aangetoond. Vervolgens moeten demonstratie-installaties worden gebouwd, waaruit de economische haalbaarheid van de processen moet blijken. Pas dan kunnen we de wereld laten zien dat we deze processen op commerciële schaal beheersen. En pas dan kan de groene chemie de rol van de petrochemie overnemen.

Deze technologische ontwikkelingen beginnen nu op gang te komen. DSM heeft, samen met TUDelft als onderdeel van het landelijke BE-Basic programma, een *multipurpose* proeffabriek in Delft ingebracht waarvan ook andere bedrijven gebruik kunnen maken. Dat is een doorbraak. Niet alleen in technologie, maar ook in samenwerking en vertrouwen tussen bedrijven die tot nu toe al hun procesgegevens angstvallig bewaakten. De bouw van een demonstratiefabriek van 200 miljoen euro, bijvoorbeeld op de Maasvlakte, zou de Nederlandse groene chemie en daarmee de biobased economy goed op weg kunnen helpen. Hét probleem voor een dergelijke installatie lijkt zonder twijfel de financiering. Grote oliemaatschappijen en petrochemische bedrijven zetten zo'n installatie niet zonder meer neer. Dus zal de overheid hier het initiatief moeten nemen en het risicokapitaal over de streep trekken. Eventueel samen met bedrijven (in *public-private partnerships*) uit de groene chemie of de voedingsmiddelenindustrie die hier het voortouw kunnen nemen. Maar dit is alles nog niet voldoende en ook nog geen voorbeeld van nieuwe opschalingsprincipes of nieuwe reactorkunde. Vooral voor producten met hogere toegevoegde waarde moeten we opzoek naar nieuwe procestechnologie.

Tenslotte, we zullen voor opschaling geheel nieuwe wegen moeten bewandelen; zowel op fundamenteel als praktisch niveau. Te denken valt aan principes als procesarchitectuur waarbij via automatisering en miniaturisering productieprocessen perfect op kleine (lab)schaal worden voorbereid of zelfs uitgevoerd. In praktische zin kunnen we denken aan laboratoriumontwikkeling in Nederland en opschaling en demonstraties in een samenwerking met een Europese of internationale partner met voordeliger mogelijkheden.



## Katalyse

De nieuwe groene chemie betekent ook versterkte aandacht voor katalyse. Katalysatoren zijn hulpstoffen die een chemische reactie initiëren of versnellen, maar zelf tijdens de reactie niet worden verbruikt. De nieuwe katalysatoren moeten worden aangepast aan hydrofiele moleculen in een waterige omgeving. De petrochemie was gericht op hydrofobe moleculen in een milieu van organische oplosmiddelen. De katalyse zal dus grote veranderingen ondergaan. De aandacht voor- en toepassing van enzymatische katalyse zal aanzienlijk groeien. Ook bij de voorbereiding van groene grondstoffen vragen de heterogene (voor reacties in vaste stof) en de homogene katalyse (voor reacties in vloeibaar, in dit geval waterig, milieu) om volledig nieuwe reacties en toepassingen. Onderzoekers in alle drie de onderzoeksgebieden van de katalyse moeten veel nauwer gaan samenwerken dan tot nu toe het geval was. Nederland heeft een grote naam op het gebied van katalysatoren voor reacties in de petrochemie. De Dutch School of Catalysis, geen instituut maar een richting, heeft een kennisniveau dat model staat voor de wereldnaam van Nederland op katalytisch gebied. Voor de ingewikkelde groene chemische processen die rechtstreeks in de plant ontstaan, of uit plantafval worden geïsoleerd, zullen we enzymen moeten ontwikkelen die de groene producten in aangepaste gisten, schimmels of bacteriën formuleren. Sommige van die enzymen zijn er al, andere bevinden zich in de ontwikkelingsfase.

Van onze katalytici zal bijzonder veel worden gevergd. Samenwerking van alle soorten katalytici is hierbij absoluut noodzakelijk. De katalytische selectiviteit moet die van de natuur minstens evenaren, terwijl de productiviteit ervan vele malen beter moet worden. Complexiteit en multifunctionaliteit van biomassa vereisen ook het gelijktijdige gebruik van velerlei katalysatoren om voldoende productiviteit en productiesnelheid te bereiken (cascadekatalyse,

multikatalyse enz.). Analooq aan de natuur moeten vele reacties gelijktijdig kunnen verlopen zonder dat ze elkaar verstoren, nog beter: waarbij ze elkaar versterken door slimme terugkoppelingen.

## Analytische chemie en certificatie

Tenslotte ligt er een taak voor de analytische chemie die zich moet gaan instellen op het ontrafelen van complexe systemen in plaats van het detecteren van enkele stoffen of producten. De waterige soep met daarin diverse, kleine hoeveelheden op elkaar lijkende stoffen, waaruit het eindproduct van een biochemische reactie bestaat, maakt het lastig om de concentratie van het juiste product vast te stellen en te constateren of de reactie is voltooid. Bovendien willen we straks weten hoe een dynamisch systeem, zoals een levende cel, zich gedraagt en willen we in één oogopslag alle lopende processen zien om ze vervolgens gericht te beïnvloeden. En zolang de petrochemie en de groene chemie nog naast elkaar voorkomen, zal de analytische chemie zich ook moeten richten op certificatie opdat de afnemer weet welk gedeelte van fossiele oorsprong en welk gedeelte van het product groen is. Met behulp van C14 onderzoek is dat onderscheid goed vast te stellen.

## Holistische chemie

Op een hoger denkniveau is een nieuwe benadering van de chemie aan de orde. Ging de chemie, vooral de petrochemie, tot nu toe vooral uit van opbouwprincipes (van eenvoudige naar ingewikkelde moleculen), in de toekomst zal het vaak omgekeerd zijn: complexe systemen, zoals aanwezig in biomassa, efficiënt en snel omzetten in de gewenste producten met meer of minder complexiteit. Hiervoor is een ware omslag van reductionistisch naar holistisch denken nodig.

## Avantium wekt een ‘slapende reus’

We kunnen vrijwel alle kunststoffen maken uit groene grondstoffen. Soms als een exacte kopie van hun fossiele tegenvoeters (‘drop ins’), soms met andere chemische groepen die het product zelfs nog kunnen verbeteren. De hoofdroute hiervoor vormt de katalytische omzetting van koolhydraten tot monomeren en polymeren. ‘Alle grote chemische bedrijven ter wereld zijn daarmee bezig,’ zegt Gert-Jan Gruter, Chief Technology Officer (CTO) van Avantium, een spin off van Shell, met bedrijven als Akzo Nobel en Eastman Kodak als aandeelhouder. Avantium doet onderzoek naar technische processen voor het maken van groene, flexibele grondstoffen uit reststromen. Ze doen dit voor een flink aantal grote chemische bedrijven over de hele wereld en maken furaandicarbonzuur.

Het Amerikaanse Ministerie voor Energie karakteriseerde in 2004 wereldwijd maar liefst twaalf topchemische *building blocks* uit groene grondstoffen. Sinds 2010 noemen ze er nog tien, vrijwel allemaal (hogere) alcoholen en zuren. Van die tien is er maar één met een ringstructuur en dat is furaan (een vijfring met een zuurstofmolecuul). De interessantste furanen komen uit de C6-suikers, uit maisstroop, of hoogfructose stropen. Daaruit worden vele andere stoffen gemaakt waarvan furaandicarbonuur (FDCA) de belangrijkste is. Een zuur dat sterk lijkt op tereftaalzuur (PTA) de grondstof voor polyetheeneretfalaat (PET) en andere grote producten. FDCA kan de concurrentie daarmee gemakkelijk aan, volgens CTO Gruter van Avantium.


Uit de polymerisatie van furaandicarbonzuur met etheenglycol ontstaat een sterk op PET lijkend product (laten we het PEF,

polyetheenfuranoaat noemen), maar je kunt er ook andere polyesters, polyamiden, polyurethanen en thermohardende kunststoffen van maken, evenals plasticemiddelen. Van weer andere furanen maakt de chemie biodiesel, biojetfuel en stoffen voor bijmenging in benzines. ‘Een *sleeping giant*,’ zo karakteriseert Gert-Jan Gruter deze furanen. Het proces verloopt via oplosbare suikers waaruit via dehydratatie het water wordt verwijderd, gevolgd door oxidatie zonder koolstofverlies naar furaandicarbonzuur, of via reductie en verethering naar brandstoffen.

Tereftaalzuur is te vervangen door furaandicarbonzuur. Het polymeer dat Avantium ervan maakt, heeft veel van de eigenschappen van tereftaalzuuranalogen en is soms zelfs beter. Fabrikanten van frisdranken, waaronder Coca Cola zijn zeer geïnteresseerd. De brandstoffen uit furaan zijn in elke verhouding te mengen met bestaande brandstoffen, net als de aromaten in benzines, en leveren, dank zij de extra zuurstof, minder roet bij verbranden. Avantium heeft subsidie uit het Bioraffinage Stimuleringsfonds van LNV gekregen. Die gebruikt het bedrijf voor het bouwen van een proeffabriek in Nederland voor het ontwikkelen van de nodige procestechnologie bij de productie van furaandicarbonzuur. Ze noemen het de YXY-technologie (in kleine letters waarbij je de eerste y moet spiegelen). Uiteindelijk is het de bedoeling om technologie te verkopen aan geïnteresseerden (zoals Teijin voor de productie van aramidevezels) want de markt voor FDCA zal zonder twijfel heel groot worden. Misschien wel zo groot als als de huidige markt voor tereftaalzuur, dankzij al die producten waarvoor dit groene zuur het uitgangspunt is.

[www.avantium.com](http://www.avantium.com)





Dat Nederland moet inzetten op een groene chemie komt logischerwijs voort uit de sterke punten van de Nederlandse economie. Andere landen als de VS en Brazilië kozen tot nu toe voor de energie- en niet voor de chemiesector. Maar ook daar is een volgende logische stap de vergroening van de chemie. Producentenlanden van biomassa maken zich daar nu inderdaad voor op.

## 4. Een roadmap voor de groene chemie

*Het verdienmodel*

## Visie van Rabobank op de biobased economy

Uitputting van aardolie, opkomst van biotechnologie en de ontwikkeling van duurzame energietechnologie maken een biobased economy mogelijk. Een economie die zijn energie en materialen haalt uit zonne-energie en landbouwproducten; zeker als deze ontwikkeling ook wordt gestuurd door een toenemende vraag naar biobased producten. Dit is voor Rabobank vanzelfsprekend van belang, omdat zij zich wereldwijd richt op de financiële dienstverlening aan ondernemers. Met als kernactiviteit: productie en omzetting van landbouwproducten in voedsel, kleding, bouwmaterialen, energie, geneesmiddelen, cosmetica etc. en alle daaraan gerelateerde handelstromen.

De toegenomen kennis op het gebied van biochemie, microbiologie en genetica en de koppeling daarvan aan de procestechnologie stelt bedrijven steeds beter in staat om biologische processen op industriële schaal na te bootsen. Hierdoor produceren zij stoffen veel milieuvriendelijker dan in de petrochemie, terwijl materiaalcringen gemakkelijker worden gesloten. De chemische industrie en de F&A-sector groeien logischerwijs naar elkaar toe: de chemie oriënteert zich steeds meer op groene grondstoffen, terwijl de F&A-sector steeds meer gebruik maakt van biotechnologie.

De biobased economy vervangt eindige fossiele grondstoffen door hernieuwbare plantaardige grondstoffen. Echter niet alles wat biobased is, is per definitie beter of maatschappelijk wenselijk. Een biobased product dat chemisch gezien identiek is aan het petrochemische alternatief, vermindert wel de olie-afhankelijkheid en de uitstoot van CO<sub>2</sub>, maar is in de afvalfase nog even goed of slecht afbreekbaar als oot.



De gedachte aan een geheel nieuwe groene chemie gericht op hogere toegevoegde waarden, los van de energiesector, is echter nog niet algemeen. Juist Nederland is in een goede positie om hiervoor te kiezen.

Deze nationale strategie is gebaseerd op expertise in alle sectoren die kunnen bijdragen aan de biobased economy: de agrarische sector, de verwerkende industrie waaronder procesindustrie, voedselverwerkende industrie en chemische industrie, de energiesector en de logistiek. Al deze sectoren kenmerken zich in Nederland door een hoog kennisniveau. Maar voor het ontwikkelen van een biobased economy is wél nodig dat deze bedrijfstakken veel meer dan nu gaan samenwerken. Van belang is dat zij samen kennis blijven ontwikkelen voor producten met een hoge toegevoegde waarde én dat ze gericht zijn op exportmogelijkheden. De sleutel ligt bij de sectoren chemie en agro (inclusief de papier- en de voedselverwerkende industrie). Chemie en agro werken op dit moment nog niet optimaal samen om deze doelen te verwezenlijken, maar de intentie is er wel: het Dutch Biorefinery Cluster (DBC) waarin agrobedrijven met papier- en kartonbedrijven samenwerken, overlegt sinds 2009 met de VNCI/Regiegroep Chemie.

We kunnen deze gedachten over samenwerking tussen agro en chemie uitwerken tot een Noordwest Europese strategie. Noordwest Europa is namelijk van Noord Frankrijk tot aan Noord Duitsland één van de grootste natte akkerbouwgebieden ter wereld. Vanwege het meer kleinschalige karakter van de groene chemie kan echter ook de regio profiteren, bijvoorbeeld vanwege lokale teelten of de nabijheid van een haven. We kunnen veel bestaande bio-energetische ontwikkelingen binnen zo'n algemene strategie – zonder frustraties – ombuigen naar activiteiten in de richting van chemie en materialen. In hoofdstuk 5 kijken we naar de mogelijkheden die dit biedt voor agro en logistiek, in dit hoofdstuk houden we het oog vooral gericht op de chemie.

## Natte alcohol kan zó de benzine in

Het Nederlandse bedrijf PDC heeft ontdekt dat ethanol, om gemengd te worden met benzine, niet helemaal ontwaterd hoeft te worden. Dat is belangrijk nieuws voor de toekomst van biobrandstoffen, want zoals we al op de middelbare school leren: het is bijzonder moeilijk om de laatste paar procent water uit ethanol te halen. Het kost veel geld en energie. Daarom is het zowel voor de betaalbaarheid als voor de energie- en broeikasgasbalans van bio-ethanol heel belangrijk dat die moeilijke laatste stap achterwege gelaten kan worden.

Nu nog geven de meeste specificaties voor bijmenging van ethanol bij benzine aan dat het watergehalte van de ethanolfractie niet hoger mag zijn dan 1%. Uit voorzorg: water en benzine mengen niet (maar ethanol en benzine wel), en om problemen van fasescheiding te voorkomen schreef men traditioneel droge ethanol voor. PDC, dat hiertoe een dochter: HE Blends in het leven riep, ontdekte echter dat deze fasescheiding meestal helemaal niet optreedt en in het slechtste geval eenvoudig te 'repareren' is door de benzinesamenstelling aan te passen.

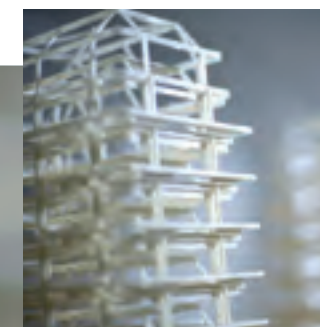
Onderzoek naar het gedrag van automotoren toont aan dat vrijwel alle moderne motoren probleemloos tot 15% bijmenging van waterhoudende ethanol kunnen verwerken. De motorprestaties gaan er niet op achteruit, er zijn zelfs aanwijzingen dat ze erop vooruit gaan, maar dat wordt nog onderzocht. Waterinjectie is namelijk een bekende methode om de prestaties van verbrandingsmotoren te verbeteren. Verdere voordelen verwacht HE Blends van schonere motoren, minder corrosie en reductie van deeltjesemissies van 2-takt brommers en scooters.

PDC heeft relevante patenten voor deze producten verkregen, de potentie hiervan is zeer groot. HE Blends is bezig landelijk de Euro 98 te vervangen door benzine met 15% waterhoudende ethanol (hE 15). [www.heblends.nl](http://www.heblends.nl)

Het is voor alle partijen voordelig als ook de energiesector bij deze gezamenlijke inspanning wordt betrokken. Energieleveranciers stoken nu veel biomassa in hun centrales, bijvoorbeeld via torrefactie verkregen 'biochar', maar zijn er ook andere manieren waarop ze profijt kunnen hebben van de groene economie? Op dit moment praten de elektriciteitsmaatschappijen nauwelijks met de chemie en dat is een gemiste kans. In Denemarken gebeurt dat wel, met als gevolg dat de elektriciteitsproducenten mede hebben geïnvesteerd in een gezamenlijke bioraffinage-installatie.

## Internationale voorsprong

Grensoverschrijdende samenwerking op het gebied van de kennisontwikkeling in de groene chemie is er nog weinig, maar als Nederland en Europa zich echt willen gaan manifesteren als kenniscentra op dit onderwerp, dan kan een verregaande samenwerking niet uitblijven. Die samenwerking zal vooral moeten plaatsvinden op het gebied van kennisontwikkeling over de hele keten: van de verwerking van biomassa tot chemische producten. Dat gaat het best als onderzoekers



Zoals bij elke technologische vernieuwing loopt ook de biobased economy maatschappelijke risico's. Ontwikkelingen moeten daarom steeds op hun merites beoordeeld worden om goede keuzes te kunnen maken. Voor Rabobank vormen daarbij, naast de normale risico-overwegingen en financieringstechnische criteria, haar *Food & Agri business principles* een goed beoordelingskader. Deze principes zijn:

- Voldoende en veilige productie van voedsel;
- Verantwoord gebruik van natuurlijke hulpbronnen;
- Bevorderen van sociaal welzijn;
- Verantwoord houden en verzorgen van dieren;
- Bijdragen aan welbewuste keuzes van burgers en klanten.

De transitie naar een biobased economy kan ertoe leiden dat de vraag naar non-food toepassingen van landbouw- en bosbouwproducten sterk toeneemt. Dit betekent enerzijds meer afzetmogelijkheden en vaak ook meer inkomen voor de agrarische sector, anderzijds kunnen daardoor ook voedselvoorziening en biodiversiteit in het gedrang komen. Daarom zijn er heldere afspraken en (voorrangs)regels nodig om de voedselvoorziening veilig te stellen en natuurgebieden te beschermen. Beter nog is proactief inzetten op efficiëntere en meer duurzame landbouwmethoden, zodat spanningen tussen de verschillende prioriteiten bij landgebruik worden voorkomen.. Door intelligente teeltmethoden en cascadering, waarbij uit de hele plant meerdere nuttige producten worden gemaakt, kan meer waarde uit een hectare worden gehaald. Zo kunnen food en non-food toepassingen goed samengaan zonder extra landgebruik.

De extra inkomsten uit non-food toepassingen van biomassa kunnen de transitie naar een efficiëntere en meer duurzame landbouw bovendien belangrijk versnellen. Voorwaarde hiervoor is dat deze extra inkomsten

rechtstreeks met elkaar kunnen praten en bij elkaar op bezoek kunnen gaan. En deze nabijheid is nu juist een van de voordelen van de Nederlandse wetenschapswereld, en een die we gemakkelijk kunnen uitbreiden naar Noordrijn-Westfalen. Ook Nedersaksen, Oldenburg, Bremen en Hamburg bieden mogelijkheden als achterland van Groningen, Friesland en Drenthe. Aangezien er in België, in de streek van Gent naar Terneuzen, interessante ontwikkelingen plaatsvinden op het gebied van chemie uit groene grondstoffen, lijkt het zinvol dat de Brabanders en de Zeeuwen samen met de Belgen optrekken. Zo kunnen we vanuit een Noordwest Europese kennisbasis verder gaan naar de rest van Europa en mogelijk zelfs naar de landbouwgebieden van Frankrijk en van Oost Europa. Het is een geheel nieuwe sector, dus kunnen Nederland en Europa een voorsprong in kennis en procestechnologie nemen op de rest van de wereld.

De markten voor de toekomstige chemische en farmaceutische producten verschillen niet sterk van de markten waarop de chemie nu opereert. Steeds meer in Azië dus. Met onze nadruk op kennis- en productontwikkeling in de chemie- en materialensector, kan Noordwest-Europa deze strategie met succes voortzetten. Ook in de toekomst!

Een eenmaal opgebouwde voorsprong kan lang behouden blijven. Jaren geleden ontwikkelden vijf Nederlandse universiteiten voor DSM enzymatische processen in enkele stappen voor de productie van semi-synthetische penicillines, terwijl de organisch-chemisch synthetische route veel meer stappen nodig had, veel vervuilerder was en veel meer energie gebruikte.. Deze geneesmiddelen kunnen na twintig jaar nog steeds concurreren met elders in de wereld geproduceerde organisch-synthetische penicillines. Dit enzymatische proces is een prachtig, vroeg en profijtelijk voorbeeld van biotechnologie uit groene grondstoffen.

## Een nieuw innovatiemodel

De biobased economy en de groene chemie zijn voor de Nederlandse burger geen dagelijkse gespreksonderwerpen zoals bijvoorbeeld de elektrische auto dat is. Toch gebeurt er ondertussen al heel veel op dit gebied. De eerste generatie biobrandstoffen en diverse biobasischemicaliën worden op vele plaatsen in de wereld – en zeker ook in Nederland – al vervaardigd. Sterker, een tweede generatie biobrandstoffenfabriek is zojuist aangekondigd (zie kader over DSM), weliswaar niet in Nederland, maar wel door een Nederlands bedrijf en met Nederlandse technologie. Daarmee loopt ons land flink voorop. Je kunt hieruit concluderen dat de biobased economy en daarmee de groene chemie 'goed op weg zijn'.

In de traditionele benadering van innovatie zocht het bedrijfsleven naar commerciële toepassingen van fundamentele research uit de universiteiten. Dit oude model werkte niet goed omdat er – afgezien van TNO – vaak weinig contact op gelijk niveau bestond tussen universitaire en bedrijfsonderzoekers. Mede daarom leidde universitaire research in Europa (en in Nederland) zo zelden tot innovaties op de markt. De technische wetenschappen passen dit oude model al tientallen jaren niet meer toe. Deskundige vertegenwoordigers van (technische) universiteiten, wetenschappelijke instituten, bedrijfsonderzoek en de overheid zijn al jaren gezamenlijk zeer actief met de opbouw van nationale onderzoekprogramma's en het vaststellen van onderzoeksdoelen.

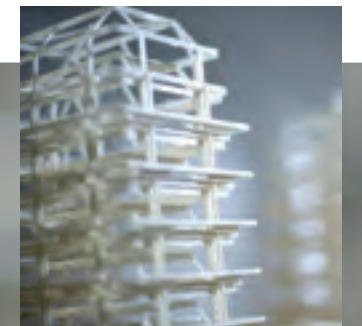
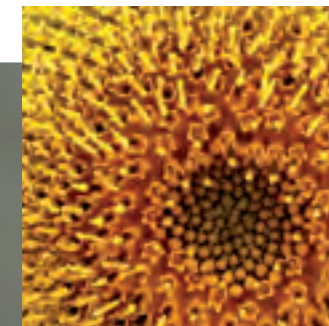
Binnen een dergelijk onderzoekprogramma stelt de industrie de WAT-vraag (wat moeten we doen om in business te blijven), de universiteit de HOE-vraag (hoe kunnen we dit doel bereiken) en de overheid meestal de WAAROM-vraag (omdat de overheid een aanzienlijke financiële bijdrage

moet leveren voorafgaand aan de start van commerciële activiteiten, en dus wel wil weten wat de reden van het onderzoek is). Blijven over de WIE-vraag en de WANNEER-vraag. Maar regie in onderzoek blijft een probleem.

Een groot nationaal onderzoeksprogramma dat de opbouw van de biobased economy moet voorbereiden, heeft er veel baat bij als maatschappelijke groeperingen in een vroeg stadium bij het doel van het programma worden betrokken. Tegelijkertijd moet naar de economische haalbaarheid worden gekeken, bijvoorbeeld in macro-economische modellen waarin de economische relaties in een biobased economy adequaat zijn opgenomen. Zo wordt de introductie van de biobased economy voorbereid, kunnen er maatschappelijke discussies ontbranden en weet de wetenschappelijke wereld hoe de maatschappij erover denkt en hoe ze haar doelen kan verduidelijken.

In het verleden hebben er vele grote discussies in de samenleving plaats gevonden, zoals de brede maatschappelijke discussie over kolen of uraan, de genomics discussie en recent de *food/fuel* discussie. We weten dat het goed is om dergelijke discussies in een vroeg stadium te houden zodat iedereen zich over het principe kan uitspreken. Ook in een later stadium moeten maatschappelijke organisaties er steeds weer bij worden betrokken, dan om zich uit te spreken over de producten die op de markt gaan komen.

De huidige prille samenwerking tussen alfa-, bèta- en gammaonderzoekers kan een goede basis vormen voor eenstemmigheid in de samenleving. Eenstemmigheid tussen bedenkers, uitvoerders en gebruikers, voordat deze onderzoekprogramma's resultaten beginnen op te leveren en het maatschappelijke debat losbarst. Overeenstemming tussen alfa-, bèta- en gammaonderzoekers moet er dan al zijn!



terecht komen bij de doelgroepen waar ze het meeste effect sorteren. Een eerlijk speelveld en prijzen die *efficiency* belonen zijn daarom essentieel voor de totstandkoming van duurzame biobased productieketens. Het gaat ook wel eens anders. Vooral bij sommige toepassingen van biomassa voor energie bleken energie- of landbouwpolitieke doeleinden leidend. Dit is op den duur niet houdbaar.

Per saldo verwacht Rabobank dat de ontwikkeling naar een biobased economy een positieve bijdrage kan leveren aan een aantal uitdagingen waar de samenleving in de 21<sup>e</sup> eeuw voor komt te staan. Zoals de noodzaak om meer en beter voedsel te produceren, het opraken van olie, klimaatverandering, inkomensverbetering in landelijke gebieden, de toenemende berg niet-afbreekbaar afval en de behoefte aan betere medicijnen.

Wereldwijd worden in hoog tempo stappen gezet op weg naar een biobased economy. Alleen al in de VS zijn meer dan 2200 bedrijven als zodanig geregistreerd. Gelet op de in Nederland aanwezige kenniscentra, de sterke chemie en agri-sector en haar unieke logistieke positie kan Nederland in Europa een vooraanstaande positie in de biobased economy innemen. De Nederlandse overheid onderkent het belang hiervan, o.a. door de instelling van een interdepartementale directie Biobased Economy en tal van regelingen voor onderzoek en bedrijfsleven op dit gebied zoals de SBIR. De industrie heeft zich rond dit thema o.a. verenigd in Regiegroep Chemie, Dutch Biorefinery Cluster en Dutch Polymer Institute. Ook SER, VNO-NCW en MKB Nederland steunen de ontwikkeling van de biobased economy in Nederland.

Om een sterke sector in Nederland te ontwikkelen zouden overheid en bedrijfsleven nog nauwer kunnen samenwerken om



Natuurlijk zijn er verschillen tussen universitaire onderzoekers, in principe gedreven door nieuwsgierigheid, en onderzoekers in dienst van bedrijven met een commercieel doel voor ogen. Maar samenwerking tussen hen is noodzakelijk. De jaren '60 en '70 hebben ons laten zien hoe weinig vooruitgang er bestaat in een situatie van fundamenteel wantrouwen tussen maatschappij en wetenschap, tussen maatschappij en bedrijfsleven, en tussen onderzoekers uit de éne of de andere maatschappelijke hoek. Tegenwoordig zijn we aanzienlijk pragmatischer; industriële onderzoekers worden volledig geaccepteerd in de wetenschappelijke wereld. Sterker, bijna de helft van het onderzoek in de technische wetenschappen aan de universiteiten heeft een relatie met het Nederlandse bedrijfsleven. Uit die band moet de veel gebruikte slagzin: 'Nederland Kennisland' gestalte krijgen, zonder dat tegelijkertijd de korte termijn gaat domineren.

Voor deze samenwerking is nodig dat partijen open naar elkaar zijn en elkaar vertrouwen, ook de bedrijven onderling. Nodig is ook dat er in de economie een duidelijke behoefte bestaat aan de opties voor innovatie die de combinatie van overheid, bedrijfsleven en wetenschap voor ogen staat. Opties voor innovatie waaruit het bedrijfsleven heldere eigen keuzes kan maken voor nieuwe commercieel gerichte activiteiten. In die open samenwerking zijn drie factoren van betekenis gebleken:

- Het pre-competitieve karakter van de samenwerking in gezamenlijk onderzoek dat elk bedrijf de mogelijkheid geeft om de resultaten van dat pre-competitieve onderzoek voor eigen innovaties te gebruiken.
- Voldoende tijd in het programma voor de universitaire onderzoekers om patent aan te vragen op eventuele ontdekkingen, in combinatie met een uniform IP (intellectueel eigendom) beleid.
- Genoemde redelijke mate van openheid. Die is er binnen de Nederlandse chemische en life science-bedrijven altijd geweest. Deze openheid werd nog versterkt door het feit dat ongeveer een derde

## Croda geeft enkelvoudige vetzuren dubbele functionaliteit

Tot voor kort een tamelijk conventioneel bedrijf, bevindt Croda uit Gouda zich in één klap midden in de biobased economy. Het kan vanuit zijn traditionele vetzuurtechnologie nu grondstoffen voor groene producten maken met speciale eigenschappen.

Croda splitst al sinds jaar en dag oliën en vetten en maakt er de halffabricaten glycerine en vetzuren van. Door haar geschiedenis als vetzuurfabrikant blijkt Croda monomeren te kunnen maken voor specifieke polymeren en coatings. Monomeren bestaande uit onverzadigde vetzuren met twee carboxylgroepen.

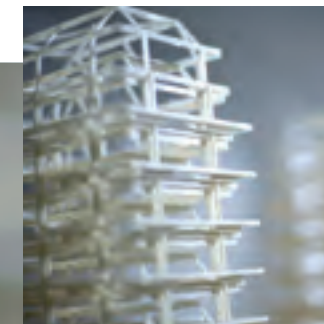
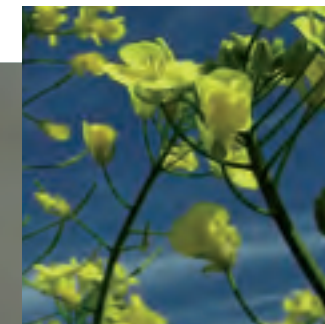
De meeste (onverzadigde) vetzuren zijn uitgerust met slechts één functionele groep, een zuurgroep aan het einde van het molecuul, maar daar is iets op bedacht. Samen met de Duitse tak van het bedrijf Umicore ontwikkelt Croda een uniek katalytisch proces om deze zuurgroep aan het ene einde van het molecuul ook aan het andere einde te krijgen. De basis voor deze technologie is metathese-reactie, een vinding waarvoor in 2005 nog de Nobelprijs voor de chemie werd

uitgereikt. Erik Philipse van Croda zegt er over: 'De vetzuren die wij uit natuurlijke oliën en reststromen isoleren hebben veel dubbele bindingen. Die binding breken wij via de metathese-reactie met behulp van een heterogene katalysator, die we steeds terugwinnen in een energiezuinig proces met hoge selectiviteit. Daarna zetten we de beide stukken van verschillende vetzuren weer aan elkaar en beschikken dan over onverzadigde vetzuren met twee carboxylgroepen. Deze dubbelfunctionele vetzuren zijn vervolgens zeer goed te gebruiken als *building blocks* voor een veelheid aan polymeren, zoals polyesters en polyamides. Voor het optimaliseren van dit proces en het opschalen van deze metathese-reactie in een proeffabriek, hebben we subsidie uit het Bioraffinage Stimuleringsprogramma van LNV gekregen.'

Met deze technologie maakt Croda een reuzenstap in de ontwikkeling van nieuwe biobased bouwstenen en daarmee op de markt voor groene chemische producten.  
[www.croda.com](http://www.croda.com)

van de hoogleraren in de technische wetenschappen afkomstig is uit het bedrijfsleven, en andersom veel bedrijven parttime hoogleraren in dienst hebben. Een typisch Nederlands fenomeen dat we niet mogen onderschatten omdat het een grote bijdrage levert aan de hier genoemde openheid en vertrouwen. En: aan de snelle doorstroming van wetenschappelijke en technische ontdekkingen naar het bedrijfsleven.

Er is nóg een verschil met het oude innovatiemodel: de rol van het midden- en kleinbedrijf. In het oude model werden kleine bedrijven nauwelijks betrokken bij dit type overleg, ook al omdat grote bedrijven hun inbreng niet wilden erkennen. Het MKB had zeker geen financiële inbreng, het kwam er eenvoudig niet aan te pas. Tegenwoordig worden echter ook zulke bedrijven en bedrijfjes al in een vroeg stadium ingeschakeld omdat ze vaak specifieke technische expertise kunnen leveren en aldus 'in kind' bijdragen aan de financiering van



veelbelovende innovaties uit de onderzoeks- en ontwikkelingsfase door de demonstratie- en pilotfase te loodsen. Het gebeurt nog te vaak dat kennis die in de onderzoeksfase met overheidsgeld is gefinancierd uiteindelijk buiten Nederland tot wasdom komt. Soms ook doordat demonstratieprojecten hier door wet- en regelgeving niet kunnen worden uitgevoerd. Ondernemerschap op het gebeid van de biobased economy dient krachtig te worden gestimuleerd. Niet het aantal patenten, maar het aantal succesvolle *start-ups* moet daarbij leidend worden. Overheden kunnen de transitie naar de biobased economy verder vooral ondersteunen door het scheppen van de juiste randvoorwaarden voor innovatie, demonstratie en ontwikkeling. Efficiency, duurzaamheid en een eerlijk speelveld moeten daarbij leidend zijn. Dit verdient de voorkeur boven beleidsgedreven marktinterventies zoals eerder bij biobrandstoffen.

De biobased economy is al met al een kennisgedreven ontwikkeling van grote economische en maatschappelijke betekenis die de Chemie en de F&A sector wereldwijd enorme kansen biedt. Nederland kan deze kansen verzilveren als de samenwerking tussen *stakeholders* in de waardeketens van de biobased economy tot stand komt. Als leidende financiële dienstverlener in de food en agri sector is Rabobank thuis in deze markt. Zij kent de mondiale spelers en de logistieke ketens, van groene grondstofproducenten in de primaire sector, tot distributie en verkoop van biobased producten aan eindgebruikers. Zij verbindt partijen, onderzoekt trends en informeert klanten over risico's en kansen. Als langetermijnspeler in de markt van groene grondstoffen staat duurzaamheid en behoud van biodiversiteit bij Rabobank hoog in het vaandel. Dit is geen luxe, maar een essentiële voorwaarde voor een gezonde bedrijfsvoering en een toekomstvaste maatschappelijke ontwikkeling.

de onderzoekprojecten. Geld voor het bouwen van proefopstellingen hebben ze inderdaad nog steeds te weinig, maar binnen die grotere gezamenlijke programma's is daar wel iets aan te doen. Zeker als ook banken in het geheel worden betrokken, en overheid en grote bedrijven durfkapitalisten weten te interesseren. Op dit moment is de inbreng van banken in dit deel van het innovatieproces echter nog heel beperkt. Zo komen de biobased economy en de groene chemie op stoom en op stroom. Dan nog gaat het mogelijk tien jaar kosten voordat de burgers er duidelijk iets van merken, zeker dertig jaar voordat de verandering goed op gang is en mogelijk wel vijftig jaar voordat de biobased economy vaste voet aan de grond heeft gekregen in Nederland, Europa en de wereld. Daarom moeten wij een duidelijke route uitstippelen, waarbij alle actoren: overheid, bedrijfsleven, kenniscentra en maatschappelijke groeperingen worden betrokken, zodat iedereen op de hoogte is van het te volgen pad én overtuigd raakt van de noodzakelijkheid ervan. Uiteraard zal van tijd tot tijd moeten worden gecheckt of de ingeslagen weg nog steeds de juiste is.

## Business cases in de biobased economy

Ook op microniveau, op het vlak van *startups* en nieuwe projecten, beweegt de economie in de richting van de biobased economy. Al kunnen bij dit proces wel kanttekeningen worden geplaatst: hoe gezond zijn eigenlijk de *business cases* van deze nieuwe projecten?

Als geheel bewegen food en agro richting biotechnologie, terwijl de chemie richting agro beweegt. Nauwer contact en betere samenwerking lijken een onontkoombaar resultaat van deze bewegingen. Opmerkelijk genoeg zijn het vaak agro-industrieën als Cargill die de meeste voortgang

maken op dit pad. Het hele proces wordt gedreven door een aantal factoren, zoals:

- hogere kwaliteit van sommige biobased producten;
- groeiende vraag naar zowel biobased als biologisch afbreekbare producten;
- sterke ontwikkeling vooral in de industriële biotechnologie.

Drijvende krachten op bedrijfsniveau zijn dus: ontwikkeling van kennis en technologie, de vraag op de markt en de wens om nieuwe kansen te grijpen.

Overheidsregels hebben momenteel een zeer sterke invloed op de markt. Deze werken nu slechts één kant op: richting energie. Energietoepassingen van biomassa worden bevoordeeld ten opzichte van andere toepassingen. Er is bijvoorbeeld een fiscale regeling voor investeringsaftrek, specifiek voor energieprojecten. Belastingvoordelen voor gevestigde bedrijven komen vaak wel aan de (fossiele) energiesector ten goede en niet aan de vele starters die zich bezig houden met innovatieve technologieën in de hogere niveaus van de waardepiramide. Er is geen sprake van een vlak speelveld. “In andere sectoren zouden we dat subsidie noemen, maar dat is in sommige kringen een vies woord”, aldus het commentaar van een direct-betrokkene.

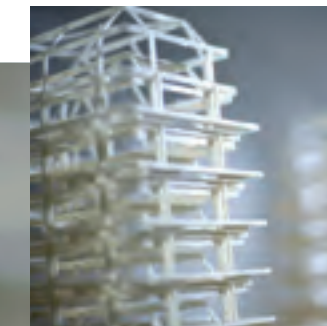
Regels zijn ook sterk richtinggevend bij keuzes van technologieën. Een goed voorbeeld is de verwerking van reststromen van land- en bosbouw en natuurbeheer (stro, takken, bladeren etc.). In de huidige verhoudingen ligt het voor de hand deze reststromen om te zetten in energiedragers. Er zijn dan in principe drie mogelijkheden: biogas, pyrolyse-olie en torrefactiekorrels (ook wel bio-kolen genoemd). Op dit moment kiezen vrijwel alle projectleiders voor biogas, niet primair omdat dit altijd de beste keuze is, maar omdat er voor biogas regelgeving bestaat (de overheid ‘kent’ biogas) en bovendien een subsidieregeling.

Die bestaat niet voor pyrolyse-olie en bio-kolen.

Regels en subsidies rond biogas zijn anderzijds ook weer knellend, omdat ze biogas via subsidie (Stimuleringsregeling Duurzame Elektriciteitsproductie, SDE 2010) richting elektriciteit sturen. Terwijl biogas beter toegepast zou kunnen worden als transportbrandstof of groen gas. En wanneer biogas in elektriciteit wordt omgezet, werkt het inbouwen van een maximaal aantal gesubsidieerde vollasturen innovatie en kostprijsverlaging weer tegen. Bovendien zitten er (ondanks de nodige reparaties) nog onhandige bepalingen in de SDE 2010 waardoor deze in kwaliteit tekort schiet bij de regelingen in Duitsland, België en het Verenigd Koninkrijk. De inflatiecorrectie is onvoldoende geregeld, waardoor banken *hedges* moeten nemen tegen inflatie bij financiering van SDE-gesubsidieerde projecten (wat het project duurder maakt). Bovendien is de zichttermijn minder lang dan in Duitsland.

Banken en financiers vinden het niet fijn als veel projecten en producten hun economisch bestaansrecht ontlenden aan beleid (subsidies, quota), en niet aan de markt. Dat is voor een financier een ongemakkelijke positie, omdat beleid vaak veel sneller verandert dan de markt – bijvoorbeeld bij het aantreden van een nieuw kabinet. Voor de kredietverlener zijn *businessdriven cases* veel interessanter dan beleidsgedreven *cases*. “Tariefmuren hebben altijd een flipside,” aldus een bankier.

Dat de innovatiekloof rond biobased projecten nog volop bestaat is verontrustend: Nederland scoort hoog in kennisontwikkeling maar laag in succesvolle kennisbedrijven. Israël is onbetwist koploper in het succesvol op de markt brengen van biobased producten en technologieën; Denemarken en de overige Scandinavische landen zijn een goede tweede. Twee factoren spelen hierbij een belangrijke rol.



- In Israël zijn wetenschapsmensen meer gericht op het starten van een eigen bedrijf. Failliet gaan, desnoods twee of drie keer is eerder een aanbeveling (iets hebben gewaagd) dan een smet op je blazoën. Commercieel denken zit veel meer ingebakken.
- In Nederland zijn de kosten van pilots te hoog. Als de investeringskosten tot aan commerciële doorbraak niet meer bedragen dan € 10 à 20 miljoen, is het risico voor investeerder en financier te dragen. Maar vaak gaan ze daar v<sup>é</sup>r overheen. Hierin ligt het belang van generieke pilotfaciliteiten, zoals in Gent en Delft (beide nog niet in gebruik) en Reims: de pilot duurt een maand of vier, en daarna kan dezelfde apparatuur gebruikt worden voor een volgende pilot.

Daar staat tegenover dat in Nederland de Garantie Ondernemingsfaciliteit een zeer goede regeling is, waarvan bedrijven in de sector van de biobased economy gebruik kunnen maken.

Uit gesprekken met bankiers blijkt dat zij zeer veel projecten in de sfeer van de biobased economy (wel 90% van de aanvragen) afwijzen. Belangrijke redenen zijn het ontbreken van goed management en het maken van te optimistische veronderstellingen in het businessplan (vaak vallen deze twee redenen samen). Daarnaast blijken ondernemers vaak onvoldoende geïnformeerd over markt en technische en commerciële risico's. Ze verwachten te veel van steun van overheid en externe fondsen en staan huiverig tegenover investeerders die voor het dragen van risico's ook een belangrijk deel van de zeggenschap vragen.

Toch is er een veel toegepast businessmodel waarbij een klein bedrijf een alliantie heeft met een grote klant; het risico voor de kredietverlener wordt dan aanzienlijk kleiner. Hierin ligt de waarde van intermediairs als ISPT (Institute for Sustainable Process Technology) (voormalig DSTI, APPI en OSPT), die partners bij elkaar brengen op basis van een technologische match.

Desondanks droogt volgens direct betrokkenen het aantal goede projecten in Nederland langzamerhand op. Dit soort projecten wordt soms noodgedwongen samen met buitenlandse partijen opgezet, vooral in het direct omringende buitenland. De belangrijkste redenen zijn langdurige vergunningprocedures en onbetrouwbaarheid van de (Nederlandse) overheid als partner. De vergunningverlening duurt soms wel vijf jaar, zonder dat er tijdens de procedure zekerheid bestaat over de uitkomst. Het komt voor dat door wijziging in subsidiecategorieën de gekozen techniek niet meer interessant is. Andere projecten kiezen noodgedwongen voor een minder rendabele technologie omdat de vergunning nu eenmaal voor deze technologie is afgegeven. Technologen krijgen in de gaten dat ze de innovatiekloof niet kunnen dichten: primair moeten beperkende regels en procedures worden afgeschaft. Wil Nederland op het gebied van de biobased economy een rol blijven spelen, dan zijn dit punten waaraan we met voorrang aandacht moetengeven.

## Organisatie van het proces

Om de transitie naar een groene chemie mogelijk te maken moeten we nu al enkele wegwijzers verzetten. Maatschappelijke wegwijzers geven aan wat belangrijk wordt gevonden en wat niet, zodat bedrijven en burgers zich daarop kunnen oriënteren. Maatschappelijke wegwijzers naar de biobased economy hebben op dit moment alleen nog maar betrekking op biobrandstoffen:

- Er is een stimuleringsregeling voor het maken van duurzame elektriciteit, waaronder ook elektriciteit uit biomassa door bijstook in kolencentrales of door gebruik van biogas.

## Grassa!! Vers gras is het best

Nederland is één van 's werelds grootste exporteurs van agrarische producten. Tegelijk zijn wij ook één van de grootste importeurs. Daarmee heeft ons land een naar verhouding grote 'footprint': het legt beslag op veel landbouwgrond in exportlanden, om onze levensmiddelensector te voorzien van grondstoffen, vooral voor diervoeders. Innovaties als van Grassa!! (tweede fase) kunnen deze importen, bij behoud van een grote levensmiddelensector, aanzienlijk reduceren. Het toverwoord is bioraffinage, waardoor de binnenlandse grasproductie aanzienlijk efficiënter kan worden benut.

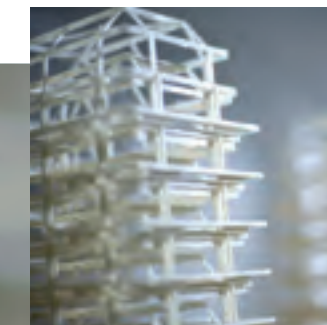
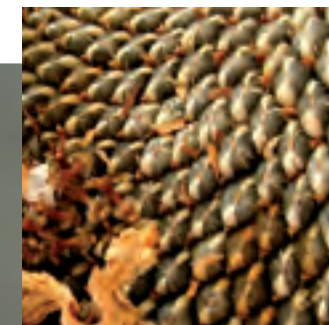
Ons prachtige, malse en sappige gras is eigenlijk te goed voor koeien. Het eiwit in dat gras is uitstekend geschikt voor mens en dier, de cellulosevezels zijn prima geschikt voor het maken van papier en de rest is zeker nog goed genoeg als diervoeding en niet alleen voor koeien. Ook voor papiervezels leveren jonge, sappige grasvezels het beste product.

Nederland heeft één miljoen hectare boerengrasland. Dat levert vijftig miljoen ton vers gras op (met ruim 80% water, de rest bestaat uit vezels, eiwitten, suikers en mineralen). Daarvan is zo'n twee miljoen ton te betitelen als overschot en uit dat overschot is veertig-tot vijftigduizend ton eiwit te winnen. Dat is bijna de helft van het eiwit dat de melkveehouderij in ons land importeert met sojaschroot. Soja bedreigt het regenwoud. Dit product wordt naar het oerwoud verdreven als gevolg van de vraag naar biobrandstoffen. Nederlands

gras helpt het oerwoud te redden en daarmee haar eigen biobased economy te stimuleren. En wat voor Nederland geldt, geldt ook voor Europa met in totaal tachtig miljoen hectare grasland.

Carel de Vries van Courage (innovaties voor de melkveehouderij), dat samen met Grassa de tweede fase van de raffinage uitvoert (Grassa!!), en daarvoor een subsidie ontvangt uit het Bioraffinage Stimuleringsprogramma van LNV, zegt er het volgende over: "In de eerste fase (Grassa!) ging het primair om de afscheiding van sap uit gras waaruit we het eiwit laten coaguleren. Vezels gingen naar de papierindustrie. In Grassa!! wordt Cosun partner en gaan we ook het bietenloof, dat anders op het land wordt verhakseld, verwerken en opwaarderen. In Nederland groeit jaarlijks bijna drie miljoen ton bietenblad en dat kunnen we, net als gras, gaan raffineren tot een cocktail van producten, met onder meer eiwitten en vezels voor de papierindustrie. Met de ontvangen subsidie gaan we een proeffabriek bouwen, waarna we in 2012 een commercieel bedrijf voor gras-en bietenloofraffinage willen opzetten."

Een derde partner in het geheel is Eska Graphic Board, een bedrijf dat duurzaam karton produceert. Zij willen de gras- en bietenloofvezels gebruiken om de Nederlandse papierrecycling aan de gang te houden (zie ook kader: 'Papier uit gras en bietenloof'). Dus ook hier zijn weer kansen voor grasvezels. [www.grassanederland.nl](http://www.grassanederland.nl)



- Er is een volumeverplichting voor gebruik van vloeibare biobrandstoffen in het wegverkeer, oplopend van 5,75% in 2008 tot 10% in 2020.

Maar er is géén stimuleringspakket voor biochemicalïën en biomaterialen. Dit is wel nodig om deze nieuwe producten mogelijkheden op de markt te geven!

We later hieronder een paar saillante punten de revue passeren, leidend tot wensen voor stimuleringsmaatregelen of het weghalen van barrières voor groene chemicaliën en biomaterialen. Elders in dit rapport komen we diverse malen terug op de Nederlandse regelgeving, die in vrijwel alle gevallen nadelig uitpakt voor de groene chemie. Dat komt doordat deze regelgeving vooral gericht is op oude situaties en (nog) geen rekening houdt met nieuwe producten die de markt moeten veroveren.

### Monopolie op de benzinemarkt

De invulling van de Europese richtlijn voor gebruik van biobrandstoffen in het wegverkeer, werkt in Nederland sterk nadelig uit voor biochemicalïën en biomaterialen. Nederland koos voor bijmengen van biobrandstoffen bij dieselolie of benzine, uit te voeren door de oliemaatschappijen. Niet voor zelforganisatie van de markt. Dat maakt voor kleine leveranciers een wereld van verschil. Doordat er bijvoorbeeld nauwelijks verkooppunten van E85 zijn, werden oliemaatschappijen de monopolisten in de markt van bio-ethanol. Kleine leveranciers komen er niet aan te pas. Dit, terwijl ondertussen door PDC een proces is ontwikkeld dat het bijmengen van een suspensie van waterige bio-ethanol in benzines mogelijk maakt. Een voorbeeld van een proces dat het voor kleine leveranciers gemakkelijker zou maken de benzinemarkt op te stappen.

Hoewel momenteel geen statistieken beschikbaar zijn, kunnen we aannemen dat vrijwel alle in Nederland bijgemengde bio-ethanol wordt ingevoerd, het merendeel uit Brazilië. Bio-etheen maken we (nog) niet in Nederland, maar het Platform Groene Grondstoffen inventariseert de mogelijkheden en ijvert voor het afschaffen van een invoerheffing op bio-ethanol.

### Dubbeltelling tweede generatie biobrandstoffen

Ook de – zo goed bedoelde – ‘dubbeltelling’ van tweede generatie biobrandstoffen werkt uiteindelijk in het nadeel van kleine leveranciers. Dubbeltelling betekent bijvoorbeeld dat het wegverkeer in 2020 geen 10% maar slechts 5% duurzame energie hoeft te gebruiken, mits die verplichting wordt ingevuld met tweede generatie biobrandstoffen. De enige bio-ethanol echter die op korte termijn door binnenlandse bedrijven op de markt kan worden gebracht is van de eerste generatie. Door dit beleid worden binnenlandse innovatieve bedrijven dus straks dubbel op achterstand gezet. Gevolg is dat fermenteerbare biomassa, die in principe bio-ethanol kan opleveren, nu nog vrijwel allemaal wordt omgezet in biogas – niet slecht, maar ook niet erg innovatief. Het Platform Groene Grondstoffen wil, samen met de Platforms Nieuw Gas en Duurzame Mobiliteit van de Energietransitie de inzet van gecertificeerd groen gas wel bevorderen. Ook al omdat deze lokale, binnenlandse productie veel zou schelen in de gasimport uit Rusland.

### Level ‘playing field’

Het ontbreekt momenteel aan een vlak speelveld voor de toepassing van biomassa. Zowel in de biobrandstoffen sector als bij de groene chemie en groene materialen. Grootschalige initiatieven worden bevoordeeld boven kleinschalige, en energietoepassingen worden bevoordeeld boven

biochemicaliën en biomaterialen. Om onze stip op de horizon in 2050 te halen moet hier op korte termijn iets in veranderen.

### Innovatieparadox

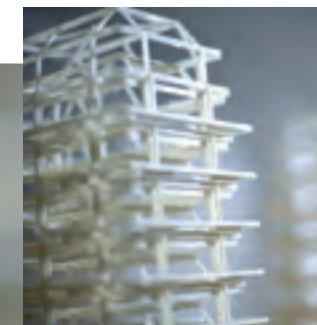
Een andere barrière moeten onderzoekinstellingen en bedrijven samen afbreken: de innovatieparadox, de geringe doorstroming van kennis naar het bedrijfsleven. En hoewel veel universiteiten en instituten vaak denken dat ze innovatief bezig zijn, ligt de kern van innovatie bij de ondernemers die goed op de hoogte zijn van de technische en wetenschappelijke ontwikkelingen. Het is al weer vijftien jaar geleden dat een commissie-Wijffels aandacht vroeg voor de innovatieparadox, en sinds die tijd is de situatie slechts hier en daar verbeterd. Een samenwerkingsmodel voor het bij elkaar brengen van technologievragers en technologieleveranciers, lijkt de moeite waard om breder toe te passen. Evenals het verleggen van de stimulering van precompetitief onderzoek in de richting van innovatieve producten voor de markt. Het Regieorgaan Energietransitie doet op dit moment een poging om dit voor de energie-onderzoekagenda voor elkaar te krijgen, inclusief de biocomponent in de energievoorziening. Het sleutelwoord daarbij is vertrouwen: vertrouwen in elkaar als partners en in de technologische oplossingen die worden uitgetoet. Vertrouwen komt niet vanzelf, het vraagt investering. Vertrouwen is ook één van de sleutelbegrippen van de biobased economy. Niet alleen tussen bedrijven, overheid en kennisinstituten moet vertrouwen groeien, maar ook tussen deze drie en de samenleving, die in deze discussies wordt vertegenwoordigd door maatschappelijke groeperingen. Slechts dan kan een reusachtige verandering, zoals de overgang van aardolie naar biomassa en de introductie van een groene chemie slagen.

### Financiering

Een belangrijke vraag tenslotte bij de ontwikkeling van de groene chemie is die naar de financiering. Banken financieren technologisch risicovolle projecten niet meer. Durfkapitalisten kunnen in Nederland vaak onvoldoende rendement halen en wijken uit naar China en de VS. Er liggen in Nederland duizenden slimme projecten werkloos op de plank bij gebrek aan financiering, maar ook door gebrek aan kwalitatief goed management. Ook hier kan een vertrouwensmodel een doorbraak betekenen. Maar daarnaast is een op aantrekken van durfkapitaal gericht overheidsbeleid dringend nodig, bijvoorbeeld door het opzetten van publiek-private partnerschappen, het optreden van de overheid als *launching customer* en het verbieden van producten op basis van fossiele grondstoffen op het moment dat er nieuwe, minstens gelijkwaardige producten uit de groene chemie beschikbaar komen.

### Brede aanpak in onderzoek en voorlichting

Hoe pakken we zoveel min of meer gelijktijdige veranderingen aan? Is de tijd rijp voor een masterplan? Ja dus. Nu we de gevolgen van de eerste stappen naar een biobased economy zien, weliswaar nog hoofdzakelijk energiegericht, en nu de technisch-wetenschappelijke perspectieven in beeld komen, is het zeker tijd voor een brede aanpak. Als we deze ingrijpende omschakeling willen doorvoeren zullen ook inderdaad alle geledingen van de maatschappij bij het proces betrokken moeten worden. Alfa-, bèta- en gammaonderzoekers moeten nu al samen de komst van de biobased economy en de groene chemie voorbereiden. Zij moeten vooral kijken naar de richting waarin de groene chemie zich gaat ontwikkelen, en wat de typisch Nederlandse bijdrage aan



deze ontwikkeling kan zijn. De driehoek overheid, bedrijfsleven en kennisinstituten dient op dit gebied ook, samen met de maatschappelijke groeperingen, een bewustwordingsoffensief in de samenleving te starten om de bevolking ervan te overtuigen dat dit de goede, ja zelfs de enige weg is. Voorrang dus voor groene, waardevolle producten.

## Aanpak op korte termijn

Wat zijn de stappen die ons in de nabije toekomst (dit jaar zelfs al) voor ogen staan bij de 'uitrol' van de biobased economy en vooral van de groene chemie? Daarvoor kunnen we te rade gaan bij het Platform Groene Grondstoffen, dat een aantal speerpunten heeft opgesteld:

- In Noordwest Europa ligt een netwerk van pijpleidingen voor het transport van etheen. Daar zou gemakkelijk ook bio-etheen door kunnen worden getransporteerd, waarbij met groencertificaten kan worden vastgesteld wie bio-etheen afneemt, zolang niet alle etheen in het netwerk uit bio-etheen zal bestaan. Onderzocht is wie in Nederland die bio-etheenfabriek zou kunnen bouwen, zodat de eerste, grootschalige fase van de groene chemie een feit kan worden.
- Een tweede speerpunt is het inzetten van groen gas in de transportsector, zowel in wegtransport als in de scheepvaart. Op dit moment wordt groen gas hier nog niet gebruikt omdat deze sectoren nog niet onder het certificatenstelsel vallen. Er moet dus een register van gebruikers komen waarin deze twee sectoren worden opgenomen. Daarnaast ligt het in de bedoeling een overzicht te maken van de energie-inhoud van de diverse biobrandstoffen in vergelijking met geïmporteerde ethanol (die duur is vanwege de Europese importheffing, terwijl er, als gezegd, geen importheffing bestaat op nafta voor de petrochemie). Het voordeel van een

dergelijk overzicht is dat daaruit blijkt dat groen gas in Nederland tegen lagere kosten per energie-inhoud kan worden geproduceerd dan bio-ethanol. De mogelijkheden zijn groot en spelen in op de biobrandstofdoelstellingen.

- Gras kan via raffinage worden ontleed in vele producten als cellulose, eiwitten, voedingsstoffen en speciale producten. Gras is een perfect gewas voor bioraffinage: het kan zowel bio-energie leveren als diervoeding, en het eiwit kan dienen als vervanger van geïmporteerd soja-eiwit. De vezels zijn geschikt voor het maken van papier of biogas. Stikstof, kalium en fosfor kunnen weer terug naar het weiland. Eenvoudig gezegd, gras is veel te aantrekkelijk voor de biobased economy om het alleen door koeien te laten opeten. En, minstens zo belangrijk, dergelijke raffinageketens zijn voor al onze landbouwgewassen denkbaar! Dit opent brede perspectieven voor lokale kringlopen.
- Micro-algen en zeewieren. Micro-algen nemen veel CO<sub>2</sub> op en groeien snel. De samenstelling is te beïnvloeden en ze zijn prima inzetbaar in de voedselketen en voor allerlei producten. Zeewieren leven in zout water en kunnen, in tegenstelling tot algen, op grotere diepte groeien en leveren nog meer biomassa. Ze kunnen samen op één plek groeien, algen boven en zeewieren onder. Ook zeewieren zijn goed geschikt voor diervoeding en producten voor voedsel voor mensen. Nederland is prima voor grootschalige zeewierproductie, ook al omdat kennis en omstandigheden een grote inzet van zeewier en verder gebruik mogelijk maken.
- Ondanks deze mooie perspectieven op het gebied van biomassaproductie kunnen we in Nederland niet genoeg biomassa produceren. Er is een doelstelling van 1000 PJ die binnenslands onhaalbaar lijkt en daarom wordt gezocht naar buitenlandse partners voor de levering van duurzaam geproduceerde biomassa.

## Photanol, kort door de bocht

Twee Amsterdamse hoogleraren in de microbiologie ontwikkelden een idee dat veel conflicten rond groene grondstoffen op lange termijn in één klap de wereld uit kan helpen. Met hun combinatie van de fotosynthesereactie met de fermentatiereactie kunnen ze alle groene basischemicaliën maken, zelfs zonder tussenkomst van planten.

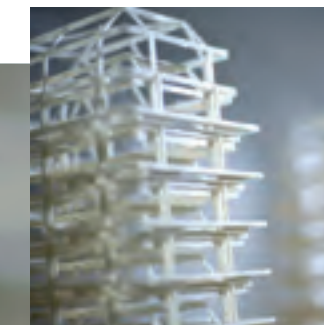
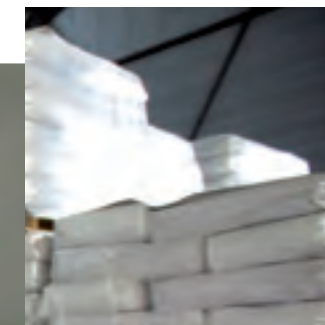
De twee Amsterdamse onderzoekers, prof. dr. Joost Teixeira de Mattos, gespecialiseerd in vergistingsprocessen en prof. dr. Klaas Hellingwerf, gespecialiseerd in bacteriële fotosynthese, kregen een subsidie uit het stimuleringsprogramma Bioraffinage voor verder onderzoek binnen hun gezamenlijk bedrijf(je) Photanol BV. In een zeer elegant proces gebruiken ze aangepaste cyanobacteriën om allerlei chemische basisproducten te kunnen maken.

Het principe is, volgens Joost Teixeira de Mattos heel eenvoudig. Planten bouwen hun hele structuur op uit licht en CO<sub>2</sub> (en water) via allerlei biochemische processen (biomassa dus). Algen doen dat nog beter, maar het allerbest zijn de cyanobacteriën. Tijdens de fotosynthese wordt de CO<sub>2</sub> omgezet in het molecuul glyceraldehydefosfaat (GAP) een tussenstap op weg naar biomassa. Dan komt de volgende stap: de fermentatiebacteriën die de biomassa weer afbreken, zijn zeer goed uitgerust om GAP om te zetten in

tal van nuttige fermentatieproducten zoals ethanol, melkzuur enz. enz. Bij Photanol combineren ze dus de fotosynthese en de fermentatiereactie, ze onderbreken het proces van de fotosynthese bij GAP, en schakelen de juiste fermentatiecassette aan voor het product dat ze willen maken. Het eindproduct is afhankelijk van de genen die in de cyanobacteriën worden geplaatst. Op deze manier kunnen ze alles maken, van etheen tot ethanol, butanol, links- of rechtsdraaiend melkzuur. Allemaal bio.

De reactie concurreert niet met de voedselproductie, het is een continu proces en je hoeft niet te oogsten: de bacterie is de katalysator. Maar is dan niet iedere biochemicus op dit eenvoudige idee gekomen? Joost Teixeira de Mattos: "Nee, dat is kennelijk niet het geval. We hebben inmiddels een patent geregistreerd en twee nieuwe patenten aangevraagd. We hebben 'proof of principle' geleverd en gaan deze subsidie gebruiken voor het bouwen van een pilotinstallatie voor het leveren van 'proof of concept'. En dan wordt het een kwestie van opschalen." Uiteraard zijn bij een dergelijk productieproces met grote hoeveelheden bacteriën nog duizend vraagtekens te zetten, maar de subsidiebeoordelingscommissie vond dit proces zo elegant dat deze met overtuiging een subsidieaanbeveling deed. [www.photanol.nl](http://www.photanol.nl)

De plannen van het Platform Groene Grondstoffen vormen een prima aanzet voor de biobased economy. Voor het van de grond komen van deze plannen moeten we ophouden de petrochemie en zijn producten te bevoordelen boven de groene chemie.



## Papier uit gras en bietenloof

De papiersector is al eeuwen lang biobased en weet als geen ander hoe je hout moet verwerken tot papier. Maar door de toegenomen aandacht voor biomassa moet ook deze sector haar grondstoffen efficiënter gaan gebruiken. Ondermeer door vezelgrondstoffen uit gras en bietenloof te halen.

De bedrijfstak maakt al honderd jaar papier uit hout, maar er is geen reden om het niet uit gras, bietenloof of stro te gaan maken. Zeker nu hout schaarser en duurder wordt. Hout is een populaire biobased grondstof: het hele jaar beschikbaar, constant van kwaliteit en gemakkelijk te transporteren. De stimuleringsmaatregelen voor bio-energie uit biomassa door subsidies of bijmengverplichtingen verstoren echter de grondstoffenmarkt. Bestaande biobased producten, zoals papier en karton, krijgen het moeilijker omdat zij het zonder subsidie moeten doen.

Interessant is daarom het gebruik van lange vezels uit gras, na sapafscheiding en coagulatie van het daarin aanwezige eiwit voor voedingsdoeleinden. Gras bevat ook korte vezels, maar deze zijn beter geschikt als grondstof voor de groene chemie, want het drogen van papier uit deze vezels kost teveel warmte. Ook bietenloof levert, na bioraffinage, producten op, waaronder vezels voor de papierindustrie. In Nederland groeit jaarlijks bijna drie miljoen ton bietenblad. Er bestaan plannen om in 2012 een commercieel bedrijf voor gras- en bietenloofraffinage op te zetten.

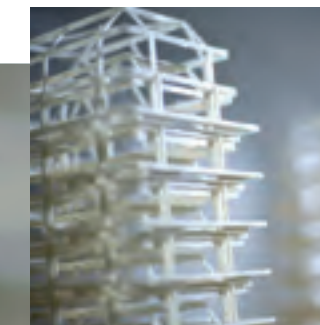
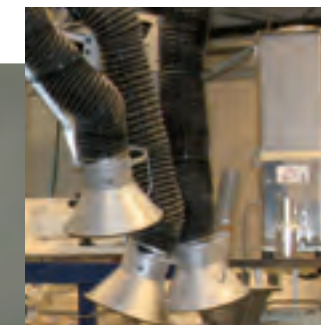
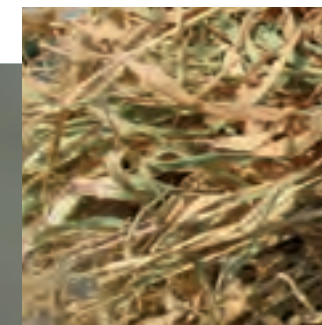
De gras- en bietenloofvezels zijn inzetbaar om de Nederlandse papierrecycling aan de gang te houden. In deze papierkringloop moet


elk jaar 30% nieuw papier worden bijgevoegd omdat er altijd papier uit de kringloop verdwijnt (o.a. in de vorm van toiletpapier en tissues) en nieuw papier ook noodzakelijk is om de kwaliteit van het papier op peil te houden.

Gras en bietenloof verwerken tot nieuw papier is een voorbeeld van optimale reststroomverwerking – al is het hier nog verboden als gevolg van ouderwetse afvalwetgeving. Een dergelijke productie kan straks misschien aan onze neus voorbij gaan omdat bedrijven in het buitenland er eerder bij zijn terwijl hier nog geen vergunning kan worden verkregen.

In Nederland is 80% van de grondstoffen voor papierproductie gerecycled papier. De overige 20% is grotendeels hoogwaardige cellulosepulp uit o.a. Scandinavië (ca € 700 per ton). Nederland is daarnaast een belangrijk doorvoerland voor oud papier. Via de Rotterdamse haven wordt meer dan twee miljoen ton oud papier geëxporteerd naar Azië. Gerecycled papier bestaat uit lange hoogwaardige en korte cellulosevezels. We kunnen mogelijk de beste (lange) vezels uit het oud papier halen en die in het nieuwe papier verwerken. De (mindere) korte vezels, die veel meer water opnemen en dus meer energie vergen om te drogen, kunnen dan bijvoorbeeld voor verdere hydrolyse in de chemische industrie worden ingezet. Dat zou veel warmte in de papierindustrie kunnen besparen, en de chemie een goede cellulosegrondstof verschaffen.

[www.kpck.nl](http://www.kpck.nl)





De biobased economy gaat een groot beroep doen op de productiecapaciteit van de landbouw. De landbouw kan deze nieuwe uitdaging aan, maar veel hangt af van de manier waarop chemie en agro met elkaar zullen worden verbonden.

## 5. Beschikbaarheid en logistiek van biomassa

*Het nieuwe profiel van de landbouw*

## Vorbewerking van cassave

Cassave wordt verbouwd in vele (sub)tropische gebieden. De wortels hebben eigenschappen vergelijkbaar met die van de aardappel. De meeste boeren in ontwikkelingslanden oogsten cassave met de hand. Beschadigingen van de wortel zetten een snel rottingsproces op gang, waardoor deze oogst binnen 12-24 uur moet worden verwerkt. Voornamelijk de fabriek bepaalt de prijs die de boer ontvangt; de boer heeft bij aanbod van zijn oogst immers geen alternatief.

Het Nederlandse bedrijf Dadtco BV ontwikkelde samen met Wageningen UR een container voor lokale voorbehandeling van cassavewortels. De container bevat installaties voor wassen, malen en ontwateren. Tarra en waswater inclusief de mineralen kunnen direct op het land worden geloosd. Het zetmeelmengsel wordt gebruikt voor het bakken van brood en eventueel voor ethanolproductie, of het wordt verder gedroogd tot een houdbaar product: cassavemeel. Dit cassavemeel kan het hele jaar door worden gebruikt voor voedselbereiding, of voor verdere verwerking tot cassavezetmeel.

Door zijn houdbaarheid kan het cassavemeel aan de fabriek worden aangeboden op het moment waarop de boer er de hoogste opbrengst voor krijgt. De verhoudingen tussen boer en fabriek veranderen hierdoor diepgaand. Boeren krijgen, doordat zij kunnen sparen en daardoor investeren, een krachtige impuls om uit te stijgen boven het niveau van *subsistence farming*. Cassavemeel is zelfs geschikt voor transport naar, en verwerking in het buitenland (het is vrijwel identiek aan aardappelmeel). Nigeria bijvoorbeeld, zou hierdoor een netto exporteur in plaats van importeur van zetmeel kunnen worden.  
[www.dadtco.nl](http://www.dadtco.nl)

**De Westeuropese landbouw verkeert in een heroriëntatiefase. Het ‘oude’ op productiviteit en grootschaligheid gerichte ontwikkelingsmodel loopt tegen grenzen aan. In het moderne landbouwbeleid tracht men productiviteitsverhoging te combineren met andere doelen, zoals milieu- en landschapsbehoud.**

Maar dat heeft nog niet geleid tot een gemeenschappelijk ethos zoals dat wel bestond in de jaren direct na de Tweede Wereldoorlog. Boeren zoeken nieuwe bedrijfsmodellen in vele richtingen, maar voelen zich vaak afhankelijk van externe omstandigheden. Voorbeelden daarvan zijn: schommelingen in afzetprijzen, dierziekten, verschuivende maatschappelijke normen, steeds strengere milieueisen, en internationale concurrentie.

De opening van nieuwe markten kan de boeren nog verder in een afhankelijke positie brengen. Boeren zijn vaak kleine zelfstandigen, omringd door machtige bedrijven: leveranciers van zaden, stallen en apparatuur enerzijds, en groothandelsbedrijven en supermarktketens anderzijds. De ondergeschikte positie van boeren blijkt uit het geringe percentage van de toegevoegde waarde van de voedselketen, dat op hun bankrekening terecht komt. Betrokkenheid van de chemie zal aan die ondergeschikte situatie niet bij voorbaat een einde maken – afnemers in de industrie zullen zich altijd willen indekken tegen de risico’s van schommelingen in volume en prijzen van de oogst, hetgeen de positie van de groothandel versterkt. Echter, in de biobased economy verbinden agro, chemie en logistiek zich tot een nieuwe sterke eenheid. De agrarische sector verwerft zich daarmee een nieuwe plaats in de economie, uitdrukkelijk gericht op méér maatschappelijke taken dan voedselproductie. Dit zou ook moeten leiden tot versterking van de positie van de boer. Is dat in de toekomstbeelden die nu over de biobased economy circuleren inderdaad het geval?

Deze vraag klemte te meer omdat boeren ook elders in de wereld een afhankelijke positie innemen. Dat leidt niet altijd tot het maximaliseren van productiviteit, zoals in ons land. Soms zelfs tot het tegendeel: *subsistence farming*, vooral in grote delen van Afrika. Of tot zeer grootschalige teelten die op den duur milieutechnisch niet houdbaar zijn.

Welke invloed zal betrokkenheid van de chemie hebben op de positie van de boer? Hiervoor bestaat zijn algemeenheid geen antwoord. Daarvoor verschillen omstandigheden in de landbouw te sterk (grootgrondbezit of niet, specifieke omstandigheden rond teelten etc.). Wij volstaan hier met signalering van het probleem.

Toch is er één oplossingsrichting die in vele omstandigheden toepasbaar is, namelijk voorwaartse integratie. Dit begrip staat voor het verplaatsen van waardetoevoegende activiteiten naar verderop in de keten. In het geval van de landbouw betekent dat: het doen van eerste bewerkingen met de oogst op de boerderij (of in een coöperatie van boerenbedrijven). Voorbeelden in de Nederlandse context zijn: productie van biogas of een eigen kaasmakerij, maar bij de ontwikkeling van bioraffinage kunnen er veel méér mogelijkheden binnen het bereik van de boer komen. Het Platform Groene Grondstoffen geeft hiervan voorbeelden als productie van eiwitten uit gras of lupines. Aan voorwaartse integratie zitten grote voordelen. Bij bioraffinage in het algemeen treden bijvoorbeeld geen sterke schaalvoordelen op, zodat lokale en kleinschalige producties lonend kunnen zijn (vermijden van onnodige transporten, directe terugvoer van mineralen naar het land e.d.). Bedrijfsmodellen met voorwaartse integratie bij de teelt van suikerbieten, aardappelen en gras zijn in Nederland ontwikkeld, maar nog niet toegepast.

## De beschikbaarheid van biomassa

Het gebruik van biobrandstoffen heeft een groot aantal studies uitgelokt over het wereldwijde potentieel van groene grondstoffen. Vooral bezorgdheid over de beschikbaarheid van biomassa klinkt hierin door. Kan de wereld voldoende kwalitatieve biomassa produceren om grondstoffen te leveren voor een biobased economy? En tegelijkertijd nog een groeiend aantal monden voeden?

Op deze vraag is nog geen uitsluitel te geven. De studies van het laatste decennium laten zeer verschillende antwoorden zien. Zo is er een enorm verschil in uitkomsten van studies over de potentiële opbrengst van land- en bosbouw (dan komt zeer veel biomassa beschikbaar, zelfs wanneer ze corrigeren voor beperkende factoren als gebrek aan water), en studies die markttrends extrapoleren vanuit de bestaande situatie (dan komt slechts weinig biomassa beschikbaar). Tabel 3 laat enkele resultaten zien voor de beschikbaarheid van biomassa voor biobrandstof, uitgedrukt in EJ biobrandstof per jaar in 2050. (vergelijk: huidig wereldenergiegebruik is ca. 450 EJ) (EJ = ExaJoules = 10<sup>18</sup> Joules).

Studie	Biobrandstof
Wolf <i>et al.</i> (2003)	360-648
Fischer en Schratzenholzer (2001)	370-450
Doornbosch en Steenblik (2007)	43*
Hoogwijk <i>et al.</i> (2005)	35-245
Dornburg <i>et al.</i> (2008)	200-500

\* Plus eenzelfde hoeveelheid beschikbaar voor warmteproductie

Tabel 3. Beschikbaarheid van biobrandstoffen in 2050 uitgedrukt in EJ volgens verschillende studies. Bron: Hans Langeveld, [www.biomassresearch.eu](http://www.biomassresearch.eu) Factsheet Biomass Availability: comparing assessment methods)



## Fosfaat en bodemkoolstof

Hoge opbrengsten van gewassen zijn in het algemeen alleen mogelijk bij goede bemesting. Fosfor is een essentieel element bij de opbouw van plantaardige biomassa. Maar terwijl we stikstofmest synthetisch maken, kan fosfor alleen als grondstof (fosfaat) worden gewonnen. De voorraden fosfaat zijn beperkt, productie van fosfaat nadert zijn piekproductie en in tegenstelling tot aardolie (*peak oil*) zijn er geen vervangers. Om uitputting zo lang mogelijk uit te stellen moeten we dus zorgvuldig handelen met fosfor in biomassa.

De belangrijkste voorraad fosfaat ligt in het deel van Marokko dat vroeger de Spaanse Sahara was. Verder zijn er slechts weinig goede vindplaatsen. Tot de jaren '80 was Marokko de belangrijkste leverancier voor de Nederlandse kunstmestfabrieken.

Marokkaans fosfaat bevat naar verhouding veel cadmium, waardoor op den duur het land en het oppervlaktewater aanzienlijke concentraties cadmium accumuleren. Om te kunnen voldoen aan strenger wordende wetgeving liet de industrie met steun van de overheid door TUD en TNO een procedé ontwikkelen om cadmium uit het erts te verwijderen.

Dit procedé is nooit toegepast. Het was voor de industrie per saldo goedkoper, duurder fosfaat uit Florida te gebruiken. Het Marokkaanse fosfaaterts heeft vervolgens zijn weg gevonden naar ontwikkelingslanden, bijvoorbeeld de Nijlvallei, waar het leidt tot bodemverontreiniging met zware metalen.

Terugwinning van mineralen, waaronder fosfaat, uit de oogst is één van de voordelen van voorwaartse integratie in de akkerbouw. In Nederland kunnen bijvoorbeeld aardappelen en suikerbieten direct na

Dit is niet de plaats om het lopende wetenschappelijke debat uit te diepen. Wat we wel opmerken is dat de studies die hoge biomassapotentieën mogelijk achten soms uitgaan van radicale opbrengstverhogingen in de landbouw. Dat is niet onmogelijk, maar in sommige gebieden is het een duidelijke breuk met een lange periode van onderinvesteringen. Onderinvestering was tot voor kort een groot probleem, wat bijvoorbeeld heeft geleid tot dalende voorraden die weer mede aanleiding gaven tot speculatieve prijsstijgingen in 2007/2008. Er is beslist onderzoek nodig naar maatregelen die investeringen in de landbouw weer op peil kunnen brengen.

Beperkte biomassapotentieën kunnen overigens een argument vóór een biobased economy vormen. Want juist beperkte beschikbaarheid van de grondstof is een reden om de hoogste waarde uit die grondstof te halen. De 43 EJ uit de meest voorzichtige studie is niet genoeg om de ca. 100 EJ te dekken die de wereld nu gebruikt in de vorm van transportbrandstoffen – maar ruim voldoende om de wereld te voorzien van biochemicalïën en biomaterialen (in energietermen uitgedrukt nu ca. 8 EJ per jaar).

Studies naar potentiële opbrengsten laten zien dat de landbouw in beginsel nieuwe uitdagingen aan kan. Er bestaat een aanzienlijke kloof tussen feitelijke en potentiële opbrengsten. Bij analyse blijkt dat in grote delen van de wereld vooral klimaatfactoren de oogsten beperken, evenals de geringe beschikbaarheid van water, mest en bestrijdingsmiddelen. Bovendien zijn veel marginale gronden en graslanden niet geschikt voor voedselproductie maar wel voor teelten met andere doeleinden. Betere organisatie en marktordening van de landbouw, die boeren stimuleert te investeren, zijn bij het verhelpen van tekorten dan ook zeker zo belangrijk als technologische vernieuwing.

## De nieuwe biomassalogistiek

De intrede van de sector chemie en materialen op de markt van agrarische producten heeft ingrijpende gevolgen. De logistiek van biomassa biedt immers systematisch een andere route aan voor de verwerking van de oogst. Alle ketens van de agromarkten, ongeacht of ze leiden tot energiedragers, materialen, of voeding, zullen in de loop van de tijd opnieuw worden gerangschikt en nieuwe dwarsverbindingen ontwikkelen. Ook internationale verbanden en kennis- en concurrentieposities worden vanuit het perspectief van de biobased economy opnieuw overwogen. Er treden straks grote veranderingen op in goederenstromen, zowel bij agrarische producten als bij overige grondstoffen en chemicaliën.

Door voorwaartse integratie komen er ook veranderingen in de geografische verdeling van de verwerkingsstappen. Tot nu toe scheiden we direct na de oogst de meest waardevolle delen van gewassen van de rest van de geteelde biomassa; in de biobased situatie zal veel meer de totale productie aan biomassa worden geoogst. Op het agrarische bedrijf zelf scheiden we deze geoogste biomassa in componenten, om ze vervolgens naar verschillende bestemmingen te sturen. Dit alles om het logistieke proces beheersbaar en betaalbaar te houden. En dit proces zal zich in de hele keten herhalen: bij elke verwerkingsstap, ook in internationale ketens, komt opnieuw aan de orde of deze zal plaats vinden in de regio van productie van de biomassa of elders, na transport van tussenproducten. Grote productielanden van biomassa als Brazilië maken zich op om de productieketen zo veel mogelijk in eigen hand te houden. In de huidige wereld van fossiele energiedragers vindt een belangrijk deel van de internationale goederenstromen plaats in de vorm van onbewerkte grondstoffen; dit zal gaan verschuiven in de richting van halffabricaten en eindproducten.

Een tweede reden waarom biomassalogistiek sterk verschilt van de huidige, is het grote belang van rest- en retourstromen. Landbouw put de bodem uit tenzij men mineralen en een deel van de koolstoffractie terugbrengt in de bodem. Bij mineralen zijn vooral kalium en fosfaat van belang (zie kader). Kleinschalige kringlopen hebben voordelen voor de bodemkwaliteit omdat daardoor met weinig kosten mineralen kunnen worden terug gevoerd – maar kringlopen worden steeds grootschaliger en daardoor moeilijker te beheersen in hun mineralenbalans. Bovendien neemt, naarmate er meer kansen komen om de hele plant te benutten (zoals tweede generatie technologieën), ook de economische waarde van de koolstoffractie (stengels, loof etc.) toe. Hierdoor ontstaat het gevaar dat bodemkoolstof uitgeput raakt, naast de uitputting van andere mineralen als stikstof, fosfaat en kalium.

Het Nederlandse mestprobleem laat zien wat er gebeurt zonder een goede logistiek van retourstromen. Nederland heeft een importoverschot van ca. 7 miljoen ton biomassa per jaar. Een belangrijk deel van de importen wordt verwerkt tot veevoer, en veel geïmporteerde mineralen en lignocellulose eindigen daardoor als mest. Deze moet óf tegen aanzienlijke kosten worden verzameld en opgewerkt, óf uitgereden in de van nature waarschijnlijk al fosfaatrijke Nederlandse bodem. Overigens vormt dit probleem ook een uitdaging: om bijvoorbeeld verrijkt veevoer te ontwikkelen met minder lignocellulose.

Het belang van rest- en retourstromen zal een argument zijn om opnieuw aandacht te schenken aan recycling en lokale teelten. Waarmee kwetsbare importen zoals fosfaat, mineralen, kunstmest, soja, cellulose, hout en palmolie kunnen worden verminderd. Kortom, de biobased economy leidt tot een herontwerp van productie, oogst en verwerking van biomassa. De verdeling van de integrale oogst over food, feed, chemie en materialen kan veranderen. Daarmee krijgen ook discussies



de oogst kleinschalig worden verwerkt tot een houdbaar tussenproduct, waarbij de mineralen (in vloeibare vorm) direct op het land worden terug gebracht. Eén van de organisaties die hiervoor projecten ontwikkelt is Kiemkracht, een alliantie van Innovatienetwerk en Productschap Akkerbouw. Het idee van Kiemkracht voor terugwinning van fosfaat en kalium (de zelfbemestende akker) won op de Nationale Duurzaamheidsdag in november 2009 een prijs van € 100.000.

Koolstof – in de vorm van humus – is essentieel voor een goede bodemstructuur van landbouwgrond. Humus breekt jaar na jaar af, daarom moet er elk jaar voldoende organisch materiaal worden aangevoerd, in de vorm van oogstresten, groenbemesters, organische meststoffen of bodemverbeteraars. Dit kan een probleem gaan vormen wanneer de economische waarde van organisch materiaal gaat stijgen.

In West-Europa laat het koolstofgehalte in de grond nu al een dalende tendens zien. Dit heeft de volgende oorzaken:

- door strengere mestwetten komt minder organische stof uit dierlijke mest op het land;
- boeren zijn bovendien zuiniger met bemesten om het nitraatresidu te beperken;
- organische stof breekt sneller af: door bekalken op gronden met een te lage pH, door intensievere teelten (bijvoorbeeld van groenten), doordat er weinig stro en andere oogstresten achterblijven, door dieper ploegen en door het scheuren van weilanden.

over biodiversiteit, Noord/Zuid problematiek, water en grondgebruik een nieuwe dimensie: we kunnen elke stap in de nieuwe verwerkingsketen opnieuw overwegen.

Herontwerp van agroketens

Het herontwerp van ketens heeft ook zijn weerslag op teeltkeuze en gewenste eigenschappen van gewassen. Hier gaan agro en chemie elkaar ontmoeten. We zullen twee grote denklijnen moeten hanteren:

- Denken vanuit het aanbod. Wat hebben we nu? En wat kunnen we er (nog meer) mee?
- Denken vanuit de vraag. Welke producten hebben we nodig in een biobased society? Wat is het beste vehikel en het handigste proces? Waar en hoe gaan we productie en verwerking doen? Hieronder valt, naast ontwikkeling van nieuwe producten in de chemie, ook een andere aanpak van productie en benutting van biomassa.

Denken vanuit het aanbod zal vooral vruchtbaar zijn in de eerste twee fasen van de biobased economy, zoals geschetst in hoofdstuk 3. Allereerst inpassing van biochemicalïën in de bestaande petrochemische infrastructuur, en dan het omzetten van plantaardige producten in nieuwe, op groene grondstoffen gebaseerde platformchemicaliën. In de derde fase, die van de bioraffinage, raken agro en chemie pas echt met elkaar verweven. Het principe van de bioraffinage houdt de mogelijkheid in, direct uit plantaardig materiaal de gewenste producten te isoleren.

De ontwikkelingen in genomics maken het ons mogelijk landbouwproducten doelbewust te voorzien van genetische informatie voor de aanmaak van gewenste moleculen. Doelbewuste ontwikkeling van nieuwe teelten, inclusief algen en wieren, zal eerst vanuit een internationale context moeten worden gezien. Welke planten of

organismen zijn het meest geschikt voor welke toepassing? En wat zijn de optimale plaats en omstandigheden voor aanplant en oogst? De sterke Nederlandse positie in plantenveredeling en zaden kan hierbij een interessant startpunt zijn.

Het verkrijgen van industriële producten uit groene grondstoffen hoeft niet ten koste te gaan van de voedselvoorziening, want door de schaalgrootte van de voedingssector kan dit juist in de marge daarvan plaats vinden. Van bestaande landbouwgewassen kunnen de reststromen worden benut, maar ook nieuwe teelten zijn denkbaar (met of zonder genetische modificaties). Met algen, wieren, cyanobacteriën en biosolar cells kan het arsenaal aan productieprocessen voor chemicaliën en materialen nog eens met een veelvoud groeien. Alleen al het feit dat meer dan de helft van onze geneesmiddelen uit planten afkomstig is, of ervan afgeleid of door geïnspireerd, zou een reden moeten zijn veel meer producten direct door planten te laten maken.

Herontwerp van ketens is een mooie term waarachter veel schuil kan gaan: veranderende vormen van samenwerking, nieuwe businessmodellen, vorming van coöperaties of juist verticale integratie, herverdeling van de toegevoegde waarde over de keten, geografische verschuivingen. Ketenontwikkeling in de biobased economy is complex, want er is vaak onzekerheid over de haalbaarheid van een business case. Om niet te spreken van onvolwassenheid van nieuwe markten, ongelijke inspanning van partijen in de keten en verschuiving in randvoorwaarden. De ontwikkeling van nieuwe biobased ketens is een complex, tijdrovend en kennisintensief proces dat hoge eisen stelt aan de initiatiefnemers. Die kunnen we ondersteunen door het ontwikkelen en beschikbaar stellen van kennis over technologie, marktontwikkeling en ketenorganisatie.

Nieuwe business cases beginnen bij boeren, de producenten van biomassa. Bulkgrondstoffen voor de biobased economy zullen hen in eerste instantie vaak weinig voordeel bieden ten opzichte van voedingsgewassen, zeker als niet duidelijk is of ze deze stoffen kunnen mengen met ander materiaal voor een optimaal rendement van biomassa (de zogenoemde Witte Lijst). Daarom is extra aandacht nodig voor de ontwikkeling van businessmodellen die voor boeren voldoende waarde toevoegen.

Aandacht is ook nodig voor de rol van het mkb in de biobased economy. Veel toegevoegde waarde in economieën komt voort uit kleinere bedrijven die zaken anders organiseren. Een potentieel gevaar voor de biobased economy is dat grote bedrijven uit chemie, food en feed de overhand krijgen. Speciale aandacht is vereist voor kleinschalige innovaties van kennisintensieve bedrijven, en voor de clusters en allianties die zulke bedrijven aangaan.

## Internationale biomassastromen

Namens logistiek- en zakelijk dienstverleners, verladers en kennisinstituten pleitte de Commissie-Van Laarhoven in 2007 voor het laten excelleren van Nederland in logistieke ketens. De commissie signaleert een toenemende dynamiek en complexiteit in logistieke ketens; zij stelde daarom een programma op voor het ontwikkelen van innovatieve concepten die uitgaan boven individuele ketens. De drie pilaren van dit programma zijn: bundeling, regie en mainports. Biomassalogistiek past naadloos in de benadering van de commissie.

Chemie en agro in Nederland berusten voor een belangrijk deel op im- en exporten, mogelijk gemaakt door onze uitstekende ligging



met toegang tot een groot achterland én een slimme uitnutting van deze positie. Dezelfde ligging kan ook in de biobased economy tot sterke posities leiden, mits we dezelfde slimheid toepassen bij het grijpen van de kansen. Er moet zicht zijn op het specifieke karakter van biomassalogistiek: sterktes in het fossiele tijdperk zijn niet één op één overdraagbaar op de biobased economy, omdat een groter deel van de voorbewerking plaats zal vinden in de landen van oorsprong. Daarom moet beter worden onderzocht en ontwikkeld wat de betekenis kan zijn van de Nederlandse havens als toegangspoort tot West-Europa: zowel de waarde en betekenis van clustervorming van agro/chemische industrieën in de havens, alsook de nabijheid van grote en relatief welvarende bevolkingsconcentraties.

Grootschalige handel in biomassa zal waarschijnlijk de vorm aannemen van handel in commodities (internationale handelsproducten) met een internationaal erkend kwaliteitskenmerk, evenals olie- en gasproducten. En wel om de volgende redenen:

- voorzieningszekerheid: de zekerheid dat het handelsproduct een welomschreven kwaliteit en (biomassa-)herkomst heeft
- behoefte aan kwaliteitscontrole: mogelijkheid om de kwaliteit aan beide zijden van de handelsketen te controleren
- vergemakkelijking van de handel: op basis van wereldwijd aanvaarde begrippen en standaarden.

Voorbeelden van zulke commodities zijn: biodiesel en bio-ethanol, maar met de groei van de biobased economy zullen er nog vele volgen. Commodities zullen voldoende waarde moeten hebben per eenheid van volume of gewicht, chemisch stabiel moeten zijn, een voldoende handelsvolume moeten hebben, en gemakkelijk te controleren op kwaliteit. Mogelijke internationale handelsproducten zijn:

- pyrolyse-olie
- torrefactiekorrels (biochar)
- biosyngas of biogas
- zuivere eiwitten of eiwit-hydrolysaten
- plantaardige oliën als raapolie of Jatropha-olie
- afgewerkte producten als raapkoek.

Naarmate de handel in zulke commodities groeit, zullen er centra van handel ontstaan in grote im- en exporthavens. Deze hubs of *mainports* vervullen voor de omliggende landen een voorraad- en balansfunctie, in de woorden van de commissie-Van Laarhoven: een regiefunctie. Om zo'n hub te worden moet een haven worden gekenmerkt door:

- een groot achterland met grote bevolkingsconcentraties
- een bestaande complexe industriële en agrarische structuur, die het mogelijk maakt nieuwe reststromen te verwaarden
- ondernemings- en innovatiezin.

De Nederlandse havens, met die van Rotterdam voorop voldoen in beginsel aan deze voorwaarden en zijn dus in een goede uitgangspositie om de West-Europese mainport voor biomassalogistiek te worden. Daarbij vervullen de havens verschillende, elkaar aanvullende rollen.

Rotterdam met zijn petrochemie en grote kade- en opslagruimte, waarvan al een groot deel in gebruik voor grondstoffen voor veevoer, kan een balansfunctie vervullen, vooral met het oog op importen. Nieuwe importstromen voor verwerking tot biobrandstoffen dienen zich aan. Bijproducten van die productieketen zoals raapkoek kunnen geleidelijk in de veevoersektor worden toegepast. Daardoor komen geïmporteerde groene grondstoffen vrij voor bioraffinage, zoals: afscheiding van eiwitten voor veevoer en vezels voor bouwmaterialen of verbranding (elektriciteitsproductie). In een tweede stap kunnen eiwitten verder

worden gesplitst in aminozuren, bijvoorbeeld als grondstof voor biochemicaliën, terwijl vezels worden opgewerkt tot tweede generatie bio-ethanol. Op die manier verweeft de sterke importfunctie met de opbouw van een groene chemie in een steeds wisselende verhouding met agro.

Ook kleinere havens met sterke chemische complexen als Delfzijl en Terneuzen kunnen profiteren van de internationale handel in biomassa en biochemicaliën. Amsterdam heeft eveneens sterke punten zoals de import van cacao en koffie, met aanzienlijke reststromen, die kunnen worden opgewerkt en deels als brandstof worden toegepast.

## Kleinschalige biomassastromen

Naast grootschalige (mondiale) biomassastromen zullen er ook kleinschalige (lokale) stromen gaan optreden. Onbewerkte biomassa is volumineus en laagwaardig, waardoor transport over grote afstanden niet loont en lokale verwaarding noodzakelijk is. In de biobased economy zal dan ook de al eerder genoemde voorwaartse integratie een rol gaan spelen, in de vorm van eenvoudige waardedoelvoegende bewerkingen op de boerderij of op een groep boerderijen, met technologieën die geen sterke schaalvoordelen hebben. De biobased economy zal leiden tot de groei van regionaal gebonden bedrijvigheid.

Voedingsmiddelenindustrieën zijn zich nu al aan het oriënteren op het verwaarden van een groter deel van de oogst op basis van agrarische sterktes. Landbouwgebieden zullen zich ontwikkelen tot exporteurs van specialistische chemicaliën, en de nabijheid van havens is dan een groot voordeel. In Nederland liggen de grote landbouwgebieden in het Noordoosten en Zuidwesten van het land. Delfzijl en Terneuzen,

niet alleen met hun chemische bedrijvigheid maar ook met hun groot agrarisch achterland, zullen zich daarom niet beperken tot import. Zij zullen zich óók ontwikkelen tot exporthavens, wat hun rol in de biobased economy nog eens benadrukt. Hetzelfde geldt voor Rotterdam.

De sterke punten van de Nederlandse havens sluiten zodoende goed op elkaar aan; het lijkt logisch, ze in een nationale strategie te benutten.

## Valkuilen

Rond regionale centra en zeker rond havens zien we straks de nieuwe ketens ontstaan. Zeker in de opbouwfase van de biobased economy, die vermoedelijk nog een jaar of twintig gaat duren, kunnen binnen korte tijd nieuwe reststromen ontstaan door de ontwikkeling van nieuwe procedés, technologische innovaties, nieuwe kansen in verwante terreinen van handel en industrie, etc. Voor deze reststromen moeten we nieuwe toepassingen vinden, omdat ze anders als afval worden geloosd, met de bijbehorende economische én milieukosten.

Bij de opbouw van een biobased economy is er in het begin dus een flinke mate van flexibiliteit nodig. Flexibiliteit in de vorm van ondernemingszin: bereidheid voor nieuw gerezen problemen een oplossing te vinden en niet te blijven steken in verouderde wettelijke bepalingen. En flexibiliteit in slim ontwerp van de productieketen, met enig vooruitzicht opgezet en met de mogelijkheid dwarsverbindingen aan te brengen in het systeem, waardoor materiaalstromen binnen korte tijd kunnen worden verlegd. De biobased economy doet daardoor in de komende periode een bijzonder beroep op de zakelijk-innovatieve vermogens van ons land. Biomassalogistiek verschilt van gewone logistiek ook daarin, dat



neveneffecten vaak op onverwachte plaatsen en in onverwachte vorm opduiken. We kunnen daarbij denken aan de vaak onderschatte risico's van brand en broei, explosies, stank en overdracht van plagen. Er zijn soms ook neveneffecten in andere werelddelen. Omdat vroeger gescheiden maatschappelijke sectoren als voeding, energie en chemie nu met elkaar verbonden worden, kunnen neveneffecten hard aan komen en ook terug slaan op de positie van de hoofdfactor in de keten. Het verdwijnen van biodiversiteit is een voorbeeld van een probleem dat gelukkig al wereldwijde aandacht heeft. Zeker voor diegenen die inzetten op grootschalig verbruik van biomassa voor van energieopwekking zal dit een belangrijk punt blijven. Een soortgelijke overweging geldt voor het mondiale gebruik en beheer van water en mineralen ten behoeve van biomassateelt. Daarom moeten we altijd het gehele systeem van productie, bewerking en handel in ogenschouw nemen, ook in wetgeving en internationale afspraken. Bij biomassalogistiek moet altijd de mineralenbalans in de beschouwing worden betrokken en waar mogelijk sluitend gemaakt. Kortom, hoe zeer de biobased economy ook perspectieven biedt, het is niet mogelijk een prominente rol daarin te spelen zonder bedacht te zijn op valkuilen voortkomend uit onverwachte keteneffecten.

Het is duidelijk dat de komende biobased economy niet alleen grote mogelijkheden voor de chemie zal bieden, maar dat heel Nederland – mits goed georganiseerd – optimaal zal kunnen profiteren van deze ontwikkelingen, die Nederland een geheel nieuwe economische structuur zullen geven.

## Orgaworld wint meststoffen uit supermarktafval

Voor de verwerking van praktisch alle organische afvalstromen kun je terecht bij Orgaworld. Dit bedrijf in het Amsterdamse havengebied gaat, via een cascade aan technieken, binnenkort organische meststoffen maken in een vaste, stabiele verhouding tussen stikstof, fosfor en kalium (N7P4K6). Dat kan ondanks de uiterst gevarieerde afvalstromen die het bedrijf verwerkt, zoals: overtijdproducten uit supermarkten, resten van frietfabriek McCain, swill, productieoverschotten van Cargill enzovoort. Orgaworld is geen klein bedrijf, met zes vestigingen in Nederland, twee in Canada en plannen in Schotland, flink wat eigen research en eigen installaties voor de verwerking van de afvalstromen. Het bedrijf ontwikkelde een geheel eigen systeem voor hergebruik van alle warmte (hoog- en laagwaardig) die binnen de eigen muren ontstaat. Een voor Nederland unieke route voor warmteterugwinning. Je zou Orgaworld een typisch BBE-bedrijf kunnen noemen.

Via anaerobe vergisting voor de productie van biogas en terugwinning van nutriënten (waarvoor het bedrijf een certificaat heeft gekregen) isoleert Orgaworld de fosfor. Fosfor (P) wordt aan magnesium gebonden tot struviet (magnesiumfosfaat). De stikstof (N) komt het

product in als ammoniumsulfaat. En kalium (K) komt uit de biodiesel- en glycerolproductie (doen ze ook bij Orgaworld) waar het wordt teruggewonnen uit het kaliumhydroxide die men als katalysator in dit proces toepast. Door indampen van deze NPK-oplossing met behulp van restwarmte uit verschillende bedrijfsprocessen, ontstaat een product met 90% droge stof dat Orgaworld exporteert.

Deze organische NPK-meststoffen wil Orgaworld gaan produceren in de hierboven genoemde vaste samenstelling. Het bedrijf kreeg, binnen de tender Bioraffinage, een subsidie van LNV en gaat die hiervoor vanaf 2011 in Amsterdam inzetten. Dat gebeurt in het westelijk havengebied in de omgeving van afvalproducerende bedrijven, zoals een vetsmelterij.

Bij het olopemd gebruik van landbouwafval dat niet meer wordt teruggeploegd, kan binnen de biobased economy een tekort ontstaan aan NPK-meststoffen. Interessant is dat bedrijven als Orgaworld daar dan weer gedeeltelijk in kunnen voorzien. Fosfor raakt op, maar door dit soort processen is deze uitputting aanzienlijk te vertragen. [www.orgaworld.com](http://www.orgaworld.com)





Er liggen goede kansen voor Nederland voor een echte transitie naar de biobased economy, wanneer energie, chemie, materialen, landbouw, regelgeving en logistiek samenwerken en zelf ook van karakter veranderen.

## 6. De kennis- en innovatieagenda

*Kiezen voor systeeminnovatie*

De voorgaande hoofdstukken bieden met alle geschetste wensen, eisen en mogelijkheden een stevige basis voor een kennis- en innovatieagenda. Er zijn kansen op snel succes, zoals het gebruik van groene platformmoleculen in bestaande (petro)chemische installaties. En er liggen fraaie kansen in het vooruitzicht voor een échte transitie naar een andere, biobased economie. Waarin energie, chemie, materialen, landbouw, regelgeving en logistiek samenwerken en zelf ook van karakter veranderen.

Op basis hiervan kan een kennis- en innovatieagenda nog altijd gestoeld zijn op heel verschillende uitgangspunten: gericht op ontwikkeling van de technologie, of de grondstofvoorziening. Op veranderingen aan de vraagkant van de markt, of op een echte systeeminnovatie, waarin niet alleen de industrie op een andere basis wordt geschoeid maar ook de maatschappij als geheel een belangrijke rol krijgt toebedeeld. De kernaanbeveling van de Wetenschappelijke en Technologische Commissie is te kiezen voor zo'n systeeminnovatie. Deze moet gedegen worden voorbereid (gedurende enkele jaren), waarbij intussen de minder ingrijpende vernieuwingen ( het 'laaghangende fruit') tot commercieel succes worden geleid.

## Geen oude schoenen weggoien

Zoals al vaker gezegd: de groene transitie wordt op wereldschaal voortgestuwd door problemen van klimaat en energie. Nederland, als kleine maar belangrijke speler, kan daarin een eigen koers kiezen. De WTC kiest voor het ontwikkelen en oogsten van de componenten met hogere toegevoegde waarde door in de kennis- en innovatieagenda de nadruk te leggen op de sectoren chemie en materialen. Het immense belang van de energiesector kan en mag echter nooit over het hoofd

worden gezien, noch bij de nieuwe, noch bij de traditionele vormen van energie. De simpele werkelijkheid dat fossiele bronnen nog decennialang onze belangrijkste energieleveranciers zullen zijn, geeft ons de plicht deze bronnen zo zorgvuldig mogelijk te benutten en de gevolgen van het gebruik ervan voor mens en milieu zoveel mogelijk schadevrij te maken.

Dit betekent dat Nederland, ook wanneer het eigen keuzes maakt, voluit moet doorgaan met petrochemische R&D, en met de bijbehorende procesengineering, automatisering en logistiek. Het betekent ook blijvende aandacht voor CO<sub>2</sub>: vermijding, afvang, verwerking en economische benutting. De slagkracht van de betrokken Nederlandse industrie, instellingen en universiteiten is internationaal van voldoende niveau om op eigen kracht de juiste ontwikkelingsrichtingen te vinden. Onze internationale reputatie op het gebied van katalyse moet ons in staat stellen de moderne petrochemie voluit te blijven bedienen en tegelijkertijd een sterke positie op te bouwen in de biobased economy. Een programma gericht op katalyse en engineering voor de petrochemische industrie in 2025, dus van exploratie en exploitatie tot en met klimaatbeheersing en CO<sub>2</sub>-management is aanbevelenswaardig en kan de grote economische betekenis van onze petrochemie bestendigen. De betrokken partijen kennen elkaar al en zouden zelf het initiatief kunnen nemen, bijvoorbeeld als onderdeel van een lopend programma zoals CatchBio. De rol van de overheid zou vooral gericht kunnen zijn op het bevorderen van samenwerking en innovatie. Tevens zou zij de gelegenheid te baat kunnen nemen om de regelgevingen en fiscale regimes, die nu nog direct of indirect, op het olietijdperk zijn gebaseerd te harmoniseren met de vereisten en wensen voor de biobased economy. Business cases zoals bio-etheen en biomethaan van het Platform Groene Grondstoffen maken heel duidelijk waar op deze gebieden de problemen liggen.

## De pioniers complimenteren

Ontwikkelingen in de richting van een biobased economy zijn zeker al tien tot vijftien jaar gaande – het precieze getal hangt af van de optiek die men kiest. Dit houdt in dat de eerste commerciële resultaten nú zichtbaar worden, en dat een doorlopend te vernieuwen kennis- en innovatieagenda zou moeten kunnen voortbouwen op lopende ontwikkelingen en bestaande plannen.

Bij nader inzien valt dat laatste tegen, omdat veel werk is gestoken in de ontwikkeling van eenvoudige energietoepassingen – en dat terwijl al vroeg door velen is geformuleerd dat in Nederland de nadruk zou moeten liggen op groene processen met een hogere toegevoegde waarde voor biomassa. Deze discrepantie van theorie en praktijk is enerzijds begrijpelijk, maar anderzijds juist een uitnodiging om nú krachtig bij te sturen.

De druk om veel werk te steken in energietechnologie is begrijpelijk omdat klimaat en energie belangrijke drijfveren zijn. Maar veel grotere economieën dan de Nederlandse, zoals die van de VS en vooral de opkomende krachten in Z.O. Azië, staan veel meer onder druk om hun energievoorziening veilig te stellen. Nederland loopt daardoor serieus het risico om, niet voor de eerste keer, een fraaie voorsprong in kennisontwikkeling te verliezen aan snelle innovaties en commercialisatie van grotere, meer kapitaalkrachtige spelers.

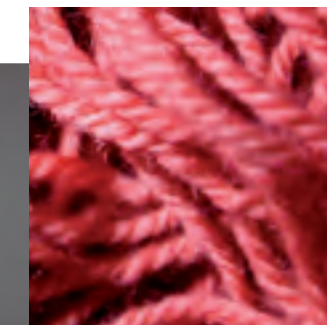
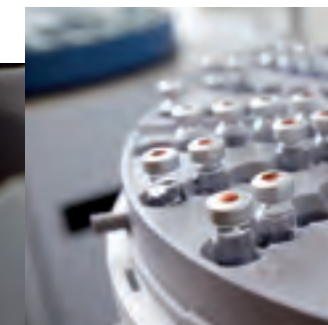
De uitdaging in deze situatie is, de al ontwikkelde kennis en toepassingen niet verloren te laten gaan maar te gebruiken voor de ontwikkeling van een hogere toegevoegde waarde uit biomassa. Een charmante manier om dit te doen, is de meest veelbelovende ontwikkelingen van dit moment te identificeren en te complimenteren.

We denken daarbij aan het opstellen van een groene bedrijvengids en/of website (naar het Duitse voorbeeld van de BioBranchenführer BiB 2010, of de lijst van meer dan 2500 bedrijven in de biobased economy opgesteld door DOA in de VS). Deze gids kan worden gebruikt om via toegespitste assessments vast te stellen welke ontwikkelingen een extra stimulans verdienen. Zo'n extra stimulans zou naar die ondernemers of ontwikkelaars moeten gaan die, dank zij hun behaalde resultaten of plannen, in de beste positie zijn om door te gaan of om te buigen naar biomassatoepassingen met hogere toegevoegde waarde. De extra stimulans zou aanzienlijk moeten zijn, om te garanderen dat alle relevante partijen zich aanmelden voor een serieuze beoordeling van hun plannen en/of resultaten. Te denken valt aan een verdubbeling van het ontwikkelingsbudget van de afgelopen 5 jaar en/of een aanzienlijke overheidsbijdrage in voorgenomen investeringen. De SBIR regeling zou zich hiervoor kunnen lenen, waarbij de voorwaarden voor precompetitiviteit nog eens kritisch tegen het licht gehouden zouden moeten worden. De overheid zou een dergelijke gids kunnen gebruiken in haar voorkeursbeleid voor bioproducten, en binnen deze gids als *launching customer* op kunnen treden.

## Contouren van een groene S-curve

Ontwikkelingen in de groene energie, chemie en materialen worden op allerlei manieren ingedeeld. Beleidstaken kunnen aansluiten bij de in de vorige hoofdstukken ontwikkelde driedeling:

- Aansluiting tussen groene chemie en petrochemie door groene platformchemicaliën in de petrochemische infrastructuur;
- Volledige benutting van enzymen en fermentatie; ontwikkeling van een systeem van bio-platformchemicaliën;
- Bioraffinage: het benutten van de aanwezige complexiteit in de biomassa.



### Eerste fase: inpassen van biochemicalïën in de petrochemische infrastructuur

In de eerste fase gaan energie en chemie geheel hand in hand en wordt vooral het eerder genoemde laaghangende fruit geoogst. Zoals in de voorgaande hoofdstukken beschreven, is voor vrijwel alle traditionele petrochemische bouwstenen (platformmoleculen) een groen alternatief beschikbaar, afgeleid van biobrandstoffen, met etheen en volgproducten uit bio-ethanol als meest aansprekend voorbeeld. In principe is hiermee de bulk van de chemie vergroend! Dit betekent ook dat een doelstelling om 30% van de chemie in 2030 in Nederland te vergroenen in principe eenvoudig haalbaar is: de bouwstenen C<sub>1</sub> t/m C<sub>4</sub> en de aromaten vormen samen meer dan 90% van het volume in de petrochemie. Kennisontwikkeling wordt hier al krachtig gestimuleerd, vooral in de nationale onderzoeksprogramma's B(E)-Basic en CatchBio. Stimulering van innovaties is hier nu ook vereist, zoals krachtig verwoord door het Platform Groene Grondstoffen. Het gaat dan vooral om: harmonisering van regelgeving en fiscale regimes tussen de traditionele petrochemie en de productie van platformmoleculen uit groene grondstoffen. Investeringsstimulansen en vooral garanties zullen in deze kapitaalintensieve bedrijfstak bijna onmisbaar zijn. Belangrijk aandachtspunt is dat de chemie niet stopt bij deze eerste fase, en doorgaat met vergroening (fase 2), want in de volgende stappen is nog veel te winnen.

### Tweede fase: volledig benutten van enzymen en fermentatie, aansluiting bij agro.

Nederland is met de zogenaamde “Dutch School of Catalysis” de onomstreden leider in katalyse; traditioneel gestoeld op de petrochemie

maar ondertussen verbreed tot alle sectoren. Zo staan biokatalyse en biosynthese, het gebruik van enzymen en micro-organismen voor chemische omzettingen, al enkele decennia juist ook in Nederland op een hoog peil. In industriële biokatalyse (witte biotechnologie) wordt Nederland als internationaal toonaangevend gezien. Met de kennis van nu zijn deze ontwikkelingen te zien als een voorbode van een transitie in de sector chemie en materialen; een transitie waarbij de chemie haar traditionele plaats op de bagagedrager van de energiesector heeft verlaten. Verdere ontwikkelingen liggen in het verlengde van lopende programma's zoals B(E)-Basic en CatchBio waarbij te denken valt aan multi-enzym reacties, cascadekatalyse en alle mogelijke vormen van gecombineerde chemo- en biokatalyse. De krachtige Dutch School of Catalysis kan deze uitdagingen aan door tijdig nieuwe programma's te formuleren.

In het gebruik van micro-organismen, waaronder fermentatie, zijn nog vernieuwende stappen mogelijk. Traditioneel zag de industrie fermentatie als een noodgreep voor de bereiding van producten die via chemische synthese niet toegankelijk waren. De voorbeelden van de omgekeerde benadering, waarbij fermentatie het wint van traditionele chemie, druppelen binnen: barnsteenzuur, isobuteen, adipinezuur enz. Er is ruimte voor een meer fundamentele aanpak waarin op basis van alle kennis uit genomics (zoals metabolomics) wordt nagegaan welke bestaande producten goedkoper kunnen worden gemaakt met behulp van micro-organismen. De uitdaging is hier het metabole pad voor het betreffende product over te brengen van de plant naar een geschikt micro-organisme. Een tweede mogelijkheid om fermentaties een bredere scope te geven ligt in de voedingsstoffen voor de micro-organismen. Momenteel worden gezuiverde grondstoffen gebruikt, bijna altijd suiker, en die vormen daarmee de grootste kostenpost in de meeste fermentatieprocessen (behalve in de fermentatie van ingewikkelde

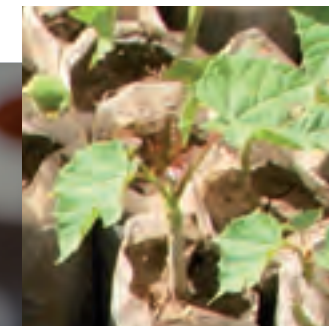
eiwitten voor medicinale toepassingen waar de isolatie en zuivering de meeste kosten met zich meebrengen). In een meer natuurlijke omgeving moeten fermenterende micro-organismen hun voedingsstoffen uit een complexe omgeving kiezen; wat meestal tamelijk efficiënt lukt. Dit opent de deur voor onderzoek naar fermentatieprocessen op basis van onzuivere, goedkope media. In combinatie met verdere ontwikkelingen in ISPR-technieken (In Situ Product Removal, waarbij het gewenste product direct vanuit het fermentatiemengsel in zuivere vorm wordt afgescheiden) kunnen fermentaties nog factoren efficiënter en goedkoper. Uiteindelijk liggen processen binnen bereik waarbij biomassa (denk aan houtsnippers of cacaooppotten) aan fermenterende micro-organismen wordt blootgesteld waarbij de aanwezige suikers worden gebruikt om een specifiek product te vormen en via ISPR te winnen; het restant kan worden gebruikt als brandstof voor energieopwekking, en het minerale residu als bodemverbeteraar. Hiermee is de aansluiting op bioraffinage (zie hierna) gemaakt. Dit alles dient het doel te zijn van een nationaal programma (bio)katalyse.

### Derde fase: bioraffinage, het benutten van de aanwezige complexiteit in de biomassa

De gedachte om gefunctionaliseerde chemische producten rechtstreeks uit biomassa te winnen en de restfractie voor energiedoeleinden te gebruiken is voor de hand liggend, maar in de praktijk weerbarstig. Veel fundamentele kennis ontbreekt nog. De huidige chemische kennis is vooral gebaseerd op selectieve synthese en niet op uitgekende afbraak! Scheidingstechnologie is vooral gebaseerd op het verwijderen van verontreinigingen uit een ruw product. Voor cascadering van biomassa is scheidingstechnologie nodig die het gewenste product selectief uit een meerderheid van andere, vaak verwante, moleculen kan halen. Voor relatief eenvoudige natuurproducten zoals suikers, i.e. de CHO-

verbindingen, hebben we al veel onder de knie. Ontsluiting van lignine/ lignocellulose staat in de kinderschoenen. Stikstof gefunctionaliseerde producten zijn een voor de hand liggende volgende stap. Het isoleren van aminozuren, eenvoudige peptiden en eiwitten uit biomassa (bijvoorbeeld in grasraffinage) kan de huidige omslachtige manier via gehalogeneerde tussenproducten vervangen. Gebruik van chloor en broom kan aldus vermeden of geminimaliseerd worden. Meervoudig gefunctionaliseerde producten (O, N, S, P) kunnen volgen. Idealiter gaat deze ontwikkeling gepaard met een overgang in de onderliggende researchstrategie, waarbij de in de biomassa aanwezige functionaliteit direct wordt omgezet in de gewenste eindproducten; dus niet via een initiële omzetting naar eenvoudige moleculaire bouwstenen of platformmoleculen gevolgd door chemische opbouw.

Traditioneel kennen we vele voorbeelden van chemische producten en materialen uit biomassa, die al of niet in competitie met voedsel of diervoeder worden toegepast (zetmeel voor chemie en voeding, suiker voor voeding en fermentatie). Het Dutch Biorefinery Cluster heeft met een moderne aanpak voor de grote Nederlandse landbouwproducten zoals gras/zuivel, granen, suikerbieten en aardappelen, en voor papier een veelbelovende ontwikkeling ingezet. De ontwikkelingen in genomics maken het ons mogelijk landbouwproducten doelbewust te voorzien van genetische informatie voor de aanmaak van gewenste moleculen. Die voor de eindtoepassing als voeding kunnen worden geïsoleerd. Amylopectine is een aansprekend voorbeeld. Doelbewuste ontwikkeling van nieuwe teelten, inclusief algen en wieren, zal eerst vanuit een internationale context moeten worden bezien. Welke planten of organismen zijn het meest geschikt voor welke toepassing? En wat zijn de optimale plaats en omstandigheden voor aanplant en oogst? De sterke Nederlandse positie in plantenveredeling en zaden kan hierbij een interessant startpunt zijn.



In fasen twee en drie stapt de chemie langzaam af van de bagagedrager van de fossiele energiesector. Historisch gezien maakt de chemie al meer dan 150 jaar dankbaar gebruik van de schaalgrootte van de energie. In een groene economie kan de chemie ook profiteren van de schaalgrootte van de voedselproductie, door in de marge daarvan moleculen of materialen direct uit biomassa te verkrijgen. Het doelbewust gebruik van micro-organismen voor chemie en materialen heeft al een hoge graad van ontwikkeling bereikt (zie biomaterialen); bij gebruik van bestaande landbouwgewassen (inclusief reststromen), nieuwe teelten (met of zonder genetische modificaties), algen en wieren kan het arsenaal aan productieprocessen voor chemicaliën en materialen nog eens met een veelvoud groeien. Alleen al het feit dat meer dan de helft van onze geneesmiddelen uit planten afkomstig is, dan wel ervan afgeleid of door geïnspireerd, zou een reden moeten zijn veel meer gefunctionaliseerde producten direct door planten te laten produceren. Ook hier geldt dat veel fundamentele kennis nog ontbreekt, vooral efficiënte scheidingstechnologie.

Er is een uitgebreide nieuwe kennisagenda verbonden met deze ontwikkelingen. Het gaat in de eerste plaats om de ontwikkeling van een fundamenteel nieuwe scheidingstechnologie, toegespitst op bioprocessen en waterige systemen. Verder is de ontwikkeling nodig van selectieve (bio)katalyse, waarmee biomassa kan worden afgebroken of omgebouwd tot gewenste moleculen. Integratie en doorontwikkeling van alle verworvenheden uit de moderne biotechnologie is hierbij essentieel; dit zal moeten plaats vinden in het verlengde van B(E) Basic, Catchbio en de NGI- programma's. Meer specifieke aandacht voor groene biotechnologie en bioraffinage is zeer gewenst.

Een punt van strategischer aard is het vinden van middelen en stimulansen om de chemie en materialensector anders te leren denken:

namelijk vanuit de complexe biomassa in plaats vanuit de relatief eenvoudige platformmoleculen uit de energiesector. In de moderne genetische technieken en de synthetische biologie liggen hier goede opstapmogelijkheden. Daardoor zal ook het losmaken van de chemie van de energie en het in symbiose brengen met de agrosector een uitdaging van formaat zijn. Bovendien, zo'n stap kan alleen succesvol zijn als tegelijkertijd ook van de andere kant, de agrosector, tegemoetkomende stappen worden gezet. Daarom is een kennis- en innovatieagenda opgezet vanuit de agrosector een onmisbare vervolgstap, gericht op een biobased economy, of beter nog – vanwege de vele maatschappelijke implicaties – een biobased society. Er zijn al veel goede voorbeelden van publiek-private programma's die in zo'n agenda passen, zoals het DBC (Dutch Biorefinery Cluster), CCC (Carbohydrate Competence Centre), BPM (Biobased Performance Materials) en ook TBSC (Towards BioSolar Cells).

## Van technologische doorontwikkeling naar transitie en systeeminnovatie

Een kennis- en innovatieagenda voor een biobased economy omvat al met al méér dan doorontwikkeling en voortstappen op al ingeslagen paden, doordat het tot stand brengen van die biobased economy veel meer overhoop haalt dan bij oppervlakkige beschouwing lijkt. We zijn geneigd, de veranderingen al te onderschatten bij een op het eerste gezicht eenvoudige doorontwikkeling naar een chemie- en materialensector op basis van bioraffinage. Als de chemie van fossiel naar biomassa overstapt, zou dat voor de maatschappij wel eens méér veranderingen teweeg kunnen brengen dan wanneer de energievoorziening overschakelt naar biomassa. Zeker wanneer deze overstap hand in hand gaat met een transitie in de agrosector zal de

maatschappij als geheel de effecten merken en er informatie en (mede) zeggenschap over willen hebben.

Bij zo'n overstap van de chemie zullen alle ketens, ongeacht of ze leiden tot energie, materialen of voeding, opnieuw worden gerangschikt en nieuwe dwarsverbindingen ontwikkelen. Alle internationale verbanden en kennis- en concurrentieposities zullen vanuit het perspectief van de biobased economy opnieuw overwogen moeten worden. We weten nu waar onze (fossiele) grondstofbronnen liggen – maar als de biobased economy van de grond komt, betekent dit een internationale herverdeling van handelsrelaties (overigens geen reden om op te houden met het uitbouwen van onze bestaande sterktes dicht bij huis). Grote veranderingen in de goederenstromen zullen het gevolg zijn. En er is meer aan de hand.

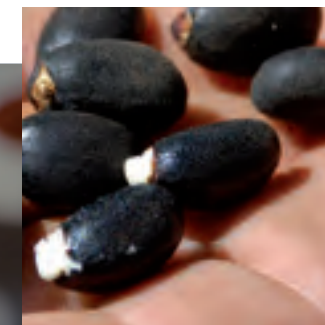
Beleidsmatig moeten de consequenties van de biobased economy vooraf goed worden geanalyseerd. Het kan niet de bedoeling zijn dat het éne verspillende maatschappelijke systeem, gebaseerd op fossiele brandstoffen, wordt ingeruild voor een ander verspillend systeem, gebaseerd op groene grondstoffen. De consequenties van ingrepen in biologie en ecologie moeten goed worden bezien, en waar mogelijk moeten materialen worden gerecycled om het beslag op land, water en andere ecologische hulpbronnen beperkt te houden.

De agrosector op haar beurt is volop in beweging en heeft daarom ook grote behoefte aan een eigen kennis- en innovatieagenda, in aansluiting op belangrijke stappen die al door bedrijven in de agrosector zijn gezet. Met zo'n kennis- en innovatieagenda kan de agrosector de sectoren energie, chemie en materialen ontmoeten en tot vruchtbare samenwerking komen. Voor agro zijn de denklijnen (in overeenstemming met hoofdstuk 5):

- een aanbodgerichte agenda voor de (inter)nationale en/of regionale agrosector. Wat hebben we nu? En wat kunnen we er (nog meer) mee?
- een vraaggestuurde agenda opgezet vanuit de internationale context. Welke producten hebben we nodig in een biobased society? Wat is het beste vehikel en het handigste proces? Waar en hoe gaan we productie en verwerking doen? Hieronder valt naast ontwikkeling van nieuwe producten in de chemie ook een andere aanpak van productie en benutting van biomassa.

In het proces van oogsten en verwerken van biomassa zullen grote veranderingen (kunnen) optreden, vooral bij de eerste verwerking. Tot nu toe worden direct na de oogst de meest waardevolle delen van gewassen (incl. gras) gescheiden van de rest van de gegroeide biomassa; in de biobased situatie zal veel meer de totale productie aan biomassa worden geoogst. Op het agrarische bedrijf zelf zal de geoogste biomassa worden gescheiden in componenten en vervolgens naar verschillende bestemmingen gestuurd, om het logistieke proces beheersbaar en betaalbaar te houden. Zo'n procesgang maakt het mogelijk dat bestaande toepassingen opnieuw worden afgezet tegen, of gecombineerd met nieuwe, hoogwaardige toepassingen, energiewinning en hergebruik van mineralen. Het opnieuw ontwerpen van dit mineralen- en drogestofmanagement zal in vele gevallen gecompliceerd blijken.

Deze nieuwe vormen van oogst en eerste bewerking hebben niet alleen consequenties voor de agrarische bedrijven, maar ook in de hele keten. Bij elke verwerkingsstap, ook bij internationale ketens, komt opnieuw aan de orde of deze zal plaatsvinden in de regio van productie van de biomassa of elders, na transport van tussenproducten. Ook de verdeling van deze integrale oogst over food, feed, chemie en materialen zal kunnen veranderen. De discussies over biodiversiteit, Noord-Zuid problematiek, water en grondgebruik krijgen een nieuwe dimensie.



De mogelijkheden om nu kwetsbare importen zoals fosfor, mineralen, kunstmest, soja, cellulose, hout en palmolie deels door recycling en/of lokale alternatieven te vervangen nemen toe. In feite vraagt een biobased economy, en zeker een biobased society, om een re-design van productie, oogst en verwerking van biomassa.

Een dergelijk groot samenspel van veranderingen is onmogelijk door een of enkele groepen van deskundigen te sturen. Het vergt een multidisciplinaire programma-aanpak met alle kenmerken van een systeeminnovatie.

Het is noodzakelijk, de maatschappij goed op deze overgangen voor te bereiden. Goede voorlichting en maatschappelijk debat zijn daarbij een vereiste maar niet voldoende. In projecten en programma's op alle niveaus zullen essentiële bijdragen geleverd moeten worden vanuit de wetenschap, waarbij alfa-, bèta- en gammadisciplines op een geïntegreerde manier zijn betrokken. Deze bijdragen zullen niet alleen de vorm moeten krijgen van studies van economen, gedragsdeskundigen, innovatiehoogleraren of juristen die de lopende ontwikkeling gadeslaan of kritiseren – het gaat vooral om deelname en soms richting geven door deze disciplines aan het transitieproces. Een recente studie laat zien dat alfa- en gammadeskundigheid meestal pas wordt ingeroepen als de bèta-experts hun zegje of zelfs hun werk hebben gedaan – zo groot is de invloed van technologie nog steeds. Bij grote lopende onderzoekprogramma's worden ook maatschappelijke, economische of milieu-onderdelen nog gedomineerd door vraagstelling of sturing vanuit de technologie. Enkele innovatiedeskundigen zien hierin zelfs een belangrijke oorzaak van de innovatieparadox: we bereiden de maatschappij niet voor!

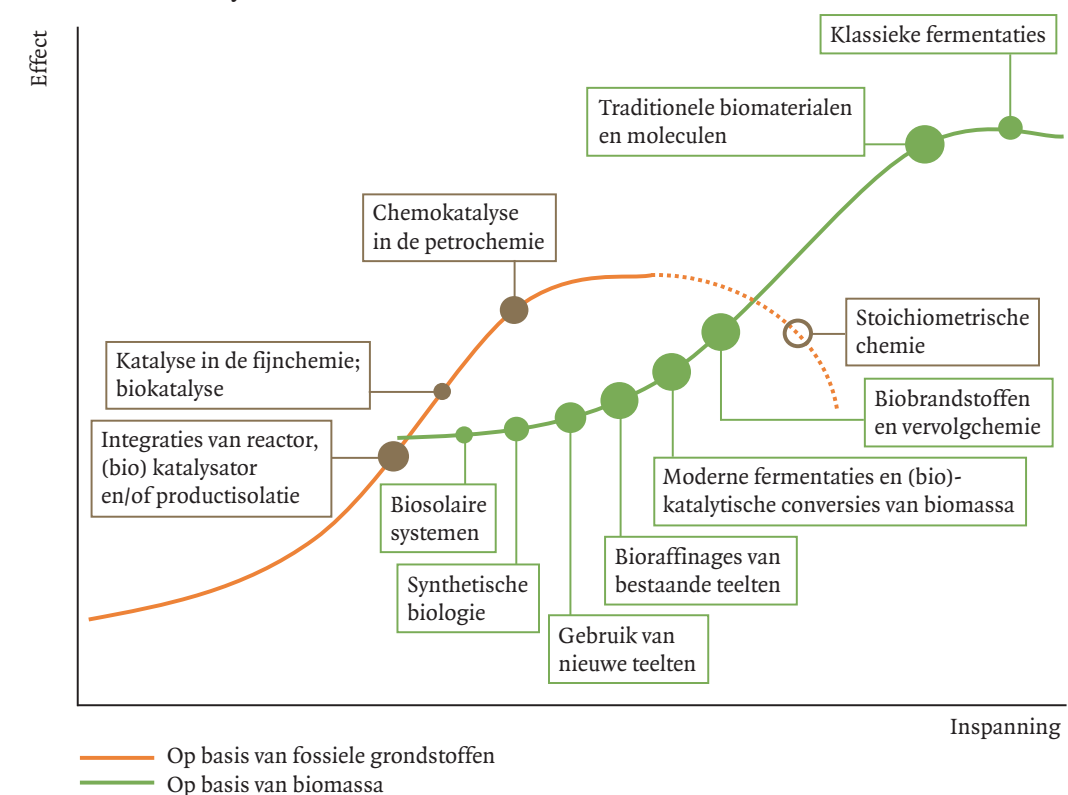
Om deze innovatieparadox te doorbreken zullen de alfa- en gammacollega's langszij met de technologen moeten komen. Zij zullen mee moeten denken bij het aanpakken van een probleem als het geforceerd precompetitieve karakter in nationale onderzoekprogramma's – een detail, maar wel van groot belang om de innovatieparadox te doorbreken. Hun bijdrage is dringend nodig bij het aanpassen van regelgeving die direct of indirect gebaseerd is op het fossiele tijdperk, waardoor onbedoeld allerlei groene ontwikkelingen worden geremd of gefrustreerd. En er zullen meer kwesties naar boven komen waarbij alfa en gamma, eerder dan bèta, het initiatief moeten hebben.

Ten slotte, misschien wel exemplarisch voor de moeilijkheidsgraad van de systeeminnovatie, ook in het vak chemie is een transitie nodig. Het betreft omgaan met complexiteit: de complexiteit van de aangeboden biomassa. Chemie is van oudsher een reductionistische wetenschap, vooral waar het gaat om het vervaardigen van eindproducten. Fossiele grondstoffen worden omgezet in een handvol basismoleculen die vervolgens worden opgebouwd naar eindproducten met een indrukwekkend palet aan verscheidenheid en complexiteit. Complexiteit is hier het eindproduct. De eerste stap in de transitie naar een biobased economy herhaalt deze kunsten door uit te gaan van een beperkt aantal platformmoleculen uit de biobrandstoffen. Een chemie op basis van complexe biomassa zal moeten streven naar het begrijpen, nuttig gebruiken en maximaal behouden van die complexiteit bij het maken van de gewenste eindproducten. Rubber uit de rubberboom is een mooi voorbeeld: latex wordt niet eerst afgebroken en vervolgens opgebouwd tot rubber, maar in zijn complexiteit gebruikt. Ook het antimalariamiddel Artemeter afgeleid van artemisinine uit Artemisia

maritima of uit een gemodificeerde E.Coli past in dit schema. Genetische modificatie van planten en organismen zodat het gewenste complexe eindproduct direct in de cel of plant wordt gevormd, gevolgd door slimme scheiding en winning is het doel.

Figuur 3. Positie van diverse wetenschapsgebieden op weg naar de biobased society, op S-curves voor fossiele en groene grondstoffen. Aan het begin van de S-curves staan wetenschapsgebieden die nog ontwikkeld moeten worden; aan de top van de S-curves staan volledig ontwikkelde gebieden.

### S-Curves voor Synthese van Moleculen en Materialen



Ook hier zal de benadering van systeeminnovatie nodig zijn; om van reductionisme naar holisme te komen; om complexiteit te leren begrijpen, verbeelden en beheersen. Moderne *imaging* technieken van dynamische systemen, verworvenheden van alle moleculaire biotechnologiespecialismen en toegespitste informatietechnologie zullen nodig zijn om selectieve ingrepen in complexe systemen mogelijk te maken en op efficiënte wijze te laten uitmonden in de gewenste eindproducten. Tot deze formidabele uitdaging hoort ook het terugvertalen van gewenste eigenschappen in een eindproduct naar het uitgangsmateriaal (de plant), zodat hierin gericht kan worden gemodificeerd.

## De vereisten: van biobased economy naar biobased society

Het concept ‘biobased economy’ wordt in discussies vaak al verbreed tot ‘biobased society’, gekoppeld aan discussies over duurzaamheid en met expliciete aandacht voor maatschappelijke en ethische zaken en mondiale verdelingsvragen. Hiermee zijn we inderdaad het niveau van technologisch gestuurde vooruitgang ontstegen en kunnen we gaan spreken over systeeminnovatie.

In lijn met de vereisten voor een systeeminnovatie en passend op de S-Curve (zie figuur 3) voor een biobased society stellen we de volgende stappen voor:

### I Instelling van zes nationale programma’s

- *Programma Groene Bulk (Chemie)*, PGB. De nadruk ligt hier op de snelle invoering van biobrandstoffen en daarvan afgeleide platformmoleculen voor de chemie- en materialensector.

Harmonisering van regelgeving, investeringsstimulansen en commerciële zekerstellingen zullen de belangrijkste issues zijn. Het programma zou een voortzetting kunnen zijn van (een deel van) het huidige Platform Groene Grondstoffen in samenwerking met CatchBio.

- *Programma Katalyse*, PC (Engels: *Catalysis*). Nederland is goed in katalyse, maar de nieuwe ontwikkelingen eisen nieuwe kennis. Bovendien is het noodzakelijk dat de verschillende disciplines binnen de katalyse veel meer en beter gaan samenwerken. Deze stimulans kan het beste worden opgepakt door al lopende onderzoekprogramma’s zoals CatchBio, BE Basic, DPI en MMI. De nadruk zal hier meer liggen op onderzoek, ontwikkeling en schaalvergroting, en met conversie van biomassa als startpunt.
- *Programma Bioraffinage*, PB. Dit programma vormt de kern van het nieuwe biobased overheidsbeleid en zou het beste vorm kunnen worden gegeven langs de lijnen van het Platform Groene Grondstoffen (zonder de kortere termijn doelen als genoemd onder het PGB) en aangepast aan de eisen voor systeeminnovatie. Alle lokale en regionale ontwikkelingen rond bioraffinage zoals in het Dutch Biorefinery Cluster zullen hierin verdisconteerd moeten zijn.
- *Programma Holistische Chemie*, PHC. Holistisch slaat in dit verband op de complexiteit van het mengsel van chemische stoffen in de plant. Het fundamentele karakter van dit onderwerp maakt onderbrenging bij NWO voor de hand liggend. Uitermate belangrijk is hier de inzet van alfa- en gammadeskundigen, naast de technologen, om de slaagkansen voor een succesvolle hantering van het begrip complexiteit in een biobased economy te vergroten.
- *Programma Agro en Logistiek*: PAL. Naast het programma voor bioraffinage is dit het tweede gremium van onmisbaar belang. Ook de logistiek komt in dit programma aan de orde. De twee eerder genoemde denklijnen, te weten een aanbod- en een vraaggestuurde

agenda zullen samenstelling en werkwijze van dit programma bepalen (respectievelijk: wat hebben we nu aan biomassa en wat kunnen we er – nog meer – mee, en: welke behoeften heeft de biobased society in een internationale context). De eerste denklijn zou kunnen worden opgepakt door regionale organen en het Dutch Biorefinery Cluster. De tweede zou goed bij de WUR passen.

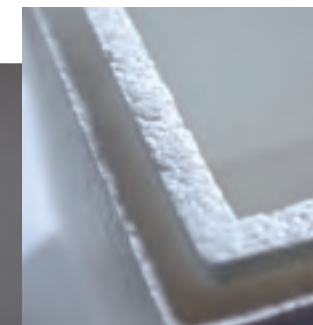
- *Programma Maatschappelijke Aspecten Groene Grondstoffen*, MAGG. De complexe maatschappelijke transitie naar een biobased society moet enerzijds in elk van de vorige programma’s aan de orde komen, maar heeft anderzijds een eigen forum nodig. Daarin hebben vertegenwoordigers van relevante maatschappijwetenschappelijke disciplines zitting, naast enkele technologen en de maatschappij vertegenwoordigende *stakeholders*, waaronder diverse NGO’s. Een van de meest prangende zaken waarmee dit programma zich gelijk al zal moeten bezighouden is de ingewikkelde, onduidelijke en ongelijke regelgeving die de ontwikkeling van de biobased economy nu al in ernstige mate hindert. Door met de andere programma’s op een zorgvuldige manier tot enkele personele unies te komen, kan al zoveel mogelijk uitwisseling van inzichten tussen de diverse programma’s plaats vinden, zonder dat dit ten koste gaat van de noodzakelijke (disciplinetechnische) diepgang in ieder van de programma’s.

De samenstelling en werkwijze van elk programma moet passen bij het thema en de vereisten van een systeeminnovatie. Naast deskundigen uit alfa-, bèta- en gammadisciplines zullen bedrijven, maatschappelijke organisaties en overheden als deelnemers gekozen moeten worden (bijvoorbeeld twee ondernemers, waarvan één uit een groot bedrijf en één uit het mkb, twee technologen, een econoom, een jurist, een gedragswetenschapper, een EU liaison, een vertegenwoordiger van de overheid, een vertegenwoordiger van NGO’s of maatschappelijke organisaties; maximaal tien personen). Waar mogelijk krijgen bestaande

structuren de mogelijkheid om het initiatief te nemen voor het starten van (een van) de onderstaande programma’s. Met goedgekozen personele unies zal het mogelijk zijn de nodige dwarsverbanden te organiseren.

Elk programma doet er goed aan, in een vroeg stadium focus aan te brengen door enkele sociaal-technologische aandachtsgebieden te kiezen binnen het betreffende programmathema, in aansluiting op in Nederland aanwezige sterktes. Voorbeelden van zulke aandachtsgebieden zijn: teeltkeuze, in te zetten biomassa, voorbewerking, voorwaartse integratie, logistiek en kringlopen, scheidingstechnologie, katalyse en genomics. Vanzelfsprekende taken voor programma’s zijn verder de organisatie van netwerkbijeenkomsten en rondetafelconferenties, en ruime aandacht voor het mkb. Aansluiting moet worden gezocht bij relevante EU gremia zoals het KBBE.

Van groot belang is ook dat de programma’s (nieuwe) antwoorden vinden op enkele zwakke punten in de huidige nationale kennis- en innovatieagenda’s. Zulke zwakke punten zijn onder meer het omgaan met competitieve technologieontwikkelingen, het structureren van in kind naast *cash* bijdrages van deelnemers in gesubsidieerde projecten, en het opzetten van pilotfaciliteiten en demonstratieopstellingen. In de ideale situatie maken de programma’s het mogelijk projecten van concept tot (pre)commercialisatie te begeleiden.



## II Instelling van een High Level Regiegroep Biobased Society voor de genoemde nationale programma's

De Regiegroep zorgt voor:

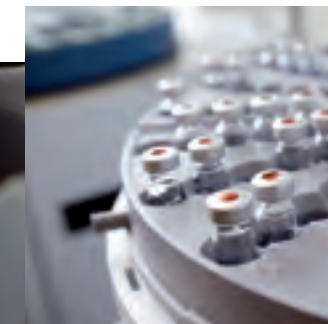
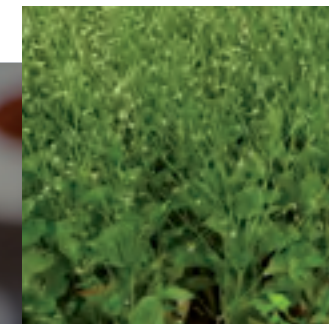
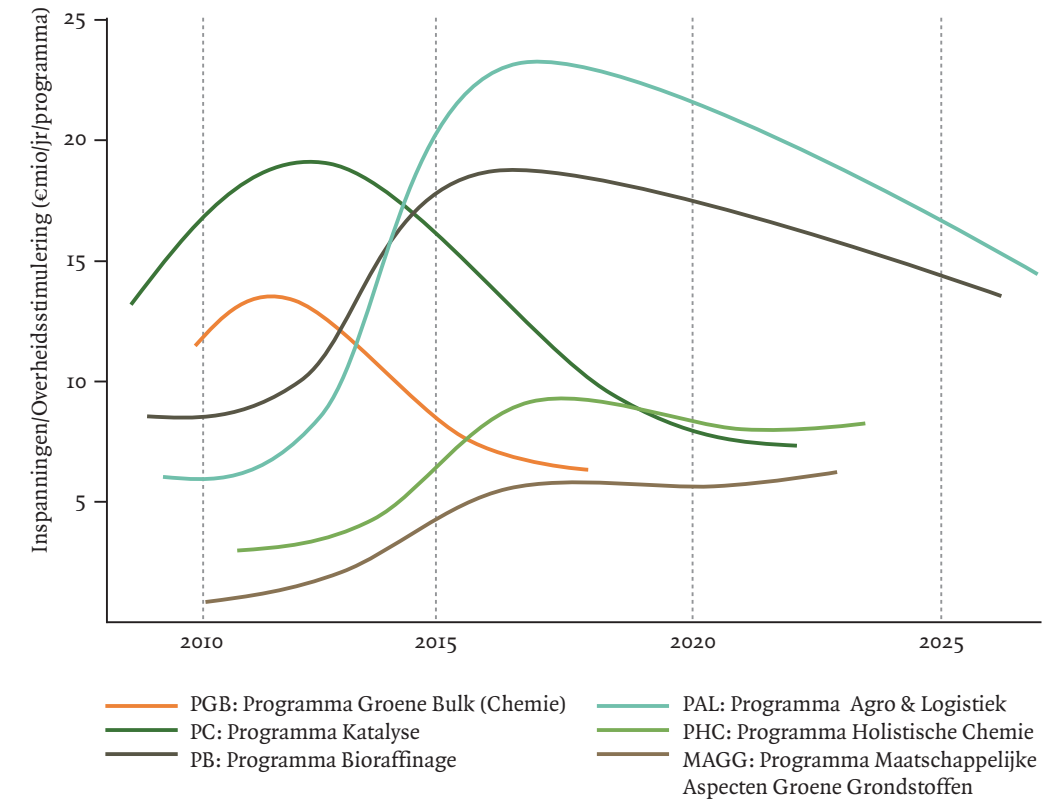
- samenhang in de werkzaamheden van de programma's;
- formulering van de taakstellingen van de programma's;
- communicatie en PR;
- internationale context, aansluiting op EU beleid;
- uitschrijven van prijsvragen (bijvoorbeeld complimenteren van de pioniers in de biobased economy);
- organiseren van assessments;
- lobbyen, bijvoorbeeld voor aansprekende voorbeelden uit de programma's, zoals de bio-ethen pijpleiding;
- bewaking van de consistentie in het overheidsbeleid en vooral ook het preferentieel beleid ter ondersteuning van de biobased society;
- ontwikkeling en toepassing van duurzaamheidcriteria, en monitoring daarvan.

Terwijl de programma's diepgang aanbrengen, zorgt de High Level Regiegroep voor overzicht. De Regiegroep kan vanuit de huidige IP BBE organisatie worden opgezet. Het vormen en opstarten van de programma's met een passend tijdschema en financieel kader zal een eerste activiteit moeten zijn. De WTC heeft deze aspecten niet uitputtend onderzocht en volstaat met een indicatie voor de komende tien tot vijftien jaar, gebaseerd op recente ervaringen met programma's als Dutch Biorefinery Cluster, BE Basic, Catch Bio, NGI e.d..

Figuur 4. Benodigde inspanning voor elk van de programma's in de tijd.

Gezien de omvang en complexiteit van een systeeminnovatie is een robuuste start van belang. Anderzijds is het noodzakelijk een aantal go/no go momenten in te bouwen om de juistheid van de ingeslagen weg en de in te zetten middelen te verifiëren.

### Tijdpad stimulering Bio Based Society





# Bijlagen

Samenvattingen interviews

## Rob Zsom, Klaas Hellingwerf en Joost Reek

### Nederlands kracht ligt in de chemie

Overall ter wereld vindt onderzoek naar nieuwe energie plaats, vinden Rob Zsom, Klaas Hellingwerf en Joost Reek van de Universiteit van Amsterdam, maar de specifieke kracht van Nederland ligt in chemische kennis en industrie, en daar zou dan ook een specifiek Nederlandse beleidsinspanning op gericht moeten zijn.

Aan de UvA wordt gewerkt aan alternatieven voor het natuurlijke proces van fotosynthese. Dit is inefficiënt, en daarom heb je veel oppervlak nodig; bovendien komt de mineralenbalans in het ongereede. De éne lijn (Hellingwerf) maakt gebruik van cyanobacteriën. Deze zijn gemakkelijk genetisch te modificeren in tegenstelling tot algen, en hebben een zeer efficiënte fotosynthese. Deze lijn is zeer geschikt voor het maken van chemische specialties. De andere lijn (Reek) richt zich op “bio” solar devices. De hieruit opgewekte stroom kan bijvoorbeeld worden gebruikt voor elektrolyse van water. Het voordeel van beide routes is dat nevenproducten (zoals een grote hoeveelheid cellulose), die energie en ruimte vragen voor hun productie, worden vermeden.

Het is van het grootste belang dat Nederland als kennisland overeind blijft. Daarvoor is geen specialisering op bepaalde vakgebieden nodig; juist de breedte van de wetenschapsbeoefening zorgt voor kwaliteit in specialismen. Het hele domein van (bèta-)wetenschappen moet afgedekt blijven. Vooral Hellingwerf ondervindt hoe lastig de stap is van toepasbare kennis naar commerciële toepassing. Voor de ontwikkeling van kennis is geld genoeg. En heb je iets dat commercieel haalbaar is, dan kun je weer aan voldoende geld komen. Daar tussen zit echter een gat dat in Nederland heel moeilijk te overbruggen is. Daar moet dringend iets aan gedaan worden.

### De innovatieparadox is nog volop geldig

Gelukkig dringt de laatste jaren het besef door dat we ons vooral op biobased chemicals en biomaterialen moeten richten en minder exclusief op biobrandstoffen. Maar Nederland dreigt zijn kennisvoorsprong op dit gebied te verliezen, zo meent Jacco van Haveren, programmamanager chemicaliën aan Wageningen UR. De innovatieparadox (prima technologisch ontwikkelingswerk in Nederland, geen follow-up) blijkt ook op het gebied van de biobased economy volop geldig.

De publiek-private samenwerking, in Nederland sterk gestimuleerd, leidt voornamelijk tot pre-competitief onderzoek. Het resultaat is een vracht aan eersteklas wetenschappelijke kennis vanuit bijvoorbeeld Dutch Polymer Institute, Be-BASIC, CATCHBIO etc., maar ook een onbedoelde blokkade bij de verdere doorontwikkeling en toepassing daarvan. In de VS wordt venture capital gemakkelijker verstrekt. Een grotere financiële stimulering vanuit de overheid van één op één onderzoek tussen bedrijven en kennisinstututen zal ook helpen om meer ontwikkelingen in een competitief stadium te brengen.

Een meer structurele belemmering is dat er nog zo véél mogelijkheden zijn – voor onderzoekers prachtig, voor de financiële wereld een bron van onzekerheden. Het is wachten op de dominante ontwikkelingsrichting.

Verder worden biochemicaliën op afstand gezet door financiële ondersteuning van bijvoorbeeld olie- en energiemaatschappijen. “We noemen dat in die sector geen subsidies maar belasting- of tariefvoordelen,” aldus Van Haveren, “maar het komt op hetzelfde neer. Er is niet alleen een gelijk speelveld nodig tussen energie en chemie, maar ook een gelijk financieel speelveld tussen petrochemie en biobased chemie.”

Nederland zal moeten inzetten op ingroei van biochemicaliën in de huidige petrochemie (heel goed mogelijk via bio-etheen) én op productie van meer hoogwaardige chemicaliën (zoals barnsteenzuur en adipinezuur). Deze performance chemicals omvatten qua volume slechts ca. 20% van de markt, maar hun economische waarde is relatief veel groter.

Jacco van Haveren

‘Nederland dreigt zijn kennisvoorsprong op dit gebied te verliezen.’

### De biobased economy is onderdeel van een ontwikkeling gericht op integratie

De ontwikkeling van de biobased economy is een stap op weg naar een meer vanuit een holistische visie op integratie gerichte maatschappij. Daarin wordt de natuur niet meer hoofdzakelijk reductionistisch benaderd en zal de mens beter met zijn sociale omgeving en de natuur in overeenstemming kunnen zijn, zo vindt Rietje van Dam-Mieras, lid van het College van Bestuur van de Universiteit Leiden. De chemie bijvoorbeeld moet afstappen van een technologie gebaseerd op het afbreken van natuurlijke grondstoffen tot eenvoudige bouwstenen waaruit vervolgens weer meer complexe moleculen worden opgebouwd naar een technologie waarin juist zoveel mogelijk gebruik gemaakt wordt van de complexiteit van de natuur.

Onze maatschappij heeft behoefte aan mondialisering van kennisstromen en tegelijkertijd regionalisering van materiaalstromen. In het publieke domein ontwikkelde precompetitieve kennis moet niet aan grenzen gebonden zijn. Wij kunnen deze vrij toegankelijk maken en het delen ervan tot element van ontwikkelingssamenwerking maken. Internationale netwerken van onderzoekers en studenten spelen daarbij een belangrijke rol. Ook in de competitieve fase drijft kennisoverdracht voor een groot deel op mensen en hun netwerken. Toegepast op de

biobased economy: groene grondstoffen zijn overal aanwezig; om deze te ontsluiten hebben we ook overal kennis en technologie nodig en mensen die deze kunnen toepassen.

Ketenintegratie op regionale schaal, inclusief regionale industrie, is beter dan grootschalige transportstromen van biomassa. Met de juiste kennis kunnen regionaal aangepaste gewassen en regionale waardeketens worden ontwikkeld.

Bij de verdere ontwikkeling van de biobased economy moeten we uiteraard oog hebben voor de complexiteit en onzekerheid van maatschappelijke ontwikkelingen. We hebben naast fundamenteel en toegepast onderzoek ook transdisciplinariteit, postnormal science, open-source denken en een wiki-benadering van kennis nodig. Hierbij passen universiteiten met oog voor onderwijsinnovatie en internationalisering gericht op kennisuitwisseling tussen, en kennisverspreiding naar verschillende doelgroepen, Naast excellente kennis en goed opgeleide mensen zijn maatschappelijke verantwoordelijkheid en verdere uitwerking van het concept duurzame ontwikkeling van belang.

### Besteed aandacht aan de systeemveranderingen, nodig voor de biobased economy

De uitgangspositie van Nederland in de biobased economy is goed, zo menen Tini Hooymans en Rob Weterings van TNO. Om daar goed op in te kunnen spelen is het wel nodig, in een vroeg stadium de veranderingen op systeemniveau te benoemen. Vijf economische sectoren komen hier bij elkaar: agro, chemie, energie, bouw en logistiek – elk met hun eigen culturen, bedrijfsstijlen, snelheden en wijzen van besluitvorming. Als de biobased economy in de eerste plaats wordt opgevat als technologische opgave, en deze cultuurverschillen niet al in een vroeg stadium als mogelijke motor én obstakel worden onderkend, dan kan in een later stadium de ontwikkeling spaak lopen.

Kennismobilisatie is eigenlijk meer een sociaal dan een wetenschappelijk vraagstuk. Op wetenschappelijk niveau moeten duizend bloemen bloeien, maar richting valorisatie en innovatie moet deze kennis worden getrechterd. Daarbij zijn vele soorten expertise nodig, naast technologie ook regelgeving, acceptatie, ethiek. TNO richt zich op die integratiestap door mensen met elkaar aan tafel te zetten met een mix aan expertises. De sociale opgave van het valorisatieproces is dat innovatieve bedrijven niet op een eiland moeten blijven staan. Starters zijn er altijd, maar het komt op gemeenschapsvorming aan (community). De combinatie DLO-TNO kan op dit gebied in de biobased economy een belangrijke rol spelen.

Vorbewerking en bioraffinage van biomassa lijken sterke punten van Nederland te kunnen worden. Maar hier zit een logistiek spanningsveld. Vorbewerking en raffinage van biomassa veronderstellen aanvoer van ruwe biomassa, en die zal primair moeten komen uit de eigen productieregio Noordwest Europa. Maar de potentie hiervan moet niet worden overschat (dat is tien jaar geleden ook al eens gebeurd toen het ging om biobrandstoffen). Ook moet niet bij voorbaat worden gedacht dat voorwaartse integratie in de Nederlandse akkerbouw haalbaar is. De aanvoer van biomassa (hoeveelheden, soorten) is daarom een punt van extra aandacht.

Productielanden zullen zich niet onbetuigd laten en eigen ketens gaan opzetten. Waardetoevoeging in Nederland zal dan vooral moeten voortkomen uit slimme combinaties van wetenschappelijke en maatschappelijke terreinen: juist in het maken van zulke combinaties zijn wij momenteel slimmer dan vele buitenlandse landen.

Opbouw van een biobased economy is enerzijds het herkennen en benutten van niches en anderzijds het hebben van een gezamenlijk lange-termijn verhaal. Dat lange-termijn verhaal is nodig voor opschaling. Bij de biobased economy gaat het om een gebalanceerde





toepassing van biomassa in een aantal sectoren. De ketens die hiervoor moeten worden gemaakt, vereisen het in elkaar schuiven van een aantal dynamische tijdshorizonten. Stabiele ketens moeten qua materiaal- en geldstromen kloppend zijn. Ook dit moet worden georganiseerd.

Een hechte samenwerking binnen de 'triple helix' van bedrijfsleven, overheid en kennisinstellingen is essentieel.

- De maatschappelijke behoefteontwikkeling moet bij alle partijen scherp in het vizier zijn.
- De overheid neemt belemmerende regels weg, ondersteunt proeftuinen waarin nieuwe kansen worden ontwikkeld en creëert een stabiel investeringsklimaat voor het bedrijfsleven.

- Het bedrijfsleven realiseert nieuwe business en organiseert de ketens zodat productie en toepassing van biomassa gelijktijdig groeien.
- De kennisinstellingen brengen deze partijen samen en leveren de benodigde informatie en inzichten waarop beleid en besluitvorming kan worden gegrondvest.

## Niet te optimistisch

Bij het beoordelen van de biobased economy moet men niet te optimistisch zijn, aldus Wim van Swaaij, hoogleraar chemische procestechnologie aan de Universiteit Twente. De commissie signaleert terecht dat de materialenmarkt bescheiden is ten opzichte van de energiemarkt. Maar dat betekent ook dat het vervangen van fossiele materialen door biomaterialen geen beslissende invloed heeft op de wereldwijde uitstoot van CO<sub>2</sub>.

Ook moet nog eens worden bezien of de 'vergroening van de chemie' zich wel verder zal ontwikkelen van de tweede fase naar de derde. Zullen agro en chemie werkelijk zo nauw met elkaar worden verweven als de commissie schetst? In die tweede fase zal een zeer ruim aanbod van glucose op de markt zijn, uit ontleding van cellulose met tweede generatie technologieën. Wanneer wij met de huidige chemie al in staat zijn, uit de weinig reactieve koolwaterstoffen (aardolie) de meest uiteenlopende en meest gecompliceerde verbindingen te maken – dan zal het toch zeker lukken, uit de al veel sterker gefunctionaliseerde grondstof glucose al die gecompliceerde verbindingen te maken. De plaats van petrochemie wordt eenvoudig door glucosechemie overgenomen.

Als er al gespecialiseerde planten worden ontwikkeld die waardevolle stoffen maken, dan is het veel slimmer de genen uit die planten in te bouwen in cyanobacteriën, die zulke stoffen veel efficiënter zullen kunnen maken (want zonder ballast van veel lignocellulose).

Vergassing is een onderbelichte mogelijkheid voor biomassa. Maar vergassing moet niet in de plaats komen van bioraffinage: vergassing is een goede oplossing voor reststromen. Syngas dat daaruit ontstaat is een zeer flexibele grondstof, die zowel voor energieopwekking als voor chemie gebruikt kan worden. Anderzijds is vergassing een zeer grootschalige technologie en dat geeft zijn beperkingen, zeker in het licht van de schaalverkleining die terecht door de commissie wordt belicht. De grondstoffen voor vergassing zullen voornamelijk van overzee moeten komen.

### Er komt veel bulk mee met de specialties uit biomassa

Een totale chemische bedrijfstak opbouwen op basis van biomassa is veel lastiger dan men denkt, en bovendien uit ecologisch perspectief wellicht ongewenst, aldus Kees van der Wiele, tot voor kort Chief Technology Officer bij Albemarle.

Hoogwaardige componenten vormen slechts een zeer klein deel van de oogst van (non-food) biomassa. De hoofdmoot wordt gevormd door lignocellulose. Met tweede generatie-technologieën (enzymatische omzetting) kan dit worden omgezet in glucose en andere suikers.

Om daar vervolgens geen energie maar chemische grondstoffen van te maken (bulkchemicaliën als etheen, propeen, alcoholen, zuren, ketonen, amines) hebben we een ‘suikerchemie’ nodig wederom vooral gebaseerd op enzymatische omzettingen. Daarbij zijn steeds grote hoeveelheden water (oplosmiddel) nodig, en deze vormen een grote belemmering voor het energetisch effectief benutten van biomassa voor de chemie. Een probleem dat zich tegelijkertijd voordoet is dat van de schaalgrootte. Kleinschaligheid is gewenst bij verwerken van biomassa (om transportkosten te vermijden en tarra en mineralen terug te kunnen voeren naar het land), maar voor kwaliteit, complexiteit, energie-integratie en efficiency is grootschaligheid noodzakelijk. Bovendien zijn

schaalvergroting en specialisatie nauw verweven met elkaar, daaraan danken wij de beschikbaarheid van betaalbare hoogwaardige materialen.

Volgens Kees van der Wiele is het vanuit een globaal perspectief van ‘effectief omgaan met grondstoffen en energie’ veel beter om biomassa te gebruiken als energiebron, en daarmee fossiele grondstoffen uit te sparen, terwijl we die fossiele grondstoffen (aardolie, steenkool) blijven gebruiken voor de zeer efficiënte productie van hoogwaardige materialen die zo bepalend zijn voor de kwaliteit van ons leven.

Toch zijn er veel (economisch) interessante dingen te doen met biomassa, vooral met biomassa die we nu al industrieel verwerken, zoals in de voedingsmiddelenindustrie. Nederland zou zich kunnen concentreren op het halen van de maximale waarde uit dergelijke biomassa, met een focus op specialties voor food, farma en personal care.

### De biobased economy zal internationaal zijn

In de biobased economy zal Nederland alleen een spilfunctie kunnen vervullen zoals nu in het petrochemische industriële systeem, als bij voorbaat wordt ingezet op internationale samenwerking, zo menen de hoogleraren Karel Luyben, Patricia Osseweijer en Luuk van der Wielen van de TU Delft. De potentie voor biomassaproductie in de omringende regio is betrekkelijk klein, waardoor internationale transportstromen belangrijk worden. Deze transporten zullen vooral plaats vinden in de vorm van platformchemicaliën (zij het misschien niet dezelfde als nu), waardoor samenwerking met productielanden van groot belang wordt. De positie van Nederland zal vooral gebaseerd moeten worden op een goede kennispositie en sterke havens.

Het maatschappelijk proces zal sterk worden aangedreven door winstverwachtingen. Is er geen zicht op winst, dan is overheidsingrijpen nodig, met een groot risico voor discontinuïteiten zoals bij de energietransitie. Tegelijkertijd is die winstverwachting nauw verweven met de visie op duurzaamheid van consumenten. Hoe groen willen we zijn? Welke luxe willen we ons veroorloven?

De food/fuel discussie is een gepasseerd station in het maatschappelijke debat. Problemen in de voedselvoorziening kunnen worden opgelost door nevenroutes te ontwikkelen voor landbouwproductie. Gebruik van afvalstromen allereerst voor hoogwaardige stoffen levert economisch de meeste winst en kan leiden tot een stabiel inkomen voor de boer. Het verbreedt de afzetmarkt voor de boer en spoort hem aan te blijven produceren.

De fase is nu aangebroken waarin moet worden geëxperimenteerd in pilots van voldoende grote schaal. Daarvoor moeten bewezen succesvolle programma's als BC-Basic worden voortgezet en geïnternationaliseerd. De transitie naar een biobased economy is een zeer ingrijpende maatschappelijke verandering die zeker nog niet bij alle spelers evenzeer op het netvlies staat, maar die ons allen de komende decennia aanzienlijk zal bezighouden.

Karel Luyben, Patricia Osseweijer en Luuk van der Wielen

## Bert van der Zwaan en Bert Weckhuysen

### Maak intelligente keuzes voor R&D en volhard daarin

Nederland dreigt zich rijk te rekenen aan wetenschappelijk onderzoek en innovatie, zo menen Bert van der Zwaan en Bert Weckhuysen van de Universiteit Utrecht. Op lang niet alle kennisgebieden is Nederland wereldleider. De biobased economy is een containerbegrip geworden dat voor een innovatieve R&D-koers onvoldoende kompas geeft. Nadere precisering van zwaartepunten in dit veld is belangrijk.

Twee zaken zijn van beslissend belang. Ten eerste moeten eenmaal gemaakte keuzes zeker tien jaar worden volgehouden. Dat geeft duidelijkheid voor de buitenwereld en verlost programmaleiders van voortdurende geldzorgen. Ten tweede moet eenzijdige vaststelling van kennisagenda's worden doorbroken, zeker in de biobased economy waar zeer uiteenlopende gebieden met elkaar te maken krijgen. Structuren die eenzijdig de focus richten op landbouw of op chemie moeten worden opengeboken.

De overheid is de aanjager van nieuwe initiatieven. Zij (bijvoorbeeld de WTC voor de biobased economy) moet duidelijk laten weten, een ordening te wensen op kennisveld X. Het is niet zozeer van belang een

discipline te kiezen, als wel te formuleren op welke vragen antwoorden moeten worden ontwikkeld. Onder zulke druk gaan kennisinstellingen wel bewegen. Schakel het veld in, in het veld weet men doorgaans heel goed waar de kansen liggen. Stukken van de keten waarop de focus wordt gericht, moeten goed omschreven worden, het werkt niet als dat in het eerste of tweede jaar nog nader ingevuld wordt. Daarna moet de overheid druk op de ketel houden, voortdurend moeten keuzes worden gemaakt. Willen we van de biobased economy iets maken, dan moet het windhaangedrag eruit.

### Meer nutriënten recycleren

De keten is zo sterk als de zwakste schakel, aldus Koop Lammertsma, hoogleraar organische chemie aan de VU in Amsterdam. In de keten van de biobased economy is die zwakste schakel de nutriëntenbalans. Wij kunnen eenvoudig niet door blijven gaan met het huidige gebruik van biomassa zonder terugvoer van nutriënten, vooral omdat fosfaat dan uitgeput raakt. Direct aan het begin van de biobased economy moeten maatregelen worden ontwikkeld.

Fosfor is een essentieel element voor levende organismen. De mens heeft elke dag 0,7 gram nodig en fosfaatbemesting is essentieel voor het krijgen van hoge opbrengsten op het land. Fosfaat is een eindige delfstof. De fosfaatproductie zal waarschijnlijk rond 2030 zijn piek

bereiken. Maar in tegenstelling tot 'peak oil' is er bij 'peak phosphate' geen vervanger. De wereld zal het moeten doen met de voorraad die er is. Bovendien is een probleem dat een deel van de resterende fosfaatvoorraden verontreinigd is, onder meer met cadmium.

Recycling wordt een vereiste, al voor de voedselproductie, en zeker in de biobased economy. Uitwerpselen moeten weer worden opgehaald, en bij industriële bewerking van planten moeten eerst de nutriënten eruit worden gehaald voor herbemesting. Daarvoor moet een nutriëntenboekhouding worden bijgehouden. Recycling is technologisch niet ingewikkeld, een kwestie van maatschappelijke organisatie. Maar wel essentieel voor de zwakste schakel in de biobased economy.

## Koop Lammertsma

### RUG en WUR hebben grote ambities rond koolhydraten

RUG en WUR hebben hoge verwachtingen van hun Carbohydrate Competence Center, ontwikkeld samen met bedrijven, bedrijvenclusters en semi-overheidsorganen, aldus Koos Duppen van het College van Bestuur van de Rijksuniversiteit Groningen. Ze hebben de ambitie om een Europees expertisecentrum te worden op dit gebied, met wijde vertakkingen naar food, non-food, energie, polymerisatie en chemie – en misschien wel een wereldspeler.

Koolhydraten vormen een complex uitgangsmateriaal, en daarom lenen ze zich voor zeer vele toepassingen. Een stimuleringsprogramma gekoppeld aan dit competence center omvat tientallen miljoenen. Het Noorden van het land herbergt een belangrijk deel van de agrarische productie van Nederland. Activiteiten zijn onder meer:

- ontwikkeling van nieuwe prebiotica op basis van melksuiker (lactose);
- ontwikkeling van nieuwe plastics op basis van groene grondstoffen;
- voorbehandeling van biomassa;
- ontwikkeling van aardappelrassen met een langzamer vertering.

Een nieuw initiatief is BioBRUG, een transferpunt tussen bedrijfsleven en wetenschap op de gebieden life sciences en materialen. BioBRUG verbindt bedrijfsleven en wetenschap, en wetenschappelijke disciplines onderling, met betrekking tot de maatschappelijke aspecten van de biobased economy. BioBRUG is oplossingsgericht en wil onder meer het gat verkleinen tussen fundamenteel onderzoek en toepassingsontwikkeling.

Maar RUG is ook een brede en klassieke universiteit en is op vele andere manieren betrokken bij de biobased economy, zoals in ruimtelijke wetenschappen, (plattelandsontwikkeling), technische bedrijfskunde en recht (vooral energierecht).

### Grote rol energiesector in biobased economy

De energiesector speelt nu al een belangrijke rol bij de ontwikkeling van de biobased economy, aldus Peter-Paul Schouwenberg, Senior Officer Regulatory Affairs van Essent, en die rol zal nog toenemen. Het op gang krijgen van biomassastromen is een kwestie van jaren, evenals het opzetten van een bevestigend systeem van certificering. Essent heeft veel energie gestoken in de ontwikkeling van een certificeringssysteem. Dat is nu bijna afgerond, en Essent wil het label onafhankelijk, alsmede RED-proof, maken zodat het ook door anderen kan worden toegepast en verder ontwikkeld. De chemie, voor wie certificering van biomassa ook heel belangrijk is, kan hierop mee liften.

Ook door zijn grote volume kan de energiesector een belangrijke rol spelen voor de chemie, papierindustrie en logistiek. Bij de ontwikkeling van pretreatment technologieën kan bijvoorbeeld zonder bezwaar 10.000 metric ton/jaar apart worden gehouden van de stroom die de elektriciteitscentrales in gaat. Moet de pilotplant dicht, dan kan die stroom weer zonder problemen in centrales worden verwerkt.

Hoewel elektriciteit uit biomassa nog niet kan concurreren met fossiele elektriciteit en de biomassa markt nog sterk in ontwikkeling is, is de sector nu volwassen genoeg om deze op een andere manier te reguleren, dan alleen met subsidies: namelijk met een leveranciersverplichting op een vrije markt. Daarbij moeten we het Europese speelveld natuurlijk niet uit het oog verliezen.

Peter-Paul Schouwenberg

*‘We moeten het Europese speelveld natuurlijk niet uit het oog verliezen.’*

### Cascadering is prima, maar elektriciteitsbedrijven moeten wel voldoen aan CO<sub>2</sub>-wetgeving

De energiesector heeft geen enkel probleem met het idee van cascadering van biomassa en zou graag biomassa afnemen van de chemie. Maar er is momenteel geen aanbod van zulke reststromen, terwijl de energiesector intussen wel aan eisen van reductie van CO<sub>2</sub>-uitstoot moet voldoen. De ontwikkeling zal eerder omgekeerd gaan: de chemie kan profiteren van de markt aan biomassastromen op gang gebracht door de energiesector. Aldus Richard van den Broek, verantwoordelijk voor alle downstream biomassa projectontwikkeling binnen Vattenfall.

De elektriciteitssector brengt momenteel handelsstromen op gang die ook voor de biobased economy noodzakelijk zijn. De chemie kan daarmee zijn voordeel gaan doen. Te zijner tijd zal bioraffinage van biomassa op gang gaan komen omdat deze de kostprijs zal kunnen verlagen. Misschien zouden elektriciteitsbedrijven wel mee willen investeren in bioraffinage, maar het hoofdbelang ligt hier bij de chemie; die zou daarom de leiding moeten nemen in zo'n project.

Biosyngas biedt veel mogelijkheden. Nuon bouwt nu de Magnum centrale in de Eemsmond en wil daar Magnum 2 achteraan bouwen, gebaseerd op kolen- en biomassavergassing. De chemie is uitgenodigd daarin een rol te spelen. Nuon stelt zich voor dat chemische industrie en elektriciteitsbedrijf komen tot een coproductie, waarbij syngas al naar gelang de actuele elektriciteitsprijs in de loop van de dag kan worden geswitcht tussen beide afnemers.

### Bij biomassa geen tegenstellingen creëren maar een optimum zoeken

Uit scenario analyses van ECN blijkt dat biomassa in een duurzame energievoorziening altijd een grote rol heeft, naast de toepassing voor de chemie. Zelfs als biomassa maximaal naar chemie zou gaan in pak weg 2050, dan wordt dat in alle scenario's 1/3 van de totale biomassastroom, zo menen Kees van der Klein en Jan Willem Erisman van ECN. Ook bij 'voorrang voor chemie' is er daarom nog altijd een grote overlap met energie. Daarom moet worden gestreefd naar een optimale verdeling tussen beide bestemmingen.

Veel biomassa is niet geschikt voor de chemie. Torrefactie en pyrolyse zijn zeer geschikte methoden om houtige biomassa in de exportlanden te verdichten en te upgraden. In Nederland kan biomassa in deze vorm desgewenst alsnog in de chemische route worden geleid via vergassing. Speciale moleculen uit gewassen voor de chemische toepassing zullen vooral gewonnen moeten worden uit binnenlandse (eventueel Europese) teelten.

Een meer kwantitatieve benadering van de biobased economy is daarom noodzakelijk. Welk deel van de landbouwgrond zou bestemd kunnen worden voor chemie en materialen – in Nederland, in Europa, zonder

de voedselvoorziening in gevaar te brengen? Hoe verhoudt dat zich tot energiescenario's met een hoog gebruik van biomassa? Welk percentage van de Europese suikerbietenooft is er bijvoorbeeld nodig als we suikerbieten primair in de chemische route zouden willen gebruiken, en hoeveel hectares zouden er eventueel extra verbouwd moeten worden met suikerbieten? Hoe zit het met de water- en nutriëntenbehoefte van zulke teelten?

Wat we uiteindelijk nodig hebben is een landbouwmasterplan. Gerichte sturing, waarbij goed naar de neveneffecten is gekeken, is daarbij beter dan de markt te laten sturen. Landbouwsubsidies blijken telkens weer perverse effecten te hebben. Zo hebben we de boterberg gemaakt, en het is niet ondenkbaar dat we bij stimulering van de chemie een suikerbietenberg gaan creëren. Een biomassa roadmap (energie/chemie) moet ons richting geven bij zo'n planmatige aanpak.

### Systeemaspecten doorslaggevend voor succes biobased economy

Volgens Martin Kropff, rector magnificus van Wageningen Universiteit en Researchcentrum zijn er enorme kansen voor een succesvolle biobased economy maar is een systeembenadering essentieel. Vooral als de eerste generatie biobrandstoffen worden meegenomen is er een risico dat er uiteindelijk te veel land nodig is voor alle functies die wij van gewassen verwachten. Daarom is vanaf het begin een overall benadering nodig, waarbij uitgaande van landgebruik ketens worden doorgerekend op hun duurzaamheid en economische haalbaarheid. De filosofie moet zijn dat landbouwgrond in eerste instantie wordt benut voor voedsel en voer. De directe productie voor de vorming van biobrandstof vereist een groot oppervlak voor relatief weinig energie. Maar reststromen kunnen wel worden benut als brandstof en/of grondstof. Dat is de tweede generatie biobrandstoffen. Hiernaast is het zeer interessant materialen en specifieke chemische producten te produceren vanuit biomassa met nieuwe technologie. Dat vergt doorgaans weinig biomassa en dus landoppervlak. Daarna is het essentieel dat alle mineralen weer in het systeem worden gebracht, vooral fosfaat.

Analyses beginnen met het product en hoe daar te komen vanuit de keten. Wat is het gewenste product? Uit welke plant kan dat het beste worden gemaakt en welke opdracht moet derhalve worden gegeven aan de veredelaars? Vereist de teelt weinig inputs? Is de oogst goed te

raffineren? De toekomstige bedrijvigheid is kennisintensief, en dat houdt mede in dat de overheid erbij betrokken moet zijn vanwege investeringen in de onderzoek- en innovatiestructuur. Verder heeft de overheid een belangrijke rol bij het laten meespelen van milieufactoren. Nederland heeft daarin noodgedwongen altijd in voorop gelopen, en zal dan nu opnieuw moeten doen.

Naast de standaard productiesystemen voor biomassa kunnen ook alternatieven worden onderzocht; bijvoorbeeld algen, of teelten op zee. Door verduurzaming van hout wordt CO<sub>2</sub> vastgelegd. Biosolar cells hebben grote potentie: de kunst om uit het overall vrij energie-inefficiënte fotosyntheseproses het stukje eruit te knippen waarvan de efficiency wel hoog is.

Om het proces naar de biobased economy op gang te helpen zijn nu investeringen nodig, vooral in de speerpunten bioraffinage en groene grondstoffen.

### Tijd kopen om synthese gas en lagere koolstoffracties te maken uit biomassa

“Koop tijd door auto’s op elektriciteit te laten rijden en bestem de fossiele brandstoffen, zolang die er nog zijn, voor de chemie. Maak intussen uit biomassa, bijvoorbeeld via synthese gas, dezelfde (maar nu groene) chemische grondstoffen als in de petrochemie en vervolgens dezelfde materialen als die waar wij nu al over beschikken. Ga ondertussen wel verder met het ontwikkelen van nieuwe biomaterialen uit zetmeel en cellulose omdat daar incidenteel toch verbeterde producten uit komen.” Aldus Cor Koning, vroeger bij DSM en nu hoogleraar polymeerchemie aan de TU Eindhoven, kijkend naar de toekomst van de groene chemie in Nederland. Hij ziet op termijn weinig in het maken van biodiesel, omdat die brandstof net zoveel vervuiling oplevert en kooldioxide uitstoot als gewone diesel en dus geen oplossing voor het broeikaseffect biedt. Wel in groene materialen omdat die CO<sub>2</sub> neutraal kunnen zijn.

Cor Koning: “Op de langere termijn moeten we energie uit zon en wind halen en materialen maken uit biomassa. Daar kunnen we dan het best synthese gas en lagere koolstof fracties voor gebruiken waarmee we vervolgens de nu al bestaande plastics vervaardigen. Ondertussen moeten we wel doorgaan met het ontwikkelen van nieuwe monomeren uit planten. Het liefst uit plantenafval, cellulose en hout, kortom uitgangspunten die niet concurreren met de voedselketen.”

Hij maakt daar twee kanttekeningen bij: ten eerste hebben we zowel voedingsmiddelen als materialen nodig, o.a. verpakkingsmaterialen om de houdbaarheid van voedsel te verlengen, en dus is soms die concurrentie onvermijdelijk, en ten tweede is het afval uit de zetmeelindustrie uitstekend te gebruiken voor nieuwe materialen. “Trouwens, materialen uit zetmeel en ook het al lang bestaande polymelkuur zijn producten die voor een groot deel hun markten al veroverd hebben.”

Cor Koning: “Het maken van nieuwe groene producten leeft enorm, vooral onder de fabrikanten en die willen het omdat de consumenten er om vragen. Dus willen producenten ze allemaal in hun pakket hebben. Voor ons is dat interessant omdat het werken met nieuwe monomeren soms tot verrassende structuur-eigenschappen relaties leidt.”

### Biopolymeren uit aardappelzetmeel zijn voor duizend producten inzetbaar

‘Maak een product dat net zo lang meegaat als nodig is en maak het van een materiaal dat vanzelf verdwijnt en afbreekt in de natuur.’  
Aaik Rodenburg in Oosterhout maakt bioplastic, Solanyl, uit het zetmeelbevattend snijwater uit de fritesindustrie. Een innovatief proces en een mooi product dat voor veel toepassingen is te gebruiken. ‘Maar de overheid ziet ons als een afvalverwerkend bedrijf in een zijstroom van de aardappelindustrie en we hebben daarom een vergunning nodig voor de verwerking van afval.’

Zijn hart als ondernemer ligt bij zijn nieuwe product Solanyl. Kleine bolletjes monomeer voor kunststof uit aardappelzetmeel gemaakt uit de kapotte cellen van dat aardappelzetmeel in het – tot 50% droge stof ingedikte - snijwater van de fritesverwerking. Een dergelijk afvalproduct wordt nu nog in de meeste landen aan het vee gevoerd of in de beste gevallen vergist tot biogas. ‘En dat terwijl je er alles mee kunt doen,’ zegt Aaik, ‘spuitgieten, thermovormen, extruderen en straks gaan we verpakkingsfolie maken. En ook vezelversterkte kunststof is mogelijk met Solanyl. Dat kan met glasvezel, maar dat is niet bioafbreekbaar. Dus doet Rodenburg het met cellulosevezel uit lompen. Hij heeft er ongeveer 10 jaar over gedaan om een goed product op de markt te brengen en dat is in 2009 voor het eerst gelukt.

Duizend producten staan voor de deur. De enige eis is dat ze koud composteerbaar moeten zijn. Anders verdwijnen ze niet in de natuur. Producten die je in de afvalfase niet meer hoeft te scheiden. Dat levert een meerwaarde in de keten. Dus mogen die potjes best iets meer kosten, maar dat moeten die tuinders dan wel inzien.

Aaik Rodenburg: ‘Wij zijn het enige bedrijf in Nederland - er zijn maar heel weinig van dit soort bedrijven in Europa - dat kunststof maakt op basis van afvalstromen uit de aardappelzetmeelindustrie, anderen maken bioplastic meestal op basis van melkzuur dat verkregen wordt uit maïs. We moeten ervoor zorgen dat de Nederlandse overheid ons nu ook in het vizier krijgt.

### Holistisch naar de biet kijken

Met een suikerbiet kun je veel meer dan er alleen maar suiker van maken. Dat is ook precies de opdracht van het Cosun Food Technology Centre in Roosendaal: grootschalige totaalverwaarding van de biet – en andere natte akkerbouwgewassen zoals aardappelen en cichorei. ‘Ook de plantenresten die achter blijven op het land benutten en de nevenstromen in onze fabrieken beter te gelde maken, dat is de uitdaging. Innovatie dus.’

Ad de Laat, directeur van het centrum, is van mening dat je die nieuwe producten niet aan de onderkant van de waardeketen moet zoeken, maar juist meer aan de bovenkant. Om dat te bereiken moet je vaak wel met laagwaardiger toepassingen (bv winning van biogas) beginnen. Ook moet je er rekening mee houden dat datgene wat over blijft nadat je er iets waardevol hebt uit gehaald toch op zijn minst nog iets oplevert (bv energie) en niet een kostenpost wordt.

Op langere termijn denkt hij aan het veranderen van de biet zelf, zodat deze een biotechnologisch fabriekje wordt dat naast suiker bepaalde waardevolle stoffen kan maken. We hebben het dan wel over genetisch gemodificeerde planten. Technisch lijkt het mogelijk, de genen zijn beschikbaar en de *proof of concept* is soms al geleverd. Voorlopig echter

durft niemand zich hieraan nog te wagen. Deze koudwatervrees zou Europa nog wel eens kunnen opbreken.

Waar liggen de kansen? Ad de Laat: ‘Wij richten ons op verwerking van bietenloof en bietenpulp voor de productie van eiwitten (samen met Grassa) mineralen en vezels. Zijn dat microcellulose vezels die in te zetten zijn als vervangers van glasvezel in vezelversterkte kunststoffen? Kunnen ze dienen in de papier en kartonindustrie, of liggen er ook mogelijkheden als gezondheidsbevorderend ingrediënt in de menselijke voeding?’

‘Wij realiseren ons dat bij de teelt van gewassen voedingsmineralen essentieel zijn. Die mineralen uit onze biomassa moeten als het kan terug naar de akker. Ons doel is het sluiten van mineraalkringlopen, maar de overheid ‘doet er veel aan’ om dat, via de afvalwetgeving, onmogelijk te maken. Probleem is dat alle mineralenstromen die we halen uit onze fabrieksprocessen wel een of andere norm overschrijden waardoor het moet worden aangemerkt als afval. Het gezonde boerenverstand en de wetenschappelijke inzichten moeten we hier laten prevaleren boven de uitkomsten van schriftgeleerdenpraktijken.’

*‘Ons doel is het sluiten van mineraalkringlopen, maar de overheid doet er veel aan om dat onmogelijk te maken.’*

### Nederland moet oppassen dat anderen niet met onze kennis aan de haal gaan

In Nederland is veel kennis aanwezig over het verwaarden van reststromen, maar omdat ons vergunningstelsel zo traag werkt, bestaat de kans dat de landen om ons heen – zeker als we daar een intensieve wetenschappelijke samenwerking mee onderhouden – eerder de resultaten van gezamenlijk onderzoek weten om te zetten in vermarktbaar producten. Dat heeft niets met afvalwetgeving te maken, die is voor iedereen gelijk in Europa, maar alles met het verlenen van vergunningen, iets dat in de landen om ons heen veel sneller gaat en waar ze dus veel rapper ideeën kunnen realiseren.

“Gras verwerken tot papier, is zo’n voorbeeld van iets dat hier nog niet mag, maar dat wel kan. En dan straks mogelijk aan onze neus voorbij gaat,” zegt dr.ir. Annita Westenbroek, programmamanager van het Kenniscentrum Papier en Karton (KCPK) in Arnhem. Ze is ook directeur van het Dutch Biorefinery Cluster (DBC), bedrijven en sectoren die al decennia lang biobased grondstoffen verwerken.

“Tot voor kort vroeg ‘de chemie’ zich alleen maar af: wat zit er in de reststromen en hoe kunnen wij dat gebruiken? Maar ondertussen is duidelijk dat de biobased sector met de kennis van de behoeften van

de chemie en van haar processen, mogelijk haar grondstoffen en processen kan aanpassen om zo de meest waardevolle producten uit de biomassa te halen en op die manier ook bijproducten kan verkrijgen met interessantere samenstelling voor biobased chemie. De cascadering van reststromen kan vaak meerdere kanten op en er is open overleg tussen de sectoren voor nodig om daar de beste mogelijkheden uit te kiezen.”

“Uiteindelijk zullen de grenzen tussen de sectoren vervagen en zullen we spreken van één bioased sector in plaats van agro, papier en chemie afzonderlijk. Zo zal het gaan, maar daar is nog heel veel gezamenlijke inzet en veel onderzoek en ontwikkeling van alle betrokken sectoren voor nodig. Pas dan wordt de biobased industry één grote verbonden familie.”

### Zorgen om Nederlandse biobrandstoffen

‘We hebben natuurlijk een aantal ideeën over de toekomst van de biobased economy, maar weten zeker nog niet alle antwoorden. Op het gebied van de biobrandstoffen zijn er vele mogelijkheden en vele routes voor het maken van verschillende soorten biobenzine en biodiesel. Wij maken in Amsterdam Noord katalysatoren voor de fossiele raffinage-industrie, zowel voor benzines als voor diesel en dat doen we ook voor het vervaardigen van biobrandstoffen. Het is nu nog onmogelijk om te voorspellen welke de meest gevolgde routes voor deze producten zullen gaan worden. Helemaal overgaan op biobrandstoffen zal dan voorlopig ook nog niet gebeuren, per slot van rekening hebben we er honderd jaar over gedaan om de fossiele brandstoffen te vervolmaken en dus zal het ook heel veel tijd kosten om de juiste biobrandstoffen te maken. Zorg er voor dat je er over zo’n 30 jaar klaar voor bent. Dat wil zeggen dat je beschikt over de juiste processen met de juiste katalysatoren om die belangrijke boot niet te missen,’

‘Wat ik wel weet,’ zegt Eelco Vogt, director external technology van het Amerikaanse bedrijf Albemarle Catalysts Company, ‘is dat de Amerikanen, sinds de komst van Obama, enorm veel investeren in onderzoek naar biobrandstoffen en bereid lijken om dat lange tijd vol te houden. Ze kijken naar alle aspecten van de energievoorziening, maar het is ook daar nog te vroeg om te zeggen wat er gaat winnen.’

In Europa gebeurt veel te weinig op dit gebied en in Nederland wordt vooral gepraát over innovatie. Ik maak mij grote zorgen over de toekomst van biobrandstoffen in Nederland en vooral over de innovatiebereidheid in dit land. Hier is een consistent overheidsbeleid nodig en wel voor de lange termijn. Juist in ons land, dat zich als kenniseconomie wil profileren. De biobased economy is niet iets dat we in korte tijd zo maar even oplossen. Duidelijk is wel dat – wereldwijd - onze nieuwe transportinfrastructuur en onze energie-infrastructuur veel geld zullen gaan kosten. Er gaat in de op olie gebaseerde infrastructuur in de wereld al gauw duizend miljard dollar per jaar om. Om dat in pakweg dertig jaar om te bouwen, zijn immense investeringen nodig, En daarbij zie ik een belangrijke rol voor biomassa, zowel voor transport als voor de chemische sector.’

Eelco Vogt

‘Helemaal overgaan op biobrandstoffen zal voorlopig nog niet gebeuren.’

### De groene chemie moet het vooral hebben van maatschappelijke veranderingen

“Aan het begin van de 19e eeuw was de chemie groen, maar daarna schakelden we over naar goedkope, overal beschikbare olie als grondstof. Die transitie was niet moeilijk want de chemie was nog klein. Maar nu is er – zeker in Nederland - een enorm vermogen in de bedrijfstak geïnvesteerd. In een capaciteit die grotendeels is afgeschreven en die nog steeds met weinig inspanning kan worden opgerekt. Zowel in levensduur als in productiecapaciteit. Zoiets poets je zomaar niet weg. Maar de veranderende maatschappelijke betrokkenheid met betrekking tot duurzaamheid geeft de groene chemie misschien wel de grootste slaagkans.” Aldus, Emmo Meijer, senior vice president strategy development bij Unilever.

De chemie is, volgens hem, gedeeltelijk weer terugwaarts geïntegreerd. Kijk naar de Saoediërs die met Sabic in Zuid Limburg over de vroegere kraakcapaciteit van DSM beschikken. En zo zijn er meer. De stijging van de olieprijs raakt hen niet, ze beschikken over eigen bronnen of kunnen de olie voor bijna niets inkopen. Ze zullen er niet over denken om over te gaan op bio-etheen en ze kunnen het lang volhouden. Er is nog een derde set back voor de komst van de groene chemie: het wordt steeds duidelijker dat er in de wereld nog enorme gasvoorraden zijn.

Maar er is, volgens Emmo Meijer, een andere factor van grotere betekenis. Dat is de ontwikkeling in de samenleving. Een samenleving die bezorgd is over hoe we straks met negen miljard mensen op deze aarde moeten leven en die een diep verlangen begint te krijgen naar het hervormen van de maatschappij naar duurzaamheid. En dus ook naar een groene chemie in plaats van een fossiele. Die bezorgdheid en dat verlangen wordt vooral door NGO's in toenemende mate georganiseerd tot een gezamenlijke roep om duurzaamheid. En als de consument iets wil dan gebeurt het. De basis van de transitie zal dus geen techno-economische aangelegenheid blijken te zijn maar veel meer een maatschappelijke stroming die onomkeerbaar is.

Tenslotte merkt Emmo Meijer op dat Nederland bij uitstek geschikt is om op dit gebied een voortrekkersrol te vervullen. Een gecombineerd chemie-agro-food complex zoals bij ons zie je nergens in de wereld. En ook met de logistieke mogelijkheden is Nederland heel erg competitief. ‘We kunnen, als we willen, de zaken naar onze hand zetten.’

### Innovatie is de sleutel voor verduurzaming

‘We hebben veel welvaart te danken aan een economie gebaseerd op fossiele grondstoffen maar ervaren nu dat een dergelijke economie niet zonder problemen is. Deze kwesties maken het zoeken naar een structureel alternatief noodzakelijk. Als we dat niet doen lopen we het risico om op termijn belangrijke bedrijfstakken zoals de chemie kwijt te raken. Nederland beschikt over alle faciliteiten om een alternatief op te bouwen: we hebben de bedrijvigheid, de kennis, de infrastructuur en de logistiek voor de komende biobased economy. Ons cluster chemie is de grootste ter wereld. Wij hebben alle mogelijkheden en kansen om in Europa een koppositie in te nemen in de biobased economy. De overheid moet deze overgang faciliteren en de randvoorwaarden scheppen.’

Frits de Groot, manager milieu, energie, ruimtelijke ordening, transport en infrastructuur bij VNO-NCW en speciaal betrokken bij MKB Nederland zegt erover: “Tot nu toe heeft niemand, behalve de bedrijven die er mee bezig zijn en de wetenschap, veel verstand van de komende biobased economy. De milieubeweging, met in haar spoor de vakbeweging, is angstig. Met als risico dat hier te weinig gebeurt en dat we de kans lopen dat anderen, buiten Nederland, het initiatief overnemen. Of dat Nederlandse bedrijven naar elders vertrekken.” Bernard Wientjes, voorzitter van het VNO was er in ieder geval duidelijk over toen hij op 13 maart 2010 sprak op de LNV-bijeenkomst in Baarn

over de toekomst van Nederland: ‘Het primaat van fossiele brand- en grondstoffen is voorbij. Er komt iets anders en dat andere is de biobased economy. Het ministerie van Landbouw (nu EL&I) is de aantrekker in deze discussie, maar eigenlijk is het al lang tijd voor een volledig interdepartementale samenwerking’

#### Haal innovatie weg bij de politiek

Het Financiële Dagblad van 11 augustus: ‘Haal innovatie weg bij politiek.’ Kopstukken uit het bedrijfsleven, de universiteiten en kennisinstellingen, zoals Bernard Wientjes (VNO-NCW): Je kunt in Nederland alleen maar overleven als je scoort op kennis en innovatie; Sijbolt Noorda (VSNU): De onzekerheid over het beleid zorgt ervoor dat toptalent Nederland nu al verlaat; Robbert Dijkgraaf (KNAW): In Nederland worden veel keuzes rond innovatie gemaakt die niet met elkaar samenhangen en Jos Engelen (NWO): Het Innovatieplatform was een goede denktank, maar geen implementatieorgaan voor de lange termijn. Bernard Wientjes zegt in die krant nog eens, dat gelden uit aardgas bestemd moeten worden voor versterking van de economie op lange termijn en niet voor het dichten van gaten in de begroting.

**‘Het Nederlandse cluster chemie is het grootste ter wereld.’**

### ‘Bak ze niet te groen’

“Het begrip biobased economy omschrijft een ambitie die pas op de zeer lange termijn kan worden bewerkstelligd en geeft onvoldoende richting aan de concrete stappen die we in komende jaren op het gebied van chemie- en energietransitie moeten realiseren. We hebben in 50 jaar een, voor ons land, zeer grote chemische bedrijfstak ontwikkeld op basis van het kraken van olie die in de doorvoerhavens van Rotterdam en Antwerpen binnenkomt. Die kraakproducten zetten we om tot halffabrikaten die we voor een flink deel verschepen naar andere landen. Er zijn zeker argumenten om Nederlandse havens, vooral Rotterdam, ook in te zetten als draaischijf in de omzetting van biomassa naar energie- en chemieproducten. Al zal nog wel moet blijken of centrale verwerking van biomassa in een Europese hub de voorkeur verdient boven decentrale verwerking van biomassa in het land van herkomst. Onafhankelijk van de plaats van verwerking verwacht ik dat op biomassa gebaseerde chemische producten op selectieve basis de olie-gebaseerde chemische producten zullen vervangen. Van een BBE is in de komende decennia echter nog geen sprake. Wat niet wil zeggen dat er niet aan moet worden gewerkt.” Aldus, Jan van der Eijk, ooit Chief Innovation Officer van Shell en tegenwoordig CEO KIC Climate Change van de EU.

Zijn kanttekeningen bij het conceptrapport van de WTC zijn drieledig: het is een evangelisch en enthousiast verhaal, dat vooral voor groene gelovigen lijkt te zijn geschreven. Het stuk mist de nodige realiteitszin omdat er nauwelijks over kosten en schaalgrootte wordt gesproken. Ten derde is hij van mening dat een rapport als dit, dat ten doel heeft een transitie op gang te brengen, recht moet doen aan zowel kansen als aan beperkingen en randvoorwaarden. “Een rapport als dit moet inspirerend zijn maar ook realistisch en kritisch.”

### Maak van Nederland proeftuin voor de biobased economy

Het is vaak gezegd, Ons land heeft alles om een unieke positie in de biobased economy te verwerven en een koploper op dit gebied te worden. Nederland beschikt over een uitstekende logistieke positie in Europa, heeft een goede kennisinfrastructuur zowel op het gebied van landbouwkundige kennis (dank zij Wageningen), proceskennis van industriële chemische processen en grote kennis van katalyse, zowel van fermentatie als de verschillende vormen van chemische katalyse. Dit land is als het ware geschapen om - samen met België - het initiatief te nemen in de ontwikkeling van de biobased economy, een laboratorium voor de wereld op dit gebied te worden en zelfs het draaipunt van de Europese ontwikkeling. Maar we moeten het willen en lang kunnen volhouden. Dat vindt Peter Boerma, Chief Executive Officer van Delta, het energiebedrijf gevestigd in Zeeland.

‘Maar,’ zegt hij, ‘daar zijn wel een aantal zaken voor nodig. Ten eerste, de overheid moet er in zijn geheel achter gaan staan en dat beleid ook vele jaren volhouden, minstens een aantal kabinetsperiodes. Daarnaast moeten we de opgebouwde kennis niet gelijk naar andere landen doorverkopen. Het is vaak de gewoonte in de academische wereld

nieuwe kennis gelijk te delen met anderen of door te verkopen naar buitenlandse instanties.’ Peter Boerma wil dat we deze kennis eerst hier verder ontwikkelen, dat het bedrijfsleven vervolgens de technologische proceskennis opbouwt om er op grotere schaal mee te kunnen werken en dat pas vanaf dat moment diezelfde bedrijven deze kennis en kunde met buitenlandse ondernemingen gaan delen. Beter gezegd, te gelde maken. Op die manier kan Nederland het centrum van Europese industriële biotechnologie worden, ook voor het maken van chemische producten uit planten(afval). Ten tweede de overheid zou ook een consistente rol moeten vervullen om de Bio Based Economy in Nederland van de grond te krijgen. Hij heeft aan de energiekant te veel te maken gehad met een zwalkend overheidsbeleid op het gebied van energiesubsidies. In feite is het hele biobased energiebeleid gestoeld op het instellen en weer afpakken van subsidies, het vaststellen en weer terugdraaien van percentages wat betreft het bijmengen van biodiesel in wegtransportbrandstoffen. ‘Als we die waarden voor bijmenging langzamer omhoog hadden gebracht, zou dit energiegedeelte van de biobrandstoffen aanzienlijk beter zijn gegaan. We zijn er enthousiast mee begonnen, het werkt niet goed en





nu kunnen we de gemaakte kosten beter afschrijven en ophouden met dit beleid. ‘Het moet anders en het moet langdurig anders. De bijstook van biomassa in centrales is geheel subsidie gedreven en heeft niets met innovatie te maken.’

En wat de ontwikkeling van de groene chemie binnen de biobased economy in Nederland aangaat: ‘We moeten het als land groot aanpakken en als we het besloten hebben dan moet de overheid die koers blijven volgen. Dan hebben we een kans dat Nederland inderdaad als een biobased laboratorium voor de rest van de wereld kan gaan optreden.’

## De biobased economy? Hij komt zeker, maar we zijn er nog lang niet!

“Er is in de hele wereld nog niet één werkende tweede generatie biobased installatie voor het maken van biobrandstoffen of groene chemische producten. Alle fabrieken en bioraffinaderijen die nu werken zijn van de eerste generatie. Ook de onze waar we straks, samen met Roquette Freres in Noord Frankrijk barnsteenzuur gaan maken, is eerste generatie. We werken er natuurlijk hard aan om er op den duur een tweede generatie installatie van te maken,” zegt Rob van Leen, Chief Innovation Officer (CIO) van DSM. “De grootste problemen liggen overigens niet bij de chemie, maar in de agrosector en vooral in de herorganisatie van de landbouw en de eerste stap na de oogst: de pretreatment. Ook de volgende stap, de bioraffinage is ingewikkeld, evenals het scheiden van de producten en de opschaling van fabrieken omdat ook dat allemaal nieuwe technologie is. DSM is, samen met anderen, bezig met een proeffabriek in Delft, de Bio Process Facility, die al die stappen van pretreatment, bioraffinage, fermentatie en opwerking verenigt.”

Hij ziet vooralsnog veel werk in de pretreatment. Dat is een ingewikkelde behandeling want je moet de reststromen uit de oogst voorzichtig behandelen met milde processen anders verwoest je de waardevolle eiwitten en andere producten. Dus niet werken met zuren of hoge temperaturen. Iedereen denkt dat het verkrijgen biobased producten uit landbouwreststromen een kwestie van hogere technologie is, van

slimme katalyse en goed producerende, al of niet genetisch aangepaste, micro-organismen. “Dat deel beheersen we wel, maar het stuk daaraan voorafgaand, de pretreatment, wordt sterk onderschat. We denken steeds maar weer aan die specifieke micro-organismen voor de fermentatie, maar die gaan gelijk kapot bij een ruwe voorbehandeling.”

Het is duidelijk dat er nog veel moet gebeuren, vooral in het deel voorafgaand aan de bioraffinage en de daaropvolgende opwerking om met de groene chemie verder te kunnen gaan, maar Rob van Leen gelooft helemaal dat de biobased economy er komt. Nederland is er uitermate geschikt voor met zijn hoogstaande landbouw, goede infrastructuur, relevante bedrijven en goede universiteiten. Maar: “Iedereen moet er wel als één man achter gaan staan. Beschouw Nederland als één regio, als één biovalley. Kies voor sleutelgebieden. Nederland zal nooit meer een farmaland van betekenis worden, maar voor de biobased economy kan het veel beter uitpakken.”

**Rob van Leen**

*‘Het is duidelijk dat er nog veel moet gebeuren.’*

### Nederland moet investeren in de biobased economy

De komende decennia zijn van doorslaggevende betekenis voor de Nederlandse energiehuishouding en daarmee voor de samenleving. En dus ook voor het tot stand komen van biobased economy met een groene chemie. Nederland moet simpelweg de keuze maken tussen doorgaan met fossiele brandstoffen (met CO<sub>2</sub>-afvang en opslag) enerzijds en een energievoorziening uit hernieuwbare bronnen anderzijds. De macro-economische kosten voor deze transitie verschillen nauwelijks van elkaar. Wat de maatschappelijke kosten betreft en de bijkomende voordelen op het gebied van nieuwe industriële ontwikkeling, vooral de ontwikkeling van een groene chemie en alle daaraan gekoppelde werkgelegenheid, is de keuze voor een energiehuishouding met het accent op hernieuwbare bronnen echter verre te prefereren. Dat vindt Theo Walthie, voormalig Global Business President Hydrocarbons and Energy bij DOW Chemical Company, en sinds 2008 voorzitter van het onafhankelijke Regieorgaan Energie Transitie dat als taak heeft om richting te geven aan de inspanningen voor verduurzaming van de energiehuishouding in Nederland.

“Als er niet ingezet wordt op een biobased economy, met een grote biobased energiecomponent, biobased transportbrandstoffen, toepassingen als veevoeder en een op deze zaken aansluitende groene chemie, dan zal op den duur een groot deel van de chemische sector uit Nederland en uit West Europa verdwijnen. Juist Nederland moet in staat zijn om een biobased chemie van de grond te krijgen. Nederland kan daarbij inzetten op en profiteren van de tweede en volgende fasen van ontwikkeling. Dat geldt overigens eveneens voor heel Europa.”

#### Regeerakkoord

Het Regieorgaan Energie Transitie heeft, omdat ze deze energietransitie via de hernieuwbare route de hoogste prioriteit wil geven, in het kader van de kabinetsformatie in juli 2010 een zevenpuntenplan gepresenteerd. Deze zeven punten, waarvan de meeste onverkort gelden voor het lanceren van een groene chemie, zijn:

- Zorg dat deze energietransitie gerealiseerd wordt en beschouw dit als een brede maatschappelijke opgave;
- Geef als overheid het goede voorbeeld, door bijvoorbeeld als launching customer op te treden;
- Koppel energie-, innovatie- en industriebeleid;
- Stimuleer eigen verantwoordelijkheid van burgers en bedrijven;
- Verbeter de energie-efficiency;
- Versnel de realisatie van duurzame bronnen, inclusief de Bio Based Economy;
- Reduceer de milieubelasting van fossiele inzet.

### De Cola fles zou zomaar furaangroen kunnen worden

Maakt het Amsterdamse researchbedrijf Avantium de gouden stap van de vervanging van fossiele moleculen naar hoogwaardige producten op biobasis? Het bedrijf is bijzonder actief op het gebied van de conventionele katalyse – dus niet biokatalyse of fermentatie – en maakt daarmee onder meer fuuraandicarbonzuur (FDCA) dat, net als het ‘oude’ tereftaalzuur in de fossiele wereld, uitgangspunt kan zijn voor heel veel nieuwe bioplastics, lakken, harsen, weekmakers en andere materialen. ‘We zetten binnenkort in Nederland de eerste proeffabriek voor fuuraandicarbonzuur neer en dan zal de wereld zien dat hier een slapende reus ontwaakt.’

‘Velen denken dat fuuraandicarbonzuur (FDCA) niet economisch in concurrentie met tereftaalzuur (TPA) is te maken,’ zeggen Tom van Aken en Gert-Jan Gruter, respectievelijk CEO en CTO van Avantium, een researchbedrijf in Amsterdam dat werkt met 100 onderzoekers uit alle windstreken. Zij zijn er echter vast van overtuigd dat polyethyleenfuranoaat (PEF) binnen een aantal jaren het fossiele polyethyleentereftalaat (PET), in ieder geval voor een deel,

zal gaan verdringen van de markt en absoluut zeker zal kunnen concurreren met de bioversie van dat product. Niet op gesubsidieerde basis, maar via concurrentie op prijs en prestatie. En dat is een boutebewering.

De grote vraag is of PEF significant beter is dan PET en of het ook goedkoper is te produceren? Zal een bedrijf als Coca Cola, dat nu meer dan één miljoen ton PET voor haar flessen gebruikt en hard bezig is met het vergroenen van haar PET-flessen, uiteindelijk kiezen voor PEF in plaats voor (bio)PET? Toch zou volgens Tom van Aken, zou de bekende Coke-fles binnen vijf jaar helemaal furaangroen kunnen zijn als er maar iemand een grote PEF-fabriek wil neerzetten. En volgens hem staat die eerste grote PEF-fabriek ergens rond 2015. Het zou een enorme doorbraak zijn in de bioplastics wereld. “Maar eerlijk gezegd is het echte gevecht nog niet eens begonnen. En de concurrentie zit niet stil. Is de VS is men met heel veel geld heel hard op zoek naar de winnaars. Daar zoeken ze het vooral in de fermentatie. Zeker driekwart van het werk daar ligt op het terrein van de biokatalyse en synthetische biologie.”

## Tom van Aken en Gert-Jan Gruter

*‘Eerlijk gezegd is het echte gevecht nog niet eens begonnen.’*

### Valorisatie van de aardappel is de kans voor Europa

De belangrijkste Europese landbouwproducten komen uit de natte akkerbouw, dus is het logisch dat die producten – zetmeelaardappelen en suikerbieten – de beste kansen bieden voor de groene chemie en de biobased economy. En andersom.’ Aldus Piet Buwalda, Manager Global Innovations Centres van AvebeFood in Veendam.

De twee grote voordelen van de aardappel zijn dat alle eruit gemaakte producten composteerbaar zijn en bovendien is het zetmeel uitstekend geschikt voor zowel voedingsmiddelen als voor constructiematerialen. ‘Het zal overigens nog wel even duren voordat we aardappelzetmeel in het groot zullen gebruiken voor het maken van materialen. Eerst moeten we de aardolie nog een flink stuk terug dringen. Een nadeel voor aardappelzetmeel is dat oppervlakte waarop aardappelen worden geteeld wereldwijd veel kleiner is dan de arealen met soja, katoen en maïs. En daarom is vooral de concurrentie met maïs, waarvan veel meer als grondstof beschikbaar is, hard voor vele toepassingen. Zowel in voedsel als voor de chemie. Zeker in de Verenigde Staten, daar geldt immers: ‘corn is king’. We zijn daar overigens wel actief. Een extra probleem voor ons in Europa is dat maïs overal ter wereld genetisch wordt verbeterd,

terwijl wij in Nederland zowel de schimmel als de aaltjes in de aardappel op deze manier prima zouden kunnen bestrijden. Maar het mag niet. Het wordt hier niet geaccepteerd en je moet altijd doen wat de markt wil.’ Piet Buwalda: ‘Ik schat dat de teelt van genetische verbeterde aardappelen hier nog wel tien jaar op zich zal laten wachten.’

Overigens denkt hij dat de biobased economy een grote kans is, zowel voor de agro als voor de chemie. Wat betreft de komende samenwerking tussen de agro van de natte akkerbouw en de chemie in de biobased economy is hij optimistisch: ‘De combinatie van wetenschap en ambacht trekt mij. Ik zie grote kansen in voedingsmiddelen uit aardappelzetmeel, maar er is er ook een duidelijke toekomst als grondstof voor de chemie en bestaan er grote mogelijkheden voor polymere koolhydraten.’

Kortom, Piet Buwalda kijkt met vertrouwen naar de combinatie van chemie en agro. Als belangrijke hindernis ziet hij vooral het geringe aantal studenten in de chemie om deze nieuwe ontwikkeling voldoende vaart te kunnen geven.

### Een risicomijdende samenleving kan niet innoveren

Jan Noordegraaf, Managing Director van Synbra Technology bv in Etten-Leur is zeer uitgesproken over de mogelijkheden van Nederland om te innoveren. Hij gelooft wel dat het kan, maar het duurt hem allemaal veel te lang en iedereen is alleen maar gericht op eigen belang. Het laatste geldt vooral voor de grote bedrijven, het eerste vooral voor de overheid. En op die manier gebeurt er niets.

Synbra maakt geëxpandeerd polystyreen voor duurzame bouwsystemen en industriële producten en verpakkingen. Daarnaast heeft Synbra een ontwikkeling opgestart met polymelkzuur (PLA) in vele vormen. Het bedrijf maakt Biofoam, met een capaciteit van 5000 ton korrels geëxpandeerd polymelkzuur voor isolatietoepassingen, maar in de toekomst zijn er nog veel meer mogelijkheden. Met 26 vestigingen in Europa is Synbra een grote producent op haar gebied, hoewel die 5000 ton PLA-korrels natuurlijk nog niets is op een markt van 1,5 miljoen ton voor geëxpandeerde kunststoffen voor isolatiedoeleinden. Maar het begin is er en het vervolg zal zeker komen.

Jan Noordegraaf heeft dus alle reden tevreden te zijn over de activiteiten waar Synbra mee bezig is. Hij ziet ook een prima toekomst in de *biobased materials* (zeker in polymelkzuur), maar veel minder tevreden is hij over de innovatiebereidheid in ons land. ‘We hebben allemaal boter op ons hoofd als het om vernieuwing gaat: die wil maar niet van de grond

komen. Dat ligt aan de overheid, niet als stimulator want dat doen ze met veel elan, maar via de achterdeur via een ander departement als blokkerende handhaver. Het ligt ook aan de versnipperde universiteiten, met Wageningen als enige positieve uitzondering. En het ligt vooral aan grote bedrijven die innovatie in de pas met hun eigen bedrijfsstrategie willen laten lopen.

Het zit niet in de kosten, maar in de mentaliteit in Nederland en in de steeds strenger wordende regelgeving. Met name de uitleg die gegeven wordt door de handhavers: na een reeks van incidenten wordt het alleen maar erger. Recycling wordt a priori gezien als criminele activiteit tot het tegendeel is bewezen, terwijl het juist zo veel kansen biedt. Het afsluiten van overeenkomsten tot samenwerking kost bijvoorbeeld maanden, terwijl zoiets in principe in één dag kan. Zelfs binnen het cluster Bio Performance Materials (BPM), waar wij deel van uitmaken, is na 1 jaar nog niet één project gestart terwijl het geld er is. De universiteit staat te trappelen, maar iedereen in de industrie wil zich van te voren indekken. Zo komen we er niet in Nederland. De maak-industrie is hier duidelijk niet sexy. Wij zijn een land dat wel wil, maar niet mag en niet durft te innoveren. Krachtige taal, maar het moet een keer worden gezegd.’ Het WTC-rapport, met haar krachtige pleidooi voor duurzame innovatie en verbinding met de agro is hem overigens uit het hart gegrepen.

## Colofon

De Wetenschappelijke en Technologische Commissie voor de Biobased Economy is een adviesorgaan van het Interdepartementale Programma Biobased Economy, gestart medio 2009 en ingesteld voor een periode van twee jaar. De missie van de WTC is het voorzien in een wetenschappelijk fundament voor een interdepartementaal programma. De WTC adviseert over:

- strategische onderzoeksprogrammering;
- universitaire samenwerking rond de biomassa-waardeketen;
- biobased excellence in het buitenland.

De commissie bestaat uit de volgende personen:



- *Vinus Zachariasse*, voorzitter, voorheen algemeen directeur Social Sciences Group Wageningen UR en daardoor tevens algemeen directeur van het Landbouw-Economisch Instituut (LEI); was ook bijzonder hoogleraar Strategisch Management van Land- Tuinbouwbedrijven bij Wageningen Universiteit;



- *Alle Bruggink*, voorheen R&D directeur Corporate Research Life Science Products DSM; was tevens hoogleraar Industrial Organic Chemistry bij de Universiteit Nijmegen en voorzitter van NWO-onderdeel Advanced Chemistry and Technology for Sustainability;



- *Carel van der Hamsvoort*, Global head Food & Agribusiness Research and Advisory Rabobank International;



- *Rudy Rabbinge*, plaatsvervangend voorzitter van de Commissie voor de Milieueffect-rapportage, internationaal beleid; voorzitter wetenschappelijke raad van de Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR); voorzitter Raad Aard- en Levenswetenschappen KNAW; Universiteitshoogleraar Duurzame Ontwikkeling en Voedselzekerheid Wageningen Universiteit, en adviseur van de Raad van Bestuur WUR;



- *Ton Schoot Uiterkamp*, sinds 2009 emeritus hoogleraar Milieukunde Universiteit Groningen. Werkte onder meer aan Yale en Harvard, was hoofd Afdeling Biologie van TNO en voorzitter van het Centrum voor Energie en Milieukunde IVEM van Universiteit Groningen;



- *Herman van Wechem*, was Global manager I&R van Shell Global Solutions. Voorzitter van het Dutch Polymer Institute, BE-Basic en van de stuurgroep Publiek Private Samenwerkingen van de Regiegroep Chemie;



- *Peter Besseling*, secretaris, werkzaam bij het Interdepartementale Programma Biobased Economy van het Ministerie van EL&I.

De Wetenschappelijke en Technologische Commissie wordt ondersteund door vier themagroepen bestaande uit acht tot tien deskundigen op hun gebied, met hun voorzitters:

- biomassagebruik voor food, feed, fuel en bioenergie: Herman van Wechem;
- biomassagebruik voor chemie en materialen: Alle Bruggink;
- biomassaproductie en logistiek: Ton Schoot Uiterkamp;
- maatschappelijke effecten biobased economy (inclusief landgebruik en economische effecten): Jan Staman, directeur Rathenau Instituut.

Dit rapport is tot stand gekomen met medewerking van Diederik van der Hoeven en Paul Reinshagen (informatieverzameling, interviews, tekstproductie).



Contact

Secretaris

Peter Besseling

[p.a.m.besseling@minlnv.nl](mailto:p.a.m.besseling@minlnv.nl)

[www.biobasedeconomy.nl](http://www.biobasedeconomy.nl)

Vormgeving

Optima Forma bv, Voorburg

Drukwerk

De Swart, Den Haag

Foto's

PlaatWerk fotografie

Humphrey Daniëls (portretten)

WUR, Robert van Loo

WUR, Ingrid van der Meer



