



Biogewassen als duurzaam alternatief voor fossiele olie

Op een houtje rijden

Transport in Nederland zonder een druppel fossiele brandstof? Is dat in de 21ste eeuw haalbaar? De Europese Unie heeft als doelstelling dat in 2010 5,75 % van de transportbrandstoffen uit biomassa afkomstig moet zijn. In Nederland is geen ruimte voor de verbouw van koolzaad en zonnebloemen, wel liggen er kansen voor de verwerking van cellulosegewassen. Alleen: de omzetting van hout en gras in brandstof is nog een lastig probleem.



Productie van bio-brandstoffen in Europa in 2003 in miljoenen liters, en het totale gebruik van fossiele diesel en benzine.



Het duurzame ideaal van biomassa: de CO₂-uitstoot die het gevolg is van het verbranden van biobrandstof wordt weer opgenomen door de groei van biomassa; de CO₂-cyclus is gesloten.



OLIFANT WIJST ONDERZOEKERS DE WEG

Een combinatie van ECN, TNO, Shell, Purac, Agro-technologie & Food Innovations, Wageningen UR en de Nederlandse alcoholproducent Nedalco houden zich sinds 2002 bezig met de technologieontwikkeling van de productie van bioethanol uit celluloseachtige gewassen. 'Het doel van ons project is dat er in 2006 een ontwerp klaarligt voor een bioethanol fabriek. Daarvoor ontwikkelen we technologie met tarwestro als modelgrondstof', zegt drs. Hans Reith, microbioloog en projectleider van de ECN Unit Biomassa. SenterNovem is medefinancier van het project. Cellulosemateriaal bestaat voor circa 45 % uit cellulosevezels, en verder uit lignine en hemicellulose. Lignine is een houtachtige stof die de ruimte tussen

de cellulosevezels vult en aan bomen en struiken hun stevigheid geeft. Lignine, tot een kwart van het biomassavolume, kan niet worden omgezet in ethanol. Reith: 'We willen nagaan hoe je die lignine als brandstof kunt gebruiken om warmte te leveren voor de ethanolproductie en om elektriciteit te produceren. Uit berekeningen weten we dat het mogelijk moet zijn meer energie te leveren dan voor het productieproces nodig is.' Ook de as die van de biomassa overblijft, is onderwerp van studie. 'We willen weten of die bruikbaar is als meststof of als bouwstof. Bij grootschalige biobrandstofproductie moeten we voorkomen dat er reststromen ontstaan waar we niets mee kunnen.'

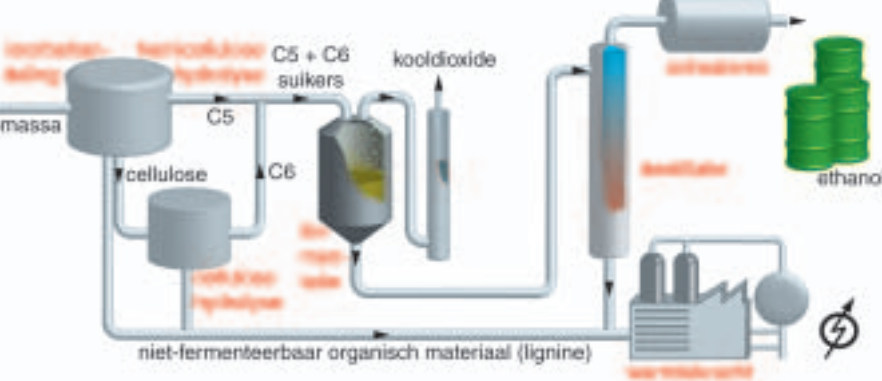
De hemicellulose lijkt op cellulose, functioneert als het 'cement' van de cellulosebundels, maar heeft een iets andere samenstelling. Hemicellulose laat zich vrij gemakkelijk omzetten in suikers, voornamelijk de C5-suiker xylose. De hemicellulose kan tot 30 % van de biomassa omvatten. In de voorbehandeling worden de cellulosevezels eerst vrijgemaakt van hemicellulose en lignine. Dat kan op verschillende manieren, bijvoorbeeld met een lage concentratie zuur bij 180 °C en onder druk. Reith: 'De omzetting van de hemicellulose in C5-suikers is daarbij een neveneffect.' De cellulosevezels die na de voorbehandeling overblijven, moeten in glucose (een C6-suiker) worden omgezet. 'Het kan met zuur, maar wij doen het met

enzymen, zodat er minder afvalstromen ontstaan.' Tot nu toe vormden die enzymen de grootste kostenpost van de omzetting van cellulose in bioethanol, 'maar de enzymfabrikanten hebben aangekondigd dat de prijs daarvan flink zal gaan dalen'. De volgende stap is dat de suikers met gist of bacteriën worden gefermenteerd tot ethanol. Voor de C6-suiker glucose is dat heel eenvoudig; de Soemeriërs wisten 3000 jaar v. Chr. in het oude Mesopotamië al hoe dat moest. 'Aan de vergisting van de C5 suiker xylose wordt wereldwijd al enkele decennia gewerkt', zegt prof.dr. Jan de Bont, wetenschappelijk coördinator van het project en werkzaam bij TNO

Kwaliteit van Leven. Fermentatie van de C5-suiker xylose lukte voor het eerst pas in 1980 met een speciaal ontwikkelde gist. De Bont: 'Een paar jaar geleden zijn onderzoekers in Nijmegen en Delft erin geslaagd het gen te identificeren dat codeert voor het enzym dat de anaërobie fermentatie van xylose mogelijk maakt. Hoe ze daar achter kwamen? Door schimmels in de uitwerpselen van een olifant te bestuderen. Dit dier eet allerlei celluloseachtige planten en blijkt met die schimmel in staat uit de hemicellulose voedingsstoffen te halen.' Door vervolgens het gen in te bouwen in de gist waarmee C6-suiker wordt gefermenteerd,

kan die gist ook de C5-suiker in alcohol omzetten. De laatste stappen in het productieproces van bioethanol zijn standaard: een destillatiekolom zuivert de ethanol van water en reststoffen tot een concentratie van zo'n 95 % en vervolgens wordt de ethanol ontwaterd tot een concentratie van 99,5 volumeprocenten. Reith: 'Uiteindelijk willen we de afzonderlijke stappen optimaal integreren teneinde het hele proces van het maken van de brandstof zo efficiënt mogelijk te maken, met zo weinig mogelijk afvalstromen of met restproducten die een nuttige bestemming hebben. We denken met de installatie een rendement van 55 tot 60 % te kunnen halen.'

Productieschema bio-ethanol uit cellulosehoudende biomassa.

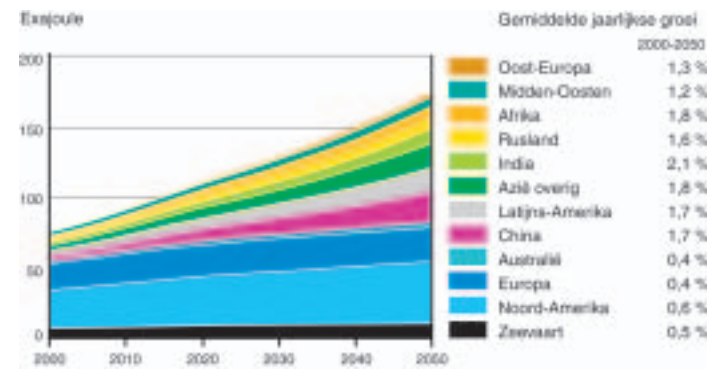


BIODIESEL

Tot nu toe haalt Aberson zijn koolzaadolie uit Duitsland. Dat is daar in grote hoeveelheden te vinden. De roodgroene Bondsregering steunt de afzet krachtig door een algehele accijnsvrijstelling, waardoor de brandstof 4 tot 6 eurocent goedkoper is dan fossiele diesel. Met zo'n 850 miljoen liter is Duitsland de grootste producent ter wereld, gevolgd door Frankrijk en Italië. De meeste biobrandstof aldaar komt overigens niet als plantaardige koolzaad- of zonnebloemolie uit de pomp, maar wordt chemisch zo bewerkt dat hij rechtstreeks de dieselmotor in kan, vandaar de naam biodiesel.

Europa is het werelddeel van de biodiesel. Met een totale productie van 1,7 miljard liter verzorgt het continent bijna de gehele wereldproductie. Heel anders is dat met de biobrandstof voor benzinemotoren, de bioethanol. De grootste producenten hiervan zijn te vinden aan de andere kant van de oceaan, met als koploper Brazilië, in 2004 goed voor ruim 15 miljard liter uit suikerriet, en op de tweede plaats de Verenigde Staten met bijna 14 miljard liter, vooral uit maïs. Europa komt niet verder dan een kleine 600 miljoen liter, met Spanje als grootste producent. Wereldwijd was in 2004 de productie van bioethanol 39 miljard liter.

Het zijn duizelingwekkende hoeveelheden, maar ze vallen nog altijd in het niet bij het totale wereldverbruik van de transportsector: de biobrandstoffen vervangen nog geen procent van de fossiele olie. En alsof dat nog niet genoeg is: cijfers van de World Business Council for Sustainable Development voorzien de komende halve eeuw een verdubbeling van de vraag naar transportbrandstoffen. Met China, India, Latijns Amerika als de grootste groeiers en de VS als blijvende grootverbruiker



Verwachte groei van het energiegebruik voor transport in de wereld in exajoule (1 EJ=10¹⁸ J).

BINNENKORT IS HET ZOVER. DAN START IN DELFZIJD de eerste Nederlandse fabrieksmolen voor de productie van koolzaadolie als motorbrandstof. In de schuren ligt voldoende koolzaad om het komende jaar ruim twee miljoen liter plantaardige olie te produceren. De oliemolen werkt met de eenvoudige techniek van persen en reinigen.

Om op de koolzaadolie te rijden moet een dieselauto wel zijn aangepast: de olie laat zich niet zomaar in de motor spuiten, maar moet eerst voldoende warm zijn, zo'n 60 °C. Daarom is er een aparte tank nodig met bijbehorende leidingen en een mechanisme om na de koude start met diesel over te schakelen op de koolzaadolie wanneer de motor voldoende warm is. Kosten van ombouw bedragen een kleine zesduizend euro.

Europa is het continent van de biodiesel

'Wij produceren voor een nichemarkt', zegt Hein Aberson, gepensioneerd houtvester en met zijn bedrijf Solaroilsystems de afnemer en distributeur van de koolzaadolie. Vooralsnog werkt hij met een vaste klantenkring van onder andere vuilnis- en veegwagens in de provincies Friesland en Limburg en controleschepen van de provincie Zeeland. Een contract met het afvalbedrijf Sita is op komst. De prijs is 70 eurocent per liter, dus fors onder de fossiele dieselprijs. Dat kan omdat Solaroil een accijnsvrijstelling heeft gekregen voor de productie van maximaal 3,5 miljoen liter plantaardige olie per jaar. 'Ik krijg net een telefoontje van de belastingdienst dat die vrijstelling alleen geldt voor onze vaste klantenkring en niet voor verkoop aan particulieren via de pomp. Begin je met iets goeds, moet je daar weer achteraan', zegt Aberson ontdaan.

van bijna eenderde van het totaal. Voor Nederland verwacht het RIVM een toename van het huidige energiegebruik met zo'n 25 % in 2020.

ZONNEBLOEMEN

Wil biobrandstof een serieus alternatief vormen dan zal de hoeveelheid gigantisch moeten toenemen en dat lijkt onbegonnen werk. Want waar is de ruimte voor al die velden met koolzaad, zonnebloemen, suikerriet of maïs? En als die ruimte er al is, zal die dan niet hard nodig zijn voor een groeiende wereldbevolking die meer voedsel nodig heeft?

'In Nederland kan het in elk geval niet', zegt ir. Eric van den Heuvel stellig. Hij werkt bij SenterNovem en is coördinator van het door de overheid gesubsidieerde programma GAVE (klimaatneutrale GASvormige en Vloeibare Energiedragers) dat de toepassing van biobrandstoffen moet stimuleren. Van den Heuvel verwijst naar een inventarisatie (*Biofuels in the Dutch market*, 2003) waarin gebruikelijke grondstoffen voor biobrandstof op een rij zijn gezet, variërend van groene reststromen (voedselresten, bietenpulp) tot en met teelt van koolzaad of tarwe als energiegewas. 'Volgens de meest optimistische schatting levert dat 32 PJ (1 PetaJoule = 10¹⁵ Joule) aan biobrandstof op, terwijl het vervoer in Nederland zo'n 450 PJ nodig heeft.' In Europa als geheel is de situatie veel gunstiger, omdat er in Frankrijk, Duitsland, Polen en Roemenië veel meer akkerland beschikbaar is voor energieteelt dan in ons drukbevolkte land.

Toch is ook dat niet voldoende. Het Internationale Energie Agentschap heeft uitgerekend dat in de EU alleen voor het vervangen van 10 % van de transportbrandstoffen al zo'n 40 % van het totale areaal aan akkerland nodig is voor de teelt van gewassen als koolzaad of zonnebloemen. 'Willen we verder komen, dan moeten we het hebben van cellulose', aldus Van den Heuvel.

De biobrandstofpromotor doet op hout, grassen, stro en dergelijke. Als het zou lukken om alleen al van het tarwe of de suikerriet, die nu wordt gebruikt om bioethanol te maken, ook uit het stro energie te halen, dan levert dat zonder een hectare akkerland extra anderhalf keer meer energie op. Het is een van de voordelen van biobrandstoffen uit cellulose: de zogeheten laagwaardige bijproducten van de landbouw en voedsel-



Verdeling van het landoppervlak van de aarde van in totaal 13,2 miljard ha. (zonder de grote ijsvelden). Vijf miljard ha. is geschikt voor voedsel- en biomassa-teelt.

verwerking zijn daarvoor ook een waardevolle grondstof. Een ander belangrijk onderdeel is dat voor wilg, populier of gras niet per se akkerland nodig is: ze groeien ook op de marginale gronden die niet voor landbouw geschikt zijn. Gras van de berm langs de snelweg is niet bruikbaar als veevoer, maar wel om er biobrandstof van te maken. En de meerjarige cellulosegewassen hebben weinig energie nodig om te groeien. Het bewerken en bemesten van de grond of het bestrijden

van ziekten speelt veel minder dan bij voedselgewassen. Vergeleken met maïs levert cellulose vijf keer meer energie op ten opzichte van de energie die je erin moet stoppen om het te telen. Ten slotte, en niet het minst onbelangrijk, anders dan suikerriet, maïs of tarwe zijn hout en gras geen voedselgewassen, en ze hebben per eenheid droge stof een hogere energiedichtheid.

NATUURGEBIEDEN

Cellulose moet het dus helemaal gaan maken, maar is er daarvan wel genoeg op aarde te vinden of te telen? Energiedeskundige dr. André Faaij van het Utrechtse Copernicus Instituut heeft daaraan de afgelopen jaren het



Schatting van de mogelijkheden voor de productie van biomassa in 2050 in exajoule (1 EJ=10¹⁸ J).

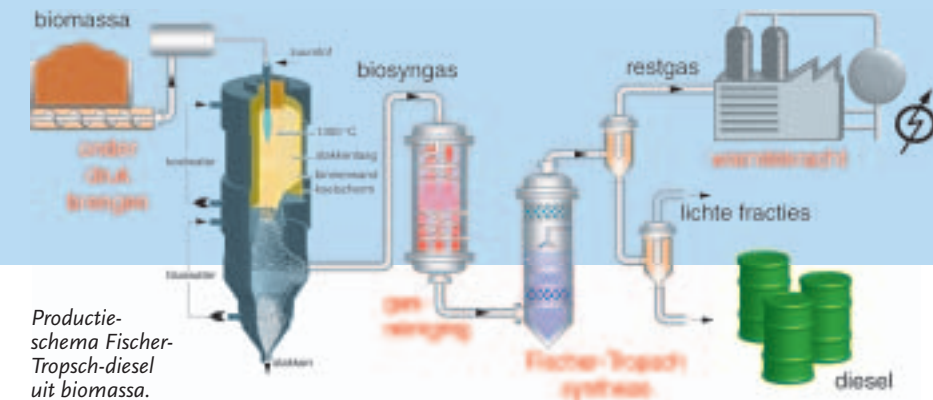
GROENE DIESEL UIT HOUT

Een van de manieren om biodiesel uit hout te maken is het vergassen van biomassa. Bij ECN houdt chemisch technoloog dr.ir. Harold Boerrigter zich daar enkele jaren mee bezig. 'Bij dat vergassen zit de *bottle neck*. Is er eenmaal een schoon gas van koolmonoxide en waterstof, dan is het synthetiseren tot diesel geen enkel technisch probleem.' Bedrijven als Shell en Sasol doen dat al op grote schaal op basis van syngas gemaakt uit aardgas of kolen in zogeheten Fischer-Tropsch-installaties. 'De diesel die daaruit komt, is de mooiste die denkbaar is: zeer zuiver, vrij van zwavel en met gunstige verbrandingseigenschappen.' Het vergassen gebeurt door onvolledige verbranding van de biomassadeeltjes bij hoge temperatuur, waardoor een gasmengsel ontstaat van koolmonoxide en waterstof, en verder kooldioxide, stikstof en verontreinigingen als waterstofsulfide, zoutzuur en ammoniak. Wat overblijft zijn roet- en asdeeltjes en slakken. Boerrigter: 'De fabrieken die nu ligno-cellulose verwerken doen de vergassing bij

een temperatuur van zo'n 850 °C en atmosferische druk. Het gasmengsel bestaat dan voor maar de helft uit koolmonoxide en waterstof, waardoor uiteindelijk slechts 30 % van het gas in diesel wordt omgezet.' Boerrigter doet experimenten met vergassing bij veel hogere temperatuur, 1300 °C en hoge druk, tot 50 atmosfeer. 'De resultaten tot nu toe zijn veelbelovend. Het gas bevat louter koolmonoxide en waterstof, waardoor bijna 60 % van het gas kan worden omgezet. Dat is een verdubbeling van de diesel-opbrengst.' Het totale rendement van het omzettingproces, inclusief het gebruik van vluchtige componenten en reststoffen voor de productie van elektriciteit, is tegen de 70 %. De door Boerrigter gebruikte *entrained flow gassification* is niet nieuw. 'De kolenvergasserinstallatie in Buggenum werkte er ook mee.' De toepassing met lignocellulose is wel nieuw en roept specifieke problemen op. 'Vanwege de hoge temperatuur moet een slaklaag van gesmolten as de wand van het reactorvat beschermen. Biomassa produceert echter veel minder as dan kolen. Er is dus een

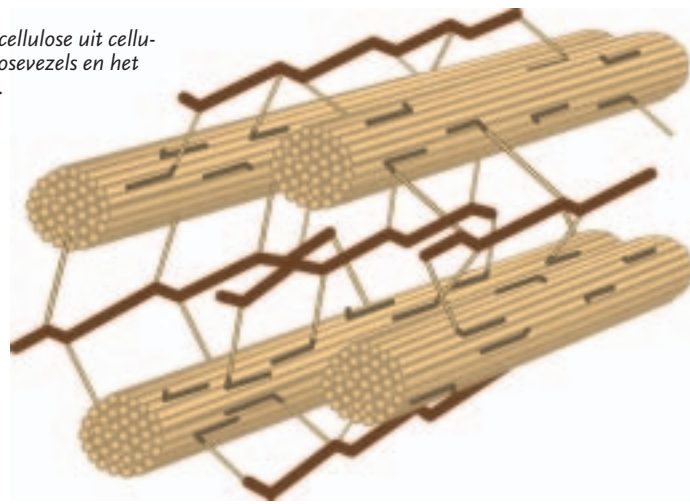
toeslagstof nodig, bijvoorbeeld zand, om die beschermende laag te krijgen.' Dit betekent zoeken naar de juiste toeslagstof en de juiste mengverhouding, afhankelijk van de soort biomassa. Minstens zo lastig is de toevoer van de biomassa. 'Hout, hoe fijn ook gemalen, blijft een vezelstructuur houden. De pneumatische toevoer, die nu meestal wordt gebruikt, kan die niet verwerken.' Een al beproefde oplossing is het hout eerst roosteren. 'Daar wordt het heel brokkelig van, net als kolengruis, en dat gaat wel goed. Het roosteren, ook torrefractioneren genoemd, kost wel energie.' Boerrigter kijkt daarom naar alternatieven. 'We gaan een schroeftoevoersysteem uitproberen, dat heeft minder last van die vezelachtige structuur.' Boerrigter doet nu zo'n vier jaar onderzoek, onder andere in samenwerking met Shell, en er zijn intensieve contacten met het Duitse Future Energy en het onderzoekscentrum in Karlsruhe die ook met de vergas-

sing van biomassa bezig zijn. 'Op laboratoriumschaal hebben we alle losse stappen wel onder de knie, zeker als je de biomassa eerst roostert. De belangrijkste vragen die nog open liggen zijn wat er gebeurt als je al die stappen samenvoegt en gaat opschalen.' Om die experimenten te doen is eigenlijk een proefinstallatie nodig. 'Maar tot nu toe hebben partijen die zich met het synthetiseren van diesel bezighouden, waaronder Shell, geen interesse in de bouw van zo'n installatie.'



Productieschema Fischer-Tropsch-diesel uit biomassa.

Opbouw van ligno-cellulose uit cellulose- en hemi-cellulosevezels en het houtachtige lignine.



ILLUSTRATIE VAN INGENIEUR BROM ROBERT SCHLEPER

nodige rekenwerk gedaan en is optimistisch over de mogelijkheden. 'Het technische potentieel is gigantisch. In het meest optimistische scenario is uit energieteel 800 EJ (1 Exajoule = 10¹⁸ Joule) te winnen zonder de voedselteelt of natuurgebieden aan te tasten. Uit de marginale gronden is nog eens 150 EJ te halen. Organisch afval en voedselresten zijn goed voor zo'n 100 EJ.' Dat is samen ruim 1000 EJ aan biomassa, dat met een omzettingsefficiëntie van 45 % 450 EJ transportbrandstof oplevert op een gebruik van 175 EJ in 2050. Logisch dat Faaij optimistisch is.

Hout en gras hebben per eenheid droge stof een hoge energiedichtheid

De crux zit natuurlijk in de toevoeging 'het meest optimistische scenario'. Welke veronderstellingen hanteert Faaij, waar haalt hij al die grond voor de teelt vandaan? 'Er zit heel veel rek in het landgebruik. Door het areaal aan productieve grond dat op aarde beschikbaar is beter te benutten, kun je heel ver komen.' Vooral in de manier waarop er landbouw wordt bedreven, valt grote winst te behalen. 'In West-Europa halen boeren in een jaar tot tien ton graan van een hectare. In Afrika beneden de Sahara is dat vaak één ton. Er is dus een factor tien aan productievermogen beschikbaar zonder extra landgebruik.' Die winst valt onder andere te halen uit verbetering van de bodemstructuur, wisselteelt, irrigatie, betere kunstmest en gewasveredeling. Faaij: 'Met een verdubbeling van de landbouwproductiviteit op het Afrikaanse en Zuid-Amerikaanse continent kan een miljard hectare beschikbaar komen voor biomassateelt.'

Vooral de extensieve veeteelt is van invloed op het landgebruik. 'Met enig bijvoederen is daarvoor aanzienlijk minder ruimte nodig.' Tegelijkertijd realiseert hij zich dat die productiviteitsgroei ten opzichte van de westerse landbouw misschien niet veel lijkt, maar voor de betrokken landen een enorme sprong voorwaarts betekent. 'Voor de landbouw daar betekent het een breuk met een lange traditie, een proces dat ook nog eens plaatsvindt onder een regime van corruptie of ongunstige verdeling van het grondbezit. Als in die landen echt in de landbouw wordt geïnvesteerd, is de groei enorm. De teelt van biomassa zou die investeringsstroom wel eens op gang kunnen brengen.'

REGENWOUD

Er valt ook veel te halen van gronden die niet meer voor landbouw worden gebruikt, bijvoorbeeld vanwege erosie en verzilting, of van de marginale gronden: in totaal een oppervlak van zo'n anderhalf miljard hectare. 'Die gebieden zijn vaak wel geschikt voor prairiegras of extensieve bosbouw. Biomassateelt kan zelfs helpen de vruchtbaarheid ervan te verbeteren.' Bestaande bossen (tropisch regenwoud) en waardevolle natuurgebieden (Afrikaanse parken) blijven onaangestast, het huidige areaal aan landbouwgrond wordt niet uitgebreid.

Faaij baseert zich bij de inschatting van het potentieel voor biomassateelt onder meer op gegevens van de wereldvoedselorganisatie FAO. 'Die beschikken over zeer uitgebreide databases en hebben de meest gedetailleerde kennis over de kwaliteit van de grond, regenval, gebruikte teeltmethoden en het vruchtgebruik. Met die gegevens weten we hoe grond feitelijk wordt gebruikt en wat erop mogelijk is.'

Behalve een betere benutting van de landbouwgronden – daar moet zo'n 70 % van de biomassa vandaan komen – valt er ook nog veel te halen van reststromen van de landbouw, duurzaam productiebos, mest en organisch afval. Gegevens hierover zijn afkomstig uit een veelheid van studies.

Om te berekenen wat er aan biomassateelt in 2050 mogelijk is, hanteerde de groep van Faaij een aantal aannames over de bevolkingsgroei (toename van 6 miljard nu naar 8,8 miljard mensen), groei van de voedselconsumptie (toename van de voedingswaarde met 15 % per hoofd van de bevolking), meer dan een verdubbeling van het oppervlak aan biomassaplantages, van 123 miljoen hectares nu tot 284 miljoen hectares, met gebruik van moderne landbouwtechnieken (hoge opbrengst, rond 10 ton droge stof per hectare).

'De grootste variatie in de uitkomsten', zegt Faaij, 'heeft te maken met verwachtingen over de vleesconsumptie. Een vegetarisch dieet is voor de biomassateelt een zegen, maar zal niet iedereen willen. Daarom zijn wij uitgegaan van een toename van de consumptie van dierlijk eiwit, waarbij omschakeling van extensieve naar meer intensieve veehouderij cruciaal is om het ruimtebeslag binnen de perken te houden.'

De gebieden met het hoogste potentieel voor biomassateelt zijn Latijns Amerika en Afrika beneden de Sahara. Zuid-Azië, Noord-Afrika, het Nabije Oosten en Japan hebben hun productieve grond nodig voor voedselproductie of zijn zelfs afhankelijk van voedselimport. Die gebieden hebben nauwe-

Het Duitse bedrijf Choren maakt van hout groene diesel.



PHOTO: CHOREN

lijks ruimte voor biomassateelt. Grote landoppervlakten in Australië (deels verzilte gronden) en Noord-Amerika (de graslanden van het midden-westen) zijn geschikt voor biomassa. In Midden- en Oost-Europa en Rusland is veel landbouwgrond door de economische teruggang braak komen te liggen. Faaij: 'Een totaal wereldwijd potentieel aan biomassa van 500 Exajoule in 2050 is mogelijk, mits er forse investeringen komen in verbetering van de landbouwproductiviteit, met name in de ontwikkelingslanden.'

Er is dus ruimte voor de teelt van populier, wilg, eucalyptus, prairiegras (switchgras), olifantsgras en andere energiegewassen. Ook het stro van tarwe of suikerriet en reststoffen uit de voedselindustrie of de papierindustrie zijn te gebruiken als brandstof.

LIGNINE

Maar dan moet er nog diesel of ethanol van worden gemaakt. En op dat punt hebben de cellulosegewassen een groot nadeel: omzetting in brandstof gaat een stuk lastiger dan het persen van olie uit koolzaad of het tot alcohol fermenteren van (riet)suiker. Bovendien bestaan de gewassen niet uit één type cellulose en bevatten ze ook nog eens een forse hoeveelheid lignine, de houtachtige stof die de gewassen hun stevigheid geeft. Het vrijmaken van de koolstofketens uit dit lignocellulosecomplex gaat slechts moeizaam en vereist technisch ingewikkelde en kostbare processen. Dat verklaart ook waarom er tot op heden geen 'cellulose'-ethanol of -diesel aan de pomp is te krijgen.

'De kosten zijn nog te hoog'

Inmiddels zijn er op diverse plaatsen in Noord-Amerika en Europa proefinstallaties om de lignocellulose te 'kraken'. Het Zweedse Etanolteknik AB toonde in maart de eerste flesjes met bioethanol, gemaakt van het zaagsel afkomstig van een nabijgelegen papierfabriek. In oktober is in Duitsland de fabriek van Choren begonnen om via vergassing uit hout groene diesel te maken, dat onder de merknaam Sundiesel aan de pomp zal worden verkocht. Het Canadese bedrijf Iogen, dat vorig jaar april met zijn demonstratiefabriek de eerste bioethanol uit stro produceerde, denkt aan de bouw van een volwaardige raffinerij die 150 tot 180 miljoen liter produceert.

DUIVELS DILEMMA AUTOINDUSTRIE

Om de bestuurder van A naar B te verplaatsen gebruikt een auto hooguit een vijfde van de energie die de tank in gaat. Verbetering van de energie-efficiency zou dus een stuk kunnen schelen in het brandstofverbruik. 'Ondanks veel technische mogelijkheden gaat dat in de praktijk erg langzaam', zegt dr.ir. Richard Smokers, senior onderzoeker bij TNO-Automotive. 'Motoren zijn weliswaar steeds efficiënter geworden, maar door een groter vermogen en hoger voertuiggewicht is het verbruik alleen maar toegenomen.' Toch is de gemiddelde auto de laatste jaren wel wat zuiniger geworden, 'maar dat is voor een belangrijk deel toe te schrijven

aan de opkomst van de direct ingespoten dieselauto (die is zo'n 20 % zuiniger) en de doorbraak in de jaren negentig van de meestal kleinere en lichtere tweede auto, die het gemiddelde verbruik omlaag drukt'. Gezien de overschakeling op de 'duurdere' biobrandstoffen noemt Smokers het verstandig eerst een slag te maken met verlaging van het brandstofverbruik. Hij inventariseerde de mogelijkheden om dat met bestaande technieken te doen. 'Vooral bij de benzene-

motor valt winst te boeken, bijvoorbeeld door de motor kleiner te maken, gekoppeld met een turbo om het vermogen gelijk te houden. Dat is goed voor 10 tot 20 % verbruiksreductie.' Een optie is directe insputting van de benzine. 'De techniek is op de markt, maar moet zich verder ontwikkelen.' Een andere mogelijkheid, die ook voor een dieselmotor is te gebruiken, is het uitschakelen van cilinders bij deel-last. 'Eigenlijk zit daar het probleem: het rendement van een motor is alleen bij een bepaalde belasting optimaal (rond 37% bij een moderne benzinemotor en

43 % bij diesel) en zakt, zeker bij een benzine-motor, in deellast snel naar beneden. Vooral daar is rendementsverbetering haalbaar.' Een versnellingsbak met zes in plaats van vijf versnellingen of een continue variabele transmissie helpt ook een beetje, zo'n 3 tot 9 %. De grootste winst in de aandrijving valt te boeken door hybridisatie, de combinatie van een verbrandings- en elektrische motor. 'Door de elektromotor het werk te laten doen bij lage deel-last, de verbrandingsmotor bij matige last elektriciteit te laten opwekken en door het remvermogen te benutten voor het opwekken van elektriciteit is een besparing van 40 % mogelijk.'

Gewichtsreductie, betere aërodynamica en een lagere rolweerstand van de banden helpen uiteraard ook. 'Maar de ontwerpen zijn tegen-strijdig. Hybridisatie maakt de auto zwaarder, en een verhoging van de veiligheid van voetgangers gaat ten koste van de stroomlijnning.' Het gebruik van composieten zou het gewicht fors kunnen beperken. Toch ziet Smokers de toepassing ervan niet op korte termijn. 'De veiligheidseisen zijn gigantisch zwaar. Bij staal en aluminium is het botsingsgedrag te uit en te na onderzocht, bij composiet moet dat nog. Bovendien zijn de kosten nog veel te hoog.' Hij voegt daaraan toe: 'Mensen kopen een

nieuw model niet omdat hij zuiniger is, maar omdat hij een bepaalde toegevoegde waarde heeft, bijvoorbeeld een beter rijgedrag, meer comfort of een opvallend uiterlijk. Toyota heeft dat met de nieuwe hybride Prius heel goed gedaan door allerlei elektronische snufjes aan de standaarduitrusting toe te voegen. Ze verkopen hem als een high-tech auto, met een traploze automaat, en niet primair als zuinige of milieuvriendelijke auto. Is die toegevoegde waarde er niet, dan zal een zuiniger auto in gebruik goedkoper moeten zijn, terwijl de productiecosten vaak hoger liggen. Voor de auto-industrie is dat een duivels dilemma.'

Volkswagen introduceerde in 2002 de 1-liter demonstratieauto. Deze tweezitter, met een 300 cc dieselmotor en gemaakt van koolstofcomposiet, verbruikt door zijn lage gewicht (260 kg leeg-gewicht) en gestroomlijnde vorm 1 liter per 100 km. In april 2005 liet VW weten de auto niet in productie te nemen vanwege de hoge kosten.



VERGASSING

'Voor de verwerking van de lignocellulose tekenen zich duidelijk twee hoofdroutes af', zegt dr.ir. Carlo Hamelinck. Vorig jaar promoveerde hij aan de Universiteit Utrecht, met Faaij als copromotor, op geavanceerde biobrandstoffen. Sindsdien werkt hij bij het milieuvadvisiebureau Ecofys. Hij bracht onder andere de stand van zaken met betrekking tot verwerking van biomassa in kaart. 'Ethanol kan via de biochemische weg, groene diesel met vergassing en Fischer-Tropsch-synthese.'

Uit de resultaten van de genoemde proefinstallaties blijkt wel dat het maken van biobrandstof technisch geen probleem is. 'Alleen de kosten zijn nu nog veel te hoog', aldus Hamelinck. Bioethanol uit lignocellulose zou met de huidige techniek zo'n 22 euro per GJ (1 GigaJoule = 10⁹ Joule) gaan kosten en Fischer-Tropsch-diesel 16 euro. 'Dat is een factor twee tot drie meer dan de fossiele brandstoffen, die kosten nu zo'n

zeven euro per GJ.' Ter vergelijking: de kosten van de Braziliaanse bioethanol, gemaakt van rietsuiker, komen overeen met die van benzine.

De prijs van biomassa heeft een directe invloed op die van het eindproduct. 'De houtresten uit de Zweedse bossen kosten nu vier euro per GJ. Maar met grootschalige energieteelt en de relatief goedkope arbeid in Oost-Europa, Zuid-Amerika en Afrika is een kostprijs van twee euro heel reëel.'

Bij de omzetting tot bioethanol is de winst vooral in de techniek te behalen. 'Schaalgrootte doet er wat minder toe. De kosten zitten vooral in gebruikte omzettingstechnieken en de installaties die daarvoor nodig zijn: in verbetering daarvan is een factor twee winst te halen.' Bij de vergassing speelt de schaalgrootte wel een doorslaggevende rol. 'Opschaling van een fabriek van 80 MW naar 1000 MW maakt de groene diesel anderhalf keer goedkoper.'

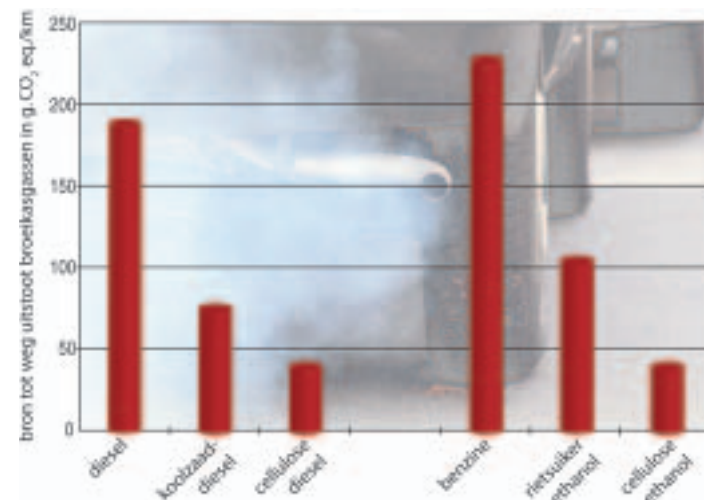
Onlangs is door het energie onderzoekcentrum ECN uitgerekend bij welke prijs van een vat olie biobrandstoffen concurrerend zijn. Voor biodiesel uit koolzaad is dat bij een olieprijs van 45 euro, voor biobrandstof van lignocellulose bij 70 euro.

Alles bij elkaar tekent zich een schitterend perspectief af. Geen volstrekte afhankelijkheid meer van fossiele olie; het transport kan ook op biobrandstoffen, zij het tegen een hogere prijs.

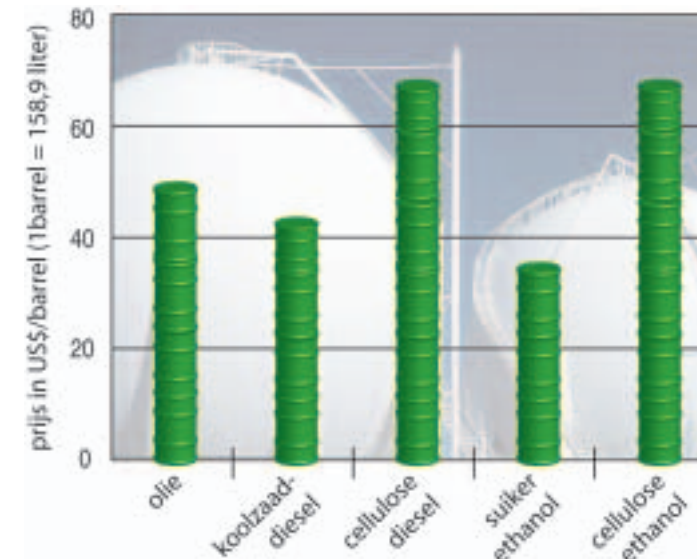
MARKT

Over die prijs maakt Eric van den Heuvel van SenterNovem zich nog de minste zorgen. 'De samenleving zal moeten accepteren dat hernieuwbare energiebronnen meer kosten dan het uit de grond halen van een bijna kant-en-klare brandstof. Bovendien, gerekend naar kilometerprijs, is het verschil al minder. Bij een prijs van 24 eurocent per km voor fossiele brandstof is met toekomstige technieken biobrandstof uit lignocellulose 29 eurocent per km. Verder zou het natuurlijk helpen wanneer het vervoer efficiënter met energie omgaat.'

Hij maakt zich meer zorgen of de ontwikkeling van een grote biomassamarkt wel op gang komt. 'Zelfs de uiterst gematigde doelstellingen van de Europese Unie – 2 % van de transportbrandstoffen moet in 2005 afkomstig zijn van biomassa en 5,75 % in 2010 – lijken al uiterst ambitieus. Om over



Uitstoot van broeikasgassen van verschillende transportbrandstoffen vanaf de winning tot en met het gebruik in de auto in equivalenten CO₂ per km.



Indicatie van de prijs van biobrandstoffen in 2010 in dollar per vat

Nederland maar te zwijgen: veel verder dan sympathieke initiatieven als de Noord-Nederlandse oliemolen zijn we nog niet.'

Inmiddels heeft het ministerie van VROM bekendgemaakt dat minister Zalm voor de komende miljoenennota geld vrijmaakt voor een of andere vorm van accijnsvrijstelling voor biobrandstof. Over hoe en wat zijn nog onderhandelingen gaande met Financiën. Van den Heuvel kan wel enig begrip opbrengen voor het lange wachten van VROM. 'In landen als Duitsland, Frankrijk en Spanje staat een sterke landbouwlobby achter de teelt van energiegewassen. Voor Nederland valt er met biobrandstof uit gewassen als koolzaad, tarwe of zonnebloemen weinig innovatie eer te behalen. Die kans ligt er wel bij de verwerking van lignocellulosegrondstof, maar dan moet die kans nu wel worden gegrepen.'

ETHANOLFABRIEK

Van den Heuvel doelt onder andere op de Brabantse alcoholproducent Nedalco. 'Wanneer de accijnsvrijstelling er komt, zijn er plannen om in een nieuwe bio-ethanolabriek van 200 miljoen liter te investeren. Daarnaast willen wij voor 3,2 miljoen euro een proefinstallatie bouwen waarin we tarwestro gaan verwerken', zegt ir. Martin Weissmann, manager biobrandstoffen van Nedalco. Hij is niet van plan bestaande installaties in het buitenland klakkeloos na te bouwen. 'Wij

hebben de beschikking over een unieke genetisch gemodificeerde gist die in het laboratorium in staat is om alle suikers uit de lignocellulose in één keer te fermenteren tot ethanol. Met die gist willen we nu op proefschaal aan de gang om later bij succes in de nieuwe ethanolabriek toe te passen.' Gaan de plannen door, 'dan hebben wij de eerste pilotfabriek ter wereld met deze nieuwe productietechnologie', aldus Weissmann.

Shell houdt zijn kaarten nog op tafel voor het moment waarop de accijnsvrijstelling is ingevoerd. 'Wij zijn bezig een strategie uit te zetten, maar het is nog te vroeg om daar al iets over te zeggen', aldus ir. Annemarie van der Rest, manager milieuzaken van Shell Nederland. Wereldwijd gezien is Shell uiteraard betrokken bij de distributie en het bijmengen van de biobrandstoffen uit koolzaad, maïs en suikerriet. Dat past ook bij het imago dat het bedrijf zich graag wil aanmeten. Maar de interesse gaat volgens Van der Rest vooral uit naar de verwerking van lignocellulose-biomassa. 'Daarom hebben we geïnvesteerd in de fabriek van het Canadese bedrijf Iogen, dat bioethanol uit stro maakt.'

Shell zelf heeft de technische kennis in huis om uit gas diesel te synthetiseren met het Fischer-Tropsch-proces. 'Ik noem het de Chanel onder de diesels', zegt de chemisch technoloog,

'Fischer-Tropsch-diesel is de Chanel onder de diesels'

Warmtewisselaar in een biodieselfabriek.





Machine om een gat te graven voor de aanplant van een populier.

doelend op de zuiverheid van de brandstof. 'Maar biomassa als grondstof kennen we alleen nog van het laboratorium.' De bouw van een groene dieselfabriek zit er voorlopig niet in. 'Dat kost miljarden. Ik zie geen enkel bedrijf dat op de korte termijn doen.' Ze wijst op de ervaring met Pura, een schonere benzine die in 2000 werd geïntroduceerd. 'De consument was er nog niet aan toe. De commerciële kant weegt bij onze investeringsbeslissingen zwaar.'

SCOREN

Ir. Harold Boerrigter van Energieonderzoekcentrum Nederland heeft zijn hoop gevestigd op een proefinstallatie,

waar Shell ook aan mee zou kunnen doen. Hij doet bij ECN onderzoek naar de productie van Fischer-Tropsch-diesel door vergassing van biomassa. 'Nederland heeft een unieke positie, gezien het raffinagecomplex in Rotterdam, de ervaring met steenkolenvergassing in Buggenum en de kennis van Shell met het Fischer-Tropsch-proces om uit gas diesel te maken. Met een proeffabriek die al die kennis in de praktijk aan elkaar knoopt, zou Nederland technologisch goed kunnen scoren.'

André Faaij schetst een breder Europees perspectief van grootschalig gebruik van biomassa. 'De landbouw in de pas

'Met een proeffabriek zou Nederland technologisch goed kunnen scoren'

aangesloten Midden- en Oost-Europese landen staat de komende jaren voor enorme veranderingen met ingrijpende consequenties voor de leefbaarheid van het platteland. Teelt van biomassa biedt een alternatief. De vele euro's die nu bij de oliesjeiks terecht komen, kunnen dan naar de ontwikkeling van die landen.'

Perspectief lijkt er dus genoeg voor biomassa: als duurzaam alternatief voor de fossiele olie, met veel kansen voor technische innovatie en een nieuwe impuls voor de plattelandseconomie. En zolang de olieprijs flink hoog blijft, wordt het ook voor de autorijder steeds aantrekkelijker om blij op te rijden. ●

INTERNETBRONNEN

www.eufores.org/proj_eurobserv.htm

Het gebruik van hernieuwbare energiebronnen in de Europese Unie.

www.senternovem.nl/gave/index.asp

Website van GAVE (GASvormige en Vloeibare klimaatneutrale Energiedragers) biobrandstoffen-programma van SenterNovem.

www.ecn.nl/biomassa/index.nl.html

Vergassing van biomassa.

bemz.ecn.nl/index.html

De productie van bio-ethanol uit cellulose.

www.solaroilsystems.com/index1.html

Plantaardige olie als brandstof.

www.ufop.de

Duitse website over biodiesel.