

Rapport 500083002/2006

**Evaluatie van transities:
systeemoptie vloeibare biobrandstoffen**

J.P.M. Ros en J.A. Montfoort

Contact: J.P.M. Ros
Nationale Milieubeleidsevaluatie en Duurzaamheid (NMD)
Jan.Ros@mnp.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van Directie MNP, in het kader van project M/500083, Evaluatie NMP4 beleid.

Abstract

Evaluation of transitions in fuel systems: the liquid biofuel option

The transition to a system with liquid biofuels has been given a powerful impetus in Europe. Interaction with growing activities in countries like France, Sweden en Germany has made European policy on biofuels more powerful. It created strong confidence in the new market. Dutch policy has navigated between various forces: Kyoto goals and agricultural worries stimulating the 1st generation technologies, European strategy and the policy of larger companies to prefer the 2nd generation in time, ecological objections against the 1st generation and analysis of cost effectiveness pointing at other options. Besides the advantage of energy security there are some ecological disadvantages. In case of energy crops a loss of nature (expressed in the Natrual Capital; Index) could occur. The processing of residues and woody materials into biodiesel or bioethanol is energy-intensive.

Dutch policy has considered these disadvantages, supported R&D of innovative technology, stimulated effectively the participation of companies, but didn't realize a consistent policy in time. The vision pointed to the 2nd generation without clear criteria. Niches incorporating 1st generation were only occasionally supported for several years. Recently this attitude changed and a lot of money went to non-innovative projects. The Netherlands has announced that it would comply with the obligation of 2% in 2007 and then later 5.75% in 2010.

Key words: transition, biofuels, biodiesel, bio-ethanol

Inhoud

Samenvatting	7
Summary	11
1. Inleiding	13
1.1 <i>Evaluatie van transitiebeleid</i>	13
1.2 <i>De systeemoptie vloeibare biobrandstoffen</i>	14
1.3 <i>Werkwijze</i>	14
1.4 <i>Leeswijzer</i>	15
2. Beschrijving van de systeemoptie vloeibare biobrandstoffen	17
2.1 <i>Korte schets van het basisidee</i>	17
2.2 <i>Productiestructuur</i>	18
2.3 <i>Consumptie en consumptiemiddelen</i>	18
2.4 <i>Instituties</i>	19
2.5 <i>Ruimtelijke invulling</i>	19
2.6 <i>Belangrijke spelers</i>	20
2.7 <i>Relatie met andere systeemopties</i>	21
3. Beoordeling van de potentiële effecten van biobrandstoffen	23
4. Resultaten van activiteiten in de voorontwikkelingsfase	31
4.1 <i>Ontwikkelen probleemperceptie</i>	31
4.2 <i>Ontwikkeling van een gezamenlijke toekomstvisie</i>	31
4.3 <i>R&D</i>	33
4.4 <i>Experimenten in de praktijk</i>	36
4.5 <i>Samenhang activiteiten in de voorontwikkelingsfase</i>	37
5. Motivatie voor daadwerkelijke systeemverandering	41
6. Conclusies	53
Literatuur	57

Samenvatting

Met het Nationaal Milieubeleidsplan 4 hebben transitieprocessen in het milieubeleid meer aandacht gekregen. Het gaat om ingrijpende veranderingen op de lange termijn met grote milieuwinst als doel. Het Milieu- en Natuurplanbureau heeft het proces van de afgelopen jaren en de rol van het Nederlandse beleid daarin geëvalueerd voor een van de opties voor het toekomstige systeem: vloeibare biobrandstoffen voor transport.

Relevante doelstellingen op de lange termijn

- In het kader van klimaatbeleid streeft het kabinet ernaar met de inzet van CO₂-neutrale biomassa bij te dragen aan reducties van broeikasgasemissies in 2050 van 50% ten opzichte van 1990 (zie Toekomstagenda Milieu). Vloeibare biomotorbrandstoffen zijn onderdeel hiervan.
- Biomassa biedt de mogelijkheid de diversiteit in het energieaanbod en daarmee de leveringszekerheid te vergroten. Voor transport kan daarmee de afhankelijkheid van olie-exporterende landen worden vermindert.
- In een visiedocument van het Ministerie van Economische Zaken uit 2003 opgesteld in samenspel met andere partijen wordt een biomassabijdrage van 30% aan de energievoorziening in 2040 genoemd. Het platform Groene Grondstoffen van ondernemers noemt specifiek voor biomotorbrandstoffen een percentage van 60% in 2030.
- Hoewel het beleid geen officiële kwantitatieve doelen heeft geformuleerd, worden kansen gezien voor versterking van de landbouwsector, zowel in Europa als in ontwikkelingslanden.
- Er is bezorgdheid over het extra landgebruik voor biomassa en de concurrentie met voedselvoorziening en met natuur, waardoor het voorkómen van deze neveneffecten een bijkomend doel is geworden.

Betekenis van vloeibare biobrandstoffen voor het klimaatdoel

- Uit analyses over de gehele productie-gebruiksketen ('well-to-wheel') blijkt dat voor momenteel toegepaste biobrandstoffen op basis van teelt in Europa emissiereducties voor broeikasgassen mogelijk zijn. Reducties variëren veelal tussen 10 tot 60% ten opzichte van benzine en diesel uit fossiele bronnen.
- Voor biobrandstoffen uit import van palmolie of rietsuikerethanol zijn emissiereducties mogelijk van 60 tot 90%.
- Voor biobrandstoffen geproduceerd met nieuwe processen met als grondstoffen tal van reststromen, hout en houtachtige stromen zijn emissiereducties tussen 60 en 95% haalbaar ten opzichte van benzine en diesel.
- Hoge emissiereducties in 'well-to-wheel'-analyses worden vooral bereikt door de extra inzet van CO₂-neutrale biomassa voor de benodigde warmte en elektriciteit bij de omzetting van biomassa in vloeibare brandstoffen.
- De beschikbare en al toegepaste basistechnieken voor productie van biodiesel (op basis van plantaardige oliën) en bio-ethanol (op basis van C6-suikers en zetmeel) zijn minder energie-intensief dan in ontwikkeling zijnde nieuwe processen, die daartegenover het voordeel hebben houtachtige gewassen en nog niet benutte reststromen van de land- en bosbouw of de voedingsindustrie te kunnen verwerken.

- Voor diverse biomassaströmen is een andere toepassing dan omzetting in vloeibare brandstoffen voor de reductie van broeikasgasemissies momenteel kosteneffectiever. Dit geldt bijvoorbeeld voor het bijmengen van houtsnippers bij kolengestookte elektriciteitscentrales. Er moet nog worden onderzocht, wat op de lange termijn de meest efficiënte toepassing is rekening houdend met alternatieven voor de lange termijn.
- Reductiepercentages van meer dan 50% (het langetermijndoel) zijn haalbaar met een aantal varianten van biobrandstoffen. De daadwerkelijke bijdrage aan het totaal wordt beperkt door de beschikbaarheid van land voor de teelt van biomassa.
- Bij de genoemde emissiereducties is geen rekening gehouden met CO₂-emissies uit de bodem als gevolg van de intensieve teelt. Deze extra emissies kunnen in sommige gevallen het positieve effect voor vele decennia geheel of gedeeltelijk teniet doen.

Betekenis van vloeibare biobrandstoffen voor andere doelen

- **Doel energiezekerheid en bijdrage biomassa aan de energievoorziening.** Er kan een positief effect op de energiezekerheid worden verwacht door eigen productiecapaciteit in Europa en door import van rietsuikerethanol, palmolie en soortgelijke producten uit andere landen dan olie-exporterende landen. In Nederland zou het aanbod van mogelijk beschikbaar komende biomassa in 2030 zo'n 10% van de totale energievraag kunnen dekken, vooral met reststromen. Voor het behalen van de doelstelling is daarom veel import nodig, hetgeen bijdraagt aan de internationale spanning tussen vraag naar en aanbod van land.
- **Doel benutting kansen Europese landbouw.** De Europese landbouw levert momenteel vooral in Duitsland en Frankrijk een substantiële bijdrage aan de teelt voor biobrandstoffen. In Nederland zal energieteelt naar verwachting geen grote rol spelen.
- **Doel voorkómen negatieve neveneffecten van biobrandstoffen op de natuur.** Bij alle teelten moet per saldo rekening worden gehouden met verlies aan natuurwaarde (ook in geval van verlaten landbouwgronden, die anders immers een natuurfunctie zouden kunnen krijgen). Vermindering van broeikasgasemissies heeft een positief effect op de natuur, extra landgebruik voor energieteelt een negatief effect. Het per saldo effect op de natuurwaarde (gedefinieerd als de verandering ten opzichte van de natuurlijke situatie) wordt – de vele onzekerheden beschouwend – negatief geschat bij emissiereducties kleiner dan 20 ± 10 ton CO₂-eq per hectare. Emissiereducties in de praktijk liggen voor teelt in Europa en basistechnieken veelal tussen 1 en 8 ton CO₂-eq per hectare, voor nieuwe technieken met houtachtige gewassen tussen 6 en 10 ton CO₂-eq per hectare en voor palmolie en rietsuikerethanol tussen 8 en 12 ton CO₂-eq per hectare. Overigens past hierbij de kanttekening dat natuurwaarde geen inzicht geeft in alle relevante natuuraspecten, zoals over soorten op de Rode Lijst.

Beoordeling van het proces en de rol van het Nederlandse beleid

- De productiecapaciteit voor vloeibare biobrandstoffen in Europa is vanaf 2000 sterk toegenomen onder invloed van landbouwbelangen, impulsen vanuit Europees beleid en accijnsvrijstellingen in diverse landen. Verwachting is dat de exponentiële toename zeker tot 2010 zal aanhouden voornamelijk met basistechnieken.
- In R&D naar nieuwe technologie speelt Nederland met overheidssteun een relatief grote rol. De nieuwe technieken zijn in Nederland nog niet tot het stadium van experimenten op praktijkschaal gekomen.
- De Nederlandse visie op de lange termijn heeft eerder dan in andere landen een nadrukkelijke voorkeur gekend voor de nieuwe technieken met meer inzet van

reststromen. Het is waarschijnlijk, dat deze visie heeft bijgedragen aan de recente beweging van de Europese strategie in dezelfde richting.

- Het Nederlandse beleid heeft tot 2005 veel minder ondersteuning gegeven aan initiatieven van ondernemers om biobrandstoffen op de markt te brengen met basistechnieken dan landen als Duitsland, Frankrijk en Zweden. Er is in Nederland nauwelijks productie geweest. Inmiddels is Nederland begonnen aan een inhaalslag, vooral met de aangekondigde verplichting van 2% in 2007 en 5,75% in 2010 (het laatste in lijn met de EC-Directive), waarvoor gezien de capaciteitsopbouw voornamelijk basistechnieken zullen worden ingezet.
- Met de aangekondigde verplichting voor 2010 wordt beoogd een bijdrage te leveren aan het halen van Kyoto-doelstellingen voor de korte termijn. Hiermee kan een vermindering van de CO₂-emissie van verkeer met 2,1 Mton worden bereikt. Maar in de productieketen nemen de emissies toe, voor de landbouw vooral in het buitenland, voor de industriële verwerking deels in Nederland. De totale emissiereductie van deze Nederlandse beleidsmaatregel over de gehele productie-gebruiksketen in binnen- en buitenland wordt geschat op 0,5-1 Mton CO₂-eq.
- De recent als steun voor de implementatie ingezette gelden (accijnsvrijstelling in 2006, subsidies uit Unieke-Kansen-Regeling) zijn vooral gegaan naar niet-innovatieve technieken.
- De aangekondigde verplichting heeft een krachtige impuls aan ondernemers gegeven. Genoemde gelden zijn daarnaast ingezet. Er kunnen vraagtekens worden geplaatst bij de efficiëntie daarvan als stimulerend instrument.
- Vloeibare biobrandstoffen krijgen recent krachtiger beleidsimpulsen dan andere toepassingen van de beperkt beschikbare biomassa en alternatieven voor verkeer. Het beleid kan daarom belemmerend werken voor andere systeemopties en voor een mogelijk meer effectieve inzet van de biomassa voor CO₂-reductie.
- Gezien het voorgaande heeft het Nederlandse beleid gelaveerd in een krachtenveld, waarin het halen van Kyoto-doelstellingen (korte termijn), het meegaan met Europese ontwikkelingen en plannen van ondernemers, het rekening houden met mogelijke negatieve effecten en de resultaten van kosteneffectiviteitanalyses een rol speelden. Het beleid gericht op doelstellingen voor de lange termijn heeft daardoor helderheid en consistentie gemist.

Summary

Evaluation of transitions in fuel systems: the liquid biofuel option

The transition from a system based on fossil fuels such as petrol/gasoline and diesel fuels to a system in which liquid biofuels play a considerable role has been given a powerful impetus in Europe. This trend has most recently included the Netherlands. Although there are many new activities, most of them rely on traditional technology having several ecological disadvantages, with short-term goals playing an important role. Dutch policy has only been able to contribute a few elements of long-term policy to this process.

Assessment of potential ecological effects of liquid biofuels

The most important advantages of biofuels are believed to be the higher level of energy security and reduced effects of climate change. However, there are disadvantages. Two important elements of an ecological assessment are the land-use and greenhouse-gas emissions. Land used for energy crops cannot be made available to nature, although shifts in agricultural activities can mean that nature areas are developed somewhere else. Nevertheless, in many cases biofuels induce a positive climate effect because of reduction in greenhouse gases in the production–consumption chain. However, when combining these effects, taking into account all uncertainties, a loss of nature could occur for all energy crops. This is expressed in the Natural Capital Index, the product of ecosystem area and quality. Relatively speaking, this potential loss is lowest for wood plantations with high yields. Applying agricultural residues and waste as a source of biomass does not mean extra land use, so that optimal use here has a positive effect on nature and other impacts due to climate change. However, the processing of residues and woody materials into biodiesel or bioethanol is energy-intensive. In general, in a well-to-wheel analysis or in energy balances for biofuels, high percentages of greenhouse gas reductions are realized mainly through the use of bioenergy as process energy.

The transition process in Europe and in the Netherlands

Production capacity for biofuels in Europe has sharply increased since 2000, especially in countries worried about their agricultural future because of adjustments in trade rules and regulations. Energy crops for biofuels have offered a new opportunity. Interaction with these growing activities has made European policy on biofuels more powerful, which for its part has created strong confidence in the new market. Until 2005 new entrepreneurs with proposals for 1st generation biofuels in the Netherlands were not really supported. After 2005 European pressure and short-term goals (Kyoto Protocol) forced the Netherlands to catch up. However as in Europe, new production capacity is based mainly on 1st generation technology. Products of improved technologies like Fischer-Tropsch diesel and cellulosic ethanol are expected to take only a minor market share of the biofuels in 2010. Activities of new entrepreneurs have been a driving force for bigger companies to play a more active role.

The impact of Dutch policy

Dutch policy has navigated between various forces: Kyoto goals and agricultural worries stimulating the 1st generation technologies, European strategy and the policy of larger companies to prefer the 2nd generation in time, ecological objections against the 1st generation and analysis of cost effectiveness pointing at other options. This policy process of navigation has prevented a consistent long-term policy.

The Dutch vision clearly pointed to 2nd generation processes, but the lack of criteria to go with the definitions limited the effect of this vision in practice. Although R&D got financial support from the Dutch government and had promising results, it has not led to demonstration plants using 2nd generation technology in the Netherlands. Niches incorporating 1st generation biofuels were only occasionally supported. Recently this attitude has changed and money went to non-innovative projects. The transition process to new technology is moving, but slowly, while the European and Dutch 1st generation activities are galloping on. Recently, the Netherlands has announced that it will comply with the obligation of 2% in 2007, and then later with 5.75% in 2010. Supported by European developments, this obligation has already created a strong market. Only a minor share of innovative technologies can be expected in 2010.

Biofuels in the perspective of system innovation

Biomass has many traditional applications; the idea of a climate neutral cycle is stimulating other applications too. Not only biofuels, for which there are also gaseous options, form an option, but biomass for electricity and heat production or as a raw material for the chemical industry also provide possibilities. The availability of biomass is restricted, with a strategy based on integral assessments for optimal biomass use missing. Innovation of the transport system is served by a variety of options. There are other options, but they take time. Developments with liquid biofuels are accelerating at an unprecedented pace, making it difficult for developers of other options to keep up. There is a risk then of a new resistance to other options.

1. Inleiding

1.1 Evaluatie van transitiebeleid

In 2001 heeft het vierde Nationaal Milieubeleidsplan (NMP4) een beleidsimpuls gegeven aan het denken in termen van systeemverandering op de lange termijn om hardnekkige milieuproblemen de baas te kunnen. Het heeft ook diverse beleidsacties in gang gezet, die invulling hebben gegeven aan het begrip transitie management in de context van duurzame ontwikkeling. In overleg met alle betrokken ministeries is afgesproken, dat het Milieu- en Natuurplanbureau in 2006 een eerste evaluatie uitbrengt van de voortgang van het transitieproces en de rol van het beleid daarin. Inmiddels is een interdepartementale directie voor de energietransitie in het leven geroepen, waardoor de breedte in de systeemopties – het gaat immers dikwijls over sectoren heen – beter kan worden aangestuurd.

Het werken aan een beter systeem op de lange termijn heeft met het NMP4 weliswaar extra aandacht gekregen, het is er niet mee begonnen. Er liepen al tal van onderzoeksprogramma's en experimenten, er waren vele ideeën over nieuwe institutionele vormgeving en er was al veel beleid, dat daar direct of indirect invloed op had. Het heeft geen zin de ontwikkelingen van de laatste jaren te beschouwen zonder deze context. Er is ook afgesproken, dat het uitgangspunt voor deze evaluatie de voortgang van de processen in de praktijk zou zijn en dat daarbij wordt aangegeven, welke prikkels er vanuit het beleid aan zijn gegeven en hoe effectief die zijn geweest.

In de voorontwikkelingsfase zijn transities doelzoekende processen. Zonder duidelijke doelen is het lastig evalueren, tenzij de evaluator een participerende en faciliterende rol neemt in een leerproces. Deze rol past niet bij het MNP als onafhankelijk planbureau. Er is gezocht naar een aanpak, waarbij de elementen leren en afrekenen in samenhang zouden kunnen worden beschouwd. Dat heeft geleid tot systeemopties als uitgangspunt voor de evaluatie. Een systeemoptie schetst een deel van het toekomstige systeem, zoals dat zou kunnen worden. Het vormt een potentieel doel. De evaluatie richt zich op het proces om deze systeemoptie te realiseren. Bij de formulering van de eindconclusies dient te worden bedacht, dat het proces moet worden afgestemd op andere processen, waarin mogelijke alternatieven worden ontwikkeld. De keuze voor een specifieke systeemoptie geeft de evaluatie wel het nodige houvast.

Binnen het MNP is een evaluatiemethodiek ontwikkeld, die een leidraad vormt voor de evaluatie en bouwstenen aandraagt voor te hanteren methoden en modellen (Ros et al., 2006). Hoewel het proces en de rol van het beleid daarin centraal staan, wordt ook een eerste beoordeling van de mogelijke effecten bij realisatie van de systeemoptie opgemaakt. Ook al omdat deze mogelijke effecten van invloed zijn op de houding van diverse actoren ten opzichte van de systeemoptie en daarom niet los kunnen worden gezien van het proces. De systeemoptie vloeibare biobrandstoffen is de eerste in een serie van zes systeemopties, die worden geanalyseerd. De andere systeemopties, die later dit jaar zullen verschijnen, zijn:

- Groene diensten in de landbouw;
- Groene grondstoffen;
- Visvoer voor viskweek;
- Micro-warmtekracht;
- Brandstofcelauto op waterstof verkregen uit zonthermische krachtcentrales (CSP).

Ook zal er, op basis van deze zes rapporten, een samenvattend evaluatierapport over transities worden uitgebracht.

1.2 De systeemoptie vloeibare biobrandstoffen

In dit rapport wordt de systeemoptie ‘vloeibare biobrandstoffen’ beschreven. Biomotorbrandstoffen (in het vervolg aangeduid met biobrandstoffen) zijn als systeemoptie gekozen om diverse redenen. In de visie van vele partijen spelen vloeibare biobrandstoffen een belangrijke rol als vervangers voor benzine en diesel. Er wordt nu ook al hard aan gewerkt. Het is niet iets van de verre toekomst. Toepassing is al nadrukkelijk op gang gekomen. Er speelt echter wel een discussie over wat er op korte termijn moet worden gedaan en wat er op lange termijn moet worden bereikt. Een zeker spanningsveld daartussen valt niet te ontkennen. Qua ecologische effecten is het potentieel aanzienlijk met zowel positieve (klimaat) als negatieve (landgebruik) aandachtspunten. De gegevens over deze systeemoptie zijn mede gebaseerd op een, in opdracht van het Milieu- en Natuurplanbureau, uitgevoerde studie van de Universiteit van Utrecht (Suurs en Hekkert, 2005).

1.3 Werkwijze

Er is gebruik gemaakt van de door het MNP opgestelde evaluatiemethodiek voor transitie en de daarin aangegeven bouwstenen. Het rapport waarin deze evaluatiemethodiek is vastgelegd (Ros et al., 2006) is te vinden op de website van het MNP.

In de eerste plaats is een beschrijving en vooral de afbakening van de beschouwde systeemoptie van belang. Het gaat om een samenhangend geheel van technieken, processen, instituties en structuren. Hoewel de evaluatie in de eerste plaats betrekking heeft op het transitieproces en niet zozeer op de mogelijke effecten, als het eindresultaat wordt bereikt, kunnen deze zaken niet geheel los van elkaar worden gezien. De mogelijke effecten bepalen immers mede de houding van diverse actoren. Daarom wordt in dit rapport ook kort ingegaan op de effecten.

Een ex-post evaluatie wordt gebaseerd op monitoring. Milieubeleidsevaluaties worden veelal gebaseerd op de monitoring van emissies, milieukwaliteit of zo mogelijk van effecten. In het geval van de lopende transitieprocessen is dit niet zo zinvol. De beoogde veranderingen in deze grootheden worden pas op de lange termijn bereikt. Beleid dient zich eerst te richten op de voorontwikkeling van dat veranderingsproces. Daarin zijn vier typen activiteiten verondersteld:

- het ontwikkelen van een gevoel van urgentie op basis van een probleemperceptie;
- het ontwikkelen van een gezamenlijke toekomstvisie;
- onderzoek en ontwikkeling van nieuwe technologie en nieuwe instituties;
- experimenten in de praktijk met onderdelen van het nieuwe systeem of inrichten van niches.

De monitoring richt zich op deze activiteiten. Wat is er op die punten de afgelopen jaren gebeurd? Welke beleidsacties zijn daarop gericht geweest? Daarin staat Nederland niet los van de rest van de wereld. Daarom wordt ook de internationale context geschetst. Vervolgens wordt de samenhang in de feitelijke ontwikkelingen van de afgelopen jaren geanalyseerd. Hierbij wordt vooral beschouwd, in hoeverre de cyclus van visievorming-Research&Development-experimenten gericht op de lange termijn spoort met de cyclus van actiegerichtheid-creëren van markten-niches op de korte termijn.

De resultaten van deze activiteiten in de voorontwikkelingsfase moeten de motivatie vergroten om tot daadwerkelijke systeemverandering over te gaan. Met beleidsinstrumenten kan deze motivatie worden versterkt. Echter, het bestaande systeem met de daarin gecreëerde

belangen kan tegenwerken. Nagegaan wordt, hoe de motivatie zich de afgelopen jaren heeft ontwikkeld. Enkele cruciale acties worden daartoe geïdentificeerd, met name enkele wezenlijke investeringsbeslissingen. In krachtenveldanalyses worden al deze factoren samengebracht. Op basis hiervan worden conclusies getrokken over de voortgang van het proces en de effectiviteit van de prikkels van het Nederlandse beleid.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een beschrijving en afbakening van de beschouwde systeemoptie met alle bijkomende aspecten. In hoofdstuk 3 wordt een eerste duurzaamheidstoets op de systeemoptie losgelaten met speciale aandacht voor de effecten op broeikasgasemissies en op de natuurwaarde. Vervolgens worden de feitelijke ontwikkelingen van de afgelopen jaren op een rij gezet in hoofdstuk 4, hierbij wordt ook ingegaan op de samenhang tussen deze ontwikkelingen in de voorontwikkelingsfase van de transitie. Hoofdstuk 5 richt zich op het krachtenspel en de ontwikkelingen daarin om daadwerkelijke investeringen in essentiële onderdelen van het nieuwe systeem te realiseren. Hierin worden de resultaten van de voorontwikkeling, de kenmerken van het bestaande systeem en specifieke beleidsimpulsen in samenhang geanalyseerd. In hoofdstuk 6 worden conclusies getrokken over de mogelijke effecten, de voortgang van het proces en de invloed van het Nederlandse beleid daarop.

2. Beschrijving van de systeemoptie vloeibare biobrandstoffen

2.1 Korte schets van het basisidee

Producten van organische oorsprong zoals restproducten van de voedingsindustrie, koolzaad, suikerriet of –biet, houtachtige massa en vele andere worden ingezet als grondstoffen voor de productie van brandstoffen voor transportmiddelen. Er zijn vele routes om de vaste biomassa om te zetten in biobrandstof die kan worden bijgemengd bij of uiteindelijk kan dienen als vervanger voor benzine of diesel. De systeemoptie wordt beperkt tot de vloeibare biobrandstoffen (vloeibaar onder normale omstandigheden qua temperatuur en druk) en dus blijven methaan, Dimethyl ether (DME) en waterstof buiten beschouwing.

De belangrijkste vloeibare biobrandstoffen zijn:

- Pure plantaardige olie(PPO);
- Biodiesel op basis van plantaardige oliën;
- Bio-ethanol, traditioneel uit suiker- en zetmeelhoudende landbouwgewassen;
- Bio-cellulose-ethanol, met in ontwikkeling zijnde processen;
- Biomethanol, vergassing gevolgd door methanolsynthese (speelt nog geen grote rol);
- Bio-ETBE (ethyl tertiair butylether) ontstaat na een reactie van ethanol met isobutyleen;
- Fisher-Tropsch diesel;
- HTU-diesel (HydroThermal Upgrading) natte massa omzetten in biocrude.

In de praktijk wordt dikwijls gesproken over de 1^e en de 2^e generatie biobrandstoffen, die kort worden toegelicht gezien de betekenis ervan voor het proces. De 1^e is nu al beschikbaar, maar roept discussie op vanwege negatieve bij-effecten op milieu en natuur. De 2^e vraagt nog verdere ontwikkeling, maar wordt verondersteld aanzienlijk betere resultaten op te leveren. In Tabel 1 is een overzicht gegeven van de varianten, die als 1^e en 2^e generatie worden beschouwd. In de praktijk is dit echter een te starre indeling, die geen recht doet aan diversiteit in technologische ontwikkelingen. De ontwikkelingen springen niet van de 1^e naar de 2^e generatie, maar verlopen dikwijls in vele stappen. Zo zijn er tal van technologische ontwikkelingen om op basis van plantaardige oliën op een efficiëntere manier een kwalitatief beter product te maken.

Tabel 2.1. Veel gehanteerde indeling van 1^e en 2^e generatie biobrandstoffen

	Brandstof	Grondstof	Proceskenmerken
1e generatie	PPO	Koolzaad, zonnebloemen, oliepalmen	Oliemolen (mechanisch persen); toepassing vraagt aangepaste motor of Elsbett-motor
	Biodiesel	PPO, afgewerkte oliën of vetten	Verestering
	Bio-ethanol	Suikerbiet of –riet, tarwe, zetmeelhoudende gewassen	Hydrolyse (voor zetmeel) en fermentatie
	Bio-ETBE	Bio-ethanol (uit 1 ^e generatie) en isobuteen	Chemische synthese
2 ^e generatie	FT-diesel	Reststromen landbouw, V&G-industrie, afval, hout en houtachtige gewassen	Vergassing, gasreiniging en Fischer-Tropsch synthese
	HTU-diesel	Natte organische rest- en afvalstromen, GFT	HTU-proces tot biocrude, raffinage
	Cellulose-ethanol	Naast huidige grondstoffen bio-ethanol, reststromen met gras, stro, bietenpulp, houtachtige gewassen etc.	Geavanceerde (enzymatische) hydrolyse en fermentatie (inclusief C5-suikers)

2.2 Productiestructuur

De productieketen voor biobrandstoffen begint bij de biomassa, die als grondstof wordt ingezet. In de land- en bosbouw is sprake van zowel specifieke energieteelt als van benutting van reststromen. Bij teelten kan onderscheid worden gemaakt tussen gewassen, waaruit plantaardige olie wordt gewonnen, suiker- en zetmeelhoudende landbouwproducten voor de ethanolproductie en houtachtige gewassen als basis voor nieuwe, in ontwikkeling zijnde verwerkingstechnieken. Reststromen, die in aanmerking kunnen komen, zijn bijvoorbeeld houtafval, oliezaadschroot, diermeel, gebruikte oliën en vetten, reststromen van landbouwgewassen zoals tarwestro, bietenpulp, bermgrasafval en GFT.

Het oogsten of inzamelen van de biomassa, met name allerlei reststromen uit het bos of van landbouwgewassen is de eerste stap in de verwerking. Daarna zal vaak eerst een voorbereiding van de biomassa plaats moeten vinden bijvoorbeeld ontluchten en drogen, persen, versnipperen of het maken van briquettes. Vervolgens wordt de biomassa of het tussenproduct naar de afnemer getransporteerd. Er kunnen ook reststromen worden ingezet uit de voedings- en genotmiddelenindustrie of huishoudelijk afval. De beschikbaarheid van voldoende biomassa is een belangrijk aandachtspunt.

Biomassa wordt vervolgens door een van de conversietechnieken omgezet in een product dat ingezet kan worden als biobrandstof voor transport. Conversietechnieken worden uitgevoerd in meer stappen en niet altijd vinden deze stappen op dezelfde locatie plaats (voorbeeld oliepersmolens en omzetting van plantaardige olie in biodiesel; ethanolproductie en omzetting in ETBE).

De volgende stap is de 'blending', het bijmengen van biobrandstof aan de diesel of de benzine. Hoewel er ook varianten zijn van auto's, die geheel of voornamelijk op biobrandstof rijden (waarvoor ook een aangepast distributiesysteem nodig is), is bijmenging vooralsnog de belangrijkste route. De blending gebeurt vooral op de raffinaderijen. Een belangrijk aandachtspunt is de kwaliteit. Er zijn vele richtlijnen, waaraan motorbrandstoffen moeten voldoen, waardoor er vele restricties zijn voor bijmenging.

2.3 Consumptie en consumptiemiddelen

Het voordeel van de introductie van vloeibare biobrandstoffen is de mogelijkheid van bijmenging met benzine of diesel, waarbij niet of nauwelijks aanpassingen aan de auto nodig zijn. Het kan leiden tot beperkte aanpassing van de motoren en in enkele gevallen tot vergroting van benodigde ruimte voor opslag van de transportvloeistof en in aanpassing van afdichtingen. Intentie is dat ondanks technische aanpassingen aan transportmiddelen het comfort, prestatie en veiligheid van het vervoermiddel en tanken van brandstoffen hetzelfde blijft.

Toepassing van PPO vraagt een ander type motor (Elsbett-technologie). Al rondrijdende dieselauto's kunnen ook worden omgebouwd. De kenmerken van biodiesel hangen samen met de samenstelling van de plantaardige olie, die als grondstof heeft gediend. Biodiesel op basis van palmolie is minder geschikt bij lage temperaturen. FT-diesel heeft andere kenmerken, hogere kwaliteit en levert zo mogelijk nog minder problemen met bijmenging.

Bijmenging van ethanol en/of ETBE kan in beperkte mate zonder aanpassingen aan auto's. De eventuele keuze voor ETBE hangt samen met een iets minder problematische bijmenging. Het vervangt ook het additief MTBE. Voor het kunnen rijden op ethanol zijn er ook de zogenaamde flexi-fuel auto's (rijden bijvoorbeeld al in Zweden; neemt toe in de Verenigde Staten; in Brazilië is momenteel meer dan 70% van de verkochte nieuwe auto's van het type flexi-fuel).

2.4 Instituties

Als biobrandstoffen een grootschalige internationale markt gaan bedienen, dan heeft dit grote consequenties voor handelsstromen. Er zal steeds meer biomassa speciaal geteeld worden waarbij Nederland (maar waarschijnlijk ook de EU) afhankelijk zal zijn van de import van biomassa van buiten de grenzen. Aspecten als transportkosten en verzekering van continuïteit van toelevering, lokale faciliteiten en loonkosten worden daarbij belangrijk. Een marktplaats voor efficiënte internationale handel van biomassa is een aandachtspunt.

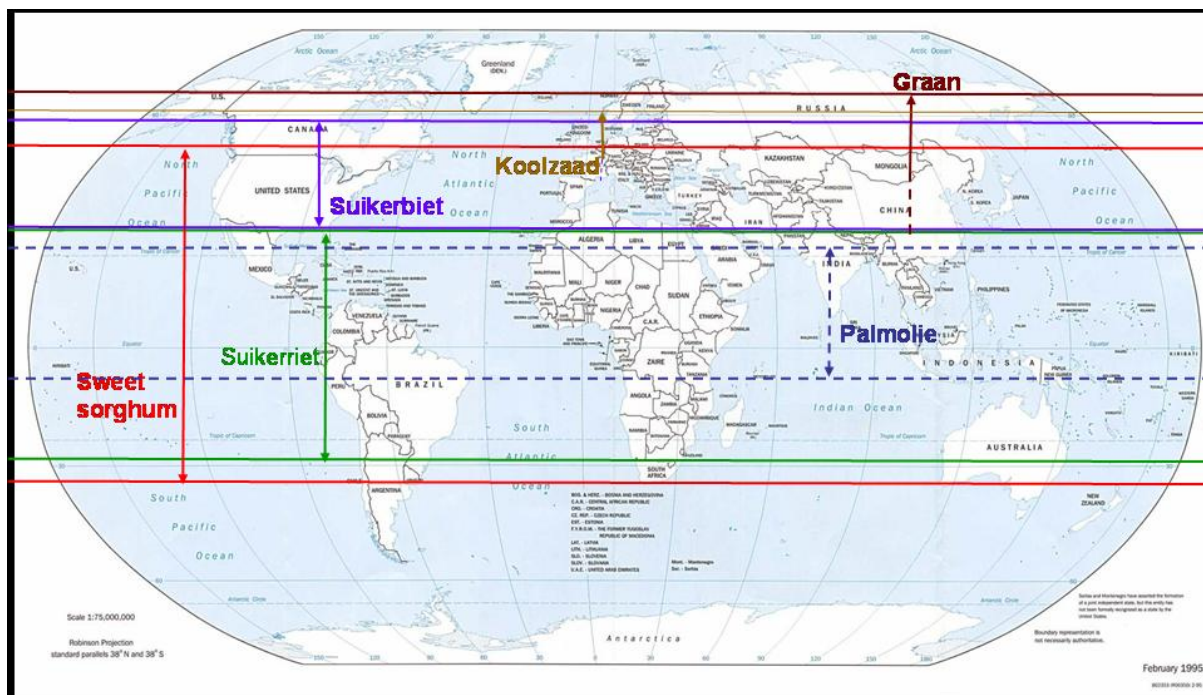
Wat betekent deze handel in het licht van duurzaamheid? Wordt biobrandstof een fair-trade product of zo goedkoop mogelijk? Het hangt af van de institutionele vormgeving. Daarnaast spelen ecologische aspecten een rol. Zorg over het verdwijnen van waardevolle natuursystemen, zoals het kappen van stukken tropisch woud, speelt een rol bij palmolie en rietsuiker. Er wordt gewerkt aan duurzaamheidcriteria, certificeringssystemen en de vorm waarin doelen moeten worden geformuleerd (% biobrandstof, % bijmenging, fossiel C-gehalte in de brandstof).

Ook ontwikkelingen op het gebied van het Europese gemeenschappelijke landbouwbeleid zullen sterk van invloed zijn op de energieteelt voor biobrandstoffen in de EU, mogelijk aanpassingen van WTO-handelsregels. Dit speelt al in de huidige situatie, maar kan op de lange termijn ook gebeuren voor energieteelten.

Daarnaast zijn er diverse richtlijnen voor motorbrandstoffen. Voorbeelden zijn maximale dampspanning of zuurstofgehalte. Niet alle varianten van biobrandstoffen voldoen bij voorbaat aan bestaande Europese richtlijnen. Dit systeem dient daartoe tegen het licht te worden gehouden.

2.5 Ruimtelijke invulling

Aan het gebruik van biomassa zit een sterk ruimtelijk aspect. Het is onwaarschijnlijk, dat de energieteelt in Nederland in de toekomst kan concurreren met andere vormen van landgebruik, inclusief andere specifieke vormen van landbouw. Veel biomassa zal van elders komen. Bepaalde gewassen kunnen alleen in bepaalde streken worden geteeld, waarbij in warme streken op vruchtbare gronden de hoogste opbrengsten zijn te verwachten.



Figuur 2.1. Geschiktheid van regio's voor bepaalde energieteelten

Grootschalige biomassa uit eigen land zal vooral gaan om reststromen. Nederland wordt – zeker bij een veel verdergaande toepassing – afhankelijk van de import van biomassa, van oliën als tussenproduct of biobrandstoffen als eindproduct uit het buitenland. Het ruimtegebruik van de Nederlandse consument in het buitenland zal daardoor sterk toenemen en het risico van verdringing van de voedselproductie is daarbij aanwezig.

Voor een beoordeling van deze systeemoptie vanuit Nederlands perspectief is het ook van belang, waar de industriële omzetting van biomassa in vloeibare brandstoffen plaatsvindt. Beschikbaarheid van grondstoffen in de nabijheid is een belangrijke factor (Shell, VW en Iogen zoeken in West-Europa naar een locatie met een optimalisatiemodel voor transportkosten voor de aanvoer van grondstoffen). Indien de verwerking gaat in de richting van de bioraffinage, worden de afzetkanalen ook belangrijk en daarmee de nabijheid van een haven (Rotterdam of wellicht Groningen, waar ook plannen in die richting bestaan).

Een laatste ruimtelijk aspect is de distributie van brandstof. Voor bijvoorbeeld E85 (ethanol voor flexi-fuel auto's) moet een netwerk van pompstations worden ingericht.

2.6 Belangrijke spelers

Voedings- en genotmiddelenindustrie

Belangrijke spelers zijn ethanolproducenten (zoals Nedalco). Biobrandstoffen betekenen een nieuwe markt voor deze bedrijven en voor mogelijke andere, nieuwe ethanolbedrijven. De V&G-industrie heeft daarnaast in potentie vele reststromen, die voor verwerking tot biobrandstof in aanmerking komen.

Auto-industrie

Zij spelen vooral een rol bij het op de markt brengen van op biobrandstof aangepaste auto's en maken daarin keuzen.

Boeren en landbouworganisaties

Zij zorgen voor energieteelten en voor landbouwreststromen.

Oliemaatschappijen

Voor de grote oliemaatschappijen met eigen raffinaderijen kan biobrandstof concurrentie betekenen met door hen geleverde brandstof, maar ook een concurrentiefactor onderling zijn. Ze mengen en distributie verzorgen ze ook. Ze worden steeds actiever in de productie van biobrandstoffen. Ze zijn betrokken bij diverse technologische ontwikkelingen.

Brandstofleveranciers

Er zijn bedrijven, die motorbrandstoffen distribueren.

Biodieselproducenten

Voor PPO- en biodieselproductie verschijnen vele nieuwe, nog tamelijk kleine bedrijven op de markt, veelal gericht op de 1^e generatie biobrandstoffen.

Chemische industrie

Dit kunnen diverse bedrijven zijn. ETBE-producenten zijn belangrijke spelers.

Handelaren

De biomassamarkt kan een enorme groei in basisgrondstoffen en tussenproducten (zoals oliën) te zien geven, waarin handelsbedrijven een grote rol spelen.

Onderzoeksinstituten spelen een belangrijke rol, omdat de benodigde technieken nog niet uitontwikkeld zijn. Daarnaast is er een rol voor consumenten (in geval van brandstofkeuze), de beheerders van bossen, plantsoenen en dergelijke (als toeleverancier van reststromen), afvalverwerkende bedrijven (in geval van afval als grondstof) en fair-trade organisaties (als ketenvertegenwoordigers).

2.7 Relatie met andere systeemopties

De systeemoptie vloeibare biobrandstoffen moet worden geplaatst naast andere systeemopties, in de eerste plaats voor auto's met verbeterde conventionele technologie, aardgasauto's, elektrische of hybride auto's, brandstofcelauto's en mogelijke andere varianten. In deze evaluatie wordt geen vergelijking tussen de systeemopties gemaakt, omdat daarvoor de andere systeemopties op een vergelijkbare manier moeten worden beschouwd.

Wel kan opgemerkt worden, dat de processen, die voor vloeibare biobrandstoffen worden ontwikkeld, ook een rol kunnen spelen voor bijvoorbeeld de ontwikkeling naar brandstofcelauto's. Immers, de vergassing van biomassa hoeft niet te worden gevolgd door de synthese van FT-diesel. Er kan ook waterstof uit worden gewonnen of aardgas. In de ethanollijn wordt de brandstofcel ook als een technologie voor de lange termijn genoemd. Beide ontwikkelingslijnen kunnen ook een basis vormen voor groene grondstoffen of biograndstoffen voor de chemische industrie. Bij deze diversiteit aan toepassingsmogelijkheden is de beperkte beschikbaarheid van biomassa een belangrijk aandachtspunt.

3. Beoordeling van de potentiële effecten van biobrandstoffen

Het proces gericht op realisatie van de systeemoptie kan niet los worden gezien van de mogelijke resultaten, die ermee kunnen worden bereikt. Op basis van de huidige kennis van de technologie kan een inschatting worden gemaakt van het resultaat in geval de systeemoptie daadwerkelijk gerealiseerd zou zijn. De huidige situatie wordt daarbij als referentie genomen. Het levert een eerste ruwe duurzaamheidstoets (zie Tabel 3.1 met onderscheid naar inzet van energieteelt en van reststromen), waarbij de resultaten vooral veel spreiding kennen, omdat er nog vele varianten in de uitwerking open staan, hetgeen tevens betekent dat er nog veel richting aan kan worden gegeven.

Tabel 3.1. Een beoordeling aan de hand van een duurzaamheidsindicatorenset van de systeemoptie a. voor energieteelt

	Sociaal		Economisch		Ecologisch	
In Nederland	Koopkrachtverschillen ¹		Leveringszekerheid ³		Verzurende emissies ⁸	
	Landschapskwaliteit ²		Werkgelegenheid ¹		Vermesting ⁵	
			Groei landbouw ¹		Bestrijdingsmiddelen ⁵	
			BBP ¹		Luchtkwaliteit ⁸	
			Koopkracht ¹		GMO-risico's ⁹	
			Kennis ⁷			
Elders	Voedselproductie ⁴		Werk in OL ¹		Broeikasgasemissies ¹⁰	
	Drinkwater ⁵		Kennisontwikkeling ⁷		Ruimte voor natuur ⁴	
	Landconflicten ⁴		Bodemuitputting ⁵		Vermesting ⁵	
	Armoedebestrijding ⁶				Watergebruik ⁵	
					Natuurwaarde ¹¹	
					GMO-risico's ⁹	
		slechter	iets slechter	neutraal	iets beter	beter

b. voor inzet van reststromen

	Sociaal		Economisch		Ecologisch	
In Nederland	Koopkrachtverschillen ¹		Leveringszekerheid ³		Verzurende emissies ⁸	
	Landschapskwaliteit ²		Werkgelegenheid ¹		Vermesting ⁵	
			Groei landbouw ¹		Bestrijdingsmiddelen ⁵	
			BBP ¹		Luchtkwaliteit ⁸	
			Koopkracht ¹		GMO-risico's ⁹	
			Kennis ⁷			
Elders	Voedselproductie ⁴		Werk in OL ¹		Broeikasgasemissies ¹⁰	
	Drinkwater ⁵		Kennisontwikkeling ⁷		Ruimte voor natuur ⁴	
	Landconflicten ⁴		Bodemuitputting ⁵		Vermesting ⁵	
	Armoedebestrijding ⁶				Watergebruik ⁵	
					Natuurwaarde ¹¹	
					GMO-risico's ⁹	
		slechter	iets slechter	neutraal	iets beter	beter

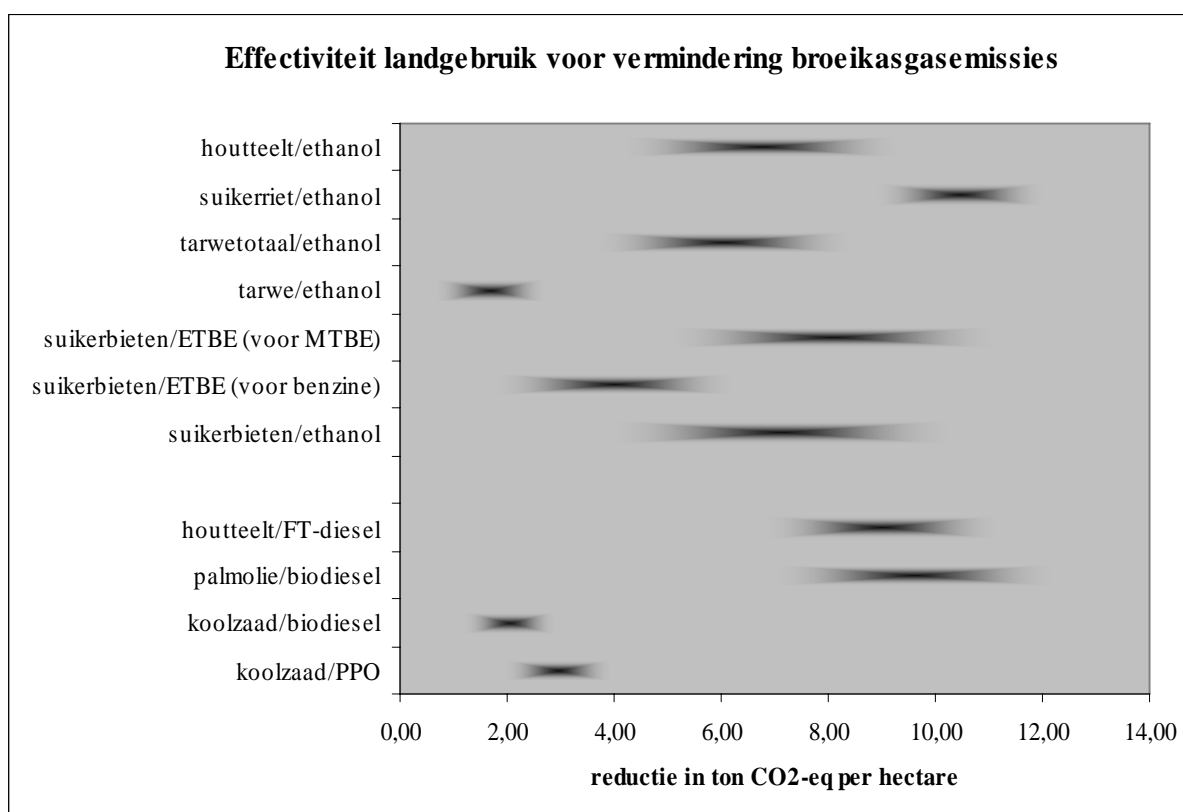
Toelichting op de scores:

1. Energieteelt kan een impuls voor de Europese landbouw geven, alhoewel er op lange termijn rekening mee moet worden gehouden, dat ook hiervoor WTO-regels worden aangepast. Voor Nederland speelt energieteelt voor de landbouwontwikkeling nauwelijks een rol (Annevelink et al., 2006). Er kan wel meerwaarde van landbouwreststromen ontstaan. De invloed op het BBP hangt samen met de mate waarin

- nieuwe activiteiten in Nederland komen ter compensatie van minder activiteiten bij raffinaderijen (waarschijnlijk meer met reststromen). Uitgaande van hogere productieprijzen van biobrandstoffen ten opzichte van fossiele diesel en benzine wordt de brandstofprijs hoger, de koopkracht aangetast, hetgeen zonder compenserende maatregelen vooral door de armeren wordt gevoeld. In een impact assessment van de EC (EC, 2005) wordt aangegeven, dat biobrandstoffen een arbeidsintensieve keten met zich meebrengen. Dit geldt in sterke mate ten opzichte van fossiele brandstoffen, maar ook tegenover elektriciteitsproductie met biomassa. Het gaat om directe en indirecte werkgelegenheid, waarbij overigens de mogelijke negatieve effecten van de met biobrandstoffen gepaard gaande kosten op de koopkracht en daarmee de werkgelegenheid in andere sectoren niet is meegenomen (te moeilijk in te schatten). Evenmin is in de score meegewogen de beoordeling van het arbeidsintensieve karakter van deze optie in het licht van de vergrijzing. Naar verwachting zal import uit ontwikkelingslanden een grote rol gaan spelen, waardoor veel werkgelegenheid aldaar ontstaat.
2. Er is verondersteld dat sommige teelten, zoals koolzaad, een positieve invloed op de beleving van de landschapkwaliteit kunnen hebben. Bij andere hoog opgaande teelten kan juist weer verstoring van het open karakter van het landschap als negatief worden ervaren.
 3. Leveringszekerheid is gediend met diversiteit in het aanbod van grondstoffen en die wordt groter met de inzet van biomassa. Daarnaast neemt de zelfvoorzieningsgraad toe in Europa. In Nederland zelf geldt dat vooral bij de inzet van reststromen. Verbetering op dit aspect vormt een belangrijk element in het proces.
 4. De teelt van biomassa vraagt net als voedselproductie en natuur ruimte (land). Meer land voor energieteelt betekent, dat dat land niet voor de andere functies kan worden ingezet. Voor de invloed op de voedselproductie hangt het er in sterke mate van af, hoe de landbouwproductiviteiten zich ontwikkelen in relatie tot de bevolkingsomvang en consumptiepatronen. Potentieel is technologisch nog flinke winst te boeken, ook door overdracht van kennis. Mocht het effect hiervan tegenvallen, dan kan de ontwikkeling bijdragen aan spanningen rond landgebruik. Als het om reststromen gaat, is verondersteld dat deze geen extra landgebruik vragen.
 5. Energieteelt betekent ook een toename van voor de landbouw gebruikelijke vormen van milieubelasting. De mate waarin varieert enigszins met de teelt, de technologie en de omstandigheden. In Nederland speelt dit geen grote rol, omdat er niet of nauwelijks sprake is van extra landbouwactiviteiten, maar het gaat om vervangen van een gangbaar landbouwgewas door energieteelt. In het buitenland is dit wel het geval. Zeker in gebieden, waar zoet water niet in ruime mate beschikbaar is, kan de onttrekking van water voor energieteelt ten koste gaan van water voor natuursystemen of van de beschikbaarheid van drinkwater voor de lokale bevolking. Daarnaast kan bij onvoldoende duurzaam bodembeheer de intensieve teelt of het zoveel mogelijk oogsten van alle reststromen tot uitputting van de bodem leiden.
 6. Het integrale effect op armoede kan moeilijk worden ingeschat. Het hangt samen met eerder genoemde factoren zoals beschikbaarheid van banen, voedsel en drinkwater. Het is ook afhankelijk van de toekomstige institutionele vormgeving van het systeem (handelsregels, 'eerlijke' prijzen et cetera)
 7. Het effect op kennis is gezien de R&D-ontwikkelingen als positief ingeschat, ook voor ontwikkelingslanden mede door kennisoverdracht.
 8. Voor de invloed op de luchtkwaliteit worden positieve en negatieve signalen geregistreerd. Sommige biobrandstoffen zoals biodiesel op basis van koolzaad of zonnebloemen geven hogere fijnstofemissies aan de uitlaat. Biodiesel op basis van vergassing resulteert in lagere deeltjesemissies. Ook voor verzurende emissies geldt een divers beeld van de invloed op NO_x-emissies. Bij extra landbouwactiviteiten elders kunnen ammoniakemissies toenemen.
 9. Genetische Modificatie (GMO) kan een belangrijke rol gaan spelen bij de verhoging van de productiviteit van energieteelt, maar de mate waarin is niet duidelijk. Dit speelt niet zozeer in Nederland vanwege een andere kijk op of gevoel bij de risico's, maar vooral in andere werelddelen, waar men minder terughoudend is met toepassing van GMO. In Nederland speelt wel GMO in industriële verwerkingsprocessen (zoals fermentatie C5-suikers tot ethanol), maar dit gebeurt in een meer gesloten systeem.
 10. Door de inzet van biobrandstoffen wordt over de gehele keten heen in meer of mindere mate een reductie in broeikasgasemissies bereikt. Bij energieteelten kan dit positieve effect teniet worden gedaan, als bij verandering van landgebruiksfunctie een ander koolstofevenwicht ontstaat met extra CO₂-emissies als gevolg (zie tekst). De emissies zijn geplaatst onder effecten elders, omdat het een mondiaal thema betreft met productieketens over de grenzen heen. Overigens geldt voor Nederland (en voor het al dan niet halen van Kyoto-doelstellingen), dat de positieve effecten van het rijden op biobrandstoffen (nulemissie ten opzichte van aanzienlijke CO₂-emissies bij benzine en diesel) wel worden meegeteld en een belangrijk deel van de negatieve effecten (vooral bij energieteelt elders) niet. Op basis daarvan kan een bijdrage van 5,75% biobrandstoffen in 2010 een reductie voor Nederland van maximaal 2,1 Mton CO₂-eq opleveren. Over de gehele keten beschouwd zal het positieve effect waarschijnlijk minder dan 1 Mton bedragen.
 11. De effecten van biobrandstoffen op de mondiale natuurwaarde zijn een combinatie van de veranderingen in de verschillende invloedsfactoren op de natuur. Landgebruik is daarvan een belangrijke, maar ook broeikasgasemissies, vermesting, watergebruik en infrastructuur voor het ontsluiten van gebieden spelen

daarin mee. Er moet rekening worden gehouden met negatieve effecten bij energieteelt (zie ook kader). Bij de inzet van reststromen spelen de negatieve factoren in veel mindere mate.

Hoe moet het landgebruik ecologisch worden beoordeeld? Als er extra land in gebruik wordt genomen, dan betekent dat verlies aan bestaand of potentieel natuurareaal. Dat in gebruik nemen van extra land hoeft overigens niet te gebeuren op de plaats, waar met energieteelt wordt begonnen. Het kan daar immers in de plaats komen van een ander gewas, dat dan weer elders wordt geteeld enzovoort, waardoor natuurverlies uiteindelijk ergens anders plaatsvindt. Tegenover het negatieve effect op de natuur van landgebruik staat het positieve effect van minder broeikasgasemissies. Voor diverse teelten is op een rij gezet, welke vermindering kan worden bereikt bij inzet van een hectare voor teelt. In Figuur 3.1. staan de resultaten.



Tarwetotaal is inclusief inzet tarwestro en omzetting van C5-suikers

ETBE-productie uit ethanol vraagt extra energie, waardoor het iets ongunstiger wordt ten opzichte van benzine; het scoort gunstiger als het wordt beschouwd als vervanger van (fossiel) MTBE

Figuur 3.1. Reductie in broeikasgasemissies bij inzet van een hectare voor energieteelt ten behoeve van biobrandstoffen (referenties zie Figuur 3.2)

Er is geen rekening mee gehouden, dat het omzetten van weidegronden of gronden die vele jaren niet zijn gebruikt, maar waar door spontane groei en humusvorming een koolstofverrijking heeft plaatsgevonden, gepaard kan gaan met een nalevering van CO₂. Gedurende zeker 20 jaar kan 1-6 ton CO₂ per hectare per jaar vrijkomen (JRC, 2003); dit speelt ook bij omzetting tropisch woud in palmolieplantage. Voor de reguliere landbouw wijst een studie op 0,85 ton koolstof verlies per hectare, hetgeen neerkomt op 3 ton CO₂ per hectare (Slingerland en Van der Wielen, 2005 op basis van Vleeshouwers en Verhagen, 2002). Er is ook meer koolstofvastlegging bij biologische landbouw dan bij intensieve teelt (Slingerland en Van der Wielen, 2005). In bepaalde situaties kan overigens het koolstofgehalte in de bodem ook toenemen, afhankelijk van het bodembeheer.

Er is een aantal factoren, dat de spreiding in Figuur 3.1 bepaalt. In de eerste plaats zijn dit opbrengstverschillen (door technologie, bodemkwaliteit, klimatologische verschillen en weersomstandigheden). Daarnaast zijn er verschillen in allocatie, omdat er meestal meer producten van het land worden benut voor andere toepassingen (bijvoorbeeld veevoerkoek uit koolzaad, stroresten voor procesenergie, glycerine bij bereiding biodiesel uit plantaardige olie en dan als chemicalie of veevoer). Dit geldt zowel voor landgebruik als voor broeikasgasemissies (en verdwijnt voor een deel in het quotiënt). Een wezenlijke factor is het al dan niet inzetten van biomassa voor procesenergie. Daarop wordt hierna ingegaan, omdat het ook een grote rol speelt bij de inzet van reststromen.

Netto winst of verlies in natuurwaarde?

Het landgebruik, dat gepaard gaat met biomassa teelt voor biobrandstoffen, gaat ten koste van andere landgebruiksfuncties. Dat kan leiden tot verlies aan areaal natuur. Het kan zijn dat biomassa wordt geteeld, waar eerst natuur was, maar het kan ook zijn dat bijvoorbeeld de landbouw verschoven wordt naar elders, waardoor het natuurverlies elders ontstaat. Dit verlies staat tegenover de potentiële kwaliteitswinst door een verminderd klimaateffect. Interessant is het inzicht te krijgen, waar het omslagpunt ligt. Hoeveel emissiereductie van broeikasgassen is nodig om in samenhang met het verlies aan natuurareaal tot een neutraal effect op de natuurwaarde uit te komen? Een exact antwoord hierop is niet mogelijk, maar een indicatief beeld van de grootteorde kan wel worden afgeleid.

Natuurwaarde wordt in dit geval gedefinieerd als het product van ecosysteem areaal (kwantiteit) en de kwaliteit ervan. De kwaliteit wordt berekend als het gemiddelde van de aantallen van een selectie van soorten als percentage van de referentietoestand. Die referentietoestand (met kwaliteit 100%) is gekozen als een (nagenoeg) natuurlijke situatie (Ten Brink et al., 2002).

Voor een aantal IPCC-scenario's is de cumulatieve emissie van broeikasgassen tot 2100 vastgesteld. Voor die scenario's is met diverse modellen de temperatuurstijging in 2100 berekend. Er bestaat voldoende inzicht in de gevoeligheid van de verschillende typen ecosystemen op aarde voor temperatuurstijging om daarbij een indicatie van het natuurkwaliteitsverlies te kunnen geven (Bakkenes et al., 2002, Leemans en Eickhout, 2004). Het totale natuurwaardeverlies wordt uitgedrukt in areaal natuur (waarbij een kwaliteitsverlies van 10% gelijk wordt gesteld aan 10% areaalverlies). In geval van emissiereductie betekent minder temperatuurstijging ook minder verlies aan natuurwaarde.

Het resultaat van deze benadering laat zien, dat een emissiereductie van 10 tot 30 ton CO₂-eq nodig is om te compenseren voor één hectare natuurverlies. Een hectare voor energieteelt kan nog enige natuurwaarde kennen, maar dit is bij intensieve landbouw zeer beperkt. In het geval van plantages met bomen kan het iets hoger liggen, maar nog aanzienlijk lager dan in ongerepte bossen. Dat betekent, dat met de huidige en zelfs de in ontwikkeling zijnde technologie energieteelt voor biobrandstoffen vanuit ecologisch perspectief in het algemeen geen aantrekkelijke optie is. Er is een aanzienlijk hogere productiviteit in de teelt nodig om dit beeld te keren.

Hierbij dient te worden aangetekend, dat er ook andere redenen kunnen zijn om klimaatverbetering na te streven, zoals vermindering van risico's in de leefomgeving.

Alle ecologische systemen hebben een bepaalde unieke betekenis. Voor een eerste benadering van de invloed op de natuurwaarde (zie kader) maakt het weinig uit, waar dat verlies optreedt. Als voor de bedreiging van de biodiversiteit het aantal soorten wordt meegenomen, dan is bijvoorbeeld het tropisch regenwoud het meest waardevol. In dat licht worden discussies over rietsuiker en palmolie gevoerd.

Daaraan gekoppeld is de vraag, of er wel extra land in gebruik wordt genomen. Zo wordt voor Brazilië aangegeven, dat er nog volop weidegronden zijn, die veel intensiever kunnen worden benut, waardoor een deel rietsuikerplantage kan worden zonder dat er natuur

verdwijnt en zonder vermindering van de voedselproductie. Ook in West-Europa geeft men aan vooral bestaande landbouwgronden beter of anders te kunnen benutten, maar dit is deels een voorbeeld van de eerder genoemde verschuiving.

Vier factoren zijn essentieel: de bevolkingsgroei, het voedingspatroon, de productiviteit van de landbouw (inclusief de energieteelt) en de daarbij optredende milieu-effecten zoals vermessing en watergebruik. In scenarioberekeningen kunnen veronderstellingen daarover worden gecombineerd. Dit is gebeurd in een studie voor de Global Biodiversity Outlook 2 (Ten Brink et al., 2006). Een scenario met veel bio-energie (ook andere toepassingen dan transport) leidde in ieder geval tot 2050 tot verlies aan natuurwaarde.

Er wordt ook het nodige gespeculeerd over beschikbaarheid van verlaten landbouwgronden of marginale gronden. Het feit dat ze verlaten zijn of marginaal worden genoemd betekent dat van de productiviteit daar geen al te hoge verwachtingen mogen worden gekoesterd, dus veel land nodig zou zijn of anders veel meststoffen, water en energie, waarbij ook op marginale gronden waardevolle ecosystemen worden aangetast. *Jatropha* wordt wel gezien als een gewas, dat ook in warme streken op zeer arme gronden nog voor opbrengst kan zorgen. In de praktijk zijn vele projecten daarmee mislukt (Euler en Gorriz, 2004), maar voor hoge opbrengsten zijn ook goede omstandigheden qua zon, regen en bodemkwaliteit nodig. Voor teelt op verlaten gronden wordt een opbrengst gemeld van 0,4 ton biodiesel per hectare (PCRA, 2006), ongeveer een kwart van de opbrengst uit koolzaad.

Reststromen van de landbouwprocessen, die niet primair zijn gericht op energieteelt, kunnen ook worden ingezet. Daaraan wordt geen landgebruik toegekend (al zou dit volgens de allocatiemethode wel moeten, dus dan komt het in mindering bij de andere producten). Er zijn diverse schattingen voor de beschikbaarheid van biomassa in Nederland (zie Tabel 3.2 voor een recent overzicht). In een recente Quick Scan (Annevelink et al., 2006) wordt de toekomstige bijdrage van teelt in Nederland als beperkt gezien.

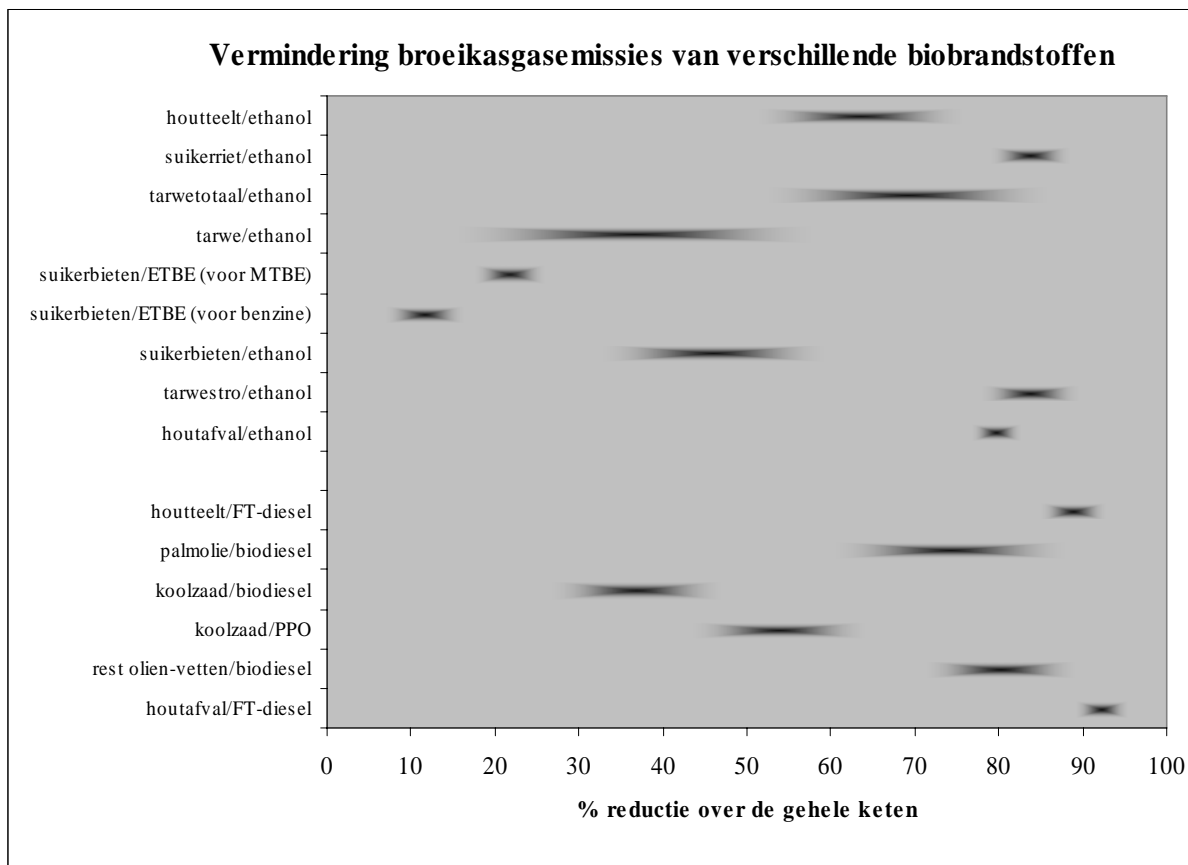
Tabel 3.2. Schatting van de mogelijk beschikbare hoeveelheden biomassa in Nederland (Rabou et al., 2006, mede op basis van Koppejan, 2005)

Biomassastromen	Schatting 2010 (in PJ)	Schatting 2030 (in PJ)
Primaire bijproducten (stro, bermgras, hooi)	4,4	100
Secundaire en tertiaire bijproducten (houtresten, afvalpapier, afval algemeen)	143	200
Teelt	0,03	0 - 150

De genoemde stromen zijn niet zonder meer beschikbaar om biobrandstoffen uit te produceren. In de huidige situatie zijn er andere nuttige toepassingen (hout voor spaanplaatproductie, stro voor stallen, VGI-afval voor veevoer, GFT voor compost). Recent zijn er wel vraagtekens geplaatst bij de inzet van dierlijk afval voor veevoer, waardoor meer reststromen beschikbaar kunnen komen. Naast bestaande nuttige toepassingen zijn er alternatieve nieuwe toepassingen zoals biomassa voor elektriciteitsopwekking en warmteproductie en biomassa als grondstof voor de chemie. In het optiedocument voor klimaat wordt voor bij- of meestoken in centrales dan wel vergassing in de lichtste varianten al ruim 70 PJ biomassa genoemd. Als er nog meer op wordt ingezet, kan dat meer dan 200 PJ worden. Een gezamenlijke studie van ECN en WUR (Rabou et al., 2006) noemt een totaal van 355 PJ biomassa voor elektriciteit en warmte in de toekomst. Het zijn op de korte termijn meestal kosteneffectievere opties dan biobrandstoffen. Van wat er eventueel nog overblijft, is niet alles geschikt voor omzetting tot biobrandstoffen, waarbij voor de productieprocessen met rendementen van 40 - 60% rekening moet worden gehouden. Een inzet van 5,75%

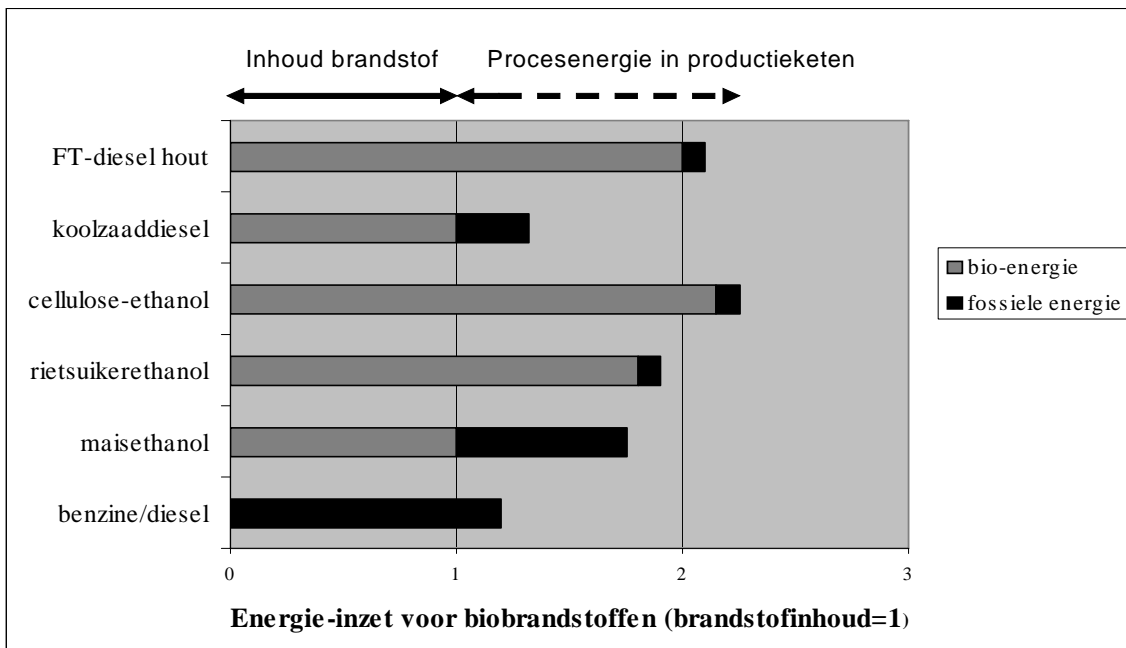
biobrandstof voor wegverkeer in 2010 zou ruim 28 PJ vragen ofwel ruim 50 PJ aan energie in biomassa.

Dat roept de vraag op, welke rendementen met de inzet van biobrandstoffen voor de reductie van broeikasgasemissies kunnen worden bereikt. In Figuur 3.2. is een overzicht gegeven met biomassa uit teelten en reststromen.



Figuur 3.2. Broeikasgasemissiereducties (in % t.o.v. diesel, benzine of MTBE) voor diverse combinaties van grondstof/procestype/brandstoftype (Kampman et al., 2005a en 2005b; Thuijl van et al., 2005; Mirabella, 2006; Schrimppff, 2003; Rahkamo, 2006; Carvalho Macedo, 2003; Kerssen en Beerens, 2004)

Een nadere analyse van de cijfers laat zien, dat hoge rendementen (boven 60%) vooral te danken zijn aan de inzet van biomassa voor de procesenergie nodig voor de omzetting van biomassa in brandstof. Zo moet met de huidige kennis bij de productie van Fischer-Tropsch diesel via de vergassingsroute rekening worden gehouden met rendementen van 33-40% bij atmosferische vergassing en 42-50% bij vergassing onder druk (Hamelinck et al., 2003a en 2003b). Choren meldt voor de in aanbouw zijnde fabriek in Duitsland met hout als grondstof een verwacht rendement van 50%. Ook voor cellulose-ethanol meldt ECN (Reith et al., 2002) rendementen van 40-55%. Het speelt ook bij bestaande technologie. Bij de productie van rietsuikerethanol wordt de reststroom bagasse ingezet voor de productie van warmte en elektriciteit, waarvan men in Brazilië nog overhoudt om elders af te zetten. In Figuur 3.3. zijn enkele karakteristieke waarden weergegeven.



Figuur 3.3. Energie-inzet voor biobrandstoffen; vergelijkingsbasis is de energie-inhoud van de brandstoffen (=1), de rest is energie om de brandstoffen te produceren; het zijn enkele karakteristieke voorbeelden, in de praktijk is er een aanzienlijke spreiding (ANL, 2005; Schrimppff, 2003; Carvalho Macedo, 2003)

Overigens geldt voor de bijdrage aan de Nederlandse broeikasgasemissies, bijvoorbeeld voor het halen van Kyoto-doelstellingen, dat de emissies in het buitenland niet meetellen en dat in geval van import van biobrandstoffen het rendement binnen Nederland dicht bij 100% kan komen. Voor een beoordeling van de maatregel op het (mondiale) klimaatprobleem is de locatie van de emissies echter niet van belang.

4. Resultaten van activiteiten in de voorontwikkelingsfase

4.1 Ontwikkelen probleemperceptie

Er is een scala aan problemen binnen het bestaande systeem dat de 'sense of urgency' voedt om aan vernieuwing met de systeemoptie biobrandstoffen te werken. De belangrijkste worden kort besproken, overigens zonder te pogen een diepgaande analyse hierop los te laten:

- **klimaat:** dit is de belangrijkste aanleiding in het NMP4 om aan de energietransitie te werken; daadwerkelijke klimaatveranderingen worden zicht- en meetbaarder; de wetenschappelijke consensus over de menselijke bijdrage aan het probleem neemt toe en calamiteiten worden ermee in verband gebracht; zoals het in het Energierapport 2005 'Nu voor later' is verwoord: draagvlak voor klimaatbeleid groeit snel (EZ, 2005).
- **leveringszekerheid:** trends naar minder afhankelijkheid van andere wereldregio's worden versterkt door ervaringen met internationale conflicten, terrorisme en internationale incidenten (zoals dreigende vermindering gaslevering door Rusland); dit speelt in de VS (State of the Union, Bush, 2006) zeker zo sterk als in Europa; door partijen, die in de praktijk met biobrandstoffen bezig zijn of gaan, wordt dit gezien als zeer belangrijke maatschappelijke drijfveer (diverse presentaties op de conferentie Biofuelsmarkets, februari 2006 Brussel, gaven dit aan).
- **sociaal-economische ontwikkeling in (en rond) de landbouw:** ontwikkelingen in de milieuwetgeving en globaliseringstrends met het afbouwen van importtarieven (zoals voor suiker), waardoor concurrentie uit ontwikkelingslanden toeneemt, maken de landbouw in Nederland en Europa voor het gevoel van velen tot een sector in nood, die op zoek is naar nieuwe kansen; voor sommigen is overigens de zorgwekkende toestand in ontwikkelingslanden een belangrijk probleem, waarvoor met biobrandstoffen ook kansen ontstaan.
- **betaalbaarheid van energie:** de huidige hoge olieprijsen leiden tot meer zorg op dit punt en maken alternatieven relatief aantrekkelijk.

Hieruit blijkt dat het gevoel van urgentie de laatste jaren is toegenomen, waardoor de tijd rijper is geworden voor biobrandstoffen.

Niet alle actoren delen uiteraard alle zorgen in dezelfde mate. Bovendien zijn er actoren, die juist meer zorg beginnen te krijgen over de negatieve effecten van biobrandstoffen, vooral over het integrale effect op mondiale biodiversiteit.

4.2 Ontwikkeling van een gezamenlijke toekomstvisie

Biobrandstoffen staan al lange tijd op het lijstje van opties voor de lange termijn, maar de betekenis ervan is de laatste jaren in een stroomversnelling gekomen. Door de Universiteit Utrecht (Suurs en Hekkert, 2005) is een inventarisatie uitgevoerd van gebeurtenissen, die een richtinggevend karakter hadden en daarmee gezien kunnen worden als onderdeel van de visievorming. Ook hierin is vooral de laatste jaren een sterke toename van de aandacht zichtbaar. Vanaf 1996 speelt de tweede generatie biobrandstoffen een rol, maar van een verdringingseffect is niet echt sprake. Beide generaties zijn nu nog in beeld, ondanks het feit dat toen al bezwaren tegen de eerste generatie biobrandstoffen werden geuit. In 1995 heeft de

derde Energienota al doelen voor duurzame energie gesteld, waaronder 120 PJ uit afval en biomassa in 2020, hetgeen neerkomt op 75 PJ uit biomassa (Kets et al. 2003).

In Figuur 4.1 is een overzicht gegeven van belangrijke signalen van verschillende actoren met betrekking tot de visie rond biobrandstoffen na 2000.

Technologie		Industrienota: Bio-ethanol als klimaatneutrale brandstof	Beleidsnota verkeersemisssies: voorkeur voor 2e generatie	NGO's: 2e generatie	Brief van Geel: aankondiging criteria voor invloed op natuur	
NMP4: alle opties openhouden						
Bijdrage biobrandstoffen		Visiedocument EZ met brede steun: 30% in 2040		Platform groene grondstoffen: 60% in 2030		
NMP4: alleen kwalitatief						
Rol Nederlandse landbouw		Visiedocument EZ: vooral import biomassa		LTO: Vraagtekens bij kansen PO voor NL-landbouw	Quick scan LEI en WUR: geen grote rol energieteelt in Nederland	
Ideeën over energieteelt in bufferzones						
Voorzieningszekerheid		Wezenlijk duurzaamheids-aspect van de energietransitie		Energierapport: meer biobrandstoffen voor verlaging aandeel olie/gas		
Reductie broeikasgasemissies			VROM: voorstel 30% reductie in 2020 van industrielanden	Energierapport: 60-80% reductie in komende decennia		
NMP4: 60-70% zou nodig zijn						
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006

Figuur 4.1. Visieontwikkeling in Nederland met betrekking tot biobrandstoffen (EZ, 2003; Kets et al., 2003; LTO, 2005; Annevelink et al., 2006; RoyalNedalco, 2003; WWF, 2006; PGG, 2005; EZ, 2005; VROM, 2004; VROM, 2006)

** PO staat voor plantaardige olie*

Er is een grote mate van overeenstemming dat biobrandstoffen een rol kunnen spelen in de Nederlandse energievoorziening. In het NMP4 is dat nogmaals bevestigd, maar slechts in algemene termen. In 2003 heeft EZ een visiedocument uitgebracht als product van een visiewerkgroep, waarin vele partijen waren vertegenwoordigd (EZ, 2003). Daarin zijn duidelijke streefwaarden genoemd voor de energie afkomstig uit biomassa: in 2040 moet 30% van de energievoorziening uit biomassa afkomstig zijn. Hetzelfde percentage is daarin genoemd als richtinggevend voor biobrandstoffen voor verkeer en vervoer. Dat zoiets niet kan zonder grootschalige import, daarover verschilt men niet van mening. Mede daarom is gesteld dat de toepassing van biomassa in zowel energie, chemie als transport in geen geval de voedselproductie mag verdringen.

Als het gaat om meer details blijken de visies van de actoren (volgens datzelfde visiedocument) nogal uiteen te lopen. Dat neemt niet weg, dat de acties van de overheid rond de visievorming wel hebben bijgedragen aan maatschappelijke impulsen. Ook is er door belanghebbenden (onder andere alcoholfabrikant Nedalco) een platform opgericht voor bio-ethanol. Die groep heeft in 2003 een visie-document uitgebracht, waarin men streeft naar 'klimaatneutrale bio-ethanol' op termijn.

Op 18 juni 2004 stemt de ministerraad in met de Beleidsnota Verkeersemisssies. Het kabinet wil vanaf 2006 beginnen met biobrandstoffen in het verkeer om de CO₂-uitstoot en andere broeikasgassen aan te pakken en ook om aan Europese verplichtingen te voldoen. Op Europees niveau is in 2003 de Europese richtlijn voor biobrandstoffen bekrachtigd: in 2005 dient 2% van de wegtransportbrandstoffen van biologische oorsprong te zijn en in 2010

5,75%. Beide zijn signalen, dat men verder wil met biobrandstoffen. In het Nederlandse beleid is dat niet als harde verplichting overgenomen. Voor 2007 is inmiddels een verplichte bijmenging van 2% aangekondigd en voor 2010 van 5,75%.

De overheidsinitiatieven rond de energietransitie hebben tot het inrichten een Task Force Energietransitie en diverse platforms voor specifieke onderwerpen geleid. Hierin zijn vooral bedrijven en maatschappelijke organisatie actief. In 2005 komt het dan opgerichte platform 'Groene grondstoffen' met een visie (PGG, 2005), waarin biobrandstoffen al in 2030 maar liefst een aandeel van 60% in de motorbrandstoffen zouden kunnen hebben (overigens niet alleen vloeibare brandstoffen). Deze visie is door een aantal kernspelers - los van de overheid - opgesteld. Binnen de overheid wordt mede door signalen over de niet al te positieve effecten van de 1^e generatie biobrandstoffen en de druk van de NGO's de visie op de lange termijn nadrukkelijker naar de 2^e generatie geschoven (VROM, 2006). Eind 2005 wordt ook in de stukken van de Europese Commissie nadrukkelijk gesproken over toegroeien naar de 2^e generatie (EC, 2005).

Nog een stap specifieker, bij de beschouwing van de verschillende technologieën die in ontwikkeling zijn voor de 2^e generatie, kan worden geconstateerd dat op dat punt de meeste opties open staan. In paragraaf 4.6 wordt hierop teruggekomen.

4.3 R&D

Er is kennis in Nederland beschikbaar, zowel voor de 1^e als 2^e generatie biobrandstoffen. Voor de research rondom een aantal veelbelovende productietechnieken voor de productie van de 2^e generatie van biobrandstoffen vervult Nederland zelfs een voortrekkersrol.

De rijksoverheid heeft middelen beschikbaar gesteld voor de ontwikkeling van biobrandstoffen onder andere in het programma Gasvormige en Vloeibare klimaatneutrale Energiedragers (GAVE, opstart in 1999) en Energie Onderzoek Subsidie (EOS). Dit heeft een duidelijke bijdrage geleverd aan het huidige kennisniveau, waarbij de overheid een sterke rol heeft gespeeld.

Aan de basis van de keten staat de productie van biomassa, waarbij landgebruik een aandachts- of zorgpunt is. Er wordt onderzoek gedaan naar productiviteitsverhoging (bijvoorbeeld genetische modificatie bij populier), al bevinden de onderzoeksinspanningen voor energieteelten zich nog in een beginstadium (Koonin, 2006). Daarnaast wordt gekeken naar kweek van algen voor biomassa en zoutwaterteelt. Er is niet nagegaan, welke specifieke onderzoeken in Nederland lopen op dit punt.

Er is de laatste jaren een duidelijke toename van onderzoeksactiviteiten, zoals blijkt uit de ontwikkeling van het aantal onderzoeksprojecten (Suurs en Hekkert, 2005). Vanaf de tweede helft van de jaren negentig begeven zich steeds meer private partijen (gevestigde spelers als Shell en Nedalco) op de markt door deel te nemen aan de grote onderzoeksallianties. De overheid neemt daaraan deel. Onderzoek vindt in deze periode vooral plaats op het ontwikkelen van geavanceerde technologie.

Aan de 2^e generatie biomassaverwerkingstechnologie kleven diverse technologische problemen, die vooral tot hogere kosten leiden. Zij vormen onderzoeksonderwerpen. De belangrijkste zijn hieronder samengevat

Proces	Knelpunten
Cellulose-ethanol	Algemeen: energie-efficiency ligt op 40-55% (onder andere door hoger watergebruik dan bij traditionele ethanolproductie); bij inzet van niet-fermenteerbare lignine als brandstof kan 56-68% worden bereikt
	Enzymatische hydrolyse; met de op de markt beschikbare cellulase-enzymen zorgt deze processtap voor circa 40% van de kosten
	Fermentatie voor mengsel van C5- en C6-suikers
	Kostenniveau bij toepassing op korte termijn €34-45/GJ (voor 1 ^e generatie ethanol uit zetmeel van graan ligt dit op €16/GJ) Inschatting CE, 2005: korte termijn toepassing met zetmeel, tarwegries en tarwestro €20-25/GJ, in de toekomst bij grootschalige toepassing €9-16/GJ
Syngasproductie (grondstof FT-proces)	Algemeen: energie-efficiency bij atmosferische vergassing 33-40% en vergassing onder druk 42-50%
	Vergassing onder druk op grote schaal
	Gasreiniging (samenhangend met proceskeuzen bij de vergassing)
	Kostenniveau bij toepassing op korte termijn \$16/GJ (met veronderstelling van 30% van de kosten voor de biomassa); op de lange termijn bij technologieverbetering en productie op grote schaal \$9/GJ; inschatting Hamelinck €16/GJ. Inschatting ECN: €12,3/GJ (import biomassa uit Baltische staten)
HTU	Algemeen: thermische efficiency ingeschat van 37,5-55%. Als de productie van nafta en zware fractie biocrude worden meegerekend kan het rendement mogelijk oplopen tot 64,5%.
	Voorbewerking, geschiktheid afvalstromen voor het proces, omzetting van biocrude naar biodiesel, toepassing zware biocrude.
	Kostenniveau bij toepassing op korte termijn nog lastig in te schatten vanwege weinig experimentele ervaring (sterk afhankelijk van prijs afvalstof/grondstof).

Reith et al., 2002; Hamelinck et al., 2003a en 2003b; Kerksen en Berends, 2004
Productiekosten januari 2006 benzine €10,6/GJ en diesel €11,3/GJ

De volgende concrete ontwikkelingen zijn er na 2000 in Nederland geweest in het onderzoek naar de 2^e generatie biobrandstoffen.

Proces	R&D	Uitvoering en betrokkenen	Belangrijke kennisontwikkeling
Cellulose-ethanol	Optimalisatiestudies	Universiteit Utrecht, ECN, Nedalco, ATO, TU Delft.	Techno-economische opties en haalbaarheid.
	Fermentatie van C5-suikers	KU Nijmegen, TU Delft, Nedalco, Bird Engineering	Inbouw van een gen voor de afbraak van xylose is zo succesvol, dat er plannen zijn dit op commerciële schaal te brengen
	Processimulatie op kleine schaal (demonstratie) ethanol uit stro	Wageningen UR, ATO, ECN, TNO, Nedalco, Shell Global Solutions Int., Purac.	De keten van processtappen is getest
HTU	Optimalisatiestudies en pilot plant	Biofuel B.V., TNO, Afval Energiebedrijf Amsterdam, Shell.	Techno-economische uitwerking en haalbaarheid. Demonstratie van een pilot-plant met verwerking van een aantal afvalstromen tot biocrude.
Vergassing / FT	Optimalisatiestudies	Universiteit Utrecht, ECN	Techno-economische opties en haalbaarheid
	Processimulatie op kleine schaal.	ECN	'Proof of principle' voor syngasproductie, gasreiniging en FT productie op demoschaal.
	Haalbaarheidsstudie	TNO-MEP, SASOL, NUON.	Techno-economische haalbaarheid van combinatie vergassing en biodiesel/SNG productie bij bestaande kolenvergassings-centrale.

Op het gebied van biodiesel is Europa de grootste producent en is er een kennisvoorsprong. Dat betekent in de eerste plaats optimalisatie van de processen voor verwerking van plantaardige olie, niet alleen vanuit energetisch of ecologisch perspectief, maar ook vanwege de toenemende zorg om de kwaliteit van de biodiesel. Daarmee worden de oliemaatschappijen, die verantwoordelijk worden gehouden voor de kwaliteit van de motorbrandstof, belangrijker spelers in het ontwikkelingstraject. Een voorbeeld hiervan is het proces van Neste Oil (Finland), waarin plantaardige oliën met behulp van waterstof (uit de raffinaderij) worden omgezet in (iso-)paraffinen. Het levert een diesel van betere kwaliteit, waarin bijvoorbeeld palmolie verwerkt kan worden. Verestering van palmolie leidt tot een biodiesel, die niet geschikt is voor de vrieskou. Er zijn nog andere voorbeelden van onderzoek naar verbetering bij het inzetten van plantaardige olie. Door de groeiende biodieselproductie is er een overschot aan het bijproduct glycerine, waarvoor men alternatieve toepassing zoekt, bijvoorbeeld door het om te zetten in het additief GBTE (een ether) met voordelen voor de biodieselkwaliteit (zoals minder roetvorming). Er wordt gekeken naar verestering met bio-ethanol in plaats van methanol, naar efficiëntere

katalysatoren, naar benutting van koolzaadstro voor energie-opwekking en naar verhoging van de opbrengst in de teelt.

In het algemeen kan worden geconstateerd, dat er een grote diversiteit is in de technische opties voor combinaties van type biomassa als grondstof, verwerkingsproces en type brandstof als eindproduct. Daarbij is het onderscheid tussen 1^e generatie en 2^e generatie niet meer duidelijk te maken.

4.4 Experimenten in de praktijk

Er is een voortdurende gestage groei van ondernemingsactiviteiten zichtbaar sinds de jaren negentig. In eerste instantie zijn dit uitsluitend gebruiksexperimenten van boeren, provinciale en regionale overheden. Experimenten richtten zich vooral op de eerste generatie biobrandstoffen. De laatste twee jaar hebben de experimenten en marktintroducties van deze generatie een opmerkelijke vlucht genomen gezien het grote aantal experimenten en diverse nichemarkten op met name het gebied van PPO en biodiesel. Voorbeelden van dergelijke nichemarkten zijn rondvaartboten in Amsterdam, pleziervaart in Friesland (met voordeel van afbreekbaarheid PPO), RET Rotterdam, Gado Groningen en de oliemolen van Solaroilsystems in Delfzijl. Het laatste project is ondersteund met gelden uit het CO₂-reductieplan. Daarnaast speelt de Europese Richtlijn voor biobrandstoffen uit 2003 een grote rol in samenspel met de steun van de overheid in de vorm van accijnsvrijstellingen, mede onder invloed van de lobby uit de landbouw. Overigens is er de afgelopen jaren door bedrijven veel geklaagd over de beperkte zekerheid van financiële regelingen voor een langere periode.

In het buitenland is men soms verder met de introductie van biobrandstoffen in de praktijk. Duitsland wordt gezien als voorbeeldland voor de implementatie van biodiesel, waarbij het ook de 1^e generatie betreft. Frankrijk zit meer op de ethanollijn. De nog krachtiger landbouwlobby aldaar heeft duidelijk resultaten geboekt. In de United Kingdom bijvoorbeeld is dit minder aan de orde.

Vanuit het oogmerk 'leren van experimenten' hebben deze nichemarkten technisch gezien een beperkte betekenis. Het gaat immers om bekende technologie, waarvoor het gebrek aan technologische ervaringen geen belemmering vormt voor praktijktoepassing. Het belangrijkste leereffect zit waarschijnlijk in ervaringen met blends, benzine met een paar procent ethanol of ETBE en diesel met wat biodiesel. Hieraan kleven diverse kwaliteitsaspecten. Een ander aspect van de ontwikkeling is het feit, dat er nieuwe allianties ontstaan en nieuwe spelers op de markt komen. De infrastructuur voor de handel in biomassa kan vorm krijgen.

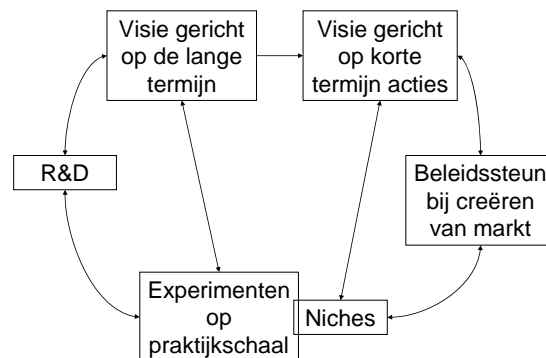
Procestechnische leerervaringen zijn van groter belang voor wat men als 2^e generatie beschouwt. Rond 2005 lijken de ontwikkelingen enigszins te stagneren. Hoewel de noodzaak tot verdere R&D bestaat, zijn de principes afdoende bewezen om het ontwikkelproces op te schalen. In Nederland is het echter nog niet zover. Dichtbij zo'n volgende stap is bouw van een productie-eenheid voor ethanol door Nedalco met voor de eerste keer de omzetting van xylose op grotere schaal, maar de beslissing is nog niet genomen.

Een succesvol verlopen onderzoekfase naar de haalbaarheid van biosyngas voor FT-diesel is door Nuon als belangrijkste betrokken marktpartij niet doorgezet (niet voldoende passend in de bedrijfsmissie?). Shell is partner in een project in Duitsland, waar een fabriek voor de omzetting van houtresten in FT-diesel wordt gebouwd (Choren, Freiburg).

Voorstellen om te komen tot een verwerkingsfabriek van afvalstromen op basis van het HTU-proces hebben vooralsnog geen financiële ondersteuning van de overheid gekregen. Gezien de resultaten van de voorgaande R&D-fase lijkt de praktijkschaal een te grote stap.

4.5 Samenhang activiteiten in de voorontwikkelingsfase

De samenhang van de genoemde activiteiten wordt geanalyseerd aan de hand van bijgaand schema. Aan de linkerkant van het schema is de koppeling tussen visievorming, R&D en experimenten weergegeven, gericht op de lange termijn (LT-cyclus). Een versterkend effect op de ontwikkeling kan worden bereikt, als de visie richting geeft aan R&D, waarvan de resultaten leiden tot praktijkexperimenten. De leerervaringen van die experimenten leiden weer tot bijstelling, vaak concretisering van de visie, enzovoort. Aan de rechterkant van het schema is de visie meer gericht op concrete acties op de korte termijn (KT-cyclus). Er is dikwijls sprake van een lobby van enkele partijen om beleidssteun te verkrijgen en met die steun een gunstige marktsituatie gecreëerd te krijgen om niches in te richten. Het succes van een niche kan meer partijen ertoe brengen mee te gaan in de vernieuwing. Idealiter zijn deze twee 'innovatiemotoren' gelinkt. Praktijkexperimenten en niches kunnen hetzelfde zijn. De visie voor de lange termijn zou de basis moeten zijn voor de korte termijn acties.



Hoe ligt dit voor de vloeibare biobrandstoffen? De samenhang in de ontwikkelingen wordt chronologisch geanalyseerd (in Nederland en *in Europa*).

Periode 1990-2000

Biomassa was in de negentiger jaren al in beeld als duurzame energiebron, ook al werden er enkele kanttekeningen bij geplaatst door wetenschappers en NGO's. Veel specifieker werd de visie vooralsnog niet, al stond er in de derde Energienota (1995) wel een kwantitatieve doelstelling voor biomassa in 2020. Er was ook de malaise in de akkerbouw en een zoektocht naar een nieuw gewas of nieuwe afzetmarkt. Begin negentiger jaren kwamen er initiatieven op kleine schaal, vooral met PPO, ook enkele met ethanol. De ontwikkeling van enkele nichemarkten (bijvoorbeeld rondvaartboten op PPO) werd in Nederland vanuit het beleid schoorvoetend met accijnsvrijstellingen ondersteund. Ze brachten in beperkte mate leerervaringen, maar die hadden weinig invloed op het proces gericht op de lange termijn. Er was ook geen doorgroei. Projecten werden stopgezet na enkele jaren of bleven kleinschalig. Eind negentiger jaren werden onderzoekstrajecten in gang gezet met spelers als Shell, Nuon, Nedalco, met name voor de 2^e generatie.

Vanuit de EU kwamen er diverse impulsen voor meer vernieuwbare energie in het algemeen, een enkele keer met specifieke doelen voor biobrandstoffen. In 1993 werd een marge van een vijfjaren programma een aandeel van 5% in 2005 genoemd. Verschillende algemene doelstellingen wisselden elkaar af. In 2000 werd in het EC-Green Paper over voorzieningszekerheid een aandeel van 7% in 2010 genoemd. De praktische betekenis hiervan voor zowel de visievorming in Nederland als voor concrete acties op de korte termijn was beperkt. De productie van biobrandstoffen was nog gering, ook in andere Europese landen.

Samengevat: in de LT-cyclus werden elementen van een visie zichtbaar en werd R&D naar de 2^e generatie gestart. De KT-cyclus begon op bescheiden schaal te draaien met de al beschikbare technologie.

Periode 2001-2002

Het NMP4 verscheen met meer aandacht voor de lange termijn. Er werden tamelijk ambitieuze richtinggevende kwantitatieve doelstellingen voor de lange termijn geformuleerd voor beheersing van het klimaatprobleem. Het NMP4 gaf geen concrete, kwantitatieve doelen voor biobrandstoffen. Het werd als een belangrijke optie genoemd. De energietransitie werd nadrukkelijker opgepakt. Al snel werd in de context van duurzame ontwikkeling energiezekerheid daaraan toegevoegd. Het gaf nog extra impulsen aan onderzoek en plannen voor het inrichten van nichemarkten.

De landbouwlobby pakte biomassa als energie-optie ook in Nederland op, gevoed door positieve ontwikkelingen in Duitsland en Frankrijk, waar de overheid al veel nadrukkelijker steun gaf aan deze ontwikkeling.

In Europa begon een duidelijke toename van de productie, bijvoorbeeld van biodiesel in Duitsland (met meer accijnsvoordelen dan in Nederland), zichtbaar te worden. Duitsland kende een 'groen' beleid. In Frankrijk en Duitsland was de landbouwlobby krachtig en zocht men nadrukkelijk naar alternatieven met het oog op (verwachte) veranderingen in handelsregels van de World Trade Organization. Bovendien kwam er een voorstel voor een EC-Directive, waarin doelstellingen voor 2005 (2%) en 2010 (5,75%) werden genoemd, die meer betekenis hadden voor ondernemers, die op de korte termijn iets wilden. Daarbij werd 20% voor 2020 genoemd, hetgeen het beeld van een groeimarkt versterkte.

Samengevat: de LT-cyclus bleef in hetzelfde stadium hangen. De KT-cyclus kwam in Nederland niet echt verder op gang, in enkele andere Europese landen wel. NMP4 was wel een impuls om aan het proces te werken.

Periode 2003-2004

In deze periode kwam er mede door acties vanuit het transitie management een duidelijke concretisering in de visie. Een visiedocument in 2003, weliswaar geïnitieerd door EZ, maar wel ondersteund door vele partijen gaf een doelstelling van 30% biomassa (en ook biobrandstoffen voor transport) in 2030. De ecologische bezwaren tegen beschikbare (1^e generatie) technologie gingen zwaarder tellen, zeker omdat de productie in landen om ons heen een vlucht begon te nemen. De onderzoeksresultaten wezen op diverse betere opties (2^e generatie) en die gingen een rol spelen in de Nederlandse visie op de lange termijn, veel nadrukkelijker dan in andere landen. Echter, de ontwikkelingen daarvan waren nog niet toe aan het op praktisch schaal experimenteren met de nieuwe technieken.

Ondernemers, ook vanuit de landbouw, wilden mee in de internationale ontwikkeling. Zij beschouwden het Nederlandse beleid (geen of minder zekerheid over accijnsverlaging) als een gebrek aan de noodzakelijke steun bij initiatieven. De grote oliemaatschappijen en een bedrijf als Nedalco (alcoholproducent) bleven vooral in het R&D-spoor actief.

In landen als Duitsland, Frankrijk en Zweden begonnen biobrandstoffen een nadrukkelijke plaats op de markt in te nemen. De EC-Directive voor de promotie van biobrandstoffen kwam uit met de al aangekondigde kwantitatieve doelstellingen, weliswaar indicatief en niet verplichtend, maar er ging naar zeggen van vele partijen achteraf toch een sterk stimulerende werking vanuit. In deze ontwikkeling gingen groei van de markt in de praktijk en een krachtiger wordend beleid gelijk op, hetgeen wijst op een wisselwerking, die ook zeer aannemelijk is in dergelijke processen. De druk op Nederland om er serieus mee aan de slag te gaan werd groter. Aan de andere kant was de sterke uitbreiding van energieteelt aanleiding de mogelijk negatieve effecten daarvan nadrukkelijker aan te slingeren.

Samengevat: in de LT-cyclus werd de visie kwantitatiever, meer gedeeld en (maar dan vooral in Nederland) meer gericht op de 2^e generatie, mede gevoed door ontwikkelingen in de KT-cyclus in het buitenland. De KT-cyclus kwam in Nederland nog niet op gang. Er bleef weinig beleidssteun voor het creëren van een markt voor de 1^e generatie technologie. Op Europese

schaal werd de KT-cyclus almaar krachtiger in de wisselwerking van alle elementen (visie, beleidssteun en productiegroei).

Periode 2005

Visiedocumenten van ondernemers maakten duidelijk dat de overtuiging van een groeimarkt en daarmee kansen voor bedrijven aan belang wonnen. Dat de Nederlandse landbouw daarin maar een bescheiden rol kon spelen, werd ook erkend, al bleef er een landbouwlobby voor ondersteuning van initiatieven op het gebied van biobrandstoffen. Bij initiatiefnemers was er geen aarzeling met betrekking tot de 1^e generatie. Voor hen was het sowieso een goede opstap naar de verbeterde 2^e generatie. Oliemaatschappijen waren nog steeds niet op de voorgrond, al was Shell wel betrokken bij de opzet van een fabriek in Duitsland voor Fischer-Tropsch diesel op basis van hout, het eerste concrete plan voor de 2^e generatie op praktijkschaal en bij een verkenning met VW en Iogen naar een cellulose-ethanol fabriek. Voor het laatste proces had onderzoek inmiddels tot een flinke kostenreductie geleid. In Nederland kwamen er vele, tamelijk concrete plannen, maar wel voor de productie van 1^e generatie biobrandstoffen.

Een belangrijke stap voor het creëren van de markt in Nederland was de aankondiging van een verplichting tot 2% biobrandstoffen in 2007 met een accijnsmaatregel voor 2006. Het leidde tot tal van initiatieven.

Het was op Europees niveau duidelijk, dat de doelstelling van 2% in 2005 niet zou worden gehaald. Op EU-niveau werd de haalbaarheid van de doelstelling van 5,75% in 2010 qua beschikbaarheid van voldoende biomassa onderzocht met een positief resultaat. De productie nam verder toe. De ontwikkelingen in de individuele landen werd nadrukkelijker in beeld gebracht en in deze benchmark scoorde Nederland uiteraard niet goed.

Samengevat: in de LT-cyclus kwamen grote spelers nadrukkelijker met plannen voor de 2^e generatie in de praktijk. Het waren de eerste tekenen, dat deze 'motor' ook langzaam aan ging draaien. Grote spelers kwamen nadrukkelijker in beeld, gestimuleerd door de Europese ontwikkelingen in de KT-cyclus, die onstuitbaar leek.

Periode 2006

De verplichting van 2% in 2007 werd later gevolgd door de aankondiging van mogelijke verplichting in Nederland tot een groei naar 5,75% in 2010, waarbij ook criteria voor de invloed op natuur werden aangekondigd.

Het aantal plannen en vooral de concreetheid daarvan nam snel toe. Shell begon direct met 2% biobrandstof op de markt te brengen (in de vorm van ETBE). De bouw van diverse fabrieken werd gestart. Het betrof nog steeds vooral 1^e generatie technologie. In feite was de voorontwikkelingsfase voorbij en was er sprake van take-off, tenzij deze activiteiten nog steeds moesten worden gezien in het licht van de opstap naar de 2^e generatie. De invulling in de praktijk was immers nog niet in lijn met de visie op de lange termijn.

De EC kwam met een voorstel voor een EU-strategy for Biofuels, waarin de 2^e generatie nadrukkelijk werd genoemd als voorkeur voor de lange termijn. Hiermee werd een element van de Nederlandse visie herkenbaar. In hoeverre de Nederlandse visie een impuls is geweest hiervoor, is niet vastgesteld maar lijkt waarschijnlijk, omdat de beleidsaandacht voor de 2^e generatie vooral in Nederland werd herkend (Price Waterhouse Coopers, 2005). Overigens betekende dat geen terughoudendheid met het doorzetten van de ontwikkelingen, ook al waren die vooral op de 1^e generatie gericht. Integendeel, de plannen voor capaciteitsuitbreiding namen een enorme vlucht.

Samengevat: de volop draaiende Europese KT-cyclus grijpt ook aan op Nederland. De Nederlandse voorkeur voor verbeterde technologie op de lange termijn is ook Europees nadrukkelijk in beeld gekomen, maar niet als rem op de huidige ontwikkelingen.

Het beleid van de Nederlandse overheid heeft een belangrijke rol gespeeld in beide cycli. Het is een lastige opgave gebleken, om beide cycli in een goed aan elkaar gekoppeld ontwikkelingsproces te laten draaien. De innovatiemotor gericht op acties op de korte termijn is op volle toeren gekomen, waarbij systeemverandering in de praktijk herkenbaar begint te worden. De motor voor de lange termijn draait langzamer, wat natuurlijk ook past bij de ontwikkeling van innovatieve technologie. Het in de praktijk vormgeven van de inmiddels ontwikkelde visie op de lange termijn moet nog op gang komen.

Er wordt veel gesproken over de begrippen 1^e en 2^e generatie. Die zijn niet eenduidig. Dat heeft het voordeel, dat de technologische diversiteit niet wordt ingeperkt. Processen, die tot de 1^e generatie werden gerekend, worden verder geoptimaliseerd, mede gestimuleerd door de toename van de productiecapaciteit in de praktijk. Ontwikkelingen gaan stap voor stap. Er is een grote diversiteit aan processen aan het ontstaan, die goed past bij het zoekproces van systeeminnovatie. Maar labels van 1^e of 2^e generatie passen daar niet goed bij.

Het NMP4 heeft wel richtinggevende doelen voor broeikasgasemissies genoemd, maar niet voor andere aspecten, zoals ruimtebeslag en effect op biodiversiteit. In Europa is de voorkeur voor de 2^e generatie later dan in Nederland naar voren gekomen zonder dat een rem op de lopende ontwikkelingen met de 1^e generatie werd gezet. Daardoor speelden de bezwaren tegen de 1^e generatie technologie geen rol voor de ondernemers, die kansen roken. De visie voor de lange termijn met voorkeur voor de lange termijn is niet concreet en mede daardoor niet krachtig genoeg geweest om aan de acties op de korte termijn een andere draai te geven.

De vraag, in hoeverre de geschetste ontwikkelingen toch de gewenste systeeminnovatie op gang brengen, wordt in het volgende hoofdstuk besproken.

5. Motivatie voor daadwerkelijke systeemverandering

Vanaf 2002 komt de toepassing van de technologieën nadrukkelijker in het stadium van nichemarkten. Inmiddels (2006) is er sprake van take-off voor biobrandstoffen met de aantekening, dat het in de praktijk vooralsnog om technieken gaat, die als 1^e generatie worden gekenschetst. In Tabel 5.1 staan de belangrijkste acties, die op die take-off wijzen.

Tabel 5.1. Acties, die de inrichting van een deelsysteem met 1^e generatie biobrandstoffen illustreren

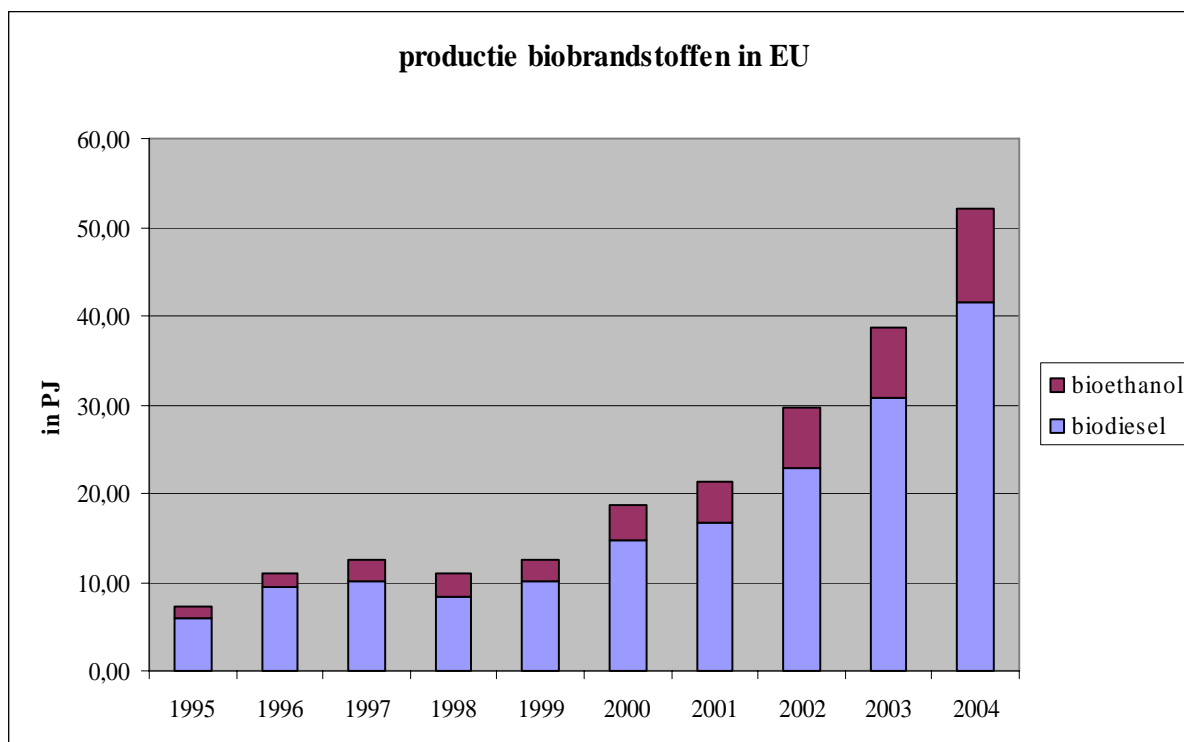
Activiteit	Uitvoerder(s)	Financiële beleidssteun
Oliemolen (3,5 miljoen liter PPO per jaar) in Delfzijl, voornamelijk op koolzaad	Solaroilsystems (financiële impuls van landbouworganisaties, NOM en RABO-bank.	CO ₂ -reductieplan
Oliemolen (1,5-2 miljoen liter PPO per jaar) op koolzaad	Gebr. De Boer	CO ₂ -reductieplan
Biodieselfabriek (verestering uit PPO) in Emmen voor 30.000 ton per jaar	Sunoil (is in aanbouw; start productie najaar 2006)	
Biodieselfabriek (oliepersen plus verestering met glycerine-inzet) in Eemshaven voor 80 miljoen liter (= 66.000 ton) per jaar	Biovalue en Delta (bouw begin 2006 gestart, begin 2007 gereed)	EIA
Ombouw MBTE-fabriek naar ETBE-fabriek	Lyondell Chemie en Port of Rotterdam (ombouw in 2006)	UKR
Inrichting op- en overslagcapaciteit voor ethanol In Rotterdamse haven	VOPAK	UKR
Toevoeging ETBE aan benzine (tot 2% biocomponent) vanaf 1-1-06	Shell	Accijnsverlaging
Bioethanolfabriek in Rotterdam met een capaciteit voor 100.000 ton per jaar en een demonstratieplant van 10.000 ton voor geavanceerd bioethanolproces.	Bio-ethanol Rotterdam B.V. (BER): Chemical Processing Consult, HES Beheer en Holland Innovation Team, Coöperatie BERGO (Streefdatum productie eind 2007)	
Palmoliedieselfabriek in Zwijndrecht	Unimills/GoldenHope Plantatations, Godiver Handelsgesellschaft mbH	Aanvraag loopt
Bioethanolfabriek in Amsterdam met een capaciteit van 110.000 ton ethanol en 110.000 ton veevoer per jaar.	Futura Petroleum Limited/ Harvest Biofuels (Blue Ocean Associates) (Streefdatum productie eind 2007)	
Bioethanolfabriek Sas van Gent met een capaciteit van 200 miljoen liter ethanol per jaar met ook reststromen als grondstof.	Nedalco, Cerestar (Streefdatum productie 2008)	Nog niet zeker

Met de in Tabel 5.1 geplande productiecapaciteit kan in totaal ongeveer de helft van de Nederlandse vraag bij een aandeel van 5,75% in 2010 worden geleverd, vooral omdat voor bio-ethanol de productiecapaciteit in dezelfde orde komt als de vraag. Voor biodiesel ligt het aandeel eigen productie vooralsnog laag.

Belangrijkste beleidskrachten, die mede tot deze activiteiten hebben geleid zijn de EU-Richtlijn, die weliswaar in Nederland nog geen verplichtend karakter heeft, maar dat wel in het vooruitzicht heeft gesteld. Verplichting in Nederland is vanaf 2007 aangekondigd met als overgangsmaatregel de accijnsverlaging in 2006. Daarvoor waren er ook enkele accijnsvrijstellingen, maar die gaven ondernemers minder zekerheid dan de aangekondigde verplichting. Er was ook de investeringssteun vanuit diverse bestaande en nieuwe (UKR) regelingen.

Vanuit beleidsanalytisch oogpunt passen enkele kanttekeningen bij de mix van financiële regelingen en zachte dan wel harde doelen. Hoewel er ook gerichte R&D-ondersteuning is geweest, zijn veel gelden niet zozeer naar de ondersteuning van vernieuwende technologie gegaan als wel naar productie en infrastructuur voor de 1^e generatie. Weliswaar kunnen open overslagfaciliteiten voor ethanol en ETBE-productie-eenheden ook worden ingezet voor bio-ethanol van de 2^e generatie. Vernieuwende technologie is het niet. Zo is begin 2006 al een derde van de MTBE-productiecapaciteit in Europa omgebouwd naar ETBE (een beperkte aanpassing; Mirabella 2006). Ook daarin heeft Nederland, Europees gezien de grootste producent van MTBE, niet voorop gelopen. In de huidige situatie gebeurt driekwart van de bio-ethanolbijdrage aan motorbrandstof in de vorm van ETBE. Gezien de geconstateerde en verder verwachte flinke uitbreiding van de productiecapaciteit van biobrandstoffen in Europa en nu ook in Nederland kan worden verondersteld, dat de aankondiging van verplichting op zich al genoeg was om een markt te creëren. De meerwaarde van bijmenging in 2006 onder invloed van de accijnsverlaging op het transitieproces, met name in de richting van de 2^e generatie, is ook zeer beperkt.

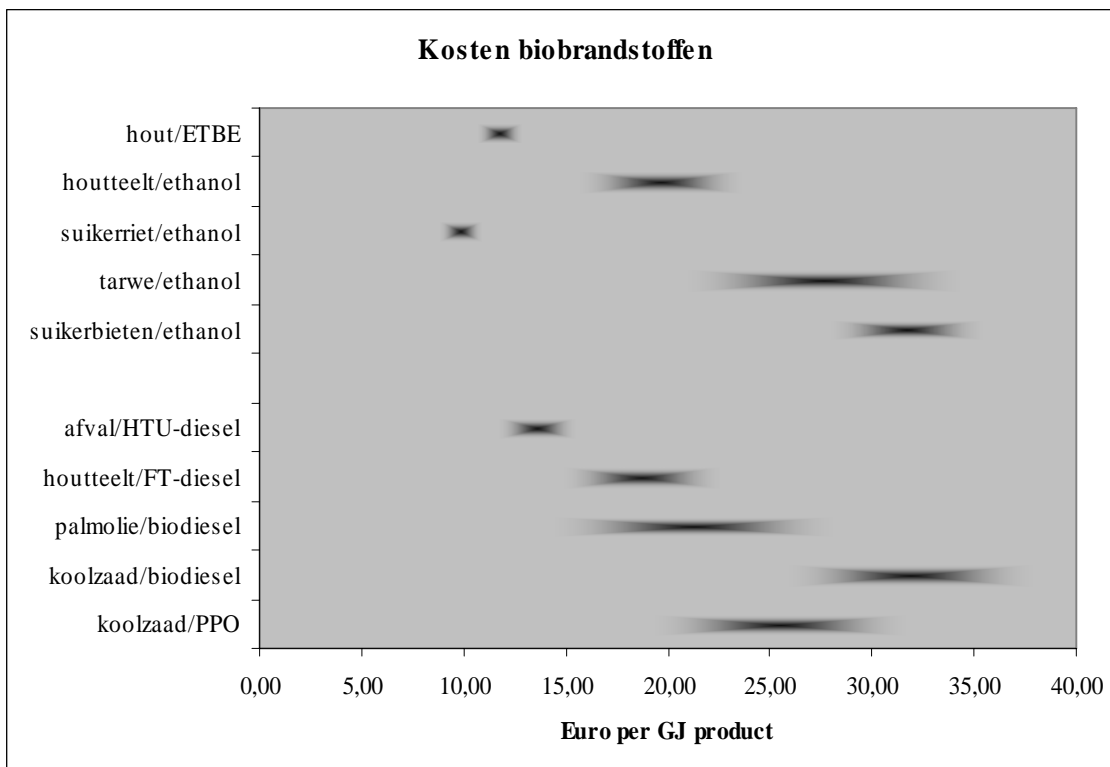
De conclusie, dat er sprake is van take-off, wordt vooral ingegeven door het feit, dat de Nederlandse ontwikkeling moet worden gezien als een illustratie van wat er zich internationaal afspeelt. In diverse andere Europese landen gaan de ontwikkelingen nog sneller en is de implementatie al verder (zie Figuur 5.1). En ook buiten Europa is de tendens zichtbaar.



Figuur 5.1. Ontwikkeling in de productie van biobrandstoffen in de EU (in 2004 geldt het voor de EU-25, wat een extra productiestijging van circa 3 PJ meebrengt) (EuroObserv'ER, 2005)

De ontwikkelingen rond de 1^e generatie zouden ook kunnen worden gezien als onderdeel van de voorbereiding voor de take-off van de 2^e generatie, die nog van de grond moet komen. In hoeverre komt die take-off ook dichterbij?

Belangrijke stappen op weg naar de 2^e generatie biobrandstoffen zijn investeringen in fabrieken, waar men met efficiëntere verwerkingsprocessen werkt en/of andere grondstoffen (veelal houtachtige biomassa of reststromen) gebruikt. Bij de afweging is een kostenvergelijking belangrijk. Voor diverse combinaties van grondstof/brandstof zijn kostenramingen opgenomen in Figuur 5.2.



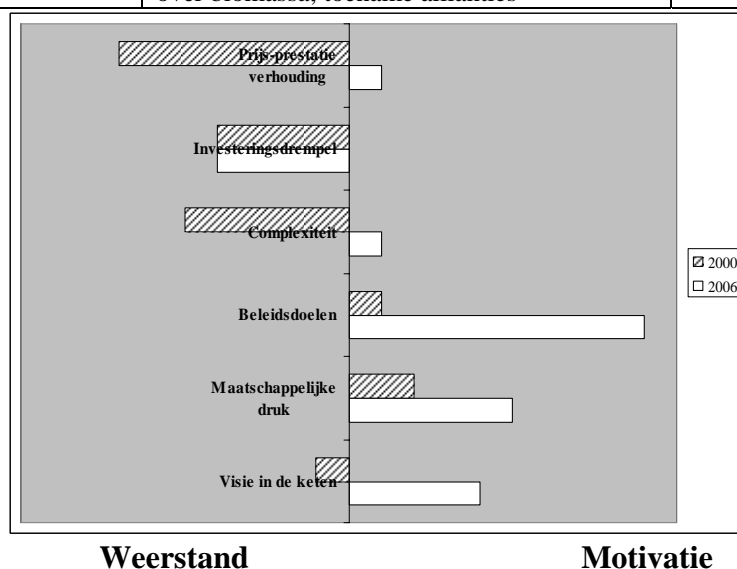
Figuur 5.2. Raming van de productiekosten voor diverse typen biobrandstoffen (bij huidige prijzen van biomassa) (SenterNovem/GAVE, 2005; Thuijl van et al., 2003; ECN/KEMA, 2005; AEA Technology, 2003; Kampman et al., 2005b).

De conclusie zou kunnen zijn, dat de verbeterde technologie over de gehele keten tot lagere productiekosten kan leiden, echter dit effect is grotendeels te verklaren doordat de daarvoor ingezette biomassa als grondstof goedkoper is. De biomassaprijs is bij de verwachte grote toename in de vraag de onzekere factor, waardoor het in de praktijk onzeker is, of de productiekosten voor de 2^e generatie inderdaad onder die van de 1^e generatie gaan komen. De prijzen van rietsuikerethanol en in iets mindere mate palmoliediesel liggen overigens relatief laag.

Er kunnen meer overwegingen zijn om al dan niet tot een investering over te gaan. In onderstaande tabellen worden enkele krachtenveldanalyses gepresenteerd, die het afwegingskader van mogelijke investeerders voor kenmerkende processen en producten weergeven.

Tabel 5.2. *Krachtenveldanalyse rond de investering in biodieselfabriek op basis van biomassavergassing en verwerking syngas in Fischer-Tropsch proces*

Kracht	Kenmerken en ontwikkelingen tussen 2000 en 2006	Beleid (NI + EU)
Prijs-prestatieverhouding	Aanbod biomassa (bestaande structuren, prijzen en prijsontwikkeling) bepaalt mede locatie Technologieverbetering (R&D resultaten, vooral energie-efficiency) Kostenverhoging blends beperkt	Veel onzekerheid geweest over accijnsverlaging, is er in 2006 verdwijnt daarna (verplichting daarvoor in de plaats; doorberekening naar de consument levert beperkte prijsverhoging)
Investeringsdrempel	Qua kosten verdient verwerking op grote schaal voorkeur, dus hoge investering (haalbaar voor kapitaalkrachtige bedrijven)	In principe mogelijkheden: EnergieInvesteringsaftrek (EIA) of Unieke Kansen Regeling (UKR), maar ondersteuning daaruit draagt weinig bij
Complexiteit	Tamelijk complex proces en qua grondstof nieuw; kennis opgedaan (betrokkenheid mogelijke investeerders). Relatief sterke kennispositie Europa Voor oliemaatschappijen: minder afhankelijk van biodiesel van kleine bedrijven; FT diesel van betere kwaliteit.	Kwaliteitseisen aan motorbrandstoffen betekenen dat oliemaatschappijen risico's kunnen lopen met bijmengen biodiesel van kleine producenten
Doelstellingen overhead	Voor oliemaatschappijen afweging ofwel zelf produceren ofwel aankopen, voor anderen grotere zekerheid over afzetmarkt	Verplichte bijmenging vanaf 2% 2007, waarschijnlijk 5,75 % biobrandstof LT-doelen gaan nog verder Emissie-eisen auto's Emissie-eisen fabriek (ook belemmerende eisen?)
Maatschappelijke houding	Probleemperceptie voor klimaat en leveringszekerheid is toegenomen; NGO's voor 2 ^e generatie	Verplichting tot 2% bijmenging brengt NGO's in positie grote bedrijven 'af te rekenen'
Visie in de keten	Visie platform (betrokkenen) Biobrandstof voor diesel wordt steeds nadrukkelijker gezien als groeimarkt; concurrentie speelt wellicht rond beschikken over biomassa; toename allianties	Visie overheid concreter met voorkeur voor 2 ^e generatie

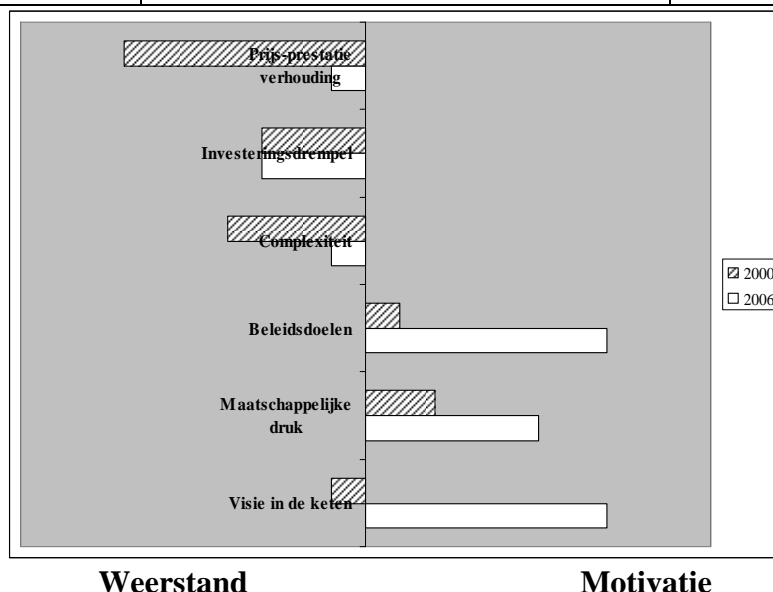


Figuur 5.3. *Ontwikkeling krachtenveld rond investering in FT-dieselproductie (indicatieve waarden op basis van bovenstaande tabel)*

Het krachtenspel wijst nadrukkelijk in de richting van investeringen door de oliemaatschappijen. Shell is betrokken bij de inmiddels gestarte bouw van een eerste fabriek in Duitsland. Overigens heeft Neste Oil (Finland) gekozen voor een alternatief: syntheseproces van paraffinen uit plantaardige olie door reactie met waterstof.

Tabel 5.3. *Krachtenveldanalyse voor de investering in een cellulose-ethanol fabriek*

Kracht	Kenmerken en ontwikkelingen tussen 2000 en 2006	Beleid (NI + EU)
Prijs-prestatie-verhouding	Ongunstig t.o.v. rietsuikerethanol Aanbod biomassa (bestaande structuren, prijzen en prijsontwikkeling); bepaalt mede locatie Kosten enzym voor omzetting cellulose afgenomen met factor 10-20. Hoger rendement haalbaar door omzetting C5 suikers Kostenverhoging blends beperkt	Importtarief voor rietsuikerethanol Veel onzekerheid geweest over accijnsverlaging, maar die mogelijkheid verdwijnt
Investeringsdrempel	Aanzienlijk, vooral voor kleine bedrijven;	In principe regelingen voor investeringsondersteuning (EIA, UKR) kansrijk, maar beperkte bijdrage (voorzover bekend nog geen toekenning)
Complexiteit	Nieuwe technologie sluit goed aan bij de bestaande ethanoltechnologie. Ervaring op labschaal opgedaan, verdere optimalisatie te verwachten bij ervaringen op praktijkschaal	
Doelstellingen overhead		Verplichte bijmenging 2% vanaf 2007; aankondiging verdere reductie door EU; verplicht niet tot investering, maar creëert wel markt
Maatschappelijke houding	Probleemperceptie voor klimaat en leveringszekerheid is toegenomen; Genetische modificatie is nog steeds een precair onderwerp maar binnen industrieel proces lijkt het minder gevoelig te liggen. NGO's voor 2 ^e generatie	Verplichting tot 2% bijmenging brengt NGO's in positie grote bedrijven 'af te rekenen'
Visie in de keten	Visie platform Ethanol wordt steeds nadrukkelijker gezien als groeimarkt; concurrentie speelt; toename allianties	Visie EU en Nederland beide gericht op verdergaande toepassing met voorkeur voor 2 ^e generatie



Figuur 5.4. Ontwikkeling krachtenveld rond investering cellulose-ethanol fabriek (indicatieve waarden op basis van bovenstaande tabel)

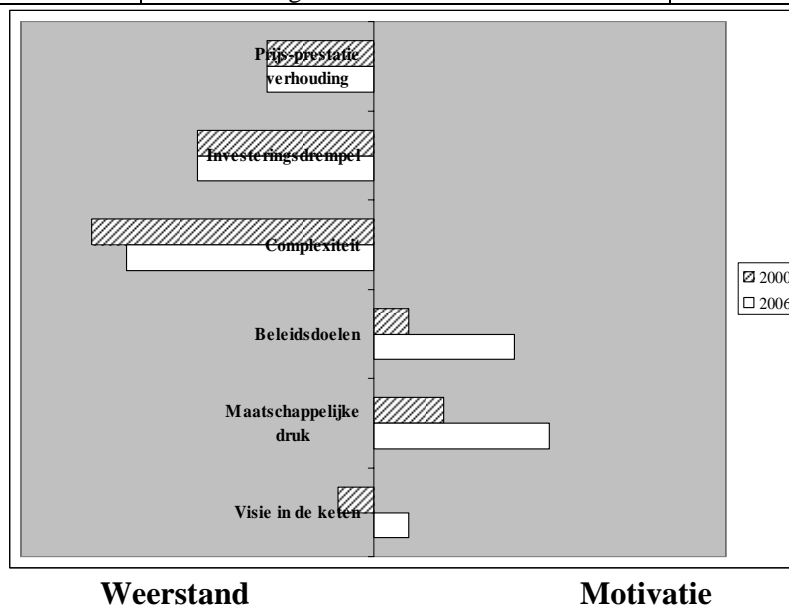
Weerstand

Motivatie

Het sluiten van allianties kan het krachtenspel versterken. Combinatie van een bedrijf met kennis over de ethanolproductie (kracht 'complexiteit') met een bedrijf met voldoende kapitaal (kracht 'investeringsdrempel') versterkt het geheel. De alliantie van Iogen en Shell is daarvan een voorbeeld, nog versterkt met VW met het oog op een toekomst met flexifuel auto's, al is het (op het moment van afronding van dit rapport) nog niet tot een investeringsbeslissing gekomen. Maar ook een bedrijf als Nedalco overweegt in de nieuw te bouwen fabriek stappen in de richting van de nieuwe technologie.

Tabel 5.4. *Krachtenveldanalyse voor de investering in het HTU-proces voor verwerking (natte) afvalstromen*

Kracht	Kenmerken en ontwikkelingen tussen 2000 en 2006	Beleid (NI + EU)
Prijs-prestatie-verhouding	Kostenraming blijft omgeven met grote onzekerheids-marges en is sterk afhankelijk van de prijs van de grondstof (afvalstof). Op lange termijn zou de HTU diesel mogelijk kunnen concurreren met de dieselprijs.	Diverse onderzoekssubsidies maar op dit moment ontbreekt overheidssteun voor dit project. Geen zekerheid over accijnsvrijstelling in de toekomst
Investeringsdrempel	Waarschijnlijk aanzienlijk, maar in welke mate beperkend voor afvalverwerkingsbedrijven en/of oliemaatschappijen is onduidelijk	In deze fase is nog geen investeringsondersteuning toegekend
Complexiteit	In een pilotplant is, met beperkte capaciteit en een beperkt aantal grondstoffen, het tussenproduct biocrude geproduceerd. Een nieuw consortium start met vervolg pilot.	
Doelstellingen overhead		Verplichting bijmenging biobrandstof geeft positieve impuls, omdat afzetmarkt voor biodiesel wordt vergroot; versterkt door LT-visie
Maatschappelijke houding	Probleemperceptie voor klimaat en leveringszekerheid is toegenomen maar het HTU-proces wordt daar niet sterk aan verbonden.	
Visie in de keten	Proces is meer afvalverwerking, waarbij onduidelijk is hoe het past in de visie daarop; voor oliemaatschappijen is afvalverwerking een 'vreemde' sector; weinig concurrentiegevoel	Geen heldere visie overheid op afvalverwerking (compost of energiewinning?) Visie op biobrandstoffen werkt wel enigszins door



Figuur 5.5. *Ontwikkeling krachtenveld rond investering in HTU-biocrudeproductie voor biodiesel (indicatieve waarden op basis van bovenstaande tabel)*

Het krachtenspel wijst nog niet in de richting van investering, zeker niet op grote schaal. Shell is na de eerste pilot afgehaakt, maar Total is juist weer betrokken geraakt.

De conclusie kan zijn dat het krachtenveld voor de 2^e generatie duidelijk in de richting van take-off is geschoven. Ervaringen in ontwikkelingstrajecten, beleidsimpuls in de vorm van (aangekondigde) verplichting en een breed gedeelde, steeds concretere visie zijn hierbij doorslaggevend. Inmiddels is ook een verplichting van 5,75% in 2010 in Nederland aangekondigd, met criteria, die ongetwijfeld investeringen in de 2^e generatie verder zullen stimuleren. Die criteria zullen de termen 1^e en 2^e generatie waarschijnlijk ook overbodig maken, hetgeen de helderheid in het beleid ten goede komt.

In hoeverre hebben de ontwikkelingen met de 2^e generatie bijgedragen aan het versterken van de impuls richting de 2^e generatie? Het krachtiger beleid is van groot belang. Zoals in het vorige hoofdstuk al is aangegeven, is het waarschijnlijk dat ontwikkelingen in de praktijk met de 1^e generatie de overtuiging bij beleidsmakers aangaande de haalbaarheid heeft versterkt en visie-ontwikkeling richting de 2^e generatie heeft versneld.

Met betrekking tot de FT-diesel is voor de oliemaatschappijen het kwaliteitsaspect van belang. Een al grote afhankelijkheid van kleine biodieselproducenten, die de markt aan het veroveren zijn, kan het moeilijk maken kwaliteitsgaranties te kunnen geven. Dat betekent een krachtiger impuls om zelf te investeren in productie van kwalitatief betere diesel zoals FT-diesel, nog afgezien van het feit dat het om de strijd van een belangrijk deel van de motorbrandstoffenmarkt gaat.

In de ethanollijn bieden de ontwikkelingen vooral kansen voor de al aanwezige ethanolproducenten.

De ontwikkelingen in de praktijk en het beleid rond biobrandstoffen zijn volop in beweging. Om die reden wordt ook een korte beschouwing gewijd aan aangekondigde en in overweging zijnde beleidsinstrumenten.

Binnen het MNP is een methodiek ontwikkeld, die ondersteuning biedt bij processen gericht op duurzame ontwikkeling (MNP, 2004). Hierin wordt ervan uitgegaan, dat mensen verschillende beelden hebben van de wereld, de ontwikkelingen daarin en de samenhang daarbinnen. Op basis van die verschillen worden ook verschillende keuzen gemaakt met verschillende (tussen-)doelen.

In het onderstaande worden enkele concrete keuzen benoemd, waar met name de Rijksoverheid voor staat. Het ligt niet in de bedoeling daar een stempel goed of fout op te zetten. Er is immers geen eenvoudig recept voor transitie management. Wel worden de voordelen van die keuzen uitgewerkt en worden de afbreukrisico's aangegeven.

Tabel 5.5. Mogelijke beleidsinstrumenten met de voordelen en afbreukrisico's

Beleidsinstrument	Voordelen	Afbreukrisico's
Overnemen van de EU-doelstelling van 5,75% biobrandstoffen als harde verplichting	Stimuleert capaciteitsopbouw (bij vrije keuze in de markt vooral voor de snel beschikbare 1 ^e generatie) en import van rietsuikerethanol en palmolie	Ongewenste neveneffecten bij verschuivingen in landgebruiksfuncties; hogere kosten door stijging biomassaprijzen; luchtverontreinigingsaspecten
Hanteren van criteria voor de productieketen door een aandeel uit rest- en afvalstromen te hanteren	Stimuleert vooral de 2 ^e generatie	Zet het optimalisatiespoor bij verwerking van geteelde biomassa op laag pitje; kan import bemoeilijken of past niet in handelsregels
Hanteren van criteria voor de productieketen door het toevoegen van een reductieverplichting voor broeikasgassen over de keten	Stimuleert alle optimalisatieprocessen gericht op broeikasgasemissies	Afwenteling naar landgebruik elders; meer biomassa als procesenergie (ook voor 1 ^e generatie); Verzandt in juridische bezwaren bij moeilijk vast te stellen cijfers
Hanteren van certificering voor import van biobrandstoffen dan wel biomassa	Zorgt ervoor dat er geen directe negatieve gevolgen kleven aan de importstromen naar Nederland / EU	Kan door ontwikkelingslanden als verkapte marktbescherming worden beschouwd Niet vraagbepkend, waardoor mondiaal ontbossing voor energieteelt of landbouw gewoon doorgaat
Mogelijkheid tot accijnsvrijstelling voorlopig doorzetten	Biedt kansen voor 'onverdunde' biobrandstoffen zoals E85 voor flexifuel auto's en PPO voor voertuigen met Elsbett-technologie	Blijken geen succesvolle sporen, bv. doordat aanbod de vraag niet kan bijbenen en/of doordat ze niet passen bij toekomstige criteria
Afbouwen importtarieven voor ethanol van buiten de EU	Vergroot de mogelijkheden van bv. rietsuikerethanol, dat qua kosten en effecten relatief goed scoort; meer kans dat doelen worden gehaald; biedt exportkansen voor ontwikkelingslanden	Vergroot risico op aantasting natuur en spanning met voedselproductie; belemmert de ontwikkeling van 2 ^e generatie in Europa
Financiële overheidsmiddelen worden alleen ingezet voor vernieuwende technologie van de 2 ^e generatie (volgens criteria)	Versnelt de introductie van de 2 ^e generatie	Verspilling van overheidsgelden, omdat er voldoende markt is en het om kapitaalkrachtige investeerders gaat

De basisgedachte achter deze methodiek ligt erin voor de afbreukrisico's juist weer elementen van andere instrumenten te benutten, waardoor een betere mix van instrumenten ontstaat. Of die afbreukrisico's daadwerkelijk optreden, moet op basis van de juiste monitoring worden vastgesteld.

Bij een verdieping van de afwegingen gaat het dikwijls om de vraag, of het op korte termijn doorzetten met de 1^e generatie biobrandstoffen een goede zaak is, ook als men op de lange termijn naar verbeterde technieken wil. Is de 1^e generatie een goede wegbereider of wordt daarmee een lock-in gecreëerd? Daarin zijn verschillende fasen te herkennen. De analyses hebben laten zien, dat de activiteiten van kleine ondernemers met PPO en biodiesel tot nu toe en vooral in het buitenland in een directe relatie kunnen worden gebracht met de beleidsontwikkeling en het afwegingskader van oliemaatschappijen om zelf tot productie over te gaan, vooral met nieuwe processen.

Een ander terugkerend element is de vraag, of het een goede zaak is, als de import uit (sub-)tropische streken van palmolie of rietsuikerethanol wordt gestimuleerd. Ook hiervan zijn al voorbeelden te zien geweest, bijvoorbeeld import rietsuikerethanol, hetgeen de basis voor een E85-distributienetwerk voor flexifuel auto's heeft gelegd.

De vraag is, hoe dat voor de komende periode moet worden gezien. Onderstaand zijn in de praktijk gehoorde argumenten voor en tegen op een rij gezet.

Tabel 5.6. *In de praktijk gehanteerde argumenten voor en tegen doorgaan met de 1^e generatie*

Argumenten voor toepassing van de 1 ^e generatie in de EU geproduceerde biobrandstoffen	Argumenten tegen toepassing van de 1 ^e generatie in de EU geproduceerde biobrandstoffen
Algemeen	
<ul style="list-style-type: none"> • Draagt bij aan korte termijn reducties van broeikasgasemissies (ook totale emissie over de tijd is van belang). • Draagt bij aan het halen van Kyotodoelen • Toepassing, zeker op beperkte schaal, kan voor groot deel op land zonder belangrijke functie en heeft daardoor nauwelijks effect op biodiversiteit. • Beeldvorming van praten in plaats van doen moet worden weggenomen om ondernemers te stimuleren. • Allianties tussen landbouw en energiesector worden verder opgebouwd en versterkt • Landbouwbedrijven krijgen betere overlevingskansen naar een toekomstig bioenergiesysteem. • Er wordt een markt voor biomassa gecreëerd, waardoor institutionele aanpassingen sneller verlopen • Meer toepassing stimuleert ook onderzoek naar optimalisatie. 	<ul style="list-style-type: none"> • Beperkt effect op broeikasgasemissies en relatief dure maatregel; kan voor bepaalde varianten zelfs negatief zijn • Maatregel op korte termijn niet kosten-effectief • Toepassing op grote schaal heeft door het landgebruik een negatief effect op mondiale biodiversiteit. • Meer ervaring opdoen met deze bekende en eenvoudige technologieën is van geen betekenis voor de toekomst • Elke overheidsfinanciering betekent minder ondersteuning van betere opties • Voor de landbouw liggen er met deze energieteelten toch geen toekomstkansen • Te ver doorgaan met een op termijn ongewenste aanpak leidt tot nieuwe tegenkrachten, mogelijk een lock-in.
Bio-ethanol	
<ul style="list-style-type: none"> • Voor 1^e en 2^e generatie zijn dezelfde ethanolproducenten in beeld, die daarmee de eerste stappen op de markt zetten • De lijn ethanol tot ETBE kan met de 1^e generatie alvast worden ingericht; optimalisatie van de ethanolproductie wordt dan door bedrijven zelf opgepakt (bv. om met rietsuikerethanol te kunnen concurreren) • Zodra de 2^e generatie operationeel is, kan de biomassaleverancier voor 1^e generatie (bv. tarwe) ook voor de 2^e generatie leveren (bv. tarwestro) • Flexifuel auto's komen eerder op de markt. Zo groot mogelijke productie-omvang is daartoe gewenst. 	<ul style="list-style-type: none"> • De ontwikkeling van de lijn naar ETBE levert ook op basis van 2^e generatie ethanol te weinig milieuwinst op om als gewenst eindbeeld te worden gezien. • Belangrijk is vooral de snelle ontwikkeling van houtachtige gewassen en die komt er niet sneller door op gang.
PPO, Biodiesel	
<ul style="list-style-type: none"> • Impuls voor de rol van landbouwbedrijven in het landschapsbeheer (mooie koolzaadvelden). • Aanbod grondstoffen voor 2^e generatie is te beperkt, zodat 1^e generatie nodig blijft. 	<ul style="list-style-type: none"> • Voor PPO en biodiesel ontstaan allianties, die een weerstandsfactor kunnen vormen voor de 2^e generatie, omdat het dan om andere spelers gaat. • Technologie voor de 2^e generatie (vergassing en FT-synthese) bouwt niet voort op de 1^e generatie; het is waarschijnlijk dat andere partijen voor de 2^e generatie moeten zorgen

Tabel 5.7. In de praktijk gehanteerde argumenten voor en tegen snelle uitbreiding van import

Argumenten voor snelle uitbreiding van de import voor biobrandstoffen	Argumenten tegen snelle uitbreiding van import voor biobrandstoffen
Algemeen	
<ul style="list-style-type: none"> • Draagt bij aan korte termijn reducties van broeikasgasemissies (ook totale emissie over de tijd is van belang). • Draagt bij aan het halen van Kyotodoelen, zeker omdat deel van de ketenemissies in buitenland optreden en niet meetellen, waardoor reducties relatief hoog worden • Toepassing, zeker op beperkte schaal, kan voor groot deel op land zonder belangrijke functie en heeft daardoor nauwelijks effect op biodiversiteit. • Er wordt een markt voor biomassa gecreëerd, waardoor institutionele aanpassingen (certificering, afbouw importtarieven, marktplaatsen) sneller verlopen. • Marktkansen voor ontwikkelingslanden 	<ul style="list-style-type: none"> • Beperkt effect op broeikasgasemissies, mede door de invloed op het koolstofgehalte van de bodem • Biomassa kan efficiënter worden ingezet • Toepassing op grote schaal heeft door het landgebruik een negatief effect op mondiale biodiversiteit, juist in streken met een hoge soortendichtheid in de natuur • Ervaring opdoen met deze technologieën is van geen betekenis
Rietsuikerethanol	
<ul style="list-style-type: none"> • Rietsuikerethanol is qua technologie beschikbaar, goedkoop en qua resultaten zeker vergelijkbaar met wat in Europa van de 2^e generatie wordt verwacht • De lijn ethanol tot ETBE kan alvast worden ingericht • Flexifuel auto's komen eerder op de markt, want daarvoor is een flink aanbod van ethanol nodig • Biedt kansen aan ontwikkelingslanden 	<ul style="list-style-type: none"> • Marginale gronden, waarop de teelt zonder al te grote effecten plaats zou kunnen vinden, zijn er nauwelijks en/of zijn zodanig uitgeput, dat energieteelt lage opbrengsten zou hebben • Rietsuikerteelt verdringt sojateelt, waarvoor dan weer regenwoud wordt gekapt • Te veel ethanol op de markt leidt tot overschot aan benzine
Palmolie voor biodiesel	
<ul style="list-style-type: none"> • Goedkope plantaardige olie, stimuleert de ontwikkeling van betere technieken voor de verwerking ervan • Gezien de relatief grotere toename van diesel (t.o.v. benzine) is er grotere vraag naar biodiesel 	<ul style="list-style-type: none"> • Deze productie is bij uitstek bedreigend voor tropisch regenwoud; creëert daardoor een negatief imago rond biobrandstoffen • Er kleven nadelen aan biodiesel op basis van palmolie (niet geschikt voor lage temperaturen); kan alleen maar voor negatief werkende problemen zorgen

6. Conclusies

Bij het trekken van conclusies uit de analyses wordt onderscheid gemaakt tussen inhoudelijke beoordeling van de (potentiële) effecten, de voortgang van het proces in Nederland en internationaal en de invloed van het Nederlandse beleid op het proces.

Conclusies over de (potentiële) ecologische effecten:

1. In geval van energieteelt voor biobrandstoffen moet in alle gevallen rekening worden gehouden met een netto verlies aan natuurwaarde, bij houtteelt in iets minder mate. In de praktijk is door verschuiving in landgebruik de locatie van dit verlies dikwijls niet direct te koppelen aan de locatie van de teelt. Bij de inzet van reststromen speelt dit niet of veel minder.
2. Er zijn combinaties van biomassa als grondstof en type brandstof, waarvoor reductiepercentages voor broeikasgasemissies over de gehele keten van groei tot en met verbranding van 60% of meer (soms tot meer dan 90%) worden gehaald. Deze hoge percentages komen voor een heel groot deel voort uit de inzet van biomassa voor procesenergie. Zeker ook de processen van de 2^e generatie zijn energie-intensief.

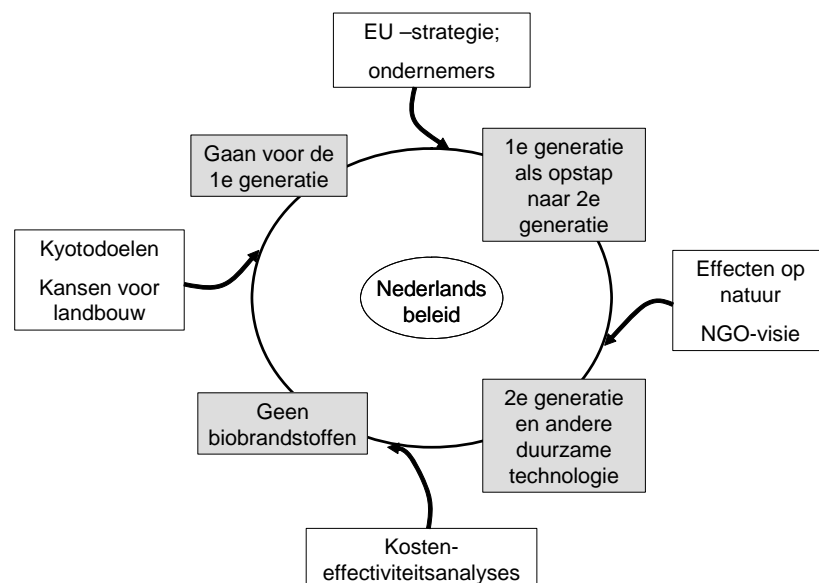
Conclusies over de voortgang van het proces:

1. Het laatste jaar is 'take-off' voor het grootschalig inrichten van een systeem voor vloeibare biobrandstoffen (vooral 1^e generatie) herkenbaar aan het worden. Nederland loopt enigszins achter op Europese koplopers als Duitsland, Frankrijk en Zweden, maar is bezig met een inhaalslag.
2. Op het terrein van de 1^e generatie biodiesel zijn vele, tamelijk kleine ondernemers actief geworden in samenspel met landbouwbedrijven. Recent zijn ook grotere bedrijven als de oliemaatschappijen met concrete plannen gekomen.
3. In de bio-ethanollijn is in de eerste plaats de vervanging van fossiele MTBE (additief in benzine) door met 1^e generatie bio-ethanol gemaakte ETBE snel aan het doorzetten. In Zweden heeft de toepassing van ethanol als E85 voor flexifuel auto's nadrukkelijk vorm gekregen, vooral met geïmporteerd rietsuikerethanol.
4. Het onderzoek naar de 2^e generatie bio-ethanol heeft flinke vorderingen gemaakt met betrekking tot goedkopere enzymen voor de omzetting van cellulose en hogere rendementen bij de fermentatie. Op dit laatste terrein heeft Nederland een hoofdrol gespeeld.
5. Voor investeringen in een ethanolfabriek met nieuwe technologie of in productie van FT-diesel is de situatie ten opzichte van die in 2000 een stuk aantrekkelijker geworden. Een belangrijk criterium is (on-)zekerheid over voldoende aanbod van relatief goedkope biomassa, ook voor eventuele locatiekeuze.
6. Onder invloed van EU-doelstellingen wordt door vele partijen doorzetten van de ingezette groei verwacht, in ieder geval tot 2010. Daarbij kan gezien de huidige geplande en in voorbereiding zijnde activiteiten slechts een bescheiden bijdrage van 2^e generatie technologie worden verwacht.

Conclusies over de invloed van het Nederlandse beleid:

1. De overheid heeft het proces van visievorming met betrokkenheid van andere partijen daarbij duidelijk impulsen gegeven.
2. De visie toont een nadrukkelijke beleidsvoorkeur voor de 2^e generatie. Het feit, dat er geen criteria aan zijn gekoppeld, heeft de invloed hiervan op de ontwikkelingen in de praktijk beperkt gehouden.
3. Nederlandse onderzoekers hebben met financiële ondersteuning van de overheid een relatief grote rol gespeeld bij de ontwikkeling van de 2^e generatie technologie.
4. De inzet van financiële overheidsmiddelen voor activiteiten in de praktijk is lange tijd zeer beperkt gebleven. Recent is er relatief veel geld gegaan in niet-innovatieve technologie. Bij de krachtige impuls van de aangekondigde verplichting is de efficiëntie van de ingezette financiële middelen voor het stimuleren van het transitieproces gering geweest.
5. In sommige andere Europese landen waren de beleidsprykkels (en de landbouwlobby) om biobrandstoffen te produceren en te gebruiken sterker dan in Nederland. Voorzover die ontwikkelingen een belangrijke basis hebben gevormd voor een krachtiger EU-beleid en de huidige take-off lift Nederland nu mee op de successen daarvan.

Er kan worden geconstateerd, dat het overheidsbeleid heeft geworsteld en eigenlijk nog worstelt met vier hoofdkrachten (zie Figuur 6.1).



Figuur 6.1. Krachtenveld rond het Nederlandse beleid

In de eerste plaats is er de impuls van de Kyoto-doelstellingen, waaraan biobrandstoffen eine bijdrage kunnen leveren. Lobbyende landbouwpartijen und ondernemers trachten dat te benutzen. In der zweiten plaats heeft die EU concrete doelstellungen genannt für 2005 und 2010, waarbij men die 1^e generatie ondersteunt als opstap naar die 2^e generatie. Große bedrijven betonen auch das belang von 2^e generatie technologie. In der dritten plaats sind er NGO's und Wissenschaftler, die auf basis von integrale effectanalyses angeben, dass er für die 1^e generatie biobrandstoffen maar een zeer beperkt effect op broeikasgasemissionen kann werden erwartet und durch den landgebrauch die ökologische balance negativ kann werden. Die

constatering zet sommigen onder druk om alternatieven te zoeken. Tenslotte zijn er de traditionele kosten-baten analyses van maatregelen, waarmee biobrandstoffen niet als voor de hand liggende maatregelen naar voren komen (ook duurder dan bij- of meestoken van biomassa in centrales). Dit leidt eerder tot de conclusie er voorlopig niet aan te beginnen. Het Nederlandse overheidsbeleid kan in deze als een compromis worden gezien, maar kent onder invloed van die verschillende krachten een minder heldere, minder consistente lijn.

Conclusies over de systeemoptie in het licht van het brede transitieproces

De systeemoptie biobrandstoffen is de eerste, die in het kader van de evaluatie van transitieprocessen wordt beschouwd. Dat betekent dat er onvoldoende inzicht in de ontwikkelingen rond andere systeemopties bestaat om een goed oordeel te vellen over het proces als geheel. Dat proces behelst het creëren van diversiteit in nieuwe opties, maar ook het selecteren van de meest kansrijke opties.

De volgende conclusie kan wel worden getrokken:

Er zijn voor biomassa naast inzet voor vloeibare biobrandstoffen nog diverse andere bestaande en mogelijke nieuwe toepassingen. Gezien de beperkte beschikbaarheid van biomassa is hiervoor een verder uitgewerkte overkoepelende visie nodig.

Daarnaast kan worden geconstateerd dat de ontwikkelingen met vloeibare biobrandstoffen en dan vooral met de 1^e generatie zo snel verlopen, dat het risico van een nieuwe lock-in (gevestigde belangen, die een weerstandsfactor vormen tegen verandering) en minder kansen voor andere systeemopties aanwezig zijn. Een analyse over meer systeemopties heen is daarvoor van belang.

Literatuur

- AEA Technology (2003). International resource costs of biodiesel and bioethanol, Commissioned by the UK Department for Transport, February 2003.
- ANL (2005). Argonne National Laboratory, Ethanol study (M. Wang) (april 2006 op www.ncga.com/public_policy/PDF/03_28_05ArgonneNatLabEthanolStudy.pdf).
- Annevelink, E. et al. (2006). Quick scan kansen op het gebied van biobrandstoffen; met nadruk op de agro-sector, Agrotechnology & Food Innovations B.V. Wageningen UR, Rapport 619, februari 2006.
- Bakkenes, M., J.R.M. Alkemade, F. Ihle, R. Leemans, J.B. Latour (2002). Assessing effects of forecasted climate change on the diversity and distribution of European higher plants for 2050. *Global Change Biology* 8, 390-407.
- Biofuelmarkets Energy Conference 2006 (2006). Presentations on www.greenpowerconferences.com/events/Presentations.htm, Brussels, 16th and 17th February 2006.
- Brink, ten B.J.E., A. van Hensberg, M. de Heer, D.C.J. van der Hoek, B. de Knecht, O.M. Knol, W. Ligtoet, R. Rosenboom, M.J.S.M. Reijnen (2002). Technisch ontwerp Natuurwaarde 1.0 en toepassing in Natuurverkenning 2, RIVM-rapport 408657007.
- Brink, ten B.J. E. et al. (2006). Cross-roads of Planet Earth's Life, Exploring means to meet the 2010-biodiversity target for GBO 2, chapter solution-oriented scenarios. MNP-report 555050001.
- Carvalho Macedo (2003). Greenhouse Gas (GHG) emissions in the production and use of ethanol in Brazil: present situation (2002), December 2003.
- Croezen, H.J. en B.E. Kampman (2005). Duurzame transitie met HTU, Een verkenning van de score van het HTU-proces op duurzaamheidsaspecten, CE in opdracht van Biofuel B.V., publicatienummer 05.4715.04, Delft, april 2005.
- Dossier Biobrandstoffen VROM, www.vrom.nl/pagina.html?id=20929
- EC (2005). Commission Staff Document, annex to the Communication from the Commission, Biomass Action Plan, Impact Assessment SEC (2005) 1573.
- ECN/KEMA (2005). Inzet van bio-olie in zelfstandige kleinschalige installaties voor de opwekking van elektriciteit; Aanvulling op rapport ECN-C-05-016, Rapport ECN-C—05-096, oktober 2005.
- Euler H. en D. Gorriz (2004). Case study "Jatropha Curcas", Report for Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.
- EuroObserv'ER (2005). Biofuels barometer.

EZ (2003a). Actieplan biomassa, Samenwerken aan bioenergie, Ministerie van Economische Zaken, publicatienummer 03ME22.

EZ (2003b). Biomassa 2040, De groene motor voor de Nederlandse kenniseconomie, Visie op biomassa, Ministerie van Economische zaken, Publicatienummer 03|37.

EZ (2005). Nu voor later, Energierapport 2005.

GAVE (2003). Ligno Cellulosic Ethanol, A second opinion, Report 2GAVE-02-11, Urecht, May 2003

Hamelinck, C.N. et al. (2003a). Production of FT transportation fuels from biomass: technical options, process analysis and optimization, and development potential, Universiteit Utrecht/ECN, March 2003.

Hamelinck, C.N. et al. (2003b). Prospects for ethanol from lignocelulosic biomass: techno-economic performance as development progresses, Universiteit Utrecht, November 2003.

Hoofdproductschap Akkerbouw en Rabobank (2004). Factbook Biobrandstoffen, juni 2004.

Jansen, J.P. et al. (2002). Large-scale production of biofuels through biomass (co-)gasification and Fischer-Tropsch synthesis, TNO-MEP en SASOL commissioned by NOVEM/GAVE, TNO-report R 2002/406, Apeldoorn, August 2002.

JRC (2003). Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context, Well-to-tank report, Joint Research Centre of the European Commission/EUCAR /CONCAWE, Version 1 december 2003.

Kampman, B. E. et al. (2005a). Duurzaamheid van de bio-ethanol transitie, Verkenning van de duurzaamheid van het Nr. One transitiepad, Delft, CE in opdracht van Nedalco b.v., publicatienummer 05.8742.01, Delft, januari 2005.

Kampman, B. E. et al. (2005b). Biofuels under development, An analysis of currently available and future biofuels, and a comparison with biomass application in other sectors. CE commissioned by VNPI, Publication number 05.4894.11, Delft, May 2005.

Kerssen, M en R.H. Beerens (2004), Life cycle analysis of the HTU process, TNO-MEP, Apeldoorn, 2004.

Kets A., I. de Keizer, G.J. Schaeffer, R.Wit (2003). Korte inventarisatie biomassavisies door ECN/EC), rapport ECN-C-03-052.

Koonin, S.E. (2006). Getting serious about Biofuels. In Science vol.311. no. 5760. p 435, 27 January 2006.

Koppejan, J. en P.D.M. de Boer-Meulman, (2005), De verwachte beschikbaarheid van biomassa in 2010, TNO Industrie en Techniek in opdracht van SenterNovem, 2DEN05.16, Apeldoorn, oktober 2005.

Leemans, R. en Eickhout, B. (2004). Another reason for concern regional and global impact of ecosystems for different levels of climate change. *Global Environmental Change Part A* 14, 219-228.

LTO Nederland (2005). Reactie op de Miljoenennota 2006, LYOO.05.0185/0

Mirabella W. (2006). Bio-ethers: an Aid to EU Bio-ethanol Development, Presentation on Biofuels Markets Conference Brussels, February 2006.

MNP-RIVM (2004). Kwaliteit en toekomst, Verkenning van duurzaamheid. RIVM rapport 500013009, ISBN 90-12-10714-8.

NOVEM/GAVE (2003). Biofuels in the Dutch market: a fact-finding study, Report 2GAVE03.12, Ecofys in opdracht van NOVEM/GAVE, Utrecht, november 2003.

PCRA (2006). van website: www.pcr.org (datum april 2006) Petroleum Conservation Research Association, India.

PGG (2005).

www.senternovem.nl/energietransitie/actueel/platform_groene_grondstoffen_stelt_visie_en_transitiepaden_vast.asp

Price Waterhouse Cooper (2005). Biofuels and other renewable fuels for transport. A study commissioned by the Federal Public Service of Public Health Food Chain Safety and Environment, Brussels, Belgium.

Rabou, L.P.L.M et al.(2006). Biomassa in de Nederlandse energiehuishouding in 2030, ECN en Wageningen UR in opdracht van het Platform Groene Grondstoffen.

Rahkamo, K. (2006). Neste Oil; Presentation on Biofuels Markets Conference Brussels, February 2006.

Reith, J.H. et al. (2002). Co-production of bio-ethanol, electricity and heat from biomass residues, ECN, Nedalco, ATO, TU Delft, ECN-RX—02-030, Petten, July 2002.

Ros J., J. Farla, J. Montfoort, D. Nagelhout, M. Reudink, G. Rood, H. van Zeijts (2006). Evaluatiemethodiek voor NMP-4 transitie, MNP-rapport 500083001.

RoyalNedalco (2003), Nr. One: Transitie Bio-ethanol.

Schrimppf, E. (2003). Biodiesel oder Pflanzenöl, Zur Frage nach der besseren Treibstoffstrategie, www.energienetz.de..

SenterNovem/GAVE (2005). Op (de) weg met pure plantenzie? , CE in opdracht van SenterNovem, Report 2 GAVE-05.05, Utrecht, juni 2005.

Slingerland S. en P. van der Wielen (2005). Biologische landbouw en koolstofvastlegging; Analyse van claims van een Amerikaans veldonderzoek, CE, Delft, oktober 2005.

Suurs, R.A.A. en M.P. Hekkert (2005). Naar een methode voor het evalueren van transitieprojecten, Functies van innovatiesystemen toegepast op 'Biobrandstoffen Nederland', Universiteit Utrecht in opdracht van MNP, Utrecht, september 2005.

Thuijl, E. van (2002). Grootschalige toepassing van biobrandstoffen in wegvoertuigen, Een transitie naar emissiearm vervoer in Nederland, ECN-I-02-008, Petten, Augustus 2002.

Thuijl, E. van et al. (2003). An overview of biofuel technologies, markets and policies in Europe, ECN-C-03-008, Petten.

Thuijl, E. van et al. (2005). Alternatieve brandstoffen voor transport, Achtergrondstudie voor Welvaart en Leefomgeving (WLO), ECN-CX—04-073 vertrouwelijk, Petten.

Vleeshouwers, L.M. en A. Verhagen (2002). Carbon emission and sequestration by agricultural land use: a model study for Europe, *Global Change Biology* 8, 519-530.

VROM (2004). Beleidsnota verkeersemissies.

VROM (2006). Beleidsbrief biobrandstoffen.

WWF (2006). WWF and the EU-biofuels communication (February 2006).