

GROOTSCHALIGE TOEPASSING VAN BIOBRANDSTOFFEN IN WEGVOERTUIGEN

Een transitie naar emissiearm vervoer in Nederland

E. van Thuijl

Verantwoording

Dit rapport is geschreven in het kader van mijn afstudeerproject voor de opleiding Techniek en Maatschappij, faculteit Technologie Management, aan de Technische Universiteit Eindhoven. Ik heb mijn onderzoek uitgevoerd bij Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN), afdeling Beleidsstudies, te Amsterdam van juli 2001 tot en met maart 2002. De begeleidingscommissie bestond uit Mr.dr.s. E.F. Clarkson en Prof.ir. C. Daey Ouwens, beide van de Technische Universiteit Eindhoven, en Ir. T.J. de Lange van ECN.

Ik wil graag de volgende personen bedanken voor hun medewerking:

Mijn begeleiders, mijn collega's bij Beleidsstudies en in het bijzonder Pieter Kroon, Gerrit Jan Schaeffer en het secretariaat, Gezina Atzema (Ministerie van LNV), Rik Baert (Technische Universiteit Eindhoven), André Faaij (Universiteit Utrecht), Frank Geels (Universiteit Twente), Eric van den Heuvel (Novem), Andreas Nowak en Marcello Rigutto (Shell), Paul Poppink (Transport & Logistiek Nederland), Sible Schöne (Wereld Natuur Fonds) en Herman den Uil (ECN Biomassa).

Abstract

This report studies the large scale application of biofuels in road vehicles in the Netherlands. As a result of the large emission of CO₂ from road traffic and the lack of prospects for substantial reduction as long as energy demand is still increasing and fossil fuels are mainly used to meet this demand, a substitute for conventional gasoline and diesel is needed. Biofuels have a considerable potential for reduction of CO₂ emission by road vehicles because they are produced from biomass, a renewable energy source.

In order to achieve a transition towards large-scale use of biofuels, efforts need to be made by companies, public authorities, societal groups, user groups and other organisations involved. They may be the driving or opposing forces to this transformation of the current regime. In this report the opportunities and barriers to this change are identified within the long-term perspective of a transition towards sustainable energy supply and transport. Based on this analysis, policy recommendations are provided on how to overcome these barriers and how to mobilise the parties involved towards the large-scale application of biofuels in the Netherlands.

INHOUD

SAMENVATTING	5
1. INLEIDING	7
1.1 Aanleiding van het onderzoek	7
1.2 Doel- en probleemstelling	8
1.2.1 De doelstelling	8
1.2.2 De probleemstelling	8
1.3 Opzet van het verslag	9
2. BIOBRANDSTOFFEN: OPLOSSING VOOR DE VERKEER- EN VERVOERSECTOR	10
2.1 Probleemschets	10
2.1.1 Het huidige energiegebruik en de CO ₂ -uitstoot van de verkeer- en vervoerssector	10
2.1.2 Ontwikkelingen in mobiliteit, energiegebruik en CO ₂ -emissie	11
2.1.3 Afhankelijkheid van olie-import	13
2.1.4 Conclusie	14
2.2 Biobrandstoffen als oplossing	15
2.2.1 Definitie van biomassa en soorten gewassen	15
2.2.2 Conversietechnologieën en biobrandstoffen	16
2.2.3 Vergelijking van biobrandstoffen	18
2.2.4 Conclusies	21
3. THEORETISCH KADER EN ONDERZOEKSOPZET	22
3.1 Inleiding	22
3.2 Transitie en transitiebeleid	23
3.2.1 Het transitieconcept	23
3.2.2 Meerdere domeinen en meerdere niveaus	23
3.2.3 Interactie tussen de verschillende niveaus	25
3.2.4 Transitiebeleid	26
3.3 Onderzoeksopzet	28
3.3.1 Algemene onderzoeksopzet	28
3.3.2 Methode van beschrijving en vergelijking van regimes	29
3.3.3 Methoden van dataverzameling voor de beschrijving van regimes	32
4. HET HUIDIGE REGIME EN HET EINDBEELD	34
4.1 Druk op het huidige regime	34
4.2 Een eindbeeld van Nederland in 2030	35
4.3 Uitgangspunten voor de invulling van het eindbeeld aan de hand van regimedimensies	37
4.3.1 Grootschalige toepassing en op welke termijn?	38
4.3.2 De ontwerprichtlijnen van de Europese Commissie ter bevordering van biobrandstoffen	38
4.4 Vergelijking van het huidige regime en het eindbeeld	40
4.4.1 Exploratie en productie van de grondstof	40
4.4.2 Productie en distributie van motorbrandstoffen	41
4.4.3 Eindgebruik in voertuigen	43
4.5 Conclusies ten aanzien van transitiekenmerken en kansen en barrières	44
4.5.1 Transitiekenmerken	44
4.5.2 Kansen en barrières	44
4.6 Het krachtenveld van actoren	46
4.6.1 Producenten	46
4.6.2 Leveranciers	48
4.6.3 Onderzoeksnetwerk	48

4.6.4	Overheid	49
4.6.5	Gebruikers	50
4.6.6	Natuur- en milieuorganisaties	51
5.	INTRODUCTIESCENARIO'S (2002-2010)	53
5.1	Inleiding	53
5.2	Beschrijving van de introductiescenario's	53
5.2.1	Het aandeel biobrandstoffen in Nederland	53
5.2.2	Parameterkeuze voor de scenario's	54
5.3	Resultaten van de berekeningen voor de introductiescenario's	58
5.3.1	Biobrandstofproducenten	58
5.3.2	Land- en bosbouwbedrijven	61
5.3.3	Autoproducenten	62
5.3.4	Eindgebruikers	63
5.3.5	De overheid	67
6.	TRANSITIEPADEN (2010-2030)	69
6.1	Financiële analyse van investeringen in conversiesystemen	69
6.1.1	Beschrijving van de conversiesystemen en data	69
6.1.2	Analyse van de conversiesystemen	71
6.1.3	Gevoeligheidsanalyses	71
6.1.4	Bestaande financiële ondersteuningsregelingen	73
6.2	Transitiebeleid	74
6.2.1	Lange termijn denken als afwegingskader voor korte termijn beleid	75
6.2.2	Openhouden van een breed scala aan technologische opties	75
6.2.3	Denken in termen van meerdere domeinen, actoren en schaalniveaus	77
6.2.4	Sturen op leerprocessen	77
6.2.5	Inzetten op vernieuwing en verbetering	77
7.	CONCLUSIES EN BELEIDSAANBEVELINGEN	78
7.1	Conclusies: kansen en barrières	78
7.2	Aanbevelingen voor overheidsbeleid	79
7.2.1	Mobiliseren van actoren	79
7.2.2	Transitie naar emissiearm vervoer	81
7.3	Suggesties voor verder onderzoek	83
8.	REFERENTIES	84
8.1	Literatuur	84
8.2	Internetbronnen	88
BIJLAGE A	DE BIJDRAGE VAN BIOBRANDSTOFFEN AAN REDUCTIE VAN EMISSIES VAN SO ₂ EN NO _x	90
BIJLAGE B	EIGENSCHAPPEN VAN BIOBRANDSTOFFEN EN VEREISTE AANPASSINGEN	92
BIJLAGE C	BESCHRIJVING VAN HET HUIDIGE REGIME	94
BIJLAGE D	VRAGENLIJST INTERVIEWS VOOR BESCHRIJVING EINDBEELD	111
BIJLAGE E	BESCHRIJVING VAN HET EINDBEELD	114
BIJLAGE F	DE BESCHIKBAARHEID VAN LAND VOOR EN DE IMPORT VAN BIOMASSA	124
BIJLAGE G	BIJLAGE BIJ DE BEREKENINGEN VOOR DE INTRODUCTIESCENARIO'S	126
BIJLAGE H	BIJLAGE BIJ FINANCIËLE ANALYSE VAN CONVERSIESYSTEMEN	129

SAMENVATTING

De huidige verkeer- en vervoerssector heeft een onduurzaam karakter. Om de klimaatverandering als gevolg van de uitstoot van broeikasgassen enigszins in de hand te kunnen houden, is een drastische reductie van CO₂-emissies door het wegverkeer noodzakelijk. Dit zal echter niet bereikt kunnen worden zolang men fossiele motorbrandstoffen blijft gebruiken in wegvoertuigen, omdat verbranding hiervan altijd gepaard gaat met emissie van CO₂. Verwacht wordt dat het energiegebruik en de emissie van CO₂ van het wegverkeer de komende dertig jaar sterk zullen toenemen. Een ander probleem dat samenhangt met de stijgende vraag naar motorbrandstoffen is de toenemende afhankelijkheid van Nederland van olie-importen (uit OPEC-landen), waardoor de voorzieningszekerheid in gevaar kan komen.

Uit biomassa geproduceerde brandstoffen (biobrandstoffen) hebben een aanzienlijk potentieel om de CO₂-emissie van het wegverkeer, de verwijdering van fossiele olie en de afhankelijkheid van olie-import te verminderen, wanneer zij toegepast worden als (gedeeltelijke) vervangers van benzine en diesel.

In dit onderzoek wordt gekeken naar welke kansen en barrières er zijn voor de overgang naar grootschalige toepassing van biobrandstoffen in wegvoertuigen in Nederland en op welke wijze beleid op nationaal en Europees niveau kan bijdragen aan het benutten van deze kansen en het voorkomen of (deels) wegnemen van deze barrières. Dit moet passen binnen een bredere ontwikkeling, namelijk de overgang naar een emissiearme energievoorziening en een duurzame maatschappij.

Biobrandstoffen worden ‘klimaatneutraal’ genoemd, omdat deze geproduceerd worden uit plantaardige materialen, die deel uitmaken van de korte koolstofcyclus. Deze gewassen nemen tijdens hun levensduur CO₂ op, welke weer terugkomt in de atmosfeer als ze worden omgezet in energie. Hierdoor wordt over de hele productieketen bekeken (‘well-to-wheel’) veel minder CO₂ uitgestoten vergeleken met fossiele benzine en diesel.

Momenteel worden ethanol op basis van voedselgewassen en biodiesel geproduceerd uit koolzaad al commercieel toegepast. Deze zullen op den duur waarschijnlijk vervangen worden door ‘nieuwe’ biobrandstoffen, die vanuit economisch en milieuoogpunt aantrekkelijker zijn. Voor geen van deze is reeds een volledige keten van productie van biomassa tot en met eindgebruik in voertuigen commercieel beschikbaar. De marktintroductie van de biobrandstofconversietechnologie zal nog enige jaren op zich laten wachten, waardoor ethanol en biodiesel waarschijnlijk de belangrijkste biobrandstoffen zullen blijven tot 2010. Van de ‘nieuwe’ biobrandstoffen is ethanol op basis van lignocellulose houdende gewassen (SSF of CBP technologie) de meest aantrekkelijke optie als vervanger van benzine. Fischer-Tropsch diesel en DME zijn de meest geschikte dieselsubstituten.

Belangrijk voor het in gang zetten van een overgang naar grootschalige toepassing van biobrandstoffen is dat de huidige situatie, waarin fossiele benzine en diesel de belangrijkste motorbrandstoffen zijn, onder druk wordt gezet. De drukkrachten op dit huidige ‘regime’ zijn het groeiende besef van het onduurzame karakter van de verkeer- en vervoerssector, de toenemende afhankelijkheid van olie-import en de ontwikkeling van alternatieve vervoerssystemen, aandrijftechnologieën en brandstoffen in niches. Het huidige regime is moeilijk te veranderen, omdat de actoren die hierin een rol spelen veelal sterk gericht zijn op het in stand houden van de bestaande situatie vanwege bepaalde gevestigde belangen die zij hierin hebben.

Om uit te komen bij een toekomstige situatie, waarin biobrandstoffen grootschalig worden toegepast (20% van de motorbrandstoffenmarkt in 2030), is een aantal veranderingen nodig. De

belangrijkste veranderingen treden op in het eerste deel van de productieketen (de productie van biomassa in plaats van oliewinning). Naarmate men verder in de keten komt, blijft het huidige regime meer gehandhaafd.

De belangrijkste barrières voor de overgang naar grootschalige toepassing van biobrandstoffen hebben betrekking op opbouw van kennis, ontwikkeling van technologie, aanpassing van de infrastructuur, ontwikkeling van een marktvraag, vorming van een sociaal netwerk, de beschikbaarheid van biomassa voor biobrandstofproductie en maatschappelijk draagvlak voor grootschalige biomassateelt. De betrokken actoren zullen gemobiliseerd moeten worden door middel van overheidsbeleid om deze barrières te overwinnen.

Dit leidt tot de volgende beleidsaanbevelingen aan de overheid:

Tabel S.1 *Overzicht van beleidsaanbevelingen aan de overheid: mobiliseren van actoren*

Actoren	Hoe mobiliseren	Mogelijke beleidsmaatregelen
Brandstof-producenten	Stimuleren van een marktvraag naar biobrandstoffen	- Verplicht stellen van een minimum aandeel biobrandstoffen op de Nederlandse brandstoffenmarkt - CO₂-emissienormen stellen aan wegvoertuigen (Europees beleid) - Aanpassing van het accijnsstelsel ten gunste van biobrandstoffen
	Investeren in conversie-installaties aantrekkelijker maken	- Toekennen meerprijs/subsidie op 'groene' elektriciteit - Toekennen meerprijs/subsidie op biobrandstoffen - Verlenen van subsidies op onderdelen van de installatie
Autoproducenten	Stimuleren van een marktvraag naar biobrandstofvoertuigen	- Verlenen van subsidies en/of fiscale voordelen aan kopers van speciale voertuigen
Land- en bosbouw	Teelt van energiegewassen aantrekkelijker maken	- Hervorming van het huidige Europese landbouwbeleid
Eindgebruikers	Aanschaf van biobrandstoffen aantrekkelijk maken	- Aanpassing van het accijnsstelsel ten gunste van biobrandstoffen
	Aanschaf van biobrandstof-voertuigen aantrekkelijk maken	- Verlenen van subsidies en/of fiscale voordelen aan kopers van speciale voertuigen
	Positieve publieke opinie creëren ten aanzien van biomassateelt en gebruik van biobrandstoffen	- Informeren over ontwikkelingen - Eisen stellen aan productiewijze van biomassa en biobrandstoffen (certificering)
		- Informeren over ontwikkelingen - Eisen stellen aan productiewijze van biomassa en biobrandstoffen (certificering)
Natuur- en milieu-organisaties	Positieve opinie creëren ten aanzien van biomassateelt en gebruik van biobrandstoffen	- Informeren over ontwikkelingen - Eisen stellen aan productiewijze van biomassa en biobrandstoffen (certificering)
Alle actoren	Stimuleren tot samenwerking en overleg	- Netwerkbijeenkomsten e.d.

Toepassing van biobrandstoffen moet een bijdrage leveren aan een transitie naar een emissiearme verkeer- en vervoerssector in Nederland op lange termijn. Vanuit het oogpunt van een dergelijke transitie moet de overheid inzetten op:

- Een breed scala aan technologische opties: de invulling van de brandstofmix aan marktpartijen overlaten, maar wel randvoorwaarden stellen.
- 'Nieuwe' biobrandstoffen en minder op conventionele biobrandstoffen, die als overgangsbio-brandstoffen worden beschouwd.
- Pure toepassing van biobrandstoffen in niches én grootschalige bijmenging

1. INLEIDING

1.1 Aanleiding van het onderzoek

De afgelopen 25 jaar is er in het milieubeleid steeds meer aandacht besteed aan duurzame ontwikkeling, naar aanleiding van onder andere het rapport 'Our Common Future' van de Commissie-Brundtland in 1987. Duurzame ontwikkeling wordt beschouwd als een proces waarbij zodanige sociaal-economische, institutionele en technologische veranderingen plaatsvinden, dat zowel huidige als toekomstige generaties zo goed mogelijk in hun behoeften kunnen voorzien¹. Dit betekent dat de invulling van functies binnen onze maatschappij, waarbij een beroep wordt gedaan op het milieu, niet mag leiden tot milieuproblemen zoals klimaatverandering, verzuring, verwijdering (van niet-hernieuwbare natuurlijke hulpbronnen) en verstoring².

Uitgaande van bovenstaande omschrijving, wordt duidelijk dat de huidige verkeer- en vervoerssector in Nederland een onduurzaam karakter heeft. Door het grote aantal voertuigen op de Nederlandse wegen en het grote aantal kilometers dat deze voertuigen gezamenlijk afleggen, brengt deze sector allerlei problemen met zich mee, zoals congestie, ruimtebeslag, verkeersonveiligheid en geluidsoverlast. Aangezien de sector bijna volledig gebaseerd is op motorbrandstoffen geproduceerd uit fossiele olie, levert deze ook een aanzienlijke bijdrage aan de verwijdering van niet-hernieuwbare natuurlijke hulpbronnen, verandering van het klimaat door uitstoot van broeikasgassen en verzuring en verontreiniging door uitstoot van andere schadelijke emissies.

Door middel van verschillende beleidsmaatregelen probeert de Nederlandse overheid de milieubelasting ten gevolge van verkeer en vervoer te reduceren, zoals maatregelen die moeten leiden tot een vermindering van de personenmobiliteit en het goederenvervoer. Voorbeelden hiervan zijn kilometerheffingen, verhoging van de brandstofprijzen (door verhoging van de accijns) en fiscale maatregelen ten aanzien van het zakelijk autogebruik. Ook probeert de overheid het energiegebruik van wegvoertuigen en de uitstoot van schadelijke emissies te verlagen door stimulering van aankoop van zuinigere auto's (bijvoorbeeld door middel van energie-etikettering voor personenauto's), bevordering van het gebruik van motorbrandstoffen met een laag zwavelgehalte en (mogelijk in de toekomst) verlaging van de maximumsnelheden. Verwacht wordt dat hierdoor auto's zuiniger en emissies van NO_x en SO₂ gereduceerd zullen worden. Ook zullen de korte-termijn CO₂-reductiedoelstellingen, zoals de afspraken van het Kyoto-protocol uit 1997, hiermee waarschijnlijk gehaald kunnen worden. Echter, om de klimaatverandering als gevolg van de uitstoot van broeikasgassen enigszins in de hand te kunnen houden, is een drastische reductie van CO₂-emissies op lange termijn noodzakelijk³. De verkeer- en vervoerssector zal hieraan geen evenredige bijdrage kunnen leveren zolang deze gebruik maakt van motorbrandstoffen uit fossiele olie, omdat verbranding hiervan altijd gepaard gaat met emissie van CO₂. Momenteel bedraagt het aandeel van verkeer en vervoer in Nederland ongeveer 20% van de totale emissie van CO₂. Wereldwijd vormt deze sector de grootste groeifactor met betrekking tot CO₂-emissies, omdat de mobiliteit de komende decennia sterk zal blijven toenemen (ECN, 1998 en 2001).

¹ Gebaseerd op de definitie van duurzame ontwikkeling in het rapport 'Our Common Future' van WCED in 1987 (internetbron 50).

² Gebaseerd op de lijst met acht milieuthema's in het Nationaal Milieu Beleidsplan in 1989 (Internetbron 50).

³ Verschillende bronnen noemen een noodzakelijke reductie op lange termijn (2050) van 50-80% ten opzichte van 1990 op mondiale schaal om de hoeveelheid CO₂ in de atmosfeer op een 'veilig' niveau te houden, zodat geen onnatuurlijke veranderingen in het wereldklimaat zullen optreden (COOL, 2000; Van Hilten, 2000; Novem, 2000a, 2000g; Ministerie van VROM, 2001).

Voor problemen zoals uitputting van fossiele energiedragers en uitstoot van schadelijke emissies ligt ook een groot deel van de verantwoordelijkheid bij de elektriciteitssector. Deze werkt aan een toenemend aandeel van duurzame (hernieuwbare) energiebronnen in de brandstofmix om deze problemen het hoofd te bieden. Afnemers hebben de mogelijkheid om te kiezen tussen conventionele en 'groene' elektriciteit. Er bestaat momenteel nog geen keuze tussen conventionele en 'groene' transportbrandstoffen.

Uit de resultaten van de eerste fase van het GAVE-programma (GAsvormige en Vloeibare Energiedragers) van Novem is gebleken dat klimaatneutrale brandstoffen, geproduceerd uit biomassa, een aanzienlijk CO₂-emissiereductiepotentieel hebben als (gedeeltelijke) vervanger van benzine en diesel in onder andere auto's en vrachtwagens. Volgens de resultaten van GAVE kan toepassing van deze biobrandstoffen in de verkeer- en vervoerssector op lange termijn de emissie van CO₂ met maximaal 40 miljoen ton verminderen⁴ en hiermee een aanzienlijke bijdrage leveren aan het bereiken van (lange-termijn) emissiereductiedoelstellingen.

1.2 Doel- en probleemstelling

1.2.1 De doelstelling

De doelstelling van dit afstudeeronderzoek is inzicht verschaffen in de kansen en barrières voor grootschalige toepassing van biobrandstoffen in wegvoertuigen⁵ in Nederland. Hierop voortbouwend, wil het onderzoek een bijdrage leveren aan ontwikkeling van beleid op nationaal en Europees niveau om de barrières te voorkomen of (deels) weg te nemen en kansen te benutten.

1.2.2 De probleemstelling

De probleemstelling van dit onderzoek is:

Welke kansen en barrières⁶ zijn er voor de overgang naar grootschalige toepassing van biobrandstoffen in wegvoertuigen in Nederland en op welke wijze kan beleid op nationaal en Europees niveau bijdragen aan het benutten van deze kansen en het voorkomen of (deels) wegnemen van deze barrières?

Grootschalige toepassing van biobrandstoffen moet een bijdrage leveren aan duurzame ontwikkeling. Het tot stand brengen van een duurzame energievoorziening is een langzaam verlopend en geleidelijk proces, waarbij rekening gehouden moet worden met ontwikkelingen zoals globalisering van de economie en harmonisatie en liberalisering van (energie)markten en waarbij allerlei technologische alternatieven een rol (kunnen) spelen. Hiervoor is dus een bredere, meer toekomstgerichte visie nodig, wat reeds benadrukt werd in het vierde Nationale Milieu Beleidsplan (NMP4). In dit onderzoek zal de overgang naar grootschalige toepassing van biobrandstoffen dan ook op een dergelijke wijze benaderd worden bij het beantwoorden van de probleemstelling.

⁴ Deze vermeden CO₂-emissie heeft betrekking op substitutie van de totale consumptie van transportbrandstoffen (benzine, diesel en LPG) in Nederland door ethanol (als alleen benzine wordt vervangen is het reductiepotentieel ongeveer 20 miljoen ton CO₂) (Novem, 1999a, 1999b).

⁵ De verkeer- en vervoerssector wordt in dit onderzoek afgebakend naar wegvoertuigen, omdat deze groep het belangrijkste aandeel heeft in het energieverbruik en de emissies van deze sector (zie Hoofdstuk 2).

⁶ Op welke aspecten deze kansen en barrières betrekking kunnen hebben, zal worden aangegeven in Hoofdstuk 3, waarin de theorie en de onderzoeksopzet worden behandeld.

1.3 Opzet van het verslag

In het volgende hoofdstuk zal dieper worden ingegaan op de (milieu)problemen die een grotendeels op fossiele olie gebaseerde verkeer- en vervoerssector met zich meebrengt en de wijze waarop biobrandstoffen een bijdrage kunnen leveren aan de oplossing van deze problemen. Verschillende conversietechnologieën om biobrandstoffen te produceren komen aan bod en de diverse biobrandstoffen worden op een aantal punten met elkaar vergeleken.

De elementen uit de theorie met betrekking tot transities en transitiebeleid die als uitgangspunt dienen voor de analyse in dit onderzoek worden besproken in Hoofdstuk 3. Hierin wordt ook de onderzoeksopzet uiteengezet en uitgewerkt. In Hoofdstuk 4 wordt allereerst bekeken welke krachten de huidige motorbrandstoffenvoorziening onder druk zetten. Vervolgens wordt een toekomstige situatie geschetst waarin biobrandstoffen grootschalig worden toegepast in wegvoertuigen in Nederland. Deze wordt vergeleken met de huidige situatie, op basis waarvan inzicht wordt verkregen in het optreden van transitiekenmerken, de kansen en barrières voor de overgang naar grootschalige toepassing van biobrandstoffen en de positionering van actoren als drijvende krachten of wrijvingskrachten ten aanzien van deze ontwikkeling. In Hoofdstuk 5 wordt ingegaan op de inspanningen die de betrokken actoren op korte termijn zullen moeten verrichten, aan de hand van een drietal introductiescenario's. In het daarop volgende hoofdstuk wordt gekeken naar de inspanningen op langere termijn. Hier wordt aandacht besteed aan de aantrekkelijkheid van biobrandstoffen als investering voor potentiële producenten en de wijze waarop de overheid het overgangsproces kan (bij)sturen door middel van transitiebeleid. In Hoofdstuk 7 volgen de conclusies, beleidsaanbevelingen en suggesties voor verder onderzoek.

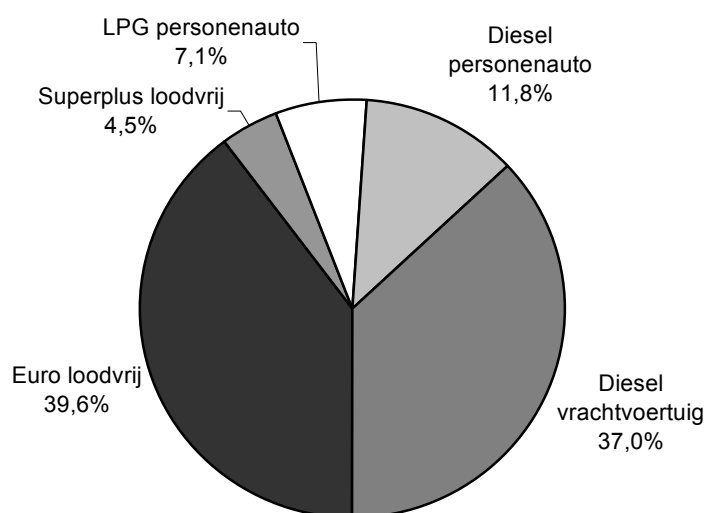
2. BIOBRANDSTOFFEN: OPLOSSING VOOR DE VERKEER- EN VERVOERSECTOR

In de inleiding werd reeds kort aandacht besteed aan de milieubelasting ten gevolge van gebruik van fossiele brandstoffen in de verkeer- en vervoerssector in Nederland. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de huidige stand van zaken en verwachte toekomstige ontwikkelingen van de mobiliteit, het energiegebruik en de CO₂-uitstoot van deze sector in het algemeen en van het wegverkeer in het bijzonder. Ook wordt aandacht besteed aan een bijkomende probleem van een bijna volledig op olie gebaseerde verkeer- en vervoerssector: de toenemende afhankelijkheid van Nederland van olie-import. Vervolgens wordt bekeken hoe biobrandstoffen kunnen bijdragen aan een oplossing voor deze problemen. Verschillende biobrandstofroutes worden besproken en met elkaar vergeleken.

2.1 Probleemschets

2.1.1 Het huidige energiegebruik en de CO₂-uitstoot van de verkeer- en vervoerssector

In 1999 bedroeg het aandeel van de verkeer- en vervoerssector in het totale brandstofgebruik in Nederland ruim 19%. Hiermee heeft deze het grootste aandeel van alle sectoren (ECN, 2001). De verdeling over de verschillende motorbrandstoffen was als volgt in 1999:



Figuur 2.1 Motorbrandstofgebruik in Nederland (1999, totaal 400 PJ)⁷ (ECN, 2001)

Verbranding van deze brandstoffen brengt schadelijke emissies met zich mee⁸. Hier wordt alleen ingegaan op de emissie van het broeikasgas CO₂ (meer informatie over de huidige en toekomstige emissies van SO₂ en NO_x is te vinden in Bijlage A). In 1999 droeg de transportsector

⁷PJ = Petajoule = 10¹⁵ Joule

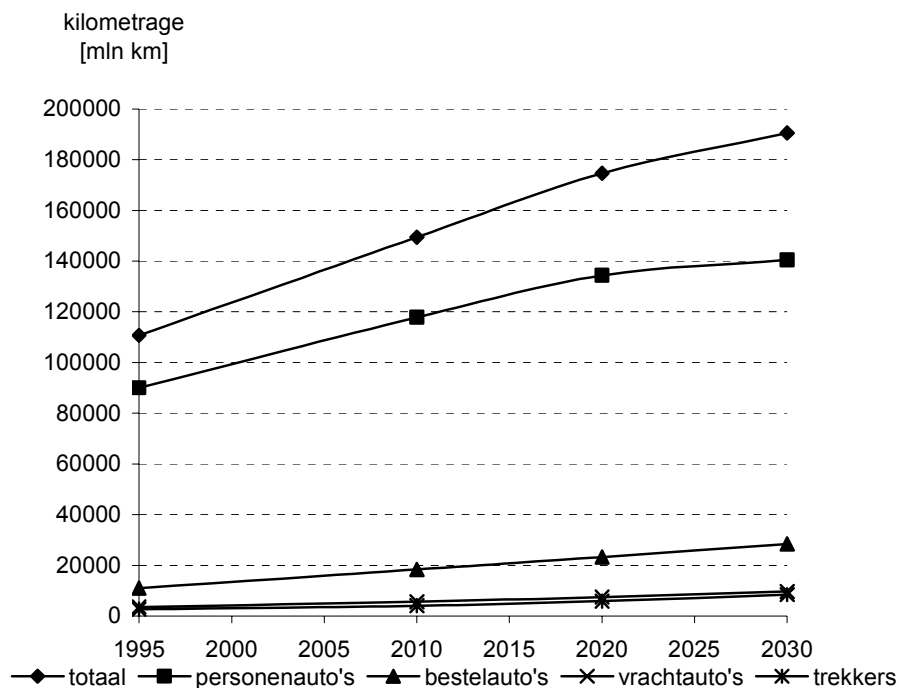
⁸ Dit zijn zwaveldioxide (SO₂), stikstofoxide (NO_x), koolstofdioxide (CO₂), koolstofmonoxide (CO), lachgas (N₂O), vluchtige organische stoffen (VOS) en deeltjes (PM). Andere broeikasgassen dan CO₂, zoals N₂O, worden in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten, omdat CO₂ veruit het grootste aandeel in de totale uitstoot van broeikasgassen heeft (87%). Bovendien wordt verwacht dat de N₂O-uitstoot door het wegverkeer nog verder zal afnemen door toepassing van meer geavanceerde motoren (Novem, 1999a; RIVM 2000; internetbron 44).

20% (34,7 miljoen ton) bij aan de uitstoot van CO₂. Van het aandeel van mobiele bronnen⁹ in de totale CO₂-emissie is 83% toe te rekenen aan het wegverkeer. Ongeveer 65% daarvan wordt veroorzaakt door voertuigen voor personenvervoer (voornamelijk personenauto's) en 34% door voertuigen voor goederenvervoer¹⁰ (ECN, 2001; Internetbron 44).

2.1.2 Ontwikkelingen in mobiliteit, energiegebruik en CO₂-emissie

Voor de komende decennia wordt een sterke toename verwacht van zowel de personenmobiliteit als het goederenvervoer. Deze ontwikkeling wordt beïnvloed door factoren zoals de economische groei, de toenemende scheiding van wonen, winkelen en werken, de bevolkingsgroei, de vergrijzing, de toename van het aantal huishoudens, de stijging van het aantal vrouwen met een betaalde baan en de toenemende globalisering en Europese integratie. (Achterhuis, 1998; CPB, 2000; Ministerie van V&W, 1999).

RIVM heeft in het kader van de vijfde Nationale Milieuverkenning de voertuigkilometrages bepaald tot 2030 in Nederland¹¹. In onderstaande figuur is een prognose weergegeven voor de ontwikkeling van het totale aantal voertuigkilometers van enkele voertuiggroepen, welke de belangrijkste bijdragen leveren aan het totale aantal kilometers van het wegverkeer in Nederland:



Figuur 2.2 Voertuigkilometrages voor een aantal voertuiggroepen (RIVM, 2000)

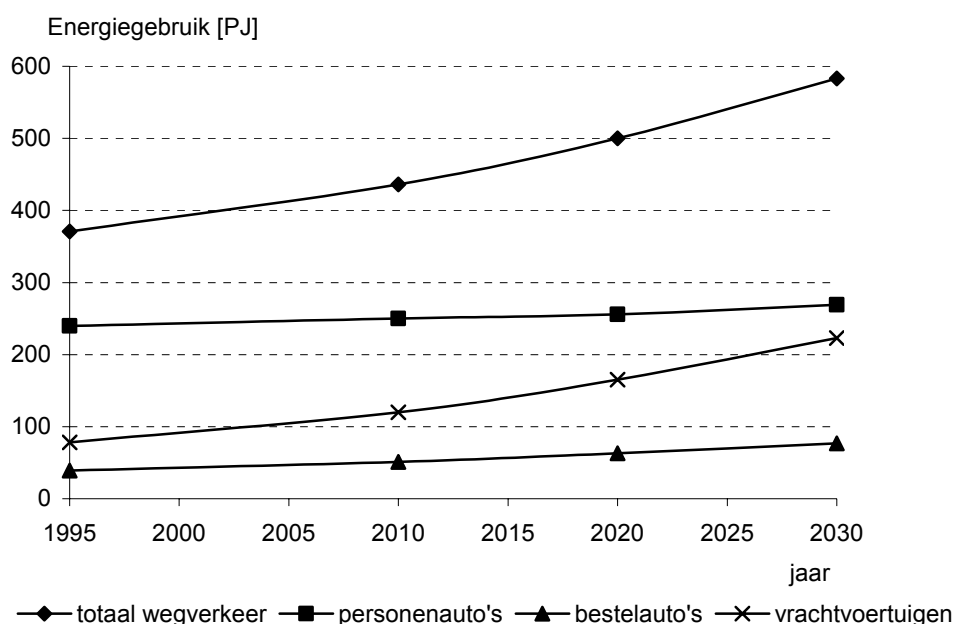
⁹ Het begrip mobiele bronnen omvat wegvoertuigen (personenauto's, bedrijfsvoertuigen, motor- en bromfietsen), treinen, vaartuigen, vliegtuigen en mobiele (landbouw)werktuigen zoals tractoren (internetbron 44).

¹⁰ Alle bovenstaande gegevens zijn gebaseerd op de methode van CBS om de CO₂-emissie te berekenen, namelijk 'de totale actuele emissie in Nederland', zonder temperatuurcorrectie. Hieronder wordt verstaan: de totale emissie ten gevolge van menselijke activiteiten binnen de Nederlandse landsgrenzen (ECN 2001; internetbron 44).

¹¹ RIVM heeft gebruik gemaakt van twee scenario's: 'European Coordination' (EC) en 'Global Competition' (GC). Beide scenario's gaan uit van veel marktwerking, maar bij de EC-variant zijn er meer internationale sturingsmogelijkheden aanwezig dan bij het GC-scenario. Bij het GC-scenario wordt uitgegaan van een economische groei (BBP) van 3,3% per jaar, bij het EC-scenario is dit 2,7% per jaar (Beeldman, 1998; ECN, 1998). De prognoses die in dit hoofdstuk gebruikt worden, zijn gebaseerd op het EC-scenario. In de prognoses van RIVM levert het GC-scenario een sterkere groei op bij de voertuigkilometrages, het energiegebruik en de emissies (RIVM, 2000).

Het totale aantal kilometers van het wegverkeer in Nederland zal de komende decennia met ruim 70% toenemen ten opzichte van 1995. Bij personenauto's is de toename ongeveer 56% ten opzichte van 1995. De grootste groei, bijna een verdrievoudiging ten opzichte van 1995, is te vinden bij de bestelauto's, vrachtauto's en trekkers (RIVM, 2000).

Deze toekomstige ontwikkelingen in personenmobiliteit en goederentransport zorgen voor een sterke groei van het totale energiegebruik van de verkeer- en vervoerssector en de daarmee gepaard gaande uitstoot van CO₂. Figuur 2.3 geeft de ontwikkeling van het energiegebruik weer tot 2030 voor een aantal voertuigcategorieën en voor het wegverkeer als geheel:



Figuur 2.3 *Energiegebruik voor een aantal voertuiggroepen (RIVM, 2000)*

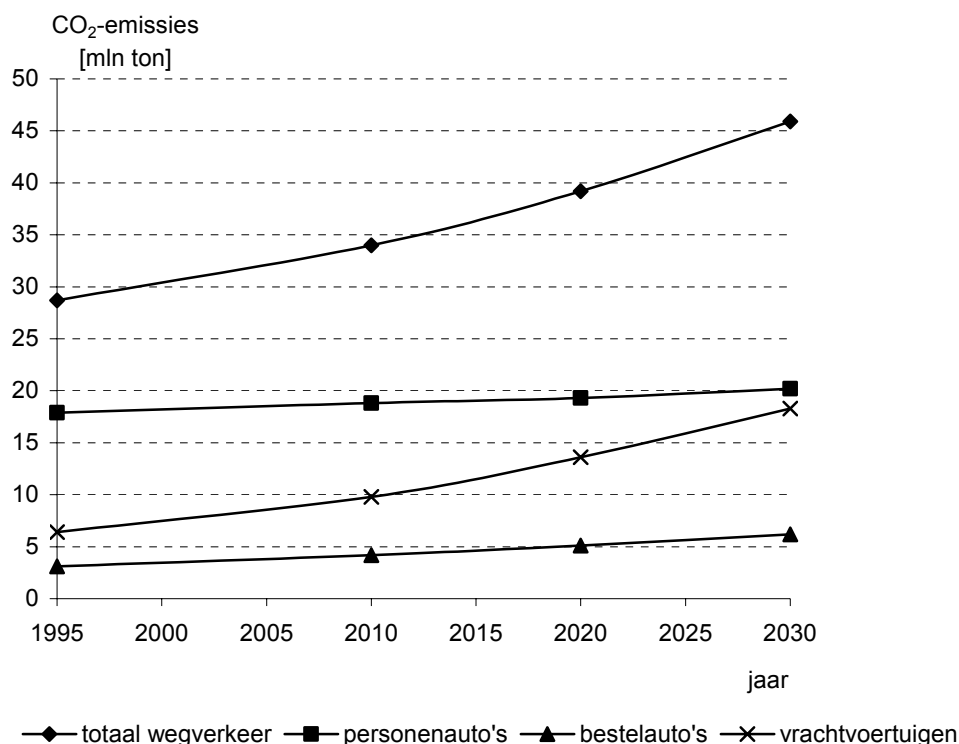
Uit de figuur blijkt dat voor alle belangrijke voertuigcategorieën het energiegebruik de komende 30 jaar zal blijven toenemen. Opvallend is dat ondanks de toename van ruim 50% van het aantal kilometers bij personenauto's het totale energiegebruik van personenauto's maar met 12% toeneemt. Dit komt doordat men sterke toekomstige verbeteringen in de brandstofefficiency verwacht bij nieuwe auto's, zoals toepassing van zuinigere motoren en lichtere materialen. Deze verbeteringen zullen worden doorgevoerd onder andere door het in 1998 gesloten convenant van de Europese Commissie met ACEA, een overkoepelende organisatie van de Europese auto-industrie, over vrijwillige terugdringing van CO₂-emissies bij personenauto's¹².

Een veel sterkere groei in het energiegebruik is te zien bij de categorie vrachtwagens, namelijk bijna een verdrievoudiging van het energiegebruik ten opzichte van 1995 in het jaar 2030. Dit wordt niet alleen veroorzaakt doordat het totale aantal vrachtautokilometers stijgt maar ook doordat de brandstofefficiency van het vrachtwagenpark als geheel nauwelijks verbetert. Dit laatste heeft te maken met een verschuiving naar grotere vrachtwagens, die zich in de afgelopen 15 jaar heeft voorgedaan en die is doorgezet in de prognoses van RIVM. Door een verschuiving naar grotere vrachtauto's is het aantal vrachtautokilometers lager voor een bepaald aantal tonkilometers (een grotere vrachtauto kan immers meer vervoeren). Grotere vrachtwagens hebben echter een hoger energiegebruik per kilometer. Bovendien zijn er door de auto-industrie geen afspraken gemaakt voor verbetering van de energie-efficiency en verlaging van de uitstoot van CO₂ bij vrachtwagens (RIVM, 2000).

¹² Dit ACEA-convenant loopt af in 2008. In het EC-scenario, waarbij sprake is van goede Europese coördinatie, wordt er van uitgegaan dat in de periode 2000-2010 personenauto's snel zuiniger zullen worden ten gevolge van dit convenant. Na 2010 worden geen verdere effecten aan het convenant toegekend (RIVM, 2000).

Het aandeel van de gehele verkeer- en vervoerssector (dus niet alleen het wegverkeer) in het totale finale energiegebruik zal de komende decennia sterk toenemen in Nederland. Bij andere lidstaten van de Europese Unie ziet men deze ontwikkeling ook. Het energiegebruik van de verkeer- en vervoerssector zal het snelst groeien van alle sectoren. Er wordt verwacht dat het aandeel van transport op Europees niveau 42 tot 55% zal bedragen in 2020 en dat de verkeer- en vervoerssector de belangrijkste individuele bijdrage zal leveren aan de groei van de finale energievraag en aan de uitstoot van CO₂ (ATLAS, 1997b; Europese Commissie, 2000).

Bij de prognose voor de emissies van CO₂ veroorzaakt door het wegverkeer zien we een ontwikkeling die vergelijkbaar is met die van het energiegebruik¹³:



Figuur 2.4 CO₂-emissies voor een aantal voertuiggroepen (RIVM, 2000)

Ook hier vindt bij de vrachtvoertuigen een sterke groei plaats. De stijging bij personenauto's is relatief laag, ondanks de grote toename van het aantal kilometers dat door personenauto's afgelegd zal worden in de toekomst. Er wordt verondersteld dat de totale CO₂-emissie van personenauto's tussen 2000 en 2010 min of meer constant zal blijven vanwege het ACEA-convenant. Na 2010 neemt de emissie wel weer toe (RIVM, 2000).

2.1.3 Afhankelijkheid van olie-import

Naast een stijgende uitstoot van CO₂, levert het toenemende energiegebruik van een verkeer- en vervoerssector, die grotendeels gebaseerd is op brandstoffen uit fossiele olie, ook problemen op van een andere aard. Voor deze olie is Nederland namelijk zeer afhankelijk van import. In onderstaande tabel zijn gegevens opgenomen met betrekking tot de import en importafhankelijkheid van Nederland:

¹³ De emissie van CO₂ is hier gebaseerd op de definitie van IPCC. Deze definitie verschilt enigszins van die van het CBS. IPCC past enige kleine correcties toe, zoals de potentiële emissies in de toekomst bij afbraak van plastics (Internetbron 44).

Tabel 2.1 *Oliecijfers voor Nederland*¹⁴ (AER, 1998)

	1975	1980	1985	1990	1993	2000	2010
Productie [mln toe]	1,6	1,6	4,2	4,1	3,4	2	1,2
Import [mln toe]	66,2	80,3	78,9	91,1	89,4	72	77,1
Export [mln toe]	33,7	42,3	54,0	59,8	56,5	37,5	31,9
Bunkers [mln toe]	10,4	9,3	8,7	10,9	11,6	12,2	16,9
Netto Import [mln toe]	22,1	28,7	16,2	20,4	21,3	22,3	28,3
Totale aanvoer [mln toe]	23,7	30,3	20,4	24,5	24,7	24,3	29,5
Import afhankelijkheid [%]	93	95	79	83	86	92	96

Momenteel wordt een groot deel van de in Nederland gebruikte olie geïmporteerd uit OPEC-landen (ongeveer 38% in 2000). Overige leveranciers zijn het Verenigd Koninkrijk, Noorwegen en Rusland. Men verwacht dat Nederland in 2010 voor 96% afhankelijk zal zijn van import, omdat de eigen productie op de Noordzee zal afnemen, terwijl de vraag blijft toenemen.

Nederland zal, evenals andere olie-importerende landen, waarschijnlijk in de toekomst afhankelijker zal worden van olie-import uit het Midden-Oosten. Daar bevinden zich de landen met de grootste bewezen olievoorraden (64% van de bewezen wereldvoorraden). Het Midden-Oosten produceert momenteel 30% van de olie voor de wereldmarkt. Doordat de wereldolieproductie grotendeels in handen is van een klein aantal landen, van welke de olie-importerende landen steeds afhankelijker worden, kan de voorzieningszekerheid in gevaar komen. In het verleden speelden politieke ontwikkelingen in het Midden-Oosten een belangrijke rol bij (het ontstaan van) een oliecrisis. Er heerst onzekerheid over het gedrag van deze landen in de toekomst. Zij kunnen bijvoorbeeld de productie inperken en zo de olieprijs laten stijgen. De afgelopen jaren hebben deze acties weinig effect gehad op de economieën van de olie-importerende landen, maar een toekomstige crisis is zeker niet uitgesloten. Een dergelijke crisis kan negatieve gevolgen hebben voor de Nederlandse economie, aangezien enkele belangrijke sectoren, zoals de (petro)chemische sector en de verkeer- en vervoerssector, sterk afhankelijk zijn van olie-importen. Om ondanks deze toenemende afhankelijkheid van een klein aantal olieleveranciers de voorzieningszekerheid te garanderen, zijn er verschillende mogelijkheden. Uiteraard houdt Nederland een voorraad aan voor wanneer zich een crisis zou voordoen. Diversificatie van leveranciers en energiebronnen is van groot belang. In de transportbrandstoffenvoorziening zijn echter weinig substituten voor olie voorhanden, die de vraag naar olie kunnen doen verminderen (AER, 1998; ECN, 2001; Europese Commissie, 2000; Faaij, 2000b; Lako, 2001).

2.1.4 Conclusie

Uit het bovenstaande blijkt dat het energieverbruik en de emissie van CO₂ ten gevolge van het wegverkeer sterk zullen toenemen in de periode 2000-2030. Zowel bij personenauto's (de grootste voertuiggroep) als bij vrachtvoertuigen (de voertuiggroep met de grootste groei) zal daarom actie ondernomen moet worden.

Om een duurzame verkeers- en vervoerssector te realiseren, zou als eerste de vraag, dus het vervoer van personen en goederen, zoveel mogelijk beperkt moeten worden¹⁵. Ingrijpen in de ontwikkeling van de mobiliteit is echter moeilijk door het complexe geheel aan (relatief autonome) economische, sociale en culturele factoren dat hierbij een rol speelt. De volgende stap is het zo duurzaam mogelijk invullen van de nog aanwezige vraag. Hierbij geeft men de voorkeur aan toepassing van hernieuwbare of duurzame energiebronnen boven efficiënt, schoon en zuinig gebruik van fossiele (niet-hernieuwbare) bronnen (ATLAS, 1997b).

Biobrandstoffen kunnen hierbij een belangrijke rol spelen, aangezien deze gebaseerd zijn op een hernieuwbare energiebron (biomassa) en zij een veel lagere CO₂-uitstoot hebben dan conventionele transportbrandstoffen, over de gehele productieketen bekeken ('well-to-wheel'). Ook ver-

¹⁴ toe = ton olie equivalent.

¹⁵ Volgens het concept van de 'Trias Energetica' (Internetbron 58).

mindert toepassing van biobrandstoffen het gebruik van fossiele olie, waardoor de verwijdering hiervan wordt tegengegaan en een bijdrage wordt geleverd aan beperking van de afhankelijkheid van olie-import (uit OPEC-landen).

In de volgende paragraaf worden verschillende biobrandstoffen, die benzine en diesel kunnen vervangen, besproken en met elkaar vergeleken.

2.2 Biobrandstoffen als oplossing

2.2.1 Definitie van biomassa en soorten gewassen

Biobrandstoffen worden geproduceerd uit biomassa. Met biomassa worden plantaardige materialen bedoeld, die deel uitmaken van de korte koolstofcyclus. Dit betekent dat de CO₂, die deze gewassen tijdens hun levensduur uit de lucht opnemen voor hun groei door middel van fotosynthese, weer terugkomt in de atmosfeer wanneer ze worden omgezet in energie. De voorraad biomassa moet uiteraard wel minimaal constant gehouden worden om van een hernieuwbare bron te kunnen spreken. Brandstoffen op basis van biomassa kunnen dus beschouwd worden als 'klimaatneutrale' energiedragers (Van den Broek, 2000; Ministerie van VROM, 2001; Novem, 1999b).

Er is veel discussie geweest over welke materialen nu wel of niet tot biomassa gerekend mogen worden, wanneer het gaat om toepassing van biomassa als hernieuwbare (duurzame) energiebron. In 2001 is een Europese richtlijn¹⁶ geïntroduceerd om het gebruik van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen binnen de Europese Unie te stimuleren. Hierin wordt biomassa als volgt gedefinieerd:

“De biologisch afbreekbare fractie van producten, afvalstoffen en residuen van de landbouw (inclusief plantaardige en dierlijke stoffen), de bosbouw en aanverwante bedrijfstakken, alsmede de biologische afbreekbare fractie van industrieel en huishoudelijk afval”. (ENSOC, 2001; Internetbron 18).”

Bij biomassa als grondstof voor biobrandstoffen kan men denken aan residuen uit de landbouw, bosbouw en veeteelt, zoals stro als residu van graan, reststromen uit de bloembollensector, mest en hooi van zaadgewassen. Ook organisch afval en afvalvetten en -oliën kunnen als voeding dienen. Een andere mogelijkheid is de toepassing van gehele, speciaal voor energieproductie geteelde gewassen. Momenteel worden vooral eenjarige voedselgewassen zoals suikerbiet, suikerriet, koolzaad en graan gebruikt voor de productie van biobrandstoffen. Meerjarige grasachtige en houtachtige gewassen zijn in opkomst, bijvoorbeeld miscanthus (olifantsgras), wilg en populier. Grassen worden jaarlijks geoogst, houtachtige gewassen kennen een meerjarig rotatieschema. Deze gewassen kunnen geteeld worden op huidige landbouwgronden of gedegradeerde gronden.

Toepassing van hout en grassen is vanuit ecologisch perspectief het gunstigst, onder andere omdat er minder meststoffen en pesticiden gebruikt hoeven te worden, er minder broeikasgassen worden uitgestoten, de bodem vruchtbaarder is en er minder erosie optreedt. Ook hebben deze gewassen een betere energiebalans en een hogere productie per eenheid land en zijn ze economisch gezien aantrekkelijker (Van den Broek, 2000; Daey Ouwens, 2000a; Faaij, 2001; Novem, 2000c).

¹⁶ Richtlijn 2001/77/EC van het Europees Parlement en van de Raad van 27-9-2001 met betrekking tot de promotie van elektriciteit geproduceerd uit hernieuwbare energiebronnen in de interne elektriciteitsmarkt (Europese Commissie, 2001a).

2.2.2 Conversietechnologieën en biobrandstoffen

In deze paragraaf wordt ingegaan op de belangrijkste vloeibare biobrandstoffen, die als substitoot voor benzine of diesel kunnen dienen. Deze kunnen geproduceerd worden door middel van thermo-chemische, bio-chemische en fysisch-chemische conversietechnieken.¹⁷

Thermo-chemische conversie: vergassing, pyrolyse, HTU

Thermo-chemische conversietechnieken hebben betrekking op omzetting van biomassa onder invloed van warmte en verschillende procescondities, zoals het aanwezige gas in de reactor (vacuüm, lucht, zuurstof). Bij de thermo-chemische technieken horen onder andere vergassing, pyrolyse en Hydro Thermal Upgrading (HTU).

Bij vergassing wordt biomassa omgezet in een mengsel van brandbare gassen, onder invloed van hoge temperaturen (ca. 900 °C) en een ondermaat aan zuurstof. Alle soorten biomassa zijn geschikt als voeding voor het vergassingsproces, ook natte biomassa. Het geproduceerde synthesesgas kan omgezet worden in gasvormige en vloeibare energiedragers (waaronder transportbrandstoffen) of elektriciteit en/of warmte. Er zijn verschillende eindproducten van vergassing mogelijk, waarvan methanol, DME en Fischer-Tropsch olie de belangrijkste zijn.

Methanol kan gebruikt worden als vervanger van benzine en wordt nu voornamelijk toegepast in de Verenigde Staten. Men verwacht dat methanol steeds minder gebruikt zal worden omdat het giftig en bodem- en grondwaterverontreinigend is. Bovendien heeft methanol een lage energiedichtheid (zie Bijlage B). Uit methanol kan MTBE (methyl-tertiair-butylether), een loodvervanger in benzine, geproduceerd worden.

DME (dimethylether) lijkt qua eigenschappen op LPG. Het is een gas bij buitentemperatuur en wordt vloeibaar bij een druk van enkele atmosferen. DME is een geschikte brandstof voor dieselmotoren, maar wordt tevens gebruikt voor productie van chemicaliën. Onder andere in Oostenrijk vinden op kleine schaal activiteiten plaats met betrekking tot DME.

Fischer-Tropsch olie is erg schoon¹⁸ en kan eenvoudig omgezet worden naar benzine of diesel voor toepassing in voertuigen of gebruikt worden als vorm van energieopslag en voor elektriciteitsproductie. Momenteel is er meer aandacht voor productie van diesel dan van benzine uit Fischer-Tropsch-olie. Omdat Fischer-Tropsch diesel een betere kwaliteit heeft dan conventionele diesel¹⁹, kan deze worden gebruikt voor upgradering van conventionele diesel. Bedrijven die zich bezighouden met Fischer-Tropsch technologie zijn onder andere Shell, Exxon, BP, Sasol en Statoil.

Bij snelle pyrolyse (flash-pyrolyse) van biomassa vindt conversie plaats door verhitting (300-600 °C) zonder toevoeging van zuurstof, waarbij pyrolyse-olie gevormd wordt²⁰. Als voeding worden meestal zeer kleine, droge houtdeeltjes gebruikt. Pyrolyse-olie heeft enkele eigenschappen waardoor deze niet direct ingezet kan worden als energiedrager. Deze olie is namelijk oplosbaar in water en heeft een veel hogere dichtheid en een lagere energiewaarde dan fossiele

¹⁷ Er bestaan ook gecombineerde conversietechnologieën, waarbij gasvormige/vloeibare energiedragers en warmte en/of elektriciteit tegelijkertijd geproduceerd kunnen worden. Hier wordt in deze paragraaf niet verder op ingegaan. Ook vergisting, dat biogas oplevert dat gebruikt kan worden als transportbrandstof in methaan-auto's of bijgemengd bij LPG, en waterstof, dat ook uit biomassa geproduceerd kan worden, worden hier niet verder besproken, omdat hier alleen wordt gekeken naar vloeibare biobrandstoffen (Daey Ouwens 2000c; Novem 2000f).

¹⁸ Fischer-Tropsch olie bevat geen zwavel en weinig aromatische componenten (Novem, 2000f).

¹⁹ Namelijk een hoger cetanaantal en een hogere energie-inhoud per eenheid massa (zie Bijlage B).

²⁰ Bij langzame pyrolyse worden de deeltjes langzaam verhit tot 200-300 °C en het eindproduct bestaat voornamelijk uit kool ('char'). Bij flash-pyrolyse wordt de biomassa omgezet in olie, gas en kool, waarbij de olie het hoofdproduct vormt. De verhouding tussen de kwaliteit van deze componenten hangt sterk af van de gebruikte biomassa-voeding.

olie. Verder is de olie relatief instabiel²¹ en zuur, bevat deze kankerverwekkende stoffen en heeft deze een sterke variërende viscositeit en een onaangename geur. Na opwerking kan de olie wel gebruikt worden voor productie van vloeibare energiedragers of elektriciteit en/of warmte (en eventueel ook voor productie van chemicaliën). Bewerking tot transportbrandstoffen wordt gedaan door middel van bijvoorbeeld katalytische of hydrothermale processen²². Er wordt al meer dan 20 jaar onderzoek gedaan naar pyrolyse, onder andere in het Verenigd Koninkrijk en Finland. Verschillende Nederlandse organisaties zijn actief op het gebied van deze technologie, waaronder de Universiteit Twente en Biomass Technology Group (BTG).

Bij HTU vindt ontbinding van biomassa plaats in een waterige substantie bij hoge druk en relatief lage temperatuur²³. De producten die hierbij ontstaan zijn: 'biocrude' (lijkt op ruwe olie), gas (voornamelijk CO₂) en water met opgeloste organische verbindingen. Voordelen van HTU zijn, dat de geproduceerde olie relatief stabiel is en dat het proces flexibel is ten aanzien van de input van biomassa. Het HTU-proces is speciaal ontworpen voor natte biomassavoeding (bijvoorbeeld GFT, bietenpulp, slib) maar ook droge biomassasoorten kunnen als input worden gebruikt. Deze moeten voor het HTU-proces echter eerst geweekt worden in een waterrijke omgeving. Een nadeel is dat het conversieproces vrij veel energie kost. HTU-olie kan worden opgewerkt tot transportbrandstoffen (vervanger van diesel) bijvoorbeeld door verwijdering van zuurstof, wat een brandstof van goede kwaliteit oplevert. Een nadeel van dit HydroDeOxygenation proces is dat er veel waterstof voor nodig is. Opgewerkte HTU-biocrude kan ook gebruikt worden voor opwekking van elektriciteit in gasturbines en productie van chemicaliën.

Biochemische conversie: fermentatie

Bij biochemische omzetting gaat het om decompositie van biomassa door middel van micro-organismen. Fermentatie is een vorm van biochemische conversie, waarbij biomassa bij lage temperatuur en druk wordt omgezet door middel van bacteriën of enzymen. Dit levert het eindproduct bio-ethanol op. Suikers vormen de grondstof voor dit proces. Suikerhoudende gewassen (zoals suikerbiet, suikerriet) kunnen direct worden geconverteerd. Andere biomassasoorten, zoals hout, moeten eerst omgezet worden in suikers. De suikers worden door middel van fermentatie omgezet in ethanol. De laatste processtap is destillatie van het water-ethanol-mengsel, door welke de puurheid van de geproduceerde ethanol bepaald wordt. Voor houtachtige en grasachtige (lignocellulose houdende) materialen is SSF (Simultaneous Saccharification and Fermentation) de verst ontwikkelde conversietechniek. Een opkomende technologie is CBP (Consolidated Bio Processing)²⁴. Ethanol kan gebruikt worden in auto's als vervanger van benzine en als energiedrager. Een nadeel van ethanol is dat het een relatief lage energiedichtheid heeft. Bio-ethanol kan ook worden toegepast als zuurstofverrijkende toevoeging aan benzine en als vervanger van lood. Verder kan uit ethanol ETBE (ethylbutylether) worden geproduceerd, een octaangetalverbeteraar in benzine. Bio-ethanol op basis van suikerriet wordt al sinds de zeventiger jaren commercieel toegepast als transportbrandstof in Brazilië. Frankrijk is marktleider in Europa wat betreft de productie van bio-ethanol en ETBE. Ook in landen als Spanje, Oostenrijk, Italië, de Verenigde Staten, Griekenland en Zweden is er een markt voor ethanol en/of ETBE.

Fysisch-chemische conversie: extractie met verestering

Door mechanisch persen of door extractie met een oplosmiddel kan uit zaden en vruchten (zoals koolzaad, zonnebloempitten) plantaardige olie worden verkregen. Niet alleen zaden en vrucht-

²¹ Pyrolyse-olie 'verouderd' tengevolge van chemische reacties. Daarom moeten er nog additieven en productverbeteraars worden ontwikkeld die de olie stabiliseren, hetgeen noodzakelijk is voor hoogwaardige (energetische) toepassingen.

²² Door middel van grote hoeveelheden waterstof wordt zuurstof uit de olie verwijderd, waardoor de olie een hogere energiewaarde krijgt.

²³ Bij een Nederlandse proefinstallatie van Shell, Stork, Biofuel, BTG en TNO is de temperatuur 300-350 °C en een druk van 120-180 bar.

²⁴ Het verschil tussen deze twee processen is, dat bij CBP de aanmaak van enzymen en de conversie van biomassa naar ethanol geïntegreerd is in één processtap terwijl deze twee processen bij SSF gescheiden van elkaar plaatsvinden. Andere fermentatieprocessen zijn SHF (Separate Hydrolysis and Fermentation), waarbij alle processtappen in aparte reactoren plaatsvinden, en SSCF (Simultaneous Saccharification and Co-fermentation).

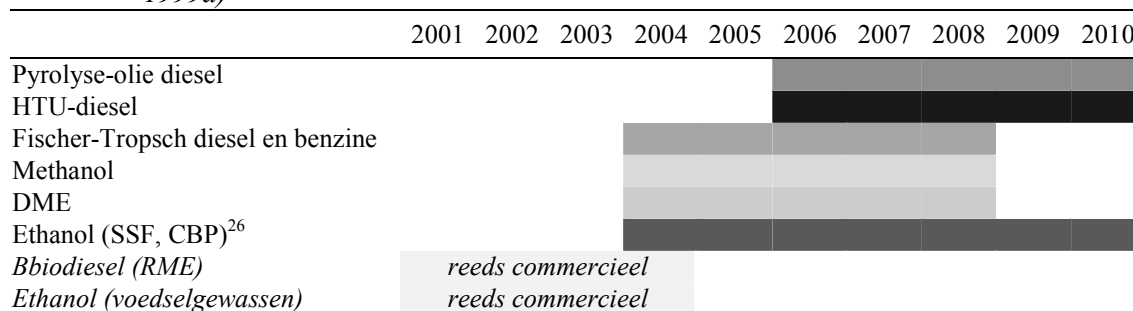
ten kunnen als grondstof dienen, maar ook afvaloliën en -vetten. De geproduceerde olie heeft een te hoge viscositeit en moet eerst worden veresterd. De biodiesel (methylesters) die zo ontstaat kan als brandstof dienen in een dieselmotor. Biodiesel wordt momenteel op commerciële schaal geproduceerd en toegepast en is de meest gebruikte biobrandstof in Europa. Het gaat hier voornamelijk om diesel uit koolzaadolie (RME) en zonnebloemolie. In 2000 werd er 700.200 ton biodiesel geproduceerd in EU-lidstaten, waarmee Europa een leidende positie heeft op de wereldmarkt, met Italië als belangrijkste producent. RME wordt gebruikt in Oostenrijk, Frankrijk en Duitsland. In de Verenigde Staten wordt biodiesel voor het grootste deel geproduceerd uit sojaoliel. In Nederland wordt geen biodiesel geproduceerd maar er wordt wel uit Duitsland geïmporteerde biodiesel op zeer beperkte schaal toegepast bij binnenvaartschepen (ATLAS, 1997a; BABFO, 1999; Daey Ouwens, 2000a, 2000b; ECN, 1998; De Feber, 1999; Novem, 1999a, 2000b, 2000d, 2000f; Internetbron 5).

2.2.3 Vergelijking van biobrandstoffen

In deze paragraaf worden de volgende acht vloeibare biobrandstoffen, die geschikt zijn als vervanger van benzine of diesel in een interne verbrandingsmotor, met elkaar vergeleken²⁵: SSF-ethanol, CBP-ethanol, methanol, Fischer-Tropsch diesel en benzine, DME, HTU-diesel en pyrolyse-olie diesel. Ook zijn er gegevens opgenomen voor ethanol op basis van voedselgewassen en biodiesel (RME), welke nu reeds commercieel worden toegepast.

Voor geen van de acht biobrandstoffen die in deze paragraaf aan bod komen, is reeds een volledige keten van productie van biomassa tot en met eindgebruik in voertuigen op commerciële schaal beschikbaar. De brandstofproductietechnologie bevindt zich voor geen van de biobrandstoffen in de commerciële fase. In onderstaande figuur is met gekleurde balken aangegeven binnen welke periode de marktintroductie van de verschillende conversietechnieken wordt verwacht:

Figuur 2.5 *Commerciële beschikbaarheid van biobrandstofconversietechnieken (Novem, 1999a)*



²⁵ In het eindrapport van de inventarisatiefase van het GAVE-programma (Novem, 1999a) werd een breed scala aan brandstofketens geanalyseerd, waarbij elf criteria werden meegewogen. De acht brandstoffen die hier aan bod komen, kwamen als meest interessante opties voor vervanging van benzine en diesel naar voren. RME en ethanol op basis van suikerhoudende voedselgewassen zijn niet meegenomen in de uitgebreide analyse in dit eindrapport. Voor de gebruikte methoden bij deze analyse en voor overige brandstofroutes, die hier niet besproken worden, zie Novem (1999a).

²⁶ Met informatie uit een persoonlijke mededeling van J. Reith (ECN).

In de figuur is te zien dat de productietechnieken van ethanol op basis van voedselgewassen, zoals graan en suikerbieten, en van biodiesel (RME) reeds commercieel beschikbaar zijn. Wanneer men rekening houdt met de tijd die nodig is voor het ontwerpen, goedkeuren en bouwen van een conversie-installatie (minimaal vijf à zes jaar²⁷), zullen ethanol uit voedselgewassen en biodiesel waarschijnlijk de belangrijkste biobrandstoffen blijven tot 2010. Voor de meeste 'nieuwe' biobrandstoffen zal commerciële toepassing pas na 2010 plaatsvinden.

Bij de vergassingstechnieken zijn de voornaamste technische problemen het reinigen en conditioneren van het geproduceerde synthesegas, de integratie met andere processen, verbetering van het rendement en opschaling. De ontwikkeling van productieprocessen voor ethanol op basis van lignocellulose houdende gewassen is sterk afhankelijk van de ontwikkeling van de enzymtechnologie. Het productieproces voor SSF-ethanol is het verst ontwikkeld, CBP-ethanol zal nog langer op zich laten wachten. Het Fischer-Tropsch proces op basis van aardgas of steenkool is al lang bekend en wordt op commerciële schaal toegepast voor productie van synthetische olie²⁸, maar met biomassa als grondstof bevindt dit proces zich nog in de testfase. HTU-diesel en diesel uit pyrolyse-olie zijn nog ver verwijderd van commerciële toepassing. Bij deze technologieën zijn de basisprincipes ontwikkeld, maar er hebben nog geen pilot-testen plaatsgevonden (Novem, 1999a).

Het begin van de productieketen, de productie van biomassa en het transport hiervan, is op commerciële schaal beschikbaar in de landbouw en bosbouw. Er is alleen nog nauwelijks ervaring met grootschalige energieteelt en de gevolgen hiervan.

Voor alle acht brandstoffen is bekend welke aanpassingen aan de infrastructuur gedaan moeten worden om deze te distribueren naar de eindgebruikers. Er is nog weliswaar nog niet voor alle brandstoffen een distributienetwerk ontwikkeld, maar hierbij worden nauwelijks problemen verwacht. In de meeste gevallen zullen namelijk alleen andere materialen gebruikt hoeven te worden die compatibel zijn met de betreffende biobrandstof.

Voor de meeste biobrandstoffen is bekend welke aanpassingen aan conventionele motoren moeten worden gedaan of zijn zelfs al speciale motoren ontwikkeld, deze zijn alleen niet commercieel beschikbaar. Men doet onderzoek naar of een conventionele motor nog naar behoren werkt bij toepassing van biobrandstoffen (bijvoorbeeld de emissies), of de motor goed werkt onder alle omstandigheden (bijvoorbeeld bij zeer lage buitentemperaturen) en of de motoronderdelen dezelfde levensduur hebben als bij gebruik van fossiele benzine of diesel.²⁹ (Novem, 1999a).

In de tweede kolom van Tabel 2.2 is weergegeven tot welke percentages de biobrandstoffen kunnen worden bijgemengd bij benzine of diesel zonder dat er aanpassingen aan de infrastructuur en/of de automotor nodig zijn (meer informatie over de eigenschappen van de biobrandstoffen in vergelijking met benzine en diesel en de vereiste aanpassingen aan de motor en de infrastructuur is te vinden in Bijlage B).

²⁷ Dit hangt af van een aantal zaken, zoals de grootte van de centrale, of er alleen een vergunning verkregen hoeft te worden of dat er een milieueffectrapportage gedaan moet worden, hoeveel weerstand de bouw van de centrale en de bijkomende logistieke faciliteiten voor de aanvoer van biomassa en transport van eindproducten oproept bij de gemeente en omwonenden (onder andere juridische procedures), of men een nieuwe locatie kiest voor de centrale of dat het een uitbreiding is van een bestaande installatie, waar al faciliteiten aanwezig zijn. Bij het bouwen van centrales die gebaseerd zijn op nieuwe conversietechnologieën kan er nog meer tijd overheen gaan, omdat men pas met ontwerpen begint enkele jaren nadat de eerste (proef)centrale is opgestart. Voor een elektriciteitscentrale beslaat de totale periode van ontwerp tot een operationele centrale ongeveer acht jaar, waarvan vier jaar bouwtijd (op basis van een persoonlijke mededeling van P. Kroon (ECN)).

²⁸ In Maleisië en Zuid-Afrika.

²⁹ Met informatie uit een persoonlijke mededeling van R. Baert (TU Eindhoven).

Tabel 2.2 Data voor diverse biobrandstoffen (Novem, 1999a)³⁰

Brandstof	Mogelijke bijmenging zonder aanpassing [%]	Relatieve CO ₂ - emissie ³¹ [%]	Vermeden CO ₂ -emissie deel [mln ton/jr]	Vermeden CO ₂ -emissie totaal [mln ton/jr]	Kosten vermeden CO ₂ -emissie [Euro/ton]	Brandstof kosten [Euroct/km]	Totale kapitaal investering [mln Euro]
Benzine-substituten							
SSF-ethanol	20	11,4	22	43	59	3,2	1500
CBP-ethanol	20	10,9	23	45	18	2,3	680
Methanol	15	11,8	18	35	104	4,1	2000
FT-benzine	15	14,4	3,7	-	182	6,4	3720
<i>Ethanol(graan)</i>	20	28,4					
Diesel-substituten							
FT-diesel	100	13,7	18	42	159	4,8	3000
HTU-diesel	100	40,2	10,5 ³²	26	227	4,3	2360
DME	0	9,6	15	36	109	3,4	1680
Pyrolyse-olie diesel	0	21,4	13	33	363	7,3	3700
<i>Biodiesel (RME)³³</i>	100	62,4					

De dieselsubstituten DME en pyrolyse-olie diesel zijn niet mengbaar en vergen grote aanpassingen. Bij DME is dit nodig, omdat DME vergelijkbare eigenschappen heeft als LPG en dus een soortgelijke infrastructuur vereist. Pyrolyse-olie diesel is oplosbaar in water (in tegenstelling tot fossiele olie) en bevat stoffen zoals as, kool en zuren. Biodiesel is in principe volledig mengbaar met fossiele diesel, maar bij sommige motoren kunnen materiaalproblemen (aantasting van rubbers) ontstaan, wanneer deze in hoge percentages wordt bijgemengd bij fossiele diesel of in pure vorm wordt gebruikt. Menging van ethanol of methanol met benzine kan in beperkte mate zonder dat er aanpassingen nodig zijn, maar wanneer men deze in pure vorm³⁴ wil toepassen in een verbrandingsmotor, zijn kleine aanpassingen nodig. FT-benzine kan benzine niet volledig vervangen, vanwege de lage klopvastheid van deze brandstof. Wanneer men toch voertuigen op pure FT-benzine wil laten rijden, zijn grote aanpassingen aan de motor nodig met een lager voertuigrendement tot gevolg (BABFO, 1999; Novem, 1999a, 2000b, 2000f; Internetbron 5).

In Tabel 2.2 wordt voor de verschillende brandstoffen een overzicht gegeven van de CO₂-emissie over de gehele brandstofketen ('well-to-wheel') ten opzichte van benzine of diesel, de vermeden CO₂-emissie, de kosten van vermeden CO₂-emissie, de brandstofkosten en de kapi-

³⁰ De kolom 'vermeden CO₂-emissie deel' heeft betrekking op de vermeden CO₂-emissie gebaseerd op 100% vervanging van benzine in voertuigen met een benzinemotor of vervanging van diesel in voertuigen met een dieselmotor in 2010. Dit geldt niet voor FT-benzine omdat deze brandstof niet effectief in pure vorm gebruikt kan worden in benzinemotoren (maximaal 15%). Bij de kolom 'vermeden CO₂-emissie totaal' wordt uitgegaan van vervanging van de gehele transportbrandstofconsumptie in Nederland (benzine, diesel en LPG), dus een vervanging van alle voertuigen door voertuigen die de betreffende biobrandstof gebruiken, in pure vorm. De kosten per eenheid vermeden CO₂-emissie zijn berekend onafhankelijk van de BTW en brandstofheffingen en in vergelijking met de brandstof die de biobrandstof kan vervangen. De kosten van aanpassing van eindgebruikerstechnologie zijn ook meegenomen. De totale kapitaalinvesteringen voor implementatie van een biobrandstofketen zijn gebaseerd op vervanging van 100.000 vaten per dag benzine en omvatten onder andere de kosten van de plantage, trucks voor biomassatransport, de brandstofproductiefaciliteit, tankers voor biobrandstoftransport, aanpassingen aan de brandstofdistributie-infrastructuur en aan de automotor (Novem, 1999a, 2000b).

³¹ Relatieve emissie van CO₂ over de gehele productieketen [g/km], vergeleken met benzine of diesel, op basis van data van Novem (1999a). De CO₂-emissies van benzine en diesel zijn respectievelijk 229 g/km en 197 g/km (Novem, 1999a).

³² Dit lage reductiepotentieel wordt veroorzaakt door het hoge energiegebruik van het HTU-proces (Novem, 1999a).

³³ Er is geen overeenstemming tussen verschillende bronnen wat betreft de emissies van RME over de gehele keten. BABFO (1999) geeft een CO₂-emissie van 75 g/km. Wanneer men deze gegevens vergelijkt met die van Novem (1999a) valt op dat de CO₂-emissie bij de gegevens van BABFO bijna een factor 2 lager is. In de tabel zijn de gegevens van Novem gebruikt, omdat deze op dezelfde wijze zijn berekend als de emissiegegevens van de andere biobrandstoffen.

³⁴ Typisch voor pure toepassing is een mengsel van 95% ethanol met 5% benzine (E95) (Novem, 1999a). Het meest gebruikte mengsel is E85: 85% ethanol met 15% benzine (internetbron 5).

taal-investeringen die men moet doen, indien benzine of diesel wordt vervangen door de betreffende biobrandstof.

De CO₂-emissies zijn voor alle biobrandstoffen veel lager dan voor benzine en diesel ('klimaat-neutraal'). Biodiesel (RME) reduceert de CO₂-emissie met bijna 40% ten opzichte van conventionele diesel, maar dit is duidelijk minder goed vergeleken met alle andere dieselsubstituten. Dit geldt ook voor ethanol op basis van graan ten opzichte van de overige benzinesubstituten. Van de 'nieuwe' biobrandstoffen hebben ethanol (SSF en CBP), methanol en FT-diesel hebben het grootste CO₂-reductiepotentieel, wanneer zij benzine of diesel voor 100% vervangen (vierde kolom). Wanneer ethanol of FT-diesel de enige transportbrandstof zou zijn, hebben zij het grootste CO₂-reductiepotentieel (vijfde kolom).

CBP-ethanol is als benzinevervanger qua brandstofkosten het aantrekkelijkste, gevolgd door SSF-ethanol. Ook vereisen deze twee ketens de minste kapitaalinvesteringen en is de kosteneffectiviteit van ethanol veel hoger (lagere kosten per hoeveelheid vermeden CO₂-emissie) dan die van methanol en FT-benzine. Hierbij moet opgemerkt worden dat het daadwerkelijk behalen van deze resultaten afhankelijk is van toekomstige ontwikkelingen in de conversietechnologie, waarover nog onzekerheid bestaat.

Als substituuut voor diesel is DME de meest kosteneffectieve optie. Dit is opvallend aangezien voor toepassing van DME aanzienlijke aanpassingen aan de infrastructuur en de automotor vereist zijn. FT-diesel is ook een goed alternatief voor diesel. De kosten van vermeden CO₂-emissie liggen weliswaar hoger dan bij DME, maar hier staat tegenover dat het reductiepotentieel van FT-diesel hoger is. De andere twee alternatieven zijn veel minder aantrekkelijk, vanwege de lage kosteneffectiviteit en het niet al. te hoge reductiepotentieel. Diesel uit pyrolyse-olie vereist de minste investeringen bij de dieselsubstituten, maar deze zijn wel veel hoger dan die bij CBP-ethanol. Alle biobrandstoffen blijken (veel) duurder te zijn dan benzine (1,8 Eurocent/km) en diesel (1,6 Eurocent/km) (Novem, 1999a).

2.2.4 Conclusies

Tot 2010 zullen ethanol uit voedselgewassen en biodiesel (RME) waarschijnlijk de belangrijkste biobrandstoffen blijven die commercieel worden toegepast. Van de 'nieuwe' biobrandstoffen is cellulosisch ethanol (CBP en SSF) de meeste aantrekkelijke optie als vervanger van benzine. FT-benzine is veruit het minst kansrijk. Grootschalige toe-passing van methanol is echter ook tamelijk onwaarschijnlijk, omdat deze stof giftig en bodem- en grondwaterverontreinigend is en een lage energiedichtheid heeft. FT-diesel en DME zijn de meest geschikte dieselsubstituten. Gebruik van FT-diesel op grote schaal is waarschijnlijker dan van DME, voornamelijk omdat FT-diesel zonder aanpassingen ingepast kan worden in de bestaande infrastructuur en automotor. Dit in tegenstelling tot DME, waarvoor een geheel nieuwe infrastructuur aangelegd en de motor aangepast moet worden. Qua brandstofkosten en kapitaalinvesteringen is FT-diesel minder aantrekkelijk, maar de hoge emissiereductie, lage kosten per hoeveelheid vermeden CO₂-emissie en zeer goede brandstofkwaliteit lijken hier wel tegen op te wegen. HTU-diesel en pyrolyse-olie diesel zijn, vergeleken met DME en FT-diesel, geen aantrekkelijke opties. Het belangrijkste knelpunt bij HTU-diesel is de grote hoeveelheid energie die nodig is voor het conversieproces, waardoor deze techniek vanuit energetisch en milieuperspectief ongunstig is. Pyrolyse-olie heeft een lage kosteneffectiviteit en reductie van CO₂. Bovendien kan deze niet bijgemengd worden bij fossiele diesel en is de kwaliteit van pyrolyse-olie inferieur. Daarom moet deze opgewerkt worden tot transportbrandstof door middel van zeer kostbare technieken, hetgeen leidt tot hoge brandstofkosten.

3. THEORETISCH KADER EN ONDERZOEKSOPZET

3.1 Inleiding

Om inzicht te krijgen in welke kansen en barrières er zijn voor grootschalige toepassing van biobrandstoffen kunnen verschillende theoretische benaderingen gebruikt worden, die betrekking hebben op de adoptie, implementatie en diffusie van innovaties³⁵. In de inleiding is reeds aangegeven dat het van belang is dat grootschalige toepassing van biobrandstoffen past binnen een bredere ontwikkeling naar een duurzame samenleving en dat hierbij rekening gehouden moet worden met allerlei maatschappelijke ontwikkelingen, op korte en langere termijn. Deze benadering krijgt steeds meer aandacht binnen het Nederlandse milieu- en energiebeleid, zoals in het vierde Nationaal Milieu Beleidsplan (2001). In dit onderzoek is daarom gekozen voor de transitietheorie als theoretisch perspectief. Deze omvat een geïntegreerde, sociotechnische benadering van technische en maatschappelijke aspecten ten aanzien van brede maatschappelijke verandingsprocessen in het algemeen en technologische ontwikkeling en innovatieprocessen in het bijzonder.

Hoewel deze ontwikkelingen zeer moeilijk te voorspellen en te plannen zijn, kan men deze wel sturen door middel van beleid. De theorie met betrekking tot transitie tot transitie vormt de basis voor transitie management en transitiebeleid. Dit is een tamelijk nieuw concept voor beleidsontwikkeling, waarbij rekening wordt gehouden met brede maatschappelijke ontwikkelingen waar technologische ontwikkeling deel van uitmaakt en een lange-termijn visie als afwegings-kader dient voor beleid op korte termijn. Dit concept legt bovendien sterk de nadruk op de rol van de betrokken actoren tijdens het proces waarin een gewenste ontwikkeling tot stand wordt gebracht, hetgeen ook een belangrijk uitgangspunt is voor dit onderzoek.

Bij transitie management maakt men gebruik van zogenaamde 'eindbeelden'. Dit zijn toekomstbeelden op lange termijn waarin een gewenste situatie tot stand is gebracht en waar de betrokken actoren (dus niet alleen de beleidsmakers, maar ook marktpartijen, intermediaire organisaties, maatschappelijke organisaties etc.) gezamenlijk naar toe willen werken en welke richting geven aan activiteiten die op korte termijn plaatsvinden. Een dergelijke grote sprong in de tijd biedt de mogelijkheid om deze eindbeelden creatief in te vullen zonder beperkingen die opgelegd worden door de situatie in het heden. Deze aanpak staat ook centraal in de 'backcasting'-methode, waarbij men eerst een gemeenschappelijk toekomstbeeld schetst en vervolgens gaat terugredeneren naar het heden om na te gaan welke stappen nodig zijn om dit eindbeeld te realiseren. Dit leidt uiteindelijk tot concrete (vaak projectmatige) activiteiten op korte termijn die uitgevoerd worden door de betrokken partijen. Bij transitie management wordt dit op vergelijkbare wijze gedaan, wat voor de overheid een kader oplevert om beleidsinstrumenten te ontwikkelen en te evalueren (Rotmans, 2000; Internetbron 29).

In dit hoofdstuk zullen de voor dit onderzoek relevante elementen worden besproken uit de theorie met betrekking tot transitie tot transitie en transitiebeleid. Vervolgens wordt de onderzoeksopzet uiteengezet en uitgewerkt.

³⁵ Men kan hierbij denken aan de sociologische of socio-economische benaderingen van technologische ontwikkeling bijvoorbeeld de actor-netwerk theorie.

3.2 Transitie en transitiebeleid

3.2.1 Het transitieconcept

Het begrip transitie wordt gebruikt om brede maatschappelijke veranderingen te beschrijven en hun onderlinge relaties te verklaren. Het transitieconcept kan een hulpmiddel zijn bij het begrip van maatschappelijke complexiteit, dynamiek en samenhang. Technologische ontwikkeling wordt hierbij gezien als een onderdeel van een maatschappelijk veranderingsproces.

Onder een transitie wordt verstaan een gradueel continu proces van maatschappelijke verandering, waarbij de maatschappij (of een complex deelsysteem daarvan) structureel van karakter verandert. Het betreft een overgang van het ene dynamische evenwicht naar het andere. Dit veranderingsproces, dat meestal minimaal een generatie (25 jaar) beslaat, ligt niet van tevoren vast. Tijdens dit proces van maatschappelijke transformatie vinden voortdurend leerprocessen en aanpassingen plaats. Transities kunnen beschouwd worden als mogelijke ontwikkelingspaden tussen het bestaande en het nieuwe evenwicht, die kunnen worden bijgestuurd door beleid en specifieke omstandigheden.

Maar wat verandert er nu precies wanneer een transitie plaatsvindt? Transities kunnen worden gezien als grote veranderingen in de manier waarop bepaalde functies binnen het maatschappelijk systeem worden ingevuld, zoals transport, communicatie, energievoorziening, huisvesting en recreatie. Omdat er sprake is van een grote, structurele verandering, oftewel een transformatie, spreekt men ook wel van systeeminnovatie. Dit in tegenstelling tot systeem-optimalisatie, waarbij de bestaande wijze waarop een functie wordt ingevuld grotendeels gehandhaafd blijft (Rotmans, 2000).

3.2.2 Meerdere domeinen en meerdere niveaus

Een kenmerk van een transitie is dat er sprake is van grootschalige, samenhangende, op elkaar inwerkende en elkaar versterkende veranderingen in verschillende domeinen (technisch, economisch, institutioneel, sociaal-cultureel, ecologisch, etc.). Ontwikkelingen in één domein zijn niet voldoende om een transitie in gang te zetten. Vanuit de andere domeinen worden randvoorwaarden gesteld die het wel of niet doorzetten van een transitie beïnvloeden. Transities kunnen beschouwd worden als cumulatieve ontwikkelingen op verschillende terreinen in een bepaalde richting. Dit wordt ook wel co-evolutie genoemd.

Een transitie is niet alleen het resultaat van ontwikkelingen in verschillende domeinen, maar ook van een complex samenspel tussen ontwikkelingen op verschillende niveaus. Men kan de volgende niveaus onderscheiden waarop zich veranderingen kunnen voordoen:

- macroniveau: (sociotechnisch) landschap
- mesoniveau: regimes
- microniveau: niches.

Onder het sociotechnisch landschap vallen zowel materiële als immateriële elementen op macroniveau, zoals infrastructuur (snelwegen, hoogspanningsnetten, e.d.), politieke cultuur, maatschappelijke waarden, wereldbeelden, macro-economische factoren en demografie. Het landschap vormt als het ware de omgeving voor regimes en niches. Ontwikkelingen op het niveau van het sociotechnisch landschap verlopen zeer langzaam. Bij transities zijn veranderingen op dit niveau echter wel van belang, omdat transities ook een lange tijdsperiode beslaan, en het landschap mag daarbij dus niet als constant beschouwd worden.

Het regimeniveau duidt op een gevestigd sociotechnisch systeem met als doel het vervullen van een bepaalde maatschappelijke functie. Het begrip technologisch regime wordt gebruikt om (de richting van) technologische ontwikkeling te verklaren. Een technologisch regime kan gedefini-

eerd worden als: ‘een set van regels, die ingebed is in een complex geheel van ingenieurspraktijken, productieprocestechnologieën, productkenmerken, vaardigheden en procedures, manieren van omgaan met relevante artefacten en personen, manieren waarop problemen gedefinieerd worden - alle ingebed in instituties en infrastructuren.’ Deze definitie omvat onder andere cognitieve elementen die breed gedeeld worden door ingenieurs, zoals wijzen waarop men problemen definieert en in welke richting men oplossingen hiervoor zoekt. Ook spelen technologische, organisatorische, sociale en economische aspecten een rol. Deze regels zijn allemaal verankerd in materiële zin, zoals in infrastructuren (bijvoorbeeld elektriciteitsnetten) en machines, en in sociale zin, in de vorm van een rolverdeling tussen actoren (ingenieurs, bedrijven), die te maken hebben met het regime. De definitie van een technologisch regime kan uitbreiden worden naar die van een sociotechnisch regime, wanneer men ook regels buiten de productiekant van technologieontwikkeling bekijkt, zoals gebruikerseisen, overheidsvoorschriften, regels van de markt en opvattingen en procedures van financiers. Deze regels vormen de selectieomgeving voor technologieën. De regels binnen het sociotechnisch regime beïnvloeden en bepalen de interacties binnen een sociotechnisch systeem en zo ook de richting van technologische ontwikkeling. Ze vormen het uitgangspunt voor het denken en handelen van actoren, dat sterk gericht blijkt te zijn op systeemoptimalisatie (dus het in stand houden van het bestaande regime) en niet op systeeminnovatie.

De verschillende regels van het sociotechnisch regime zijn in de loop van de tijd steeds meer op elkaar afgestemd en ze zijn moeilijk te veranderen vanwege hun sociale en materiële verankering. De regels worden ondersteund door een tamelijk stabiel sociaal netwerk van actoren, zoals leveranciers, gebruikersgroepen, producenten, maatschappelijke groeperingen, onderzoeksnetwerk en overheidsorganen. Er is sprake van een regimeverandering wanneer er een grote verandering plaatsvindt in de regimeregels. Meestal zal technologieontwikkeling echter incrementeel zijn en niet gericht op verandering van het regime.

In een regime kunnen enkele dimensies onderscheiden worden. De indeling van Geels en Kemp (2000) bestaat uit zeven dimensies: sociaal netwerk van de waardeketen, symbolische betekenis van de technologie, kennis, technologie, infrastructuur, sectoraal beleid en functioneel of toepassingsdomein.³⁶ Deze elementen hangen nauw met elkaar samen en zijn altijd enigszins in beweging.

Het niveau onder dat van het sociotechnisch regime, het microniveau, heeft betrekking op niches. Bij niches gaat het om individuele actoren of technologieën. Innovaties worden ontwikkeld op microniveau. In niches worden nieuwe technologieën afgeschermd van de reguliere markt omdat zij nog niet op deze markt kunnen concurreren. Niches worden ook wel ‘kweekvijvers voor innovaties’ genoemd. Zij spelen een grote rol bij technologische transitieën omdat zij leerprocessen, zowel over de technologie (technisch ontwerp) als over de markt (gebruikerswensen), en de vorming van een stabiel sociaal netwerk rondom de technologie gemakkelijker maken.

Bij niches voor een nieuwe technologie kan een onderscheid gemaakt worden tussen technologische niches en marktniches. Bij technologische niches is er nog nauwelijks sprake van marktrelaties maar er is een netwerk van actoren dat bereid is om te investeren in de technologie omdat zij verwachten dat de technologie in de toekomst marktpotentieel heeft. De nieuwe technologie wordt hier beschermd door maatregelen zoals subsidies. Technologische niches gaan meestal vooraf aan marktniches. Bij marktniches zijn wel al marktrelaties aanwezig en komt de

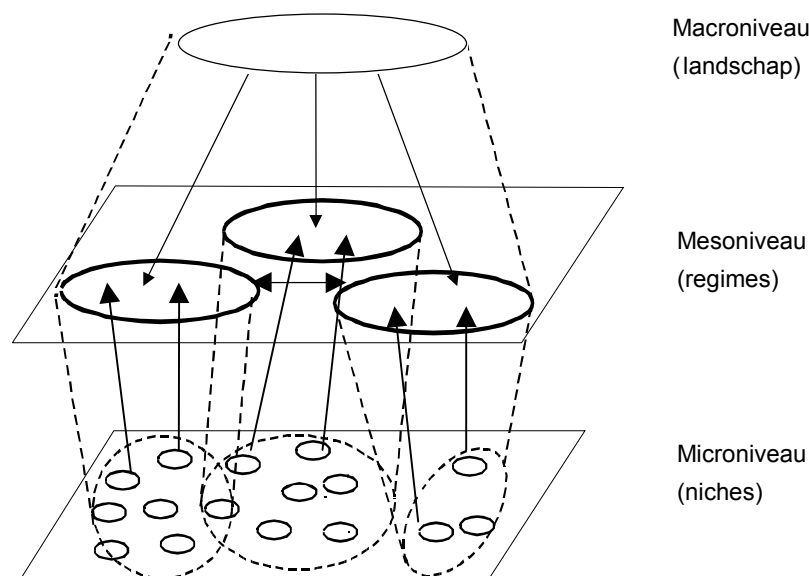
³⁶ Er bestaat geen afgebakende literatuur over regimedimensies. Het aantal en de precieze aard van de regimedimensies kan verschillen. In dit onderzoek wordt de indeling van Geels en Kemp aangehouden, welke gebaseerd is op literatuur over strategisch niche management. Er is gekozen voor deze indeling in zeven dimensies, omdat deze een tamelijk compleet beeld lijken te geven van de met elkaar interacterende elementen die van belang zijn binnen een regime en die op elkaar afgestemd (moeten) worden (gebaseerd op een persoonlijke mededeling van F. Geels (Universiteit Twente)).

bescherming voort uit de specifieke aard van de marktniche. Omdat de nieuwe technologie een oplossing biedt voor specifieke problemen of prestatie-eisen die in deze niche heersen, worden gebreken of hoge kosten van de nieuwe technologie door de betrokken actoren geaccepteerd (Geels, 2000; Hoogma, 2001; Kemp, 2000; Rotmans, 2000).

3.2.3 Interactie tussen de verschillende niveaus

Om een beter inzicht te krijgen in het mechanisme achter het ontstaan van transities en het verloop ervan, is het van belang te dieper in te gaan op interacties tussen de drie hierboven besproken niveaus.

Bij een transitie gaat het erom dat een regime een transformatie ondergaat. Het ontstaan van een dergelijke transformatie kan door druk van zowel onderaf als bovenaf worden veroorzaakt. Dit is weergegeven in onderstaande figuur:



Figuur 3.1 *Interactie tussen verschillende niveaus (Geels, 2000)*

Ontwikkelingen op microniveau kunnen een transitie in gang zetten. Er komt dan een alternatieve technologie tot stand in een niche, die leerprocessen op micro- en mesoniveau met zich meebrengt. Dit kan leiden tot een draagvlak voor deze technologie, hetgeen weer gevolgd kan worden door het ontstaan van een transitie. De invloed tussen het micro- en mesoniveau is wederkerig. Zo oefenen regimes vaak een remmende of zelfs blokkerende werking uit op veranderingsprocessen op microniveau. Regimes zijn vaak verankerd en staan alleen incrementele verandering toe, zodat het bestaande regime zoveel mogelijk in stand wordt gehouden.

Het is van belang in te zien dat transities niet verlopen doordat innovaties in één keer doorbreken van het nicheniveau naar het regimeniveau, maar doordat innovaties achtereenvolgens verschillende niches doorlopen (dit is ook te zien in Figuur 3.1: een verzameling van niches oefent invloed uit op een regime). Dit diffusieproces wordt nichecumulatie genoemd.

Door de ontwikkeling en toepassing van een technologie in een specifieke niche vinden binnen de niche processen plaats bij actoren zoals de vorming en stabilisering van strategieën en verwachtingen, leerprocessen en de vorming van sociale netwerken. Al deze interne nicheprocessen beïnvloeden elkaar. Strategieën en verwachtingen van actoren, die in de loop van de tijd veranderen, worden beïnvloed door veranderingen in het sociale netwerk, waar de actoren deel van uitmaken, en door uitkomsten van leerprocessen. Zo kan een experiment met positieve eindresultaten leiden tot nieuwe, hogere verwachtingen ten aanzien van de technologie. Dit kan on-

der andere een positieve invloed hebben op de investeringen die actoren bereid zijn te doen. Ook een breder sociaal netwerk kan leiden tot uitbreiding van de ter beschikking gestelde financiële middelen, waarmee bijvoorbeeld nieuwe experimenten bekostigd kunnen worden. Leerprocessen kunnen ook leiden tot verbeteringen aan de innovatie. Meestal zullen ook schaalvoordelen plaatsvinden met prijsdalingen als gevolg. Deze cyclus van interne processen wordt steeds opnieuw doorlopen en geleidelijk worden sociale netwerken en regels rond productspecificaties, technische standaarden, gebruikerswensen, etc. steeds stabiel. Na enige tijd kan diffusie van de innovatie plaatsvinden naar een ander toepassingsdomein en treden er verdere verbeteringen op in de techniek en gaan de prijzen omlaag. Zo kan de technologie in steeds grotere markten doorbreken. Ook ontstaan er bij de actoren in het sociale netwerk geleidelijk gevestigde belangen met betrekking tot de nieuwe technologie. Uiteindelijk vindt er een regimetransformatie plaats.

Het is ook mogelijk dat een transitie in gang wordt gezet doordat op macroniveau druk wordt uitgeoefend op het bestaande regime. Door maatschappelijke veranderingen kan een regime ter discussie worden gesteld. Het kan hierbij gaan om langzame ontwikkelingen, maar ook om plotselinge gebeurtenissen. Hierbij kan men denken aan oorlogen of aan grote ongelukken zoals de kerncentraleramp in Tsjernobyl.

Veranderingen blijken pas te kunnen doorzetten als ontwikkelingen op het ene niveau kunnen aanhaken bij ontwikkelingen op andere niveaus, die al in gang gezet zijn. Ontwikkelingen op microniveau (niche) moeten dus kunnen aanhaken op ontwikkelingen op mesoniveau (regime) en macroniveau (landschap). Nieuwe technologieën moeten bijvoorbeeld aansluiten bij nieuwe ontwikkelingen in markten, gebruikerswensen, maatschappelijke waarden en de politiek of een innovatie moet een oplossing verschaffen voor bepaalde problemen in het bestaande regime. Het gaat hierbij vaak om hybride vormen³⁷, welke weer verder worden getransformeerd, waardoor een nieuw technisch regime ontstaat. Hybride vormen zijn vaak aantrekkelijk omdat ze voortbouwen op 'sunk investments' van betrokken actoren (bijvoorbeeld in een infrastructuur) en op aanwezige kennis, waardoor men minder onzekerheid kent ten aanzien van de technologie. Stap voor stap komt men dan tot verdere transformatie (Geels, 2000; Hoogma, 2001; Kemp, 2000; Rotmans, 2000; Weber, 1999).

3.2.4 Transitiebeleid

Transities kunnen beïnvloed worden door overheidsbeleid. In deze paragraaf worden de verschillende kernpunten van transitie management besproken, welke van belang zijn voor de overheid bij het ontwikkelen van beleid om transities te sturen.

Lange termijn denken als afwegingskader voor korte termijn beleid

Bij transitiebeleid is het essentieel om steeds het lange termijn transitiedoel en de eindbeelden (verschillende manieren waarop het transitiedoel ingevuld kan worden, zowel technisch als maatschappelijk) in het oog te houden bij het ontwikkelen van beleid op korte termijn. Omdat een transitie een langdurig proces is, dat meestal minimaal één generatie beslaat, is op voorhand moeilijk in te schatten hoe deze er precies uit zal gaan zien. Daarom is het nodig dat eindbeelden, (tussen)doelstellingen³⁸ en beleidsinstrumenten gedurende de transitie voortdurend geëvalueerd en indien nodig bijgesteld worden, opdat het proces steeds bijgestuurd kan worden.

³⁷ Bij hybride vormen kan men denken aan een auto met een verbrandingsmotor en een elektromotor of een voertuig met een elektromotor aangedreven door een brandstofcel (waarvoor waterstof als brandstof dient) voorzien van een reformer die benzine of methanol om kan zetten in waterstof. Deze laatste technologie maakt dus gebruik van de bestaande infrastructuur van transportbrandstoffen zolang er nog geen waterstofinfrastructuur aanwezig is (Geels, 2000).

³⁸ Deze tussendoelstellingen hebben niet alleen een inhoudelijk en kwantitatief karakter (zoals meestal het geval is bij beleid), maar zijn ook kwalitatief en hebben betrekking op het verloop van het proces en leereffecten (Rotmans, 2000).

Openhouden van een breed scala aan technologische opties

Uitgaande van een lange termijn visie, moet er in het begin van een transitiepad nog geen keuze worden gemaakt voor een bepaalde technologische optie. Er moet juist worden ingezet op een breed scala aan alternatieven, welke gemakkelijk naast elkaar kunnen bestaan indien deze worden toegepast in niches. Door het openhouden van opties kan voorkomen worden dat men in een vroeg stadium bepaalde technologieën stimuleert, die later niet geschikt blijken te zijn en die toepassing van betere technologische opties in de toekomst uitsluiten, waardoor een gewenste transformatie van het gehele systeem onmogelijk wordt gemaakt (lock-in).

Denken in termen van meerdere domeinen, actoren en schaalniveaus

Bij het transitiedenken staat samenhang centraal. Het ‘aanhaken’ op ontwikkelingen op andere niveaus, die reeds in gang gezet zijn, is cruciaal voor het doorzetten van een systeemtransformatie. Dit houdt onder andere in dat er bij de introductie van innovaties ingespeeld moet worden op het ontstaan van nieuwe markten en op nieuwe ontwikkelingen in bestaande markten. Verder moeten de belangrijkste actoren zoveel mogelijk betrokken worden bij het proces, waardoor draagvlak wordt gecreëerd. Dit komt tot uiting in de wijze waarop het transitiedoel en het eindbeeld in de praktijk worden vormgegeven, namelijk door middel van een participatief proces. Hierdoor worden deze gedeeld en ondersteund door de meeste deelnemende actoren. Het tot stand brengen van discussies met actoren en het mobiliseren van deze actoren in de richting van het transitiedoel (netwerkmanagement) zijn twee belangrijke aspecten van transitiebeleid in de beginfase.

Sturen op leerprocessen

Tijdens de transitie treden leerprocessen op bij de betrokken actoren en naar aanleiding daarvan kan het proces, in overleg met al.le partijen, continu worden bijgestuurd. De overheid is hierbij zowel een speler als een sturende factor.

Een beleidsinstrument waarmee gestuurd kan worden op leerprocessen bij betrokken actoren is Strategisch Niche Management (SNM). Het gaat hierbij om het strategisch opzetten van experimenten voor nieuwe technologieën in geschikte specifieke toepassingsdomeinen, het aan elkaar koppelen van deze experimenten en het voortbouwen van grotere niches op basis van de resultaten van de experimenten. Dit moet uiteindelijk een transitie in gang zetten.

Een innovatie moet in de praktijk getest worden door echte gebruikers, afgeschermd van de reguliere markt, omdat de technologie daar nog niet kan concurreren. Dan kan men leren over bijvoorbeeld of de technologie aan de gebruikerseisen voldoet, welke milieu-effecten toepassing van de technologie met zich meebrengt en of er voldoende marktpotentieel bestaat. Men kan immers een nieuwe technologie niet volledig in een laboratorium ontwikkelen. In de niche vormt zich tevens een breed sociaal netwerk van actoren rondom de innovatie. Met SNM kunnen technische én sociale veranderingen, die met elkaar in overeenstemming zijn, bereikt worden. Bovendien kunnen meerdere technologische opties tegelijkertijd verkend worden, omdat deze in niches worden toegepast met elk hun eigen specifieke eisen. Dit is van belang in verband met het openhouden van technologische opties.

Inzetten op vernieuwing en verbetering

Transitiebeleid moet niet alleen inzetten op vernieuwing (systeeminnovatie), maar ook op verbetering (systeemoptimalisatie), omdat meestal een tussenstap nodig is om een transitie in gang te zetten. Dit kan door het stimuleren van zogenaamde ‘two-world’-opties (hybride vormen). Dergelijke technologieën voegen een nieuw element toe aan het bestaande systeem om daarin een specifiek probleem op te lossen én kunnen een belangrijke rol spelen gedurende het transitieproces en in het eindbeeld (Geels, 2000; Hoogma, 2001; Kemp, 2000; Rotmans, 2000).

3.3 Onderzoeksopzet

In de volgende paragrafen wordt de onderzoeksopzet uiteengezet. Allereerst zal in het kort worden aangegeven welke stappen achtereenvolgens doorlopen zullen worden om inzicht te krijgen in de kansen en barrières voor grootschalige toepassing van biobrandstoffen. Vervolgens wordt de methode die gebruikt is voor het eerste gedeelte van het onderzoek (beschrijving en vergelijking van regimes) nader uitgewerkt en toegelicht.

3.3.1 Algemene onderzoeksopzet

De eerste stap om de kansen en barrières voor toekomstige grootschalige toepassing van biobrandstoffen in kaart te brengen is een beschrijving van de huidige voorziening van transportbrandstoffen aan de hand van de zeven dimensies van een sociotechnisch regime (zie Paragraaf 3.2.2). Vervolgens wordt geanalyseerd welke krachten het huidige regime van bovenaf en onderaf onder druk zetten.

Op basis van de regimedimensies zal ook een toekomstige situatie, een ‘eindbeeld’, worden geschetst, waarin biobrandstoffen grootschalig worden toegepast in wegvoertuigen met interne verbrandingsmotoren. Vervolgens wordt deze toekomstige situatie vergeleken met de huidige situatie, waarna aangegeven zal worden bij welke onderdelen van de productieketen en bij welke dimensies (grote) veranderingen zullen (moeten) plaatsvinden en bij welke dimensies niets verandert. Op basis hiervan wordt inzicht gegeven in welke kansen en barrières zich kunnen voordoen bij de verschillende dimensies en welke actoren hierbij een rol spelen. Aan de hand van een analyse van belangen van actoren bij het in stand houden van het huidige regime (op basis van de beschrijving van het huidige regime) en een analyse van de belangen die zij kunnen hebben bij het realiseren van grootschalige toepassing van biobrandstoffen, wordt aangegeven in welke mate bepaalde actoren als drijvende krachten of als wrijvingskrachten voor de ontwikkeling naar het eindbeeld beschouwd kunnen worden.

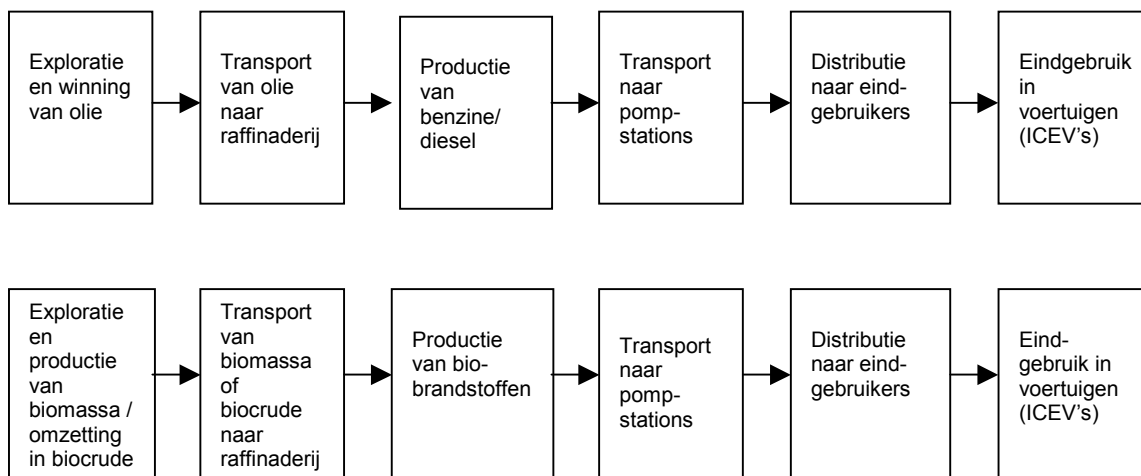
De vergelijking van het eindbeeld met het huidige regime geeft inzicht in de veranderingen die op lange termijn nodig zijn. Deze ontwikkelingen zullen nu al in gang gezet moeten worden. Het volgende onderdeel van het onderzoek bekijkt daarom een drietal mogelijke introductiescenario's voor toepassing van biobrandstoffen in Nederland, gebaseerd op de doelstellingen van de Europese Commissie in een conceptrichtlijn ter stimulering van toepassing van biobrandstoffen in transport (zie § 4.3.2). Aan de hand van deze scenario's wordt een indruk gegeven van de inspanningen die de betrokken actoren zouden moeten doen in het eerste gedeelte van het transitiepad (tot 2010). De nadruk ligt hier op financieel-economische aspecten, vanwege het belang van investeringen en kosten bij de introductie van een nieuwe technologie. Tevens wordt gekeken naar de gevolgen van introductie van biobrandstoffen voor eindgebruikers, wat betreft de kosten van brandstoffen en voertuigen, gebruiksgemak en veiligheid.

Daarna zal aandacht besteed worden aan het vervolg van het transitiepad (2010-2030). De introductiescenario's zullen op een bepaalde manier voortgezet moeten worden, wil men uiteindelijk uitkomen bij het eindbeeld. Door middel van een financiële analyse van investeringen in verschillende biobrandstofconversie-installaties wordt een beeld gegeven van hoe aantrekkelijk ‘nieuwe’ biobrandstoffen zijn voor potentiële producenten. Ook wordt gekeken naar acties van de overheid die nodig zijn om het transitiepad verder te sturen.

Op basis van de conclusies van deze analyse als geheel zullen beleidsaanbevelingen aan de overheid geformuleerd worden.

3.3.2 Methode van beschrijving en vergelijking van regimes

Om een goede vergelijking van de huidige en de toekomstige situatie mogelijk te maken, is het van belang dat deze op dezelfde systematische wijze worden beschreven. De verschillende schakels in de productieketens van conventionele transportbrandstoffen en biobrandstoffen worden hierbij als uitgangspunt gehanteerd. Deze productieketens kunnen als volgt schematisch worden weergegeven (Novem, 1999a):



Figuur 3.2 *Productieketens van conventionele motorbrandstoffen en biobrandstoffen*

Bij de verschillende onderdelen van de keten zullen de zeven dimensies van een sociotechnisch regime worden behandeld (Geels, 2000):

1. Sociaal netwerk van de waardeketen.
2. Symbolische betekenis van de technologie.
3. Kennis.
4. Technologie.
5. Infrastructuur.
6. Sectoraal beleid.
7. Functioneel of toepassingsdomein.

De schakels die een onderdeel vormen van de infrastructuur, 'Transport naar raffinaderij', 'Transport naar pompstations' en 'Distributie naar eindgebruikers', worden niet als aparte schakel besproken. Zij zullen aan bod komen bij de dimensie 'infrastructuur' bij de voorliggende schakel in de keten.

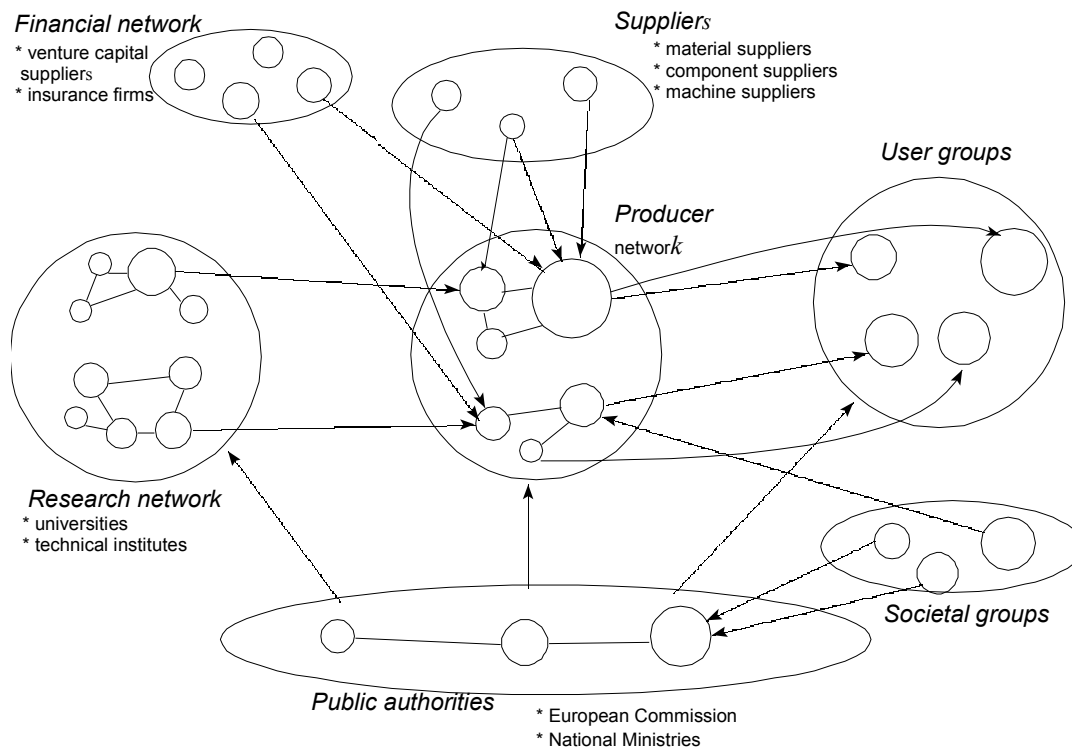
Deze productieketens zullen dus als volgt in drie onderdelen worden beschreven:

1. 'Exploratie en winning/productie' en 'Transport naar raffinaderij'
2. 'Productie', 'Transport naar pompstations' en 'Distributie naar eindgebruikers'
3. 'Eindgebruik in voertuigen'.

Hieronder wordt uitgelegd wat met elk van deze dimensies wordt bedoeld in dit onderzoek.

1. Sociaal netwerk van de waardeketen

De regels van een sociotechnisch regime worden gedragen door een netwerk van sociale groepen. Een algemene karakterisatie van het multi-actornetwerk van een sociotechnisch regime wordt in onderstaande figuur weergegeven:



Figuur 3.3 Het multi-actornetwerk van een sociotechnisch regime (Geels, 2000)

Een dergelijk algemeen plaatje van het sociale netwerk kan concreet ingevuld worden voor elk van de schakels in de productieketen. Bij de producenten wordt globaal uiteengezet welke marktpartijen en trends er zijn in die sector. Hier wordt ook aandacht besteed aan organisaties die producenten vertegenwoordigen. Bij leveranciers worden de relevante aanbieders van componenten, machines en grondstoffen besproken. Het element gebruikers omvat een beschrijving van de verschillende gebruikersgroepen, hun eisen of wensen ten aanzien van het product en organisaties die hun belangen behartigen. Het onderzoeksnetwerk omvat universiteiten en technische onderzoeksinstituten. Wanneer het onderzoek voornamelijk wordt verricht door bedrijven in de sector zelf en/of door hun toeleveranciers, zal dit ook bij het onderzoeksnetwerk worden besproken. Bij de overheidsinstellingen wordt gekeken naar welke Nederlandse ministeries en welke instellingen op Europees niveau te maken hebben met het beleid ten aanzien van een bepaalde sector. Indien dit relevant is, wordt ook aandacht besteed aan de rol van provinciale of lokale overheden. Bij maatschappelijke groepen wordt hier alleen gekeken naar natuur- en milieuorganisaties. Zij kunnen invloed uitoefenen op industrieën, de politieke besluitvorming en de publieke opinie.

Het financiële netwerk van organisaties zoals banken en verzekeringsmaatschappijen zal in de regimebeschrijving buiten beschouwing worden gelaten. Er wordt aangenomen dat er geen belangrijke veranderingen in het financiële netwerk zullen optreden.

Men zou bovenstaande figuur eventueel kunnen uitbreiden met normalisatie-instituten. Deze instituten worden hier niet apart behandeld, maar de normen die van belang zijn voor de regimebeschrijving zullen aan bod komen bij de dimensie sectoraal beleid.

2. Symbolische betekenis van de technologie

Materiële voorwerpen hebben voor mensen niet alleen een gebruiksfunctie, maar ook een symbolische betekenis. Bij dit laatste worden voorwerpen geassocieerd met bepaalde ‘eindwaarden’ die mensen nastreven in hun leven, zoals gezondheid, relaties, vrije tijd, natuur, vrijheid (of controle) en plezier. De symbolische betekenis is van belang voor hoe wij onszelf zien en hoe wij anderen zien. Hierbij kan men denken aan identiteit, waarden, status, behoren bij een groep, en stereotypen (Internetbron 20). De symbolische betekenis van een technologie komt onder andere tot uitdrukking in de publieke opinie ten aanzien van een technologie (de acceptatie van een technologie door burgers). Deze kan beïnvloed worden door maatschappelijke groepen zoals natuur- en milieuorganisaties en consumentenorganisaties en door de media. Hoewel dit oorspronkelijk niet in deze dimensie opgenomen is, zal ook gekeken worden naar de economische en politiek-strategische betekenis van een technologie voor de maatschappij, omdat dit hier een belangrijke rol lijkt te spelen.

De volgende twee dimensies, kennis en technologie, zijn moeilijk van elkaar te scheiden, aangezien deze in de praktijk door elkaar heen lopen. Bovendien wordt technologie vaak gedefinieerd in termen van kennis. Hieronder zal echter een onderscheid worden aangebracht tussen welke elementen in dit onderzoek als ‘kennis’ zullen worden beschouwd en welke onder de dimensie ‘technologie’ vallen.

3. Kennis

Bij de kennisbasis van een bedrijf kan een onderscheid gemaakt worden tussen verschillende vormen van kennis. In de eerste plaats is er algemene wetenschappelijke kennis. Deze speelt in sommige sectoren een zeer grote rol, bijvoorbeeld in de halfgeleiderindustrie. De tweede vorm van kennis is generieke kennis op sectorniveau of op het niveau van een bepaald product, die wordt gedeeld door bedrijven binnen een bepaalde industrie en die in principe voor alle bedrijven binnen die sector beschikbaar is³⁹. Deze kennis heeft betrekking op bijvoorbeeld de technische functies en prestaties van producten of het gebruik van materialen. Ten derde heeft ieder bedrijf ook specifieke, sterk gelocaliseerde kennis, waarop zijn concurrentiepositie gebaseerd is (Smith, 1995).

Bij elk van bovengenoemde vormen van kennis is er sprake van deels formele (gesproken en geschreven) kennis en deels ‘tacit knowledge’, oftewel impliciete kennis die in de hoofden zit van technici, ingenieurs en wetenschappers of ingebed is in technische artefacten zoals machines. Vooral bij het niveau van de specifieke kennis van een bedrijf komt veel ‘tacit knowledge’ voor, die tot uitdrukking komt in de vaardigheden van medewerkers van het bedrijf. Naast het feit dat de diverse vormen van kennis meer of minder expliciet (oftewel gecodificeerd) zijn, verschillen zij ook in de mate waarin zij openbaar toegankelijk zijn en in wie de eigenaar ervan is (Howells, 1995; Smith, 1995).

Hier zal de dimensie kennis beperkt worden tot algemene wetenschappelijke kennis die relevant is voor de sectoren die in dit onderzoek aan bod komen. De technologische kennis op sectorniveau die te maken heeft met producten en productieprocessen wordt hier niet meegenomen, maar wordt ondergebracht bij de dimensie technologie. De derde vorm van kennis, die specifiek is voor elk afzonderlijk bedrijf, zal in deze analyse niet aan bod komen, omdat de analyse op sectorniveau zal plaatsvinden.

³⁹ Het geheel aan wetenschappelijke en technologische kennis beschikbaar voor private sectoren wordt ook wel de ‘technologische infrastructuur’ genoemd. Deze infrastructuur omvat generieke technologieën, infratechnologieën, technische informatie, onderzoeks- en testfaciliteiten en kennis op minder technische gebieden zoals strategische planning, marktontwikkeling, samenwerking tussen industriële sectoren en de overheid en toewijzing van octrooien (Smith, 1995).

4. Technologie

Technologie bestaat uit een hardware- en een softwarecomponent. De hardware heeft betrekking op een fysiek artefact en de software omvat de informatie die nodig is om dit object te kunnen gebruiken⁴⁰. In veel gevallen overheerst de hardwarekant van een technologie, zoals de machines en gereedschappen die een onderdeel vormen van een bepaalde productietechnologie (Howells, 1995; Rogers, 1995).

De dimensie technologie heeft in dit onderzoek betrekking op fysieke artefacten en de technologische kennis die samenhangt met het gebruik hiervan, dus productieprocessen en de daaruit voortkomende producten. Er zal bij deze dimensie aandacht worden besteed aan productieprocessen, productkenmerken en technologische ontwikkelingen.

5. Infrastructuur

Het gaat hierbij om materiële infrastructuur, die hier afgebakend wordt tot alleen die infrastructuur die te maken heeft met transport van olie, biomassa en motorbrandstoffen, zoals pijpleidingen, trucks, schepen, treinen en opslagdepots. Er wordt aangenomen dat er geen veranderingen in de overige infrastructuur zullen optreden (zoals wegen en elektriciteitsnetten).

6. Sectoraal beleid

Bij deze dimensie wordt gekeken naar het overheidsbeleid ten aanzien van de sectoren die in dit onderzoek een rol spelen. Sturing van de overheid kan nodig zijn indien er sprake is van bijvoorbeeld falen van de markt of externe effecten, die te maken hebben met maatschappelijke efficiëntie, rechtvaardigheid en duurzaamheid. De volgende typen beleidsinstrumenten zullen bij deze dimensie behandeld worden (Douben, 1997):

- administratieve instrumenten (onder andere octrooiëring van kennis, concessie- en vergunningverlening, normen, productvoorschriften, geboden en verboden).
- financiële instrumenten (verhandelbare (emissie)rechten, heffingen en subsidies).
- initiërende en coördinerende instrumenten (onder andere voorlichting, creatie van nieuwe netwerken, convenanten).
- vraaginstrumenten (vraag van de overheid naar innovatieve producten).

7. Functioneel of toepassingsdomein

Deze dimensie omvat aspecten zoals marktniches, gebruikersvoorkeuren en -competenties (Geels, 2000). Bij elk van de onderdelen van de productieketen zal kort worden aangegeven wat het toepassingsdomein is van het desbetreffende eindproduct. Op aspecten met betrekking tot gebruikers wordt verder ingegaan bij het element gebruikers bij de dimensie sociaal netwerk.

3.3.3 Methoden van dataverzameling voor de beschrijving van regimes

Het huidige regime

Voor de beschrijving van het huidige regime wordt voornamelijk gebruik gemaakt van bestaande schriftelijke bronnen, zoals onderzoeksrapporten over relevante sectoren en Nederlandse en Europese beleidsdocumenten. Ook worden voor sommige aspecten experts geraadpleegd.

Het eindbeeld

De belangrijkste bronnen voor de vormgeving van het eindbeeld zijn interviews met deskundigen. Gebaseerd op hun meningen over hoe een toekomstige situatie waarin biobrandstoffen een grote rol spelen eruit zal zien, wordt een eindbeeld geconstrueerd. De basis voor deze interviews, die mondeling worden afgenomen, is een vragenlijst (zie Bijlage D). De eerste vragen

⁴⁰ Een computer is een goed voorbeeld: de hardware bestaat uit een geheel van elektronische componenten met een metalen kast eromheen, de software bestaat uit gecodeerde opdrachten, instructies en andere informatie die nodig is om de hardware te kunnen gebruiken (Rogers, 1995).

hiervan vormen een inleiding en geven de respondent de gelegenheid voor zichzelf een algemeen beeld te schetsen van een toekomstige situatie waarin biobrandstoffen een belangrijke rol spelen. Voor de overige vragen worden de actoren die in het huidige regime een rol spelen als uitgangspunt gehanteerd. Aan vijf respondenten worden alle vragen voorgelegd en afhankelijk van het expertisegebied van de betreffende respondent wordt tijdens het gesprek op sommige vragen meer nadruk gelegd of wordt doorgevraagd over specifieke zaken. Voor specifieke informatie met betrekking tot een bepaald onderwerp worden telefonisch andere personen geraadpleegd. Naast interviews worden ook bestaande schriftelijke bronnen gebruikt als aanvullende informatie.

Er is voor deze methode van informatieverzameling gekozen, omdat experts een goede inschatting kunnen geven van de te verwachte ontwikkelingen op hun kennisgebied en of/hoe (grootschalige) toepassing van biobrandstoffen in wegvoertuigen hierbinnen past. Door gebruik te maken van een basisvragenlijst is geprobeerd om zo gestructureerd mogelijk de visies van de respondenten in kaart te brengen om deze later zo goed mogelijk met elkaar te kunnen vergelijken. De vragenlijst is van tevoren naar de respondenten toegestuurd. De gespreksvorm van het interview biedt de mogelijkheid om eventueel vragen te verduidelijken en aanvullende vragen te stellen die betrekking hebben op het kennisgebied van de respondent. Tevens biedt een mondeling interview de respondent de mogelijkheid om zijn/haar mening uitgebreid weer te geven, eventueel ook over aspecten die niet expliciet in de vragenlijst zijn opgenomen maar die volgens hem/haar wel van belang zijn.

Natuurlijk is het voor een weergave van een zo gedetailleerd mogelijk eindbeeld wenselijk om een groot aantal deskundigen te interviewen. Vanwege het tijdsbestek van dit onderzoek is het aantal respondenten aan wie de gehele vragenlijst is voorgelegd beperkt tot vijf. Wel is geprobeerd de verschillende elementen van het eindbeeld zoveel mogelijk door meerdere meningen af te dekken en is gekozen voor respondenten uit verschillende 'werelden' (onderzoek, bedrijfsleven, en intermediaire organisatie) en met diverse kennisgebieden. De personen die telefonisch geraadpleegd zijn voor specifieke aspecten in het eindbeeld zijn vertegenwoordigers van overheden, belangenorganisaties van eindgebruikers en natuur- en milieuorganisaties (Baarda, 1997).

4. HET HUIDIGE REGIME EN HET EINDBEELD

In het huidige regime worden uit aardolie geproduceerde motorbrandstoffen gebruikt in voertuigen met interne verbrandingsmotoren, welke bestemd zijn voor vervoer van personen en goederen. Dit regime is beschreven aan de hand van de zeven regimedimensies, op de wijze die besproken is in het vorige hoofdstuk. Deze beschrijving is te vinden in Bijlage C.

In dit hoofdstuk wordt eerst geanalyseerd welke macro- en microfactoren druk uitoefenen op het huidige regime. Vervolgens wordt een algemeen eindbeeld geschetst waarin biobrandstoffen op grote schaal worden toegepast in wegvoertuigen in Nederland in 2030.

Op basis van een vergelijking van het huidige regime en het eindbeeld, die beschreven zijn aan de hand van de regimedimensies, worden de veranderingen die nodig zijn om het eindbeeld te bereiken in kaart gebracht. Dit geeft inzicht in waar in de productieketen transitiekenmerken terug te vinden zijn en welke kansen en barrières kunnen optreden. Daarna wordt het krachtenveld van actoren in beeld gebracht en wordt aangegeven welke actoren als drijvende kracht of wrijvingskracht voor de overgang naar het eindbeeld beschouwd kunnen worden.

4.1 Druk op het huidige regime

In de loop der tijd zijn de regels, waaruit het huidige regime bestaat, steeds meer op materiële en sociale wijze verankerd en op elkaar afgestemd geraakt, waardoor deze samen een dynamisch evenwicht vormen. Het huidige regime wordt echter zowel van bovenaf als van onderaf onder druk gezet om te veranderen.

Op macroniveau (van bovenaf) ziet men dat er een steeds groter besef ontstaat van het onduurzame karakter van onze huidige verkeer- en vervoerssector. Het gaat hierbij niet enkel om de klimaatveranderingsproblematiek, waaraan deze sector een reeds substantiële en steeds verder toenemende bijdrage levert, maar om de algemene leefbaarheid in onze maatschappij. Deze wordt bedreigd door een groeiende verkeer- en vervoerssector omdat deze negatieve effecten zoals luchtvervuiling, congestie, ruimtebeslag, verkeersonveiligheid en geluidsoverlast met zich meebrengt.

Een andere factor die zorgt voor druk van bovenaf heeft te maken met de politiek-strategische en economische betekenis van olie. Nederland wordt steeds afhankelijker van olie-importen, net als veel andere Europese landen, wat gezien wordt als een ongewenste ontwikkeling. Naar verwachting zullen de OPEC-landen in de toekomst nog meer invloed kunnen uitoefenen op de prijzen en productiehoeveelheden. Een toekomstige oliecrisis kan grote negatieve politieke, economische en maatschappelijke gevolgen hebben voor Nederland. Men probeert wel onafhankelijker te worden van olie door energiebesparing en toepassing van andere energiedragers (aardgas, duurzame energie), maar met een afnemende eigen productie en een stijgende vraag naar olieproducten door de verkeer- en vervoerssector zal geïmporteerde olie een zeer belangrijke rol blijven spelen in de onze maatschappij (Wieleman, 2001). Er zijn voor de energievoorziening in de verkeer- en vervoerssector echter weinig alternatieve bronnen, vergeleken met bijvoorbeeld de elektriciteitsvoorziening.

Op microniveau worden alternatieve technologieën voor de verkeer- en vervoerssector ontwikkeld. Van onderaf wordt zo enige druk uitgeoefend door nieuwe vervoerssystemen, aandrijftechnieken en brandstoffen, die in niches worden ontwikkeld en toegepast. Bij nieuwe aandrijftechnieken en brandstoffen die niet gebaseerd zijn op fossiele olie kan men denken aan elektrische voertuigen (met accu of met brandstofcel) en voertuigen op aardgas (CNG). Deze worden voornamelijk (op experimentele basis) toegepast in zogenaamde 'fleets'. Bij personenauto's is

er sprake van zeer kleine niches: in 2001 behoorden 58 elektrische voertuigen en 46 CNG-voertuigen bij het actieve personenautopark in Nederland, met een totaal aantal van ruim 6,5 miljoen⁴¹. Bij bedrijfsvoertuigen⁴² waren deze aantallen iets groter: 84 elektrische en 540 CNG-voertuigen op een totaal aantal van bijna 1 miljoen voertuigen. In sommige Europese landen zijn ook al niches voor biobrandstoffen, voornamelijk ethanol en biodiesel (zie Hoofdstuk 2). Wanneer deze alternatieve technologieën achtereenvolgens verschillende niches hebben doorlopen, verwerven zij een groeiend marktaandeel en kunnen zo druk uitoefenen op het bestaande regime en soms uiteindelijk zelfs een regimetransformatie in gang zetten.

In de volgende paragraaf zal worden geschetst waar we naar toe willen met een verandering van het huidige regime: een eindbeeld waarin biobrandstoffen op grote schaal worden toegepast in wegvoertuigen in Nederland in 2030. Vervolgens wordt bekeken welke veranderingen nodig zijn om dit te bereiken en welke kansen en barrières hierbij kunnen optreden.

4.2 Een eindbeeld van Nederland in 2030

Grootschalige toepassing van biobrandstoffen is een niet een op zichzelf staande ontwikkeling, de maatschappij als geheel zal de komende 30 jaar veranderen. Daarom wordt hier een eindbeeld geschetst van hoe de maatschappij er dan uit zou kunnen zien en welke rol biobrandstoffen hierin spelen.⁴³

We kijken 30 jaar vooruit...hoe ziet onze wereld, en Nederland in het bijzonder, er dan uit?

Nederland zal in 2030 zo'n 18 miljoen inwoners tellen. De werkgelegenheidssituatie is zeer gunstig en meer mensen werken, meestal in deeltijd. De totale arbeidstijd neemt toe, maar mensen houden meer tijd over voor recreatie en zorg voor hun kinderen en ouders. Het vrije marktdenken speelt een belangrijke rol, maar er is eveneens aandacht voor maatschappelijke waarden zoals een sociale samenleving en collectief welzijn. Dit uit zich ook in de politiek, waarin duurzaamheid, welvaart voor de maatschappij als geheel en een redelijke verdeling hiervan en een evenwichtige economische ontwikkeling belangrijke speerpunten zijn. Dit is niet alleen in Nederland, maar ook internationaal gezien het geval. De Nederlandse wetgeving wordt grotendeels bepaald door wetgeving van de Europese Unie, die uitgebreid is met landen in Midden- en Oost-Europa. Europa loopt voorop in het streven naar duurzaamheid, wat in andere delen van de wereld wordt overgenomen omdat steeds duidelijker wordt wat de negatieve gevolgen zijn van klimaatverandering en vervuiling en het besef groeit dat dit probleem een mondiale aanpak vereist. De belangrijkste landen in de wereld hebben internationale afspraken gemaakt over de toegestane mondiale emissieruimte voor CO₂ en de verdeling van emissierechten, die verhandeld mogen worden. Bovendien zijn de mechanismen, waarmee landen hun vereiste reductie van CO₂-emissies door middel van projecten in het buitenland kunnen bewerkstelligen, verontwikkeld. Geïndustrialiseerde landen moeten, volgens een verdelingsprincipe van gelijke emissies per hoofd van de bevolking, hun emissies met de helft reduceren ten opzichte van 1990. Voor Nederland betekent dit een emissieplafond van 85 miljoen ton CO₂ per jaar, maar omdat Nederland gebruik maakt van bovengenoemde mechanismen mag de emissie binnen de Nederlandse grenzen maximaal 120 miljoen ton CO₂ bedragen.

⁴¹ LPG-personeelauto's hebben een aandeel van ruim 300.000 (ongeveer 5%), waardoor het geen technologische niche meer is. Bij bedrijfsvoertuigen rijdt ongeveer 2,6% op LPG (internetbron 10).

⁴² Dit zijn bestelauto's, vrachtwagens, trekkers, autobussen en speciale voertuigen (internetbron 10).

⁴³ In het kader van het project 'Verkeer en vervoer in de 21^e eeuw' is een viertal scenario's ontwikkeld, op basis van twee dimensies: 'economische dynamiek' en 'draagvlak voor duurzaamheid'. Alleen in de duurzame scenario's is een rol weggelegd voor biobrandstoffen. De eindbeeldbeschrijving in deze paragraaf sluit het meest aan bij het scenario 'Duurzame balans', met als belangrijkste kenmerken een lage economische groei, een langzame technologische ontwikkeling en veel draagvlak voor duurzaamheid, omdat hierin het aandeel biobrandstoffen het grootst is (Van Gerwen, 1998).

Duurzaamheid, waaronder de vereiste emissiereductie, wordt niet zozeer bereikt door technologische ontwikkeling of hoge economische groei⁴⁴, maar eerder door vermindering van consumptie. Er wordt ingezet op reductie van energiegebruik en mobiliteit(sgroei) en men probeert de overblijvende vraag in toenemende mate op een duurzame manier in te vullen. Hoewel mensen dichter bij hun werk gaan wonen, neemt door het grotere aantal inwoners en het feit dat meer mensen een betaalde baan hebben buitenshuis de mobiliteit wel sterk toe (zowel in totaal als per hoofd van de bevolking)⁴⁵. Het aantal auto's per hoofd van de bevolking is toegenomen en in 2030 telt Nederland er ruim 10 miljoen⁴⁶, die samen zo'n 140.000 miljoen kilometer per jaar afleggen. Het aantal kilometers per auto is wel gedaald. De diversiteit aan typen personenauto's is toegenomen en de keuze voor een bepaald type voertuig is afhankelijk van voor welk doel men een voertuig nodig heeft. Men maakt nog steeds gebruik van een 'all purpose'-voertuig, maar deze zal kleiner en lichter zijn dan de gemiddelde personenauto dertig jaar terug. Deze voertuigen mogen niet meer in stedelijke gebieden gebruikt worden. Wel worden daar kleinere, zeer zuinige en schone voertuigen gebruikt, evenals een zeer goed collectief openbaar vervoerssysteem (vooral railsystemen zoals treinen en trams). Er wordt ook gebruik gemaakt van nieuwe concepten zoals autodeelsystemen (ongeveer 5% van het autopark zal bestaan uit deelauto's), automatische voertuiggeleiding (AVG) en externe snelheidsbeïnvloeding. Bij het goederenvervoer is net al.s bij de personenmobiliteit een sterke groei te zien in het aantal kilometers, zodat vrachtvoertuigen in 2030 samen zo'n 18.000 miljoen kilometer afleggen (bijna een verdubbeling ten opzichte van 2010).

In 2030 zal de interne verbrandingsmotor nog steeds de dominante aandrijftechniek zijn bij wegvoertuigen, maar er is een ontwikkeling naar hybride personenauto's (niet bij vrachtwagens omdat een hybride aandrijving geen voordelen oplevert). Ook worden op kleine schaal brandstofcelvoertuigen toegepast⁴⁷. De verbrandingsmotor zal veel schoner (onder andere veel lagere emissies van NO_x, SO₂ en deeltjes) en zuiniger (het energiegebruik ligt ongeveer 20% lager voor personenauto's, dit percentage ligt wat lager voor vrachtwagens) zijn en blijft zo nog lang aan steeds strengere energieverbruiks- en emissie-eisen van de Europese wetgeving voldoen. Het energieverbruik van het wegverkeer in 2030 zal ondanks grote efficiencyverbeteringen bij voertuigen bijna 600 PJ bedragen (dit is nu ongeveer 400 PJ). Om in deze vraag te voorzien, worden nog steeds wel conventionele motorbrandstoffen (benzine en diesel) gebruikt, maar dit wordt door de overheid ontmoedigd, waardoor ook biobrandstoffen, aardgas en in mindere mate elektriciteit en waterstof worden ingezet al.s energiedragers voor transport. In 2030 zullen biobrandstoffen een aandeel hebben van 20% in de gebruikte motorbrandstoffen in Nederland (120 PJ). Dit geldt ook voor de andere Europese lidstaten. De aandelen van waterstof en aardgas nemen steeds verder toe, maar deze zijn kleiner dan het aandeel van biobrandstoffen. Door concurrentie van alternatieve brandstoffen, neemt het aandeel van fossiele benzine en diesel af. De biomassa, die nodig is voor de productie van biobrandstoffen, bestaat vooral uit landbouwresiduen en hout- en grasachtige materialen en is voornamelijk afkomstig uit lidstaten in Oost-Europa en wordt daar in productiefaciliteiten met een hoog rendement (70-80%) omgezet in biobrandstoffen. Deze worden vervolgens naar raffinaderijcomplexen getransporteerd - Nederland heeft haar sterke positie op het gebied van raffinage weten te behouden - en daar verder verwerkt. Omdat er binnen Europa niet genoeg biomassa beschikbaar is om alle lidstaten van voldoende biobrandstoffen te voorzien, wordt ook biomassa en biobrandstof geïmporteerd van buiten de Europese Unie. Voor Nederland is 9 miljoen ton biomassa per jaar nodig voor pro-

⁴⁴ Dit is wél het geval in het scenario 'Duurzame groei', dat een hoge economische dynamiek kent (Van Gerwen, 1998).

⁴⁵ Deze groei zou echter nog groter zijn geweest wanneer men in plaats van minder juist meer was gaan consumeren. Dit blijkt uit een vergelijking van de personenmobiliteit in het scenario 'Duurzame balans' met het scenario 'Duurzame groei' (Van Gerwen, 1998).

⁴⁶ Dit waren er ruim 6,5 miljoen in 2001 (Internetbron 10).

⁴⁷ Biobrandstoffen kunnen zowel in verbrandingsmotoren als in brandstofcellen (met 'on board' omzetting in waterstof) toegepast worden. Sommige respondenten denken dat interne verbrandingsmotoren en brandstofcellen met biobrandstoffen nog lange tijd naast elkaar toegepast zullen worden, andere verwachten dat de brandstofcel (met biobrandstoffen of waterstof geproduceerd uit andere bronnen), uiteindelijk de dominante aandrijftechniek wordt (Expertinterviews, 2001).

ductie van biobrandstoffen⁴⁸, dit betekent een totaal landbeslag van zo'n 700.000 ha. Olieconcerns hebben zich de afgelopen jaren steeds meer bemoeid met de productie van biomassa en biobrandstoffen zodat de levering zoveel mogelijk is gegarandeerd. Ze hebben dit steeds meer in eigen hand genomen door investeringen in land- en bosbouwbedrijven over de hele wereld, oprichting van joint ventures met of overname van deze bedrijven. Olieconcerns beperken zich niet tot de productie van één enkele biobrandstof, maar richten zich op meerdere vanwege de specifieke eigenschappen van deze brandstoffen. Zij mengen ethanol (afkomstig uit lignocellulose houdende gewassen) grootschalig bij bij fossiele benzine. Ze gaan hierbij niet verder dan het percentage dat haalbaar is (20%) zonder dat aanpassingen aan de motor of infrastructuur nodig zijn. Als substituuut voor diesel wordt Fischer-Tropsch diesel geproduceerd. Deze wordt niet puur toegepast op grote schaal omdat de productiecapaciteit daarvoor nog niet voldoende is, maar deze biobrandstof wordt wel bijgemengd bij fossiele diesel. Ook wordt nog steeds biodiesel geproduceerd die puur wordt gebruikt in speciale 'dedicated' voertuigen in 'captive fleets', maar het aandeel hiervan neemt af. Dit komt doordat accijns op transportbrandstoffen afhankelijk zijn gemaakt van de CO₂-emissie en dit is in toenemende mate ongunstig voor biodiesel, welke vanuit milieuoogpunt minder aantrekkelijk is dan ethanol en Fischer-Tropsch. Naast deze biobrandstoffen zullen ook andere toegepast worden zoals methanol en DME maar dit zal slechts op zeer beperkte schaal zijn (niet grootschalig bijgemengd door de olieconcerns)⁴⁹.

Voor de voorziening in olie is Nederland zeer afhankelijk van import van buiten de Europese Unie, omdat de voorraden van de Unie nagenoeg uitgeput zijn en de uitbreiding van de Unie nauwelijks nieuwe voorraden heeft opgeleverd, maar wel een sterk stijgende energievraag. De prijs van ruwe olie zal ongeveer 30 US dollar per vat bedragen.

Voor de energievoorziening als geheel geldt dat er steeds is voortgebouwd op de reeds bestaande infrastructuur en dat er nog geen transitie heeft plaatsgevonden naar een voorziening die grotendeels gebaseerd is op waterstof of elektriciteit. Voor productie van elektriciteit en warmte worden wel al duurzame bronnen gebruikt, met name fotonvoltaïsche zonne-energie en wind-energie en in mindere mate biomassa. Biomassa wordt voornamelijk gebruikt als grondstof voor biobrandstoffen, omdat er voor elektriciteitsproductie meer alternatieve bronnen zijn dan voor transportbrandstoffen. Warmtepompen zijn de belangrijkste technologie voor het produceren van warmte van de gewenste kwaliteit. Fossiele brandstoffen zijn nog steeds de dominante energiedragers, maar het aandeel daarvan neemt af onder invloed van overheidsbeleid, waardoor de milieukosten in de prijs van fossiele brandstoffen geïnternaliseerd zijn (Europese Commissie, 2000, 2001a; Expertinterviews, 2001; Van Gerwen, 1998; Ministerie van VROM, 2001; RIVM, 2000; UCE, 2000; Internetbron 10).

4.3 Uitgangspunten voor de invulling van het eindbeeld aan de hand van regimedimensies

Aan de hand van interviews is een eindbeeld beschreven voor de grootschalige toepassing van biobrandstoffen, van productie van biomassa tot en met eindgebruik van biobrandstoffen in voertuigen. Hier wordt uiteengezet welke uitgangspunten de respondenten hebben gehanteerd bij het geven van hun mening over de invulling van dit eindbeeld.

⁴⁸ Uitgaande van een omzettingsrendement van 70% en van de gegevens in de voetnoot in Bijlage E.1.4 (blz. 122).

⁴⁹ De meeste respondenten gaan niet uit van één enkele optie die de biobrandstoffenmarkt zal domineren op langere termijn, maar van een klein aantal dat naast elkaar zal bestaan (twee tot vier verschillende). Ethanol, Fischer-Tropsch diesel en biodiesel zijn hierbij het meest genoemd. Een klein aantal lijkt enerzijds waarschijnlijk vanwege de complexiteit van de productie, distributie en het eindgebruik in voertuigen die ontstaat bij toepassing van een groot aantal verschillende brandstoffen. Anderzijds worden momenteel investeringen gedaan door marktpartijen in een breed scala aan conversietechnieken (bijvoorbeeld in het kader van de demonstratieprojecten in de tweede fase van het GAVE-programma) en vanwege de afschrijvingstermijn daarvan zal de komende 20 jaar mogelijk nog een groot aantal biobrandstoffen naast elkaar blijven bestaan (Expertinterviews, 2001).

4.3.1 Grootschalige toepassing en op welke termijn?

Er zijn verschillende meningen over of biobrandstoffen op grote schaal toegepast zullen worden, op welke termijn dit zal gebeuren en welk aandeel in de markt als grootschalig beschouwd kan worden. Sommige respondenten vinden dat een aandeel van 6 tot 10% (vergelijkbaar met LPG nu) als grootschalig gezien kan worden, omdat het om enorme hoeveelheden brandstof gaat, andere spreken over grootschalig bij 20 tot 50%. Dergelijke percentages zullen echter niet haalbaar zijn vóór 2030, vanwege de lange levensduur van installaties, infrastructuur en voertuigen en de grote investeringen die gedaan moeten worden. Wellicht worden zulke grote aandelen dan nog steeds niet gehaald⁵⁰. Hiervoor is een grote inspanning nodig van alle betrokken partijen, zoals overheden en marktpartijen. Dit geldt ook voor de korte termijn. Indien deze inspanning groot genoeg is, lijken (als ambitieus beschouwde) aandelen van 6 tot 10% in 2010 wel haalbaar. Welk aandeel maximaal verwacht kan worden op lange termijn is niet alleen afhankelijk van de inspanning van actoren, maar ook van factoren zoals de aanvoer van biomassa (import), de ontwikkeling van de internationale biomassamarkt, de concurrentie van biobrandstoffen met andere biomassatoepassingen, regelgeving, de ontwikkeling van de conversietechnologie, het belang van biobrandstoffen voor de markt voor oliemaatschappijen (de vraag naar groene brandstoffen), de emissiereductie die gehaald kan worden met conventionele motoren, de concurrentie van andere alternatieve brandstoffen (zoals aardgas) en de kostprijs van biobrandstoffen. Hoewel de respondenten verschillende meningen hebben over welk aandeel biobrandstoffen op den duur kunnen halen en op welke termijn, komen hun meningen over de invulling van het eindbeeld wel in grote lijnen met elkaar overeen. Daarom wordt er slechts één eindbeeld uitgewerkt, waarbij wordt uitgegaan van een aandeel van 20% biobrandstoffen op de motorbrandstoffenmarkt in 2030.

4.3.2 De ontwerprichtlijnen van de Europese Commissie ter bevordering van biobrandstoffen

De meeste respondenten zijn bekend met het feit dat de Europese Commissie in juni 2001 twee conceptrichtlijnen⁵¹ uitgevaardigd heeft ter stimulering van het gebruik van biobrandstoffen in transport. Omdat deze door hen als kader gebruikt zijn voor de invulling van hun visie op het eindbeeld, wordt in deze paragraaf aandacht besteed aan de aanleiding voor en de inhoud van deze conceptrichtlijnen.

In het Groenboek 'Op weg naar een Europese strategie voor een continue energievoorziening' uit 2000⁵² komen verschillende redenen naar voren om toepassing van biobrandstoffen in de verkeer- en vervoerssector te stimuleren. Allereerst wil men voorkomen dat de Europese Unie, met een transportsector die bijna voor 100% gebaseerd is op olie, nog afhankelijker wordt van import van olie. Verder verwacht men dat de hoeveelheid broeikasgasemissies veroorzaakt door deze sector zal blijven toenemen, hetgeen indruist tegen de doelstellingen om deze te verminderen. Biobrandstoffen kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan de reductie van de uitstoot van CO₂ en andere schadelijke stoffen. Ook ziet men in de productie van biomassa voor de energievoorziening nieuwe inkomstenbronnen en mogelijkheden voor werkgelegenheid in rurale gebieden, wat met name van belang kan zijn voor toekomstige lidstaten van de Europese Unie. Energieteelt kan eveneens een bijdrage leveren aan de multifunctionaliteit en duurzaam-

⁵⁰ Eén respondent verwacht dat het aandeel van biobrandstoffen hooguit 10% zal bedragen in 2025.

⁵¹ Voorstel voor een Richtlijn van het Europese Parlement en van de Raad met betrekking tot de promotie van het gebruik van biobrandstoffen in transport (2001/0265 (COD)) en Voorstel voor een Richtlijn van de Raad ter wijziging van de Richtlijn 92/81/CEE met betrekking tot de mogelijkheid tot het toepassen van gereduceerde accijnstarieven op bepaalde minerale oliën die biobrandstoffen bevatten en op biobrandstoffen (2001/0266 (CNS)), zie Europese Commissie (2001b, 2001c).

⁵² COM(2000)769 van 29/11/2000.

heid van de landbouw. In dit Groenboek wordt als doel gesteld dat alternatieve brandstoffen, dus biobrandstoffen, aardgas en waterstof samen,⁵³ een aandeel moeten hebben van 20% in het totale brandstofgebruik van de verkeer- en vervoerssector in 2020. Tot nu toe hebben echter slechts vier lidstaten specifieke maatregelen genomen om toepassing van biobrandstoffen te stimuleren naar aanleiding van een in 1997 aangenomen Witboek⁵⁴. Dit heeft geleid tot twee ontwerprichtlijnen ter bevordering van het gebruik van biobrandstoffen in transport.

De eerste conceptrichtlijn verplicht de lidstaten voor de periode 2005-2010 om een minimum percentage aan biobrandstoffen te garanderen in de nationale verkoop van transportbrandstoffen. Voor 2005 is dit 2% en dit loopt jaarlijks op met 0,75% tot 5,75% in 2010. Vanaf 2009 moet een minimum percentage biobrandstoffen bijgemengd worden in op de nationale markt verkochte conventionele transportbrandstoffen, namelijk 1% in 2009 en 1,75% in 2010, zowel bij benzine als diesel. Bijmenging zal op den duur noodzakelijk zijn, aangezien toepassing van biobrandstoffen in 'captive fleets' slechts tot een beperkt substitutiepercentage kan leiden (tot ongeveer 5%). Door bij te mengen wil men zoveel mogelijk gebruik maken van de bestaande voertuigen en infrastructuur, waardoor de investeringen beperkt blijven tot de landbouwsector en de raffinagesector.

Momenteel is de prijs van biobrandstoffen veel hoger dan die van conventionele motorbrandstoffen, die op de Europese markt verhandeld worden. De tweede conceptrichtlijn geeft lidstaten de mogelijkheid hun heffingenstelsel voor transportbrandstoffen aan te passen ten gunste van biobrandstoffen, zodat een lagere of zelfs een vrijstelling van heffing op biobrandstoffen mogelijk wordt. Voor de aanpassing van het accijnsstelsel gelden wel enige beperkingen, namelijk de handel op de interne Europese markt in transportbrandstoffen, die aan de brandstofkwaliteitspecificaties van de Europese Unie voldoen⁵⁵, mag niet belemmerd worden en het verlies aan heffingsinkomsten mag voor de lidstaten niet te groot zijn.

Vóór 2005 worden geen kwantitatieve doelstellingen opgelegd om de lidstaten voldoende tijd te geven om productiefaciliteiten voor biobrandstoffen te bouwen. Sommige lidstaten, zoals Frankrijk, Oostenrijk en Duitsland zijn al actief op het gebied van biobrandstoffen (voornamelijk RME en ethanol), terwijl andere, zoals Nederland, nog helemaal aan het begin staan. De Europese Commissie wil de productie en het gebruik van biobrandstoffen in alle lidstaten stimuleren omdat momenteel de economische en R&D-inspanningen onevenredig verdeeld zijn tussen de lidstaten, terwijl wel alle lidstaten profijt hebben van de voordelen van toepassing van biobrandstoffen in enkele lidstaten. Bovendien biedt toepassing in alle lidstaten van de Europese Unie een grotere markt voor bedrijven. In eerste instantie wordt aan de lidstaten zelf overgelaten hoe zij de doelstellingen vanaf 2005 zullen halen. De lidstaten zijn vrij in de keuze van welke typen biobrandstoffen toegepast worden, hoe deze gebruikt worden (in pure vorm, gemengd met fossiele brandstoffen of als benzinecomponent), welke biomassabronnen als grondstof dienen en welke typen voertuigen van biobrandstoffen worden voorzien (bijvoorbeeld 'captive fleets'). (Europese Commissie, 2000, 2001a, 2001b, 2001c).

⁵³ De Europese Commissie verwacht toepassing van aardgas pas vanaf 2010 vanwege de nieuwe distributie-infrastructuur die aangelegd moet worden en de introductie van aangepaste voertuigen, die geschikt zijn voor aardgas als brandstof. Waterstof heeft te maken met dezelfde knelpunten. Een bijkomend aspect voor waterstof is de aanwezigheid van voldoende capaciteit voor waterstofproductie, waardoor men geen substantiële marktpenetratie verwacht voor 2015 (Europese Commissie, 2001a).

⁵⁴ In dit Witboek 'Energie voor de toekomst: Duurzame energiebronnen' (COM(97)599 van 26/11/1997) werd reeds opgemerkt dat wat betreft bio-energie en transport meer gerichte actie ondernomen zou moeten worden om broeikasgasemissies te verminderen. Ook werd geconcludeerd dat productie van energiegewassen meer aangemoedigd zou moeten worden en dat energieheffingen aangepast zouden moeten worden ten gunste van biobrandstoffen (Europese Commissie 2000, 2001a).

⁵⁵ Vastgelegd in de richtlijn 98/70/EC.

4.4 Vergelijking van het huidige regime en het eindbeeld

In deze paragraaf wordt het eindbeeld vergeleken met het huidige regime en worden de belangrijkste veranderingen geïdentificeerd voor elk van de drie onderdelen van de productieketen. De beschrijving van het eindbeeld aan de hand van de zeven regimedimensies is terug te vinden in Bijlage E.

4.4.1 Exploratie en productie van de grondstof

Sociaal netwerk

Aan het begin van de keten zullen zich grote veranderingen voordoen in het sociale netwerk. In het huidige regime wordt de grondstofwinning gedaan door nationale aardoliemaatschappijen in overheidshanden (met name in OPEC-landen), bij wie de multinationale olieconcerns hun olie inkopen, en door private oliemaatschappijen, die al of niet deel uitmaken van één of meerdere grote olieconcerns. In het eindbeeld worden vier mogelijkheden geschetst hoe olieconcerns hun grondstoffen kunnen verkrijgen voor biobrandstoffen indien zij die zelf gaan produceren: zij kopen de biomassa in bij gespecialiseerde land- of bosbouwbedrijven, ze nemen aandelen in deze bedrijven, ze vormen joint ventures met deze bedrijven of ze lijven deze bedrijven in. Hoe de olieconcerns dit ook gaan aanpakken, zij krijgen te maken met een heel ander netwerk dan ze gewend waren. Ze moeten onderhandelen of samenwerken met partijen die zich met heel andere activiteiten bezighouden dan oliewinning en met welke olieconcerns tot nu toe geen (of nauwelijks) ervaring hebben. Ze zullen zich hierin moeten gaan mengen om de aanlevering van grondstoffen zeker te stellen. Ook worden de prijzen van biomassa op een geheel andere markt bepaald dan de oliemarkt of energiemarkt. Oliemaatschappijen kunnen ook te maken krijgen met nieuwe leveranciers voor grondstoffen, installaties, e.d. voor biomassaproductie (afhankelijk van in hoeverre zij zich hier zelf mee bezig gaan houden), voor transport en logistiek (wanneer zij zelf geen biomassa gaan vervoeren en dit overlaten aan gespecialiseerde vervoerders), met nieuwe afnemers (biobrandstofproducenten die geen oliebedrijven zijn) en met onderzoeksorganisaties en overheidsinstellingen (Ministerie van Landbouw, Directoraat-generaal voor de Landbouw) op landbouwgebied, waarmee zij geen ervaring hebben. Olieconcerns zullen waarschijnlijk met dezelfde natuur- en milieuorganisaties te maken hebben als in het huidige regime, die eventuele ongewenste (milieu)gevolgen van (grootschalige) biomassateelt aan de kaak zullen stellen.

Symbolische betekenis

In het huidige regime wordt olie geassocieerd met rijkdom, macht en milieuproblemen. De symbolische betekenis van biomassa kan groot zijn, als deze wordt ingezet om een toenemende afhankelijkheid van olie-importen, met name uit OPEC-landen, tegen te gaan, waarmee men zich afzet tegen hun machtige positie. Dit kan mede de publieke opinie ten aanzien van grootschalige toepassing van biomassa voor brandstoffen bepalen. Natuur- en milieuaspecten met betrekking tot biomassateelt (zoals de inpassing in het landschap, behoud van biodiversiteit, gebruik van nutriënten en bestrijdingsmiddelen, genetische manipulatie van gewassen) zijn ook belangrijk voor de symbolische betekenis. Biomassa is al van grote economische betekenis voor de wereldenergievoorziening (vooral voor laagwaardige toepassingen in ontwikkelingslanden), maar dit kan nog verder toenemen en vergelijkbaar worden met die van olie, als er een internationale biomassahandel ontstaat. Biomassa zal ook politiek en strategisch gezien een belangrijkere betekenis krijgen, hoewel deze minder groot zal zijn dan die van olie omdat de productie van biomassa veel minder geconcentreerd (op meer locaties en door meer leveranciers) plaatsvindt dan die van olie.

Kennis en technologie

De kennis en technologie die nodig is om biomassa te verbouwen en te oogsten is zeer verschillend van die bij de exploratie en winning van aardolie. Ook de eigenschappen van het eindproduct van dit deel van de keten, namelijk olie of biomassa, zijn zeer verschillend. Het feit dat land- en bosbouw ver af ligt van de huidige activiteiten van olieconcerns, is voor hen een reden

om de benodigde kennis en technologie niet zelf te gaan ontwikkelen. Indien zij zich toch met biomassaproductie willen gaan bezighouden, zullen zij deze kennis en technologie in huis halen door (kleine) bedrijven die hier veel ervaring mee hebben over te nemen. Anders zullen zij zich beperken tot het aangaan van joint ventures met of het kopen van aandelen in biomassaproductiebedrijven of het inkopen van biomassa.

De productiewijze van voedselgewassen en meerjarige energiegewassen verschilt enigszins en ze hebben een verschillende rotatiecyclus. Wanneer landbouwbedrijven (gedeeltelijk) willen overschakelen op meerjarige gewassen, moeten ze dus hun productiesysteem aanpassen.

Infrastructuur

De infrastructuur voor transport van olie kan grotendeels gebruikt worden in het eindbeeld, indien de te vervoeren stof lijkt op ruwe olie (een vloeibare energiedrager die nog opgewerkt moet worden naar transportbrandstoffen). De vervoermiddelen zullen echter wel op andere routes ingezet worden dan in het huidige regime, omdat de locaties waar biomassa geteeld wordt, verschillen van de plaatsen waar olie wordt gewonnen. Voor het vervoer van biomassa, binnen of buiten het productieveld, is een gedeeltelijk andere infrastructuur nodig.

Sectoraal beleid

De wetgeving ten aanzien van oliewinning met allerlei soorten vergunningen, concessies, financiële instrumenten, voorschriften en normen is niet van toepassing op de productie van biomassa, maar wel de landbouwwetgeving, met name het Europese Gemeenschappelijke Landbouwbeleid (GLB). Men kan hierbij denken aan aspecten zoals regelingen ten aanzien van het verkrijgen van grond, productiequota, eisen aan productiewijzen (certificering), normen voor eindproducten, importbeperkingen en financiële ondersteuning. Het is nu nog moeilijk in te schatten hoe het GLB er in de toekomst uit zal gaan zien, maar er is nu een ontwikkeling naar afbouw van beschermende maatregelen voor en meer marktwerking binnen de Europese landbouwsector. Aangezien ervan uitgegaan wordt dat Nederland biomassa (of biobrandstoffen) zal moeten importeren, moet het toekomstige GLB dit mogelijk maken. Ook moet het GLB de multifunctionaliteit en daarmee de productie van gewassen voor energietoepassingen van de landbouwsector bevorderen.

Functioneel of toepassingsdomein

Naast olie zal in het eindbeeld biomassa een belangrijke grondstof voor transportbrandstoffen vormen. Dit betekent voor biomassa een verandering in het toepassingsdomein, omdat biomassa nu met name wordt ingezet voor de voedselvoorziening, als (bouw)materiaal en voor productie van elektriciteit en warmte.

4.4.2 Productie en distributie van motorbrandstoffen

Sociaal netwerk

In het sociale netwerk treden veranderingen op bij drie elementen: de producenten, de leveranciers en het onderzoeksnetwerk. De olieconcerns hebben in het huidige regime de productie en distributie van transportbrandstoffen in handen, maar in het eindbeeld verschijnen er mogelijk nieuwe spelers op dit terrein. Dit zal met name het geval zijn bij de productie en minder bij de distributie, waarbij de olieconcerns hun dominante positie zullen behouden en er hooguit ruimte is voor kleinschalige, lokale initiatieven van andere distributeurs.

Een aantal oliebedrijven zal zich op den duur met productie van biobrandstoffen gaan bezighouden, nadat zij deze aanvankelijk hebben aangekocht van (buitenlandse) producenten om deze bij te mengen bij hun eigen fossiele transportbrandstoffen. Zij zullen zich richten op conversietechnieken die dicht tegen hun huidige activiteiten in de raffinage aanliggen (vergassing en extractie met verestering). Voor biobrandstoffen die op een meer afwijkende wijze worden geproduceerd, zoals ethanol, zullen nieuwe partijen op de markt komen die hier veel ervaring mee

hebben, zoals bedrijven uit de voedingsmiddelenindustrie. Kleine nieuwe productiebedrijven zullen uiteindelijk mogelijk worden overgenomen door de grote oliebedrijven. Olieconcerns zullen hier ook biobrandstoffen bij inkopen om bij te mengen in hun eigen producten.

Wat betreft de leveranciers kunnen oliemaatschappijen met heel andere partijen te maken krijgen dan zij gewend zijn, indien zij zich niet bezighouden met biomassa-productie en deze inkopen bij gespecialiseerde land- of bosbouwbedrijven. Olieconcerns zullen wel grotendeels gebruik kunnen maken van hun huidige toeleveranciers voor het verkrijgen van (componenten van) conversie-installaties en distributiesystemen.

Oliemaatschappijen zullen deels met andere organisaties te maken krijgen wat betreft onderzoek. Het kan hierbij gaan om in biomassa-conversie gespecialiseerde (onderdelen van) onderzoeksinstituten en andere biobrandstofproducenten, bijvoorbeeld uit de voedingsindustrie. Ook zullen oliemaatschappijen mogelijk nieuwe samenwerkingsverbanden aangaan met autofabrikanten.

De rol van natuur- en milieuorganisaties is hetzelfde als in het huidige regime, namelijk het in de gaten houden van de milieu- en veiligheidsaspecten van productie en distributie van motorbrandstoffen. De gebruikers en overheidsinstellingen zijn dezelfde als in het huidige regime.

Symbolische betekenis

De symbolische betekenis van biobrandstoffen kan verschillen van die van fossiele motorbrandstoffen (welke gering is) wanneer eindgebruikers deze expliciet gaan aanschaffen om minder afhankelijk te worden van olie-exporterende landen of uit sterk milieubesef. Of dit belangrijk wordt is moeilijk te zeggen, de prijs lijkt voor een eindgebruiker het belangrijkste criterium te zijn voor de aankoop van een bepaalde brandstof.

De productie van biobrandstoffen (en eventueel ook biomassa-teelt) kan een bijdrage leveren aan een verandering in de symbolische en economische betekenis van oliemaatschappijen. Sommige olieconcerns zijn hun functie al breder gaan zien dan productie van olie en olieproducten en profileren zich als 'energiemaatschappijen', waarbij zij zich (meer) bezig gaan houden met duurzame energie en verkoop van elektriciteit en warmte (mogelijke bijproducten van biobrandstof-conversie en raffinage). Hiermee hebben de meeste bedrijven nu nog weinig ervaring.

Kennis en technologie

De kennis en technologie, die nodig is voor de productie van biobrandstoffen, verschilt enigszins per brandstof. In het algemeen kan men stellen dat de kennis en technologie met betrekking tot vergassing en extractie met verestering, redelijk dicht aan ligt tegen de kennis en technologie voor de huidige processen in een raffinaderij. Sommige biobrandstofconversietechnieken zijn ook al decennia lang bekend op basis van fossiele energiedragers (kolen, aardgas) in plaats van biomassa. Voor biochemische conversieprocessen, zoals fermentatie voor de productie van ethanol, geldt dat hiervoor kennis en technologie van een andere aard nodig is, namelijk biologische en biochemische kennis en biotechnologie. Alle technologieën moeten nog verder ontwikkeld (verbeterd en opgeschaald) worden om de productiekosten van biobrandstoffen te verlagen.

Conversie-installaties voor biobrandstofproductie kunnen geïntegreerd worden in bestaande raffinaderijen, maar dit is niet vanzelfsprekend. Dit hangt af van de locatie waar en de schaal waarop conversie plaats moet vinden en of integratie vanuit energetisch perspectief aantrekkelijk is. Biobrandstoffen kunnen in raffinaderijen bijgemengd worden bij fossiele benzine en diesel in de mengprocesstap, maar dit kan ook plaatsvinden in depots of op pompstations.

De eigenschappen van diverse biobrandstoffen verschillen over het algemeen met die van benzine en diesel en ook onderling (zie Bijlage B). Deze eigenschappen bepalen of een biobrandstof geschikt is voor toepassing in een benzine- of dieselmotor (eventueel met toevoeging van

additieven), of zij het meest geschikt zijn voor gebruik in pure vorm of bijgemengd en of er aanpassingen aan de motor en/of de brandstoftank gedaan moeten worden. De biobrandstoffen zullen aan dezelfde eisen moeten voldoen als benzine en diesel, omdat de prestatie van de motor minimaal gelijk moet blijven aan die in het huidige regime.

Infrastructuur

Veranderingen in de distributie-infrastructuur zullen minimaal zijn. Oliemaatschappijen willen zo min mogelijk aanpassen met zo laag mogelijke investeringen. Bijgemengde biobrandstoffen (tot een bepaald percentage zonder noodzakelijke aanpassingen aan de infrastructuur) is daarom voor hen een aantrekkelijke optie. Distributie van sommige biobrandstoffen in pure vorm vereist wel aanpassingen van de materialen in de infrastructuur (pijpleidingen, distributiesysteem op pompstation).

Sectoraal beleid

Voor benzine en diesel gelden momenteel Europese normen, waaraan deze brandstoffen moeten voldoen en er is een stelsel waarin de accijns op deze brandstoffen vastgelegd zijn. Voor de meeste biobrandstoffen moeten nog productspecificaties vastgesteld worden. Dit is belangrijk, omdat de in de olie-industrie geproduceerde brandstoffen goed moeten samengaan met de motoren van de autofabrikanten. Het brandstofheffingssysteem is nu nog niet gunstig voor biobrandstoffen, waardoor deze momenteel niet concurrerend zijn met fossiele alternatieven. Mogelijk is op langere termijn nog steeds verplichtstelling van een minimum aandeel van in de Europese Unie verkochte biobrandstoffen nodig (zoals in de ontwerprichtlijn van de Europese Commissie) en zal er sprake moeten zijn van gerichte financiële ondersteuning van onderzoek en technologie-ontwikkeling ter verdere verbetering van conversietechnieken en eindproducten. Er ligt voor de overheid ook een belangrijke taak wat betreft het initiëren en in stand houden van overleg tussen marktpartijen. Raffinaderijen, transportmiddelen en pompstations waar (bijgemengde) biobrandstoffen geproduceerd, vervoerd en gedistribueerd worden, zullen aan dezelfde veiligheids-, planologische en milieu-eisen moeten voldoen als in het huidige regime.

Functioneel of toepassingsdomein

Deze dimensie is voor biobrandstoffen hetzelfde als voor benzine en diesel, namelijk toepassing in interne verbrandingsmotoren. De grootste groepen gebruikers zijn consumenten en transporteurs.

4.4.3 Eindgebruik in voertuigen

Sociaal netwerk

Het sociale netwerk in dit deel van de keten zal nauwelijks veranderen. De aanpassingen die eventueel aan motoren gedaan moeten worden, kunnen door de huidige autoproducenten gedaan worden. Omdat het bij speciale motoren om een kleine markt zal gaan, zullen niet al le producenten zich hiermee bezig gaan houden (afhankelijk van hun belangen en strategieën). Ze hebben hiervoor geen andere toeleveranciers nodig. Ze zullen wellicht wel nieuwe samenwerkingsverbanden aangaan met betrekking tot onderzoek, zoals met biobrandstofproducenten. De overige elementen van het sociale netwerk veranderen niet.

De symbolische betekenis

De symbolische betekenis van de auto verandert niet door toepassing van biobrandstoffen.

Kennis en technologie

De werking van de motor verandert niet door toepassing van biobrandstoffen, maar het precieze ontwerp kan wel anders zijn. De kennis en technologie die nodig is om motoren en brandstoftanks aan te passen aan gebruik van biobrandstoffen of om speciale motoren te ontwikkelen, hebben de autofabrikanten al in huis. Dergelijke motoren worden ook al op kleine schaal gepro-

duceerd. Bedrijven die zich bezighouden met reparatie en onderhoud van auto's moet kennis opdoen over hoe zij moeten omgaan met aangepaste of speciale motoren en brandstoftanks.

Infrastructuur

Deze dimensie is hier niet van toepassing.

Sectoraal beleid

Voertuigen met interne verbrandingsmotoren en biobrandstoffen zullen, net als die met benzine of diesel, aan de steeds strengere eisen op Europees niveau ten aanzien van energiegebruik en emissies moeten voldoen. In de toekomst zal er waarschijnlijk ook een norm komen voor CO₂-uitstoot van voertuigen. Ook (financiële) ondersteuning van investeringen in ontwikkeling van verbeterde motoren en de aanschaf van duurdere voertuigen met speciale motoren door eindgebruikers kan in dit kader genoemd worden.

Functioneel of toepassingsdomein

Deze dimensie is hetzelfde als in het huidige regime, namelijk voertuigen met interne verbrandingsmotoren die gebruikt worden voor personen- en goederenvervoer, met als grootste gebruikersgroepen consumenten en transporteurs.

4.5 Conclusies ten aanzien van transitiekenmerken en kansen en barrières

4.5.1 Transitiekenmerken

Uit de bovenstaande vergelijking van het huidige regime met het eindbeeld blijkt dat met name in het eerste deel van de keten transitieaspecten terug te vinden zijn. Hier treden bij alle dimensies (grote) veranderingen op, hetgeen een kenmerk is van een transitie. Opvallend is hier ook de veranderende symbolische, economische, politiek-strategische betekenis van biomassa. De veranderingen ten opzichte van het huidige regime worden minder in aantal en minder groot naarmate men verder in de keten komt. In het tweede deel van de keten vinden ook bij veel dimensies veranderingen plaats (met name bij sociaal netwerk, kennis, technologie en sectoraal beleid), maar deze zijn minder ingrijpend vergeleken met het begin van de keten. De veranderingen in de laatste schakel, het eindgebruik in voertuigen, zijn gering.

4.5.2 Kansen en barrières

Uitgaande van de vergelijking tussen het huidige regime en het eindbeeld kan per dimensie bekeken worden welke kansen en barrières zich kunnen voordoen.

In de eerste en tweede schakel van de productieketen kan het vormen van nieuwe relaties tussen partijen, die uiteindelijk tot een stabiel sociaal netwerk leiden, een barrière zijn. In het eerste deel van de keten, en in mindere mate in het tweede deel, ziet men dat de vereiste veranderingen op het gebied van kennis, technologie, infrastructuur en sectoraal beleid dermate groot zijn, dat er grote veranderingen in het sociale netwerk zullen optreden. Een dergelijk netwerk is belangrijk om zekerheid te krijgen van levering en afname van producten en om de benodigde financiële middelen, kennis en technologie bij elkaar te brengen (het deelnemen aan een nieuw sociaal netwerk kan dus ook kansen bieden aan partijen!). Dit betekent echter dat actoren nieuwe relaties moeten aangaan met partijen, met wie zij tot nu toe geen of nauwelijks ervaring hebben. De overheid en intermediaire organisaties kunnen een belangrijke rol spelen bij het tot stand brengen van een nieuw sociaal netwerk.

Op het gebied van de symbolische, economische en politiek-strategische betekenis liggen met name kansen, indien men door een deel van de olie-import te vervangen door (geïmporteerde) biomassa de afhankelijkheid van olie-exporterende landen kan verminderen en zich afzetten te

gen hun machtige positie. Ook kunnen oliemaatschappijen de productie van biobrandstoffen (en eventueel ook biomassateelt) gebruiken om hun functie te verbreden, zich te profileren als 'energiemaatschappijen' en hun milieu-imago te verbeteren. Bij deze dimensie kunnen eventuele negatieve (milieu)gevolgen van (grootschalige) biomassateelt een barrière vormen.

Bij de dimensies kennis en technologie kunnen zich knelpunten voordoen indien er onvoldoende opbouw van kennis en technologie-ontwikkeling plaatsvindt (op korte en langere termijn) en/of als de kennis en technologie, die verschillende partijen in huis hebben, niet voldoende bij elkaar wordt gebracht (dus als het sociale netwerk van met name marktpartijen en onderzoeksorganisaties niet voldoende tot stand komt). Investerings in kennis en technologie kunnen bedrijven kansen bieden om hun marktaandeel, omzet en winst te vergroten of om hun productenpakket te verbreden. Ook opleiding van personeel in de verschillende betrokken sectoren speelt hier een rol. Indien landbouwbedrijven overgaan op het telen van andere soorten gewassen dan zij gewend waren, vereist dit bijscholing van de medewerkers. Dit geldt uiteraard ook medewerkers in de raffinage, de benzinedistributie (pompstations), de fabricage van automotoren, de voertuigassemblage en reparatie en onderhoud van voertuigen. Er kan hierbij zowel sprake zijn van een kans (medewerkers kunnen hun kennis en vaardigheden uitbreiden) als van een barrière (onvoldoende tijd en geld beschikbaar voor opleiding, weerstand tegen verandering bij het personeel).

Een barrière die zich kan voordoen bij de dimensie infrastructuur is dat oliemaatschappijen zich onvoldoende inspannen om de distributie-infrastructuur aan te passen, terwijl dit wel nodig is voor een bepaalde brandstof. Deze barrière doet zich niet voor als men kiest voor (pure of bijgemengde) biobrandstoffen die in de huidige infrastructuur gebruikt kunnen worden. Een ander knelpunt kan liggen op het gebied van het vervoer van biomassa (waar de oliemaatschappen veel minder ervaring mee hebben dan met olie en olieproducten), indien hier geen geschikte (bulk)transporteurs voor gevonden kunnen worden. Het lijkt echter onwaarschijnlijk dat een dergelijke situatie zich zal voordoen, gezien het grote aantal mogelijke vervoerders in de wereld.

Het sectorale beleid omvat een groot aantal terreinen, over de gehele keten gezien. Het is nu nog moeilijk in te schatten hoe het Gemeenschappelijk Landbouw Beleid (GLB) van de Europese Unie, dat in de eerste schakel van de keten het belangrijkste beleidsterrein is, de komende jaren hervormd zal worden. Internationale afspraken die gemaakt worden in het kader van GATT/WTO zijn een bepalende factor. Het GLB kan zowel kansen als barrières opleveren voor de (grootschalige) teelt van biomassa binnen de Europese Unie of de import hiervan. Het lijkt onwaarschijnlijk dat het GLB import van biomassa van buiten de Europese Unie zal stimuleren, maar het beleid moet dit wel mogelijk maken indien de EU niet geheel zelfvoorzienend kan worden of als import bepaalde voordelen biedt. Het beleid ten aanzien van milieu en ruimtelijke ordening speelt hierbij ook een belangrijke rol. Het onvoldoende ondersteunen, stimuleren of afdwingen van inspanningen van actoren op het gebied van kennis, technologie en infrastructuur door de overheid kan ook een barrière vormen. Er kunnen zich ook knelpunten voor doen als het overheidsbeleid de ontwikkeling van marktvraag naar biobrandstoffen en/of speciale voertuigen niet voldoende ondersteunt of stimuleert.

Wat betreft het functioneel of toepassingsdomein kunnen andere toepassingen van biomassa (voeding, materialen, energie) een knelpunt vormen voor het beschikbaar komen van voldoende stromen voor biobrandstofproductie. Het is echter nu moeilijk in te schatten of dit ook het geval zal zijn. Het ontbreken van marktvraag naar biobrandstoffen en/of biobrandstofvoertuigen kan ook een barrière opleveren.

4.6 Het krachtenveld van actoren

Vanwege de verankerde regels van een regime, die het uitgangspunt vormen voor het denken en handelen van actoren welke zich bevinden in een tamelijk stabiel sociaal netwerk, is het huidige regime niet eenvoudig te veranderen. De actoren binnen het bestaande regime zijn veelal sterk gericht op het in stand houden van het bestaande regime, omdat zij hierin bepaalde gevestigde belangen hebben (zie § 3.2.2). Wel proberen zij vaak het bestaande systeem te verbeteren (systeemoptimalisatie) en zijn sommige actief zowel in het regime als in niches. Andere actoren hebben juist veel belang bij een transformatie van het huidige regime.

Om de in de vorige paragraaf genoemde kansen te benutten en de barrières te voorkomen of (deels) weg te nemen en het eindbeeld te kunnen bereiken, zijn nu reeds inspanningen vereist van de actoren in het sociale netwerk van het huidige regime. In deze paragraaf wordt het krachtenveld van actoren in kaart gebracht en wordt een inschatting gemaakt of deze actoren als drijvende kracht of als wrijvingskracht kunnen worden gezien bij het in gang zetten van de overgang naar het eindbeeld.

4.6.1 Producenten

Olieproducenten

Olieproducenten willen hun marktaandeel, omzet en winst consolideren en liefst uitbreiden. Dit kan echter op langere termijn bedreigd worden als in Europa in toenemende mate biobrandstoffen (of andere alternatieve brandstoffen) worden toegepast. Van de OPEC-landen is bekend dat zij tegen klimaatverdragen zijn, die een daling van de vraag naar olie tot gevolg hebben. Zij zullen ook de prijzen op peil willen houden en grote prijsschommelingen willen voorkomen, omdat te lage prijzen te weinig omzet opleveren en te hoge prijzen op termijn een afname van de vraag teweegbrengen, doordat afnemers dan geleidelijk overschakelen op andere energiebronnen. Olieproducenten hebben grote 'sunk investments' in de zeer kostbare bestaande oliewinningsfaciliteiten en de olie-infrastructuur met een tamelijk lange levensduur en ze zullen deze dus nog lange tijd willen blijven gebruiken. Olieproducenten, met name bedrijven in OPEC-landen, kunnen dus beschouwd worden als een wrijvingskracht tegen (grootschalige) toepassing van biobrandstoffen. Aanvankelijk zullen zij echter weinig merken van toepassing van biobrandstoffen in Europa, omdat het op wereldniveau om relatief kleine hoeveelheden gaat en omdat de vraag naar olie zal blijven groeien. Het is moeilijk in te schatten wat hun invloed zal zijn op langere termijn en hoe de olieprijs zich zal ontwikkelen wanneer in de Europese Unie meer biobrandstoffen gebruikt zullen worden.

De grote oliemaatschappijen

Voor de grote private oliemaatschappijen in de wereld, die olie aankopen van bedrijven in olie-exporterende landen of deze zelf winnen, hebben eveneens belang bij een continue olieproductie (leveringszekerheid) en stabiele olieprijs. Verder willen zij een grote afzet van hun producten (onder andere benzine en diesel) handhaven op de wereldmarkt en een grote omzet en winst. Het gaat om grote, wereldwijd opererende bedrijven, die veel kapitaal tot hun beschikking hebben. Ze domineren zowel de raffinagesector als de benzinemarkt en willen deze positie behouden. Toetreding door nieuwe marktpartijen is momenteel haast onmogelijk. Omdat de olieconcerns veel kapitaal hebben vastgelegd in raffinagecapaciteit en infrastructuur, willen zij deze ook op langere termijn optimaal blijven gebruiken. Vanwege grote financiële risico's die gepaard gaan met ontwikkeling van nieuwe technologieën, zijn zij terughoudend met investeringen hierin en houden zij zich voornamelijk bezig met het verbeteren van hun reeds ver ontwikkelde producten en productieprocessen, waarmee ze proberen een concurrentievoordeel te behalen en aan de strengere wetgeving ten aanzien van de kwaliteit van motorbrandstoffen te voldoen. Voor deze bedrijven is het van belang dat zij voldoende rendement halen op hun investeringen. De grote olieconcerns concurreren nauwelijks op prijzen en houden samen dit evenwicht in stand. Ze kampen met een milieuonvriendelijk imago vanwege de ongelukken die gebeuren met olieplatforms en -tankers, waarbij grote hoeveelheden olie in het milieu terechtkomen. Of

de oliemaatschappijen als drijvende of wrijvingskracht gekarakteriseerd kunnen worden, wordt bepaald door hun bereidheid tot inspanningen op het gebied van R&D, investeringen in biobrandstofconversietechnologie en het aangaan van nieuwe netwerkrelaties. Deze bereidheid is grotendeels afhankelijk van of zij een lange termijn marktperspectief zien voor een bepaald product of een bepaalde technologie. De meeste oliemaatschappijen voorzien geen belangrijke rol voor duurzame energie op korte en middellange termijn en zijn terughoudend met het doen van investeringen op dit gebied. Sommige bedrijven lopen wat meer voorop wat betreft (kleinschalige) activiteiten op het gebied van duurzame energie. Redenen hiervoor kunnen bijvoorbeeld zijn; het vestigen of het in stand houden van een innovatief imago, het verbeteren van het milieu-imago of het verbreden van het productenpakket.

Onder invloed van overheidsbeleid kan er wel een lange termijn perspectief voor een substantiële markt ontstaan, waardoor activiteiten op het gebied van biobrandstoffen en biomassateelt voor hen interessant kunnen worden. Zij zullen dan ook hierin investeren om hun marktaandeel op de brandstofmarkt te behouden of uit te breiden. Mogelijk zullen oliemaatschappijen pas marktperspectief voor langere termijn gaan zien, wanneer biobrandstoffen reeds op kleine schaal toegepast worden en er langzaam een internationale handel in biomassa en biobrandstoffen en een marktvraag naar biobrandstoffen op gang komt. De Vereniging Nederlandse Petroleum Industrie (VNPI), welke de belangen behartigt van de zes grootste oliemaatschappijen die in Nederland actief zijn, is van mening dat de ontwikkeling van biobrandstoffen moet worden ondersteund in het kader van een energiemarkt, welke voldoet aan de principes van duurzame ontwikkeling. De VNPI ziet biobrandstoffen als een nuttige aanvulling op fossiele brandstoffen, mits zij kosteneffectief zijn ('well-to-wheel'). Zij merkt op dat bij de introductie van biobrandstoffen de effecten op milieu, logistiek en economie, en de belangen van de daarbij betrokken sectoren, zorgvuldig overwogen moeten worden (Expertinterviews, 2001; Internetbron 54).

Autoproducenten

De meeste autoproducenten produceren net als oliemaatschappijen in grote volumes en zijn meestal actief op (bijna) alle afzetmarkten in de wereld. Hierdoor hebben zij belang bij een blijvende dominante positie van de interne verbrandingsmotor als aandrijftechniek voor voertuigen voor de komende decennia. Zij proberen deze dan ook voortdurend te verbeteren, onder andere onder druk van de steeds aangescherpte Europese wetgeving ten aanzien van emissies en brandstofefficiency. Autoproducenten spelen zowel een rol in het huidige regime als in niches. Sommige autoproducenten, die het belangrijk vinden om steeds met innovaties te komen, houden zich bezig met ontwikkeling en productie van speciale motoren (bijvoorbeeld voor 'dedicated vehicles' die biobrandstof gebruiken), maar hiervoor moet dan wel een voldoende grote afzetmogelijkheid zijn om investeringen in nieuwe of aangepaste productiefaciliteiten voor hen aantrekkelijk te maken. Enkele producenten spelen in op toekomstige ontwikkelingen door zich nu alvast te richten op de ontwikkeling van en experimenten met alternatieve aandrijftechnieken (met name brandstofcellen). Autoproducenten zijn geen drijvende kracht achter de toepassing van biobrandstoffen, maar ze kunnen ook niet gezien worden als wrijvingskracht, omdat sommige al speciale motoren voor biobrandstoffen hebben ontwikkeld. Deze worden echter nauwelijks geproduceerd omdat hier slechts een geringe vraag naar is. Deze vraag zou zich verder kunnen ontwikkelen onder invloed van beleid en dan zouden autofabrikanten bereid zijn voertuigen met speciale motoren (verder) te ontwikkelen en te produceren. Belangrijk is dat autofabrikanten afspraken maken met oliemaatschappijen over de specificaties van de brandstoffen die in hun motoren toegepast kunnen worden. De eisen die autoproducenten stellen aan brandstoffen zijn zeer bepalend voor welke brandstoffen oliemaatschappijen produceren en indien oliemaatschappijen op grote schaal een bepaalde (bio)brandstof willen gaan produceren, zullen autofabrikanten hierop inspelen door hier geschikte motoren voor te gaan maken (Expertinterviews, 2001).

Internationale Energie Agentschap (IEA)

Het IEA heeft als belangrijkste doel het garanderen van de voorzieningszekerheid van primaire energiedragers in het algemeen en probeert de levering van olie aan zijn leden te waarborgen

door inperking van de importafhankelijkheid, afspraken tussen leden over onderlinge ondersteuning en het onderhouden van goede contacten met OPEC-landen. Speerpunten bij het verminderen van de afhankelijkheid van haar leden van olie-importen (uit OPEC) zijn omschakeling naar andere energiedragers en brandstoffen (aardgas, duurzame energie), vergroting van de eigen productie en vermindering van de vraag (energiebesparing). Het IEA heeft belang bij een regimeverandering waarbij de voorzieningszekerheid wordt vergroot en de afhankelijkheid van olie-importen uit OPEC wordt verminderd en kan dus gezien worden als een drijvende kracht.

4.6.2 Leveranciers

Leveranciers van de olie- en auto-industrie

De leveranciers van de olie-exploratie en -winning en raffinage hebben allemaal gevestigde belangen in de olie-industrie. Exploratie- en boorcontractors zijn sterk afhankelijk van oliemaatschappijen want zij hebben zelf vaak geen concessies. Dit geldt ook voor gespecialiseerde bedrijven die zich bezighouden met onderhoud en installatie. Voor sommige leveranciers, zoals de grote ingenieursbureaus die complete installaties opleveren, componenten- en softwarefabrikanten en de scheepsbouw (bij offshore oliewinning) zijn grote orders van oliebedrijven belangrijk, maar zij leveren niet alleen aan die industrie en kunnen wellicht inspelen op toekomstige nieuwe activiteiten van oliebedrijven. De leveranciers van de auto-industrie zijn gespecialiseerde bedrijven, die auto(motor)onderdelen aanleveren aan de autoproducenten. Deze kunnen wellicht redelijk gemakkelijk inspelen op de toekomstige vraag naar bepaalde (nieuwe) componenten door de auto-industrie. Het is moeilijk in te schatten of deze twee groepen leveranciers als drijvende kracht of wrijvingskracht gekarakteriseerd kunnen worden. Producenten zullen wel toeleveranciers kunnen vinden die bereid zijn te leveren wat zij nodig hebben voor hun productieprocessen en daar eventueel hun sociale netwerk op aanpassen.

De land- en bosbouwsector

De land- en bosbouwsector speelt een belangrijke rol bij de levering van biomassa voor productie van biobrandstoffen. In Nederland lijkt weinig animo te zijn voor de productie van biomassa voor energietoepassingen, met name omdat er weinig land beschikbaar is en omdat men het beschikbare land liever gebruikt voor gewassen die zoveel mogelijk opbrengen. Bovendien wordt aan (grote) productievelden met houtachtige of grasachtige gewassen een geringe waarde voor natuur en landschap toegekend. Sommige boeren zien wellicht wel perspectief in een overgang naar teelt van andere gewassen en stappen af van hun huidige activiteiten voor de voedselvoorziening. Men verwacht dat de bijdrage aan biomassateelt voor biobrandstoffen in Nederland zeer klein zal zijn en dat de meeste biomassa geïmporteerd zal moeten worden, uit andere (nieuwe) EU-lidstaten of daarbuiten (zie Bijlage F). Lidstaten met een groot areaal aan landbouwgrond kunnen een drijvende kracht vormen voor de teelt van biomassa voor energietoepassingen (Expertinterviews, 2001).

4.6.3 Onderzoeksnetwerk

Bij het onderzoeksnetwerk van olie-exploratie en -winning kan men ook een onderscheid maken tussen bedrijven die zeer afhankelijk zijn van de olie-industrie, zoals gespecialiseerde olie-engineering bedrijven, en die waarbij oliegerelateerd onderzoek een onderdeel is van hun activiteiten, zoals geowetenschappelijke instituten en universiteiten. Deze laatste groep is flexibeler ten aanzien van veranderingen in de vraag naar onderzoek vanuit het bedrijfsleven.

Het onderzoeksnetwerk van raffinage en aardolieproducten betreft vooral de raffinagesector zelf (zie grote olieconcerns). Toeleveranciers van componenten en universiteiten spelen hierbij ook een rol. Ook hier is onderzoek ten aanzien van raffinage en aardolieproducten een onderdeel van hun activiteiten en kunnen zij gemakkelijker inspelen op veranderingen in de raffinagesector (zij houden zich ook bezig met nichetechnologieën).

Het onderzoeksnetwerk van de auto-industrie omvat voornamelijk de autoproducenten zelf en verschillende technische onderzoeksinstituten en kennisinstellingen, die zowel actief zijn in het huidige regime (verbetering van conventionele motoren) als in niches (nieuwe aandrijftechnieken).

De onderzoekswereld zal de (technologische) kennis in Nederland op peil willen houden en de huidige positie van Nederland op deze vakgebieden binnen Europa en de wereld willen behouden of versterken. Dit geldt met name voor oliewinning en raffinage. In Nederland zijn weliswaar geen grote autoproducenten gevestigd, maar bij het netwerk van de auto-industrie speelt wel opleiding van autotechnici een belangrijke rol. Partijen die zich bezighouden met onderzoek op het gebied van biomassateelt (onderzoeksnetwerk van de landbouwsector), biobrandstofproductie en ontwikkeling van speciale motoren, kunnen als drijvende krachten worden beschouwd. Veel onderzoek is in handen van de producenten zelf en de bereidheid van deze partijen tot R&D-inspanningen wordt door verschillende factoren beïnvloed (zie producenten). Het is moeilijk in te schatten of zich in het onderzoeksnetwerk ook wrijvingskrachten zullen voordoen.

4.6.4 Overheid

De Nederlandse overheid heeft met betrekking tot het huidige regime de volgende belangen: het behoud van staatsinkomsten uit oliewinning en belastingen op transportbrandstoffen, het op peil houden of verbeteren van de werkgelegenheid, maatschappelijke en economische stabiliteit en economische groei. Zij besteedt in toenemende mate aandacht aan duurzame ontwikkeling⁵⁶, waarmee sommige belangen die de overheid heeft bij het in stand houden van het bestaande regime op gespannen voet kunnen staan (bijvoorbeeld het bevorderen van grootschalige toepassing van biobrandstoffen door vrijstelling van accijns gaat ten koste van de staatsinkomsten).

Het Ministerie van Economische Zaken (EZ) is de belangrijkste verantwoordelijke voor de olie- en raffinage-industrie. Haar belangen hebben betrekking op het waarborgen van de voorzieningszekerheid van olie en daarmee ook van transportbrandstoffen. Verder zijn stabiele en aanvaardbare importprijzen van olie van belang. De olie- en raffinagesector is zeer belangrijk voor de Nederlandse economie en Nederland neemt hiermee een belangrijke positie in binnen de Europese Unie en in de wereld, welke het Ministerie zeker zal willen behouden of versterken. Ook zal dit Ministerie zich inspannen om kennis en geavanceerde technologie van raffinageprocessen in Nederland te behouden. Ook wil het Ministerie meer concurrentie op de benzinemarkt realiseren (toetreding van nieuwe partijen, prijsconcurrentie).

Het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) houdt zich onder andere bezig met het inperken van negatieve milieu-effecten van oliewinning en -transport en het gebruik van fossiele brandstoffen in transport. Tot nu toe levert de verkeer- en vervoerssector geen evenredige bijdrage aan de terugdringing van de CO₂-emissie in Nederland, terwijl deze sector wel de grootste verwachte groei van emissies kent. Het Ministerie zal zich inspannen om hier verandering in aan het brengen. Milieuwetgeving ten aanzien van motorbrandstoffen en emissies en energie-efficiency van voertuigen wordt voornamelijk door Europees beleid bepaald.

Het Ministerie van Verkeer & Waterstaat (V&W) houdt zich ook bezig met vermindering van de milieubelasting van verkeer en vervoer, maar dan door volumebeperking, onder andere door financiële maatregelen en het stimuleren van nieuwe verkeer- en vervoerssystemen.

De drie genoemde ministeries kunnen gezien worden als een drijvende kracht. Zij zijn actief betrokken bij het GAVE-programma, dat de marktintroductie van 'klimaatneutrale' gasvormige en

⁵⁶ Zie Ministerie van VROM (2001) over duurzame energievoorziening en landbouw.

vloeibare energiedragers wil stimuleren⁵⁷. Of grootschalige toepassing van biobrandstoffen in Nederland bereikt wordt, is sterk afhankelijk van het financiële beleid van de overheid. Hieraan worden beperkingen gesteld voornamelijk vanwege budgettaire redenen, het behoud van voldoende staatsinkomsten uit brandstofaccijns en Europese afspraken over welke en in welke mate overheidssteun is toegestaan. Redenen voor de Nederlandse overheid om toepassing van biobrandstoffen te stimuleren zijn het halen van doelstellingen voor emissiereductie en duurzame energie, het consolideren of verbeteren van de internationale concurrentiepositie van de sterke Nederlandse raffinage-industrie en de werkgelegenheid in deze sector. Of import van biomassa negatieve gevolgen zal hebben voor de werkgelegenheid in de Nederlandse landbouwsector is moeilijk te zeggen. De Nederlandse overheid zal de Europese richtlijnen ter stimulering van toepassing van biobrandstoffen moeten implementeren in de nationale wetgeving, maar de mate waarin zij een drijvende kracht vormt wordt bepaald door hoe en in hoeverre zij het voldoen aan de verplichtingen, die op Europees niveau worden opgelegd, ondersteunt door aanvullend beleid (bijvoorbeeld financiële ondersteuning van investeringen).

De Europese Unie (onder andere DGTREN en DG Milieu) heeft, naast de belangen die reeds bij de Nederlandse overheid werden genoemd, als speerpunten het tot stand brengen en handhaven van een interne markt (waarbinnen vrije verhandeling van voertuigen en brandstoffen die aan de specificaties voldoen mogelijk is, onder andere door harmonisatie van de brandstofheffingstelsels) en een sterke economische positie van de Europese Unie in de wereld. Ook wil de EU de afhankelijkheid van olie-importen van haar lidstaten beperken en de voorzieningszekerheid van olie waarborgen. Verder wil de EU de milieubelasting ten gevolge van de verkeer- en vervoerssector verminderen. De Europese overheid kan gezien worden als een drijvende kracht, gezien het initiatief tot twee richtlijnen die het gebruik van biobrandstoffen in transport moeten stimuleren en de redenen die zij hiervoor heeft (zie § 4.3.2).

4.6.5 Gebruikers

De belangrijkste groepen gebruikers zijn consumenten en transporteurs. Redelijke brandstofprijzen zijn voor beide van belang. Prijsverhogingen (al of niet door verhoging van de accijns) leiden voor hen tot hogere kosten, omdat de vraag over het algemeen nauwelijks vermindert. Verder is het in hun belang dat de brandstof in voldoende mate beschikbaar is (aantal benzineverkoopplaatsen en de bereikbaarheid hiervan). Beide groepen gebruikers stellen eisen aan voertuigen: de aanschafprijs, veiligheid, comfort (bijvoorbeeld laadruimte), de prestatie (actieradius, acceleratie) en, in mindere mate, het brandstofgebruik en de emissies. Ze zijn over het algemeen niet bereid om concessies te doen ten aanzien van deze aspecten bij de introductie van een nieuwe voertuigtechnologie of brandstof. Gebruikers hebben belang bij een grote keuzevrijheid: een keuze uit verschillende leveranciers en producten.

Consumenten zullen niet negatief staan tegenover het gebruik van biobrandstoffen, mits hun mobiliteitsbehoefte op dezelfde manier wordt vervuld als nu, dus zonder dat zij hun gedrag hoeven aan te passen of hoeven in te leveren wat betreft het comfort, de prestatie en de veiligheid van hun vervoermiddel. De prijs is bij de aankoop van brandstoffen over het algemeen het belangrijkste criterium en milieuvriendelijkheid speelt een ondergeschikte rol. De meeste consumenten zullen niet meer willen betalen voor biobrandstoffen. Ook bij de aankoop van een voertuig is de prijs belangrijk en ook hier zal slechts een kleine milieubewuste of op innovaties gerichte groep bereid zijn een duurder voertuig aan te schaffen. Indien door gebruik van biobrandstoffen automotoren beter lopen en langer mee gaan en er minder onderhoud nodig is, kan dit als positief verkoopargument worden gebruikt. Misschien dat voor sommige consumenten ook het verminderen van de afhankelijkheid van olie-importen een criterium kan zijn voor de aanschaf van biobrandstoffen.

⁵⁷ Het Ministerie van Landbouw en Visserij is hier ook bij betrokken.

Voor transporteurs geldt hetzelfde als voor consumenten wat betreft de aanschaf van biobrandstoffen: voor de meerderheid is de prijs het belangrijkste en er zal weinig animo voor zijn als biobrandstoffen meer kosten, met name vanwege de internationale concurrentiepositie van Nederlandse ondernemingen. Mogelijk zullen sommige milieubewuste ondernemers (of hun klanten) zich willen profileren door het gebruik van biobrandstoffen en meer willen betalen voor een 'groen' imago. Transporteurs zullen bij het gebruik van biobrandstoffen zekerheid willen hebben van hun vrachtwagenleveranciers over de levensduur en de veiligheid van de motoren in hun voertuigen. De belangenorganisatie van wegvervoerders, Transport & Logistiek Nederland (TLN), staat positief tegenover het gebruik van biobrandstoffen. Omdat de vraag naar transport stijgt en er met technische en organisatorische maatregelen niet voldoende mogelijkheden zijn om emissiereductiedoelstellingen⁵⁸ te halen, is toepassing van biobrandstoffen voor deze sector een geschikte mogelijkheid om CO₂-reductie te realiseren.

Eindgebruikers zijn moeilijk te karakteriseren als drijvende krachten of als wrijvingskrachten. Hun bereidheid tot aankoop van biobrandstoffen en speciale voertuigen wordt grotendeels bepaald door de prijs en deze kunnen nu nog niet concurreren met hun conventionele alternatieven. De marktvraag wordt dus sterk beïnvloed door de aanwezigheid van overheidsbeleid, dat ervoor zorgt dat deze even duur of goedkoper zijn voor de eindgebruiker. Indien de publieke opinie negatief tegenover (grootschalige) biomassateelt gaat staan, kan dit een weerstandskracht vormen. Burgers hebben nu nog weinig kennis over teelt van biomassa en biobrandstoffen. Welke informatie zij krijgen en van wie is bepalend voor de vorming hun meningen. Natuur- en milieuorganisaties en de media spelen hierbij een belangrijke rol. Burgers lijken wel enigszins argwanend te staan tegenover gebruik van biomassa voor energietoepassingen, dit lijkt niet duurzaam. De publieke opinie kan zich tegen biomassateelt keren als zich ongewenste ontwikkelingen voordoen op het gebied van bijvoorbeeld genetische modificatie van gewassen, aanleg van monotone productievelden en inpassing daarvan in het landschap en gebruik van bemesting en bestrijdingsmiddelen. Dit zal echter niet genoeg invloed hebben om de ontwikkeling tegen te kunnen houden. Het is wel belangrijk dat de publieke opinie niet tegen is, omdat dit aanleiding kan geven tot afbraak van het maatschappelijk draagvlak (Expertinterviews, 2001).⁵⁹

4.6.6 Natuur- en milieuorganisaties

Gezien de negatieve milieugevolgen van oliewinning en -transport en het gebruik van fossiele benzine en diesel in voertuigen, hebben deze organisaties belang bij een verandering van de bestaande situatie. Natuur- en milieuorganisaties zullen daarom positief staan ten opzichte van vervanging van fossiele brandstoffen door biobrandstoffen. Deze organisaties hebben over het algemeen oog voor brede ontwikkelingen en zijn kritisch ten aanzien van nieuwe ontwikkelingen die niet duurzaam zijn. Veel van deze organisaties zijn echter nu nog niet bekend met de (gevolgen van) biomassateelt en gebruik van biobrandstoffen in voertuigen en zij zullen pas een rol gaan spelen wanneer dit op grotere schaal wordt toegepast. Sommige organisaties staan positief tegenover het gebruik van biomassa in de energievoorziening als substituut voor fossiele energiedragers, mits dit zorgvuldig wordt aangepakt en dit zo min mogelijk ongunstige effecten op andere terreinen heeft (zie Bijlage F). Er moet dus niet alleen gekeken worden naar de CO₂-reductie die door toepassing van biomassa wordt bereikt, maar ook naar andere aspecten zoals de beschikbaarheid van grond (mogelijke concurrentie met voedselproductie), mogelijkheden voor cascadering bij het gebruik van biomassa, emissies ('well-to-wheel'), de productiewijze van biomassa⁶⁰, biodiversiteit en inpassing in het landschap, genetische modificatie van gewassen, veiligheid, energiebalansen voor verschillende toepassingen van biomassa en sociaal-economische gevolgen. Ook moet er verder gekeken worden dan alleen nationaal niveau, omdat

⁵⁸ In de Klimaatnota zijn geen specifieke doelstellingen opgenomen voor het wegvervoer, maar wel voor de sector verkeer- en vervoer in het algemeen (persoonlijke mededeling P. Poppink (TLN)).

⁵⁹ Met informatie uit persoonlijke mededelingen van P. Poppink (TLN) en S. Schöne (WNF).

⁶⁰ De productiewijze moet bij bossen voldoen aan internationale duurzaamheidscriteria die door natuur- en milieuorganisaties gehanteerd worden, de tien Forest Stewardship Council-principes (Internetbron 24; persoonlijke mededeling van S. Schöne (WNF)).

Nederland biomassa zal moeten importeren. Hierbij spelen ook internationale natuur- en milieuorganisaties en lokale groeperingen in het buitenland een rol. Internationaal gezien wordt er heel verschillend tegen biomassateelt aangekeken. Dit hangt bijvoorbeeld af van of een land veel grond ter beschikking heeft en of het ervaring heeft met bosbouw. Natuur- en milieuorganisaties kunnen zich ontwikkelen tot drijvende krachten als zij merken dat biomassateelt op een duurzame en zorgvuldige manier kan plaatsvinden (hetgeen aangetoond zal moeten worden) en vervanging van fossiele brandstoffen door biobrandstoffen een belangrijke bijdrage levert aan de reductie van de emissie van CO₂ en dit geen negatieve gevolgen op andere terreinen met zich meebrengt. Wat betreft de productie en distributie van biobrandstoffen geldt ook dat zorgvuldigheid in acht moet worden genomen. Wanneer hierbij problemen ontstaan en zij hier kritisch op reageren of als zij niet voldoende over ontwikkelingen geïnformeerd worden, kunnen zij een wrijvingskracht vormen en het maatschappelijk draagvlak doen afbreken. Hun invloed zal echter waarschijnlijk niet groot genoeg zijn om ontwikkelingen daadwerkelijk tegen te kunnen houden (Expertinterviews, 2001).⁶¹

⁶¹ Met informatie uit een persoonlijke mededeling van S. Schöne (WNF).

5. INTRODUCTIESCENARIO'S (2002-2010)

5.1 Inleiding

In Hoofdstuk 4 is reeds het krachtenveld van actoren, die een rol spelen bij de overgang naar grootschalige toepassing van biobrandstoffen, besproken. In dit hoofdstuk zal worden ingegaan op de inspanningen die op korte termijn door de verschillende actoren gedaan zouden moeten worden om de doelstellingen voor de periode 2005-2010 in de Europese ontwerprichtlijn ter stimulering van biobrandstoffen in transport bereiken. Voor eindgebruikers wordt bekeken welke gevolgen de introductie van biobrandstoffen voor hen heeft. Er wordt voornamelijk aandacht besteed aan financieel-economische aspecten en op grond hiervan wordt het krachtenveld van actoren hier ingeperkt tot de volgende groepen:

- biobrandstofproducenten en -distributeurs
- land- en bosbouwbedrijven
- autoproducenten
- eindgebruikers
- overheid.

Voor deze groepen zullen de inspanningen en gevolgen worden besproken aan de hand van drie introductiescenario's. Deze vormen het eerste gedeelte van zogenaamde 'transitiepaden', verschillende wegen die leiden naar het eindbeeld, waarin grootschalige toepassing van biobrandstoffen gerealiseerd is (zie § 4.2 en Bijlage E). Op het vervolg van de transitiepaden (2010-2030) wordt in het volgende hoofdstuk verder ingegaan.

5.2 Beschrijving van de introductiescenario's

5.2.1 Het aandeel biobrandstoffen in Nederland

Het minimale te behalen aandeel biobrandstoffen voor het wegverkeer in Nederland voor de periode 2005-2010 om de Europese doelstellingen te halen is weergegeven in onderstaande tabel:

Tabel 5.1 Aandelen biobrandstof in het wegverkeer (2005-2010) ⁶²

Jaar	Verplicht aandeel biobrandstoffen volgens de EU-richtlijn [%] ⁶³	Brandstof verkeer & vervoer [PJ]	Biobrandstof verkeer & vervoer [PJ]	Brandstoffen wegverkeer [PJ]	Biobrandstof wegverkeer [PJ]	Jaarlijkse groei [%]
2005	2	502,58	10,05	408,62	8,17	
2006	2,75	508,04	13,97	412,96	11,36	39
2007	3,50	513,51	17,97	417,30	14,61	29
2008	4,25	518,98	22,06	421,65	17,92	21
2009	5	524,44	26,22	425,99	21,30	19
2010	5,75	529,91	30,47	430,33	24,74	16

Bovenstaande aandelen biobrandstof in het wegverkeer zullen in de drie scenario's op verschillende manieren worden ingevuld. In de scenario's wordt alleen gekeken naar (gedeeltelijke) substitutie van benzine en diesel⁶⁴.

5.2.2 Parameterkeuze voor de scenario's

In Hoofdstuk 2 kwam reeds naar voren dat ethanol en biodiesel de enige brandstoffen zijn die op grote schaal toegepast kunnen worden in de periode 2005-2010. Later in deze periode, zal er mogelijk naast ethanol op basis van voedselgewassen ook cellulosisch ethanol worden gebruikt. Na selectie van de brandstoffen moet een keuze worden gemaakt voor de volgende parameters om de introductiescenario's te beschrijven:

	0%	100%
1. Aandeel bijmenging en aandeel puur	Alleen pure toepassing	Alleen bijmenging
2. Aandeel RME en aandeel ethanol	Alleen ethanol	Alleen RME
3. Aandeel bijmenging in benzine en diesel	Alleen bijmenging bij diesel	Alleen bijmenging bij benzine
4. Verdeling van de bijgemengde hoeveelheid	Hoog % bij zo klein mogelijk deel	Zo laag mogelijk % in alle brandstof
5. Aandeel nieuwe biobrandstoffen later	Geen	Groot aandeel

Figuur 5.1 Parameters voor de introductiescenario's

De eerste parameter betreft de wijze waarop biobrandstoffen toegepast kunnen worden: in pure vorm of bijmenging bij fossiele brandstoffen. Bij pure toepassing kan men denken aan 'dedicated vehicles' (DV) die deel uitmaken van een 'fleet'. Deze voertuigen tanken steeds brandstof op hetzelfde punt, waar zij regelmatig terugkomen. Hiervoor hoeft dus geen uitgebreide nieuwe distributie-infrastructuur aangelegd te worden. Pure toepassing kan ook plaatsvinden in zoge-

⁶² Het totale energiegebruik van de sector verkeer en vervoer zal in 2005 ongeveer 509,3 PJ bedragen, waarvan 502,6 PJ brandstoffen en 6,7 PJ elektriciteit (uitgaande van prognoses van RIVM en eenzelfde verdeling over energiedragers in de transportsector als in 1999) (ECN, 2001; RIVM, 2000). Dit betekent dat er dan 10,05 PJ aan biobrandstoffen verkocht moet worden in Nederland. Er wordt aangenomen dat zowel bij wegverkeer als niet-wegverkeer (binnenvaartschepen, recreatievaartuigen en mobiele (landbouw)werktuigen) een aandeel van 2% bereikt zal worden. Er is al sprake van regionale initiatieven voor projecten waarin biodiesel wordt toegepast in niet-wegverkeer. Het wegverkeer moet dan, uitgaande van een aandeel van 81,3% in het totale energiegebruik van de sector, 8,17 PJ aan biobrandstoffen gebruiken in 2005. Dezelfde aannames zijn gebruikt voor de overige jaren.

⁶³ Uit Europese Commissie (2001c). De peildatum voor deze doelstellingen is steeds 31 december van het betreffende jaar (Europese Commissie, 2001a).

⁶⁴ Hierbij wordt aangenomen, dat de aandelen van benzine en diesel in de periode 2005-2010 hetzelfde zullen zijn als in 1999, dus 44,1% bestaat uit benzine, 48,8% uit diesel en 7,1% uit LPG (zie Figuur 2.1).

naamde 'flexible fuel vehicles' (FFV), die twee (of zelfs meer) brandstoffen aankunnen en ieder mogelijk mengsel hiervan. Ook 'dual fuel vehicles' (DFV) zijn een mogelijkheid, maar deze kunnen slechts één brandstof tegelijk gebruiken. Deze twee typen voertuigen zijn zeer geschikt bij de overgang naar grootschalige toepassing van biobrandstoffen, maar ze zijn beide duurder dan DV, omdat DFV uitgerust zijn met twee aparte brandstoftanks en omdat FFV een complexer brandstofsysteem hebben (voor de monitoring van de compositie van de brandstofmengsels) (IEA, 1996b). In de scenario's die hier besproken worden, wordt omwille van de eenvoud alleen de mogelijkheid meegenomen van pure toepassing van biobrandstoffen in DV die deel uitmaken van fleets. Een aanzienlijk aandeel pure toepassing van biobrandstoffen in 'dedicated' privé-personenauto's of vrachtwagens lijkt in het begin onwaarschijnlijk, omdat hiervoor een uitgebreide aangepaste distributie-infrastructuur nodig is. Bovendien moet er sprake zijn van een groot aantal voertuigen die uitgerust worden met speciale motoren, wil deze infrastructuur aangepast worden. Dit zou betekenen dat er aanzienlijke investeringen gedaan moeten worden door marktpartijen en bovendien kost het aanpassen van de infrastructuur en het opzetten van een productieproces op grote schaal voor speciale motoren tijd, waardoor dit niet haalbaar lijkt voor 2005.

Waarschijnlijk kan met alleen toepassing van biobrandstoffen in pure vorm in fleets geen groot aandeel bereikt worden, vanwege het beperkte aantal fleetvoertuigen en het deel hiervan dat zal overstappen naar biobrandstoffen. Deze optie zal wel in het begin van het transitiepad een belangrijke rol spelen in de vorm van (vaak lokale) projecten van experimentele aard waarvoor een bepaalde afscherming van de reguliere markt geldt. Grotere aandelen biobrandstof zijn, ook op langere termijn, wel haalbaar met grootschalige bijmenging bij fossiele benzine en diesel. Er wordt aangenomen dat in Nederland zowel toepassing in pure vorm in niches (fleets) als grootschalige bijmenging zal plaatsvinden in de periode 2005-2010, waarbij het percentage bijmenging niet groter zal zijn dan het maximale percentage, dat haalbaar is zonder dat er aanpassingen aan de infrastructuur en motoren nodig zijn. Er wordt aangenomen dat met pure toepassing in fleets maximaal een aandeel haalbaar is van 5% van de totale motorbrandstoffenverkoop (zie § 4.3.2). Verder bepaalt de richtlijn dat er in alle lidstaten vanaf 2009 bijmenging moet plaatsvinden in benzine en diesel, namelijk 1% in 2009 en 1,75% in 2010. Dit moet dus in alle scenario's voorkomen (Europese Commissie, 2001a).

Het aandeel RME en ethanol wordt bepaald door de verhouding tussen pure toepassing en bijmenging en de keuze voor in welke fossiele brandstoffen wordt bijgemengd en in welke percentages. Er wordt aangenomen dat bij benzine alleen ethanol bijgemengd kan worden en bij diesel alleen RME⁶⁵. Veruit het grootste deel van de fleetvoertuigen wordt aangedreven met een dieselmotor. De meeste voertuigen die overgaan op biobrandstoffen zullen RME gaan gebruiken als vervanger van fossiele diesel, maar er wordt aangenomen dat sommige zullen overstappen naar een benzinemotor met ethanol, indien deze geschikt is voor de specifieke toepassing van het voertuig. Het aandeel pure toepassing van biobrandstoffen gaat ten koste van het aandeel diesel in de totale hoeveelheid motorbrandstoffen. Er wordt verder aangenomen dat van de 'nieuwe' biobrandstoffen alleen cellulosisch ethanol een rol zal gaan spelen in de periode 2005-2010 en dat deze in alle scenario's wordt geïntroduceerd vanaf 2009.

Voor alle scenario's wordt aangenomen dat de doelstellingen in de Europese richtlijn exact gehaald worden. Er vindt dus geen overschrijding plaats van de verplichte aandelen biobrandstoffen in de periode 2005-2010. Hieronder is weergegeven welke keuze voor de parameters gemaakt is voor de drie scenario's:

⁶⁵ Er kan bij fossiele benzine ook een beperkt percentage ethanol bijgemengd worden, maar deze mogelijkheid wordt hier buiten beschouwing gelaten.

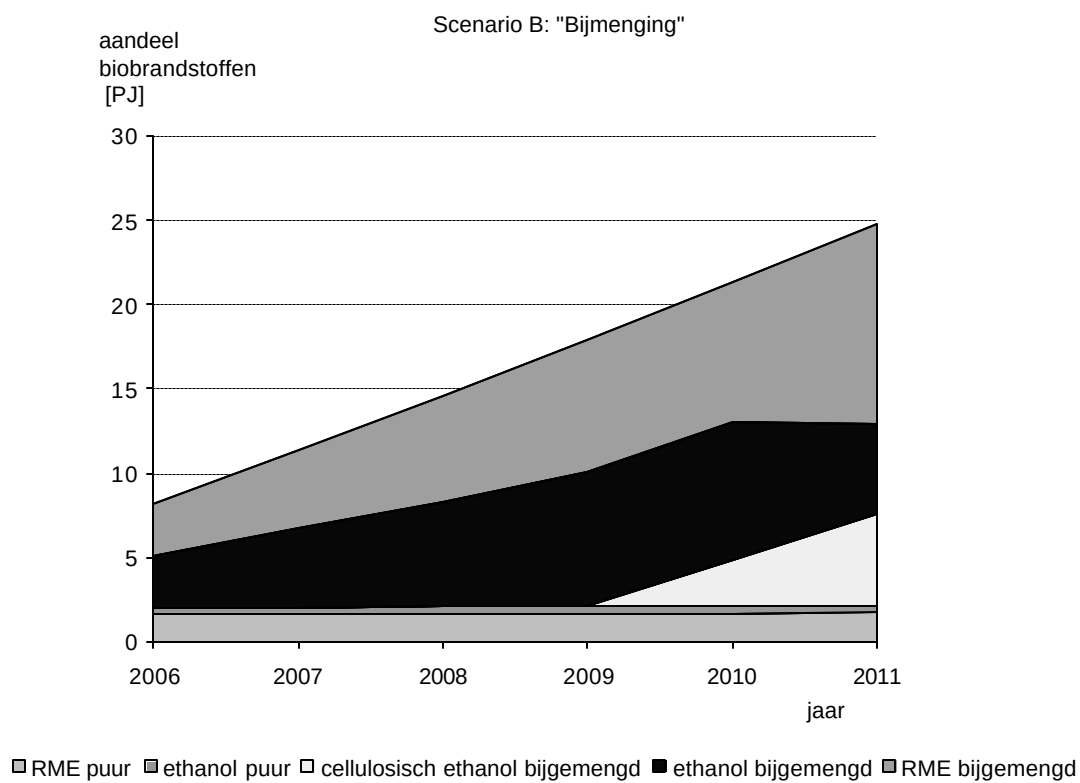
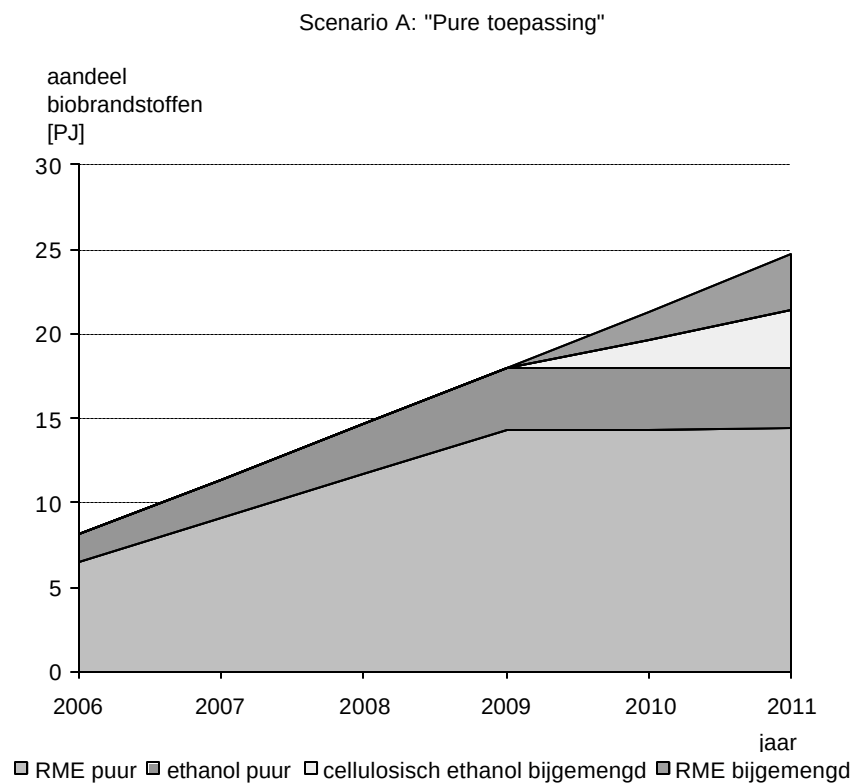
Tabel 5.2 *Keuzes voor de parameters voor de drie scenario's*⁶⁶

	Scenario A: 'Pure toepassing'	Scenario B: 'Bijmenging'	Scenario C: 'Pure toepassing + bijmenging'
Aandelen bijmenging en puur	Alleen puur, vanaf 2009 verplichte bijmenging	Vooraf bijmenging, aandeel fleets/pilots blijft, na aanvankelijk relatief groot aandeel ⁶⁷ , beperkt tot 0,5% van de totale hoeveelheid motorbrandstoffen.	50% bijmenging, 50% puur
Aandelen biodiesel en ethanol	- Bijmenging: aandelen liggen vast door verplichting richtlijn. - Puur: 80% biodiesel, 20% ethanol	- Bijmenging: aandelen komen voort uit bijmengpercentages. - Puur: 80% biodiesel, 20% ethanol	- Bijmenging: aandeel ethanol komt voort uit bijmenging bij benzine, geen aandeel biodiesel bijgemengd. - Puur: 80% biodiesel, 20% ethanol
Aandelen bijmenging in benzine en diesel	Bijmenging in gelijke percentages (volgens de richtlijn), bij benzine en diesel.	Bijmenging in gelijke percentages, bij benzine en diesel	Alleen bijmenging bij benzine
Verdeling bijgemengde hoeveelheid	Bijmenging in minimumpercentages volgens de richtlijn, in alle benzine en diesel.	Bijmenging in gelijke percentages (1,6% in 2005 oplopend tot 5,6% in 2010), in alle benzine en diesel.	Bijmenging in bepaald percentage, in alle benzine.
Aandeel nieuwe brandstoffen later	Vanaf 2009 cellulosisch ethanol, bijgemengd bij benzine (vult aandeel verplichte bijmenging bij benzine volledig in).	Vanaf 2009 cellulosisch ethanol, bijgemengd bij benzine (aandeel loopt op tot 50% van de bijgemengde ethanol in 2010).	Vanaf 2009 cellulosisch ethanol, bijgemengd bij benzine (aandeel loopt op tot 50% van de bijgemengde ethanol in 2010).

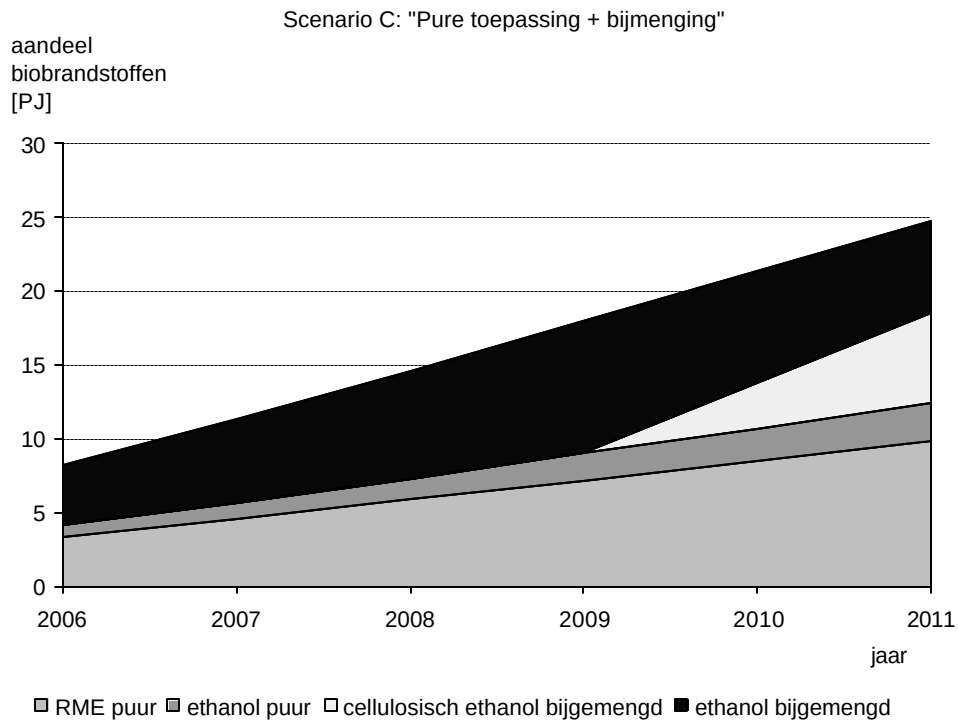
In Figuur 5.2 is weergegeven hoe het verloop is van de aandelen van de verschillende biobrandstoffen, in pure vorm of bijgemengd, voor de periode 2005-2010:

⁶⁶ In geen van de scenario's is pure toepassing van cellulosisch ethanol opgenomen. In alle scenario's is uitgegaan van gelijk verdeelde bijmenging over de totale hoeveelheid brandstof.

⁶⁷ Dit aanvankelijk relatief grote aandeel bestaat uit reeds opgestarte of geplande projecten voor pure toepassing van biobrandstoffen in fleets, bijvoorbeeld in het kader van het GAVE-programma.



Figuur 5.2 Aandelen van verschillende biobrandstoffen in de introductiescenario's



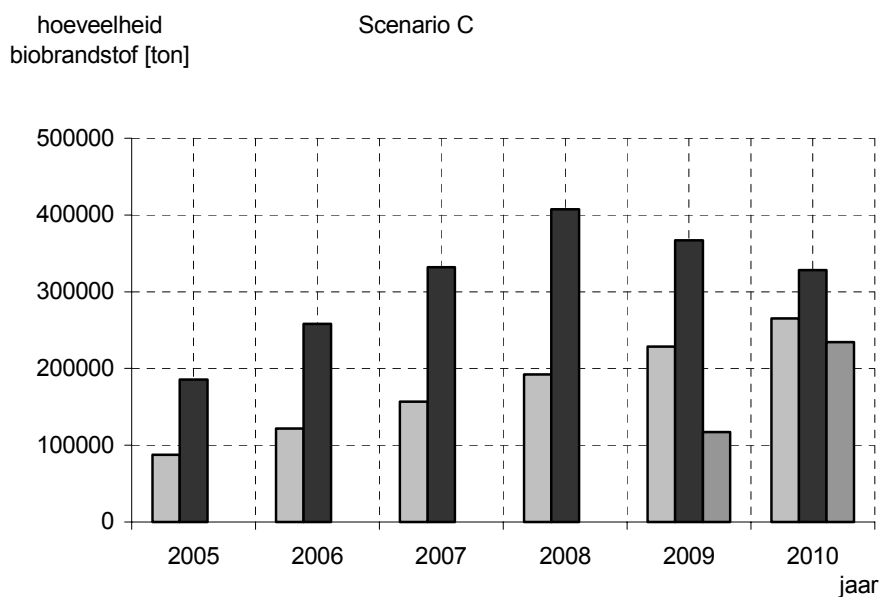
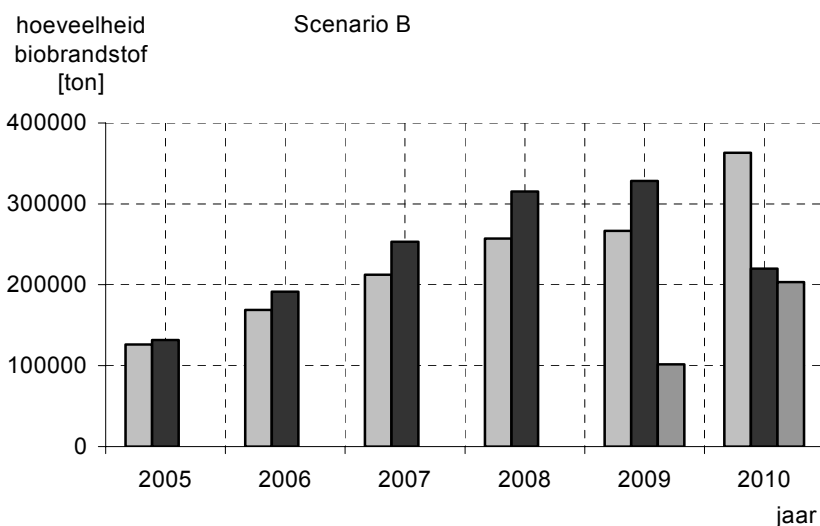
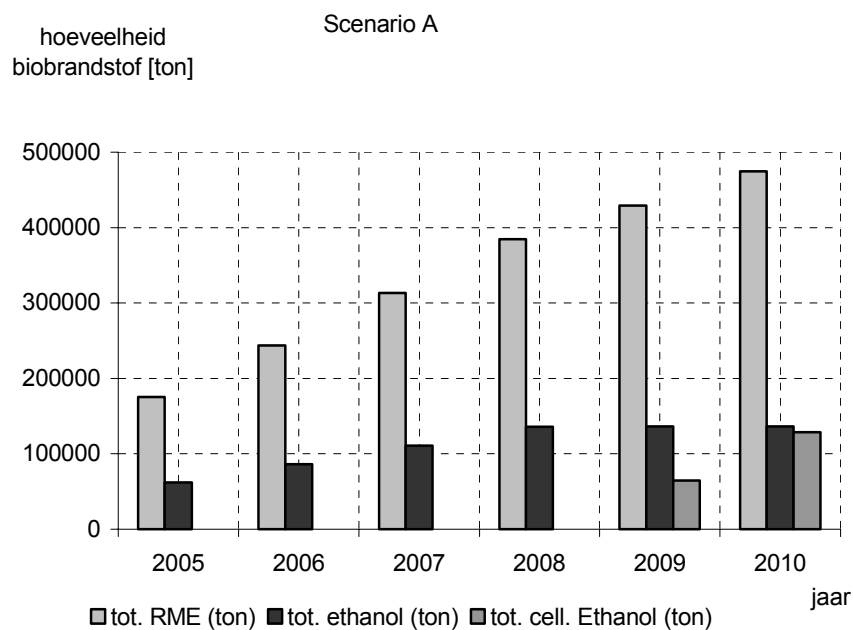
Vervolg Figuur 5.2 Aandelen van verschillende biobrandstoffen in de introductiescenario's

5.3 Resultaten van de berekeningen voor de introductiescenario's

5.3.1 Biobrandstofproducenten

Productie van biobrandstoffen

Om de doelstellingen in de Europese richtlijn te halen, zijn voor Nederland de volgende hoeveelheden biobrandstoffen nodig in de periode 2005-2010 voor de scenario's A, B en C:



Figuur 5.3 Hoeveelheden biobrandstoffen voor de drie scenario's (2005-2010)

Hoewel het bij de Europese richtlijn gaat om vervanging van benzine en diesel in kleine percentages (zie Tabel 5.1), moeten er voor alle Europese lidstaten behoorlijk grote hoeveelheden geproduceerd worden om deze aandelen te halen. Zelfs in landen, die voorop lopen met de productie van biobrandstoffen in Europa, namelijk Frankrijk, Duitsland en Italië en in mindere mate Oostenrijk, Spanje en Zweden, wordt een aandeel van 1% biobrandstoffen momenteel nog niet gehaald (Europese Commissie, 2001a). Een grote uitbreiding van de productiecapaciteit is dus noodzakelijk.⁶⁸

Voor RME liggen de jaarlijks te produceren hoeveelheden voor Nederland voor de drie scenario's tussen ongeveer 88.000 ton en 475.000 ton. In het jaar 2000 werd in de gehele EU 700.200 ton biodiesel (voornamelijk RME) geproduceerd. Het behalen van de EU-doelstellingen voor alle lidstaten vereist dus een zeer grote en snelle uitbreiding van de Europese productiecapaciteit. Met name Frankrijk en Duitsland hebben plannen voor grote uitbreiding. Nederland kan uit die landen RME importeren. Voor scenario A moet tot 2005 426 MW_{th} (biomassa input)⁶⁹ aan extra capaciteit voor RME-productie worden ingezet. Hiermee is een investering gemoeid van 74 miljoen Euro⁷⁰. Jaarlijks moet de capaciteit verder uitgebreid worden met 110 tot 170 MW_{th} tot 2010. Voor de andere scenario's is minder extra productiecapaciteit voor RME nodig. De productie van ethanol als transportbrandstof bedroeg in 2000 191.000 ton in de Europese Unie. Voor de drie scenario's is jaarlijks in Nederland 62.000 tot 328.000 ton ethanol nodig⁷¹. Het lijkt onwaarschijnlijk dat de Europese Unie haar productiecapaciteit voldoende en op tijd zal kunnen uitbreiden om in haar eigen vraag te voorzien voor de periode 2005-2010. Import uit de Verenigde Staten en Brazilië, de leiders op de wereldmarkt, lijkt daarom noodzakelijk. In deze landen wordt ethanol op grote schaal (met een productie van respectievelijk 3,6 miljoen ton en 12 miljoen ton in 1998) en vergeleken met Europa efficiënter en goedkoper geproduceerd (Internetbron 21). In de scenario's B en C, waarin meer bijmenging voorkomt dan in scenario A, is ethanol uit graan de belangrijkste biobrandstof. Voor scenario B is een extra capaciteit nodig tot 2005 van 367 MW_{th} en voor scenario C 518 MW_{th}. Dit betekent dat er een investering van respectievelijk 121 miljoen Euro en 171 miljoen Euro, waarschijnlijk voornamelijk buiten de lidstaten van de Europese Unie, gedaan moet worden. Jaarlijks loopt dit op met 171 MW_{th} voor scenario B en 205 MW_{th} voor scenario C tot 2008. Daarna is voor de brandstofconsumptie in Nederland geen uitbreiding van de productiecapaciteit meer nodig, omdat het aandeel ethanol uit graan dan afneemt ten gunste van het aandeel cellulosisch ethanol, dat in 2009 wordt geïntroduceerd. De ethanol die geproduceerd wordt door conversie-installaties die dan al gebouwd zijn in het buitenland, zal elders op de wereldmarkt afgezet kunnen worden. In scenario C speelt cellulosisch ethanol de grootste rol, namelijk een jaarlijkse toename van de productiecapaciteit in 2009 en 2010 van 122 MW_{th} (49 miljoen Euro per jaar).

Distributie van biobrandstoffen

Hoe groot de investeringen zijn die distributeurs van biobrandstoffen moeten doen, hangt af van in welke mate pure toepassing en bijmenging voorkomen in de scenario's. Omdat er van uit wordt gegaan dat aanvankelijk nog geen pure toepassing plaats zal vinden in non-fleet voertuigen, zullen de investeringen in de infrastructuur beperkt blijven tot speciaal voor fleets aangepaste kleinschalige distributiesystemen. Deze systemen zijn afgestemd op ethanol of RME en

⁶⁸ De benodigde productiecapaciteit is berekend op basis van de energie van de biomassa-input en een bedrijfstijd van 330 dagen per jaar. Voor de energie-inhoud van de biomassa zijn de volgende data gebruikt: 22 GJ/ton graan (Novem, 1999a), 28 GJ/ton koolzaad (Faaij, 2000b) en 10,2 GJ/ton bosbouwresidu (Reith, 2001). Ook is gebruik gemaakt van omrekenfactoren uit Internetbron 59.

⁶⁹ 1 MW = 1 x 10⁶ J/s.

⁷⁰ De investeringen bedragen voor de verschillende biobrandstoffen: 0,173 miljoen Euro per MW_{th} voor RME, 0,331 miljoen Euro per MW_{th} voor ethanol uit graan en 0,405 miljoen Euro per MW_{th} voor cellulosisch ethanol. Al deze cijfers zijn gebaseerd op data uit (Faaij, 2000b) voor centrales van 400 MW_{th}, een typische grootte van een huidige conversie-installatie. Er is hier geen rekening gehouden met mogelijke schaafeffecten.

⁷¹ Ter vergelijking: de jaarlijkse productie van Nedalco, een Nederlandse ethanolproducent voor de voedings- en genotmiddelen industrie, is ongeveer 98.000 ton per jaar (internetbron 36). Nedalco kan de eigen productiecapaciteit gaan uitbreiden maar dit zal waarschijnlijk niet voldoende zijn om in de Nederlandse vraag naar ethanol als transportbrandstof te voldoen.

het belangrijkste verschil met reguliere systemen is het materiaalgebruik. Ethanol is incompatibel met metalen en plastics, dus opslagtanks moeten gemaakt zijn van roestvrij staal en verzeelingen en slangen hebben die bestand zijn tegen alcohol. Ook moeten de tanks een vast dak hebben en waterdicht zijn. Voorts moeten er extra maatregelen genomen worden in verband met de veiligheid. Brandende mengsels met ethanol kunnen het beste geblust worden met CO₂ en schuim. De vorming van ethanoldamp moet zoveel mogelijk worden voorkomen vanwege explosiegevaar. Hiervoor gebruikt men dampbarrières in de voertuigen en de brandstofpomp en een 'vapour return system' op het pompstation, waarmee gelekte brandstof en damp wordt teruggestuurd. Ook moet voorkomen worden dat mensen teveel ethanoldamp inademen tijdens het tanken omdat dit gezondheidsklachten kan veroorzaken en de rijvaardigheid negatief beïnvloed wordt. Bij RME moeten ook andere materialen worden gebruikt in de tanks. RME moet worden opgeslagen in water- en luchtdichte tanks op een donkere en koude plaats, vanwege de lage stabiliteit van de brandstof. RME kan veilig gedistribueerd worden zonder aanvullende maatregelen, omdat het gezondheidsrisico lager is dan voor fossiele diesel en omdat het biologisch afbreekbaar is (IEA, 1996b).

Omdat in scenario A de meeste pure toepassing voorkomt, zullen hier de investeringen in de distributie-infrastructuur waarschijnlijk het hoogste zijn. In scenario B wordt nauwelijks gebruik gemaakt van pure toepassing en worden grote groepen non-fleet voertuigen van biobrandstoffen voorzien door gebruik te maken van de bestaande infrastructuur. Er wordt zo geleidelijk een steeds groter percentage bijgemengde biobrandstoffen toegepast, terwijl de investeringen minimaal zijn. Er moeten natuurlijk wel investeringen gedaan worden in opslagtanks voor biobrandstoffen. De hoogte hiervan is afhankelijk van de locatie waar bijmenging plaatsvindt: in raffinaderijen, in opslagdepots of bij de pompstations.

5.3.2 Land- en bosbouwbedrijven

Om bovenstaande hoeveelheden biobrandstoffen te kunnen produceren, moeten extra hoeveelheden biomassa worden geproduceerd. Voor de drie scenario's zijn de benodigde hoeveelheden weergegeven in onderstaande tabel:

Tabel 5.3 *Productie van biomassa voor graan, koolzaad en bosbouwresiduen*⁷²

Productie biomassa 2005 en 2010	Scenario A	Scenario B	Scenario C
graan 2005 [ton]	223.500	475.100	670.550
graan 2010 [ton]	492.450	793.400	1.184.500
koolzaad 2005 [ton]	433.700	311.650	216.850
koolzaad 2010 [ton]	1.174.500	899.750	656.650
bosbouwresiduen 2005 [ton]	-	-	-
bosbouwresiduen 2010 [ton]	373.500	589.900	679.400

Het landsareaal dat nodig is voor bovenstaande productie van graan en koolzaad is weergegeven in onderstaande tabel:

⁷² Er is 2,475 ton koolzaad nodig voor de productie van 1 ton RME. Voor 1 ton ethanol is 3,6 ton graan (2,9 kg graan per liter ethanol) nodig (IEA, 1996a). Voor cellulosisch ethanol is dit 2,9 droge ton bosbouwresidu per ton ethanol (Reith, 2001). De benodigde hoeveelheden biomassa lopen jaarlijks op voor scenario A. Bij scenario B en C is dit alleen het geval voor koolzaad. De hoeveelheden graan in deze scenario's nemen toe tot 1.185.784 ton in 2009 voor scenario B en 1.470.792 ton in 2008 voor scenario C. De daling van deze hoeveelheden daarna komt doordat de introductie van cellulosisch ethanol uit residuen het aandeel van ethanol uit graan doet afnemen.

Tabel 5.4 *Landgebruik voor productie van graan en koolzaad*⁷³

Landgebruik 2005 en 2010	Scenario A	Scenario B	Scenario C
Landgebruik graan 2005 [ha]	27.500	58.500	82.600
Landgebruik graan 2010 [ha]	60.650	97.700	145.850
Landgebruik koolzaad 2005 [ha]	134.900	96.950	67.450
Landgebruik koolzaad 2010 [ha]	365.400	279.900	204.300

Voor de productie van granen, oliezaden (waaronder koolzaad) en proteïnerijke gewassen is voor de EU-15 54 miljoen ha beschikbaar. Hiervan is in 2001-2002 5,6 miljoen ha braakliggend land, waarvan 4 miljoen verplicht. Door het Blair House Agreement⁷⁴ (BHA) is voor oliezaad-productie op maximaal 5 miljoen ha ondersteuning door gewasspecifieke premies toegestaan. Er mag op dit land jaarlijks maximaal 1 miljoen metrieke ton sojaboonmeel equivalent aan koolzaadmeel als bijproduct van industriële oliezaadteelt worden geproduceerd. Frankrijk heeft een groot deel hiervan in handen en wil haar productie uitbreiden tot 280.000 ha non-food graan en 1,3 miljoen ha non-food oliezaden in 2010. Door de beperkingen die opgelegd worden door het BHA en de koppeling van koolzaadproductie aan quota voor braakliggend land, welke ieder jaar opnieuw worden vastgesteld, kunnen hoge fluctuaties ontstaan in de hoeveelheid koolzaadolie die beschikbaar is voor productie van RME binnen de EU. Dit is ook afhankelijk van in welke mate non-food koolzaad qua prijs kan concurreren met koolzaad bestemd voor voedseltoepassingen (ATLAS, 1997a; Internetbron 23, 21, 33, 49, 52). De in Nederland beschikbare hoeveelheid bosbouwresiduen wordt geschat op 1,4 miljoen droge ton per jaar (Reith 2001). In scenario C, waarin het meeste cellulosisch ethanol wordt toegepast, zou dan de helft hiervan beschikbaar moeten komen voor ethanolproductie.

5.3.3 Autoproducenten

Voor autoproducenten zijn de investeringen die zij moeten doen afhankelijk van in welke mate pure toepassing en bijmenging voorkomen in scenario's. Indien veel gebruik wordt gemaakt van bijmenging, onder het maximale percentage waarvoor geen aanpassingen aan de motor nodig zijn, zijn de investeringen voor autoproducenten minimaal. Het gaat dan hooguit om aanpassingen van sommige materialen in de motor en de brandstoftanks in de voertuigen zodat deze resistent zijn tegen ethanol of RME. Wanneer ingezet wordt op pure toepassing in fleets, zullen autoproducenten op grote schaal speciale motoren moeten gaan produceren. De meeste moderne dieselmotoren (met aangepaste materialen) kunnen pure RME gebruiken, indien de brandstof aan de specificaties voldoet, maar voor toepassing van pure ethanol zijn grotere veranderingen nodig, zoals aanpassingen aan de brandstofinlaat, de verbrandingskamer en het brandstofsysteem. De productiekosten van dergelijke motoren liggen nu nog hoger dan die van conventionele motoren, maar deze zullen dalen wanneer deze motoren in grotere aantallen geproduceerd worden. Bij pure toepassing van biobrandstoffen zijn, in tegenstelling tot bij bijmenging, ook aanpassingen nodig aan de brandstoftanks. Het gaat hierbij niet alleen om het materiaalgebruik, maar in het geval van ethanol ook om de grootte van de tank. Omdat pure ethanol een veel lagere energiedichtheid heeft dan benzine, is een ruim 50% groter volume brandstof nodig om hetzelfde aantal kilometers af te leggen. Dit kan betekenen dat de eindgebruiker vaker moet tanken bij dezelfde tankgrootte, maar sommige autoproducenten kiezen ervoor om grotere brandstoftanks te installeren in hun voertuigen (IEA, 1996b; Internetbron 19).

⁷³ Voor de berekening van het landareaal is gebruik gemaakt van de volgende data: 0,77 ha per ton RME en 2800 liter ethanol per ha (IEA, 1996a). Bij de berekening van het landgebruik over de periode 2005-2010 is geen rekening gehouden met productiviteitsverbeteringen.

⁷⁴ Deze afspraak is gemaakt tussen de VS en de EU om de toegang tot de Europese oliezadenmarkt (koolzaad, zonnebloemzaad, sojabonen) te verruimen voor derde landen (ATLAS, 1997a; internetbron 23, 49, 52).

5.3.4 Eindgebruikers

Voor eindgebruikers zijn met name de kosten van biobrandstoffen en speciale voertuigen en het gebruiksgemak en de veiligheid van belang bij de overgang naar toepassing van biobrandstoffen.

De prijs van biobrandstoffen

De productiekosten van biobrandstoffen liggen nu nog veel hoger dan die van fossiele benzine en diesel. De meeste gebruikers zullen niet bereid zijn om meer te betalen voor een milieuvriendelijkere brandstof. De eindgebruikersprijs van een motorbrandstof is enerzijds afhankelijk van de productiekosten, welke bij biobrandstoffen sterk beïnvloed worden door de biomassaprijzen en bij fossiele brandstoffen door de olieprijs, en anderzijds van de accijns op motorbrandstoffen. De tweede EU-richtlijn ter promotie van gebruik van biobrandstoffen in transport biedt lidstaten de mogelijkheid om hun accijnsstelsel aan te passen ten gunste van biobrandstoffen (zie § 4.3.2). Dit houdt in dat een proportionele reductie van accijns verleend mag worden op brandstoffen die een bepaald percentage biobrandstof bevatten. Dit betekent een volledige vrijstelling van accijns bij pure toepassing van biobrandstoffen⁷⁵. Het is van belang te onderzoeken of de accijnsreductie die toegestaan is volgens de richtlijn wel voldoende is.

⁷⁵ Met reductie mag het accijnstarief lager komen te liggen dan het minimum dat op Europees niveau vastgelegd is (Richtlijn 92/82/EEC met betrekking tot de benadering van de accijnstarieven op minerale oliën). De uiteindelijke totale belasting op het eindproduct mag echter niet lager zijn dan 50% van het normale accijnstarief voor de corresponderende brandstof (benzine of diesel). De reductie van accijns mag niet groter zijn dan het bedrag aan accijns dat betaald moet worden over het volume biobrandstoffen in de eindproducten die in aanmerking komen voor reductie (Europese Commissie 2001a, 2001b).

De onderstaande tabel geeft aan hoe de eindgebruikersprijs voor fossiele motorbrandstoffen is opgebouwd:

Tabel 5.5 *Eindgebruikersprijs van benzine en diesel* ⁷⁶

Component eindgebruikersprijs [Euro/liter]	Benzine	Diesel
Marktnotering	0,250	0,250
Distributiekosten	0,068	0,068
Brutowinst	0,064	0,064
<i>Pproductprijs</i>	0,382	0,382
Accijns ⁷⁷	0,609	0,326
Voorraadheffing	0,006	0,006
Brandstoffenbelasting	0,013	0,013
<i>Prijs zonder BTW</i>	1,010	0,727
BTW 19% over prijs	0,192	0,138
<i>Totaal belastingen</i>	0,820	0,483
<i>Eindgebruikersprijs</i>	1,202	0,865

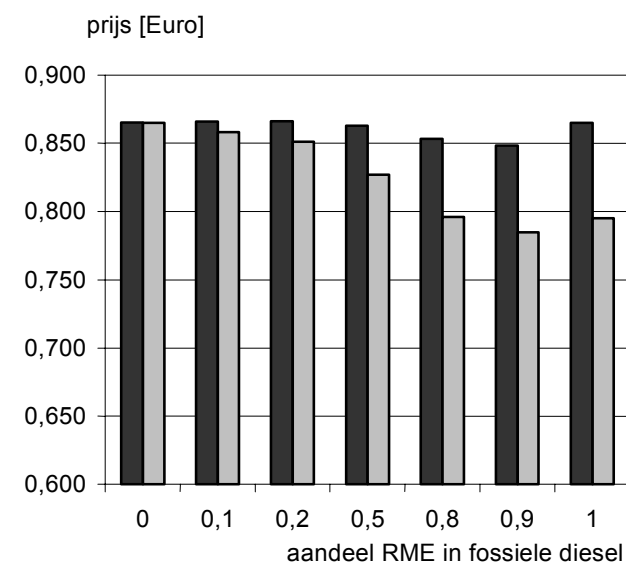
Voor brandstoffen, die biobrandstoffen bevatten, kan men een soortgelijke uitsplitsing naar componenten in de eindgebruikersprijs maken. Hier zal alleen worden gekeken worden naar biobrandstoffen die voorkomen in de drie introductiescenario's. Cellulosisch ethanol wordt buiten beschouwing gelaten, omdat deze enkel in kleine percentages bijmenging bij benzine voorkomt, waardoor de eindgebruikersprijs nauwelijks zal verschillen van die van pure benzine. Bovendien is de marktnotering van cellulosisch ethanol op basis van bosbouwresiduen vergelijkbaar met die van ethanol uit graan. De eindgebruikersprijs van cellulosisch ethanol kent een soortgelijk verloop als die van ethanol uit graan voor verschillende bijmengpercentages.

Het effect van accijnsreductie op de prijs per liter brandstof, met variërende percentages bijmenging van biobrandstof, en de prijs voor een hoeveelheid brandstof die 1 liter benzine of diesel kan vervangen is weergegeven in onderstaande figuur⁷⁸:

⁷⁶ De marktnotering bestaat uit de kosten van ruwe olie, transport en raffinage (ECN 2001) Voor benzine en diesel zijn data afkomstig uit (Europese Commissie 2001a; ECN, 2001) en gebaseerd op een olieprijs van ongeveer 30 US dollar per vat, voor RME (marktnotering 0,500 Euro/liter) uit (Europese Commissie 2001a), voor ethanol uit graan (marktnotering 0,424 Euro/liter) uit (Daey Ouwens, 2000a) en voor cellulosisch ethanol op basis van bosbouwresiduen (0,400 Euro/liter) uit (Reith 2001). Er wordt aangenomen dat de distributiekosten, brutowinst, voorraadheffing en brandstoffenbelasting hetzelfde zijn voor alle mengsels. Het verschilt in distributiekosten per liter voor ethanol en RME ten opzichte van benzine en diesel is verwaarloosbaar (IEA, 1996b).

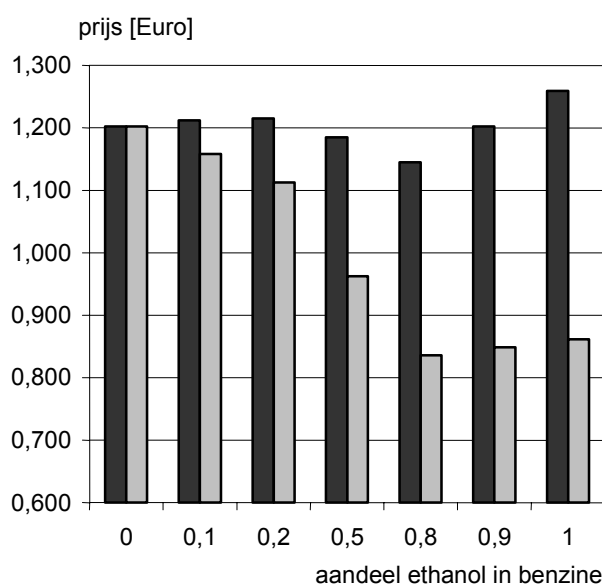
⁷⁷ Accijns benzine (Euro en Super loodvrij) en diesel (laagzwavelig) per 1 januari 2002 (Staatscourant, 2001; Internetbron 32).

⁷⁸ Hierbij is geen rekening gehouden met verbeteringen van de motorefficiency door toepassing van biobrandstoffen.



■ prijs vervanging 1 liter diesel [Euro]

□ prijs per liter [Euro]



■ prijs vervanging 1 liter benzine [Euro]

□ prijs per liter [Euro]

Figuur 5.4 Eindgebruikersprijzen biobrandstoffen met accijnsreductie volgens de EU-richtlijn

In de figuren is te zien dat de proportionele accijnsreductie voldoende is om brandstoffen die biobrandstoffen bevatten concurrerend te maken met pure benzine of diesel, wanneer men kijkt naar de literprijs. Bij ethanol is het verschil in de literprijs veel groter dan bij RME, tot 0,37 Euro/liter voor een mengsel met 80% ethanol. Opvallend is de stijging van de literprijs voor grotere bijmenging dan 90% voor RME en 80% voor ethanol of pure toepassing van deze brandstoffen. De eindgebruikersprijs neemt hier weer iets toe vanwege de eis in de EU-richtlijn dat de totale belasting op de brandstof (inclusief BTW) niet lager mag zijn dan 50% van de oorspronkelijke accijns op de referentiebrandstof (benzine of diesel). Voor grote percentages bijmenging en pure toepassing is daarom geen volledige proportionele accijnsreductie toegestaan. Op pure RME moet daarom 1,7 Eurocent per liter accijns geheven worden, voor pure ethanol is dit 15 Eurocent per liter. Wanneer men kijkt naar de prijs voor vervanging van 1 liter benzine of diesel

door een brandstof die biobrandstof bevat, zijn de prijsverschillen veel kleiner dan bij de literprijs. Dit komt doordat biobrandstoffen een lagere energie-inhoud hebben en er dus een grotere hoeveelheid brandstof nodig is voor dezelfde hoeveelheid energie. De prijzen van 1 liter diesel en 1,09 liter RME (nodig om 1 liter diesel te vervangen) zijn gelijk. Echter, de prijs van 1,46 liter ethanol (nodig om 1 liter benzine te vervangen) is iets hoger dan die van 1 liter benzine, ongeveer 6 Eurocent. Er kan niet gesteld worden dat door proportionele accijnsreductie bijmenging of juist pure toepassing meer wordt gestimuleerd. Qua eindgebruikersprijs zijn een mengsel van 90% RME met 10% diesel en een mengsel van 80% ethanol met 20% benzine het gunstigst. Indien de eis dat de totale belastingen niet lager mogen zijn dan 50% van de oorspronkelijke accijns zou vervallen, zou pure toepassing van biobrandstoffen zowel wat betreft de prijs per liter als de prijs voor vervanging van 1 liter fossiele brandstof het goedkoopste zijn.

Indien er geen accijnsreductie toegepast wordt, betekent dit dat de biobrandstoffen goedkoper of de fossiele brandstoffen duurder moeten worden, willen biobrandstoffen kunnen concurreren. Een lagere biobrandstofproductprijs kan verkregen worden door verbetering van de omzettingstechnologie, opschaling en verlaging van de kosten voor biomassa. De prijs van benzine en diesel wordt voornamelijk beïnvloed door de prijs van ruwe olie. RME kan concurreren op basis van vervanging van 1 liter diesel (uitgaande van dezelfde eindgebruikersprijs voor 1,09 liter RME als voor 1 liter diesel met dezelfde accijns per liter), indien RME een marktnotering heeft van 0,19 Euro/liter. Momenteel is dit 0,50 Euro/liter. Ethanol blijkt niet te kunnen concurreren met benzine bij dezelfde accijnsheffing per liter, indien men 1 liter benzine wil vervangen door 1,46 liter ethanol. Zelfs als de marktnotering voor ethanol nul zou bedragen, zou de eindgebruikersprijs hoger zijn dan die van 1 liter benzine, namelijk 1,32 Euro voor 1,46 liter ethanol. Wanneer RME en ethanol qua literprijs moeten kunnen concurreren met diesel en benzine, moet de marktnotering van deze biobrandstoffen dalen tot 0,25 Euro/liter. Willen RME en ethanol kunnen concurreren met diesel en benzine bij hun huidige marktnoteringen op basis van vervanging van 1 liter fossiele brandstof, dan betekent dit dat de ruwe olieprijs sterk zou moeten stijgen. Voor RME zou de olieprijs ongeveer 2,5 keer zo hoog moeten zijn als in 2000, dus zo'n 70 US dollar per vat. Voor ethanol moet de olieprijs zelfs ruim vier keer zo hoog worden⁷⁹. Indien RME en ethanol een met fossiele benzine en diesel vergelijkbare literprijs moeten krijgen, moet de olieprijs ongeveer met een factor 2 toenemen.

De aanschafprijs en onderhoudskosten van biobrandstofvoertuigen

In het geval van bijmenging hoeven geen speciale voertuigen te worden aangekocht door eindgebruikers. Bij pure toepassing moeten fleet-eigenaars wel op biobrandstoffen afgestemde voertuigen kopen. De aanschafprijs van een DV voor ethanol is ongeveer 7% hoger dan een conventioneel voertuig. Een ethanolbus is ongeveer 9% duurder dan een dieselbus. Of de onderhoudskosten hoger of lager zijn dan voor conventionele voertuigen, wisselt sterk tussen verschillende fleets en typen voertuigen. Een voertuig dat geschikt is voor RME kost nauwelijks meer dan een conventioneel dieselveertuig, maar de onderhoudskosten zijn over het algemeen wel hoger (IEA2, 1996b). In de scenario's komt geen pure toepassing voor in privé-personenauto's, maar consumenten kunnen wel met prijsverhogingen voor bepaalde diensten te maken krijgen indien fleet-eigenaars de meerkosten van toepassing van biobrandstoffen doorberekenen aan hun klanten.

Gebruiksgemak en veiligheid

Een nadeel van het gebruik van biobrandstofvoertuigen is, dat de eindgebruiker, indien het voertuig niet is uitgerust met een grotere tank, vaker moet tanken. Een grotere tank heeft echter als nadeel dat de brandstofmassa groter wordt en dat daarmee het energiegebruik van het voertuig toeneemt. Het tanken van biobrandstoffen gebeurt op dezelfde wijze als bij benzine en diesel, hier zal de eindgebruiker weinig verschil merken. Ook aan de veiligheidseisen wordt voldaan, indien bij pompstations de juiste maatregelen worden genomen.

⁷⁹ Uitgaande van gelijkblijvende kosten voor raffinage en transport, welke 1,36 tot 3,40 eurocent per liter bedragen. De olieprijs in 2000 bedroeg ongeveer 28 dollar per vat (ECN, 2001).

5.3.5 De overheid

Voor de overheid is het van belang dat toepassing van biobrandstoffen in Nederland bijdraagt aan het bereiken van bepaalde doelstellingen. Het gaat hierbij vooral om het reduceren van de emissie van CO₂ ten gevolge van het wegverkeer en het verminderen van de afhankelijkheid van olie-importen. Aan deze twee aspecten wordt hier aandacht besteed.

Kosten voor vermeden emissie van CO₂

De overheid zal kosten maken om toepassing van biobrandstoffen te realiseren. Zij zal minder inkomsten uit accijns ontvangen door gedeeltelijke substitutie van fossiele motorbrandstoffen door biobrandstoffen. Daarnaast is voor de overheid de kosteneffectiviteit van technologische opties om CO₂-emissie te reduceren van belang, dus welke kosten gemaakt moeten worden door de betrokken actoren om een bepaalde hoeveelheid CO₂-emissiereductie te realiseren. In de onderstaande tabel zijn voor elk van de scenario's de kosten of investeringen per ton vermeden CO₂ weergegeven:

Tabel 5.6 *Kosten, verlies aan accijnsinkomsten, investeringen en CO₂-reductie*

Totaal over de periode 2005-2010	Scenario A	Scenario B	Scenario C
Productiekosten ⁸⁰ [mln Euro]	1596	1705	1765
Meerkosten t.o.v. fossiel ⁸¹ [mln Euro]	904	972	1027
Verlies accijnsinkomsten ⁸² [mln Euro]	949	1353	1410
Investerings ⁸³ [mln Euro]	380	542	587
CO ₂ -reductie ⁸⁴ [mln ton]	3,03	3,72	3,97
Kosten per hoeveelheid vermeden CO ₂ [Euro/ton]	298	261	259
Verlies accijns per hoeveelheid vermeden CO ₂ [Euro/ton]	313	364	355
Investerings per hoeveelheid vermeden CO ₂ [Euro/ton]	125	146	148

Scenario C blijkt wat betreft de (meer)kosten van toepassing van biobrandstoffen en investeringen in conversie-installaties het duurste scenario te zijn en scenario A het goedkoopste. Ook kost scenario C de overheid het meeste en scenario A het minste, wanneer gekeken wordt naar de verliezen aan accijnsinkomsten. Echter, scenario A levert een aanmerkelijk lagere CO₂-emissiereductie op dan scenario B en C. Dit komt doordat in dit scenario relatief veel RME wordt toegepast en dit is vanuit milieuoogpunt een minder gunstige optie dan ethanol. In scenario C wordt het meeste cellulosische ethanol toegepast, welke een veel lagere CO₂-emissie heeft dan ethanol uit graan en RME. Wanneer men rekening houdt met de behaalde emissiereductie in elk van de drie scenario's, verandert het beeld dan ook enigszins. Scenario A is nog steeds het gunstigste wat betreft de accijnsverliezen en investeringen per ton vermeden CO₂-emissie, maar scenario C is het meest aantrekkelijk wat betreft de kosten per hoeveelheid vermeden emissie. Scenario B ligt steeds dicht in de buurt van scenario C, maar is alleen bij de investeringen wat gunstiger dan C.

⁸⁰ Bij de berekening van de productiekosten is uitgegaan van de volgende data: 0,500 Euro/liter voor RME (Europese Commissie, 2001a), 0,424 Euro/liter voor ethanol uit graan (Daey Ouwens, 2000a) en 0,400 Euro/liter voor ethanol op basis van bosbouwresiduen (Reith 2001). Er is geen rekening gehouden met toekomstige kostenreducties.

⁸¹ Dit zijn de productiekosten van biobrandstoffen verminderd met de uitgespaarde productiekosten van benzine en diesel.

⁸² Meer informatie over de berekening hiervan is te vinden in Bijlage G.

⁸³ De jaarlijkse investeringen zijn opgeteld. Scenario B en C hebben hogere investeringen omdat hier een deel van de eerder gebouwde productiefaciliteiten voor ethanol uit graan voor Nederlandse consumptie overbodig wordt na introductie van cellulosisch ethanol. Er wordt aangenomen dat de biobrandstoffen die door deze installaties geproduceerd worden elders op de wereldmarkt afgezet kunnen worden, maar hier wordt geen waarde aan toegekend bij het berekenen van de totale investeringen. De jaarlijkse investering wordt voor de jaren, waarin het aandeel ethanol uit graan afneemt, op nul gesteld.

⁸⁴ Meer informatie over de berekening hiervan is te vinden in Bijlage G.

Importafhankelijkheid

Voor alle drie scenario's geldt dat de bijdrage van toepassing van biobrandstoffen aan de vermindering van de afhankelijkheid van Nederland van olie-import zeer gering is.⁸⁵ De vermeden hoeveelheid olie is voor de drie scenario's in 2010 ongeveer 2 PJ, wat overeenkomt met ongeveer 0,05 miljoen ton olie equivalent. Dit is een zeer kleine hoeveelheid vergeleken met de verwachte netto import van 28,3 miljoen ton olie equivalent en de totale aanvoer van olie van 29,5 miljoen ton olie equivalent in dat jaar in Nederland (zie Tabel 2.1). De importafhankelijkheid (de netto import gedeeld door de totale aanvoer) wordt hier nauwelijks door beïnvloed. Bovendien hoeft een daling van de binnenlandse vraag naar olie niet te betekenen dat er minder geproduceerd zal worden door de raffinaderijen, omdat ongeveer de helft van de in Nederland geïmporteerde olie wordt geëxporteerd in de vorm van aardolieproducten (AER, 1998).

⁸⁵ De hoeveelheid olie die minder gebruikt wordt voor de productie van benzine en diesel omdat deze deels worden vervangen door biobrandstoffen is berekend door de hoeveelheden benzine en diesel (in PJ) in de drie scenario's om te rekenen naar de hoeveelheid olie die ervoor nodig is om deze te produceren. Er is uitgegaan van 0,07 PJ olie per PJ diesel en 0,11 PJ per PJ benzine (persoonlijke mededeling van P. Kroon, ECN).

6. TRANSITIEPADEN (2010-2030)

In het vorige hoofdstuk is gekeken naar verschillende scenario's voor de introductie van bio-brandstoffen in Nederland, welke het begin vormen van transitiepaden naar het eindbeeld toe. De vraag is of we met de drie besproken introductiescenario's wel uitkomen bij het eindbeeld. De verschillen tussen de in het vorige hoofdstuk besproken introductiescenario's blijken niet zodanig groot te zijn, dat gesteld kan worden dat door in te zetten op een bepaald scenario het bereiken van het eindbeeld meer of minder waarschijnlijk is. Bovendien is er nog een lange weg te gaan tussen 2010 en 2030. In deze periode zullen de kansen benut en de barrières overwonnen moeten worden (zie § 4.5). Dit betekent dat de actoren, die in het vorige hoofdstuk aan bod gekomen zijn, zich ook na 2010 zullen moeten inspannen.

De biobrandstofproducenten zullen ook dan het meeste moeten investeren van alle marktpartijen. De productiecapaciteit zal immers sterk uitgebreid moeten worden om een aandeel bio-brandstoffen van 20% te behalen in 2030. Voor producenten is het van belang dat zij voldoende rendement kunnen halen op hun investeringen en dat de financiële risico's waarmee zij te maken krijgen aanvaardbaar zijn. Het gaat immers om investeringen in kostbare installaties met een lange levensduur en bovendien bestaat er onzekerheid over de aanvoer van voldoende grondstoffen op langere termijn. In de eerste paragraaf van dit hoofdstuk wordt daarom gekeken naar de financiële haalbaarheid en winstgevendheid van een viertal biobrandstofconversie-installaties, die na 2010 commercieel beschikbaar komen. Tijdens het transitiepad is voor de overheid een belangrijke rol weggelegd voor het (bij)sturen van het overgangsproces. In Paragraaf 6.2 worden de kernpunten van transitiebeleid (zie § 3.2.4) toegepast op de overgang naar grootschalige toepassing van biobrandstoffen.

6.1 Financiële analyse van investeringen in conversiesystemen

In deze paragraaf wordt door middel van een financiële kosten-baten analyse inzicht gegeven in de financiële haalbaarheid en winstgevendheid van vier typen conversie-installaties voor de productie van biobrandstoffen. Omdat ethanol uit lignocellulose houdende biomassa en Fischer-Tropsch diesel het meest kansrijk lijken voor grootschalige toepassing na 2010, wordt hier alleen aan deze technologieën aandacht besteed.

6.1.1 Beschrijving van de conversiesystemen en data

Fischer-Tropsch diesel

In een BV-FT-systeem⁸⁶ (met lucht geblazen vergassing) wordt houtachtige biomassa vergast en het synthesesgas dat hierdoor ontstaat wordt vervolgens door middel van Fischer-Tropsch synthese omgezet in vloeibare brandstoffen en gasvormige bijproducten. Uit deze gassen kan door middel van een STEG-systeem⁸⁷ elektriciteit worden geproduceerd (BV-FT-STEG). Indien men een grotere opbrengst aan FT-producten en een lagere elektriciteitsproductie wil hebben, kan men het afgas van de Fischer-Tropsch synthese opnieuw omzetten in synthesesgas en vervolgens in vloeibare brandstoffen in plaats van dit door een STEG-eenheid te laten gaan (BV-FT). Bij beide systemen wordt de netto opgewekte elektriciteit geleverd aan het openbare net. De warmte die vrijkomt bij het syntheseproces en bij het afkoelen van het gas wordt in het proces zelf gebruikt voor het drogen van de biomassa (Den Uil, 2001).

⁸⁶ Biomassa Vergassing – Fischer Tropsch synthese (Den Uil, 2001).

⁸⁷ Een systeem met een stoomturbine en gasturbine.

Ethanol

Ethanol kan geproduceerd worden uit lignocellulosische biomassa. Dit zijn houtachtige gewassen die voornamelijk bestaan uit cellulose, hemicellulose en lignine. De eerste twee componenten kunnen worden omgezet in suikers en vervolgens in ethanol. De lignine wordt benut voor de productie van warmte en elektriciteit. De opgewekte warmte wordt grotendeels in het proces zelf benut, maar er wordt wel netto elektriciteit geproduceerd, die aan het openbare net geleverd wordt. Hier worden twee verschillende configuraties bekeken voor productie van ethanol uit houtachtige gewassen. De eerste is een ontwerp van NREL (National Renewable Energy Laboratory) en maakt gebruik van SSCF-technologie voor de omzetting naar ethanol (zie Hoofdstuk 2). Het tweede systeem maakt gebruik van SSF-technologie en heeft een wat hoger rendement voor ethanolproductie en elektriciteitsproductie dan het NREL-proces (Faaij, 2000b; Reith, 2001).

In onderstaande tabel zijn de gegevens opgenomen die gebruikt worden voor de financiële analyse van de bovengenoemde systemen:

Tabel 6.1 *Data voor de financiële analyse*⁸⁸

Energiebalans	BV-FT-STEG (Den Uil, 2001)	BV-FT (Den Uil, 2001)	Ethanol NREL (Reith, 2001)	Ethanol SSF (Faaij, 2000b)
Input biomassa [MW _{th}]	1000	1000	408	400
Output biobrandstoffen [MW _{th}]	294	511	139	184
Output elektriciteit (netto) [MW _{th}]	287	82	11	16
<i>Kosten en baten</i> ⁸⁹				
Investerings [mln Euro]	490,99	607,61	244,95 ⁹⁰	162,15
Kosten biomassavoeeding [mln Euro/jaar] ⁹¹	104,37	104,37	42,58	41,75
Bedrijfs- en onderhoudskosten [mln Euro/jaar]	24,55	30,40	19,32 ⁹²	9,72
Omzet uit verkoop biobrandstoffen [mln Euro/jaar] ⁹³	39,66	68,92	18,88	25,00
Omzet uit verkoop elektriciteit [mln Euro/jaar] ⁹⁴	73,47	20,99	2,82	4,10

⁸⁸ De data voor BV-FT-STEG, BV-FT en het NREL-proces gelden voor een installatie rond 2010, voor de ethanolinstallatie uit (Faaij, 2000b) voor vanaf ongeveer 2005.

⁸⁹ Bij het berekenen van de kosten en baten is uitgegaan van een bedrijfstijd van de installaties van 8000 uren per jaar en een economische levensduur van 20 jaar. De restwaarde na verstrijken van de economische levensduur wordt op nul gesteld.

⁹⁰ Uit (Veenkamp, 2001).

⁹¹ Hierbij is uitgegaan van biomassakosten van 3,624 Euro/GJ hout (Den Uil, 2001).

⁹² Uit (Veenkamp, 2001).

⁹³ Er is aangenomen dat de marktprijs van FT-brandstoffen 0,17 Euro/liter bedraagt en die van bio-ethanol 0,10 Euro/liter (voor beide brandstoffen is dit een waarde van 135% ten opzichte van de aardolieprijs, namelijk 4,68 Euro/GJ, bij een aardolieprijs van 20 US dollar per vat). De energie-inhoud van FT-producten is 36,3 MJ/liter (Den Uil, 2001). Voor ethanol is dit 21,2 MJ/liter (zie Bijlage B).

⁹⁴ Hierbij is uitgegaan van een vergoeding voor elektriciteit van 0,032 Euro/kWh (Reith, 2001).

6.1.2 Analyse van de conversiesystemen

Financiële haalbaarheid en rentabiliteit

Op basis van bovenstaande gegevens worden voor de vier conversiesystemen de netto contante waarde (NCW), de interne rentevoet (IRR) en de terugverdientijd (TVT) berekend (vóór belasting). Deze geven inzicht in hoe aantrekkelijk het is voor marktpartijen om in deze installaties te investeren.⁹⁵ Er wordt enkel gekeken naar de financiële haalbaarheid en rentabiliteit van deze projecten en niet naar de liquiditeitspositie gedurende de gehele levensduur. De wijze waarop het project gefinancierd wordt (eigen middelen, leningen, e.d.), wordt dus buiten beschouwing gelaten.

Geen van de installaties blijkt financieel haalbaar te zijn, want voor alle vier systemen is de NCW negatief:

Tabel 6.2 *De Netto Contante Waarde voor de vier conversiesystemen*⁹⁶

	BV-FT-STEG	BV-FT	Ethanol NREL	Ethanol SSF
NCW [mln Euro]	-646	-1048	-640	-382

Omdat voor alle systemen de jaarlijkse opbrengsten niet voldoende zijn om de jaarlijkse kosten te dekken, en de cash flow dus ieder jaar negatief is, hebben de investeringen geen IRR en worden zij niet terugverdiend. Dit was te verwachten, omdat de meeste duurzame energietechnologieën niet rendabel zijn wanneer uitgegaan wordt van marktprijzen voor de eindproducten, die gebaseerd zijn op de marktprijzen voor fossiele motorbrandstoffen en elektriciteit. In de volgende paragraaf wordt aandacht besteed aan hoe onder andere deze prijzen zouden moeten veranderen om de systemen rendabel te maken.

6.1.3 Gevoeligheidsanalyses

De financiële haalbaarheid en rentabiliteit van de investeringen zijn zeer afhankelijk van de marktprijzen van biomassa, welke sterk kunnen fluctueren door variaties in vraag en aanbod. Bij een conversiefaciliteit van 1000 MW_{th} (input) bestaat zelfs ongeveer 50% van de jaarlijkse productiekosten uit kosten voor biomassa (Den Uil, 2001). Ook de marktprijzen van biobrandstoffen en van elektriciteit zijn bepalende factoren. In bovenstaande analyse is bij de eindproducten geen ‘groen’ subsidie meegenomen in de marktwaarde. De investering zou aantrekkelijker kunnen worden gemaakt door een hogere marktwaarde toe te kennen aan ‘groene’ brandstoffen en elektriciteit. Verder is de hoogte van de initiële investering van grote invloed op de haalbaarheid. Deze kan verlaagd worden door verlening van een subsidie.

Hier wordt bekeken hoe de financiële haalbaarheid en rentabiliteit van de investering verandert, indien:

- de biomassakosten lager worden *of*
- de geproduceerde biobrandstoffen een hogere marktwaarde hebben *of*
- de geproduceerde elektriciteit een hogere marktwaarde heeft *of*
- de initiële investering wordt verlaagd.

⁹⁵ De NCW moet groter zijn dan nul wil een investeringsproject uitgevoerd worden, omdat de investering dan meer oplevert dan wanneer men het te investeren bedrag op een spaarrekening zou zetten tegen de marktrentevoet. De NCW zegt echter niets over de winstgevendheid van een investering, in tegenstelling tot de IRR. Deze rentevoet moet groter zijn dan de marktrentevoet (hier 8%). Ook de TVT is van belang voor investeerders. Een investering is voor hen onaantrekkelijk indien deze langer is dan het management van de onderneming aanvaardbaar vindt omdat de investering dan te risicovol is (ongeacht de rentabiliteit van het project) (Biamond, 2001).

⁹⁶ Hier is een disconteringspercentage gebruikt van 8%.

Er wordt dus steeds één waarde gevarieerd, terwijl de andere variabelen constant gehouden worden. In onderstaande tabel is voor de vier systemen aangegeven voor welke waarden de investering nét rendabel is:

Tabel 6.3 *Switching values* (NCW=0 en IRR=8%)⁹⁷

De investering is rendabel indien:	BV-FT-STEG	BV-FT	Ethanol NREL	Ethanol SSF
Kosten biomassavoeding [Euro/GJ] ⁹⁸	< 1,33	< -0,09	< -1,91	< 0,25
Marktprijs biobrandstoffen [Euro/liter]	> 0,45	> 0,43	> 0,44	> 0,26
Marktprijs biobrandstoffen [Euro/GJ]	> 12,40	> 11,85	> 20,75	> 12,26
Marktprijs elektriciteit [Euro/kWh]	> 0,06	> 0,19	> 0,77	> 0,36
Subsidie van initiële kapitaalinvestering [%]	> 132	> 172	> 261	> 236

Voor alle systemen is een drastische verlaging van de biomassakosten nodig om het systeem rendabel te maken, indien er geen veranderingen optreden in de marktwarde van de eindproducten en er geen subsidie wordt verleend. Voor de BV-FT-STEG zouden, wanneer men kijkt naar de kosten, bosbouwbioproducten met een marktprijs van 1,33 Euro/GJ in aanmerking komen. Schoon resthout heeft een marktprijs van -0,87 Euro/GJ⁹⁹ en zou op grond daarvan gebruikt kunnen worden in de BV-FT en de SSF-installatie. Andere goedkope afvalstromen zijn niet geschikt als voeding voor deze systemen (Novem, 2000g).

De investering wordt ook rendabel als de marktprijs van biobrandstoffen hoger komt te liggen. Dit betekent dat er een meerprijs betaald zou moeten worden van 0,26 Euro/liter voor FT-brandstoffen bij de BV-FT en 0,28 Euro/liter bij de BV-FT-STEG. Indien men op biobrandstoffen dezelfde meerprijs zou toepassen als momenteel gebeurt op 'groene' elektriciteit, zou de marktprijs van FT-brandstoffen zelfs 0,32 - 0,77 Euro/liter hoger mogen liggen¹⁰⁰. Voor ethanol zou de meerprijs 0,16 Euro/liter moeten bedragen voor de SSF-installatie en 0,34 Euro/liter voor het NREL-systeem. Als men op ethanol een meerprijs zou toepassen analoog aan die voor 'groene' elektriciteit, zou ethanol 0,18 - 0,45 Euro/liter meer mogen kosten. Het beeld verandert enigszins wanneer men kijkt naar de prijs per GJ brandstof (deze was voor ethanol en FT-brandstoffen gesteld op 4,68 Euro/GJ). Dan blijkt dat de meerprijs voor biobrandstoffen die nodig is om de conversiesystemen rendabel te maken vergelijkbaar is voor de twee FT-systemen en het SSF-systeem. Voor het NREL-proces is een veel hogere prijs per GJ ethanol nodig. Deze meerprijs ligt echter nog wel binnen de range 8,82 - 21,43 Euro/GJ, welke momenteel op 'groene' elektriciteit wordt toegepast. Met een hogere vergoeding voor biobrandstoffen, binnen het hierboven genoemde interval, worden alle installaties financieel haalbaar.

De prijs van 'groene' elektriciteit in Nederland ligt op 0,06-0,11 Euro/kWh (Den Uil, 2001). Indien voor de elektriciteit, die door de biobrandstofconversiesystemen wordt geleverd, de huidige prijs voor 'groene' elektriciteit van 0,06 Euro/kWh betaald zou worden, betekent dit dat het BV-FT-STEG systeem enkel met die maatregel al rendabel wordt. Voor de overige systemen zijn aanvullende financiële ondersteuningsmaatregelen noodzakelijk.

Om de investeringen haalbaar te maken, kan ook een subsidie verleend worden. Het gaat hier dan om bedragen van enkele honderden miljoenen Euro, die veel hoger zijn dan de oorspronkelijke investering. In absolute zin is de benodigde subsidie bij het SSF-systeem het laagst (maar procentueel gezien het hoogst) en bij het BV-FT-systeem het hoogst, ruim een miljard Euro (zie Bijlage H). Het is onwaarschijnlijk dat dergelijke subsidies daadwerkelijk verleend zullen wor-

⁹⁷ Data die gebruikt zijn voor het bepalen van deze waarden zijn te vinden in Bijlage H.

⁹⁸ GJ = Gigajoule = 10⁹ Joule

⁹⁹ Voor sommige biomassa'stomen zijn de kosten negatief door de huidige kosten van afvalverwerking (Faaij, 1997).

¹⁰⁰ Voor 'groene' elektriciteit bedraagt de meerprijs momenteel 0,032-0,077 Euro/kWh. Dit komt overeen met 8,82-21,43 Euro/GJ. Wanneer men deze meerprijs ook toe zou passen op biobrandstoffen, zouden FT-producten 0,32-0,77 Euro/liter meer mogen kosten (energie-inhoud is 36,3 MJ/liter) (Den Uil, 2001) en ethanol 0,18-0,45 Euro/liter (energie-inhoud is 21,2 MJ/liter).

den. In de volgende paragraaf wordt aandacht besteed aan bestaande financiële stimuleringsregelingen waarvan biobrandstofproducenten gebruik zouden kunnen maken.

In bovenstaande analyse zijn de waarden voor de verschillende variabelen bepaald, waarvoor de investering *nét* financieel haalbaar is. Investeerders zullen echter een hogere rendement willen halen dan de marktrentevoet van 8%, bijvoorbeeld 15%. De waarden voor de marktprijzen voor biomassa, biobrandstoffen en elektriciteit worden dan als volgt:

Tabel 6.4 *Waarden voor de variabelen voor een minimaal rendement van 15%*¹⁰¹

Het rendement is minimaal 15% indien:	BV-FT-STEG	BV-FT	Ethanol NREL	Ethanol SSF
Kosten biomassavoeding [Euro/GJ]	< 0,35	< -1,30	< -3,11	< -0,57
Marktprijs biobrandstoffen [Euro/liter]	> 0,57	> 0,52	> 0,52	> 0,29
Marktprijs biobrandstoffen [Euro/GJ]	> 15,70	> 14,32	> 24,53	> 13,68
Marktprijs elektriciteit [Euro/kWh]	> 0,07	> 0,25	> 0,93	> 0,41

Indien de marktprijs voor ‘groene’ elektriciteit in Nederland iets hoger zou komen te liggen, zou de BV-FT-STEG een rendement van 15% kunnen halen. Voor de overige systemen is dit niet het geval. De marktprijzen van biobrandstoffen zouden maar liefst minimaal drie keer zo hoog moeten worden, willen alle systemen een rendement van 15% halen. Een combinatie van verschillende (beleids)maatregelen om biomassaconversiesystemen rendabel te maken is dus nodig, zoals een meerprijs voor zowel de geproduceerde biobrandstoffen als de elektriciteit.

6.1.4 Bestaande financiële ondersteuningsregelingen

Er zijn bestaande stimuleringsregelingen waarvan potentiële biobrandstofproducenten gebruik kunnen maken, zodat een investering in een conversie-installatie voor hen aantrekkelijker wordt. Het kan hierbij gaan om subsidies, maar ook om fiscale en andere regelingen. Hieronder wordt kort aandacht besteed aan nationale en Europese regelingen die van toepassing zijn op investeringen in marktintroductie- of toepassing van biobrandstoftechnologieën.

In Nederland kunnen biobrandstofconversie-installaties in aanmerking komen voor generieke regelingen zoals de fiscale regelingen VAMIL (Vrije Afschrijving Milieu Investerings), MIA (Milieu Investeringsaftrek) en EIA (Energie Investeringsaftrek). VAMIL is een regeling waarbij investeerders milieuvriendelijke bedrijfsmiddelen willekeurig mogen afschrijven, hetgeen hun een liquiditeits- en rentevoordeel biedt. Bij MIA en EIA mag tot respectievelijk 40% en 55% van het investeringsbedrag afgetrokken worden van de fiscale winst over het jaar waarin het bedrijfsmiddel is aangeschaft. Op sommige technieken zijn twee of drie van deze regelingen van toepassing. EIA en MIA mogen echter niet gecombineerd worden bij één bedrijfsmiddel. Welke bedrijfsmiddelen voor de genoemde regelingen in aanmerking komen, is vastgelegd in de Energielijst (EIA) en de Milieulijst (VAMIL en MIA). Hierin zijn onder andere biomassavoorbewerkings- en vergassingsinstallaties en pyrolyse-installaties opgenomen. Biobrandstofconversie-installaties kunnen ook vallen onder generieke bedrijfsmiddelen voor duurzame energie, waarbij vloeibare energiedragers uit biomassa worden genoemd. Omdat de budgetten van deze drie regelingen beperkt zijn¹⁰², zal de subsidie die hiermee verkregen kan worden tamelijk laag zijn ten opzichte van het gehele investeringsbedrag.

Groen Beleggen is een manier om extra middelen te verkrijgen om een investeringsproject te financieren. Particulieren beleggen in ‘groene projecten’ en betalen geen belasting over de inkomsten uit een Groen Fonds, waardoor projecten met een lager rendement voor hen toch aantrekkelijk zijn om in te investeren. Het Groen Fonds biedt leningen voor investeringsprojecten met een IRR tot ongeveer 1,5% onder de marktrentevoet.

¹⁰¹ Data die gebruikt zijn voor het bepalen van deze waarden zijn te vinden in Bijlage H.

¹⁰² Voor 2002 is dit voor MIA 56,7 miljoen Euro en voor VAMIL 63,5 miljoen Euro (Internethron 46).

Projecten met een kosteneffectiviteit van maximaal 9 Euro per ton CO₂(-equivalent) reductie en een minimale reductie van 1000 ton CO₂(-equivalent) kunnen in aanmerking komen voor een subsidie in het kader van het Besluit CO₂-reductieplan. De subsidies worden verleend aan de hand van een tendersysteem. De maximale subsidie bedraagt 30% van de extra investeringskosten. Veel biobrandstofconversie-installaties komen hiervoor (nog) niet in aanmerking, omdat zij de maximale kosteneffectiviteitswaarde overschrijden.

Er zijn ook enkele meer specifieke subsidieregelingen van toepassing op biobrandstofconversie-installaties. Zo richt het EWAB-programma (EnergieWinning uit Afval en Biomassa), een onderdeel van het Besluit Subsidies Energieprogramma's (BSE) van het Ministerie van EZ, zich onder andere op stimulering van de marktintroductie van thermische biomassaconversietechnieken door verlening van subsidies. Voor marktintroductieprojecten geldt een maximale subsidie van 25% van de projectkosten. In 2001 was reeds het Subsidieprogramma Klimaatneutrale Gasvormige en Vloeibare Energiedragers (GAVE, 2001) van kracht, een tenderregeling die een onderdeel vormde van de Subsidieregeling Milieugerichte Technologie 2001 van het Ministerie van VROM. In 2002 zal een nieuwe subsidieronde van start gaan met als doel het ontwerpen van biobrandstofketens en het tot stand brengen van samenwerking tussen partijen. Er kan subsidie aangevraagd worden voor zowel haalbaarheids- als ontwikkelingsprojecten.

Voor grotere investeringsprojecten, zoals biobrandstofproductiefaciliteiten, zijn Europese financiële regelingen vaak interessanter. Het Thermie-onderdeel van het Europese Joule-Thermie programma¹⁰³, dat geïmplementeerd werd onder het Vierde Kaderprogramma voor Onderzoek, Technologische Ontwikkeling en Demonstratie (1994-1998), was gericht op de demonstratie- en marktintroductieprojecten van nieuwe milieuvriendelijke energie-technologieën, onder andere duurzame energiebronnen. Dit programma is voortgezet als een nieuw Energie Subprogramma binnen het Vijfde Kaderprogramma (1999-2002), bekend als ENERGIE (Ministerie van EZ, 1998; Internetbron 6, 11, 17, 23, 25, 39, 46, 53)

Investeerders kunnen van bovengenoemde regelingen gebruik maken, maar dit lijkt alleen zinvol als de subsidie of het fiscale voordeel een substantiële bijdrage levert aan de rentabiliteit van de investering. Indien de eigenlijk benodigde financiële ondersteuning voor een investering veel groter is dan die door dergelijke regelingen verleend kan worden binnen het daarvoor vastgestelde budget, hebben deze regelingen weinig effect. Voor de systemen die in de vorige paragraaf werden besproken is dit het geval.

6.2 Transitiebeleid

De overheid heeft een belangrijke taak gedurende het transitiepad wat betreft het (bij)sturen van het overgangsproces. In deze paragraaf worden de kernpunten van transitiebeleid toegepast op de overgang naar grootschalige toepassing van biobrandstoffen in wegvoertuigen in Nederland. Transitiebeleid omvat de volgende elementen (zie § 3.2.4):

- lange termijn denken als afwegingskader voor korte termijn beleid
- openhouden van een breed scala aan technologische opties
- denken in termen van meerdere domeinen, actoren en schaalniveaus
- sturen op leerprocessen
- inzetten op vernieuwing en verbetering.

Deze worden achtereenvolgens besproken.

¹⁰³ In de periode 1990-1994 waren Joule (onderzoek en ontwikkeling) en Thermie (demonstratie en marktintroductie) twee aparte stimuleringsprogramma's (Internetbron 23).

6.2.1 Lange termijn denken als afwegingskader voor korte termijn beleid

Bij transitiebeleid moeten steeds het transitiedoel (grootschalige toepassing van biobrandstoffen in wegvoertuigen als onderdeel van een emissiearme energievoorziening) en het eindbeeld in het oog te houden bij het ontwikkelen van beleid op korte termijn. In het eindbeeld is uitgegaan van een energievoorziening in 2030, waarbij voortgebouwd is op de huidige energie-infrastructuur, maar waarin wel duurzame energiebronnen worden toegepast. Er zou echter ook een ontwikkeling kunnen plaatsvinden naar een energievoorziening met waterstof of elektriciteit als belangrijkste finale energiedrager.¹⁰⁴ Toepassing van biobrandstoffen moet passen binnen de verschillende mogelijke wegen naar een emissiearme energievoorziening en mag een dergelijke ontwikkeling niet vertragen of blokkeren. Biobrandstoffen kunnen in al deze ‘blauwdrukken’ voor een emissiearme energievoorziening een rol spelen, voornamelijk wanneer men uitgaat van de bestaande infrastructuur. In een ‘Elektriciteit’-energievoorziening zal deze rol zeer beperkt zijn en in een ‘Waterstof’-energievoorziening, waarin brandstofcellen een zeer belangrijke technologie zijn, zal men voornamelijk gebruik maken van biobrandstoffen in transport die aan boord van een voertuig omgezet kunnen worden in waterstof (zie § 6.2.2 ‘Biobrandstoffen en brandstofcellen’) (Van Hilten, 2000).

Naast het transitiedoel dienen ook de doelstellingen van de Europese Unie op lange termijn als afwegingskader voor de wijze waarop biobrandstoffen geïntroduceerd worden en het verdere verloop van het transitiepad.

Toepassing van biobrandstoffen in de EU-lidstaten moet een bijdrage leveren aan (Europese Commissie, 2001a):

- reductie van de CO₂-emissie door de sector verkeer en vervoer.
- vergroting van de zelfvoorziening in energie, dus vermindering van de afhankelijkheid van geïmporteerde olie.
- positieve gevolgen voor de landbouwsector, ook in toekomstige EU-lidstaten.

Bij alle introductiescenario's in Hoofdstuk 5 worden RME en ethanol (uit graan) ingezet. Om op langere termijn een zo groot mogelijke reductie van CO₂ te behalen, moeten deze brandstoffen, die vanuit milieuoogpunt minder aantrekkelijk zijn maar die tot 2010 de enige mogelijkheid zijn voor commerciële toepassing, op den duur worden vervangen door brandstoffen met een lagere CO₂-emissie (zoals Fischer-Tropsch diesel, cellulosisch ethanol en DME).

Omdat de uitbreiding van de productiecapaciteit binnen de Europese Unie niet snel genoeg zal kunnen plaatsvinden om aan de snel toenemende vraag te voldoen, moeten biobrandstoffen worden geïmporteerd van buiten de EU. Dit druist echter in tegen de doelstelling om meer zelfvoorzienend te worden. Ook kunnen de positieve effecten voor de Europese landbouwsector lager uitvallen dan gewenst door grootschalige import van biobrandstoffen. Het is dus van belang dat na aanvankelijke import de zelfvoorziening weer toeneemt door grote en snelle uitbreiding van de eigen productiecapaciteit en het beschikbare landareaal voor productie van non-food biomassa. Momenteel worden nog beperkingen opgelegd aan de productie van RME binnen de Europese Unie door het Blair House Agreement.

6.2.2 Openhouden van een breed scala aan technologische opties

Het openhouden van technologische opties is bij toepassing van biobrandstoffen niet beperkt tot de keuze van de brandstofroutes. Ook technische alternatieven met betrekking tot andere alternatieve brandstoffen (aardgas, waterstof), nieuwe aandrijftechnieken (brandstofcel met elektromotor) en vervoerssystemen moeten ook zoveel mogelijk opgehouden worden. De combinatie

¹⁰⁴ In het ESKL-rapport van ECN worden drie blauwdrukken geschetst: ‘Bestaande infrastructuur’, ‘Waterstof’ en ‘Elektriciteit’ (Van Hilten, 2000).

van biobrandstoffen met nieuwe vervoerssystemen wordt in deze paragraaf buiten beschouwing gelaten.

Biobrandstoffen

Voor de periode 2005-2010 komen alleen ethanol uit voedselgewassen en biodiesel in aanmerking voor grootschalige commerciële toepassing in wegvoertuigen. Na 2010 zullen er echter 'nieuwe' biobrandstoffen beschikbaar komen, die goedkoper en milieuvriendelijker zijn. Toepassing van de biobrandstoffen, die op korte termijn de enige beschikbare mogelijkheden zijn, mag de toekomstige overgang naar betere opties niet blokkeren. De biobrandstoffen die na 2010 als eerste op de markt geïntroduceerd worden, zijn waarschijnlijk Fischer-Tropsch diesel, methanol, DME en ethanol op basis van houtachtige of grasachtige energiegewassen. Of de introductie van deze brandstoffen belemmerd wordt door de toepassing van ethanol en RME in de drie introductiescenario's, is afhankelijk van de beschikbaarheid van biomassa. Er kan sprake zijn van belemmering indien deze 'nieuwe' biobrandstoffen van dezelfde biomassastromen gebruik maken als de huidige brandstoffen. Dit is bij de drie introductiescenario's niet het geval, aangezien de brandstoffen in de scenario's geproduceerd worden uit voedselgewassen en residuen. De biomassastromen die nodig zijn voor de 'nieuwe' biobrandstoffen, speciaal geteelde energiegewassen, moeten echter wel beschikbaar komen. De productie van deze gewassen wordt echter belemmerd door de wijze waarop de conventionele biobrandstoffen nu gestimuleerd worden. Productie van koolzaden op braakliggend land wordt economisch aantrekkelijk gemaakt door het Gemeenschappelijk Landbouw Beleid (GLB) en landbouwoverschotten kunnen benut worden voor productie van biobrandstoffen. Voor teelt van energiegewassen bestaat geen financiële ondersteuning en gewassen voor de voedselvoorziening leveren meer op. Een andere factor waardoor belemmering van de toepassing van 'nieuwe' biobrandstoffen kan ontstaan, zijn 'sunk investments' van marktpartijen in conversie-installaties voor ethanol en RME, die gebouwd zijn vóór 2010 en die een economische levensduur hebben van minimaal 20 jaar. Hierdoor kunnen deze bedrijven minder geneigd zijn om te gaan investeren in andere biobrandstoffen.

Om meerdere opties open te kunnen houden, is pure toepassing van biobrandstoffen op kleine schaal in niches een goede aanpak. Wanneer men voornamelijk inzet op bijmenging (zie scenario B), wordt al eerder een keuze gemaakt voor een bepaalde brandstof, omdat het onwaarschijnlijk lijkt dat oliemaatschappijen veel verschillende mengsels van fossiele brandstoffen met biobrandstoffen zullen gaan verkopen in verband met de hiervoor benodigde aanpassingen aan de distributie-infrastructuur. Een scenario waarin toepassing in niches (fleets) een belangrijke rol speelt (zie scenario A), is het meest geschikt om meerdere opties open te houden, omdat hierin veel ruimte is voor gelijktijdige lokale toepassing van verschillende biobrandstoffen. Een dergelijk scenario bouwt ook voort op huidige initiatieven voor pilots en reeds opgestarte projecten en houdt rekening met specifieke functionele eisen in verschillende niches, bijvoorbeeld de biologische afbreekbaarheid van de brandstof.

Biobrandstoffen en andere alternatieve brandstoffen

De Europese Commissie heeft als doelstelling dat in 2020 20% van de op de interne markt verkochte motorbrandstoffen bestaat uit alternatieve brandstoffen. Zij lijkt echter de invulling hiervan voor te schrijven in plaats van de bepaling van de optimale brandstofmix aan de marktpartijen over te laten. Zij houdt dus niet alle opties open. Biobrandstoffen worden door de Europese Commissie niet beschouwd als een optie om op lange termijn op grote schaal motorbrandstoffen te vervangen, vanwege de beperkte hoeveelheid beschikbaar (braakliggend) land. In 2020 zullen biobrandstoffen een aandeel hebben van 8%, uitgaande van een actief stimuleringsbeleid. In 2010 wordt aardgas geïntroduceerd als motorbrandstof en haalt een aandeel van 2%, oplopend tot 10% in 2020. Hiervoor moeten nieuwe voor aardgas geschikte voertuigen op de markt komen en moet een nieuwe distributie-infrastructuur worden aangelegd. Waterstof zal pas vanaf 2015 een belangrijke alternatieve brandstof worden vanwege de benodigde aanpassingen aan voertuigen en infrastructuur en de bouw van productiefaciliteiten en zal in 2020 een aandeel hebben van 5% (Europese Commissie, 2001a).

Biobrandstoffen en brandstofcellen

Het is onduidelijk of en wanneer de toepassing van brandstofcellen in voertuigen zal doorzetten. Als de problemen grotendeels opgelost en de emissiereductiedoelstellingen van de overheid gehaald kunnen worden met conventionele motoren (al of niet gecombineerd met biobrandstoffen), is er minder grond voor de ontwikkeling van brandstofcellen. Ook de ontwikkeling van waterstoftechnologie speelt een rol (met name de opslag). De verwachting is dat de interne verbrandingsmotor de komende 30 jaar de dominante aandrijftechniek zal blijven (Expertinterviews, 2001). Toepassing van biobrandstoffen mag echter een overgang naar brandstofcellen niet blokkeren. Dit betekent dat biobrandstoffen die flexibel zijn ten aanzien van de aandrijftechniek de voorkeur verdienen vanuit het oogpunt van een transitie. Fischer-Tropsch olie, waaruit synthetische diesel geproduceerd kan worden, wordt momenteel als de meest flexibele biobrandstof beschouwd, omdat door kleine aanpassingen in de installatie waterstof geproduceerd kan worden en Fischer-Tropsch olie aan boord van een voertuig omgezet kan worden in waterstof als voeding voor een brandstofcel (Daey Ouwens, 2001).

6.2.3 Denken in termen van meerdere domeinen, actoren en schaalniveaus

Het denken in termen van meerdere domeinen en schaalniveaus houdt onder andere in dat met toepassing van biobrandstoffen ingespeeld moet worden op het ontstaan van nieuwe markten en op nieuwe ontwikkelingen in bestaande markten. Men kan hierbij denken aan de markt voor schonere (laagzwavelige) motorbrandstoffen die moeten bijdragen aan een lagere milieubelasting van verkeer en vervoer. Bij de introductie van biobrandstoffen is het ook van belang dat de betrokken actoren nauw samenwerken. Het gaat hierbij om actoren uit zeer diverse werelden. In het GAVE-programma, dat uitgevoerd wordt door Novem, is het bij elkaar brengen van partijen om zo gehele ketens op te zetten een belangrijk speerpunt.

6.2.4 Sturen op leerprocessen

Om over verschillende biobrandstoffen te leren, moeten deze in de praktijk toegepast worden. Wanneer men op experimentele basis biobrandstoffen gebruikt in niches, kan over de voor- en nadelen van meerdere technologieën tegelijk geleerd worden en kan men steeds een beter beeld krijgen over welke richting het transitiepad op zou moeten gaan. Strategisch Niche Management (zie § 3.2.4) biedt de mogelijkheid om te leren én een breed scala aan technologische opties open te houden.

6.2.5 Inzetten op vernieuwing en verbetering

Door toepassing van biobrandstoffen kan ingezet worden op zowel vernieuwing als verbetering, omdat biobrandstoffen een zogenaamde ‘two-world’-optie zijn (zie § 3.2.4). Deze leveren immers een bijdrage aan de oplossing van een probleem binnen het bestaande systeem (emissies van verkeer, afhankelijkheid van olie(-import)) én kunnen een belangrijke rol spelen bij de overgang naar en binnen een emissiearme energievoorziening. Biobrandstoffen die direct in de bestaande infrastructuur geïntroduceerd kunnen worden, hebben hierbij de voorkeur.

7. CONCLUSIES EN BELEIDSAANBEVELINGEN

In dit hoofdstuk zal de probleemstelling van dit onderzoek beantwoord worden. Deze is tweeledig, namelijk:

- Welke kansen en barrières zijn er voor de overgang naar grootschalige toepassing van biobrandstoffen in wegvoertuigen in Nederland?
- Op welke wijze kan beleid op nationaal en Europees niveau bijdragen aan het benutten van deze kansen en het voorkomen of (deels) wegnemen van deze barrières?

Hierop zal in de twee volgende paragrafen een antwoord worden gegeven. Tot slot worden aanbevelingen gegeven voor verder onderzoek.

7.1 Conclusies: kansen en barrières

De belangrijkste barrières voor de overgang naar grootschalige toepassing van biobrandstoffen hebben betrekking op opbouw van kennis, ontwikkeling van technologie, aanpassing van de infrastructuur, ontwikkeling van een marktvraag, vorming van een sociaal netwerk, de beschikbaarheid van biomassa voor biobrandstofproductie en maatschappelijk draagvlak voor grootschalige biomassateelt.

Er zal voldoende kennis opgebouwd (onderzoek, opleiding van personeel) en technologie ontwikkeld moeten worden door marktpartijen om grootschalige toepassing van biobrandstoffen te kunnen realiseren. Ook zijn zowel op korte als op lange termijn grote investeringen in uitbreiding van de productiecapaciteit voor biobrandstoffen nodig. Conversie-installaties voor ‘nieuwe’ biobrandstoffen (na 2010) blijven echter over het algemeen niet financieel aantrekkelijk te zijn. Afhankelijk van de keuze voor een bepaalde biobrandstof, moeten oliemaatschappijen de brandstof distributie-infrastructuur aanpassen. Autoproducenten moeten zich meer richten op de verdere ontwikkeling en productie van aangepaste en speciale motoren. Bovendien moet er een omschakeling plaatsvinden naar teelt van energiegewassen door de land- en bosbouwsector. Grootschalige toepassing van biobrandstoffen zal niet van de grond komen indien de vraag naar biobrandstoffen en speciale biobrandstofvoertuigen bij eindgebruikers niet groot genoeg is. Deze marktvraag zal zich niet ontwikkelen zolang biobrandstoffen en speciale voertuigen niet kunnen concurreren met hun conventionele alternatieven.

Een andere barrière treedt op wanneer geen stabiel sociaal netwerk tot stand wordt gebracht tussen de betrokken actoren. Deze moeten nieuwe relaties aangaan met partijen, met wie zij geen of nauwelijks ervaring hebben. De vorming van een dergelijk netwerk is essentieel voor het verkrijgen van zekerheid over levering en afname van producten en het bij elkaar brengen van financiële middelen, kennis en technologie. Bovendien is overleg en samenwerking binnen een dergelijk netwerk nodig om de activiteiten van de verschillende partijen op elkaar af te stemmen. Hierbij kan men denken aan het vaststellen van specificaties voor biobrandstoffen, welke nu nog niet bestaan voor de meeste biobrandstoffen. Oliemaatschappijen en autofabrikanten zullen op dit gebied moeten samenwerken, omdat de in de olie-industrie geproduceerde brandstoffen goed moeten samengaan met de motoren van de autoproducenten.

Zeer belangrijk voor de overgang naar grootschalige toepassing van biobrandstoffen is het beschikbaar komen van stabiele en voldoende grote biomassastromen. Dit wordt voornamelijk bepaald door het Europese Gemeenschappelijke Landbouwbeleid (GLB). Momenteel is de hoeveelheid biomassa die gebruikt kan worden voor biobrandstofproductie sterk afhankelijk van de jaarlijks wisselende quota voor braakliggend land binnen de Europese Unie en de financiële ondersteuning voor bepaalde voedselgewassen die hierop geteeld worden. Productie van energiegewassen, welke vanuit economisch en milieuoogpunt beter zijn dan voedselgewassen, wordt

hierdoor belemmerd, omdat hier momenteel geen premie voor bestaat. Bovendien leveren gewassen voor de voedselvoorziening meer op. Voor de teelt van koolzaden als voeding voor productie van RME binnen Europa is het Blair House Agreement (BHA) een belangrijke beperkende factor. Indien het toekomstige landbouwbeleid import van biomassa of biobrandstoffen van buiten de Europese Unie belemmert, kan dit ook een barrière vormen voor grootschalige toepassing. Toepassing van biomassa(afval)stromen voor andere doeleinden (als bouw materiaal, voor de productie van elektriciteit) kan ook een barrière opleveren voor het beschikbaar komen van voldoende biomassa voor productie van biobrandstoffen. Dit wordt ook in belangrijke mate beïnvloed door overheidsbeleid.

Een andere barrière, die te maken heeft met de symbolische betekenis van biomassa, kan ontstaan wanneer de publieke opinie en de natuur- en milieuorganisaties zich keren tegen grootschalige teelt van biomassa en de inzet daarvan in de energievoorziening. Het maatschappelijk draagvlak hiervoor zou kunnen afnemen wanneer dit negatieve effecten met zich meebrengt, zoals monotone productievelden, gebruik van nutriënten en bestrijdingsmiddelen, aantasting van de biodiversiteit, genetische modificatie van gewassen en concurrentie met de voedselvoorziening. Er is momenteel nog weinig ervaring met (de gevolgen van) grootschalige biomassateelt en veel burgers en natuur- en milieuorganisaties zijn hier nog niet bekend mee.

De kansen, die grootschalige toepassing van biobrandstoffen biedt, komen duidelijk naar voren in de conceptrichtlijn van de Europese Commissie ter stimulering van biobrandstoffen in transport, namelijk: het verminderen van de uitstoot van CO₂ door de verkeer- en vervoerssector, het reduceren van de afhankelijkheid van geïmporteerde olie (afkomstig uit OPEC) en het creëren van nieuwe inkomstenbronnen en werkgelegenheid in rurale gebieden (ook in toekomstige EU-lidstaten). Het deelnemen aan een nieuw sociaal netwerk en investeringen in kennis en technologie kan voor (markt)partijen kansen opleveren, zoals het vergroten van hun marktaandeel, omzet en winst of verbreding van hun productenpakket. Productie van biobrandstoffen biedt aan oliemaatschappijen de mogelijkheid om zich te profileren als ‘energiemaatschappijen’ en hun milieu-imago te verbeteren.

De betrokken actoren moeten gemobiliseerd worden om bovengenoemde barrières te overwinnen, opdat grootschalige toepassing van biobrandstoffen kan worden gerealiseerd. Hoe de overheid dit kan doen, wordt besproken in de volgende paragraaf.

7.2 Aanbevelingen voor overheidsbeleid

7.2.1 Mobiliseren van actoren

In deze paragraaf wordt toegelicht hoe door middel van overheidsbeleid toepassing van biobrandstoffen aantrekkelijk(er) gemaakt kan worden voor de betrokken actoren, zodat deze op korte en langere termijn bereid zijn zodanige inspanningen te verrichten, dat grootschalig gebruik hiervan gerealiseerd kan worden.

Marktpartijen

Oliemaatschappijen, autoproducenten en land- en bosbouwbedrijven kunnen een drijvende kracht worden voor grootschalige toepassing van biobrandstoffen, indien zij hierin lange termijn marktperspectief zien en investeringen hierin voor hen aantrekkelijk zijn. Door middel van overheidsbeleid kan de ontwikkeling van een voldoende grote marktvraag naar biobrandstoffen, op korte en langere termijn, worden gestimuleerd. Hierbij kan men denken aan het verplicht stellen van een minimaal aandeel biobrandstoffen dat verkocht moet worden (zie de Europese conceptrichtlijn) en/of door het stellen van CO₂-emissienormen aan voertuigen. Het gaat hier om beleid dat op Europees niveau (verder) ontwikkeld moet worden.

In Hoofdstuk 5 is gebleken, dat aanpassing van het accijnsstelsel ten gunste van biobrandstoffen noodzakelijk is, willen deze kunnen concurreren met hun fossiele alternatieven en wil er een marktvraag naar deze brandstoffen ontstaan. Een sterke daling van de productiekosten van biobrandstoffen en/of een enorme stijging van de olieprijs (en daarmee de benzine- en dieselprijs) wordt op korte termijn niet verwacht. De conceptringlijn van de EU geeft lidstaten de mogelijkheid hun accijnsstelsel aan te passen. Dit moet echter wel door de lidstaten in de nationale wetgeving geïmplementeerd worden. Het verlenen van subsidies en fiscale voordelen aan eindgebruikers creëert een marktvraag voor aangepaste en speciale voertuigen. Als deze vraag aanwezig is, zullen bedrijven die al motoren hebben ontwikkeld die geschikt zijn voor biobrandstoffen, deze wel (op grote schaal) gaan produceren. Ook moeten investeringen in conversie-installaties aantrekkelijker gemaakt worden. Uit Hoofdstuk 6 is naar voren gekomen dat hiervoor een combinatie van maatregelen nodig zal zijn, zoals het toekennen van een 'groen' subsidie aan zowel de geproduceerde biobrandstoffen als de elektriciteit en het verlenen van subsidies op bepaalde bedrijfsmiddelen die deel uitmaken van de installatie. Bestaande financiële ondersteuningsregelingen kunnen geen substantiële bijdrage leveren aan de verhoging van de rentabiliteit van deze investeringen, gezien de hoogte van de investeringsbedragen. In dit onderzoek is niet bekeken in hoeverre investeringen van autoproducenten in productielijnen voor speciale motoren of voertuigen financieel ondersteund zouden moeten worden door de overheid. Het is onwaarschijnlijk, dat teelt van speciaal voor biobrandstoffen bestemde gewassen door landbouwsubsidies ondersteund zal worden, hoewel dit nu bij andere gewassen wel het geval is. Om energieteelt te stimuleren is een hervorming van het huidige Europese landbouwbeleid, met een systeem van braakliggend land en gewasspecifieke premies, noodzakelijk.

Eindgebruikers en natuur- en milieuorganisaties

In het bovenstaande werd reeds aangegeven dat voor het mobiliseren van eindgebruikers (het creëren van een marktvraag) de aanschaf van biobrandstoffen en speciale voertuigen aantrekkelijk moet worden gemaakt, aangezien de prijs voor hen het belangrijkste criterium is. Er is nu nog onzekerheid over de invloed van het gebruik van biobrandstoffen op de levensduur van de motor en de onderhoudskosten van biobrandstofvoertuigen. Niet alleen de aanwezigheid van een marktvraag, maar ook het bestaan van maatschappelijk draagvlak voor (grootschalige) toepassing van biobrandstoffen is van belang. Een gebrek aan informatie kan weerstand veroorzaken en daarom moeten burgers en natuur- en milieuorganisaties voldoende geïnformeerd worden over ontwikkelingen. Het is van belang dat, ook bij kleine locale biobrandstofprojecten, zorgvuldig wordt gehandeld en dat wordt aangetoond dat teelt van biomassa en toepassing van biobrandstoffen op een duurzame manier kan plaatsvinden. De overheid kan hiertoe eisen stellen aan de wijze waarop de biomassa en biobrandstoffen geproduceerd worden en goedgekeurde materialen en brandstoffen certificeren, zodat duurzame productie gegarandeerd is. Samen met de argumenten dat het gebruik van biobrandstoffen het aandeel van fossiele olie verlaagt, met al.s positieve effecten een vermindering van de uitputting van olie, de uitstoot van CO₂ en de importafhankelijkheid van olie uit OPEC-landen, kan dit tot voldoende draagvlak leiden.

Overleg en samenwerking tussen actoren

In Paragraaf 7.1 werd het onvoldoende tot stand komen van een sociaal netwerk tussen de betrokken actoren als barrière genoemd. Voor de overheid en intermediaire organisaties is een belangrijke rol weggelegd wat betreft het bij elkaar brengen van partijen. Bij het GAVE-programma van Novem, waarbij de Ministeries van Economische Zaken, VROM en V&W actief betrokken zijn, wordt veel aandacht besteed aan het vormen van netwerken. Het is van belang dat dit voortgezet en uitgebreid wordt. Ook moet overleg en samenwerking tot stand worden gebracht met betrekking tot grootschalige bijmenging van biobrandstoffen in Nederland. Ook op Europees niveau moet aandacht besteed worden aan het tot stand brengen van overleg en samenwerking tussen (vaak multinationale) ondernemingen en andere belanghebbende partijen. Het actieplan van de Europese Commissie met betrekking tot de introductie van alternatieve motorbrandstoffen bevat weliswaar de vestiging van een geformaliseerde contactgroep, bestaande uit marktpartijen en niet-gouvernementele organisaties (NGO's), om advies te geven

over verdere introductie van alternatieve brandstoffen, maar deze zal vooral gericht zijn op aardgas en waterstof (Europese Commissie, 2001a).

De beleidsaanbevelingen aan de overheid met betrekking tot het mobiliseren van actoren kunnen als volgt worden samengevat:

Tabel 7.1 *Overzicht van beleidsaanbevelingen aan de overheid: mobiliseren van actoren*

Actoren	Hoe mobiliseren	Mogelijke beleidsmaatregelen
Brandstof- producenten	Stimuleren van een marktvraag naar biobrandstoffen	• Verplicht stellen van een minimum aandeel biobrandstoffen op de Nederlandse brandstoffenmarkt • CO₂-emissienormen stellen aan wegvoertuigen (Europees beleid) • Aanpassing van het accijnsstelsel ten gunste van biobrandstoffen
	Investeren in conversie-installaties aantrekkelijker maken	• Toekennen meerprijs/subsidie op 'groene' elektriciteit • Toekennen meerprijs/subsidie op biobrandstoffen • Verlenen van subsidies op onderdelen van de installatie
Autoproducenten	Stimuleren van een marktvraag naar biobrandstofvoertuigen	• Verlenen van subsidies en/of fiscale voordelen aan kopers van speciale voertuigen
Land- en bosbouw	Teelt van energiegewassen aantrekkelijker maken	• Hervorming van het huidige Europese landbouwbeleid
Eindgebruikers	Aanschaf van biobrandstoffen aantrekkelijk maken	• Aanpassing van het accijnsstelsel ten gunste van biobrandstoffen
	Aanschaf van biobrandstof-voertuigen aantrekkelijk maken	• Verlenen van subsidies en/of fiscale voordelen aan kopers van speciale voertuigen
	Positieve publieke opinie creëren ten aanzien van biomassateelt en gebruik van biobrandstoffen	• Informeren over ontwikkelingen • Eisen stellen aan productiewijze van biomassa en biobrandstoffen (certificering)
	Positieve opinie creëren ten aanzien van biomassateelt en gebruik van biobrandstoffen	• Informeren over ontwikkelingen • Eisen stellen aan productiewijze van biomassa en biobrandstoffen (certificering)
Natuur- en milieu-organisaties	Positieve opinie creëren ten aanzien van biomassateelt en gebruik van biobrandstoffen	• Eisen stellen aan productiewijze van biomassa en biobrandstoffen (certificering)
Alle actoren	Stimuleren tot samenwerking en overleg	• Netwerkbijeenkomsten e.d.

7.2.2 Transitie naar emissiearm vervoer

Toepassing van biobrandstoffen moet een bijdrage leveren aan de transitie naar een emissiearme verkeer- en vervoerssector op lange termijn. Transitiebeleid biedt een aantal aanknopingspunten voor de overheid voor hoe dit overgangsproces in gang gezet en gestuurd zou moeten worden

Welke biobrandstoffen moeten in Nederland toegepast worden?

Een uitgangspunt van transitiebeleid is dat met name aan het begin van een transitiepad technologische opties opgehouden moeten worden. De Europese Unie heeft zich als doel gesteld een aandeel van 20% alternatieve brandstoffen te halen in 2020. Een dergelijke norm moet echter niet vooraf door beleidsmakers technologisch worden ingevuld (zie § 6.2.2). Dit betekent echter niet dat de overheid geen randvoorwaarden mag stellen aan technologieën. Uitgaande van een transitie naar emissiearm vervoer, verdient toepassing van biobrandstoffen met een zo laag mogelijke CO₂-emissie de voorkeur. Echter, aanvankelijk zullen ook minder goede opties (ethanol uit voedselgewassen, biodiesel) gestimuleerd moeten worden, omdat dit de enige beschikbare

mogelijkheden zijn. Om een latere overgang naar milieuvriendelijkere biobrandstoffen te stimuleren, kan de overheid een minimale CO₂-emissiereductie en/of kosteneffectiviteitswaarde stellen als voorwaarde voor financiële ondersteuning. Ook kan men de heffing op brandstoffen afhankelijk maken van de met de brandstof te behalen CO₂-reductie. De invulling van de brandstofmix wordt dan aan de markt overgelaten binnen de randvoorwaarden van de overheid en er is een stimulans voor het verbeteren van technieken om een zo laag mogelijke CO₂-emissie te verkrijgen. Andere criteria dan de CO₂-emissiereductie, die aan biobrandstoffen gesteld kunnen worden vanuit het oogpunt van een transitie, zijn de flexibiliteit van de brandstof ten aanzien van de mogelijke eindbeelden van en transitiepaden naar een emissiearme energievoorziening en de technologieën die hierin een rol spelen (zie § 6.2.1 en § 6.2.2) en de mogelijkheid tot inpassing in de bestaande infrastructuur ('two-world'-optie, zie § 6.2.5).

Moeten in Nederland biobrandstoffen geproduceerd worden?

Nederland moet nog helemaal vooraan beginnen wat betreft de productie van biobrandstoffen. Omdat de conventionele biobrandstoffen, zoals ethanol en biodiesel, beschouwd worden als overgangsbrandstoffen, kan Nederland hier beter niet teveel in investeren en zich meer richten op investeringen in conversie-installaties voor 'nieuwe' biobrandstoffen. Wanneer marktpartijen eerst gaan investeren in conventionele biobrandstoffen, kunnen zij later minder geneigd zijn om te investeren in 'nieuwe' biobrandstoffen vanwege 'sunk investments' in reeds gebouwde installaties, welke een lange (economische) levensduur hebben (minimaal 20 jaar). Het is wel van belang dat in Nederland geïnvesteerd wordt in conversie van biobrandstoffen, opdat de kennis en technologie met betrekking tot raffinage en productie van motorbrandstoffen op peil blijft en de raffinagesector haar sterke economische positie behoudt in Europa en in de wereld. Dit is ook een belangrijk argument om onderzoek te (blijven) doen naar conversie en toepassing van biobrandstoffen. In alle lidstaten van de EU zal de productiecapaciteit sterk uitgebreid moeten worden, willen de doelstellingen in de conceptringlijn gehaald worden zonder een al te groot beroep te doen op import van buiten de Europese Unie. Na aanvankelijke, noodzakelijke import, zal de EU op den duur meer zelfvoorzienend moeten worden, aangezien een reductie van de importafhankelijkheid van energie een belangrijke drijfveer is voor de toepassing van biobrandstoffen.

Moet in Nederland ingezet worden op toepassing in niches of op grootschalige bijmenging?

Er is nu nog veel onzekerheid over welke biobrandstoffen op wat langere termijn het meest aantrekkelijk zullen zijn. Deze brandstoffen zijn nu nog niet commercieel beschikbaar. Om zoveel mogelijk technische opties open te houden en te kunnen leren over de voor- en nadelen van deze opties - twee kernpunten van transitiebeleid - moeten deze 'nieuwe' biobrandstoffen eerst op experimentele basis worden toegepast in niches, voordat ze grootschalig kunnen worden ingezet. Toepassing in fleets biedt betere mogelijkheden om veel opties te verkennen dan (grootschalige) bijmenging bij benzine en diesel, omdat men daarbij al eerder een keuze maakt voor een bepaalde brandstof (zie § 6.2.2). Bovendien bouwt toepassing van biobrandstoffen in fleets voort op huidige initiatieven voor pilots en reeds opgestarte projecten en wordt rekening gehouden met specifieke functionele eisen in verschillende niches. Ook ontstaat er binnen een niche geleidelijk een stabiel sociaal netwerk van betrokken partijen en draagvlak voor de technologie. Het is van belang dat deze experimenten strategisch worden opgezet en aan elkaar gekoppeld, opdat actoren geïnformeerd worden over de resultaten van verschillende experimenten en zij kunnen leren van elkaars ervaringen. De theorie met betrekking tot Strategisch Niche Management (SNM) biedt aanknopingspunten voor de concrete aanpak hiervan (zie Hoogma, 2001 en Weber, 1999). Enkel inzetten op toepassing in niches zal niet voldoende zijn om de doelstellingen in de conceptringlijn van de EU te halen, vanwege het beperkte aantal fleets en fleetvoertuigen en het deel hiervan dat zal overstappen naar biobrandstoffen. Gezien het minieme huidige aandeel van CNG-voertuigen en elektrische voertuigen in Nederland, namelijk nog geen 0,01% van het personenauto- en bedrijfsvoertuigenpark (zie § 4.1), zullen voor een redelijk aandeel van biobrandstoffen in fleets de komende jaren zeer grote inspanningen moeten worden verricht. Naast toepassing in niches, zal bijmenging dus noodzakelijk zijn om het verplichte aan-

deel biobrandstoffen in Nederland in de periode 2005-2010 te kunnen halen. Door gebruik te maken van bijmenging kan geleidelijk een steeds groter aandeel biobrandstoffen worden toegepast zonder dat aanpassingen aan de distributie-infrastructuur en motoren nodig zijn. Eindgebruikers zullen hier dus nauwelijks iets van merken. Bovendien is de zekerheid over het daadwerkelijk behalen van de doelstellingen van de EU groter indien men grootschalig gaat bijmengen. De Nederlandse overheid kan immers afspraken maken met oliemaatschappijen over een bepaald percentage bijmenging van biobrandstof bij benzine en/of diesel en vanwege de stabiele afzet van motorbrandstoffen, is men zo redelijk zeker van de jaarlijks verkochte hoeveelheid biobrandstof.

Vanuit het oogpunt van een transitie naar emissiearm vervoer in Nederland moet de overheid dus inzetten op:

- Een breed scala aan technologische opties: de invulling van de brandstofmix aan marktpartijen overlaten, maar wel randvoorwaarden stellen.
- ‘Nieuwe’ biobrandstoffen en minder op conventionele biobrandstoffen, die als overgangsbbrandstoffen worden beschouwd.
- Pure toepassing van biobrandstoffen in niches én grootschalige bijmenging.

7.3 Suggesties voor verder onderzoek

De conceptrichtlijn van de Europese Unie ter stimulering van biobrandstoffen in transport is nog niet aangenomen. Wanneer dit gebeurd is, zal de Nederlandse overheid moeten beslissen over hoe de doelstellingen in de richtlijn gehaald moeten worden. Hiertoe moet nog meer aandacht besteed worden aan de verkenning van mogelijke introductiescenario's en de voor- en nadelen hiervan, zoals de macro-economische kosten en de bijdrage aan de reductie van de CO₂-uitstoot door het wegverkeer. In dit onderzoek is hiervoor een aanzet gegeven, maar er zijn uiteraard veel meer scenario's denkbaar dan de drie die hier bekeken zijn.

Om de Europese doelstellingen te behalen, moeten concrete beleidsmaatregelen ontwikkeld worden om toepassing van biobrandstoffen in Nederland te bevorderen. In dit onderzoek is alleen aangegeven op welke punten het overheidsbeleid zich zou moeten richten en met welke transitieaspecten rekening gehouden moet worden bij het ontwikkelen van beleid.

In dit onderzoek is de theorie met betrekking tot transitie toegepast om te bekijken welke veranderingen nodig zijn om tot een bepaald eindbeeld te komen. Tijdens het onderzoek is gebleken dat deze theorie nog weinig concrete aanknopingspunten biedt voor verkenning van een toekomstige ontwikkeling of situatie, in plaats van het achteraf analyseren van een transitie. Er moet dus in verder onderzoek aandacht besteed worden aan ontwikkeling van de theorie voor dit doel.

8. REFERENTIES

8.1 Literatuur

- Achterhuis, H. en B. Elzen (1998): *Cultuur en mobiliteit*. Rathenau Instituut, Den Haag.
- Algemene Energieraad (1998): *Oliecrisisbeleid tussen risico en realiteit: advies aan de Minister van Economische Zaken* (van internet).
- ATLAS (1997a): *Renewable energy: liquid biofuels. Energy Technology Information Base 1980-2010*. European Energy Network.
- ATLAS (1997b): *Sector overview: transport. Energy Technology Information Base 1980-2010*.
- Baarda, D. en M. de Goede (1997): *Basisboek methoden en technieken: praktische handleiding voor het opzetten en uitvoeren van een onderzoek*. Stenfert Kroese, Houten.
- Beeldman, M. et al. (1998): *Mogelijkheden voor CO₂-reductie in 2020* (ECN rapport ECN-C--98-041). ECN, Petten.
- Benders, P. et al.. (1989): *Industrieel toegepaste chemie (dictaat)*. Universiteit Twente.
- Biemond, I. et al. (2001): *Syllabus ETI4: Economische haalbaarheidsstudies*. Faculteit Technologie Management, Technische Universiteit Eindhoven.
- British Association for Bio Fuels and Oils (1999): *Financial and environmental impact of biodiesel as an alternatieve to fossil diesel in the United Kingdom* (van internet).
- Broek, R. van den (2000): *Sustainability of biomass electricity systems: an assessment of costs, macro-economic and environmental impacts in Nicaragua, Ireland and the Netherlands*. Universiteit Utrecht.
- Centraal Planbureau, en Sociaal Cultureel Planbureau (2000): *Trends, dilemma's en beleid: essays over ontwikkelingen op lange termijn*. CPB, Den Haag.
- Commissie van de Europese Gemeenschappen (2000): *Groenboek: Op weg naar een Europese strategie voor een continue energievoorziening*. COM (2000)769 van 29 november 2000. Brussel.
- Commission of the European Communities (2001a): *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on alternative fuels for road transportation and on a set of measures to promote the use of biofuels*. COM (2001) 547, 7 november 2001. Brussel.
- Commission of the European Communities (2001b): *Proposal for a Council directive amending Directive 92/81/EEC with regard to the possibility of applying a reduced rate of excise duty on certain mineral oils containing biofuels and on biofuels*. 2001/0266 (CNS), 7 november 2001. Brussel.
- Commission of the European Communities (2001c): *Proposal for a directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of biofuels for transport*. 2001/0265 (COD), 7 november 2001. Brussel.
- Conaway, C.F. (1999): *The petroleum industry: a non-technical guide*. Penn Well Publishing Company, Tulsa, Oklahoma (VS).
- COOL (2000): *Backcasting exercicies in COOL: De nationale dialoog (concept)*. Climate OptiOns for the Long term, Instituut voor Milieuvraagstukken, Amsterdam

- Daey Ouwens, C. en A. Faaij (2000b): *A survey of biomass conversion systems; current status, future potentials*. First World Conference on Biomass for Energy and Industry, Sevilla.
- Daey Ouwens, C., A. Faaij en H.P. Ruyter (2000c): *Flexible, competitive production of electricity, heat, bio-fuels and ethanol by tri-generation*. First World Conference on Biomass for Energy and Industry, Sevilla.
- Daey Ouwens, C. (2001): *Duurzame vloeibare transportbrandstoffen (draft)*. Technische Universiteit Eindhoven.
- Douben, N. en J. Stroeken (1997): *Technologiebeleid deel II: Beleidsinstrumenten (dictaat)*. Faculteit Technologie Management, Technische Universiteit Eindhoven. ECN (2000). Energie Verslag Nederland 2000. ECN, Petten.
- ECN en RIVM (1998): *Optiedocument voor emissiereductie van broeikasgassen: inventarisatie in het kader van de Uitvoeringsnota Klimaatbeleid*. (ECN-rapport ECN-C--98-082). ECN, Petten en RIVM, Bilthoven.
- ECN (2001): *Energie verslag Nederland 2000*. (ECN-rapport ECN-P--01-003). ECN, Petten.
- ENSOC weekly van 22/06/01.
- EOS (2000): *Huidige situatie bij het energieonderzoek, versie 04-01*.
- Esso (1991): *Technische leergang: motorbrandstoffen*. Delta Press BV, Overberg.
- Expertinterviews (2001): *Interviews met A. Faaij, E. van den Heuvel, P. Kroon, A. Nowak, M. Rigutto en H. den Uil* (zie Verantwoording).
- Faaij, A. (1997): *Energy from biomass and waste*. Universiteit Utrecht.
- Faaij, A. (2000a): *Bio-energy: draft chapter for the World Energy Assessment (WEA) of the Committee on Energy and Natural Resources for Development (CENRD)*. Department of Science, Technology and Society. Utrecht University.
- Faaij, A. et al. (2000b): *Long term perspectives for production of fuels from biomass; integrated assessment and RD&D priorities - Preliminary results*. First World Conference on Biomass for Energy and Industry, Sevilla.
- Faaij, A. (2001): *Perfekte benzine bestaat*. Artikel in De Ingenieur nr. 6, 14 maart 2001.
- Feber, M. de en D. Gielen (1999): *Biomass for greenhouse gas emission reduction: Task 7: Energy technology characterisation*. (ECN-rapport ECN-C--99-078). ECN, Petten.
- Ferguson, C.R. en A.T. Kirkpatrick (2001): *Internal combustion engines: applied thermosciences*. Wiley, Chichester.
- Ganesan, V. (1996): *Internal combustion engines*. McGraw-Hill, London.
- Geels, F., en R. Kemp (2000): *Transities vanuit sociotechnisch perspectief*. Universiteit Twente & MERIT, Universiteit Maastricht.
- Gerwen, R. van en P. Toussaint (1998): *Wegwijzers naar 2050: verkeer en vervoer in de 21^e eeuw*. KEMA en Sep, Arnhem.
- Hilten, O. van, et al. (2000): *Energietechnologie in het spanningsveld tussen klimaatbeleid en liberalisering*. (ECN-rapport ECN-C--00-020). ECN, Petten.
- Hoogma, R. et al. (2001). *Experimenting for sustainable transport: The approach of strategic niche management (draft)*.
- Howells, J. (1995): *A socio-cognitive approach to innovation*. Research Policy, nr. 24.
- International Energy Agency (1996a): *Automotive Fuels Survey I: Raw materials and conversion*. Innas, Breda.

- International Energy Agency (1996b): *Automotive Fuels Survey 2: Distribution and use*. Innas, Breda
- Kemp, R. et al. (2000): *Evolutionary theorising on technological change and sustainable development*. MERIT (Universiteit Maastricht) & Vrije Universiteit Amsterdam.
- Lako, P. en S. van Rooijen (1998): *Economics of power generation from imported biomass*. (ECN-rapport ECN-C--98-013). ECN, Petten.
- Lako, P. en J. Jansen (2001): *What scenario studies about security of supply in Europe*. (ECN-rapport ECN-C--01-054). ECN, Petten.
- Ministerie van Economische Zaken (1998): *Stimuleringsregelingen voor energiebesparing en duurzame energie*. Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.
- Ministerie van Economische Zaken (1999): *Olie en gas in Nederland: Opsporing en winning 1998*. Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.
- Ministerie van Economische Zaken (2001): *Olie en gas in Nederland: Opsporing en winning 2000*. Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.
- Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (2000): *Voedsel en groen, visienota tot 2010*. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1999): *Perspectievennota Verkeer en Vervoer*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2000): *Beleidsvoornemen Nationaal Verkeer en Vervoersplan (NVVP)*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag.
- Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (1984): *Karakterisering van raffinaderijen*. (publicatiereeks Lucht nr. 24). Ministerie van VROM, Den Haag.
- Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (2001): *Nationaal Milieu Beleidsplan 4*. Ministerie van VROM, Den Haag.
- Nederveen, A. et al. (1999): *Transport innovations: an inventory of future developments in transportation*. Technische Universiteit Delft.
- Novem (1999a): *Analysis and evaluation of climate neutral gaseous and liquid fuel chains*. (GAVE-rapport 9921, 9909, 9910). Novem, Utrecht.
- Novem (1999b): *Een energiek klimaat voor neutrale dragers: eindadvies van de inventarisatie van het GAVE-programma*. (GAVE-rapport 9916). Novem, Utrecht.
- Novem (1999c): *Inventarisatie status gasvormige en vloeibare energiedragers in Europa*. (GAVE-rapport 9903). Novem, Utrecht.
- Novem (1999d): *Transport zonder broeikasgassen: stand van zaken*. (GAVE-rapport 9906). Novem, Utrecht.
- Novem (2000a): *Cleaner and greener fuels: first steps towards sustainable energy management in the Netherlands (brochure)*. Novem, Utrecht.
- Novem (2000b): *GAVE-ketens: Helicopterview GAVE-kansen in Nederland 2000-2010*. (GAVE-rapport 9918). Novem, Utrecht.
- Novem (2000c): *GRAIN- Beschikbaarheid biomassa voor energie-opwekking (hoofdrapport)*. (GAVE-rapport 2GAVE00.01). Novem, Utrecht.
- Novem (2000d): *Hydrothermal conversion of wet biomass: a review*. (GAVE-rapport 9919). Novem, Utrecht.

- Novem (2000e): *Optimale inzet van biomassa voor energieopwekking*. (GAVE-rapport 2GAVE00.02). Novem, Utrecht.
- Novem (2000f): *Technical and economic data biomass-based energy conversion systems for the production of gaseous and/or liquid energy carriers*. (GAVE-rapport 9915). Novem, Utrecht.
- Novem (2000g): *Vaste vorm voor gas en vloeibaar: een voorstel voor vervolgfase van het GAVE-programma om marktontwikkeling te stimuleren*. (GAVE-rapport 2GAVE00.04). Novem, Utrecht.
- Novem (2001): *Projectinformatie projecten EET-programma*. Novem, Utrecht.
- Oberg, H.J. (2001): *Future Powertrain Concepts* (presentatie op conferentie 'Well-to-Wheels 2001'). Volkswagen AG.
- Owen, N. (2001): *The diesel engine: heart of the future integrated powertrain?* (presentatie op conferentie 'Well-to-Wheels 2001'). Ricardo.
- Pavitt, K. (1984): *Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory*. Research Policy, volume 13.
- Poulton, M.L. (1994): *Alternative engines for road vehicles*. Computational Mechanics Publications. Southampton (UK) and Boston (USA).
- Reith, J. et al. (2001): *Co-production of bio-ethanol, electricity and heat from biomass wastes: potential and R&D issues*. Artikel in Biocycle (oktober).
- RIVM (2000): *Verkeer en vervoer in Nationale Milieuverkenning 5*. RIVM, Bilthoven.
- Rogers, E.M. (1995): *Diffusion of innovations*. Free Press, New York.
- Rotmans, J. et al. (2000): *Transitie & transitie management: de casus van een emissiearme energievoorziening*. ICIS & MERIT (Universiteit Maastricht), Universiteit Twente en Technische Universiteit Eindhoven.
- Shell (1984): *De handel in olie*. Shell Brochure Serie, Shell Nederland BV, Rotterdam.
- Smith, K. (1995): *Interactions in knowledge systems: foundations, policy implications and empirical methods*. STI review, nr. 16, OECD.
- Spakman, J. et al. (2001): *Bijlage 3: Biomassa: potentieel en implicaties*. RIVM, Bilthoven.
- Staatscourant (2001): *Bijstelling accijns motorbrandstoffen 2002*. Staatscourant 21 december 2001 nr. 248/pag. 67 (Staatssecretaris van Financiën W. Bos).
- Uil, H. den, et al. (2001): *Coproductie van vloeibare brandstoffen en elektriciteit uit biomassa met een BV-FT-STEG systeem: technische en economische haalbaarheid* (inclusief sheets presentatie voor Raad van Deelnemers SDE). Samenwerkingsverband Duurzame Energie (SDE), Amsterdam.
- Utrecht Centrum voor Energieonderzoek et al. (2000): *DACES 2050: database clean energy supply 2050, final report of phase 1*. UCE, Utrecht.
- Veenkamp, H. et al. (2001): *Co-productie van bio-ethanol, elektriciteit en warmte uit lingocellulose houdende biomassa (rest)stromen (concept)*. (ECN rapportage ECN-I--99-001). ECN, Petten.
- Veneman, J. et al. (1998): *De benzinemarkt op het onderliggend wegennet*. Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.
- VNO-NCW (1998): *Nooit meer een oliecrisis?* Forum 12 maart 1998.
- Voorde, G. ten (2000): *Veldslag in de wereld op wielen* (van internet).
- VROM-raad (1999): *Mobiliteit met beleid, advies 017*.

Weber, M et al. (1999): *Experimenting with sustainable transport innovations: a workbook for strategic niche management*. Sevilla/Enschede.

Wieleman, F. (2001): *Herziening van het Nederlandse oliecrisisbeleid*. Artikel in de Energiemonitor 2001-3. Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg/Heerlen.

8.2 Internetbronnen

1. www.acea.be
2. www.ato.wageningen-ur.nl
3. www.automotive.tno.nl
4. www.belastingdienst.nl
5. www.biodiesel.co.uk/press_release/submission_for_biofuels_2.htm
6. www.biomaster.nl
7. www.bovag.nl
8. www.bp.be
9. www.bp.nl/cleanerfuels
10. www.cbs.nl (Centraal Bureau voor de Statistiek, Statline)
11. www.co2reductie.nl
12. www.consumentenbond.nl
13. www.cpb.nl (Centraal Planbureau)
14. www.clm.nl (Centrum voor Landbouw en Milieu)
15. www.dlo.nl (Dienst Landbouwkundig Onderzoek)
16. www.ecn.nl
17. www.egl.nl (EG-Liaison)
18. www.energiemanagement.net
19. www.energy.ca.gov/reports
20. www.eternally-yours.nl/expertmeeting1998
21. www.eufors.org
22. www.eurogeosurveys.org
23. www.europa.eu.int (Europese Unie)
24. www.fscnl.org (Forest Steward Council)
25. www.gave.novem.org (GAVE-programma)
26. www.geofoon.nl
27. www.gm.com (General Motors)
28. www.hetnieuwerijden.nl (over het etiket brandstofverbruik voor personenauto's)
29. www.ingenieur.nl (artikel over de backcasting-methode van DTO)
30. www.lei.dlo.nl (Landbouw-Economisch Instituut)
31. www.minez.nl (Ministerie van Economische Zaken)

32. www.minfin.nl (Ministerie van Financiën)
33. www.minlnv.nl (Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij: cijfers sector en discussienota GLB LNV)
34. www.minvenw.nl (Ministerie van Verkeer en Waterstaat)
35. www.nam.nl (Nederlandse Aardolie Maatschappij)
36. www.nedalco.nl
37. www.nitg.tno.nl
38. www.nni.nl (Nederlands Normalisatie Instituut)
39. www.novem.nl (Financieringswijzer Duurzame Energie, 2001)
40. www.nrc.nl (profiel Olie)
41. www.pura.nl (Shell Pura)
42. www.raivereniging.nl
43. www.ricardo.com
44. www.rivm.nl/milieucompendium
45. www.sci.kun.nl (woordenlijst organische chemie en octaangetal)
46. www.senter.nl
47. www.sodm.nl (Staatstoezicht op de Mijnen)
48. www.stw.nl
49. www.tab.fzk.de
50. www.tue.nl/tdo (Centrum Technologie voor Duurzame Ontwikkeling)
51. www.tln.nl (Transport & Logistiek Nederland)
52. www.useu.be/agri/blair (Blair House Agreement)
53. www.vamil.nl
54. www.vnpi.nl (Vereniging Nederlandse Petroleum Industrie)
55. www.volkskrant.nl
56. www.vrom.nl (Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer)
57. www.wau.nl (Universiteit Wageningen)
58. www.zonnewarmte.nl (over concept Trias Energetica)
59. bioenergy.ornl.gov

BIJLAGE A DE BIJDRAGE VAN BIOBRANDSTOFFEN AAN REDUCTIE VAN EMISSIES VAN SO₂ EN NO_x

A.1 Emissies van SO₂ en NO_x ten gevolge van het wegverkeer in Nederland

De SO₂-emissie ten gevolge van mobiele bronnen¹⁰⁵ in 1999 was ongeveer 23% van de totale emissie van SO₂ in Nederland, die 100 miljoen kg bedroeg. De uitstoot door het wegverkeer bedroeg in dat jaar 5,1 miljoen kg en deze categorie levert daarmee de grootste bijdrage (22%) aan de SO₂-emissie veroorzaakt door mobiele bronnen. In absolute zin is de hoeveelheid SO₂ die uitgestoten werd door mobiele bronnen nauwelijks gedaald ten opzichte van 1990. Omdat het aantal bronnen is toegenomen, is de emissie per bron echter wel gedaald. (ECN, 2001; Internetbron 16, 44).

In de komende 30 jaar zullen de SO₂-emissies door alle wegvoertuigcategorieën zeer sterk dalen door sterke verlaging van het maximale zwavelgehalte in brandstoffen en verbeteringen in de brandstofefficiëntie. Deze emissies zullen met ongeveer een factor 10 afnemen in de periode 1995-2030. Het niet-wegverkeer zal een steeds belangrijkere rol gaan spelen in de totale SO₂-emissie van de sector verkeer en vervoer, omdat de emissie van deze groep de komende decennia nauwelijks zal dalen. Een oorzaak hiervan is dat deze groep diesel gebruikt met een hoger zwavelgehalte dan het wegverkeer (RIVM, 2000).

Bij de emissie van NO_x hadden mobiele bronnen in 1999 een aandeel van 66% (270 miljoen kg). Ongeveer 63% hiervan wordt veroorzaakt door het wegverkeer. Aan dit aandeel leveren de personenauto's de grootste bijdrage van alle voertuiggroepen (43%). In de afgelopen twee decennia zijn zowel de NO_x-emissie van mobiele bronnen als de totale NO_x-emissie sterk gedaald, respectievelijk met 20% en 32%¹⁰⁶ (ECN, 2001; Internetbron 16, 44). Er wordt verwacht dat de totale emissies van NO_x ten gevolge van transport in Nederland tot 2010 sterk zullen dalen en daarna weer zullen toenemen. Vooral bij de personenauto's vindt een zeer sterke daling plaats tot 2010 en is de toename daarna gering. In 2030 wordt het niveau van 1995 nog niet opnieuw bereikt. Deze daling tot 2010 is het gevolg van verschuivingen in de brandstofmix en verlaging van de emissiefactoren. Het vrachtverkeer zal, na een aanvankelijke daling, in 2030 meer NO_x uitstoten dan in 1995, ondanks verlaging van de emissiefactoren en logistieke efficiencyverbetering. Op lange termijn treedt er een verschuiving op in de bijdragen van verschillende categorieën van voertuigen. Nu hebben personenauto's nog het grootste aandeel in deze emissie. De daling in emissies die in de komende decennia in deze categorie wordt bereikt, wordt ruimschoots gecompenseerd door de toename van de emissies veroorzaakt door het vrachtverkeer. Dit wordt dan veruit de belangrijkste bron van NO_x-emissie ten gevolge van wegverkeer (RIVM, 2000).

A.2 'Well-to-wheel' emissies van biobrandstoffen

In onderstaande tabel is weergegeven hoeveel SO₂ en NO_x wordt uitgestoten door toepassing van de verschillende biobrandstoffen. Ter vergelijking zijn data voor benzine en diesel opgenomen.

¹⁰⁵ Het begrip mobiele bronnen omvat wegvoertuigen (personenauto's, bedrijfsvoertuigen, motor- en bromfietsen), treinen, vaartuigen, vliegtuigen en mobiele (landbouw)werktuigen zoals tractoren (internetbron 44).

¹⁰⁶ De sectoren elektriciteitsproductie en industrie hebben hier een belangrijke bijdrage aan geleverd. Deze hebben (nagenoeg) een halvering bereikt in de periode 1980-1999 (ECN, 2001).

Tabel A.1 SO_2 - en NO_x -emissiedata voor diverse biobrandstoffen

Brandstof	SO_2 [g/km]	NO_x [g/km]
Benzinesubstituten		
SSF-ethanol	0,03	0,16
CBP-ethanol	0,03	0,16
Methanol	0,035	0,27
FT-benzine	0,04	0,26
<i>Ethanol(graan)</i>	0,10	0,32
Dieselsubstituten		
FT-diesel	0,03	0,21
HTU-diesel	0,10	0,29
DME	0,035	0,22
Pyrolyse-olie diesel	0,035	0,62
<i>Biodiesel (RME)</i> ¹⁰⁷	0,14	0,43
Fossiele brandstoffen		
<i>benzine</i>	0,09	1,18
<i>diesel</i>	0,10	0,63

De emissies van NO_x en SO_2 zijn bij de meeste biobrandstoffen (veel) lager. Bij SO_2 levert de productie van biomassa de grootste bijdrage aan de totale ketenemissies. Bij NO_x heeft het eindgebruik bij alle brandstoffen het grootste aandeel, behalve bij pyrolyse-olie diesel. Bij pyrolyse-olie diesel komt veel NO_x vrij bij de productie van de brandstof en heeft daarmee ook een veel hogere NO_x -emissie dan de andere. Biodiesel (RME) blijkt wat betreft de emissies van NO_x en SO_2 ongunstiger te zijn dan de meeste alternatieven.

¹⁰⁷ Er is geen overeenstemming tussen verschillende bronnen wat betreft de emissies van RME over de gehele keten. BABFO (1999) geeft een SO_2 -emissie van 0,056 g/km en een NO_x -emissie van 1,56 g/km. Wanneer men deze gegevens vergelijkt met die van Novem (1999a) valt op dat de SO_2 -emissie van RME bij de gegevens van BABFO bijna een factor 2 lager is. Verder is de NO_x -emissie van RME bij BABFO veel hoger dan die van conventionele diesel. In de tabel zijn de gegevens van Novem (1999a) gebruikt, omdat deze op dezelfde wijze zijn berekend als de emissiegegevens van de andere biobrandstoffen.

BIJLAGE B EIGENSCHAPPEN VAN BIOBRANDSTOFFEN EN VEREISTE AANPASSINGEN

Tabel B.1 *Eigenschappen van biobrandstoffen (IEA, 1996b)*

Eigenschap	Benzine	Methanol	Ethanol	Diesel	RME	DME	FT-diesel ¹⁰⁸
chemische formule	C ₈ H ₁₅	CH ₃ OH	C ₂ H ₅ OH	C ₁₂ H ₂₆	Methylester	CH ₃ OCH ₃	Paraffinen
octaangetal RON	97	110	109	-	-	-	-
octaangetal MON	86	92	92	-	-	-	-
cetaangetal	11	5	8	50	54	55-60	81
Reid Vapour Pressure [kPa] bij 15 °C	75	31,7	16,5	-	-	-	-
(vluchtigheid benzine)							
dichtheid [kg/l] bij 15 °C	0,75	0,79	0,80	0,84	0,88	0,66(bij 20 °C)	0,776
Lower Calorific Value [MJ/kg] bij 15 °C	41,3	19,8	26,4	42,7	37,3	27,6-28,8	44,0
Lower Calorific Value [MJ/l] bij 15 °C	31	15,6	21,2	35,7	32,8 (bij 20 °C)	18,8	34,1
Stoichiometrische lucht/brandstof-ratio	14,7	6,5	9,0	14,53	12,3	9,0	
[kg lucht/kg brandstof]							
Moleculaire massa [kg/kmol]	111	32	46	170 - 200	296	46	
Energiedichtheid t.o.v. referentiebrandstof	100%	47,9%	63,9%	100%	87,4%	64,6- 67,4%	103%
(per massa-eenheid)							
Opgeslagen brandstofmassa t.o.v. referentiebrandstof	100%	191,3%*	165,2%*	100%	114,5%	148,3-154,8%	97,0%
Energiedichtheid t.o.v. referentiebrandstof	100%	50,3%	68,4%	100%	91,9%	52,6%	95,5%
(per volume-eenheid)							
Opgeslagen brandstofvolume t.o.v. referentiebrandstof	100%	176,5%	151,5%*	100%	108,8%	190%	104,7%
Rendement complete aandrijving, vergeleken met benzinemotor (personenvoertuigen) ^{***}	100%	110%**	110%**	115%	115%	115%	

* Met Tabel 6.2 uit (IEA, 1996b).

** Ook in dieselmotor.

*** Novem, 1999d.

¹⁰⁸ Informatie uit een persoonlijke mededeling van R. Clark (via M. Rigutto en A. Nowak van Shell).

Tabel B.2 Vereiste aanpassingen aan de motor en de infrastructuur voor diverse brandstoffen (IEA, 1996b)

Aanpassing	Methanol	Ethanol	Biodiesel (RME)	DME	FT-diesel
Vereiste aanpassingen aan referentiemotor	Verandering aan: • inlaat • brandstofsysteem • verbrandingskamer • timing van ventielen. Vanwege grotere brandstroom i.v.m. lagere energie-inhoud en lagere lucht/brandstof-ratio i.v.m. hoger zuurstofgehalte • materialen bestand tegen alcoholen .	Zie methanol	• andere materialen i.v.m. incompatibiliteit • voorkomen verdunning van motorolie door RME.	• hogere druk in brandstofvoorziening om verdamping van DME te voorkomen • grotere brandstofinlaat • andere brandstofinjectie en brandstofpomp (o.a. lagere injectiedruk) • andere materialen.	geen
Vereiste aanpassingen aan infrastructuur en brandstofdistributiesysteem	• materialen bestand tegen alcoholen bv. RVS • waterdicht • dampbarrières • vapour return systeem • tanks met een vast dak.	Zie methanol	• waterdichte tanks i.v.m. instabiliteit RME over langere periodes • donkere en koude opslag • geen zuurstof • afzettingen schoonmaken • andere materialen i.v.m. incompatibiliteit en hoge viscositeit.	• LPG-achtige infrastructuur en distributie (dus distributie vooral met tankwagens met een druk tussen 5 en 10 bar zodat DME vloeibaar blijft) • andere materialen (geen rubbers).	geen
Vereiste aanpassingen aan brandstoftank	• materialen bestand tegen alcoholen bv. RVS.	Zie methanol	• andere materialen i.v.m. incompatibiliteit en hoge viscositeit • vaker filter vervangen vanwege afzettingen.	• lijkt op LPG-tank, met minimale druk van 5 bar • drukverlagingsventiel • zwaardere tank .	geen

NB: Alcoholen zijn geschikt voor hoge compressieratio's zoals in dieselmotoren, maar vanwege hun lage cetanaantal kunnen ze hierin niet worden toegepast. Methanol en ethanol kunnen wel in dieselmotoren gebruikt worden wanneer men deze mengt met een ontstekingsadditief of door de motor te voorzien van een gloeiplug (Novem, 1999d; IEA, 1996b).

BIJLAGE C BESCHRIJVING VAN HET HUIDIGE REGIME

C.1 Exploratie en winning van olie

C.1.1 Sociaal netwerk

Producenten

De exploitatie van een olieveld is meestal in handen van nationale aardoliemaatschappijen¹⁰⁹. Deze kunnen eigendom zijn van private ondernemingen of van nationale overheden. Dit laatste is meestal het geval bij landen, die lid zijn van de OPEC. De nationale aardoliemaatschappijen in die landen verkopen hun olie aan grote multinationale oliemaatschappijen. De oliemarkt is de afgelopen decennia erg complex geworden doordat de olieproductie in veel belangrijke olielanden verschoven is van grote multinationale ondernemingen (waarvan er 11 grote zijn in de wereld) naar nationale overheden, de aanzienlijk toegenomen waarde van olieladingen, de geringere betekenis van vrachtkosten¹¹⁰, de overcapaciteit in de verwerkingssector en de toegenomen concurrentie van onafhankelijke oliemaatschappijen. Oliemaatschappijen hebben bovendien te maken met een grote onzekerheid met betrekking tot de verkoop van hun producten, die afhangt van het seizoen, concurrentie van andere brandstoffen en de fluctuaties in de olieprijzen. Zij proberen deze onzekerheid zoveel mogelijk te ondervangen door middel van transacties, welke ervoor zorgen dat er een evenwicht ontstaat en dat er efficiënte productie van een bepaald productenpakket plaatsvindt door transportafstanden zoveel mogelijk te beperken en de beschikbare raffinagecapaciteit optimaal te gebruiken. De complexiteit van de oliemarkt is te zien in het grote aantal marktpartijen, waaronder ook handelaren en makelaars¹¹¹, het grote aantal keren dat een hoeveelheid olie wordt verhandeld voordat deze ergens wordt afgeleverd en in de koop- en verkoopovereenkomsten. Het grootste deel van de olietransacties beslaat een handel in gestandaardiseerde termijncontracten (de prijs en leveringstermijn liggen hierbij echter nog niet vast). Deze handel leidt echter maar zeer zelden tot de fysieke levering van een product doordat er veel contratransacties worden gesloten. De koop en verkoop van olie wordt in contracten vaak aangevuld met bepalingen over raffinagecapaciteit, tankers of opslag (bijvoorbeeld verwerkingscontracten met een raffinagevergoeding). De termijnmarkt is een belangrijke bron van marktinformatie, bijvoorbeeld toekomstige prijsontwikkelingen (Shell, 1984)

OPEC

Elf belangrijke olieproducerende landen¹¹² hebben zich verenigd in de OPEC (Organization of the Petroleum Exporting Countries), die werd opgericht in 1960. Aanvankelijk werd de oliemarkt gedomineerd door grote Westerse multinationale oliemaatschappijen, maar in de jaren zeventig begonnen de leden van de OPEC de bezittingen van deze oliemaatschappijen te nationaliseren. In datzelfde jaar verdriedubbelden de prijzen van ruwe olie. Om de prijzen meer te stabiliseren, probeert de OPEC de productie van haar leden te coördineren en deze meer aan te passen aan de vraag. Toch is er nog steeds sprake van grote schommelingen in de prijs, doordat de belangen van de leden sterk verschillen. Het is dan moeilijk om onderling goede afspraken te maken over de prijzen en een vermindering van de productie door het ene land wordt gecompenseerd door een verhoging door een ander land. De OPEC-landen zijn fel tegen klimaatver-

¹⁰⁹ In andere gevallen krijgen multinationale private oliemaatschappijen concessies voor de winning van olie onder zeer strenge voorwaarden van nationale overheden (Interbron 40).

¹¹⁰ Hierdoor werden andere transportroutes mogelijk (Shell, 1984).

¹¹¹ Een handelaar bevindt zich tussen de koper en verkoper en zorgt voor afstemming tussen vraag en aanbod. Door de stijging en daling van prijzen kan een handelaar hiermee speculeren, door op het juiste moment te kopen of verkopen. De makelaar heeft, in tegenstelling tot een handelaar, geen recht op de lading, maar brengt alleen kopers en verkopers met elkaar in contact (Shell, 1984).

¹¹² Dit zijn: Algerije, Koeweit, Indonesië, Irak, Iran, Qatar, Libië, Nigeria, Saoedi-Arabië, de Verenigde Arabische Emiraten en Venezuela (Interbron, 40).

dragen, omdat zij bang zijn dat de vraag naar olie daardoor zal dalen. De OPEC-leden hebben het grootste deel van de olievoorraden in handen, waardoor zij een blijvende invloed zullen hebben op de prijs en de olie-importerende landen, waaronder Nederland, steeds afhankelijker van hen zullen worden (Conaway, 1999; Shell, 1984; VNO-NCW, 1998; Internetbron 40).

Andere olieproducerende landen

Na Saoedi-Arabië zijn de Verenigde Staten de grootste olieproducent in de wereld. De winning van olie wordt gedaan door ongeveer 8000 private ondernemingen. Binnen Europa zijn het Verenigd Koninkrijk en Noorwegen de belangrijkste producenten. Deze kunnen ook in hun eigen behoefte voorzien. Andere belangrijke olieproducerende landen die geen lid zijn van OPEC zijn China, de voormalige Sovjet-Unie en Mexico (Internetbron 40).

IEA

Na de oliecrisis in 1973 werd in 1974 een soort Westerse tegenhanger van de OPEC opgericht, het Internationale Energie Agentschap (IEA). Het IEA moest zorgen voor meer samenwerking op energiegebied tussen verschillende landen, zodat deze elkaar konden bijstaan wanneer er tekorten aan primaire energiedragers, met name olie, zouden ontstaan. De leden zijn verplicht een noodvoorraad aan te houden van 90 dagen import die bij een vermindering van de aanvoer van 7% of meer aangesproken wordt en eventueel onderling wordt gedeeld. Ook treffen de IEA-leden maatregelen om de olievraag te verminderen door omschakeling naar andere brandstoffen, vergroting van de eigen olieproductie en indien nodig beperking van verkeer en vervoer. Het IEA heeft veel contacten met de olieproducerende landen en probeert zo conflicten op te lossen. Tevens verzamelt en publiceert het IEA informatie over de wereldoliemarkt. Het IEA onderzoekt en beoordeelt ook het energiebeleid van de lidstaten (VNO-NCW, 1998; Internetbron 40).

De Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM)

De NAM is de belangrijkste partij met betrekking tot exploratie en winning van olie in Nederland met een productie van ongeveer 1,5 miljoen m³ per jaar. Deze olie is afkomstig van velden in West-Nederland en de Noordzee. Men verwacht dat deze binnenlandse productie de komende jaren zal afnemen. De NAM is in handen van twee aandeelhouders, Shell en Esso, die elk 50% van de aandelen bezitten (Ministerie van EZ, 2001; Internetbron 35).

Leveranciers

Oliebedrijven besteden bepaalde activiteiten meestal uit aan gespecialiseerde bedrijven. Dit geldt onder andere voor seismisch onderzoek voor de exploratie en het boren. In seismiek gespecialiseerde bedrijven doen vaak ook zelf exploratieonderzoek op eigen kosten en verkopen hun data aan oliemaatschappijen. Wanneer booractiviteiten worden uitbesteed aan boorcontractors kan hun boorcapaciteit optimaal gebruikt worden, omdat zij hun installaties in de hele wereld kunnen inzetten. Installaties worden vaak volgens opdracht van een oliemaatschappij ontworpen door grote ingenieursbureaus en eventueel ook compleet opgeleverd. Componenten hiervoor worden weer door andere bedrijven geleverd, zoals leveranciers van grote componenten (pompen, compressoren, e.d.), pijpen, isolatiematerialen en meet- en regelelektronica en -software. De montage en het onderhoud van de installatie wordt eveneens door gespecialiseerde bedrijven gedaan. Bij boorinstallaties op zee spelen scheepsbouwbedrijven een rol¹¹³ (Conaway, 1999).

Gebruikers

De gebruikers van ruwe olie zijn raffinaderijen en petrochemische fabrieken, die de olie verwerken tot een breed scala aan producten. Raffinaderijen zijn meestal in handen van de grote oliemaatschappijen. Weinig van de olie die door een bepaalde raffinaderij wordt verwerkt, wordt geproduceerd door de oliemaatschappij waartoe deze behoort. In het algemeen wordt de ruwe olie aangekocht op een zeer efficiënt functionerende open markt. Omdat er grote verschillen bestaan in samenstelling tussen verschillende soorten ruwe olie, kan niet iedere raffinaderij

¹¹³ Met informatie uit een persoonlijke mededeling van P. Kroon (ECN).

alle soorten olie verwerken. De eigenschappen van een aan te kopen hoeveelheid olie moeten dus afgestemd zijn op de specifieke configuratie van de raffinaderij, die de olie gaat gebruiken (Conaway, 1999; Shell, 1984).

Onderzoeksnetwerk

De olie-industrie doet veel onderzoek binnen haar eigen research-centra. De afgelopen jaren zijn de investeringen in R&D door de grote olieconcerns sterk gedaald, onder andere omdat hun producten en procestechnologieën al ver ontwikkeld zijn. Omdat olieconcerns veel onderzoek verrichten op dezelfde terreinen en zij hun procesinnovaties, die een concurrentievoordeel betekenen, voor elkaar geheim houden, wordt veel onderzoek dubbel gedaan. Onderzoek naar exploratie en productie van olie wordt steeds meer uitbesteed aan gespecialiseerde olie-engineering bedrijven, terwijl de olieconcerns zelf zich met name concentreren op onderzoek met betrekking tot raffinage en aardolieproducten. Oliemaatschappijen nemen een afwachtende houding aan ten aanzien van onderzoek naar nieuwe energiebronnen vanwege de hoge risico's die hiermee gepaard gaan. Shell en BP Amoco houden zich wel bezig met duurzame energie. (Publieke) geowetenschappelijke onderzoeksinstituten spelen ook een rol in de olie-industrie, zoals het Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO (NITG-TNO), dat zich bezighoudt met toegepast geowetenschappelijk onderzoek en gerelateerd technologisch onderzoek. NITG-TNO vertegenwoordigt Nederland bij EuroGeoSurveys, dat een soortgelijke rol vervult als NITG-TNO maar dan voor de Europese Unie. Ook aan de Technische Universiteit Delft (Geodesie, Technische Aardwetenschappen) en de Universiteit Utrecht (Geologie, Geofysica) wordt onderzoek gedaan dat relevant is voor de olie-industrie, zoals ontwerp en onderhoud van pijpinstallaties, technieken om productie van olievelden te verhogen en akoestische bepaling van reservoir-eigenschappen (Internetbron 13, 22, 37, 48).

Overheidsinstellingen

In Nederland valt de winning van olie onder het Directoraat-generaal voor Marktordening & Energie van het Ministerie van Economische Zaken (EZ). Ook de Ministeries van Verkeer & Waterstaat (V&W) en Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM) zijn hierbij betrokken (Ministerie van EZ, 2001). Op Europees niveau houden met name het Directoraat-generaal voor Energie & Vervoer (TREN) en het Directoraat-generaal voor Milieu zich bezig met beleid ten aanzien van de olie-industrie (Internetbron 23).

Natuur- en milieuorganisaties

Er zijn enkele mondiale natuur- en milieuorganisaties die in dit regime een rol spelen zoals Greenpeace en het Wereld Natuur Fonds. Binnen Nederland kan men denken aan organisaties zoals de Stichting Natuur en Milieu en aan regionale organisaties. Deze organisaties hebben zeer diverse opvattingen en doelstellingen. In het algemeen kan gesteld worden dat zij negatief staan ten opzichte van oliewinning, vanwege de grote milieuproblemen die veroorzaakt worden olielekages door ongelukken met olietankers en boorplatforms, olielozingen en de bodembeweging ten gevolge van oliewinning.

C.1.2 Symbolische betekenis

Olie wordt vaak geassocieerd met rijkdom, maar ook aantasting van het milieu, veroorzaakt door ongelukken met bijvoorbeeld boorplatforms of olietankers waarbij grote hoeveelheden olie in het ecosysteem terechtkomen of door oliewinning, zoals bodembeweging. Naast de symbolische betekenis in de zin van de publieke opinie ten aanzien van olie, is ook de economische en politieke betekenis van olie van belang. Olie is voor Nederland één van de belangrijkste energiedragers, met een aandeel van bijna 40% in het totale brandstofverbruik (ECN, 2001). De Nederlandse verkeer- en vervoerssector is nagenoeg volledig gebaseerd op motorbrandstoffen geproduceerd uit ruwe olie en ook in de (chemische) industrie wordt veel olie gebruikt. Olie is dus van grote waarde voor de Nederlandse economie. De politieke betekenis komt vooral tot uiting in het feit dat veel landen wat betreft hun olielevering in hoge mate afhankelijk zijn van de productiehoeveelheden en de prijzen van de OPEC-landen. Productiebeperkingen en prijsverhogin-

gen door deze landen kunnen aanzienlijke gevolgen hebben voor de economieën van olie-importerende landen.

C.1.3 Kennis

Algemene geologische kennis is essentieel voor het opsporen van oliebronnen. Men selecteert gebieden waar geboord moet worden op basis van wetenschappelijke kennis over het ontstaan van aardolie¹¹⁴, over de omstandigheden (temperatuur, diepte) waaronder olie in een bepaald gebied gevormd is en de eigenschappen van het gesteente¹¹⁵ in dat gebied. Met deze kennis kan men de specifieke eigenschappen van de olie verklaren of voorspellen, welke sterk uiteen kunnen lopen tussen verschillende soorten olie¹¹⁶. Eigenschappen van het gesteente bepalen welke vloeistoffen het ontdekte veld produceert, in welke verhouding deze geproduceerd worden en dus of de winning wel economisch aantrekkelijk is. Een andere discipline die een rol speelt bij de opsporing en winning van olie is de geofysica. Deze wetenschap heeft de olie-industrie enkele belangrijke hulpmiddelen verschaft, zoals de gravimeter en de magnetometer, waarmee men respectievelijk de zwaartekracht en het magnetische veld van de aarde kon meten. Tegenwoordig maakt men vooral gebruik van meer geavanceerde methoden, die afkomstig zijn uit de seismologie. Deze wetenschap houdt zich onder andere bezig met de meting en interpretatie van akoestische golven die zich vanuit de plaats van een aardbeving door de aarde heen voortplanten. Op basis van deze kennis zijn seismische exploratietechnieken ontwikkeld (zie dimensie technologie). Bij oliewinning is ook kennis van belang met betrekking tot fysische en chemische processen die zich afspelen in een reservoir dat wordt leeggehaald, zoals het vrijkomen van bepaalde gasen als gevolg van een drukafname in het reservoir dat leeggehaald wordt. Ook speelt kennis over de mechanica van het boren een rol, maar dit is een relatief eenvoudig proces. Verder maakt men gebruik van chemische kennis ten aanzien van het scheiden van stoffen en verwijdering van onzuiverheden (Conaway, 1999).

C.1.4 Technologie

Productietechnologieën

Seismische technieken zijn de momenteel de meest gebruikte methoden voor de exploratie van olie¹¹⁷. De data die men hiermee verkrijgt over de structuur van het gesteente onder het aardoppervlak worden gebruikt om een driedimensionaal wiskundig model te maken. Seismische methoden zijn kostbaar, maar deze kosten worden ruim gecompenseerd doordat er extra olie mee gevonden wordt en de risico's van financiële verliezen ten gevolge van het boren van 'droge' bronnen aanzienlijk verminderd worden. Seismische technieken leveren alleen voldoende informatie op wanneer er sprake is van veranderingen van structuren in het gesteente waardoor oliereservoirs opgesloten zijn geraakt. In andere situaties, zoals bij koraalriffen, maakt men ge-

¹¹⁴ Hoewel hier geen volledige overeenstemming over is, wordt er vanuit gegaan dat aardolie van organische oorsprong is, dus afkomstig is van weefsel van levende organismen. De gebieden met oliepotentieel worden hiermee ingeperkt tot locaties met sedimentgesteente (Conaway, 1999).

¹¹⁵ Het gaat hierbij om eigenschappen zoals de poreusiteit (breuken en poriën), de permeabiliteit (mate waarin er verbindingen bestaan in het gesteente waardoor de olie kan stromen), verplaatsingsmechanismen van vloeistoffen, de verandering van de structuur van het gesteente en de verzadigingsgehalten van olie en water (Conaway, 1999).

¹¹⁶ Olie is een mengsel van een groot aantal koolwaterstoffen in een variërende onderlinge verhouding (Benders, 1989; Conaway, 1999)

¹¹⁷ Hierbij wordt een kleine aardbeving opgewekt, die een akoestische impuls tot gevolg heeft. Deze beweegt zich voort door de gesteenten onder het aardoppervlak en wanneer deze een grote verandering in akoestische kenmerken tegenkomt, wordt een deel van zijn energie gereflecteerd naar het oppervlak. De overblijvende akoestische energie beweegt zich verder voort naar beneden. De gereflecteerde energie wordt geregistreerd aan het aardoppervlak en vervolgens wordt de tijd berekend tussen het horizontale reflectievlak in het gesteente en het oppervlak. Omdat de geluidssnelheid van het gesteente bekend is, kan men de afstand berekenen die de impuls onder het oppervlak heeft afgelegd. Zo kan men vrij nauwkeurig het reflectiepunt in het gesteente bepalen. Wanneer men dit op verschillende plaatsen langs een lijn doet, kan de gehele structuur van het gesteente onder het oppervlak in kaart worden gebracht. Dit wordt 2D-seismiek genoemd. Een nauwkeurigere methode is 3D-seismiek, hierbij gebruikt men een groot aantal registratielijnen naast elkaar op een relatief klein oppervlak (Conaway, 1999; IEA, 1996a; Ministerie van EZ, 2001).

bruikt van minder directe methoden zoals het doortrekken van trends van exploratie, bestudering van de geschiedenis van een gebied en geologische kaarten (zowel plattegronden als dwarsdoorsneden) (Conaway, 1999; IEA, 1996a).

Wanneer men een vanuit economisch oogpunt winbare bron heeft ontdekt, kan men beginnen met boren¹¹⁸. Nadat de olie gewonnen is, wordt deze verwerkt in centrale behandelingsfaciliteiten waar de gewonnen vloeistoffen (olie, water, gas, gasvloeistoffen) worden gescheiden, gemeten¹¹⁹, opgeslagen en verder getransporteerd. De meeste olie wordt na verwerking automatisch verkocht door middel van Automatic Custody Transfer (ACT)¹²⁰ (Conaway, 1999).

Productkenmerken

Er bestaan grote verschillen in eigenschappen tussen verschillende soorten ruwe olie. Hiervoor bestaan ook verschillende typen raffinaderijen. Zo kunnen raffinaderijen bijvoorbeeld afgestemd zijn op olie met een hoog of laag zwavelgehalte. Bij de verwerking na de winning wordt in elk geval water en sediment tot een bepaald maximumgehalte uit de olie verwijderd, voordat deze verkocht wordt aan een raffinaderij (Conaway, 1999, Ministerie van VROM, 1984).

C.1.5 Infrastructuur

Binnen het productieveld

Hier wordt veel gebruik gemaakt van pijpleidingen met een grote diameter, welke met een coating beschermd worden tegen corrosie en beschadiging. Op land en in ondiep water liggen eenfasige of tweefasige¹²¹ pijpleidingen in de grond. Bij diepe wateren worden meerdere platforms met driefasige pijpleidingen (olie, water en gas) verbonden aan een platform met faciliteiten waar de verwerking plaatsvindt. Men probeert verschillende functies zoveel mogelijk op verschillende platforms te laten plaatsvinden uit veiligheidsoverwegingen. Bij zeer diep water is het economisch niet haalbaar om alle functies van elkaar te scheiden en vinden ze alle plaats op één platform (Conaway, 1999).

Transport naar raffinaderijen

Voor het transport van ruwe olie van het productieveld naar clusters van verwerkingsfaciliteiten, zoals raffinaderijen en petrochemische fabrieken, worden meestal pijpleidingen gebruikt. Wanneer de productie op land plaatsvindt, maakt men ook wel gebruik van tankvrachtwagens, tanktreinen en binnenvaartschepen. Als het olieveld zich op zee bevindt redelijk dicht bij de kust, past men meestal pijpleidingen toe. Velden die in diepe zee liggen gebruiken vaak tankers om olie vanaf opslagtankers naar land te brengen. De productie uit het Midden-Oosten wordt naar alle delen van de wereld verscheept met tankers¹²². Omdat er zeer veel tankers op zee zijn en hier soms ongelukken mee gebeuren, kan het gebruik van tankers grote milieuproblemen met zich meebrengen. Men probeert dit te voorkomen door grote tankers zover mogelijk buiten drukke vaarroutes te houden en door de romp van de schepen te versterken. Men kan ook de tankers hun vracht op zee laten overladen en deze dan verder transporteren naar de havens met pijpleidingen of kleinere tankers. Bij pijpleidingen komt slechts zeer zelden een grote hoeveelheid olie in het milieu terecht, omdat het transport meteen stilgelegd kan worden als er sprake is

¹¹⁸ Meer informatie over boorttechnologie, verschillende boormethoden en productie van een oliebron is te vinden in (Conaway, 1999; IEA, 1996b; Internetbron 35).

¹¹⁹ Het volume en de samenstelling van olie en gas wordt gemeten en er worden data verzameld voor procesmonitoring en -regeling (Conaway, 1999).

¹²⁰ ACT houdt het volgende in: Wanneer het geproduceerde olievolume voldoende is, wordt olie uit de tank gelaten. Vervolgens wordt het water- en sedimentgehalte bepaald. Wanneer de olie niet aan de eisen voldoet, wordt deze teruggestuurd naar de behandelingsfaciliteit. Vervolgens wordt het volume van de ruwe olie gemeten. Van elke partij verkochte olie wordt een monster opgeslagen (Conaway, 1999).

¹²¹ Eenfasig wil zeggen dat of gas of vloeistof door de pijpleiding wordt getransporteerd. Door tweefasige leidingen kunnen gassen en vloeistoffen tegelijk vervoerd worden (Conaway, 1999).

¹²² VLCC's (Very Large Crude Carriers) en ULCC's (Ultra Large Crude Carriers) (IEA1, 1996a).

van een lek. Een nadeel van pijpleidingen is dat deze minder flexibel zijn. (Conaway, 1999; IEA, 1996a).

C.1.6 Sectoraal beleid

De Mijnbouwwet

De winning van delfstoffen, zoals olie, gas en zout, is geregeld in de Mijnbouwwet (uit 1810). Er is een nieuwe Mijnbouwwet op komst, die de huidige wetgeving moet vervangen, omdat de huidige integrale wet te complex is. Als de nieuwe Mijnbouwwet tot stand gekomen is, zullen veel aspecten die nu nog binnen de Mijnbouwwet vallen door andere wetten geregeld worden. Er zullen echter ook enkele onderwerpen in opgenomen worden die momenteel nog niet in de mijnbouwwetgeving geregeld worden, zoals bepalingen ten aanzien van risicoaansprakelijkheid bij schade als gevolg van bodembeweging, die ontstaat door het leeghalen van olie- en gasvelden. Deze wet zal waarschijnlijk nog voor het einde van de kabinetsperiode in 2002 worden aangenomen. Er is een afzonderlijk orgaan, dat toezicht houdt op de handhaving van de mijnbouwwetgeving in Nederland: Staatstoezicht op de Mijnen (SodM). Het toezicht op delfstofwinning heeft vooral betrekking op veiligheid, gezondheid, milieu, bodembeweging ten gevolge van delfstofwinning en de doelmatige winning van delfstoffen. (Ministerie van EZ, 2001; Internetbron 26, 31, 47).

Administratieve instrumenten

VERGUNNINGEN

De Mijnbouwwet omschrijft aan welke voorwaarden een mijnbouwmaatschappij moet voldoen om een vergunning te krijgen om bepaalde activiteiten te mogen verrichten. Er zijn verschillende soorten vergunningen met betrekking tot mijnbouwactiviteiten op het Nederlands Territoir en het Continentaal Plat, die door het Ministerie van EZ worden verleend: concessies en boor-, verkennings-, opsporings- en winningsvergunningen¹²³. Mijnbouwmaatschappijen dragen gelden af aan de Nederlandse staat wanneer zij een vergunning hebben voor het opsporen en winnen van aardolie en aardgas, de zogenaamde aardgasbaten. Deze regeling zal in de nieuwe Mijnbouwwet enigszins worden aangepast met als doel onder andere de toetredingsbarrières voor maatschappijen om te beginnen met opsporingsactiviteiten te verlagen. De financiële regelingen ten aanzien van vergunningen zijn niet overal in de wereld hetzelfde. Bij de Noordzee wordt gebruik gemaakt van concessiecontracten. Dit wil zeggen dat de oliemaatschappij alle beslissingen neemt ten aanzien van investeringen, de exploitatie verzorgt en betaalt, en de verkregen olie verkoopt. De overheid ontvangt royalty's, een bedrag afhankelijk van de opbrengsten van de verkoop van olie. Een andere mogelijkheid is een productiedelingovereenkomst, waarbij de opbrengst van de productie van de olie, nadat de investeringen van de oliemaatschappij zijn teruggewonnen, wordt verdeeld tussen de exploitant en de overheid. Wanneer de overheid de exploitatie zoveel mogelijk in eigen hand wil houden, kan zij gebruik maken van servicecontracten. Hierbij wordt de exploitant betaald per vat olie om het werk uit te voeren onder streng toezicht van de overheid. De overheid voorziet in al het kapitaal en de olie blijft haar eigendom (Conaway, 1999).

VOORSCHRIFTEN EN NORMEN

Er is een aantal voorschriften voor ondernemingen die zich bezig houden met mijnbouwactiviteiten. Zo moeten alle mijnbouwondernemingen in Nederland een goed gedocumenteerd zorgsysteem hebben, waarin hun bedrijfsprocessen behandeld worden. Bovendien moeten alle winningsactiviteiten van aardolie en aardgas (zowel op land als op zee) worden onderworpen aan een milieu-effectrapportage voordat deze uitgevoerd mogen worden¹²⁴. Ten aanzien van de olie-industrie geldt ook een aantal normen, die met name betrekking hebben op materialen en installaties die gebruikt worden bij oliewinning en -productie, eigenschappen van aardolie, transport-

¹²³ Meer informatie over vergunningen is te vinden in (Ministerie van EZ, 2001).

¹²⁴ Dit is voortgekomen uit de Europese richtlijn 97/11/EG van 3 maart 1997 (Ministerie van EZ, 2001).

leidingen en metingen en de daarvoor benodigde apparatuur (Ministerie van EZ, 2001; Internetbron 31, 38, 47).

Financiële instrumenten

Omdat in de periode 1992-1994 de booractiviteit in Nederland sterk afnam, werd in 1995 een pakket financiële en fiscale maatregelen ingesteld om de mijnbouwactiviteiten in Nederland te bevorderen. Een voorbeeld hiervan is vrije afschrijving van bepaalde investeringen. Deze maatregelen hadden een stijging van het aantal boringen tot gevolg, maar vanaf 1999 trad er echter weer een daling op. Daarom zijn er in 2000 extra stimuleringsmaatregelen getroffen. De effecten daarvan zijn nu nog niet bekend (Ministerie van EZ, 1999, 2001).

C.1.7 Functioneel of toepassingsdomein

De gewonnen ruwe olie wordt gebruikt door raffinaderijen en de (petro)chemische industrie voor productie van allerlei aardolieproducten, zoals motorbrandstoffen en chemicaliën (zie gebruikers bij sociaal netwerk).

C.2 Productie en distributie van motorbrandstoffen

C.2.1 Sociaal netwerk

Producenten

In Nederland zijn zes raffinaderijen, waarvan die van Shell (Pernis) en Nerefco (Europoort), een joint venture van BP en Texaco, veruit de grootste zijn¹²⁵. De grote oliemaatschappijen Shell, Esso, BP/Mobil en Texaco domineren niet alleen de raffinage, maar ook de benzinemarkt in Nederland. In 1995 hadden zij samen een marktaandeel van bijna 75% hebben en bovendien hebben zij bijna alle benzineverkooppunten langs drukke wegen in handen. Pompstations gaan steeds meer de merknaam dragen van een grote maatschappij. Deze worden meestal door zelfstandige dealers geëxploiteerd. Op het hoofdwegennet (rijkswegen) domineren de vier grote maatschappijen, maar op het onderliggende wegennet (provinciale en gemeentelijke wegen) hebben ook de wat kleinere spelers Total, Fina en Q8 een belangrijke positie. De motorbrandstoffenmarkt wordt gekenmerkt door de dominantie van enkele grote oliemaatschappijen, geringe kansen voor nieuwkomers om toe te treden en gebrek aan prijsconcurrentie. De aanbieders volgen met hun prijzen de marktleider en proberen een evenwicht in stand te houden. De prijzen van alle aanbieders zijn bekend en het is haast onmogelijk om lagere prijzen te hanteren dan de concurrenten, omdat dit geen extra omzet oplevert. Wanneer één aanbieder de prijzen verlaagt, doen de anderen dit ook en wordt de marge voor iedereen kleiner. Meer prijsconcurrentie kan misschien tot stand gebracht worden wanneer bedrijven gebruik gaan maken van goedkopere concepten zoals onbemande stations. Er is wel concurrentie op merknaam, loyaliteitssystemen (spaarzegels e.d.) en op de bij pompstations aanwezige extra faciliteiten (Veneman, 1998; Internetbron 40, 54).

BRANCHE-ORGANISATIES

De belangen van bedrijven in Nederland die aardolie raffineren en aardolieproducten op de markt brengen worden behartigd door de Vereniging Nederlandse Petroleum Industrie (VNPI). BOVAG is een ondernemersorganisatie voor onder andere exploitanten van tankstations. (Internetbron 7, 54).

Leveranciers

De leveranciers van de grondstof voor raffinageprocessen, ruwe olie, zijn reeds besproken bij de producenten binnen het sociale netwerk bij de exploratie en winning van olie. Raffinage-

¹²⁵ Esso, Total en Kuweit Petroleum hebben een wat kleinere capaciteit. De kleinste raffinaderij is die van Smid & Hollander in Amsterdam (Internetbron 54).

installaties en distributiesystemen voor transportbrandstoffen worden vaak ontworpen en eventueel ook compleet geleverd door een groot engineering bedrijf, die alle componenten weer door andere bedrijven laat aanleveren¹²⁶.

Gebruikers

De gebruikers zijn degenen die de brandstof tanken bij een pompstation, met al.s grootste groepen afnemers consumenten en transporteurs. De eindgebruikersprijzen van motorbrandstoffen bestaan voor een groot deel uit accijns en andere belastingen (zie dimensie sectoraal beleid). Oliemaatschappijen proberen consumenten aan zich te binden door middel van aantrekkelijke loyaliteitssystemen en extra faciliteiten bij het tankstation. Ook worden door sommige olieconcerns schonere transportbrandstoffen op de markt gebracht, gericht op de milieubewuste automobilist (Veneman, 1998; Interbron 9, 41).

GEBRUIKERSORGANISATIES

De belangen van de automobilist worden behartigd door de Consumentenbond, die de keuzevrijheid van de consument hoog in het vaandel heeft. Een andere belangrijke organisatie voor consumenten in dit verband is de ANWB. De transportondernemers worden vertegenwoordigd door Transport & Logistiek Nederland (TLN) (Internetbron 12, 51).

Onderzoeksnetwerk

Veel onderzoek op het gebied van raffinage en aardolieproducten wordt door de olieconcerns zelf gedaan (zie sociaal netwerk bij het eerste deel van de keten). Leveranciers van componenten voor raffinageprocessen doen ook onderzoek. De publieke technologische en kennisinfrastructuur speelt ook een rol. Op verschillende Nederlandse universiteiten wordt bij opleidingen op het gebied van scheikunde en chemische technologie onderzoek verricht op het gebied van bijvoorbeeld (katalytische) kraakprocessen en syntheseprocessen¹²⁷ (Internetbron 13, 48).

Overheidsinstellingen

Het ministerie van EZ houdt zich bezig met de Nederlandse raffinage-industrie en de concurrentie op de benzinemarkt. Het toezicht op de concurrentie op de benzinemarkt is in handen van de Nederlandse Mededingingsautoriteit (NMa), die marktverhoudingen en eventuele prijsafspraken onderzoekt. Het ministerie van VROM speelt een rol wanneer het om milieuaspecten gaat. Op Europees niveau zijn het Directoraten-generaal van Energie & Vervoer en van Milieu belangrijk. Overheden op verschillende niveaus beslissen over het vrijgeven (locaties die voor vestiging van een benzinepomp beschikbaar komen) en uitgeven (verdelen van locaties over (potentiële) pomphouders) van locaties voor benzinestations. Voor het hoofdwegennet wordt dit door het Rijk bepaald, voor het onderliggend wegennet ligt dit in handen van provincies en gemeenten (Veneman, 1998).

Natuur- en milieuorganisaties

Het gaat hier om dezelfde organisaties die reeds genoemd zijn bij de bespreking van de exploratie en winning van olie. De problemen waar deze organisaties zich in dit deel van de keten mee bezig houden hebben met name betrekking op de emissies die vrijkomen bij raffinage van olie en lekkages die kunnen optreden bij raffinaderijen en tijdens de distributie van de geproduceerde brandstoffen naar pompstations.

C.2.2 Symbolische betekenis

De symbolische betekenis van door de raffinagesector geproduceerde motorbrandstoffen voor consumenten is gering, vergeleken met de symbolische betekenis van auto's. Wel kan een schonere brandstof bijvoorbeeld met een laag zwavelgehalte aantrekkelijk zijn voor een milieubewuste gebruiker. De Nederlandse raffinagesector is van grote economische betekenis. De sector

¹²⁶ Met informatie uit een persoonlijke mededeling van P. Kroon (ECN).

¹²⁷ Met informatie uit een persoonlijke mededeling van P. Kroon (ECN).

heeft een aandeel van 3% in het nationaal product en levert een belangrijke bijdrage aan de export met een aandeel van 10%. Momenteel staat 10% van de raffinagecapaciteit van de Europese Unie in Nederland en is Nederland de grootste exporteur van aardolieproducten in de wereld. Nederland heeft eveneens een aanzienlijke deel van de mondiale onafhankelijke olieopslagcapaciteit (15%) en van de bunkerleveranties aan zeeschepen in handen (10%) (Wieleman, 2001; Internetbron 10, 54).

C.2.3 Kennis

De processen waarmee motorbrandstoffen uit ruwe olie kunnen worden geproduceerd zijn gebaseerd op de organische chemie, welke zich bezighoudt met koolwaterstofverbindingen. De chemische omzettingsprocessen, die voor de productie van motorbrandstoffen van belang zijn, worden besproken bij de dimensie technologie (Internetbron 45).

C.2.4 Technologie

De Nederlandse transportbrandstoffenmarkt wordt gedomineerd door fossiele benzine en diesel. LPG, een bijproduct van de winning en verwerking van ruwe olie en aardgas, heeft in Nederland een aanzienlijk aandeel (ongeveer 7% in 1999, zie Figuur 2.1). Er wordt echter in deze regimebeschrijving alleen op benzine en diesel verder ingegaan.

Productietechnologieën

Aardolie is een inhomogeen mengsel van verschillende koolwaterstofverbindingen en bevat tevens kleine hoeveelheden onzuiverheden zoals zwavel, stikstof, zuurstof en metalen. Daarom wordt deze in een raffinaderij eerst gescheiden in verschillende componenten door fractionele destillatie in een atmosferische destillatiekolom (op basis van verschillen in kookpunt¹²⁸ van de aanwezige componenten). De ruwe olie wordt gescheiden in gas, nafta, kerosine, lichte gasolie, zware gasolie en atmosferisch residu. Na scheiding kan men verschillende processen toepassen om de gewonnen fracties om te zetten of te bewerken tot bruikbare eindproducten. Zo worden de lichtere fracties gebruikt voor de productie van benzine en chemicaliën, de middelste voor onder andere kerosine en diesel en de zwaarste voor asfalt en bitumen. Men maakt gebruik van verschillende chemische reacties om aardoliefracties te bewerken, zoals katalytisch of thermisch kraken, polymerisatie, isomerisatie, reforming en hydrogenatie¹²⁹. Er worden ook chemische processen toegepast om de oliecomponenten te ontdoen van onzuiverheden, zoals zwavel. Uiteindelijk worden de verschillende geproduceerde grondstoffen gemengd tot eindproducten zoals benzine en diesel, in bepaalde hoeveelheden en met een bepaalde kwaliteit. Raffinaderijen verschillen onderling in welke chemische processen worden toegepast en in complexiteit. Raffinaderijen zijn afgestemd op het verwerken van bepaalde soorten ruwe olie en verschillen in de onderlinge verhouding van de gefabriceerde eindproducten. Deze verhouding wordt voor een groot deel bepaald door de soort ruwe olie, maar kan ook beïnvloed worden door gebruik van bepaalde procesinstallaties in de raffinaderij. De flexibiliteit ten aanzien van verschillende soorten ruwe olie en veranderingen in de marktvraag neemt toe met het aantal installaties waarover een raffinaderij beschikt. De huidige trend in de aardolieproductenmarkt is dat de vraag naar zwaardere olieproducten, zoals stookolie, afneemt, terwijl de vraag naar lichtere producten, zoals benzine en kerosine, stijgt. De lichte fracties die al aanwezig zijn in aardolie zijn niet voldoende om aan deze toenemende vraag te voldoen. Raffinaderijen proberen daarom steeds grotere hoeveelheden lichtere fracties te winnen uit de zwaardere componenten van de ruwe olie door nieuwe processen toe te passen (Benders, 1989; Ferguson, 2001; Ganesan, 1996; IEA, 1996a; Ministerie van VROM, 1984).

¹²⁸ Het kookpunt neemt toe met het moleculair gewicht (Ganesan, 1996).

¹²⁹ Meer informatie over de chemische samenstelling van aardolie en de processen in een raffinaderij is te vinden in (Benders 1989; Conaway, 1999; Ferguson 2001; Ganesan, 1996; IEA, 1996a; Ministerie van VROM 1984).

Productkenmerken

Om toegepast te kunnen worden in interne verbrandingsmotoren zoals de benzinemotor en de dieselmotor moeten motorbrandstoffen, in een ideale situatie, de volgende eigenschappen bezitten (Esso, 1991; Ganesan, 1996):

- een zo groot mogelijke energie-inhoud,
- een goede sturing van het begin van de chemische reactie in de motor,
- opslag in compacte vorm (dus liever vloeistoffen dan gassen),
- opslag zonder teveel speciale voorzieningen voor handhaving van de gewenste procescondities (temperatuur, druk),
- geen voor het milieu schadelijke reactieproducten en restproducten.

Omdat deze eisen tegenstrijdig zijn, zijn de eigenschappen van een motorbrandstof het gevolg van een compromis tussen de verschillende eisen die aan de brandstof gesteld worden. Verschillende typen motoren vereisen andere eigenschappen van de brandstoffen die erin toegepast kunnen worden. Raffinaderijen moeten benzine en diesel produceren die aan bepaalde specificaties voldoen, zodat deze optimaal kunnen worden toegepast in interne verbrandingsmotoren. Benzine wordt al meer dan een eeuw gebruikt als transportbrandstof en diesel al meer dan 50 jaar, maar de samenstelling ervan is regelmatig veranderd om aan nieuwe eisen te kunnen voldoen (IEA, 1996b).

Voor een brandstof voor een benzinemotor geldt dat deze goede starteigenschappen met zowel een koude als warme motor en goede opwarmeigenschappen moet hebben. Een goede klopvastheid, oftewel de weerstand tegen zelfontsteking, is van belang omdat kloppen van de motor verlies van rendement en vermogen tot gevolg heeft en bovendien tot oververhitting van de motor kan leiden. De klopvastheid wordt uitgedrukt in het octaangetal¹³⁰. Verder mag de brandstof geen aanleiding geven tot dampbelvorming, ijsvorming in de carburateur, smeerolieverdunding, afzettingen op motoronderdelen. De brandstof moet een laag brandstofverbruik van de motor en een goede verbranding mogelijk maken en stabiel¹³¹ zijn bij opslag. Het kooktraject van benzine beïnvloedt de mate waarin een brandstof aan de bovengenoemde eisen voldoet. Hierin komen echter ook tegenstrijdige eisen naar voren, waardoor men een middenweg moet vinden bij het bepalen van de eigenschappen van een brandstof. Men kan de gewenste eigenschappen van benzine verkrijgen door op de juiste manier te mengen in de raffinaderij en door additieven toe te voegen zoals octaangetalverbeteraars, antivries, stoffen die afzettingen op motoronderdelen en corrosie voorkomen en anti-oxidanten die de benzine stabiliseren bij opslag. Als octaangetalverbeteraars gebruikte men vroeger loodverbindingen, tegenwoordig zijn dit meestal zuurstofhoudende koolwaterstoffen ('oxygenates') zoals ethanol, methanol, MTBE en TBA. Alcoholen verhogen echter wel de vluchtigheid en kunnen materiaalproblemen veroorzaken. (Esso, 1991; Ferguson, 2001; IEA, 1996b; Ministerie van VROM, 1984).

Voor diesel zijn met name de starteigenschappen bij lage temperaturen, de zelfontsteekeigenschappen, een laag brandstofverbruik en de viscositeit van belang. Verder mag er geen kristalvorming optreden die verstoppingen kan veroorzaken en moeten afzettingen of roetvorming in de verstuiver en in de verbrandingskamer worden voorkomen. Ook moet diesel net als benzine een goede opslagstabiliteit bezitten ter preventie van neerslagvorming en verkleuring. De kwaliteits

¹³⁰ De klopvastheid kan uitgedrukt worden in het Motor octaangetal MON (bij hoge motorbelasting en toerental) en het Research octaangetal RON (lage snelheid of acceleratie). Het MON ligt ongeveer 10 punten lager dan het RON. Het octaangetal is gedefinieerd als het volumepercentage van iso-octaan (met octaangetal 100) in een mengsel van iso-octaan met normale heptaan (octaangetal 0), dat exact overeenkomt met de klopinintensiteit van de betreffende brandstof in een standaardmotor onder bepaalde standaardcondities. Paraffinen hebben de slechtste antiklopeigenschappen, aromaten de beste. De antiklopeigenschappen worden beter als het aantal C-atomen en de compactheid van de structuur toeneemt. Een typische waarde voor het RON van benzine is 95. Het octaangetal is niet van toepassing op diesel (Esso, 1991; Ganesan, 1996; IEA, 1996a, 1996b).

¹³¹ Tijdens de opslag van benzine vinden chemische processen plaats, waarbij grote moleculen ('gum') gevormd kunnen worden die kunnen neerslaan en verstoppingen kunnen veroorzaken. Vooral onverzadigde koolwaterstoffen (olefinen) bevatten veel gum en benzine met een hoog gehalte van deze componenten kan dus niet langdurig worden opgeslagen (Esso, 1991).

teit van de zelfontsteekeigenschappen, oftewel de brandbaarheid, van diesel wordt aangegeven met het cetaangetal¹³². Hoe hoger dit getal, hoe sneller de brandstof ontsteekt. Dit kan verbeterd worden door additieven te gebruiken. Ook andere eigenschappen van diesel kan men op deze manier verbeteren (Esso, 1991, IEA, 1996b).

Technologische ontwikkeling

De technologische ontwikkeling binnen raffinaderijen wat betreft motorbrandstoffen richt zich momenteel vooral op verdere verbetering van emissiearme brandstoffen (met name ontzwaveling) voor een nieuwe generatie zuinige benzine- en dieselmotoren en op ontwikkeling van nieuwe toepassingen van aardolieproducten, bijvoorbeeld in brandstofcellen (Internetbron 54).

C.2.5 Infrastructuur

In Nederland worden voor transport tussen raffinaderijen en opslagdepots meestal zeeschepen of binnenvaartschepen ingezet. Ook wordt er gebruik gemaakt van wegvervoer en, in veel mindere mate, transport over het spoor. In de VS past men in toenemende mate pijpleidingen toe voor transport vanuit raffinaderijen. In Nederland worden pijpleidingen gebruikt om aardolieproducten naar België en Duitsland te transporteren. De eindproducten worden meestal al in de raffinaderij gemengd voordat deze naar de opslagdepots en tankstations worden vervoerd. Bij pompstations worden de motorbrandstoffen opgeslagen in tanks, die zich meestal onder de grond bevinden. Sinds 1996 hebben alle nieuwe tankstations in Europa 'vapor balance/return systems'. Hiermee wordt gelekte benzine en damp, die vrijkomt tijdens het tanken, opgevangen en teruggestuurd. De materialen die gebruikt worden in pijpleidingen en tanks zijn niet altijd bestand tegen de aanwezigheid van bepaalde percentages alcohol in motorbrandstoffen (IEA, 1996b; Internetbron 8, 54).

C.2.6 Sectoraal beleid

Administratieve instrumenten

VEILIGHEIDS- EN MILIEU-EISEN

Uiteraard gelden er voor de petroleumindustrie vele veiligheids- en milieunormen voor raffinaderijen, opslagdepots van aardolieproducten, transport van deze producten en pompstations. Bij pompstations kan men denken aan eisen zoals de verplichte toepassing van de al eerder genoemde 'vapor balance/return systems'. Ook zijn er bijvoorbeeld typegoedkeuringen en installatie-eisen met betrekking tot pijpleidingen en moeten chauffeurs van tankwagens een speciale opleiding hebben gevolgd (IEA, 1996a; Internetbron 8, 38).

RUIMTELIJKE ORDENING

De overheid bepaalt waar raffinaderijen en conversie-installaties gebouwd mogen worden en geeft hier vergunningen voor af. Overheden op verschillende niveaus bepalen waar nieuwe benzineverkoopplaatsen gevestigd mogen worden en stellen eisen ten aanzien van de grootte van een pompstation, de aanwezige voorzieningen, het milieu en de veiligheid. Het huidige beleid versterkt de positie van de grote oliemaatschappijen, omdat deze meer kunnen investeren om aan de strenge eisen te voldoen dan nieuwe marktpartijen en omdat het gemeentelijke en provinciale beleid vaak gericht is op herlocalisering van bestaande pompstations, die vaak in handen zijn van de grote olieconcerns. De rijksoverheid wil verandering brengen in deze situatie en nieuwe spelers meer mogelijkheden geven voor toetreding tot de markt door de grote pompstations langs het hoofdwegennet te gaan veilen (Veneman, 1998; Internetbron 40, 55).

¹³² Het cetaangetal wordt gedefinieerd als het volumepercentage van normaal cetaan (cetaangetal 100) in een mengsel van normaal cetaan met alfa methyl naftaleen (cetaangetal 0), dat dezelfde ontsteekeigenschappen heeft als de betreffende brandstof wanneer verbranding plaatsvindt in een standaardmotor onder standaardomstandigheden. Paraffinen hebben het hoogste cetaangetal, aromaten het laagste. Een typische waarde voor het cetaangetal van diesel is 50. Het cetaangetal is niet van toepassing op benzine (Esso, 1991; Ganesan, 1996; IEA, 1996a, 1996b).

PRODUCTSPECIFICATIES

Motorbrandstoffen moeten aan bepaalde specificaties voldoen ten aanzien van hun minimale octaangetal of cetaangetal, maximale 'gum' gehalte, aromatengehalte en zwavelgehalte, vluchtigheid, dichtheid, oxidatiestabiliteit, etc. Europese brandstofkwaliteitspecificaties zijn vastgelegd in de Europese richtlijn 98/70/EC. Deze richtlijn omvat milieuspecificaties voor benzine en diesel en testmethodes om de kwaliteit van deze brandstoffen te bepalen. Deze kwaliteitseisen zullen vanaf 2005 nog strenger worden. Brandstoffen die aan de specificaties voldoen, mogen vrij verhandeld worden op de interne Europese markt. Deze specificaties zijn uiteraard ook van belang voor de auto-industrie, omdat het ontwerp van hun motoren moet aansluiten bij de door de raffinagesector geproduceerde brandstoffen (Europese Commissie, 2001a; Internetbron 23).

Financiële instrumenten

Op motorbrandstoffen worden verschillende belastingen geheven. De eindverbruikersprijs van benzine en diesel bestond in het jaar 2000 voor respectievelijk 66% en 51% uit belasting, waarvan de accijns en de BTW de belangrijkste zijn. De accijns, voorraadheffing en brandstofbelasting vormen een bedrag dat per liter brandstof betaald moet worden. Deze zijn dus onafhankelijk van de prijs van ruwe olie en de productprijs van motorbrandstoffen. De BTW wordt echter wel hoger als de productprijs toeneemt (ECN, 2001). De accijnzen op motorbrandstoffen leveren de Nederlandse staat jaarlijks een aanzienlijk bedrag op: in 1999 was dit ruim 12 miljard gulden (Internetbron 54). Er bestaan momenteel nog grote verschillen tussen de heffingenstelsels van de verschillende lidstaten van de Europese Unie.¹³³ In 1992 is er reeds een voorstel gedaan om een harmonisatie van deze belastingen tot stand te brengen, maar dit is tot nu toe nog niet van de grond gekomen. Wel zijn accijnzen op ruwe olie en de BTW opgenomen in een communautair belastingstelsel. Ook zijn er mogelijkheden opgenomen in de wetgeving tot het verlenen van een vrijstelling of verlaging van accijnzen in bepaalde gevallen. Voor minerale olie is in 1992 een minimaal communautair accijnstarief ingevoerd, dat afhankelijk is van het gebruik van de olie (bijvoorbeeld als motorbrandstof). De tarieven die door lidstaten worden gehanteerd, liggen echter vaak hoger dan deze minima, die niet meer gewijzigd zijn sinds 1992. Verder bestaan er grote verschillen tussen de tarieven in de verschillende lidstaten, omdat de lidstaten naast accijnzen en de BTW ook nog andere fiscale instrumenten kunnen toepassen op energie, zoals een CO₂-heffing. Voor overige energieproducten en andere soorten belastingen dan accijnzen en de BTW bestaat geen Europees kader (Europese Commissie, 2000).

C.2.7 Functioneel of toepassingsdomein

De in raffinaderijen geproduceerde motorbrandstoffen, vooral benzine en diesel, worden gebruikt voor toepassing in voertuigen met conventionele interne verbrandingsmotoren. Consumenten en transporteurs zijn de grootste gebruikersgroepen van motorbrandstoffen.

C.3 Eindgebruik in voertuigen

C.3.1 Sociaal netwerk

Producenten

De auto-industrie telt wereldwijd 18 ondernemingen, waarvan zeven Europese. Door trends zoals schaalvergroting, globalisering, fusies, overnames, samenwerking en alliantievorming, die reeds in gang zijn gezet en nog enige tijd zullen aanhouden, zal er uiteindelijk een nog kleiner aantal fabrikanten overblijven. De grootste spelers op de wereldmarkt zijn General Motors, Ford (na overname van Volvo) en Daimler-Chrysler. Zij zijn op alle belangrijke markten in de wereld actief. De top drie wordt gevolgd door Volkswagen, Toyota en Renault-Nissan (Ten Voorde,

¹³³ Dit kan tot verstoringen leiden van de concurrentie tussen de lidstaten. Een voorbeeld hiervan is de verkoop van motorbrandstoffen in de grensstreken, die sterk wordt beïnvloed door de verschillen in belastingen tussen lidstaten (Europese Commissie 2000).

2000). De Europese Unie zal de komende jaren de grootste autoproducent en afzetmarkt ter wereld blijven. Binnen Europa zijn Volkswagen, PSA Peugeot Citroën, Ford, Renault en General Motors de vijf belangrijkste producenten van personenauto's. Op de vrachtwagenmarkt voert Daimler-Chrysler de lijst aan, gevolgd door Fiat-Iveco, MAN, Renault, Volvo, Scania en DAF. De Europese autofabrikanten zijn verenigd in de ACEA (Association des Constructeurs Européens d'Automobiles) (Internetbron 1). Deze autofabrikanten richten zich niet allemaal op dezelfde markten. Sommige van deze autofabrikanten produceren vooral in grote volumes, andere willen steeds vernieuwen en vooroplopen met innovaties, zoals de ontwikkeling van nieuwe aandrijftechnieken.

Auto's en vrachtwagens worden in Nederland door officiële merk(service)dealers en merkonafhankelijke autobedrijven verkocht, onderhouden en gerepareerd. Deze dealers worden vertegenwoordigd door verschillende afdelingen van de brancheorganisatie BOVAG. Ook de RAI vereniging is een belangenbehartiger in deze sector (Internetbron 7, 42).

Leveranciers van motoren

Sommige autofabrikanten, zoals General Motors, produceren hun eigen motoren en andere onderdelen voor toepassing in hun eigen voertuigen en leveren deze ook aan andere autofabrikanten. De automotor bestaat uit een groot aantal onderdelen, die weer aangeleverd worden door andere gespecialiseerde bedrijven (bijvoorbeeld Bosch)¹³⁴ (Internetbron 27).

Gebruikers

Personenauto's en vrachtwagens worden door gekocht door twee grote groepen gebruikers, consumenten en transportbedrijven, die elk hun specifieke eisen stellen aan een voertuig. De prijs, de grootte, het brandstofverbruik, het motortype en de te gebruiken brandstof, het vermogen van de motor, de acceleratie, de snelheid, de actieradius, de veiligheid en het comfort zijn criteria die een rol (kunnen) spelen bij de aanschaf van een auto of vrachtwagen. Organisaties die de belangen van deze gebruikersgroepen behartigen, zijn reeds besproken bij het sociale netwerk in het tweede deel van de keten.

Onderzoeksnetwerk

Veel R&D met betrekking tot motoren wordt door de auto-industrie zelf gedaan. Er zijn ook andere bedrijven die zich bezighouden met onderzoek en ontwikkeling van nieuwe technologieën en ontwerpen voor de auto-industrie, zoals ontwerp en ontwikkeling van allerlei typen motoren (conventionele verbrandingsmotoren en nieuwe aandrijftechnieken), de brandstofvoorziening in de motor, motorregeltechniek, technieken voor geluidsvermindering en emissiereductie, de ontwikkeling van software en testen van brandstoffen, motoren en voertuigen. Voorbeelden hiervan zijn Ricardo en TNO Wegtransportmiddelen (Automotive). Ook wordt op Nederlandse universiteiten onderzoek gedaan naar bijvoorbeeld katalytische verwijdering van koolwaterstoffen, NO_x en roet uit uitlaatgassen. In de publieke kennisinfrastructuur speelt de HTS-Autotechniek een vooraanstaande rol in het onderzoek aan motoren¹³⁵ (Internetbron 3, 43, 48).

Overheidsinstellingen

In Nederland is het Ministerie van V&W verantwoordelijk voor het beleid ten aanzien van de sector verkeer en vervoer en richt zich met name op het beleid ten aanzien van de (reductie van) mobiliteit (volumebeleid). Wat betreft het transport van goederen is dit het Directoraat-generaal Goederenvervoer (Internetbron 34). Ook de Ministeries van EZ en VROM zijn betrokken bij beleid ten aanzien van verkeer en vervoer, wanneer het gaat om economische, energie- en milieuaspecten. Op Europees niveau is het Directoraat-generaal voor Energie & Transport belast met het beleid met betrekking tot de verkeer- en vervoerssector. Ook het DG voor Milieu heeft hiermee te maken (Internetbron 23).

¹³⁴ Met informatie uit een persoonlijke mededeling van P. Kroon (ECN).

¹³⁵ Met informatie uit een persoonlijke mededeling van P. Kroon (ECN).

Natuur- en milieuorganisaties

Het belangrijkste bezwaar van deze organisaties in dit deel van de keten is de uitstoot van schadelijke gasen en deeltjes bij verbranding van op aardolie gebaseerde brandstoffen in een interne verbrandingsmotor.

C.3.2 Symbolische betekenis

Voor consumenten is een auto vaak meer dan alleen een vervoermiddel. Het is tevens een symbool voor status, vrijheid, onafhankelijkheid, individualisme, snelheid, etc. Bij vrachtvervoer spelen dit soort zaken een ondergeschikte rol.

C.3.3 Kennis

De werking van interne verbrandingsmotoren zoals de benzinemotor en de dieselmotor berust op principes uit wetenschappelijke disciplines zoals de thermodynamica, verbrandingsleer, chemie, materiaalkunde en mechanica. Kort samengevat wordt bij de interne verbrandingsmotor chemische energie omgezet in thermische energie, die vervolgens wordt omgezet naar bewegingsenergie. Thermodynamische aspecten omvatten onder andere de warmteproductie, de condities waaronder deze plaatsvindt en de werkingscyclus van de motor. Bij de vaak complexe chemische processen die plaatsvinden bij de verbranding in een motor en de daarmee gepaard gaande vorming van emissies, spelen aspecten uit de chemie en de verbrandingsleer een rol. De toepassing van materialen bij de verschillende motoronderdelen berust op chemische en materiaalkundige kennis. Mechanische aspecten hebben betrekking op de aandrijving, zoals de beweging van de zuiger en de krukas (Ferguson, 2001; Ganesan, 1996).

C.3.4 Technologie

Productkenmerken

Interne verbrandingsmotoren zijn zeer complex en bestaan uit honderden componenten. De twee belangrijkste motoren die gebruikt worden in wegvoertuigen zijn de 4-takt benzine- en dieselmotor¹³⁶. De meeste personenauto's zijn uitgerust met een benzinemotor. Andere namen hiervoor zijn de Ottomotor en de vonkontstekingsmotor. Dieselmotoren, ook wel compressieontstekingsmotoren genoemd, wordt zowel in personenauto's als vrachtwagens toegepast. De werking van beide typen motoren is vergelijkbaar¹³⁷, maar er bestaan echter ook enkele belangrijke verschillen, zoals al blijkt uit de naamgeving. Bij de benzinemotor wordt het verbrandingsproces in gang gezet door een brandbaar mengsel van lucht en brandstof te ontsteken door middel van een vonk. Bij een dieselmotor ontsteekt het mengsel van zelf, wanneer dit voldoende samengeperst is. De compressieverhouding is bij de dieselmotor ook veel hoger dan bij de benzinemotor, wat leidt tot een hoger thermisch rendement. Een ander belangrijk verschil is de stof die gecomprimeerd wordt. In het geval van een benzinemotor is dit een voorgemengd, homogeen mengsel van brandstof en lucht, dat na injectie in de cilinder in de motor samengedrukt wordt. Bij de dieselmotor wordt alleen lucht gecomprimeerd. Dit levert een voldoende hoge temperatuur op om de brandstof zelf te laten ontsteken wanneer deze bij de lucht in de verbrandingskamer wordt geïnjecteerd. Omdat de druk in dieselmotoren veel hoger is dan in benzinemotoren, worden dieselmotoren zwaarder uitgevoerd (Ferguson, 2001; Ganesan, 1996).

Voordat de motorbrandstof aan de motor wordt toegevoerd, bevindt deze zich in een brandstoftank, die meestal gemaakt is van kunststof of metaal. Niet alle materialen kunnen gebruikt worden omdat zij oplossen of corroderen in de aanwezigheid van benzine of diesel, vooral wanneer hier bepaalde hoeveelheden additieven (alcoholen) aan toegevoegd zijn (IEA, 1996b).

¹³⁶ 4-takt wil zeggen dat de werkingscyclus van de motor bestaat uit vier slagen van de zuiger. De krukas maakt hierbij twee omwentelingen (Ferguson 2001; Ganesan, 1996).

¹³⁷ Meer informatie over de werking van de benzinemotor en dieselmotor is te vinden in (Ferguson, 2001) en (Ganesan, 1996).

Technologische ontwikkeling

De auto-industrie is al jaren actief op het gebied van verbetering van de efficiëntie van interne verbrandingsmotoren. De winst die hierdoor werd behaald werd echter tenietgedaan, doordat het motorvermogen is toegenomen en de voertuigen gemiddeld zwaarder zijn geworden vanwege eisen ten aanzien van comfort en veiligheid. De motor wordt nog steeds voortdurend verbeterd, zodat aan de steeds aangescherpte emissienormen voor voertuigen voldaan kan worden (zie dimensie sectoraal beleid). Bij verbeteringen aan de motor om de efficiency te verhogen en zo emissies te beperken kan men denken aan een betere voorbereiding van het brandstofmengsel, de optimalisatie van de verbrandingskamer, verbeterde brandstofinjectie, vermindering van de wrijvingsverliezen, variabele compressieratio, toepassing van materialen die een betere thermische isolatie bieden en verbetering van de elektronische regelsystemen. Hierdoor wordt het ontwerp van de motor wel complexer en worden motoren minder flexibel ten aanzien van de eigenschappen van de gebruikte brandstof. Andere methoden om het energieverbruik te verminderen en/of emissies te beperken zijn uitlaatgascirculatie, terugwinning van remenergie, betere katalysatoren en filters en toepassing van lichtere materialen.¹³⁸ Door verbetering van de efficiency van voertuigen zal op den duur de emissie van alle stoffen, behalve CO₂, teruggebracht worden tot bijna nul. Mogelijk zullen interne verbrandingsmotoren zich in de toekomst ontwikkelen tot zogenaamde ‘Combined Combustion Systems’¹³⁹. Hiermee kunnen optimale verbrandingscondities worden bereikt, met een zo laag mogelijk energiegebruik en emissieniveau. Er bestaan ook al voertuigen die meerdere brandstoffen of mengsels hiervan kunnen gebruiken, de zogenaamde ‘flexible fuel’ voertuigen (FFV). Bij ‘dual fuel’ voertuigen (DFV) kan men meer dan één soort brandstof gebruiken, maar geen mengsels. Naast verbetering van de aandrijving met de interne verbrandingsmotor, werken autofabrikanten ook aan andere aandrijftechnieken zoals elektrische motoren met een accu of met een brandstofcel, gasturbines en hybride aandrijfsystemen (verbrandingsmotor met een elektromotor) (Ferguson, 2001; Ganesan, 1996; IEA, 1996b; Ministerie van V&W, 2000; Nederveen, 1999; Oberg, 2001; Poulton, 1994; RIVM, 2000).

C.3.5 Infrastructuur

Deze dimensie is hier niet van belang, aangezien er in dit deel van de keten geen transport van olie of motorbrandstoffen plaatsvindt.

C.3.6 Sectoraal beleid

Administratieve instrumenten

Om de milieubelasting ten gevolge van het wegverkeer te verminderen worden niet alleen maatregelen genomen om de mobiliteit en het transport op de wegen terug te dringen (volumebeleid), maar worden ook steeds strengere eisen gesteld aan de emissies veroorzaakt door voertuigen (bronbeleid). De emissienormering voor verschillende typen voertuigen is vastgelegd in een aantal Europese richtlijnen¹⁴⁰. Deze normen omvatten zowel voorschriften voor testprocedures voor de typegoedkeuring van voertuigen als de maximale toegestane emissies van CO, NO_x, vluchtige organische stoffen en kleine deeltjes (PM₁₀), die steeds worden aangescherpt. Momenteel geldt de norm Euro3 (vanaf 2000). Vanaf 2005 moet de norm Euro4 gaan gelden en vanaf 2008 Euro5. Er ontbreekt momenteel nog een normstelling met betrekking tot CO₂-emissies. Waarschijnlijk zal er in Europees verband ook een norm komen voor de CO₂-emissie per kilometer, afhankelijk van de grootte van het voertuig. Er is nu wel al door middel van een conve-

¹³⁸ Dit is met name van belang voor personenauto's. Wanneer het gewicht van een auto met 30% gereduceerd wordt, levert dit een aanzienlijke energiebesparing op, zo'n 10-20% (VROM-raad, 1999).

¹³⁹ Dit wil zeggen dat benzinemotoren zelf kunnen ontsteken zoals nu het geval is bij dieselmotoren en dieselmotoren gebruik kunnen maken van een homogeen lucht/brandstof-mengsel en vonkontsteking, waarbij beide typen motoren wel specifieke brandstofmengsels vereisen (Ferguson 2001; Ganesan, 1996; Poulton, 1994).

¹⁴⁰ Dit zijn de volgende richtlijnen voor personenauto's en vrachtauto's: 91/441/EG (Euro1), 92/12/EG (Euro2) en 98/69/EG (Euro3, 4 en 5). Voor vrachtwagens gold ook een Euro0, die is vastgelegd in de richtlijn 88/767/EEG (RIVM, 2000).

nant afgesproken dat de Europese autofabrikanten de CO₂-uitstoot van personenauto's zullen verminderen (zie initiërende en coördinerende instrumenten). Naast milieu-eisen, gelden er ook allerlei veiligheidseisen ten aanzien van voertuigen bijvoorbeeld de maximaal toegestane druk in de brandstoftank (IEA, 1996b; Ministerie van V&W, 2000; RIVM, 2000; VROM-raad, 1999).

Financiële instrumenten

Er zijn verschillende instrumenten op nationaal en Europees niveau die onderzoek en ontwikkeling van innovaties op het gebied van transport en de implementatie daarvan financieel ondersteunen. Men kan hierbij denken aan nieuwe transportvormen zoals ondergronds transport en gecombineerd personen- en goederenvervoer en verkeersmanagementsystemen zoals automatische voertuiggeleiding. Hier komen alleen instrumenten aan bod die te maken hebben met de bevordering van gebruik van milieuvriendelijkere voertuigen. (Ministerie van V&W, 2000).

In Nederland wordt het gebruik van zuinigere auto's gestimuleerd door CO₂-differentiatie in de BPM-belasting¹⁴¹ (RIVM, 2000). Ook wordt versnelde invoering van vrachtwagens die aan de Euro4 en 5 normen voldoen gestimuleerd, evenals de uitrusting van bestaande vrachtwagens met roetfilters. De overheid biedt ook financiële ondersteuning voor onderzoek naar en experimenten met energiebesparende en/of emissiebeperkende technologieën zoals hybride voertuigen, brandstofceltechnologie en schonere brandstoffen. Wanneer dergelijke technieken voldoende beschikbaar zijn, zoals uitlaatgasbehandelingstechnologieën en lichtere materialen, wordt ook de aankoop hiervan gestimuleerd (Ministerie van V&W, 2000).

Het al. eerder genoemde ACEA-convenant (zie initiërende en coördinerende instrumenten) wordt ondersteund door fiscale maatregelen om de overstap naar efficiëntere voertuigen te vergemakkelijken (Europese Commissie, 2001a).

Economische instrumenten zoals koolstof- of brandstofheffingen voor alle industriële sectoren of verhandelbare CO₂-emissierechten bieden in de toekomst mogelijkheden voor Nederland om de CO₂-emissie verder te reduceren. Dergelijke maatregelen zijn nodig omdat de potentiële vermindering van CO₂-emissies door middel van technische maatregelen (verbetering van de conventionele aandrijftechnologie) veel lager is dan voor andere emissies¹⁴². (VROM-raad, 1999).

Initiërende en coördinerende instrumenten

In 1998 is er een convenant van de Europese Commissie gesloten met de Europese auto-industrie (ACEA), de Japanse en Koreaanse importeurs over vrijwillige terugdringing van de emissies van CO₂ tot 140 gram CO₂/km in 2008 voor personenauto's¹⁴³ (de gemiddelde uitstoot van CO₂ voor personenauto's is nu ongeveer 175 gram CO₂/km). In 2003 wordt bekeken welke verdere emissiereducties mogelijk zijn voor 2012 (men gaat nu uit van 120 gram CO₂/km in dat jaar) (Owen, 2001; RIVM, 2000; VROM-raad, 1999).

In Nederland is in 2000 het 'etiket brandstofverbruik' voor personenauto's ingevoerd, waarop zowel het brandstofverbruik als CO₂-emissie per km vermeld moeten worden. Deze etikettering heeft als doel de aankoop van zuinigere voertuigen door consumenten te bevorderen (RIVM, 2000; Internetbron 28).

¹⁴¹ Belasting van Personenauto's en Motorrijwielen, deze moet betaald worden voor iedere personenauto die in Nederland wordt geregistreerd (Internetbron 4).

¹⁴² Dit komt doordat bij verbranding van fossiele brandstoffen altijd CO₂ vrijkomt en de overige emissies voortkomen uit een onvolledige verbranding in de motor, hetgeen voor een groot deel kan worden verholpen door technische aanpassingen (VROM-raad, 1999).

¹⁴³ Men gaat hier uit van een brandstofconsumptie voor benzine van 5,83 liter/100 km en voor diesel van 5,22 liter/100 km (Owen, 2001; RIVM, 2000; VROM-raad, 1999).

C.3.7 Functioneel of toepassingsdomein

Voertuigen met een interne verbrandingsmotor worden gebruikt voor personen- en goederenvervoer. De grootste gebruikersgroepen zijn consumenten en transportbedrijven.

BIJLAGE D VRAGENLIJST INTERVIEWS VOOR BESCHRIJVING EINDBEELD

D.1 Inleidende vragen

1. Verwacht u dat biobrandstoffen in Nederland op grote schaal zullen worden toegepast als vervangers van benzine en diesel in wegvoertuigen?
2. Indien ja, op welke termijn verwacht u dat hiervan sprake zal zijn en welk aandeel op de brandstoffenmarkt denkt u dat biobrandstoffen dan maximaal zullen kunnen halen?
3. Verwacht u dat de markt dan gedomineerd zal worden door één (enkele) biobrandstof(fen) of zullen er vele naast elkaar bestaan? (indien ja, welke?)
4. Verwacht u dat biobrandstoffen op lange termijn toegepast zullen blijven worden in interne verbrandingsmotoren of beschouwt u dit als een overgangstechnologie, die een oplossing biedt voor de middellange termijn?

D.2 Vragen met betrekking tot actoren

Producenten

5. Verwacht u dat de olieproducenten (nationale oliemaatschappijen en private oliemaatschappijen), die in de huidige situatie de grondstof voor motorbrandstoffen aanleveren, de productie van biomassa (en de eventuele omzetting hiervan in biocrude) op zich zullen nemen?
 - (a) Indien ja, welke actie met betrekking tot de opbouw van netwerken (met toeleveranciers, afnemers, onderzoeksinstituten, universiteiten, enz.) en de ontwikkeling van kennis, technologie en infrastructuur zullen de olieproducenten moeten ondernemen om dit te bereiken?
 - (a.1) In welke mate betekent dit een verandering van de functie van deze actor zoals deze gezien wordt door de actor zelf en/of door de publieke opinie?
 - (b) Indien nee, welke actoren zullen de biomassa gaan produceren en welke actie met betrekking tot de opbouw van netwerken en de ontwikkeling van kennis, technologie en infrastructuur zullen zij moeten ondernemen om dit te bereiken?
 - (b.1) In welke mate betekent dit een verandering van de functie van deze actor zoals deze gezien wordt door de actor zelf en/of door de publieke opinie?
6. Verwacht u dat de grote oliemaatschappijen, die de raffinage van olie, de fabricage van aardolieproducten en de transportbrandstoffenmarkt domineren, de productie en distributie van biobrandstoffen op zich zullen nemen?
 - (a) Indien ja, welke actie met betrekking tot de opbouw van netwerken en de ontwikkeling van kennis, technologie en infrastructuur zullen de oliemaatschappijen moeten ondernemen om dit te bereiken?
 - (a.1) In welke mate betekent dit een verandering van de functie van deze actor zoals deze gezien wordt door de actor zelf en/of door de publieke opinie?
 - (b) Indien nee, welke actoren zullen biobrandstoffen gaan produceren en distribueren en welke actie met betrekking tot de opbouw van netwerken en de ontwikkeling van kennis, technologie en infrastructuur zullen zij moeten ondernemen om dit te bereiken?

- (b.1) In welke mate betekent dit een verandering van de functie van deze actor zoals deze gezien wordt door de actor zelf en/of door de publieke opinie?
7. Verwacht u dat de autoproducenten, welke nu vooral voertuigen met interne verbrandingsmotoren werkend op benzine of diesel produceren, de productie van voertuigen, die geschikt zijn voor toepassing van biobrandstoffen, op zich zullen nemen?
- (a) Indien ja, welke actie met betrekking tot de opbouw van netwerken en de ontwikkeling van kennis en technologie zullen de autoproducenten moeten ondernemen om dit te bereiken?
- (a.1) In welke mate betekent dit een verandering van de functie van deze actor zoals deze gezien wordt door de actor zelf en/of door de publieke opinie?
- (b) Indien nee, welke actoren zullen voertuigen die geschikt zijn voor biobrandstoffen gaan produceren en welke actie met betrekking tot de opbouw van netwerken en de ontwikkeling van kennis, technologie en infrastructuur zullen zij moeten ondernemen om dit te bereiken?
- (b.1) In welke mate betekent dit een verandering van de functie van deze actor zoals deze gezien wordt door de actor zelf en/of door de publieke opinie?

Overheid (nationaal en Europees)

8. Welke veranderingen zijn naar uw mening nodig in de activiteiten van de Nederlandse overheid om biomassaproductie voor biobrandstoffen, productie van biobrandstoffen en gebruik van deze brandstoffen in wegvoertuigen op grote schaal te realiseren?
9. Welke veranderingen zijn naar uw mening nodig in de activiteiten van de EU om biomassaproductie voor biobrandstoffen, productie van biobrandstoffen en gebruik van deze brandstoffen in wegvoertuigen op grote schaal te realiseren?
10. Verwacht u dat biomassa op den duur een met olie vergelijkbare economische, strategische en politieke betekenis zal krijgen op mondiaal niveau?

Maatschappelijke groepen en publieke opinie

11. Hoe verwacht u dat milieugroepen (wat betreft milieu- en veiligheidsaspecten) zullen staan ten opzichte van:
- (grootschalige) biomassateelt voor biobrandstofproductie,
 - productie en distributie van biobrandstoffen en
 - gebruik van biobrandstoffen in wegvoertuigen?
- (a) Indien negatief, verwacht u dat deze weerstand zodanig is, dat grootschalige toepassing van biobrandstoffen in de verkeer- en vervoerssector sterk belemmerd zal worden en de bestaande situatie hierdoor gehandhaafd zal blijven?
- (b) Indien neutraal, geen verdere vraag.
- (c) Indien positief, verwacht u dat dit een belangrijke drijvende kracht zal zijn voor de grootschalige toepassing van biobrandstoffen in de verkeer- en vervoerssector?
12. Hoe verwacht u dat de publieke opinie (wat betreft milieu- en veiligheidsaspecten) zal staan ten opzichte van:
- (grootschalige) biomassateelt voor biobrandstofproductie,
 - productie en distributie van biobrandstoffen en

- gebruik van biobrandstoffen in wegvoertuigen?
- (a) Indien negatief, verwacht u dat deze weerstand zodanig is, dat grootschalige toepassing van biobrandstoffen in de verkeer- en vervoerssector sterk belemmerd zal worden en de bestaande situatie hierdoor gehandhaafd zal blijven?
 - (b) Indien neutraal, geen verdere vraag.
 - (c) Indien positief, verwacht u dat dit een belangrijke drijvende kracht zal zijn voor grootschalige toepassing van biobrandstoffen in de verkeer- en vervoerssector?

Eindgebruikers

13. Hoe verwacht u dat eindgebruikers (consumenten, transportbedrijven, enz.) zullen staan ten opzichte van de aanschaf van (wellicht duurdere?) biobrandstoffen en voertuigen die geschikt zijn voor biobrandstoffen?
 - (a) Indien negatief, verwacht u dat deze weerstand zodanig is, dat dit het gebruik van biobrandstoffen in wegvoertuigen sterk zal belemmeren en de bestaande situatie hierdoor gehandhaafd zal blijven?
 - (b) Indien neutraal, geen verdere vraag.
 - (c) Indien positief, verwacht u dat dit een belangrijke drijvende kracht zal zijn voor het gebruik van biobrandstoffen in wegvoertuigen?

BIJLAGE E BESCHRIJVING VAN HET EINDBEELD

E.1 Exploratie en productie van biomassa en omzetting in biocrude

E.1.1 Sociaal netwerk

Producenten

De productie van biomassa bestemd voor biobrandstoffen zal in handen zijn van zowel zelfstandige land- en bosbouwbedrijven als van oliemaatschappijen. f oliemaatschappijen een belangrijke rol zullen spelen bij de productie van biomassa is sterk afhankelijk van of zij verwachten dat er voor langere termijn een substantiële markt voor bestaat, of zij zelf biobrandstoffen gaan produceren, welke biomassasoort belangrijk wordt¹⁴⁴ en hoe de levering van olie zich ontwikkelt. De productie van biomassa voor biobrandstoffen zal waarschijnlijk wel gedeeltelijk in handen zijn van oliebedrijven, omdat zij proberen zekerheid te creëren over de voorziening in grondstoffen. Ze zullen de productie echter niet zelf gaan doen, omdat dergelijke activiteiten qua kennis en technologie ver af liggen van oliewinning en omdat zij niet zo eenvoudig de beschikking over voldoende land kunnen krijgen. Ze zullen dit eerder overlaten aan gespecialiseerde bedrijven, waarin zij aandelen nemen, waarmee zij een joint venture vormen of die zij overnemen. Ze zullen zich mengen in netwerken om kennis op te doen over welke partijen geschikt zijn om mee samen te werken of over te nemen. Niet al.le oliemaatschappijen zullen biomassaproductie in eigen beheer gaan doen, enkele zullen biomassa inkopen bij gespecialiseerde bedrijven, die veel ervaring hebben met biomassaproductie en dit goedkoop kunnen. Het kan hierbij gaan om zeer diverse locale bedrijven, binnen de Europese Unie en daarbuiten. Sommige landbouwbedrijven zullen wellicht (gedeeltelijk) overschakelen van voedselgewassen op meerjarige energiegewassen, als zij hier marktperspectief in zien (Expertinterviews, 2001).

De rol van de oliemaatschappijen wat betreft de infrastructuur wordt waarschijnlijker hoe meer het te vervoeren product lijkt op olie (bijvoorbeeld een ruwe vloeibare energiedrager die daarna nog verwerkt moet worden tot biobrandstoffen). Deze bedrijven hebben een uitgebreide kennisbasis op logistiek gebied met betrekking tot olie en olieproducten. Voor vervoer van biomassa zijn waarschijnlijk andere partijen meer geschikt. In welke mate oliemaatschappijen zich hiermee gaan bezighouden is dus sterk afhankelijk van waar de conversie naar een ruwe vloeistof of biobrandstof plaatsvindt, lokaal waar de biomassa wordt geproduceerd of centraal in grote installaties (al of niet bij raffinagecomplexen) (Expertinterviews, 2001)¹⁴⁵.

OPEC

Van de olie-exporterende landen wordt niet verwacht dat zij zich gaan bezighouden met biomassaproductie. Een niet al. te groot percentage biobrandstoffen in Europa zal nauwelijks invloed hebben op hun wereldwijde afzet (Expertinterviews, 2001).

¹⁴⁴ Bij bijvoorbeeld landbouwresiduen is een rol van de oliemaatschappijen wat betreft de productie veel minder waarschijnlijk dan bij bosbouw (Expertinterviews, 2001).

¹⁴⁵ Dit is een economische afweging van transportkosten en kosten van de bouw van een conversie-installatie (wat veel duurder is op een plaats waar de benodigde faciliteiten en infrastructuur nog niet aanwezig zijn). Afhankelijk van de locatie waar biomassa geteeld wordt, de hoeveelheid die daar geteeld wordt en of locale omzetting naar een ruwe brandstof goedkoop kan, kan het in het ene geval aantrekkelijker zijn om biomassa te vervoeren en in het andere om de vloeistof te transporteren. Vaak is het vanuit kostenperspectief beter om een vloeistof met een grote energiedichtheid te vervoeren in plaats van grote hoeveelheden biomassa, maar dit hoeft niet al.tijd het gunstigste te zijn (Expertinterviews, 2001).

IEA

Aangezien het IEA zich bezighoudt met de voorzieningszekerheid van primaire energiedragers, zal voor deze organisatie ook een rol weggelegd zijn bij het (grootschalige) gebruik van biomassa voor energietoepassingen, zoals biobrandstoffen.

Leveranciers

De leveranciers (landbouw, bosbouw) zijn wereldwijd opererende bedrijven, die kunstmest, zaaigoed, bestrijdingsmiddelen, landbouwwerktuigen (zoals trekkers), technische installaties en dergelijke leveren aan de biomassaproductanten (Internetbron 33).

Gebruikers

De gebruikers kunnen raffinaderijen van grote oliemaatschappijen zijn maar ook nieuwe partijen, die zich niet bezighielden met productie van fossiele transportbrandstoffen maar die wel biobrandstoffen produceren (zie producenten in het tweede deel van de keten) (Expertinterviews, 2001). De biomassa kan naast voor productie van biobrandstoffen ook voor andere toepassingen worden gebruikt, zoals materialen en productie van elektriciteit (en warmte). Naar de partijen die dit op zich nemen, wordt in dit eindbeeld niet gekeken.

Onderzoeksnetwerk

Oliemaatschappijen zullen zich mengen in landbouwonderzoeksnetwerken om wetenschappelijke kennis op te doen over wat mogelijk is, nu en in de toekomst. Zij zullen zelf waarschijnlijk geen onderzoek op dit gebied gaan doen. Innovaties in de agrarische sector komen nu meestal voort uit de sector zelf en worden alleen in de eigen sector gebruikt. In de toekomst zal er echter meer samengewerkt worden met andere sectoren en technische en wetenschappelijke disciplines wanneer het gaat om meer generieke technologieën die toegepast kunnen worden in de landbouw (zie dimensie technologie). Nederland kent een aantal organisaties, die zich bezighouden met landbouwonderzoek: het Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO), het Centrum voor Landbouw en Milieu (CLM), de Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO), DLV-Wageningen (De Landbouwvoorlichting), ATO BV (Agrotechnologisch Onderzoek) gevestigd en de Landbouwuniversiteit Wageningen (Ministerie van LNV, 2000; Internetbron 2, 14, 15, 30, 57).

Overheidsinstellingen

In Nederland hebben het Ministerie van Economische Zaken (EZ), het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM) en het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (LNV) te maken met biomassaproductie voor energietoepassingen. Op Europees niveau zijn de Directoraten-generaal voor Energie & Vervoer (TREN), Milieu en Landbouw hierbij betrokken.

Natuur- en milieuorganisaties

De natuur- en milieuorganisaties, die een rol spelen in het huidige regime, zullen ook een rol spelen in het eindbeeld. Zij zullen een kritische houding hebben ten aanzien van (grootschalige) biomassateelt en import hiervan en steeds in de gaten houden of dit op duurzame wijze gebeurt (zie Bijlage F). Aspecten die voor hen van belang zijn, zijn met name: de sociaal-economische gevolgen (op micro- en macroniveau), de milieu-effecten, behoud van biodiversiteit, goede inpassing in het landschap en veiligheid. Wanneer zich ongewenste situaties voordoen, zullen deze door natuur- en milieuorganisaties aan de kaak gesteld worden (Expertinterviews, 2001).

E.1.2 Symbolische betekenis

De symbolische betekenis van biomassa kan groot zijn, wanneer deze wordt ingezet om een toenemende onafhankelijkheid van olie-exporterende landen (OPEC) te creëren, waarmee men zich afzet tegen hun machtige positie. In de ontwerprichtlijn van de Europese Commissie ziet men dat zelfvoorziening binnen de Europese Unie (en dus minder afhankelijkheid van olie-importen uit met name OPEC-landen) een belangrijke reden is om biobrandstoffen te stimule-

ren. De symbolische betekenis uit zich ook in de publieke opinie ten aanzien van (grootschalige) biomassateelt voor energietoepassing. Aspecten die hier een rol spelen zijn de inpassing van productievelden in het landschap, genetische manipulatie van gewassen, de biodiversiteit en de gevolgen voor het lokale milieu (onder andere door bemesting). Het is nu niet in te schatten hoe de publieke opinie hier op langere termijn tegenover zal staan. Deze wordt sterk beïnvloed door de informatie die zij krijgen, zoals van natuur- en milieuorganisaties (Expertinterviews, 2001).

Wellicht zal (gedeeltelijke) overschakeling van de landbouwsector van productie voor de voedselvoorziening naar productie voor energietoepassingen van invloed zijn op de symbolische betekenis van deze sector. Dit is echter moeilijk in te schatten. In het tweede deel van de keten wordt aandacht besteed aan een mogelijke verandering van de symbolische betekenis van de oliemaatschappijen.

De economische betekenis van biomassa voor de wereldenergievoorziening bestaat al (met name in ontwikkelingslanden) en deze kan op den duur vergelijkbaar worden met die van olie wanneer er een internationale handel in biomassa ontstaat en de olieprijs gaan stijgen. Op strategisch en politiek vlak zal biomassa waarschijnlijk niet dezelfde betekenis krijgen als olie nu omdat de productie meer gespreid en flexibeler is (meerdere landen en meerdere leveranciers) dan bij olie. Wat betreft olie vindt de productie zeer geconcentreerd plaats vanwege de aanwezigheid van olievoorraden in een beperkt aantal landen. Ook doordat biomassa diverse andere toepassingen kent naast biobrandstoffen (zie dimensie sociaal netwerk: gebruikers en dimensie functioneel of toepassingsdomein), wordt de handel in biomassa naar verwachting stabielier dan die in olie. Nederland zal voor biomassa ook grotendeels afhankelijk zijn van importen net als bij olie maar er is sprake van een grotere flexibiliteit ten aanzien van de keuze van de biomassasoort en de leveranciers door wie en de locaties waar deze geteeld wordt (Expertinterviews, 2001).

E.1.3 Kennis

Kennis op het gebied van de landbouw omvat aspecten uit de biologie, scheikunde, natuurkunde en aardrijkskunde. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om processen die zich afspelen in gewassen en in de bodem en landgebruik.

E.1.4 Technologie

Productietechnologieën

Wereldwijd bestaan er grote verschillen in de productiesystemen in de land- en bosbouwsector, zoals in het gebruik van gewassen, het bestrijden van ziekten, irrigatie en de toepassing van kunstmest en machines en werktuigen voor bijvoorbeeld zaaien en oogsten (Novem, 2000c). De productiewijze van voedselgewassen en meerjarige energiegewassen verschilt en ze hebben een verschillende rotatiecyclus. Wanneer landbouwbedrijven (gedeeltelijk) willen overschakelen op meerjarige gewassen, moeten ze dus hun productiesysteem aanpassen.

Nederland zal biomassa (of ruwe vloeibare energiedrager als grondstof voor biobrandstoffen) moeten importeren (zie Bijlage F). Uit onderzoek is gebleken dat reststromen zoals landbouwresiduen, organisch afval, houtafval en slijk niet in de behoefte kunnen voorzien¹⁴⁶. Er zullen dus ook gewassen geteeld moeten worden die (gedeeltelijk) gebruikt worden voor productie van biobrandstoffen. Dit heeft echter een enorm landbeslag tot gevolg, bijvoorbeeld minimaal een derde van het totale landoppervlak in Nederland bij vervanging van 40% van het totale motor-

¹⁴⁶ Deze hebben een maximaal potentieel van ongeveer 87 PJ per jaar (Faaij, 1997). Deze stromen kunnen ook niet volledig kunnen worden ingezet als energiebron, omdat deze ook nog voor andere toepassingen gebruikt zullen worden, bijvoorbeeld bemesting. Bovendien wordt veel van de in Nederland beschikbare biomassa geëxporteerd (Novem 2000b, 2000c).

brandstoffengebruik¹⁴⁷. Het beschikbare landbouwareaal voor energieteelt wordt geschat op ongeveer 200.000 ha, ongeveer 10% van het totale landbouwareaal. Er is dus in Nederland weinig grond beschikbaar voor energieteelt. De grond is erg duur en men wil de landbouwgrond liever gebruiken voor hoogrenderende gewassen. Energieteelt kan dus momenteel niet concurreren met de traditionele landbouw en het is onduidelijk of hier in de toekomst verandering in zal komen. Importeren zal voor Nederland dus noodzakelijk zijn. Dit kan ook economisch gezien aantrekkelijker zijn dan gebruikmaking van binnenlandse biomassastromen. Import van biomassa uit nieuwe lidstaten van de Europese Unie met een groot landbouwpotentieel is waarschijnlijk, maar mogelijk wordt er ook uit andere landen geïmporteerd (Lako, 1998; Novem, 2000b; Spakman, 2001; Expertinterviews, 2001).

Producten

Verschillende soorten biomassa komen in aanmerking als grondstof voor biobrandstoffen. Welke biomassasoorten de overhand zullen krijgen, is moeilijk in te schatten. Er is veel ervaring met voedselgewassen zoals koolzaad en suikerbieten. Landbouwresiduen kunnen ook gebruikt worden als grondstof. Energiegewassen hebben echter een grotere opbrengst per eenheid land en zijn aantrekkelijker vanuit economisch en milieuperspectief (Expertinterviews, 2001).

Technologische ontwikkeling

Technologische ontwikkelingen in de landbouwsector hebben vooral betrekking op de biotechnologie, ontwikkeling van nieuwe gewassen en informatietechnologie (Ministerie van LNV, 2000).

E.1.5 Infrastructuur

De infrastructuur in dit deel van de keten omvat transport van biomassa en mogelijk ook het vervoer van een ruwe vloeibare energiedrager ('biocrude'), die nog verder opgewerkt moet worden tot transportbrandstof. Voor transport van biocrude kan de infrastructuur voor transport van aardolie gebruikt worden, zoals tankers, binnenvaartschepen, treinen, pijpleidingen, vrachtwagens. Voor het vervoer van biomassa, binnen of buiten het productieveld, kan meestal geen gebruik gemaakt worden van pijpleidingen, maar schepen, treinen of trucks zijn wel mogelijk.

E.1.6 Sectoraal beleid

In het eindbeeld zal sprake moeten zijn van beleid op nationaal en Europees niveau dat de productie van biomassa voor energietoepassingen zoals biobrandstoffen ondersteunt. Hoe dit beleid er uit zal komen te zien, is nu nog moeilijk in te schatten. Het belangrijkste hierbij is de toekomstige vorm van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB) van de Europese Unie, omdat het Nederlandse landbouwbeleid grotendeels hierdoor wordt bepaald. Het GLB omvat momenteel onder andere directe inkomenssteun aan producenten en regulering van het prijsniveau (eerst invoerheffingen, later exportsubsidies toen de EU minder ging importeren en meer zelfvoorzienend werd) en het productievolume (quota¹⁴⁸, verplichte braaklegging van grond om overschotten te beperken). Toekomstige ontwikkelingen in het GLB worden beïnvloed door de liberalisering van de handel in landbouwproducten (nieuwe internationale afspraken van de GATT/WTO), de ontwikkeling van de landbouwproductie in Midden- en Oost-Europa (uitbreiding van de Europese Unie) en de ontwikkeling van de wereldmarkten (wereldprijzen). De afgelopen jaren is het GLB al herzien naar aanleiding van internationale afspraken. Beschermende overheidsmaatregelen worden afgebouwd en de markt bepaalt steeds vaker wat wordt geproduceerd. Exportsubsidies zijn inmiddels niet meer onbeperkt mogelijk sinds het GATT-akkoord in

¹⁴⁷ Wanneer men 200 PJ aan conventionele transportbrandstoffen (40% van het totale motorbrandstoffengebruik in Nederland zou willen vervangen door biobrandstoffen, is hiervoor een landoppervlak nodig van 1,2 tot 1,6 miljoen ha, bij een 'well-to-wheel' efficiency van 50 tot 70%. De landbouwproductiviteit is gesteld op 13 ton per ha per jaar en de energiedichtheid van de gewassen op 19 GJ per ton (Faaij 2000a; Novem, 1999a).

¹⁴⁸ Quotering verhindert de concurrentie op de interne markt omdat efficiënte producenten niet meer kunnen afzetten dan hun concurrenten.

1994. Deze moeten de komende jaren worden afgebouwd. Dit geldt ook voor de invoerbeperkingen en de interne steun aan de landbouw (bijvoorbeeld inkomenssteun en prijssteun bij granen zodat de prijzen op wereldniveau komen te liggen). Hierdoor zal een vrijere handel ontstaan. Invoerheffingen zijn niet langer variabel maar hebben een vast tarief. Deze bepalen het verschil in prijs tussen de EU en de wereldmarkt (bij hoge wereldprijzen zijn minder exportsubsidies van de EU nodig). Vermindering van de bescherming en vergroting van de marktwerking biedt op termijn de beste garanties voor de ontwikkeling van een duurzame en gezonde landbouwsector. Hierdoor kunnen wel de opbrengsten en inkomens in de primaire sector sterker gaan schommelen. Om agrariërs hier minder vastbaar voor te maken, zijn wellicht nieuwe beleidsmaatregelen zoals inkomensstabilisatiefondsen en risicoverzekeringen nodig. Vergeleken met het Nederlandse beleid wordt op Europees niveau nog relatief weinig rekening gehouden met de effecten van de landbouw op natuur en milieu (duurzame productiemethoden, beheer van natuur en landschap). In het herziene GLB zal hier meer aandacht aan moeten worden besteed (integratie doelstellingen met betrekking tot natuur, milieu en landschap). Inkomenssteun kan in de toekomst ook aan voorwaarden op dit gebied verbonden worden (Ministerie van LNV, 2000; Ministerie van VROM, 2001; Internetbron 33).

Voor de productie en import van biomassa voor biobrandstoffen is van belang dat deze niet door het GLB (of door interactie met andere wetgeving) belemmerd wordt. Ook moet het landbouwbeleid niet ongewenste activiteiten gaan stimuleren (bijvoorbeeld overproductie of teelt van gewassen die uit milieuoogpunt minder goede alternatieven zijn).

Andere aspecten die genoemd worden, zijn de volgende (Expertinterviews, 2001):

- administratieve instrumenten: het stellen van eisen aan de wijze waarop de voor biobrandstofproductie bestemde biomassa geproduceerd wordt (certificering).
- financiële instrumenten: financiële ondersteuning aan de Europese landbouwsector voor productie van biomassa om beter te kunnen concurreren met grote landen zoals de VS en Brazilië (indien mogelijk binnen het GLB).
- initiërende en coördinerende instrumenten: bevordering van diversifiëring van de activiteiten van de landbouwsector.

E.1.7 Functioneel of toepassingsdomein

De biomassa wordt gebruikt voor productie van allerlei soorten biobrandstoffen door oliemaatschappijen en andere producenten. De biomassa kan daarnaast ook als grondstof dienen voor de voedselvoorziening, voor materialen en voor productie van elektriciteit en warmte.

E.2 Productie en distributie van biobrandstoffen

E.2.1 Sociaal netwerk

Producenten

Oliemaatschappijen zullen hun marktaandeel willen behouden in de productie en verkoop van transportbrandstoffen en zullen zich daarom met productie van biobrandstoffen gaan bezighouden¹⁴⁹. Zij zullen waarschijnlijk zelf die biobrandstoffen gaan produceren, waarvan de conversie dicht tegen hun huidige activiteiten in raffinaderijen aan ligt (vergassing en extractie met verestering). Voor andere brandstoffen zoals ethanol ligt het voor de hand dat andere partijen de productie hiervan op zich gaan nemen, zoals bedrijven in de voedingsmiddelenindustrie die een jarenlange ervaring hiermee hebben. Oliemaatschappijen hebben geen of nauwelijks ervaring met biotechnologie. Aanvankelijk zullen oliebedrijven waarschijnlijk biobrandstoffen inkopen bij andere (buitenlandse) partijen om deze bij te mengen bij hun eigen fossiele eindproducten uit de

¹⁴⁹ Momenteel is TotalFinaElf al actief op het gebied van productie van biodiesel en ETBE in Frankrijk en België (ATLAS, 1997a).

raffinaderij¹⁵⁰. Later zullen ze zelf biobrandstofcomponenten gaan produceren, als zij een lange termijn perspectief zien voor de markt, door een eigen productieproces verder te ontwikkelen of door (kleine) bedrijven over te nemen de kennis en technologie in huis hebben om goed en goedkoop biobrandstoffen te produceren. Ze zullen zich inwerken in bestaande netwerken om kennis op te doen over welke andere partijen er zijn en waar deze goed in zijn. Niet alle oliemaatschappijen zullen gaan produceren, enkele zullen biobrandstoffen blijven inkopen (Expertinterviews, 2001).

Op de distributiemarkt zullen geen nieuwe partijen een rol gaan spelen, olieconcerns beschouwen dit als hun domein. De markt is gevestigd en er lijkt maar ruimte te zijn voor een beperkt aantal partijen. Op lokaal niveau kunnen andere distributeurs misschien een rol spelen bij de verkoop van een specifieke biobrandstof voor een bepaalde toepassing (niches zoals bij fleets, locale pompen), maar dit zal op zeer kleine schaal zijn. Oliemaatschappijen houden zich niet bezig met dergelijke kleinschalige initiatieven, ze gaan eerder grootschalig bijmengen. Ze zijn hiermee tamelijk zeker van hun marktaandeel, in tegenstelling tot wanneer ze alleen pure biobrandstof zouden gaan verkopen (Expertinterviews, 2001).

Leveranciers

Leveranciers van de grondstoffen voor biobrandstoffen zullen enerzijds de oliebedrijven zelf zijn en anderzijds gespecialiseerde bedrijven (landbouw, bosbouw). De leveranciers voor (componenten van) conversie-installaties en distributiesystemen zullen dezelfde zijn als in het huidige regime.

Gebruikers

De gebruikers zijn dezelfde groepen als in het huidige regime.

Onderzoeksnetwerk

Veel onderzoek doen de olieconcerns en andere producenten zelf. Toeleveranciers van componenten en installaties houden zich hier ook mee bezig. Ook zullen olieconcerns mogelijk nieuwe samenwerkingsverbanden aangaan met autofabrikanten. Verder zullen technische instituten en universiteiten een belangrijke rol spelen bij onderzoek op dit gebied. Momenteel zijn in Nederland onder andere de volgende partijen actief: ECN-Biomassa, BTG (Biomass Technology Group), TNO-MEP, Universiteit van Amsterdam, TU Delft, Universiteit Twente en Universiteit Utrecht. Deze houden zich bezig met biobrandstoffen zoals ethanol, Fischer-Tropsch olie, HTU-olie en DME (EOS, 2000; Novem, 1999c; 2001; Internetbron 6).

Overheidsinstellingen

De overheidsinstellingen die hier van belang zijn, zijn dezelfde als in het huidige regime.

Natuur- en milieuorganisaties

In dit deel van de keten zullen deze organisaties met name aandacht besteden aan de emissies die vrijkomen bij de productie van biobrandstoffen en milieu- en veiligheidsaspecten van de distributie en het gebruik van deze brandstoffen in voertuigen.

E.2.2 Symbolische betekenis

De symbolische betekenis van motorbrandstoffen is veel geringer dan die van auto's. Wel kan de symbolische betekenis van biobrandstoffen belangrijk zijn wanneer gebruikers deze expliciet gaan aanschaffen om de afhankelijkheid van olie-exporterende landen te beperken of uit milieuoverwegingen. De prijs lijkt echter het belangrijkste criterium te zijn voor gebruikers bij de aankoop van brandstoffen.

¹⁵⁰ Bijmengen kan plaatsvinden in de raffinaderij, in opslagdepots of bij pompstations (Expertinterviews, 2001).

Er is een ontwikkeling gaande dat sommige oliemaatschappijen zich steeds meer gaan profileren als ‘energiemaatschappijen’. Zij zijn hun functie dus breder gaan zien dan alleen de productie van olie en olieproducten. Zij houden zich ook bezig -of zullen dit gaan doen- met duurzame energie en de verkoop van elektriciteit en warmte (mogelijke bijproducten van biobrandstofconversie en raffinage). Productie van biobrandstoffen (en eventueel ook biomassateelt) kunnen een bijdrage leveren aan een dergelijke verbreding van de functie en de symbolische en economische betekenis van oliemaatschappijen (Expertinterviews, 2001).

E.2.3 Kennis

De kennis die nodig is voor de productie van biobrandstoffen verschilt enigszins per brandstof. In het algemeen kan men stellen dat de kennis waarop vergassingstechnieken en conversie met extractie en verestering gebaseerd zijn, redelijk dicht aan ligt tegen de kennis die ten grondslag ligt aan processen in een raffinaderij voor de productie van benzine en diesel uit ruwe olie. Sommige biobrandstofconversietechnieken zijn ook al decennia lang bekend op basis van fossiele energiedragers (kolen, aardgas) in plaats van biomassa. Voor biochemische conversieprocessen, zoals fermentatie voor de productie van ethanol, geldt dat hiervoor ook andere kennis nodig is, namelijk biologische en biotechnologische kennis (bacteriën, enzymen) (Expertinterviews, 2001).

E.2.4 Technologie

Productietechnologieën

Sommige biobrandstofconversietechnieken zijn meer gerelateerd aan raffinageprocessen bij productie van benzine en diesel dan andere (zie dimensie kennis). Conversie-installaties voor biobrandstofproductie kunnen geïntegreerd worden in een bestaande raffinaderij, maar dit hoeft niet per se. Of dit de beste oplossing is, hangt af van de meest geschikte locatie en schaal van conversie en van of integratie met andere processen vanuit energetisch oogpunt aantrekkelijk is, bijvoorbeeld door gebruik van restwarmte. Bij biobrandstoffen die de oliemaatschappij niet zelf produceert maar inkoopt en vervolgens bijmengt bij haar eigen fossiele producten in de raffinaderij, komt de biobrandstof pas in het systeem bij de laatste processtap in een raffinaderij, namelijk het mengproces (Expertinterviews, 2001).

Productkenmerken

Voor biobrandstoffen geldt dat zij aan dezelfde eisen moeten voldoen als benzine en diesel, omdat de prestatie van de motor niet slechter mag worden. Om dit te realiseren zijn in sommige gevallen aanpassingen aan de motor nodig en/of moeten additieven aan de biobrandstoffen worden toegevoegd. De eigenschappen van de diverse biobrandstoffen bepalen in welke mate zij geschikt voor zijn voor toepassing in een benzine- of dieselmotor (zie Bijlage B).

Technologische ontwikkeling

De conversietechnologieën moeten nog verder ontwikkeld worden. Dit geldt niet alleen voor de korte, maar ook voor de langere termijn. Het betreft hier aspecten zoals verbetering van de processen (bijvoorbeeld synthesesegasreiniging bij vergassingstechnieken), optimalisatie van integratie van processen en opschaling van conversie, zodat uiteindelijk biobrandstoffen geproduceerd kunnen worden die een goede kwaliteit hebben en die kunnen concurreren met benzine en diesel wat betreft de productiekosten.

E.2.5 Infrastructuur

Er zal zoveel mogelijk gebruik worden gemaakt van de bestaande distributie-infrastructuur (pijpleidingen, opslagdepots, tankwagens, pompstations). Oliemaatschappijen zullen hieraan zo min mogelijk aanpassingen¹⁵¹ willen doen met zo min mogelijk investeringen vanwege de lange

¹⁵¹ Een overzicht van de vereiste aanpassingen bij toepassing van een aantal biobrandstoffen is te vinden in Bijlage B.

levensduur en kostbaarheid van de infrastructuur. Bijmengen van biobrandstoffen tot een bepaald percentage in fossiele benzine en diesel is hiermee voor hen de meest aantrekkelijke optie (Expertinterviews, 2001).

E.2.6 Sectoraal beleid

Administratieve en financiële instrumenten

Bij het beleid dat de productie en het gebruik van biobrandstoffen ondersteunt, zijn vier elementen belangrijk: het verplicht stellen van een minimum percentage biobrandstoffen (zoals in de conceptrichtlijn van de Europese Unie) waarmee men (lange termijn) investeringen door marktpartijen afdwingt, het opstellen van normen waaraan biobrandstoffen moeten voldoen (net als voor benzine en diesel), het gericht financieel ondersteunen van technologisch onderzoek ter verbetering van de productietechnologieën en eindproducten en het financieel ondersteunen van biobrandstoffen om ze qua prijs concurrerend te maken met hun fossiele alternatieven. Het is onzeker hoe lang deze ondersteuning nodig zal blijven. Mogelijk kunnen biobrandstoffen op lange termijn (2030) concurreren met fossiele benzine en diesel. Indien financiële ondersteuning lang nodig zal blijven, zal dit het maximale aandeel van biobrandstoffen in Nederland beperken in verband met inkomsten van de overheid uit belastingen. Aanpassing van de accijns heeft in het verleden goed gewerkt bij de introductie van loodvrije benzine en lijkt ook nu een geschikt beleidsinstrument om de verkoop van biobrandstoffen te stimuleren. Men zou de accijns afhankelijk kunnen maken van de CO₂-emissie (op basis van een 'well-to-wheel' analyse) die de verschillende brandstoffen veroorzaken om de milieuvriendelijkste alternatieven te bevorderen. Men kan ook denken aan een fiscale regeling voor biobrandstoffen vergelijkbaar met de Regulerende Energie Belasting (REB) voor duurzame elektriciteit (Expertinterviews, 2001).

Initiërende en coördinerende instrumenten

Voor de overheid is een belangrijke rol weggelegd bij het bij elkaar brengen van marktpartijen voor overleg, zodat hun activiteiten zo goed mogelijk op elkaar afgestemd worden. Op nationaal en Europees niveau is het van belang dat er een lange termijn programma loopt met concrete doelstellingen (ten aanzien van de transitie naar een duurzame energievoorziening) (Expertinterviews, 2001).

E.2.7 Functioneel of toepassingsdomein

De geproduceerde biobrandstoffen worden toegepast als vervangers van benzine en diesel in interne verbrandingsmotoren en mogelijk ook in brandstofcellen. Consumenten en transporteurs zijn de grootste gebruikersgroepen van deze brandstoffen.

E.3 Eindgebruik in voertuigen

E.3.1 Sociaal netwerk

Producenten

Autoproducenten zullen de productie van voertuigen die kunnen rijden op biobrandstoffen op zich gaan nemen, omdat er niet zoveel hoeft te veranderen aan de huidige motoren. De kennis en technologie die hiervoor nodig is hebben ze in huis en zij produceren nu ook al op kleine schaal speciale motoren. Zij houden zich echter liever bezig met andere aandrijftechnieken zoals de brandstofcel met elektromotor. Autofabrikanten hebben geen problemen met toepassing van brandstoffen die veel lijken op conventionele benzine en diesel (zoals Fischer-Tropsch diesel) omdat die direct in hun motoren kunnen worden gebruikt. Ook bijmenging van een beperkt percentage biobrandstof kan zonder dat aanpassingen nodig zijn. Ze zullen in eerste instantie uitgaan van bijmenging en pas verder kijken als het maximale bijmengpercentage bereikt is waarvoor geen aanpassingen aan de motor nodig zijn, wat nog lang op zich zal laten wachten. Verwacht wordt dat er geen grote markt zal ontstaan voor speciale motoren die een bepaalde bio-

brandstof in pure vorm aankunnen (biodiesel, ethanol, 'flexible fuel'-motoren). Niet alle autofabrikanten zullen zich gaan toeleggen op het produceren van speciale motoren omdat het om een relatief kleine schaal van toepassing gaat. Zij zullen een keuze maken om hier wel of niet in te investeren, afhankelijk van wat hun belangen en strategieën zijn (in grote volumes produceren of voorop lopen in de technologische ontwikkeling). Hierdoor ontstaat specialisatie onder fabrikanten. Autofabrikanten moeten vanwege de huidige wetgeving hun motoren steeds verder verbeteren. Deze motoren stellen steeds scherpere eisen aan brandstoffen (moeten zeer zuiver zijn) en zijn minder flexibel ten aanzien van verschillende brandstoffen. Het verbeteren van deze motoren is economisch haalbaar omdat het gaat om grote volumes. Autofabrikanten oefenen druk uit op oliebedrijven om hun brandstoffen nauwkeurig te omschrijven, zodat deze goed toegepast kunnen worden in de motoren (en de betrouwbaarheid van de autoproducenten niet wordt aangetast). Ontwikkelingen in de auto-industrie zijn van grote invloed op welke biobrandstoffen (specificaties) gebruikt zullen worden (Expertinterviews, 2001).

De bedrijven die de voertuigen verkopen aan eindgebruikers zullen dezelfde zijn als in het huidige regime.

Leveranciers

Autofabrikanten kunnen gebruik maken van dezelfde toeleveranciers als in het huidige regime voor levering van componenten voor de motor (Expertinterviews, 2001).

Gebruikers

De gebruikers zijn dezelfde als in het huidige regime. Zij zullen ook dezelfde criteria hanteren bij de aanschaf van een voertuig. Welke brandstof gebruikt wordt, is niet zo belangrijk, maar toepassing van biobrandstoffen moet een gelijkblijvende of betere prestatie van hun voertuig (comfort, veiligheid, etc.) opleveren ten opzichte van wat ze gewend zijn met benzine of diesel.

Onderzoeksnetwerk

Het onderzoeksnetwerk zal grotendeels hetzelfde zijn als in het huidige regime. Voor toepassing van biobrandstoffen in motoren zullen er mogelijk nieuwe samenwerkingsverbanden bestaan tussen autofabrikanten en biobrandstofproducenten.

Overheidsinstellingen

De overheidsinstellingen die betrokken zijn bij dit deel van de keten zullen dezelfde zijn als in het huidige regime.

Natuur- en milieuorganisaties

In dit deel van de keten zullen deze organisaties met name aandacht besteden aan de emissies ten gevolge van het wegverkeer. Ook andere negatieve gevolgen van een groeiende mobiliteit zijn voor sommige organisaties van belang.

E.3.2 Symbolische betekenis

De symbolische betekenis van de auto zal hetzelfde zijn als in het huidige regime.

E.3.3 Kennis

De kennis die nodig is voor toepassing van biobrandstoffen is grotendeels gelijk aan die in het huidige regime. Chemische en materiaalkundige kennis over welke materialen in de motor en de brandstoftank compatibel zijn met bepaalde biobrandstoffen is in dit deel van de keten essentieel.

Verder speelt kennis met betrekking tot het onderhoud en de reparatie van motoren en brandstoftanks die geschikt zijn voor biobrandstoffen een rol.

E.3.4 Technologie

Productkenmerken

Interne verbrandingsmotoren zullen naar verwachting nog lange tijd worden gebruikt. Voor toepassing van sommige biobrandstoffen in hoge percentages bijgemengd bij fossiele benzine of diesel of in pure vorm zijn aanpassingen aan de motor en/of de brandstoftank nodig (zie Bijlage B).

Technologische ontwikkeling

Autofabrikanten zullen de interne verbrandingsmotor nog verder verbeteren. Daarnaast zullen sommige van hen zich ook bezighouden met verdere ontwikkeling van nieuwe aandrijftechnieken zoals de brandstofcel, die mogelijk al toegepast worden in het eindbeeld (eventueel gecombineerd met biobrandstoffen) (Expertinterviews, 2001).

E.3.5 Infrastructuur

Deze dimensie is hier niet van toepassing.

E.3.6 Sectoraal beleid

In de toekomst zullen de normen ten aanzien van energiegebruik en emissies van voertuigen steeds verder aangescherpt worden. Om hieraan te voldoen zijn grote inspanningen van de auto-industrie nodig, welke financieel ondersteund moeten worden door beleid (onder andere ondersteunen van technisch onderzoek). Mogelijk kunnen de eisen nog lange tijd gehaald worden door verbetering van de huidige motoren (en fossiele brandstoffen). Wanneer op den duur speciale motoren of aandrijftechnieken nodig zijn, moet de ontwikkeling hiervan ook ondersteund worden door de overheid.

E.3.7 Functioneel of toepassingsdomein

De voertuigen met een interne verbrandingsmotor werkend op biobrandstoffen worden gebruikt voor personen- en goederenvervoer. De grootste gebruikersgroepen zijn consumenten en transporteurs.

BIJLAGE F DE BESCHIKBAARHEID VAN LAND VOOR EN DE IMPORT VAN BIOMASSA

F.1 Beschikbaarheid van land voor biomassateelt

Schattingen met betrekking tot het wereldwijde landareaal beschikbaar voor energieteelt lopen erg uiteen. Wanneer 1 miljard ha beschikbaar zou zijn (schattingen lopen uiteen tussen 0,6 en 1,3 miljard ha), zou het oppervlak dat nodig is voor vervanging van 40% van de conventionele motorbrandstoffen in Nederland ongeveer 0,2 % hiervan zijn (Daey Ouwens, 2000a).

De beschikbaarheid van grond voor energieteelt wordt mede bepaald door het landoppervlak dat nodig is voor voedselproductie. Dit benodigde landareaal hangt af van de mondiale vraag naar voedsel en de productiviteit van de landbouw. Factoren zoals de bevolkingsgroei, het dieet van mensen, klimatologische omstandigheden, de aanwezigheid van voedingsstoffen in de grond en ziekten en plagen spelen hierbij een belangrijke rol. In welke mate energieteelt concurreert met landgebruik voor voedselproductie, hangt onder andere af van de gebruikte gronden. Wanneer energieteelt op gedegradeerde gronden plaatsvindt, hoeft energieteelt niet ten koste te gaan van voedselproductie. Men schat dat wereldwijd ongeveer 750 miljoen ha aan gedegradeerde gronden in aanmerking komt voor herbebossing (deze gronden hebben de beschikking over voldoende water en nutriënten). Een nadeel van gebruik van deze marginalere gronden is dat de productiviteit lager is en er dus meer landoppervlak nodig is voor productie van dezelfde hoeveelheid energie¹⁵². Wanneer men voor energieteelt betere gronden wil gebruiken, kan dit tot concurrentie met voedselproductie leiden. Wanneer men op wereldniveau, met name in ontwikkelingslanden, de landbouw zou intensiveren, met een hogere productiviteit voor zowel akkerbouw als veeteelt tot gevolg, komen er meer gronden van hoge kwaliteit beschikbaar voor biomassaproductie. Dit is echter voorlopig nog omstreven. Ontwikkelingen in de landbouwsector worden sterk beïnvloed door economische ontwikkeling, beschikbaarheid van kapitaal en kennis en culturele factoren. Bovendien kan intensivering van de landbouw conflicten veroorzaken met natuurwaarden. Schattingen¹⁵³ met betrekking tot het potentiële energieaanbod in 2050 van energieteelt op huidige landbouwgronden variëren tussen 0 en 870 EJ (wanneer een meer gemiddelde ontwikkeling wordt verondersteld 140-430 EJ). Landbouwintensivering leidt tot een groter areaal aan gronden van hoge kwaliteit die beschikbaar komen voor energieteelt. Voor biomassaproductie op gedegradeerde gronden schat men dat het aanbod in 2050 tussen 60 en 150 EJ zal bedragen. Op wereldniveau hoeven er geen conflicten te ontstaan tussen energieteelt en landgebruik voor voedselproductie, natuur, bosbouw, e.d (Novem, 2000c) Men kan land ook voor meerdere functies gebruiken, waardoor conflicten kunnen worden voorkomen. Een voorbeeld hiervan is agro-forestry, waarbij men bos- en landbouw combineert. Deze methode blijkt ook positieve gevolgen te kunnen hebben voor de productiviteit.

F.2 Import van biomassa

Nederland lijkt één van de eerste landen te zijn die importstromen van biomassa op gang brengt (Novem, 2000b). Tot nu toe is er echter weinig inzicht in de mogelijkheden en gevolgen van grootschalige energieteelt en biomassa-import. Het is van belang dat energieteelt een bijdrage levert aan duurzame ontwikkeling, zowel voor het importerende als het exporterende land.

¹⁵² Opbrengsten voor gedegradeerde gronden bedragen ongeveer 3-7 ton droge biomassa per ha per jaar, voor gronden van hoge kwaliteit is dit 25-35 ton/ha per jaar (Novem, 2000c).

¹⁵³ Bij deze schattingen gaat men uit van een wereldbevolking van 9,4 miljard in 2050 (Novem, 2000c).

Allereerst speelt natuurlijk de vraag welke landen in aanmerking komen voor energieteelt en export van biomassa. Veelbelovend zijn de Baltische staten (Estland, Letland) en Latijns-Amerika (Uruguay, Nicaragua). Ook het Europese deel van Rusland, Oekraïne, Wit-Rusland, Roemenië, Spanje en Canada, Noorwegen en Finland bieden goede mogelijkheden, al zijn de kosten bij de laatste drie wel hoog (Lako, 1998; Novem, 2000c). Het is hierbij van belang te kijken naar de productiekosten van de brandstof én het energiegebruik en de daarmee samenhangende emissiereductie. Aspecten die hierbij een rol spelen zijn: het geteelde gewas, de schaal van de plantages, de biomassaproductiemethode, de locatie waar de biomassa omgezet moet worden in vloeibare energiedragers en de afstand waarover de biomassa getransporteerd moet worden naar de conversie-installatie (hierdoor wordt bepaald in welke vorm de biomassa het beste geïmporteerd kan worden, als grondstof of reeds omgezet in een vloeibare energiedrager) en met welke transportmiddelen de biomassa of biobrandstof vervoerd moet worden. De zekerheid van levering is voor het importerende land natuurlijk ook van belang (Novem, 2000c).

Energieteelt kan op lokaal en nationaal niveau zowel positieve als negatieve gevolgen hebben voor het exporterende land. Zo kan deze teelt leiden tot werkgelegenheids- en welvaarts groei en een oplossing bieden voor verdere degradatie van gronden. Energieteelt zou echter ook de voedselproductie kunnen verdringen of de lokale biodiversiteit kunnen bedreigen. Bij het inschatten van de gevolgen voor het exporterende land is het van belang dat er aandacht besteed wordt aan onder andere de volgende zaken:

- behoud van bodemvruchtbaarheid (nutriënten en water),
- voorkoming van ziektes en plagen,
- gebruik van bemesting en chemische bestrijdingsmiddelen bij de teelt,
- behoud van natuurgebieden,
- behoud van biodiversiteit (vermijding van grootschalige monoculturen) bijvoorbeeld door middel van multifunctioneel landgebruik,
- voorkoming van erosie (ontbossing, verwoestijning),
- lokale sociaal-economische gevolgen,
- concurrentie met andere vormen van landgebruik (landbouw, bossen, etc.),
- toegevoegde waarde van grootschalige biomassateelt op nationaal niveau,
- landeigendom,
- logistiek (transport en opslag van biomassa),
- veiligheid.

Biomassa-import kan voor importerende landen zoals Nederland grote voordelen hebben, zoals diversificatie van energiebronnen en het halen van doelstellingen met betrekking tot inzet van duurzame energie en CO₂-emissiereductie. Door middel van Joint Implementation en verhandelbare emissierechten kunnen biomassa-importerende landen projecten in het buitenland ter reductie van CO₂-emissies laten meetellen voor het behalen van nationale emissiereductiedoelstellingen. De emissiereductie kan hiermee op een kosteneffectieve manier worden bereikt (Novem, 1999a; Lako, 1998).

BIJLAGE G BIJLAGE BIJ DE BEREKENINGEN VOOR DE INTRODUCTIESCENARIO'S

G.1 Accijns

In de tabel staat aangegeven in de kolom 'Scenario 0' hoeveel accijns de Nederlandse overheid zou ontvangen in de periode 2005-2010, wanneer er geen vervanging van benzine en diesel door biobrandstoffen zou plaatsvinden. Voor de scenario's A, B en C zijn de totale accijns per jaar en over de gehele periode 2005-2010 berekend en vergeleken met 'Scenario 0'. Bij elk scenario is aangegeven hoe groot de jaarlijkse en totale verliezen aan accijnsinkomsten zijn voor de overheid ten opzichte van wanneer geen biobrandstoffen toegepast zouden worden. Er is uitgegaan van accijnstarieven van 0,609 Euro/liter voor benzine en 0,326 Euro/liter voor diesel (Internet-bron 32). Voor biobrandstoffen geldt een volledige accijnsvrijstelling. Bij mengsels met een groot aandeel biobrandstof en pure biobrandstoffen kan het voorkomen dat geen volledige vrijstelling van accijns mogelijk is omdat de totale belastingen dan lager zouden worden dan de oorspronkelijke accijns op de corresponderende fossiele brandstof. Omwille van de eenvoud van de berekening is hiermee geen rekening gehouden, maar de werkelijke accijnsverliezen zouden voor scenario's met grote aandelen pure biobrandstof dus iets lager kunnen zijn. De aandelen van benzine en diesel zijn bepaald door van het aandeel benzine (in PJ) in 'Scenario 0' het aandeel bijgemengde ethanol in de scenario's A, B en C af te trekken en de overgebleven hoeveelheid benzine om te rekenen naar liters. Hierover wordt de accijns gerekend. Het aandeel diesel is bepaald door van het aandeel diesel in 'Scenario 0' de bijgemengde hoeveelheid biodiesel en de hoeveelheden in pure vorm toegepaste ethanol en biodiesel in de scenario's A, B en C af te trekken (pure toepassing van biobrandstoffen in fleets gaat ten koste van het aandeel diesel).

Tabel G.1 *Berekening van verlies aan accijnsinkomsten*

Jaar	Scenario 0			Scenario A			Scenario B			Scenario C		
	accijns [mln Euro]	accijns [mln Euro]	verlies accijns [mln Euro]	accijns [mln Euro]	verlies accijns [mln Euro]	verlies accijns [%]	accijns [mln Euro]	verlies accijns [mln Euro]	verlies accijns [%]	accijns [mln Euro]	verlies accijns [mln Euro]	verlies accijns [%]
2005	5431	5356	75	5356	75	1,37	5324	107	1,97	5313	117	2,16
2006	5488	5385	104	5385	104	1,89	5336	152	2,78	5325	163	2,98
2007	5546	5413	133	5413	133	2,41	5347	199	3,59	5336	210	3,79
2008	5604	5440	164	5440	164	2,92	5357	247	4,40	5346	258	4,60
2009	5662	5449	212	5449	212	3,75	5352	309	5,46	5356	305	5,39
2010	5719	5457	261	5457	261	4,57	5380	339	5,92	5363	356	6,22
totaal	33449	32500	949	32500	949	2,84	32096	1353	4,05	32039	1410	4,22

G.2 CO₂-emissiereductie

In de tabel staat aangegeven in de kolom 'Scenario 0' hoeveel CO₂ uitgestoten zou worden in de periode 2005-2010, wanneer er geen vervanging van benzine en diesel door biobrandstoffen zou plaatsvinden. Het gaat hierbij om de totale CO₂-emissie, dus de emissie vrijkomt bij verbranding van de brandstof en de indirecte emissie ten gevolge van productie van de brandstof. Voor de scenario's A, B en C is de totale CO₂-emissie per jaar en over de gehele periode 2005-2010 berekend en vergeleken met 'Scenario 0'.

Tabel G.2 *Berekening van de reductie van CO₂-emissie*

jaar	Scenario 0			Scenario A			Scenario B			Scenario C		
	CO ₂ [Mton]	CO ₂ [Mton]	reductie [Mton]	reductie [%]	reductie [Mton]	reductie [%]	CO ₂ [Mton]	reductie [Mton]	reductie [%]	CO ₂ [Mton]	reductie [Mton]	reductie [%]
2005	32,43	32,19	0,24	0,73	32,15	0,28	32,15	0,28	0,88	32,12	0,31	0,96
2006	32,78	32,45	0,33	1,00	32,38	0,40	32,38	0,40	1,22	32,34	0,43	1,32
2007	33,12	32,70	0,42	1,27	32,60	0,52	32,60	0,52	1,57	32,56	0,56	1,68
2008	33,47	32,95	0,52	1,54	32,82	0,64	32,82	0,64	1,92	32,78	0,68	2,04
2009	33,81	33,13	0,68	2,02	32,95	0,86	32,95	0,86	2,55	32,93	0,89	2,62
2010	34,19	33,34	0,85	2,49	33,18	1,01	33,18	1,01	2,96	33,09	1,10	3,21
totaal	199,79	196,75	3,03	1,52	196,07	3,72	196,07	3,72	1,86	195,82	3,97	1,99

Tabel G.3 *CO₂-emissiedata voor verschillende brandstoffen*

Brandstof	CO ₂ -emissie (Novem, 1999a)		CO ₂ -emissie t.o.v. benzine of diesel, uitgaande van		CO ₂ -emissie
	[g/km]		[g/MJ]		[Mton/PJ]
Benzine	229		1		0,088*
Ethanol (graan)	65		0,46		0,0405
Ethanol (SSF)	26		0,18		0,0158
Diesel	197		1		0,081*
RME	123		0,68		0,0551
* Internetbron 16.					

Bij het omrekenen naar emissies in [Mton/PJ] is gebruik gemaakt van een vast energiegebruik [km/liter] en de energie-inhoud van de verschillende brandstoffen [MJ/liter].

BIJLAGE H BIJLAGE BIJ FINANCIËLE ANALYSE VAN CONVERSIESYSTEMEN

Tabel H.1 *Data voor het bepalen van de 'switching values' (NCW=0, IRR=8%)*

	BV-FT-STEG	BV-FT	Ethanol NREL	Ethanol SSF
Kosten biomassavoeding [mln Euro]	38,5	-2,5	-22,5	2,9
Biomassavoeding [PJ]	28,8	28,8	11,8	11,5
Opbrengst biobrandstoffen [mln Euro]	105,5	175,5	84,0	63,9
Productie van biobrandstoffen [mln liter]	233,3	405,4	188,8	250,0
Opbrengst elektriciteit [mln Euro]	139,4	127,6	68,0	43
Productie elektriciteit [mln kWh]	2296	656	88	128
Totale subsidie [mln Euro]	646	1048	640	383

Tabel H.2 *Data voor het bepalen van de waarden van de variabelen voor IRR=15%*

	BV-FT-STEG	BV-FT	Ethanol NREL	Ethanol SSF
Kosten biomassavoeding [mln Euro]	10,0	-37,5	-36,7	-6,5
Biomassavoeding [PJ]	28,8	28,8	11,8	11,5
Opbrengst biobrandstoffen [mln Euro]	134,0	211,0	98,3	73,25
Productie van biobrandstoffen [mln liter]	233,3	405,4	188,8	250,0
Opbrengst elektriciteit [mln Euro]	167,50	163,0	82,2	52,4
Productie elektriciteit [mln kWh]	2296	656	88	128