



MNP Rapport 500083008/2006

**Transitieprocessen en de rol van het beleid**

Evaluatie op basis van zes systeemopties

J.P.M. Ros, G.J. van den Born, H.E. Elzenga, J.A. Montfoort,  
D. Nagelhout, M.A. Reudink, G.A. Rood, H. van Zeijts

Contact:

J.P.M. Ros

NMD

[jan.ros@mnp.nl](mailto:jan.ros@mnp.nl)

Dit onderzoek is verricht in opdracht van de Directie MNP

© MNP 2006

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Milieu- en Natuurplanbureau, de titel van de publicatie en het jaartal.'

## Abstract

### Gradual transition in realising a long-term policy

The Fourth Dutch National Environmental Policy Plan (NMP4) was published in 2001 in response to the need at this time for a new approach in confronting persistent environmental problems like climate change and decay of global biodiversity. The government at the time saw the urgency of making drastic changes in energy supply, transport, agriculture and the use of natural sources. Although these very fundamental changes implicated that realisation would be a long-term business, an immediate start would help. And this is how the transition policy was introduced. Now, five years later the Netherlands Environmental Assessment Agency (MNP) can conclude after its analysis of six examples of transitions that although NMP4 has supplied the push to taking transition policy seriously, the efficiency of the policy can still be improved. This is possible by putting short-term action more in the service of long-term goals. Companies are still used to short-term results, which are not always in the service of the long-term transition. Although the government has brought several stakeholders together, it is rather reticent about creating a more detailed perspective on the future. The six examples of transitions were found in the areas of :

- biofuels for transport (report 500083002)
- biomass for the chemical industry (report 500083005)
- sustainable aquaculture (report 500083006)
- market for green services (report 500083004)
- micro cogeneration (report 500083003) and
- fuel cell cars running on H<sub>2</sub> produced with energy from solar thermal power (report 500083007).

Specific reports are available for all these subjects. This report integrates the conclusions from the different reports into general conclusions about transition policy of the Dutch government.

Key words: transition, long-term policy, evaluation, system innovation



# Inhoud

<b>Samenvatting</b> .....	<b>7</b>
<b>1 Inleiding</b> .....	<b>15</b>
1.1 Evaluatie van een lange termijn, doelzoekend proces .....	15
1.2 De evaluatiemethodiek.....	16
1.3 De systeemopties .....	18
1.4 Leeswijzer .....	18
<b>2 Evaluatie van de voortgang per systeemoptie</b> .....	<b>21</b>
2.1 Relatie met de achterliggende rapporten.....	21
2.2 Korte uiteenzetting per systeemoptie.....	21
2.2.1 Vloeibare biobrandstoffen voor transport.....	21
2.2.2 Biograndstoffen voor de chemische industrie .....	22
2.2.3 Duurzame viskweek voor behoud van de visvoorraad.....	23
2.2.4 Markt voor groene diensten.....	23
2.2.5 Micro-Warmtekrachtkoppeling (micro-WKK) en de virtuele centrale .....	24
2.2.6 Brandstofcelauto's op waterstof verkregen uit zonthermische krachtcentrales .....	25
<b>3 Kenmerken van de transitieprocessen</b> .....	<b>27</b>
3.1 De gekozen invalshoeken.....	27
3.2 Korte en lange termijn.....	27
3.3 Belemmerende werking van hogere kosten .....	32
3.4 Relatie tussen systeemopties .....	34
<b>4 Overheidsbeleid in transitieprocessen</b> .....	<b>39</b>
4.1 Prikkel vanuit het beleid.....	39
4.1.1 Relevant beleid .....	39
4.1.2 Overzicht van de belangrijkste beleidsinstrumenten voor de zes systeemopties.....	39
4.2 Consistentie in het beleid .....	45
4.3 Nederlands beleid in de internationale context.....	47
4.4 Specifieke impulsen vanuit het klimaatbeleid .....	48
<b>5 Conclusies</b> .....	<b>51</b>
<b>Literatuur</b> .....	<b>57</b>

---

<b>Bijlage 1. Vloeibare biobrandstoffen voor transport.....</b>	<b>59</b>
<b>Bijlage 2. Biograndstoffen voor de chemische industrie .....</b>	<b>63</b>
<b>Bijlage 3. Duurzame viskweek voor behoud van de visvoorraad .....</b>	<b>67</b>
<b>Bijlage 4. Markt voor groene diensten.....</b>	<b>71</b>
<b>Bijlage 5. Micro-WKK en de virtuele centrale.....</b>	<b>75</b>
<b>Bijlage 6. Brandstofcelauto's met waterstof verkregen uit zonthermische krachtcentrales .....</b>	<b>79</b>
<b>Bijlage 7. Aangrijpingspunten voor klimaatbeleid in de systeemopties .....</b>	<b>85</b>

## Samenvatting

In 2001 is het vierde Nationale Milieubeleidsplan uitgebracht. Daarin is gezocht naar een nieuwe aanpak van hardnekkige problemen zoals klimaatverandering en de achteruitgang van mondiale biodiversiteit. Het toenmalige kabinet zag de noodzaak van ingrijpende veranderingen in de energievoorziening, de landbouw, het transport en het gebruik van natuurlijke hulpbronnen. Veranderingen op de lange termijn, maar wel van belang om er meteen mee te beginnen. Hiervoor werd de term transities geïntroduceerd..

Het Milieu- en Natuurplanbureau heeft enkele milieurelevante transitieprocessen beschouwd en expliciet gekeken naar de rol van het beleid daarin. Basis voor de brede beoordeling van de processen en het beleid is de selectie van zes systeemopties. Nadrukkelijk wordt hierbij vermeld dat de gekozen systeemopties niet beter of minder hoeven te zijn dan andere. Ze zijn gekozen met het oog op relevantie voor milieu, natuur of landschap. Daarnaast moesten ze het niveau van een techniek of een beleidsmaatregel overstijgen en meer gaan over productieketens of instituties. Verder zijn ze zodanig gekozen dat ze een redelijke indruk geven van verschillende transitieprocessen en een link hebben met alle betrokken ministeries. Dit betekent wel dat een onderlinge vergelijking van de potentiële effecten van deze systeemopties weinig zinvol is en dan ook niet wordt gemaakt.

### Belangrijkste bevindingen

Binnen de meeste systeemopties zijn er varianten die op korte termijn realiseerbaar zijn, maar waarmee technisch gezien weinig wordt geleerd over de techniek van de toekomst. Wel blijkt dat introductie daarvan het systeem in beweging kan brengen en partijen activeert. Deze kortetermijnvarianten krijgen veel aandacht in de maatschappij. Een belangrijk punt is hoever daarmee te gaan. Een helder kader, waarin het langetermijnbeleid eenduidig vorm wordt gegeven, ontbreekt.

Er is sprake van intensivering van overheidsbeleid gericht op de lange termijn. Marktpartijen zijn door de overheid gestimuleerd tot meer samenwerking en krachtiger visies. De overheid zelf blijft hierin achter, onder andere bij het stellen van duidelijke randvoorwaarden voor relevante aspecten op de lange termijn.

De financiële regelingen hebben (soms door de onzekerheid over continuïteit daarin) slechts beperkt tot meer praktijkexperimenten en niches geleid. Nederland doet goed mee in de R&D-fase (transitieprocessen hebben een internationaal karakter).

Systeemopties kunnen onderling concurrerend zijn. Dat geldt bijvoorbeeld voor de inzet van meer biomassa. De beleidsprykkels daarachter hebben in de diverse systeemopties verschillende vormen en dus verschillende kracht. Dit kan verstorend werken voor een optimale inzet van biomassa, bijvoorbeeld vanuit het oogpunt van vermindering van broeikasgasemissies.

## De systeemopties

**Vloeibare biobrandstoffen voor transport** kunnen vervangers voor fossiele benzine en diesel zijn. Inzet van biomassa levert op basis van het gesloten karakter van de CO<sub>2</sub>-cyclus potentiële winst in broeikasgasemissies. De productieketen voor de omzetting van biomassa in vloeibare brandstof vraagt echter zelf ook energie en voor de teelt is land nodig, waardoor concurrentie met natuur en voedselproductie kan ontstaan. De uitdaging is met een zo klein mogelijk landgebruik een zo groot mogelijke emissiereductie te bereiken. Daartoe wordt nieuwe technologie ontwikkeld om verwerking van reststromen en houtachtige gewassen mogelijk te maken.

**Biograndstoffen voor de chemische industrie** hebben dezelfde voor- en nadelen als biobrandstoffen, al is de benodigde omvang van de hoeveelheid biomassa minder groot. Ze hebben in sommige gevallen extra voordelen door energiebesparing bij processen in de chemie. Landbouw kan hierop inspelen met aangepaste teelten, bijvoorbeeld door het gehalte aan specifieke stoffen voor de fijnchemie te vergroten. Genetische modificatie is een kansrijk hulpmiddel, maar ook een zorgpunt vanwege mogelijke risico's. Bioraffinage wordt ingezet om de waardevolle componenten te scheiden.

De mondiale visvangst zit aan het plafond. De toename van viskweek vraagt voor carnivore vis echter veel zogeheten 'industriële vis'. **Duurzame viskweek voor behoud van de visvoorraad** is gericht op alternatieven voor vismeel en visolie in het visvoer voor deze snel groeiende sector. Het aanbod van vismeel en visolie zit op het maximum, anders zou ook deze visvoorraad worden uitgeput. Plantaardig voer, gekweekte algen of kleine zeeorganismen zijn alternatieven met diverse voor- en nadelen. In de voedingsketen van zeevis zitten net als in visolie omega-3-vetzuren, die bij visconsumptie gezondheidsvoordelen bieden. Belangrijk aandachtspunt is in hoeverre deze met plantaardig voer kunnen worden behouden.

Het introduceren van een **markt voor groene diensten** is een institutionele optie om op kosteneffectieve manier agrarische natuur, landschap en waterbeheer op een goed niveau te brengen en te houden. Daarbij gaat het om diensten van agrariërs of andere grondbezitters, waarbij de overheid als klant kan optreden, individuele consumenten klant kunnen zijn, maar ook groepen burgers, zoals bewoners in een bepaalde regio. Met name het laatste vraagt om nieuwe institutionele arrangementen. Op dit moment worden groene diensten deels betaald door de overheid, maar ze zijn grotendeels nog gratis. Een markt voor groene diensten kan extra financiering opleveren om ervoor te zorgen dat boeren ook in de toekomst groene diensten blijven leveren.

**Micro-warmtekrachtkoppeling** (micro-WKK) brengt het al bekende concept van WKK met een hoger benuttingsrendement van de energie in de huishoudens. Het leidt daarmee over de gehele keten gemeten tot energiebesparing en lagere emissies van broeikasgassen en NO<sub>x</sub>. Afstemming van gelijktijdig aanbod van elektriciteit en warmte op de vraag in een huishouden is onmogelijk, waardoor teruglevering aan het net aan de orde komt. Het levert



decentraal opgestelde capaciteit, die voor pieken in de vraag zou kunnen worden benut, mits centraal aangestuurd. Dit idee staat bekend als **virtuele centrale**.

De **brandstofcelauto's rijdend op waterstof verkregen uit zonthermische krachtcentrales** vormen een voorbeeld, waarmee een deel van de waterstofeconomie kan worden ingevuld die gebaseerd is op duurzame energie. Toepassing zou grote voordelen in broeikasgasemissies opleveren. De zonthermische krachtcentrales (Concentrating Solar Power, CSP) worden gesitueerd in Noord-Afrika of het zuidelijkste deel van Europa. Diverse transportmogelijkheden in de vorm van elektriciteit (gelijkstroom) of waterstof (gasvormig per pijpleiding of vloeibaar per schip) zijn technisch mogelijk.

## **Uitwerking van de belangrijkste bevindingen**

### **Beperkte inzet collectieve middelen voor overgangskosten**

Hogere kosten vormen een belangrijke barrière voor transitie. Bij de vergelijking van de prijs-prestatieverhouding met het huidige systeem gaat het om twee typen kosten: verwachtingen over op termijn te bereiken kostenniveaus en de kosten bij eerste introductie. De laatste liggen over het algemeen hoger. Ze kunnen worden beschouwd als overgangskosten naar het nieuwe systeem en spelen een rol bij niches en eerste stappen ('take-off') naar grootschalige introductie. Alleen bij biobrandstoffen (accijnsvrijstelling) zijn substantieel collectieve middelen ingezet voor deze overgangskosten. Voor biobrandstoffen wordt overgestapt naar verplichting, waarbij de kostenvergelijking met het bestaande systeem geen afweging meer is in de praktijk. De brandstofprijs wordt aangepast en de automobilist betaalt de (eventuele) meerprijs.

### **Verwachtingen over toekomstige kostenniveaus meestal geen belemmering**

De verwachtingen over de kostenniveaus op de lange termijn voor biobrandstoffen en diverse voorbeelden van biograndstoffen zijn niet belemmerend voor de voortgang. Hetzelfde zou kunnen gelden voor Concentrating Solar Power in Noord-Afrika, zij het dat die optie (afgezien van de kosten) in Nederland tot nu toe nauwelijks in beeld is geweest. Bij plaatsing in Zuid-Europa is de verwachting dat het verschil met de huidige productiekosten voor elektriciteit iets groter is. Ook over brandstofcellen zijn diverse ondernemers positief, mede gelet op de energiebesparing waarvan gebruikers kunnen gaan profiteren. De productie van waterstof op basis van elektriciteit zal naar verwachting echter wel tot hogere kosten per verreden kilometer leiden dan nu met benzine of diesel, wat belemmerend werkt op de voortgang van de ontwikkeling. Kwalitatief hoogwaardige alternatieven voor vismeel en visolie – zoals gekweekte algen – blijven naar verwachting relatief duur, maar hoeven in de toekomst niet te concurreren met vismeel en visolie. Gezien de beperkte beschikbaarheid zal hoe dan ook naar alternatieven uitgeweken moeten worden. Dat zou wel kunnen leiden tot verschuivingen in het voedingspatroon.

## **Veel aandacht voor kortetermijnresultaten in de praktijk**

Alle systeemopties omvatten varianten die op korte termijn realiseerbaar zijn en varianten voor de lange termijn (in de praktijk soms met eerste en tweede generatie aangeduid). Voorbeelden zijn de Stirlingmotor tegenover de brandstofcel voor micro-WKK of koolzaaddiesel tegenover diesel op basis van vergassing van houtachtige biomassa. De langetermijnvarianten zijn nodig om de in het NMP4 gewenste winst daadwerkelijk te kunnen boeken. Zij kennen relatief meer en sterkere positieve effecten en minder nadelen, maar zijn technisch of institutioneel complexer om in te passen. In de praktijk is bij ondernemers veel aandacht voor realisatie van de kortetermijnvarianten. Daarin zit winst op de korte termijn.

In hoeverre zijn deze kortetermijnvarianten nodig als wegbereiders voor de langetermijnvarianten? Technisch gezien betreft het vaak sterk van elkaar verschillende apparaten of processen, waardoor het leereffect op dat punt beperkt blijft. Daarentegen brengt toepassing van de kortetermijnvariant het systeem wel in beweging. Voorbeelden daarvan zijn zichtbaar. De nabij lijkende introductie van de eerste micro-WKK-apparaten heeft een extra impuls gegeven aan de discussie over terugleververgoedingen en experimenten met het concept van de virtuele centrale, van belang voor de lange termijn. Beleid zet aan tot een snelle introductie van beschikbare biobrandstoffen, mede om Kyotodoelstellingen voor de korte termijn te halen. Het leidt tot discussie over criteria voor biobrandstoffen, die een ontwikkeling in de richting van de betere technieken versnelt.

De kortetermijnvarianten kunnen de nieuwe concurrenten van de langetermijnvarianten worden. Introductie zal immers ook tot meer middelen voor optimalisatie leiden. Er hangen meer belangen mee samen. Dit kan voor biobrandstoffen gaan spelen. Bij micro-WKK lijkt er minder sprake van zo'n belemmering.

## **Intensivering van langetermijnbeleid beperkt gebleven**

Een ingrijpende systeemverandering begint met een sterk gevoel in de maatschappij dat er dingen mis kunnen gaan. Voor de meeste van de beschouwde systeemopties zijn zorgen over klimaat en over leveringszekerheid (vooral olie, maar bij viskweek ook van visolie en vismeel) de afgelopen jaren toegenomen. Zo'n systeemverandering vraagt een lange periode van voorbereiding, waarin het bereiken van een gezamenlijke toekomstvisie, onderzoek naar nieuwe en verbeterde opties en eerste praktijktoepassingen belangrijk zijn. Het beleid ondersteunt deze activiteiten voor de zes beschouwde systeemopties momenteel krachtiger dan rond 2000. In Figuur 1 is een overzicht gegeven van de beleidsimpulsen op de diverse activiteiten in de voorbereiding en op de 'take-off', de eerste stappen in grootschalige systeemverandering. Daaruit blijkt ook dat deze intensivering van beleid voor de beschouwde systeemopties tussen 2000 en 2006 beperkt is gebleven.

Jaar		Visie	R&D	Experimenten niches	Take-off
2000	Vloeibare biobrandstoffen				
	Biograndstoffen chemie				
	Duurzame viskweek				
	Markt voor groene diensten				
	Micro-WKK				
	Zonthermische krachtcentrales				
	Waterstof en brandstofcelauto				
2006	Vloeibare biobrandstoffen				
	Biograndstoffen chemie				
	Duurzame viskweek				
	Markt voor groene diensten				
	Micro-WKK				
	Zonthermische krachtcentrales				
	Waterstof en brandstofcelauto				
	krachtig				
	redelijk sterk				
	matig				
	niet of nauwelijks				

Figuur 1 Effectiviteit van beleidsimpulsen op de transitieprocessen

### Overheid terughoudend met visie op de toekomst

Het Nederlandse beleid is terughoudend met het concretiseren van een toekomstvisie vanuit de in het NMP4 aangegeven filosofie dat zoveel mogelijk opties opengehouden moeten worden en de markt de keuzes gaat maken. Met communicatieve instrumenten, onder meer door de creatie van platforms, is vooral het samenspel daarover tussen partijen versterkt. Dit heeft geleid tot concretere visies bij ondernemers en NGO's. Vooral rond biobrandstoffen heeft de overheid zelf ook een rol gespeeld met een visiedocument biomassa en met een voorkeur voor inzet van reststromen en houtachtige gewassen, wat ook invloed lijkt te hebben op de EU-strategie. Opvallend is een ambitieuze kwantitatieve doelstelling voor biograndstoffen van het (door de overheid geïnitieerde) Platform Groene Grondstoffen, terwijl de Toekomstagenda Milieu niet verder gaat dan het onderzoek van de haalbaarheid daarvan.

In de zin van het stellen van randvoorwaarden is er sprake van onevenwichtigheid, bijvoorbeeld wel kwantitatieve doelen voor broeikasgasemissies op de lange termijn, maar niet voor landgebruik, wat relevant is voor de natuurwaarde.

### Krachtige steun voor onderzoek

Op het gebied van onderzoek zijn er al lange tijd diverse ondersteunende overheidsprogramma's geweest, gericht op 'schone' technologie. Voor de onderzochte systeemopties geldt dat Nederland een vooraanstaande rol speelt in het toepassingsgerichte onderzoek. Slechts op het terrein van zonthermische krachtcentrales doet Nederland niet mee.

De activiteiten in het kader van transitiebeleid hebben de samenwerking tussen de verschillende partijen versterkt.

### **Beperkte impuls van financiële regelingen op experimenten en niches**

Anders ligt het met de inrichting van niches of grootschaliger experimenten in de praktijk. Voor de energietransitie is de Unieke Kansen Regeling in het leven geroepen. Er zijn ook programma's voor aquacultuur en groene diensten. Toch hebben deze slechts in beperkte mate geleid tot experimenten met de varianten voor de lange termijn of de inrichting van niches. Financiële regelingen om de kostendrempel (een ongunstige prijs, zeker in de aanloopfase, ten opzichte van bestaande producten op de markt) weg te nemen, zijn uitgebleven of hebben ondernemers weinig zekerheid voor een langere periode gegeven. In het geval van institutionele vernieuwing – zoals bij een markt voor groene diensten – is het erg lastig gebleken om experimenten los van de bestaande (ook internationale) instituties uit te voeren.

Vermeldenswaard is dat niches met biobrandstoffen voor rondvaartboten en biograndstoffen voor smeermiddelen gestimuleerd zijn door normen voor oppervlaktewaterkwaliteit.

### **Krachtige beleidssteun voor systeemverandering alleen bij biobrandstoffen**

Van een echte aanzet tot systeemverandering ('take-off') is alleen sprake bij biobrandstoffen, met krachtige beleidsimpulsen in lijn met de EU-Directive (aangekondigde verplichting van 2% vervanging van fossiele brandstof in 2007 en 5,75% in 2010). Dit leidt tot veel activiteit bij ondernemers om het systeem daarvoor in te richten en kansen daarin te grijpen. Hieruit blijkt de kracht van normstelling. Echter, de technologie voor bijvoorbeeld het verwerken van reststromen uit de landbouw en de voedingsmiddelenindustrie is nog niet zover dat daarmee de verplichting kan worden ingevuld. Die invulling van de Directive zal daarom gebeuren met beschikbare technologie en door import, met risico's voor negatieve effecten op de natuur. Er dient daarom in het beleid meer aandacht te zijn voor het tempo van introductie en de mogelijke neveneffecten.

Bij micro-WKK is de 'take-off' genaderd, getuige de voorbereidingen bij bedrijven voor serieproductie. Onzeker is nog of de terugverdientijd op basis van energiebesparing voldoende aantrekkelijk is voor consumenten en woningcorporaties om te compenseren voor de hogere aanschafprijs. Er zijn geen ondersteunende overheidsinstrumenten ingezet in de vorm van financiële ondersteuning of normen. Aanpassing van de regeling voor energiebelasting (tegengaan van dubbel betalen door mensen die elektriciteit aan het net leveren en die later weer afnemen) is een discussiepunt.

### **Geen consistent beleid op inzet van biomassa**

In de systeemopties biobrandstoffen, biograndstoffen en duurzame viskweek wordt een groter gebruik gemaakt van biomassa. Daarnaast wordt biomassa ingezet bij elektriciteitsproductie en is (dezelfde soort) biomassa grondstof in tal van bestaande processen. Voor deze biomassa is land nodig. Mogelijk verlies van terrestrische natuurwaarde en landbouwgrond voor voedsel zijn belangrijke aandachtspunten, naast een efficiënte inzet van de beschikbare biomassa voor vermindering van broeikasgasemissies. Biomassa kan als gevolg van keuzen van individuele landen schaars en door prijsstijging minder aantrekkelijk worden.

Qua technologieontwikkeling is er sprake van win-win-situaties. Voorbeelden zijn verwerkingstechnieken van biomassa zoals bioraffinage, fermentatie of vergassing en productie van algen.

Er is echter geen overkoepelende overheidsvisie en geen afstemming tussen de beleidlijnen voor de verschillende toepassingen, waardoor optimalisatie – door de overheid zelf of door de markt – in de weg wordt gestaan.

### **Nederland internationaal soms koploper, soms achterblijver**

Consistent langetermijnmilieubeleid in Nederland wordt in wisselwerking met de EU en andere internationale kaders vormgegeven. Op enkele punten heeft Nederland een voortrekkersrol, zoals bij de visievorming op nieuwe technieken voor biobrandstoffen, in bepaalde onderzoeksprogramma's en bij ketenafspraken over visvangst voor de productie van vismeel en visolie. In andere systeemopties speelt Nederland een bescheiden of geen rol. Ondersteuning van vernieuwers in de praktijk op het gebied van biobrandstoffen is in het buitenland sterker geweest en wat zonthermische krachtcentrales betreft speelt Nederland geen rol. Kortom, het levert een gemengd beeld. De internationale ontwikkelingen bepalen enerzijds het tempo, maar bieden ook kansen om aan te haken en daarmee de activiteiten in Nederland in gang te zetten of te versterken.



# 1 Inleiding

## 1.1 Evaluatie van een langetermijn-, doelzoekend proces

Er zijn meerdere woorden voor een ingrijpend maatschappelijk veranderingsproces, zoals systeeminnovatie of maatschappelijke evolutie. Het NMP4 introduceerde hiervoor op grote schaal het begrip transities. Het staat voor systeeminnovatie naar duurzaamheid. De transities in het NMP4 staan voor ingrijpende milieurelevante systeemveranderingen op de lange termijn. Het doel is om te streven naar een duurzame energiehuishouding, een duurzame landbouw en een duurzaam gebruik van biodiversiteit en natuurlijke hulpbronnen. De realisatie vraagt een lange periode van op elkaar inwerkende veranderingen op verschillende terreinen.

In de beleidscyclus heeft het MNP de taak gekregen om een evaluatie van dit beleid uit te voeren. Bij duidelijke doelen voor milieudruk of milieukwaliteit op een redelijk korte termijn ligt de basis van de evaluatie in de monitoring van die milieudruk of milieukwaliteit. In geval van transitiebeleid zal de daadwerkelijke verandering pas op de lange termijn worden gerealiseerd en hebben de huidige ontwikkelingen vooral het karakter van het voorbereiden van de veranderingen. Monitoring van milieudruk of milieukwaliteit biedt in dit geval geen basis.

Om de uitvoering van de evaluatie enig houvast te geven zijn door het MNP systeemopties gedefinieerd. De keuze betekent overigens niet, dat MNP een voorkeur voor deze systeemopties zou hebben boven andere. De bedoeling van een systeemoptie is een van de mogelijke einddoelen te schetsen, maar zonder dit doel exact te definiëren. Het kan niet hét einddoel zijn. Een transitieproces is immers nog doelzoekend en flexibel. In het proces worden opties open gehouden en wordt diversiteit gecreëerd. Uiteindelijk wordt er geselecteerd, waarbij marktpartijen en overheid een rol spelen: een evolutionair proces. Een systeemoptie is een mogelijk einddoel ofwel een stuk van een nieuw systeem. In de praktijk kunnen systeemopties concurrerend zijn, maar ook aanvullend of deels overlappend of combinaties hiervan.

Het MNP veronderstelt in de aanpak dat het realiseren van de systeemoptie het beleidsdoel op de lange termijn is. De evaluatie richt zich vervolgens op de voortgang van het voorbereidingsproces, ook wel de voorontwikkeling genoemd. In de beleidsevaluatie wordt ingegaan op de impulsen van alle beleidsinstrumenten op dit proces.

*De centrale vraag is: wat is de voortgang van milieurelevante transities in de praktijk, hoe verlopen die in Nederland en welke rol speelt het beleid daarin?*

In een ideale situatie worden de processen rond alle relevante systeemopties op een vergelijkbare manier in beeld gebracht, waarna deze dienen als basis voor conclusies over het gehele proces.

Om die ideale situatie te bereiken is een zeer omvangrijk evaluatieproject nodig. Er is gekozen voor een eerste fase met een selectie van zes systeemopties. Dit biedt een goed inzicht in het proces van de verschillende systeemopties (Ros en Montfoort, 2006; Van den Born en Ros, 2006; Rood et al., 2006; Van Zeijts et al., 2006; Elzenga et al., 2006; Nagelhout en Ros, 2006). De beperkingen liggen in de conclusies die over het gehele proces kunnen worden getrokken. Dit rapport gaat in op wat er geleerd kan worden over het gevoerde transitiebeleid op basis van de zes beschouwde systeemopties.

#### *Criteria voor te evalueren systeemopties*

- *Overstijgt het niveau van een techniek of beleidsinstrument, maar gaat over productieketens en instituties.*
- *Relevant voor milieu, natuur of landschap (voor rol van MNP).*
- *Is in beeld bij ofwel mensen in de praktijk ofwel de overheid.*

## **1.2 De evaluatiemethodiek**

De afgelopen jaren is, niet alleen bij het MNP, maar ook bij universiteiten en onderzoeksinstituten, veel onderzoek gedaan naar de wijze van evalueren van transitiebeleid. Dit beleid heeft immers een ander karakter dan traditioneel beleid. Ook bij de ministeries is er, onder coördinatie van het Ministerie van VROM, een fase van oriëntatie geweest. Dat gebeurde vooral onder de noemer monitoring. Er bestaat overigens al een vorm van monitoring en rapportage aan de Tweede Kamer via de voortgangsberichten over de transitieprojecten, waarin de beleidsacties centraal staan.

Het MNP wil in de evaluatie de betekenis van de gemonitorde gegevens duidelijk maken. De evaluatie is breder dan de transitieprojecten bij de ministeries, die sinds 2005 voor een groot deel zijn gebundeld in een Interdepartementale Directie. Het uitgangspunt van de evaluatie is het in beeld brengen van de voortgang van de processen in de praktijk, inclusief de internationale dimensie. Deze processen liepen vaak al voordat het transitiebeleid startte en zijn ook autonoom doorgelopen. Het MNP geeft in de evaluatie aan welke prikkels het beleid aan de processen heeft gegeven (met een accent op de periode 2000-2006). Deze prikkels komen niet alleen uit transitieprojecten, maar ook uit ander beleid. Er zijn immers tal van andere beleidsinstrumenten met grote invloed en deze worden ook meegenomen in de evaluatie.

In de voorbereidingsfase heeft het MNP gewerkt aan een evaluatiemethodiek voor transitieprocessen. In diverse stadia zijn daarbij ideeën uitgewisseld met wetenschappers en beleidsmakers. Uiteindelijk heeft het MNP voor deze eerste fase voor een methodiek gekozen waarin systeemopties centraal staan. De evaluatiemethodiek is in een rapport vastgelegd (Ros et al., 2006). Op de kern van deze methodiek wordt kort ingegaan.

In de eerste plaats is een beschrijving en vooral de afbakening van de beschouwde systeemoptie van belang. Het gaat om een samenhangend geheel van technieken, processen, instituties en structuren.



De evaluatie heeft in de eerste plaats betrekking op het transitieproces. Het proces kan echter niet los gezien worden van de mogelijke effecten als het eindresultaat wordt bereikt. De mogelijke effecten bepalen immers mede de houding van diverse actoren. Daarom wordt in de evaluatiestudies ook kort ingegaan op de effecten. Dit is gebeurd in de vorm van een soort duurzaamheidstoets. Deze is gebaseerd op de duurzaamheidsmatrix uit de Nationale Strategie voor Duurzame Ontwikkeling. Hierin worden sociale, economische en ecologische aspecten meegenomen, zowel in Nederland als elders. Daarnaast worden belangrijke ecologische aspecten verder uitgewerkt.

Een ex-postevaluatie wordt gebaseerd op monitoring. Zoals hierboven aangegeven kan de evaluatie van lopende transitieprocessen niet gebaseerd worden op de monitoring van emissies, milieukwaliteit en effecten. De beoogde verandering in deze grootheden zal immers pas op de lange termijn worden bereikt. Het beleid zal zich eerst richten op de voorontwikkeling van het veranderingsproces. Daarin zijn vier typen activiteiten verondersteld:

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

De monitoring richt zich op deze activiteiten. Wat is er op die punten de afgelopen jaren gebeurd? Welke beleidsacties en -instrumenten zijn hierop gericht geweest? Daarin staat Nederland niet los van de rest van de wereld. Daarom wordt ook de internationale context geschetst. Vervolgens wordt de samenhang in de feitelijke ontwikkelingen van de afgelopen jaren geanalyseerd. Hierbij wordt vooral bekeken in hoeverre de cyclus van visievorming→onderzoek→experimenten gericht op de lange termijn spoort met de cyclus van actiegerichtheid→beleidsondersteuning→niches op de korte termijn.

De resultaten van deze activiteiten in de voorontwikkelingsfase moeten de motivatie vergroten om tot daadwerkelijke systeemverandering over te gaan. Met beleidsinstrumenten kan deze motivatie worden versterkt. Echter, het bestaande systeem met de daarin gecreëerde belangen kan tegenwerken. De methodiek beschrijft een methode om de ontwikkeling van de motivatie in de afgelopen jaren in beeld te brengen. Enkele cruciale acties worden daartoe geïdentificeerd, met name enkele wezenlijke investeringsbeslissingen. In krachtenveldanalyses, het afwegingskader van een potentiële investeerder, worden de resultaten van de voorontwikkeling, de kenmerken van het bestaande systeem en specifieke stimulerende beleidsinstrumenten samengebracht. Op basis hiervan worden conclusies getrokken over de voortgang van het proces en de effectiviteit van de prikkels van het Nederlandse beleid, al voordat de systeemverandering zelf herkenbaar wordt.

### 1.3 De systeemopties

In deze door het MNP uitgevoerde eerste evaluatiestudie zijn zes systeemopties over verschillende onderwerpen gekozen. Zij vormen zeker geen volledig dekkend beeld. De zes uitgewerkte systeemopties zijn:

- Vloeibare biobrandstoffen voor transport.
- Biograndstoffen voor de chemische industrie.
- Duurzame viskweek voor behoud van de visvoorraad.
- Markt voor groene diensten.
- Micro-Warmtekrachtkoppeling (micro-WKK) en de virtuele centrale.
- Brandstofcelauto's op waterstof verkregen uit zonthermische krachtcentrales.

Allerlei verschillende aspecten en alle betrokken ministeries komen terug in de keuze van de systeemopties. Hiervoor is gekozen om een breed beeld van de processen en de beleidsaanpak te kunnen krijgen. Zo kent 'Markt voor groene diensten' een institutionele invalshoek en staat technologie daarin dus niet centraal. Zonthermische krachtcentrales kennen een sterke internationale dimensie, omdat deze in Nederland niet realiseerbaar zullen zijn. Nederland kan echter wel een rol spelen in de nieuwe productieketen en de internationale samenwerking. Biobrandstoffen en biograndstoffen kennen een bepaalde overlap die onderlinge versterking maar ook onderlinge concurrentie kan betekenen. Deze systeemopties zitten wat dichterbij realisatie dan, bijvoorbeeld, brandstofcellen. In alle systeemopties, maar het duidelijkst bij micro-WKK en biobrandstoffen, zitten varianten met perspectief voor marktintroductie op de korte termijn tegenover varianten voor de lange termijn. Viskweek voor behoud van de visvoorraad speelt in op de mondiale transitie die gaande is van alleen vangst naar veel kweek, maar die zowel technische als institutionele ontwikkelingen noodzakelijk maakt. Bovendien wordt hiermee direct de problematiek van de hulpbronnen en biodiversiteit geraakt.

Het nadeel van deze keuze is overigens dat er geen systeem is waarvoor alle opties in beeld zijn gebracht. Dat zou een afweging tussen de opties op potentiële effecten mogelijk maken, met daarnaast een vergelijking van de impulsen die het beleid geeft. Dit zou centraal kunnen worden geplaatst in een volgende evaluatie.

### 1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden korte schetsen gegeven van de beschouwde systeemopties. Enkele belangrijke conclusies worden benoemd. In Bijlage 1 tot en met 7 staan iets uitgebreidere beschrijvingen plus de samenvattingen uit de afzonderlijke rapporten over de systeemopties. In hoofdstuk 3 worden enkele belangrijke kenmerken van de transitie in de praktijk

besproken. Er wordt specifiek ingegaan op de betekenis van varianten binnen de systeemopties die al op korte termijn realiseerbaar zijn, voor de qua potentiële resultaten veel betere varianten voor de lange termijn. Daarnaast worden enkele aspecten van de samenhang tussen de systeemopties aangestipt. Hoofdstuk 4 beschrijft de rol van het Nederlandse beleid. De intensiteit en effectiviteit van de beleidsimpulsen worden geschetst. Consistentie en de internationale beleidscontext worden besproken naast normstelling op systeemniveau, met specifieke voorbeelden uit het beleid dat gericht is op vermindering van broeikasgasemissies. Ten slotte worden in hoofdstuk 5 enkele conclusies getrokken over de mate waarin sprake is van een verschuiving naar langetermijnbeleid.



## 2 Evaluatie van de voortgang per systeemoptie

### 2.1 Relatie met de achterliggende rapporten

Voor alle zes systeemopties zijn aparte rapporten opgesteld, waarin de evaluatiemethodiek op vergelijkbare wijze ingevuld werd (MNP 2006, rapport 500083002 tot en met 500083007).

De samenvattingen uit de genoemde rapporten zijn in de bijlagen 1 tot en met 6 van dit rapport opgenomen, ingeleid met een korte beschrijving van de systeemoptie. De samenvattingen kennen een vergelijkbare opbouw. Allereerst wordt aangegeven, welke belangrijke doelstellingen op de lange termijn zijn gesteld, al dan niet kwantitatief. Het gaat dan uiteraard om doelstellingen die relevant zijn voor de systeemoptie. De potentiële bijdrage van de systeemoptie aan het realiseren van die doelstellingen (positief of ook negatief) wordt geschetst uitgaande van de veronderstelling dat de systeemoptie wordt gerealiseerd. Daarbij is de huidige situatie, soms met een enkele aanvullende veronderstelling over enkele ontwikkelingen, als referentie gebruikt. Ten slotte wordt het proces geschetst om de systeemoptie daadwerkelijk te realiseren en de rol van het beleid daarin. Hierbij komt de internationale dimensie aan bod, de bijdragen van Nederland hieraan en de prikkels die het Nederlandse beleid hierop de afgelopen jaren heeft gegeven.

Hieronder zijn enkele veelzeggende punten uit de rapporten overgenomen.

### 2.2 Korte uiteenzetting per systeemoptie

#### 2.2.1 Vloeibare biobrandstoffen voor transport

*Korte schets van het toekomstbeeld van de systeemoptie:*

*Vloeibare biobrandstoffen vervangen voor een deel benzine en diesel. Er worden vooral biomassa-reststromen uit de landbouw en de voedingsmiddelenindustrie en houtachtige gewassen benut. Voor de verwerking daarvan worden nieuwe fermentatie- en vergassingstechnieken ingezet. Nu al beschikbare technieken om grondstoffen als suikerbieten, tarwe en koolzaad in te zetten voor de productie van biobrandstoffen kunnen wellicht nog een rol spelen, evenals import van rietsuikerethanol en palmolie.*

Vloeibare biobrandstoffen zijn in opmars. Velen zien het als een goede optie voor de lange termijn. Klimaatneutraal en energiezuikerheid zijn daarbij veelgehoorde trefwoorden. In een wisselwerking van meer initiatieven van boeren en ondernemers en een krachtiger Europees en nationaal beleid schieten nieuwe productie-eenheden uit de grond. Er kleven echter ook nadelen aan. Energieteelt – vooral met de momenteel beschikbare technieken – kost land,

leidt ook weer tot emissies en er kan verlies aan natuurwaarde optreden. De processen om vloeibare biobrandstoffen te maken kosten veel energie. De totale vermindering aan broeikasgasemissies is daardoor beperkt. Dat geldt in mindere mate voor de innovatieve technieken die momenteel in ontwikkeling zijn en waarop het beleid vooral mikt. Belangrijk voordeel daarvan is dat die technieken ook de inzet van allerlei reststromen mogelijk maken.

Korte termijn moet worden afgewogen tegen lange termijn. Het is een kwestie van doorzetten met bestaande, minder gewenste technieken of wachten op de betere die in aantocht zijn. Er is nog geen consistent langetermijnbeleid.

### **2.2.2 Biograndstoffen voor de chemische industrie**

*Korte schets van het toekomstbeeld van de systeemoptie:*

*In plaats van grondstoffen op fossiele basis worden biograndstoffen ingezet in processen in de chemische industrie. De teelt in de landbouw wordt hierop gericht, onder meer door hogere opbrengsten van specifieke componenten of stoffen, waarbij genetische modificatie aan de orde kan komen. Met bioraffinage worden de landbouwproducten gescheiden in bruikbare deelstromen en stoffen. Verwerking gebeurt zowel in de bulk- als in de fijnchemie.*

Het Nederlandse beleid is er niet op ingericht de voordelen van biograndstoffen ten volle te benutten. Dat blijkt uit de ontwikkelingen rond biograndstoffen voor de chemische industrie. Voorbeelden van toepassing van biograndstoffen zijn plastics, smeermiddelen, oplosmiddelen en farmaceutische producten. Biograndstoffen bieden in principe mogelijkheden om broeikasgasemissies te reduceren. De potentiële vermindering is sterk afhankelijk van de toepassing.

De ‘biobased economy’ is een regelmatig gebruikt toekomstbeeld. Biograndstoffen passen daarin, al zijn ze bij het beleid veel minder in beeld dan biobrandstoffen voor transport of biomassa bij elektriciteitsopwekking. Die laatste twee worden krachtig ondersteund, soms zelfs afgedwongen. De vraag naar biomassa neemt dus toe. De prijs stijgt en juist de kostenafweging is zonder gerichte beleidsprykkels dominant. Dat maakt biograndstoffen voor chemische bedrijven minder aantrekkelijk, ook al scoren ze in sommige gevallen ecologisch gezien beter.

Er is veel onderzoek gaande naar biograndstoffen, maar in de praktijk zijn er nog slechts enkele niches. De kostprijs, het landgebruik bij grondstoffen voor de bulkchemie en de risico's bij genetische modificatie vormen barrières op het pad naar verdere benutting.

### 2.2.3 Duurzame viskweek voor behoud van de visvoorraad

*Korte schets van het toekomstbeeld van de systeemoptie:*

*In de sterk uitgebreide sector van de kwekerijen van zeevis wordt visvoer ingezet met een groot aandeel plantaardige bestanddelen, aangevuld met specifieke componenten, zoals algen, zagers en chemisch gesynthetiseerde eiwitten. Het aandeel visolie en vismeel is beperkt tot wat duurzaam kan worden gevist. De geproduceerde vis heeft een zodanige samenstelling, onder meer met omega-3-vetzuren, dat consumptie ervan gezondheidsvoordelen voor de mens houdt.*

Hoe kunnen we aan de groeiende vraag naar vis tegemoetkomen zonder de zeeën leeg te vissen? De visvangst zit al aan het maximum. Uitbreiding van viskweek kan een oplossing zijn. De visproductie neemt al zeer sterk toe, maar daarvoor is visvoer nodig.

De huidige viskweek vraagt veel gevangen vis. Vooral de geliefde zeevis met gezonde vetzuren eet ook vis. Zoveel zelfs dat zonder aanpassingen in het voer meer vis gevangen moet worden dan wordt gekweekt. Toename van visvangst is geen optie, dus is er een zoektocht naar alternatieven. Het Milieu- en Natuurplanbureau concludeert dat het nog een lastige opgave zal zijn om aan de vraag naar vis te kunnen blijven doen.

De hoeveelheid vis in het voer zou teruggebracht kunnen worden door het gedeeltelijk te vervangen door plantaardig voer, kleinere organismen, wormen of algen. Deze hebben echter alle nog beperkingen of neveneffecten, zoals het extra landgebruik voor teelt en een lager gehalte gezonde vetzuren bij plantaardig voer. De kosten zijn veelal hoger. De tijd begint te dringen, want de mondiale transitie naar meer viskweek is volop gaande. De Nederlandse overheidsbijdrage aan duurzame viskweek is beperkt, maar op enkele punten toch belangwekkend geweest.

### 2.2.4 Markt voor groene diensten

*Korte schets van het toekomstbeeld van de systeemoptie:*

*Groene diensten worden gezien als producten op een markt die is losgekoppeld van de markt voor landbouwproducten, waar vraag en aanbod zoveel mogelijk de prijs bepalen. Producten worden door een groep van boeren of andere grondgebruikers aangeboden. Afnemers kunnen zijn: overheden, private partijen of indirecte vragers, zoals omwonenden of bedrijven die 'prijs' stellen op een aantrekkelijke omgeving. Daartoe zijn innovatieve institutionele arrangementen nodig, die passen in de internationale context.*

Er zijn genoeg ideeën voor een markt voor groene diensten, beheer van natuur, landschap en water door de landbouw, maar deze worden nog nauwelijks in de praktijk gebracht. Een

belangrijke reden is dat nieuwe ideeën stuklopen op de staatssteuntoets van de Europese Unie: boeren mogen niet meer vergoeding krijgen dan de gemaakte kosten en gedeelde opbrengsten. Ook de onzekere meerwaarde van een markt voor groene diensten voor een efficiënt beheer van natuur, landschap en water ten opzichte van het huidige systeem speelt echter een rol. Tot nu toe bestaat een markt voor groene diensten dan ook vooral in theorie.

Groene diensten worden deels betaald door de overheid, maar zijn grotendeels gratis. Een markt voor groene diensten kan extra financiering opleveren om ervoor te zorgen dat boeren ook in de toekomst groene diensten blijven leveren.

Overheden, burgers en bedrijven hebben behoefte aan hoogwaardige natuur, landschap en waterbeheer. Het is echter lastig geld los te krijgen van private partijen, terwijl ze vaak wel profiteren van een mooi landschap. Zo ontbreekt een systeem dat de meerwaarde voor burgers en bedrijven afroemt, waarmee leveranciers van groene diensten zouden kunnen worden betaald.

### **2.2.5 Micro-Warmtekrachtkoppeling (micro-WKK) en de virtuele centrale**

*Korte schets van het toekomstbeeld van de systeemoptie:*

*Micro-WKK- installaties zijn de opvolgers van de HR-ketels in de Nederlandse woningen, waarmee energie wordt bespaart. Het totaal van die decentraal opgestelde installaties levert ook elektriciteit aan het net. Meet- en betalingsystemen zijn daarop afgestemd. In de vorm van centrale sturing van die decentrale capaciteit wordt een virtuele centrale gecreëerd.*

Door warmte en elektriciteit met warmtekrachtkoppelingssystemen in huishoudens (zogenaamde micro-WKK) gelijktijdig op te wekken kan fossiele energie beter worden benut dan bij gescheiden opwekking, en kunnen CO<sub>2</sub>- en NO<sub>x</sub>-emissies worden teruggedrongen.

De laatste jaren zijn er – deels gefaciliteerd door het overheidsbeleid – verschillende activiteiten ontplooid om dergelijke installaties te ontwikkelen en marktrijp te maken. Deze zouden dan in de plaats komen van de huidige HR-ketels. WKK-installaties met de Stirlingmotor zijn bijna rijp voor toepassing. Lagere jaarlijkse energiekosten door energiebesparing moeten voor de consument voldoende aantrekkelijk worden geacht om de hogere aanschafprijs te compenseren. Er is geen overheidssteun. Brandstofcellen zouden vanuit ecologisch oogpunt nog beter zijn, maar die zijn nog niet uitontwikkeld. Zij vormen het doel op de langere termijn.

Decentraal opgestelde installaties zouden dan samen een decentrale of virtuele centrale kunnen vormen, die benut kan worden voor pieken in de vraag. Mogelijke voordelen van virtuele centrales zijn dat de leveringszekerheid toeneemt en dat de centrale capaciteit kan worden beperkt. Aangezien brandstofcellen relatief meer elektriciteit leveren dan



Stirlingmotoren lijken de eerste beter bij het concept van de virtuele centrale te passen. De eerste experimenten ermee zijn gestart.

## **2.2.6 Brandstofcelauto's op waterstof verkregen uit zonthermische krachtcentrales**

*Korte schets van het toekomstbeeld van de systeemoptie:*

*Auto's rijden op brandstofcellen en zijn daarmee emissievrij. Als brandstof wordt waterstof ingezet die uit duurzame energie wordt geproduceerd, in dit geval uit zonthermische krachtcentrales (Concentrating Solar Power, CSP) in Zuid-Europa of Noord-Afrika. Voor het transport zijn diverse varianten mogelijk: vloeibare waterstof met schepen, gasvormige waterstof per pijpleiding of als elektriciteit met een gelijkstroomnetwerk. In het laatste geval vindt de waterstofproductie in de vorm van elektrolyse in Nederland plaats.*

In het streven naar een veel schonere auto past het concept van de brandstofcelauto, waarmee de auto zelf geen emissies meer kent en bovendien stiller is. De brandstof hiervoor is waterstof. Waterstof moet worden geproduceerd en dat kost energie. Juist die productieketen bepaalt de milieuprestatie van het nieuwe systeem. Als waterstof wordt gemaakt uit niet-fossiele, duurzame energie, dan zijn windenergie, biomassa en de zon de belangrijkste mogelijkheden (deze zijn overigens onderling niet vergeleken). De mogelijkheden van zonthermische krachtcentrales zijn bekeken. Nederland is daarvoor niet geschikt. Deze centrales moeten komen in zonnrijke gebieden zoals Noord-Afrika, eventueel in het zuidelijkste deel van Europa. De meerkosten van deze wijze van elektriciteit produceren vallen mee. Met de omzettingskosten om er waterstof van te maken is de optie nog wel aanzienlijk duurder dan rijden op benzine. De milieuvoordelen zijn groot en er kleven weinig nadelen aan. Overigens is de plug-in hybride een goedkoper alternatief.

Nederland speelt wel een rol in de ontwikkeling van de brandstofcellen en waterstof, maar is niet actief in de ontwikkeling van of de koppeling met zonthermische krachtcentrales.



## **3 Kenmerken van de transitieprocessen**

### **3.1 De gekozen invalshoeken**

De zes beschouwde systeemopties beschrijven allemaal andere stukjes van het totale systeem, met soms enige overlap. Ze omvatten slechts een deel van de transitie die met het NMP4 is geschetst om de doelstellingen voor milieu en natuur voor de lange termijn – mede in het licht van duurzame ontwikkeling – te kunnen realiseren. Er zijn nog andere, deels aanvullende, deels concurrerende systeemopties. De ontwikkelingen daarin zijn niet in beeld gebracht. Transitie management gaat ook om afwegingen tussen (vooral concurrerende) systeemopties. Op dat punt kan geen complete evaluatie worden gegeven. Toch geven de bestudeerde systeemopties indrukken van het proces als geheel. Deze worden beschreven.

Bij de analyse zijn verschillende invalshoeken gekozen. In de eerste plaats zijn er binnen de systeemopties varianten voor de korte termijn en varianten voor de lange termijn. Nagegaan is hoe deze zich tot elkaar verhouden, welke effecten te verwachten zijn en welke rol de kosten spelen. De systeemopties verschillen onderling trouwens ook in de termijn waarop realisatie denkbaar is. Dat speelt een rol in de tweede benadering, waarin systeemopties in relatie tot elkaar zijn bekeken. Daarbij zijn overlappende thema's beschouwd, zoals benutting van biomassa, de auto van de toekomst, innovatie in de landbouw en de elektriciteitsvoorziening.

### **3.2 Korte en lange termijn**

Binnen alle gekozen systeemopties zijn er varianten, die verschillen in de termijn waarop ze naar verwachting grootschalig in de praktijk kunnen worden gebracht. Vanuit het perspectief van een transitieproces is het belangrijk in hoeverre de varianten die op de korte termijn haalbaar zijn, de wegbereider vormen voor de in het algemeen beter scorende varianten die pas voor de lange termijn in beeld komen. In Tabel 3.1 is voor de zes systeemopties aangegeven welke varianten op de korte termijn haalbaar zijn en welke varianten pas op de lange termijn. Overigens is dit als relatief binnen de systeemopties bedoeld en niet om de systeemopties te vergelijken. In Tabel 3.2 is geschetst hoe het er met de implementatie in de praktijk voorstaat.

Tabel 3.1. Varianten voor de korte en de lange termijn binnen de systeemopties

<b>Systeemoptie</b>	<b>Kortetermijnvariant</b>	<b>Langetermijnvariant</b>
Vloeibare biobrandstoffen voor transport	Biodiesel op basis van plantaardige olie Bio-ethanol op basis van suiker en zetmeelhoudende gewassen	Fischer-Tropschdiesel en cellulose-ethanol op basis van houtachtige gewassen en reststromen
Biograndstoffen voor de chemie	Opties met lagere proceskosten	Opties met positief milieuprofiel
Duurzame viskweek voor behoud van de visvoorraad	Meer plantaardig voer	Alternatief hoogwaardig voer met omega-3-vetzuren (niet vangst van kleine mariene organismen)
Markt voor groene diensten	Markt met (directe) klanten: de overheid met uitbreiding Programma Beheer en private partijen, die individueel meebetalen.	Markt met indirecte klanten, zoals omwonenden, lokale bedrijven en recreanten, die als groep meebetalen
Micro-WKK en de virtuele centrale	Stirling-WKK met eerste systeem voor (tijdelijke) teruglevering van elektriciteit	Brandstofcel-WKK met virtuele centrale
Brandstofcelauto's met H <sub>2</sub> uit zonthermische krachtcentrales	Reformer-brandstofcelauto's op huidige brandstoffen of conventionele motoren op waterstof (CSP voor lokale elektriciteitsvoorziening)	Waterstofproductie en -distributie en brandstofcelauto's zonder reformer CSP met gelijkstroomnetwerk

Tabel 3.2. Implementatie van de varianten binnen de systeemopties (uit Tabel 3.1)

<b>Systeemoptie</b>	<b>Kortetermijnvariant</b>	<b>Langetermijnvariant</b>
Vloeibare biobrandstoffen voor transport	Implementatie is op gang gekomen	Komt zeer geleidelijk en op bescheiden schaal in praktijk
Biograndstoffen voor de chemie	Tal van niches zijn ingevuld	Enkele voorbeelden in de praktijk (bioplastics voor imago)
Duurzame viskweek voor behoud van de visvoorraad	Meer plantaardig materiaal verwerkt in voer voor zeevis, bijvoorbeeld voor zalm	Slechts enkele experimenten
Markt voor groene diensten	Catalogus groene diensten is per 2007 van kracht; private niches	Is nog niet aan de orde
Micro-WKK en de virtuele centrale	Stirlingmotor dicht bij introductie	Slechts in experimenten; introductie nog ver weg
Brandstofcelauto's met H <sub>2</sub> uit zonthermische krachtcentrales	Zeer bescheiden (enkele CSP in VS en sinds kort in Spanje, een enkele voorbeeldauto)	Nog ver weg

Er wordt verwacht dat de varianten voor de lange termijn meer voordelen zullen bieden dan de varianten voor de korte termijn, zeker op het vlak van milieu en natuur. Om die reden worden immers transities noodzakelijk geacht. Toch kunnen de snel te realiseren effecten ook een belangrijke rol spelen. De gunstigste situatie treedt op als de effecten al behoorlijk gunstig zijn en de kortetermijnvariant ook nog eens een prima wegbereider is voor de langetermijnvariant, maar er kunnen ook nieuwe barrières door worden opgeworpen. Het kan ook zijn dat acties op de korte termijn wel een goede eerste stap zijn op weg naar de betere variant, maar weinig voordelen op de korte termijn bieden. De auto met reformer en brandstofcel is hiervan een voorbeeld.

Tabel 3.3 geeft een overzicht van enkele effecten van de verschillende varianten per systeemoptie. Gekozen is voor aspecten die ook nadrukkelijk in het NMP4 worden genoemd, namelijk klimaat en biodiversiteit of natuur. Daarbij worden terrestrische en aquatische ecosystemen onderscheiden. Er zijn nog grote onzekerheden, met name in de relatie tussen klimaat en natuur. In de rapporten per systeemoptie worden uitgebreidere duurzaamheidstoetsen en enkele kwantitatieve analyses uitgewerkt.

Tabel 3.3. *Kwalitatief beeld van de effecten van de korte- en langetermijnvarianten (zie Tabel 3.1.) binnen de systeemopties*

Systeemoptie	Beoordeling van de systeemoptie op milieu en natuur *					
	Korte termijn variant			Lange termijn variant		
	Klimaat	Natuur land	Natuur water	Klimaat	Natuur land	Natuur water
Vloeibare biobrandstoffen voor transport			n.b.			n.b.
Biograndstoffen voor de chemie						
Duurzame viskweek voor behoud visvoorraad						
Micro-WKK en de virtuele centrale			n.b.			n.b.
Brandstofcelauto's met waterstof uit CSP			n.b.			n.b.
	beter iets beter neutraal iets slechter slechter n.b. = niet beoordeeld					

De potentiële effecten van de langetermijnvarianten scoren beter. De langetermijnvarianten verminderen de broeikasgasemissies. De vermindering van de broeikasgasemissies heeft een positief effect op milieu en natuur. Het extra landgebruik van teelten voor visvoer, biograndstoffen en biobrandstoffen heeft een negatief effect op de natuur. Bij de

stysteemoptie ‘Markt voor groene diensten’ worden vooral positieve effecten verwacht voor de kwaliteit van het landschap, de natuur in Nederland en de woonomgeving.

Een belangrijke vraag in een transitieproces is, of het uiteindelijke doel op de lange termijn daadwerkelijk dichterbij komt door een introductie van de nu al beschikbare variant. In Tabel 3.4 zijn de belangrijkste antwoorden op die vraag samengevat.

Tabel 3.4. *Prikkels van introductie van de kortetermijnvarianten op langetermijnvarianten binnen de systeemopties*

Systeemoptie	Prikkels van de kortetermijnvariant voor de langetermijnvariant	
	Technische leercyclus	Procesactiviteit
Vloeibare biobrandstoffen voor transport	Productie biodiesel heel ander proces en met andere grondstoffen dan van Fischer-Tropschdiesel.  Verwerking van reststromen kan geleidelijk in het proces van bio-ethanolproductie worden geïntegreerd	Kleinschalige activiteiten, vooral rond biodiesel, prikkelen tot grootschaliger aanpak  Er ontstaat vernieuwing in de productiestructuur (leveranciers, klanten)  Negatieve effecten van 1 <sup>e</sup> generatie geven sterkere impulsen om het beter te doen
Biograndstoffen voor de chemie	Grote diversiteit aan processen met verschillende kenmerken; door een zekere vergelijkbaarheid in processen treedt een beperkt leereffect op	Zet aan tot meer bezig zijn met ‘biobased’, maar erg krachtig is deze impuls niet
Duurzame viskweek voor behoud van de visvoorraad	Geen directe leereffecten over productie, wel over effect van voer in diverse varianten op vis	Goedkoop plantaardig voer kan een barrière voor duurdere hoogwaardiger alternatieven vormen; geen direct stimulerende effecten
Markt voor groene diensten	Directe leereffecten over het ‘produceren’ van enkele groene diensten (verder geen technische optie)	Knelpunten op de korte termijn lijken vooral te ontmoedigen
Micro-WKK en de virtuele centrale	Niet; het gaat om een heel andere techniek; experimenten met het concept virtuele centrale worden er wel door versneld	Indirect kan de introductie van de Stirling-WKK wel enig positief effect hebben op de brandstofcel-WKK, omdat institutionele aspecten, zoals een terugleververgoeding, aan de orde komen.
Brandstofcelauto's met H <sub>2</sub> uit zonthermische krachtcentrales	Het gaat eigenlijk om delen van het eindsysteem, waardoor leercurven over de brandstofcel, H <sub>2</sub> -transport en opslag en over CSP (ook schaal- en omvangseffecten op de prijs) kunnen worden doorlopen	Elk gerealiseerd onderdeel zal een positief effect kunnen hebben op activiteiten van andere, nog niet gerealiseerde onderdelen.

In het beleid is zeker meer aandacht gekomen voor de weg naar het eindplaatje. De term transitiepaden, die vooral voor de energietransitie is geïntroduceerd, illustreert dat. Enkele van de beschouwde varianten zijn daarbij ook expliciet gemaakt. In de praktijk wordt met de door de overheid gekozen aanpak veel aan ondernemers overgelaten. Dat heeft geleid tot duidelijke stimulansen voor samenwerking en visieontwikkeling. Ondernemers gaan echter

vooral aan de slag met de nu al beschikbare technieken, omdat daaraan op korte termijn kan worden verdiend. De versterkte aandacht in het beleid voor transitieprocessen heeft impulsen gegeven aan de realisatie van varianten voor de korte termijn, ongeacht de mate waarin deze wegbereider zijn voor de lange termijn.

De betekenis van de techniek voor de korte termijn voor de ontwikkeling van de techniek voor de lange termijn is betrekkelijk, zo blijkt uit Tabel 3.4. De technische leercurven krijgen slechts in beperkte mate impulsen. In diverse gevallen gaat het over andere technieken. De impulsen lijken meer te zitten in het feit dat met snelle introductie ook nieuwe markten onder de aandacht komen, nieuwe actoren een rol gaan spelen en nieuwe samenwerkingsverbanden of structuren ontstaan. Het brengt de zaak in beweging. Tot op zekere hoogte is dit in alle gevallen als positief voor het veranderingsproces in het algemeen te beschouwen.

Er moet rekening mee worden gehouden dat introductie van een techniek ook een optimalisatietraject inluit. Er zal geld worden gestoken in verbetering van die techniek. De positie van dat nieuwe systeem wordt krachtiger. Resultaten worden er ook gunstiger door. Het zal echter de ontwikkeling van de naar verwachting nog betere technieken voor de lange termijn geen extra impuls geven. Er ontstaan nieuwe, mogelijk remmende belangen. De ontwikkelingen in de praktijk zijn nog niet zover gevorderd dat dit ook al kan worden beoordeeld. In het geval van biobrandstoffen staat de ontwikkeling wel op een kritisch punt.

Een ingrijpende systeemverandering vraagt tijd in de voorontwikkelingsfase. Ook de daadwerkelijke omwenteling gebeurt niet van vandaag op morgen. Meestal is er de weg van de geleidelijkheid. Toch is een bepaald introductietempo gewenst, met als belangrijkste reden dat de kosten in het algemeen een functie zijn van omvang en schaal. Kleinschalig is meestal ook duurder. Kostenreductie is dus gebaat bij een redelijk snelle ontwikkeling. Een te snelle ontwikkeling kan echter door de hoge investeringen ook suboptimaal blijken. Het juiste introductietempo is dan ook een belangrijk aandachtspunt.

Micro-WKK, brandstofcelauto's, in sterke mate zonthermische krachtcentrales, maar ook biomassaverwerking door vergassing zijn activiteiten, die op grote schaal moeten worden uitgevoerd om tot een redelijke prijs per eenheid product te komen. Het is moeilijk om daarmee in het klein te beginnen wat een extra barrière voor de transitie betekent. Bij biograndstoffen in de chemie speelt dit iets minder, omdat elk proces op zich staat en het alternatief dezelfde schaal krijgt als het bestaande proces. Bij de momenteel op de markt beschikbare biobrandstoffen kan de productie ook op redelijk kleine schaal plaatsvinden. Voor alternatief visvoer speelt dit ook minder.

De institutionele vormgeving van een markt voor groene diensten is niet zozeer qua kosten afhankelijk van de schaal, al kunnen de transactiekosten lager liggen bij grotere markten. De belemmering zit meer in het feit dat voor eerste stappen in de praktijk op lokaal of regionaal niveau ook institutionele aanpassingen op een hoger niveau (zelfs EU of WTO) aan de orde zijn.

### **3.3 Belemmerende werking van hogere kosten**

Een belangrijke factor bij de afweging van mogelijke investeerders in nieuwe technische systemen is de vergelijking van de prijs-prestatieverhouding met het bestaande systeem. Voor niches of bij de eerste stap naar grootschalige introductie liggen de kosten in het algemeen hoger, omdat de leercurve en de daarmee gepaard gaande kostenreductie samenhangt met de omvang en schaal van de toepassing. Men kan dit beschouwen als overgangskosten voor systeemvernieuwing. Daarnaast bepalen verwachtingen over het op termijn te bereiken kostenniveau in hoeverre rekening wordt gehouden met een structureel verschil. Voor de beschouwde systeemopties zal kort op de kosten worden ingegaan.

#### **Vloeibare biobrandstoffen voor transport**

Onderzoek naar nieuwe technieken voor verwerking van reststromen en houtachtige gewassen heeft tot een aanmerkelijke kostenreductie geleid, vooral in de bio-ethanolroute. Er zijn nog wel relevante prijsverschillen met de huidige brandstoffen, maar die lijken niet belemmerend. Ondernemers verwachten dat die prijsverschillen door technologische verbeteringen in de komende tien jaar worden geminimaliseerd. Overigens is de ontwikkeling van de biomassaprijs daarin een onzekere factor. Om op een aanvaardbaar kostenniveau te komen is wel grootschalige verwerking nodig, vooral bij vergassing en productie van Fischer-Tropschdiesel. Dat vraagt grote investeringen en is daarmee alleen haalbaar voor kapitaalcrachtige bedrijven. Dit in tegenstelling tot de biobrandstoffen die momenteel op de markt zijn, al is ook daar sprake van schaalvergroting. De productiekosten voor de momenteel ingezette biobrandstoffen liggen in het algemeen iets hoger dan voor benzine en diesel, al is rietsuikerethanol zeker concurrerend geworden.

#### **Biograndstoffen voor de chemie**

Voor deze toepassing is in algemene termen weinig te zeggen over kostenverschillen, gezien de grote diversiteit in processen binnen de chemie waarbij de inzet van biograndstoffen mogelijk is. Voor een deel van de processen zal de kostenvergelijking gunstig uitpakken en is toepassing waarschijnlijk. Hoe groot dat deel zou kunnen zijn, is onduidelijk.

#### **Duurzame viskweek voor behoud van de visvoorraad**

Door de jaarlijkse fluctuatie in aanbod en daarmee prijs van vismeel en visolie is de mate van vervanging door plantaardige varianten (veel soja) voor visvoerfabrikanten in de huidige situatie een kwestie van prijsvergelijking. Uiteindelijk is het aanbod van vismeel en visolie begrensd. Bij toenemende vraag naar visolie en vismeel zal naar verwachting de prijs verder toenemen, waardoor alternatieven meer kans krijgen. In potentie kwalitatief hoogwaardiger producten als algen en/of daaruit gewonnen omega-3-vetzuren zijn duurder. De kostenreductie in de ontwikkeling daarvan moet nog grotendeels vorm krijgen, maar er moet



rekening mee worden gehouden dat ze (op basis van vergelijkbare componenten) duurder blijven dan visolie en vismeel nu. In de toekomst worden de kosten van algen eerder afgewogen tegen plantaardige varianten, waarbij moet blijken of de extra kwaliteit (omega-3-vetzuren) in de markt de prijs waard is. Als een hogere prijs van visvoer leidt tot duurdere vis op de markt, zal de consument dit afwegen tegen andere voedingsmiddelen.

### **Markt voor groene diensten in de landbouw**

Doelstelling van deze systeemoptie is op een kosteneffectievere manier kwaliteit van natuur en landschap en waterbeheer te kunnen bieden. De kosten zouden op lange termijn dus lager komen te liggen dan bij het huidige systeem, bij een gegeven niveau van groene diensten. Hiervoor moet wel eerst een (qua grootte onbekende) investering worden gedaan in het opzetten van het nieuwe systeem. Daarnaast zullen de transactiekosten hoger zijn. Ten slotte is het de vraag of vragers daadwerkelijk kosten zullen besparen, omdat er geen sprake is van volledige concurrentie tussen aanbieders. De kosten van een markt voor groene diensten zijn dus in potentie lager, maar onzeker is of dat in de praktijk ook zo zal zijn.

### **Micro-WKK**

De vergelijking die de consument en woningcorporaties zullen maken, is die tussen nieuwe micro-WKK-installaties en HR-ketels die al op de markt zijn. De aanschafkosten liggen hoger, maar de energierekening zal omlaag gaan. Fabrikanten gaan ervan uit, dat een terugverdientijd van zo'n vijf jaar de micro-WKK-installaties voldoende aantrekkelijk maakt. Dat punt wordt genaderd voor de Stirlingtechniek en er is bij fabrikanten voldoende vertrouwen dat introductie in de praktijk snel tot een verdere verbeteringsslag zal leiden. De overgangskosten lijken dan ook niet belemmerend. Er worden geen collectieve middelen ingezet voor deze overgangskosten. Eerder is er sprake van belemmering door de dubbele energiebelasting die consumenten volgens de huidige regelingen zouden moeten betalen bij 'parkeren' van elektriciteit op het net.

Voor de brandstofcel wordt algemeen uitgegaan van een nog te doorlopen verbeteringstraject om de kosten omlaag te brengen. De verwachtingen omtrent het te behalen eindniveau verschillen enigszins. Sommige fabrikanten noemen een termijn van vijf tot tien jaar, waarop ook deze technologie qua kostenniveau marktrijp zou kunnen zijn. Echter, de brandstofcel heeft al bijna twee decennia het perspectief van de technologie voor de volgende generatie te zijn. Meer dan de overgangskosten zullen de naar verwachting te bereiken eindniveaus bepalend zijn voor de kansen van de brandstofcel voor deze toepassing.

### **Brandstofcelauto's op waterstof verkregen uit zonthermische krachtcentrales**

De voorgaande beschouwing over de brandstofcel geldt ook enigszins voor toepassing in de auto. Echter, er zijn verwachtingen dat de brandstofcel de auto ook op bepaalde onderdelen eenvoudiger kan maken, wat weer kostenbesparend kan werken. Meer nog dan de kosten

voor de brandstofcel zijn de kosten voor de productie van waterstof een belemmerende factor, ook voor de verwachting op de lange termijn. Het maakt rijden op waterstof, geproduceerd met energie in de vorm van elektriciteit, veel duurder dan rijden op fossiele benzine of diesel. Dat ligt niet zozeer aan de meerkosten van zonthermische krachtcentrales ten opzichte van andere productietechnieken voor elektriciteit, want die vallen mee. Het ligt vooral aan de energieverliezen bij de omzettingstappen in de waterstofketen. Een eerste raming laat zien dat een plug-in hybride-auto op elektriciteit uit zonthermische krachtcentrales qua kosten per verreden kilometer wel concurrerend is.

In de waterstofproductieketen moet ook rekening worden gehouden met overgangskosten. Het meest in het oog springend zijn deze bij de zonthermische krachtcentrales. Zoals aangegeven is de verwachting dat de meerkosten op termijn beperkt zullen zijn. De benodigde kostenreductie is echter afhankelijk van toename in schaal en omvang van de toepassing. Het gaat daarbij om investeringen, niet alleen in de centrales in de zonnrijke streken zelf, maar ook in de productieketen voor installatieonderdelen en in het transportsysteem van de geproduceerde elektriciteit (gelijkstroomnetwerk). Het tempo van introductie moet voldoende hoog liggen om de overgangskosten te minimaliseren.

### **3.4 Relatie tussen systeemopties**

Hoewel de systeemopties slechts een deel van het totale transitieproces omvatten, kunnen toch enkele elementen van interactie tussen systeemopties worden genoteerd.

#### **Biomassa en landgebruik**

In de systeemopties ‘Vloeibare biobrandstoffen voor transport’, ‘Biograndstoffen voor de chemische industrie en ‘Visvoer voor viskwekerijen’ wordt gebruik gemaakt van biomassa. Er zijn nog andere, niet beschouwde systeemopties, waarin biomassa een hoofdrol speelt, zoals biogas voor transport, biogas voor waterstofproductie in stationaire toepassingen, biomassa voor elektriciteits- en warmteproductie en toepassingen van hout. Voor een deel wordt daarbij gewerkt aan het benutten van nog niet gebruikte biomassa zoals afvalstromen en agrarische reststromen. Daarbij zijn er ook ontwikkelingen naar kwaliteitsverbetering van die stromen gericht op de afzetmogelijkheden en goede scheiding in de vorm van bioraffinage. Maar voor een belangrijk deel betekent dit specifieke teelt, dus landgebruik en daarmee ook concurrentie met landgebruik voor voedsel en andere bestaande toepassingen en concurrentie met land voor natuur.

Er wordt in de huidige situatie veel beleidsdruk gezet op bepaalde toepassingen. Er zijn MEP-regelingen voor de inzet bij elektriciteitsproductie. Er is de verplichting tot een percentage biobrandstoffen voor transport. Echter, voor biograndstoffen en plantaardig visvoer is er geen directe beleidsprikkel. Daardoor kunnen vooral mogelijkheden voor

biograndstoffen met een relatief gunstig milieuprofiel, maar iets hogere proceskosten kansloos worden. Voor alle systeemopties heeft de stijging van de olieprijs een positief effect op de kansen van de alternatieven met biomassa. Maar de beschikbaarheid van biomassa kan als gevolg van keuzen en afwegingen van individuele landen schaars worden en door de prijsontwikkeling minder aantrekkelijk. Zo zijn bijvoorbeeld de wereldmarktprijzen van oliehoudende gewassen en suiker de laatste jaren al fors opgelopen.

In de visie van het Platform Groene Grondstoffen worden hoge ambities neergezet voor de lange termijn. De beschikbaarheid van land voor biomassa is begrensd en afhankelijk van de competitie met andere vormen van landgebruik. Hogere productiviteit in de landbouw en op houtplantages moet dat deels ondervangen en technisch zijn daartoe zeker mogelijkheden, al streeft men in Europa juist naar een zekere extensivering, vanwege problemen in de stikstofkringloop en voor de natuur. Hoewel de Europese landbouw een flinke rol wordt toegedicht in de productie van biomassa en ook het benutten van hout verder wordt geoptimaliseerd in de visies, wordt, getuige de vele discussies en verkenningen van mogelijkheden tot certificering (Commissie Cramer), uitgegaan van meer import van biomassa van buiten Europa met risico's voor aantasting van de natuur elders.

Van belang zijn overigens ook de voortdurende technologische verbeteringen bij de productie van biobrandstoffen en biograndstoffen en de toename in de synergie tussen de verschillende toepassingen van biomassa. In de ontwikkeling van de technologie voor de verwerking van biomassa is veel overlap en ontstaat een win-win-situatie. Daarnaast ontstaan er mogelijkheden om reststromen uit de ene productieketen weer in te zetten in de andere keten om een optimaal rendement te verkrijgen. Bovendien is een cascadebenadering voor optimaal gebruik van biomassa van belang.

Een algemene visie op het gebruik van biomassa, die uitgaat van mondiale beschikbaarheid in relatie tot doelstellingen voor de natuur of biodiversiteit op mondiaal niveau, ontbreekt. Er is evenmin een mechanisme ontwikkeld dat inspeelt op meevallende of eventueel tegenvallende technologische ontwikkelingen bij de teelten (productiviteit).

### **Innovatie in de landbouw**

De landbouw speelt in alle systeemopties met biomassa een nadrukkelijke rol. In de eerste plaats gaat het om de grondgebonden landbouw als leverancier van biomassa, maar ook de veehouderijen als gebruikers van veevoer krijgen te maken met concurrentie om bepaalde reststromen als grondstof daarvoor (inclusief vismeel en visolie). Daarnaast is de systeemoptie 'markt voor groene diensten' grotendeels gericht op de landbouw.

Zes typen veranderingen kunnen worden onderscheiden:

- Nieuwe afzetmogelijkheden voor bestaande producten, waarbij verbetering van de processen doorgaat (verhoging opbrengst, minder milieubelasting).
- Inzet van agrarische reststromen, goede scheidingsprocessen (bioraffinage) om tot een hogere waarde te komen.

- Nieuwe teelten voor nieuwe toepassingen (zoals energieteelt van koolzaad en houtachtige gewassen).
- Kwaliteitsverbetering van bestaande producten door verhoging van gehalten van bepaalde stoffen.
- Nieuwe processen voor nieuwe producten, zoals kweek van algen – inclusief productie van specifieke stoffen voor fijnchemie of viskweek – en zagers als visvoer.
- Nieuwe producten in de vorm van diensten.

De laatste verandering staat op zich. Er zijn tal van initiatieven van individuele bedrijven in de richting van verbreding naar recreatie, zorg en agrarisch natuurbeheer, het laatste met betaling uit collectieve middelen. Een volwaardige markt voor groene diensten, ook voor zaken als woonomgevingskwaliteit, komt nog nauwelijks van de grond.

De eerste drie zijn al besproken in de voorgaande beschouwing over biomassa. Ook algenkweek is overigens in beeld als biomassabron voor energie. De landbouw richt zich sterk op verbetering van de bestaande processen, het zoeken van nieuwe afzetkanalen voor de bestaande producten en het benutten van meerwaarde van de bijproducten. Dat laatste betekent ook verbetering van de kwaliteit van die bijproducten en optimalisatie van bioraffinage. Gezien het feit dat meerwaarde vooral moet komen uit specifieke delen en componenten van de gewassen, zou geavanceerde bioraffinage in het vernieuwingstraject een belangrijke rol moeten spelen.

Minder uit de verf komt overigens innovatie in de richting van nieuwe producten, zoals teelt van houtachtige gewassen voor biobrandstof, algenkweek en teelt of kweek van gewassen of algen verrijkt met specifieke stoffen als basis voor de chemische industrie. Het kan gaan om verbindingen met bepaalde functionele groepen voor de bulkchemie, specifieke stoffen voor de fijnchemie of vetzuren voor visvoer. Onderzoekontwikkelingen op deze terreinen kunnen voor diverse systeemopties van betekenis zijn.

Het is niet zo dat de R&D-sporen in die richting ontbreken. Integendeel, Nederland loopt qua onderzoek in de voorhoede mee. Belangrijke belemmeringen voor toepassing in de praktijk zijn de zwakke ketenrelaties tussen de agroketen en de chemie, de structuur van de sector met veel kleine bedrijven met vooral traditionele know-how, problemen met maatschappelijk draagvlak voor genetische modificatie en problemen om institutionele experimenten los van bestaande instituties op te zetten. Ingrijpende veranderingen worden nog weinig als transitieprocessen benaderd, met de daarvoor benodigde tussenstappen en termijnen.

### **De auto van de toekomst**

In twee systeemopties wordt ingegaan op de auto en vooral ook de brandstof van de toekomst: vloeibare biobrandstoffen en brandstofcelauto's op waterstof, in het laatste geval uitgewerkt met productie van waterstof op basis van energie uit zonthermische krachtcentrales. Beide zijn voorbeelden van hernieuwbare energie. Daarnaast is de

conventionele motor uiteraard nog lang niet van de baan, aangezien deze ook nog schoner en zuiniger kan worden. Op enkele punten is ook een vergelijking gemaakt met een plug-in hybride-auto, 50% elektrisch (uit zonthermische krachtcentrales) en 50% op bio-ethanol.

De vloeibare biobrandstoffen worden alom gezien als de (voor sommigen enige) optie voor de korte en middellange termijn. Wat binnen de varianten voor biobrandstoffen als lange termijn wordt gezien, lijkt dichterbij dan de eerste stappen op weg naar de brandstofcelauto op zonne-energie. Brandstofcelauto's zijn al 15 jaar de optie voor over een jaar of 15-20, dit in wisselende voorkeur met de elektrische auto. De voorloper van de brandstofcelauto op waterstof zou de brandstofcelauto op benzine of diesel met reformer aan boord (voor de omzetting tot waterstof) kunnen zijn. Deze lijkt er niet te komen. In diverse ontwikkelingsvisies werd de brandstofcel met reformer op ethanol als tussenstap gezien, maar ook in die richting zijn geen concrete ontwikkelingen.

De hybride, rijdend op benzine en voorzien van accu's, is wel geïntroduceerd en kan de tussenstap naar de elektrische auto zijn. Als er voldoende elektriciteit uit hernieuwbare bronnen tegen een aanvaardbare prijs beschikbaar komt, dan komt deze optie zeker ook weer in beeld. Er treden immers aanzienlijke verliezen op bij de omzetting van elektriciteit naar waterstof. Het is ook denkbaar dat de vloeibare biobrandstoffen worden vervangen door gasvormige, zoals methaan, dimethylether en waterstof, als volgende generatie biobrandstoffen. Het eerste deel van de route via vergassing en FT-synthese tot diesel kan daarvoor worden ingezet, maar ook hiervoor geldt weer dat de totale waterstofproductie via deze route wordt beperkt door het aanbod van biomassa.

Er is veel activiteit gaande rond vloeibare biobrandstoffen. Een beperking van de afhankelijkheid van olie-exporterende landen speelt hierin een grote rol, wellicht nog meer dan schoner rijden. Er zijn geen aanwijzingen dat ontwikkelingen rond de brandstofcelauto of de elektrische auto hierdoor sterk worden geremd, net zo min als er versterkende effecten herkenbaar zijn.

### **Elektriciteitsvoorziening**

In twee opties wordt ingegaan op de elektriciteitsvoorziening. Micro-WKK is een alternatief met decentrale opwekking en de mogelijkheid van een virtuele centrale. Een andere optie is centrale productie door middel van zonthermische krachtcentrales (CSP) in de Sahara of eventueel Zuid-Europa met een gelijkstroomnetwerk voor transport over grote afstand. CSP is uiteraard een alternatief voor de elektriciteitsvoorziening in het algemeen, maar kan aan de basis staan van de keten naar de brandstofcelauto (of naar de plug-in hybride).

Mogelijke voordelen van virtuele centrales zijn dat de leveringszekerheid toeneemt en dat de centrale capaciteit kan worden beperkt. In een dergelijk netwerk zouden naast micro-WKK's (en dan vooral de versie met brandstofcellen) ook PV-cellen en windmolens kunnen worden opgenomen. De virtuele centrale is echter nu nog vooral een theoretisch concept, waar op bescheiden schaal mee wordt geëxperimenteerd. De mogelijke voordelen moeten dan ook nog in de praktijk worden bewezen.

Als micro-WKK er wel en de virtuele centrale er niet komt, bijvoorbeeld door ongunstige terugleververgoedingen, dan is opslag van te veel geproduceerde elektriciteit in de woning een alternatief. Met deze elektriciteit zouden bijvoorbeeld de accu's van de plug-in auto kunnen worden opgeladen. Dit voorbeeld geeft aan dat interessante combinaties met systeemopties mogelijk zijn.

Decentrale opwekking met micro-WKK bespaart op energie en reduceert daarmee ook CO<sub>2</sub>-emissies. Als echter in de toekomst centrale fossiele opwekking op grote schaal zou worden voorzien van CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag en de decentrale opwekking plaatsvindt met aardgas, dan emitteert micro-WKK juist meer CO<sub>2</sub> (maar is nog wel energiezuiniger). Wordt voor micro-WKK daarentegen waterstof als brandstof ingezet, dan kan ook dat CO<sub>2</sub>-neutraal worden geproduceerd.

Bij de opwekking van elektriciteit met CSP worden geen fossiele brandstoffen ingezet en komen geen emissies vrij. Deze technologie scoort daarom op alle milieuaspecten beter dan fossiele opwekking, ongeacht of dit centraal of decentraal gebeurt. Belangrijke drempels zijn de noodzaak van voldoende omvang om op een acceptabel kostenniveau te komen, de opbouw van een grootschalig gelijkstroomnetwerk en van internationale samenwerking, ook buiten de EU. De eerste installaties zijn duurder. Er is dus altijd sprake van overgangskosten bij zo'n systeemverandering. De technologische stand van zaken betekent dat een keuze hiervoor niet naar de lange termijn hoeft te worden doorgeschoven. Systeemopties met andere vormen van grootschalige elektriciteitsopwekking (schoon fossiel, nucleair, windparken) zijn niet uitgewerkt. Een vergelijking wordt daarom niet gemaakt.

## 4 Overheidsbeleid in transitieprocessen

### 4.1 Prikkels vanuit het beleid

#### 4.1.1 Relevant beleid

De Nederlandse overheid heeft met het NMP4 zaken als transities, transitie management en transitiebeleid geïntroduceerd in het milieubeleid. Dat wil echter niet zeggen dat de transitieprocessen met het NMP4 zijn begonnen en evenmin dat er niet eerder transitiebeleid was. Het werd alleen niet zo genoemd. Na het NMP4 zijn er onder de naam transities diverse beleidsacties ingezet, maar ook in de afgelopen jaren zijn er nog voor transities belangrijke beleidsstappen gezet buiten dat kader. In de MNP-evaluatie wordt geen onderscheid gemaakt in de totstandkoming van het beleid. Al het relevante beleid wordt beschouwd. Het gaat dus niet alleen om beleid dat onder de noemer van transities vanaf 2001 vorm heeft gekregen, maar ook om bijvoorbeeld relevant innovatiebeleid of klimaatbeleid.

#### 4.1.2 Overzicht van de belangrijkste beleidsinstrumenten voor de zes systeemopties

In deze paragraaf wordt een beknopt overzicht gegeven van de belangrijkste beleidsinstrumenten die zijn ingezet. Daarbij wordt de indeling van visie-ontwikkeling, Research & Development (R&D), praktijkexperimenten en niches en de eerste stappen naar grootschalige systeemverandering ('take-off') aangehouden.

#### **Vloeibare biobrandstoffen voor transport**

##### *Visie-ontwikkeling*

Vóór 2000 was de inzet van biomassa een optie voor de invulling van duurzame energie. In 2003 is onder impulsen van het Ministerie van Economische Zaken een visiedocument biomassa opgesteld, waarin een kwantitatief doel voor de lange termijn (30% in 2040) werd gesteld, ondersteund door vele partijen. Daarnaast is in het kader van transitiebeleid het initiatief genomen tot oprichting van een Platform Groene Grondstoffen, waarin diverse ondernemers in 2005 nog scherpere, kwantitatieve doelstellingen hebben geformuleerd, onder meer specifieke voor transport.

In de door de overheid uitgedragen visie (onder meer in de beleidsnota Verkeersemissies, maar vooral in de beleidsbrief Biobrandstoffen van het kabinet in maart 2006) werd een voorkeur geëtaleerd voor nieuwe technieken voor verwerking van reststromen en houtachtige gewassen. Nederland liep hierin voorop. Recent kwam dit ook in de EU-strategie als voorkeur op de lange termijn naar voren.

## *R&D*

Er liepen in 2000 al verscheidene relevante, door de overheid ondersteunde onderzoeksprogramma's. Dit heeft zich daarna doorgezet. Na 2000 heeft Nederland een belangwekkende bijdrage geleverd aan de ontwikkeling van nieuwe technieken, vooral met de fermentatie van C5-suikers en procesoptimalisatiestudies rond vergassing en HTU.

### *Praktijkexperimenten en niches*

Ten opzichte van andere Europese landen (met een krachtiger landbouwlobby) zijn biobrandstoffen in Nederland tot 2005 nauwelijks in de praktijk gebracht. Voor 2000 was er al sprake van enkele demonstratieprojecten. Die zijn er ook na 2000 geweest, maar van een echte intensivering was geen sprake. De overheid heeft hieraan minder impulsen gegeven (bijvoorbeeld in de vorm van accijnsvrijstellingen) dan in enkele andere landen. Een opmerkelijke niche is die van toepassing als brandstof voor rondvaartboten. Hierbij speelt de normstelling voor oppervlaktewater en de afbreekbaarheid van plantaardige olie (PPO) een rol.

### *Take-off*

Er is duidelijk sprake van een take-off onder impulsen van de overheid. Het gaat om accijnsvrijstelling in 2006, maar vooral om de aangekondigde verplichting van 2% biobrandstoffen in 2007 en van 5,75% in 2010 (de laatste overigens mogelijk met aanvullende criteria). Het heeft geleid tot een sterke uitbreiding van de capaciteit voor verwerking van biomassa en omzetting tot biodiesel en bio-ethanol. Langetermijntechnieken zijn daarbij nog nauwelijks in beeld.

## **Biograndstoffen in de chemische industrie**

### *Visie-ontwikkeling*

Dit is onderdeel geweest van de visievorming rond biomassa (zie visie-ontwikkeling vloeibare biobrandstoffen voor transport). Het Platform Groene Grondstoffen heeft in 2005 kwantitatieve doelstellingen geformuleerd, specifiek voor biograndstoffen. In de Toekomstagenda Milieu is men niet verder gegaan dan een aankondiging dat de haalbaarheid daarvan wordt getoetst.

### *R&D*

Het gaat om een breed veld:

- Landbouw, onder meer kwaliteitsverbetering door hogere gehalten van specifieke stoffen (GM speelt een rol); Nederland spreekt hier traditioneel een belangrijk woordje mee.
- Verwerking van biomassastromen, te beginnen met bioraffinage; onderzoek loopt gelijk op met biobrandstoffen (voor bulk vergelijkbare processen).
- Onderzoek naar nieuwe processen in de chemie (biotechnologie); dit omvat een veelheid van processen, waaraan al lange tijd onderzoek wordt gedaan.



*Praktijkexperimenten en niches*

Er waren rond 2000 al enkele niches, bijvoorbeeld van smeermiddelen bij toepassing in watersystemen, waarbij normstelling voor oppervlaktewater een stimulans heeft betekend, en van bioplastics, waarbij afbreekbaarheid in het milieu een positief element voor het imago van het product was. Recent zijn er nog wel enkele voorbeelden bijgekomen, maar gerichte impulsen heeft dit vanuit het beleid niet gehad.

*Take-off*

Implementatie in de chemische industrie kan geleidelijk, omdat het een veelheid van processen betreft die los van elkaar staan en verschillende karakteristieken hebben. Het beleid heeft geen instrumenten ingezet om implementatie in de praktijk te stimuleren. Eventuele vermindering van broeikasgasemissies in de keten levert de chemische bedrijfstak geen voordeel op (geen onderdeel van emissiehandel).

**Duurzame visweek voor behoud van de visvoorraad***Visie-ontwikkeling*

In 2002/2003 heeft de Europese Commissie in de strategie voor de duurzame ontwikkeling van de Europese aquacultuur als een van de acties onderzoek voorgesteld naar alternatieven voor vismeel en visolie. In 2004 heeft LNV hiervan elementen overgenomen, overigens zonder veel concreter te worden.

*R&D*

Het Nederlandse beleid ondersteunt onderzoek, maar er is geen sprake van krachtige stimulering. Het resultaat is niet meer dan enkele initiatieven van vernieuwende ondernemers naast activiteiten binnen de WUR.

*Praktijkexperimenten en niches*

Ook hiervoor geldt dat recent enkele initiatieven rond alternatief visvoer in de praktijk financiële steun van de overheid hebben gekregen, maar dat dit een incidenteel karakter heeft. Een belangrijk institutioneel praktijkexperiment op initiatief van de overheid is gericht op ketenafspraken tussen vissers in Peru (grootste exportland van vismeel en visolie) en de marktleider in visvoer.

*Take-off*

Er zijn ontwikkelingen gaande naar meer plantaardig voer in de praktijk, maar dit gebeurt vooral in het buitenland. Er is geen Nederlands beleid gericht op visvoer.

**Markt voor groene diensten***Visie-ontwikkeling*

Het idee van groene diensten is met name voor agrarisch natuurbeheer al vanaf midden jaren zeventig van de vorige eeuw vorm gegeven. Visie-ontwikkeling om een markt voor groene diensten te creëren, los van de landbouwproductie, is een jaar of tien geleden begonnen. Er

zijn ideeën geweest voor vormen van marktwerking, maar tot een concrete visie van de overheid hierover heeft dit nog niet geleid.

#### *R&D*

In denktanks, vooral binnen overheidskaders, zijn vooral de laatste jaren diverse institutionele concepten ontworpen voor een markt voor groene diensten. Er is daardoor munitie gekomen voor het aanscherpen van de visie op een markt voor groene diensten.

#### *Praktijkexperimenten en niches*

Er zijn met overheidsfinanciering diverse lokale of regionale activiteiten met groene diensten als experimenten ondersteund. De meeste experimenten waren echter vooral gericht op verbetering en uitbreiding van het bestaande systeem, en niet op een systeemverandering naar een markt voor groene diensten. In sommige experimenten betalen private partijen mee aan bepaalde diensten op regionaal niveau, mede door de overheid gestimuleerd.

#### *Take-off*

Hoewel er wel groene diensten worden geleverd (vooral agrarisch natuurbeheer) en er enkele niches bestaan, is er geen sprake van beleid in de richting van het grootschalig inrichten van een marktsysteem.

### **Micro-WKK en de virtuele centrale**

#### *Visie-ontwikkeling*

Micro-WKK was als technische optie voor 2000 al in beeld, maar speelde een kleine rol in de toekomstbeelden. Het transitiebeleid heeft de zichtbaarheid van de optie vergroot door het in te passen in de transitiepaden en het helpen creëren van samenwerkingsverbanden, bijvoorbeeld in 2002 middels het Team Nieuw Gas. Dat Team heeft een gekwantificeerde visie voor 2020 neergezet met de virtuele centrale als onderdeel daarvan. Later is het Platform Nieuw Gas opgericht, dat marktverwachtingen heeft geschetst. Er is in beleidsnota's geen heldere overheidsvisie rond de betekenis van micro-WKK in de toekomst, maar bedrijven zijn er steeds meer in gaan geloven, getuige hun voorbereiding van het op de markt brengen ervan.

#### *R&D*

De overheid heeft in diverse subsidieregelingen middelen beschikbaar gesteld voor onder meer ontwikkeling van micro-WKK (Nieuwe Energie Conversiesystemen en Technieken, NECST, 1999-2001, Nieuw Energieonderzoek NEO 2002-2004, Energie Onderzoeksubsidie EOS vanaf 2004). In de beschouwde periode ging onderzoek naar de Stirlingmotor richting de laatste stappen voor marktintroductie. Voor de brandstofcel is verbetering van de prijs-prestatieverhouding doorgegaan. Nederland speelt daarin een relevante rol.

*Praktijkexperimenten en niches*

Er zijn de laatste 5 jaar diverse praktijkexperimenten met de Stirlingmotor ondersteund door de overheid. Experimenten op systeemniveau, waarin ook het concept van de virtuele centrale een rol speelt en experimenten met brandstofcellen systemen zijn slechts met een beperkte omvang uitgevoerd of nog in voorbereiding. Overheidsprogramma's (genoemd onder R&D) bieden voldoende mogelijkheden voor ondersteuning hiervan.

*Take-off*

Introductie van de Stirlingmotor lijkt nabij. Productie in Nederland behoort tot de serieuze mogelijkheden. Voor de consument is de aanschafprijs hoger, maar de terugverdientijd door de energiebesparing bedraagt naar schatting 5 jaar. Er zijn geen overheidsinstrumenten ingezet om een extra prikkel tot introductie te geven.

**Brandstofcelauto's op H<sub>2</sub> verkregen uit zonthermische krachtcentrales***Visie-ontwikkeling*

Er moet in de eerste plaats worden geconstateerd dat visies vooral betrekking hebben en hadden op onderdelen van dit systeem. Visie-ontwikkeling op de gehele keten van energiebron tot gereden kilometers is er nauwelijks geweest.

De brandstofcelauto op waterstof is bij veel partijen in Nederland, maar ook daarbuiten, een voorbeeld van een schoon toekomstbeeld, ook genoemd in beleidsnota's. Veel concreter is het niet. Die visie was er al eind vorige eeuw en in die zin is er in de visie-ontwikkeling niet veel veranderd.

Rond zonthermische krachtcentrales is in Nederland nauwelijks sprake geweest van ontwikkeling van toekomstbeelden.

*R&D*

Onderzoek naar de brandstofcel en waterstof loopt al lange tijd. Op basis van het budget in Nederland en de bijdrage van de overheid hierin voor dit onderzoeksterrein speelt Nederland een relatief grote rol. De laatste jaren zijn de onderzoeksinspanningen naar toepassing van waterstof internationaal en ook in Nederland geïntensiveerd, het laatste mede als uitvloeisel van het gevoerde transitiebeleid.

Er is geen onderzoek in Nederland naar zonthermische krachtcentrales.

*Praktijkexperimenten en niches*

Er lopen slechts enkele door de overheid ondersteunde experimenten met bussen, karts en een vaartuig met brandstofcellen op waterstof.

*Take-off*

Beleid in Nederland is niet specifiek hierop gericht.

## Overzicht van effectiviteit van de beleidsdruk op transitieprocessen

In Figuur 4.1 zijn de genoemde gegevens in een overzicht samengebracht met een vergelijking van de situatie zoals die binnen een transitieproces rond 2000 was en momenteel is. Zonthermische krachtcentrales en de waterstofproductie voor de brandstofcelauto zijn uit elkaar getrokken om het verschil tussen deze twee onderdelen te laten zien. Weergegeven is de effectiviteit ofwel de mate waarin de beleidsprykkels hebben bijgedragen aan ontwikkelingen in de praktijk, met beschouwing van het belang van die ontwikkelingen. Bij visievorming spelen twee elementen een rol: impulsen aan marktpartijen en NGO's om tot een gezamenlijke visie te komen en de visie van de overheid zelf. Bij R&D, praktijkexperimenten en niches gaat het om het belang ervan in combinatie met overheidssteun in de vorm van communicatie, financiële bijdragen of normen. Dat geldt ook voor de 'take-off', waarbij de groei van de omvang van betekenis is. Het gaat overigens niet om een absolute vergelijking tussen de systeemopties (bijvoorbeeld van de ingezette middelen), omdat de omvang of complexiteit van de systeemopties verschillen.

Jaar		Visie	R&D	Experimenten niches	Take-off
2000	Vloeibare biobrandstoffen				
	Biograndstoffen chemie				
	Duurzame viskweek				
	Markt voor groene diensten				
	Micro-WKK				
	Zonthermische krachtcentrales				
	Waterstof en brandstofcelauto				
2006	Vloeibare biobrandstoffen				
	Biograndstoffen chemie				
	Duurzame viskweek				
	Markt voor groene diensten				
	Micro-WKK				
	Zonthermische krachtcentrales				
	Waterstof en brandstofcelauto				
	krachtig				
	redelijk sterk				
	matig				
	niet of nauwelijks				

Figuur 4.1 Indicatief beeld van effectiviteit van de beleidsdruk door de Nederlandse overheid op de activiteiten in het transitieproces

Uit het overzicht komt het beeld naar voren dat de Nederlandse overheid krachtige steun verleent aan onderzoek. Er zijn ook effectieve stimulansen geweest om het proces van visievorming bij de actoren in de praktijk te versterken, al is de inhoudelijke positionering van de overheid daarin soms als voorzichtig volgend te kenschetsen. In het geval van biobrandstoffen is de voorkeur voor nieuwe technieken wel een duidelijke geweest maar de krachtige prikkel in de take-off-fase is vooral gericht op de eerste generatie. Verder is er nog geen take-off, al lijkt die voor de eerste generatie micro-WKK dichtbij. De wellicht doorslaggevende beleidsprykkel is er echter nog niet.

De krachtige impuls op het onderzoek staat naast een in de praktijk minder krachtige, of beter gezegd minder efficiënte, impuls op praktijkexperimenten en niches. De financiële regelingen voor ondersteuning bij experimenten of investeringen zijn er in veel gevallen wel. Een voorbeeld is de Unieke Kansen Regeling, opgezet in het kader van transitiebeleid. In veel gevallen vragen de eerste concrete stappen naar praktijkschaal – maar dan gaat het al om take-off – zodanig grote investeringen dat dergelijke subsidieregelingen daarbij eigenlijk betrekkelijk weinig voorstellen. Ze zijn meer bedoeld voor kleinschaliger activiteiten of beperkte aanpassingen (vandaar de roep om durfkapitaal van sommige kanten). Van meer structureel belang is beleid dat de meerkosten van een nieuw product ten opzichte van het bestaande product wegneemt of compenseert. Dat kan door verplichting, maar ook – dikwijls eerst – met financiële instrumenten.

Juist op het terrein van dergelijke instrumenten voor energiegerelateerde innovaties zijn de impulsen onvoldoende geweest of zijn er nogal eens wijzigingen in regelingen geweest. Zo is Nederland tot 2006 minder ver gegaan in accijnsvrijstelling voor biobrandstoffen dan enkele andere Europese landen. Wijzigingen in regelingen brengen een onzekerheidsfactor in de afweging van bedrijven, zoals door diverse partijen is aangegeven. Het hoeft niet eens om regelingen op hetzelfde terrein te gaan. Een voorbeeld is het in 2003 aanscherpen en vervolgens intrekken van de regeling Energiepremies, waarna voor de aanschaf van HR-combiketels (met hoog rendement voor de opwekking van warm tapwater) en zonnepanelen geen subsidie meer kon worden verkregen. Ook de recente discussie over de MEP-regeling is een voorbeeld. Die maatregelen en discussies hebben invloed op investeringsbeslissingen van fabrikanten. Overigens moet er wel voldoende ondernemingsdrang zijn die daarop aansluit. Zo is een al in de jaren negentig toegezegde accijnsvrijstelling van tien jaar voor productie van ethanol als brandstof niet door ondernemers benut.

In ontwikkelingen rond alternatief visvoer voor viskwekerijen en zonthermische krachtcentrales geeft de overheid niet of nauwelijks impulsen. Zonthermische krachtcentrales zullen er niet komen in Nederland en viskwekerijen in beperkte omvang, maar in de productieketen kunnen er volop kansen ontstaan. In het beleid krijgt dit weinig aandacht. In de visketen is wel een interessant institutioneel experiment geïnitieerd om de productieketen van vismeel en visolie te verduurzamen.

## **4.2 Consistentie in beleid**

Het feit dat bepaalde prikkels wel of niet door de overheid worden gegeven, kan samenhangen met de visie van de overheid. Er kunnen systeemopties of varianten binnen systeemopties zijn die bewust minder steun krijgen om alternatieven meer kansen te geven. Dat kan passen binnen een beleid om achterliggende systeemopties of varianten een inhaalslag te laten maken om zo de diversiteit in de opties te vergroten. Het kan ook zijn dat er selectie plaatsvindt en bepaalde systeemopties of varianten niet meer in de overheidsvisie passen. Aangezien slechts zes systeemopties zijn geanalyseerd, kunnen er geen conclusies

over het proces als geheel worden getrokken. Er kunnen wel enkele observaties worden weergegeven:

- De impulsen om niches in te richten voor de eerste generatie vloeibare biobrandstoffen zijn in vergelijking met enkele andere Europese landen beperkt geweest. Dit past wel bij de duidelijke voorkeur voor de tweede generatie. Het feit dat recent zeer krachtige impulsen zijn gegeven aan de take-off met de eerste generatie is hiermee niet consistent.
- Voor biograndstoffen bestaan technische varianten die een groter rendement hebben op de vermindering van broeikasgasemissies bij de inzet van bepaalde biomassa dan varianten met biobrandstoffen. Toch is de beleidsdruk zodanig dat de biograndstoffen nauwelijks impulsen krijgen, waardoor de beschikbare biomassa wellicht niet optimaal ingezet wordt.
- De prijs-prestatieverhouding van nieuwe producten ten opzichte van die van bestaande producten is in vele gevallen een weerstandfactor voor verandering, zeker in de beginfase, als de leercyclus van de nieuwe technologie nog volop gaande is. Met financiële instrumenten kan de overheid hierin een stimulerende rol spelen (zoals met accijnsvrijstelling voor biobrandstoffen). In de praktijk is dit in beperkte mate gebeurd. De regelingen werden echter regelmatig veranderd en hebben daarmee niet de door de ondernemers gewenste mate van zekerheid op continuïteit voor een aantrekkelijk financieel plaatje gebracht.
- Voor groene diensten geldt dat de visieontwikkeling op een markt voor groene diensten al vóór 2000 is begonnen. Betaling van agrariërs voor het 'produceren' van groene diensten is vanaf 1975 steeds meer geaccepteerd. De eerste ideeën over het loskoppelen van de markt voor groene diensten van die voor landbouwproducten dateren van de jaren negentig. Veel ideeën zijn echter in de fasen van visievorming en onderzoek blijven steken. Dit komt doordat de EU-staatssteuntoets maar weinig ruimte biedt om aanbieders meer te betalen dan gemaakte kosten en gederfde opbrengsten. Ook schrikt de overheid op voorhand terug bij de complexiteit van nieuwe institutionele arrangementen (transactiekosten) en zijn er vraagtekens of concurrentie tussen aanbieders daadwerkelijk zal leiden tot kosteneffectieve levering van groene diensten. De overheid biedt wel ruimte voor experimenten door private partijen, maar een daadwerkelijke systeemwijziging naar een markt voor groene diensten vraagt een actievere rol. Lopende experimenten in de praktijk zijn vooral gericht op aanpassingen van het bestaande systeem van het Programma Beheer en leveren nauwelijks inzicht in de werking van alternatieve systemen.
- Een ontwikkeling naar micro-WKK op de lange termijn, eventueel met een virtuele centrale, vermindert de potentiële reductie die met CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag bij centrale elektriciteitsopwekking op termijn kan worden behaald. Dit kan de terughoudendheid bij overheidssteun voor de eerste generatie verklaren, maar de overheidsvisie is hierin niet helder, zodat bij partijen in de praktijk andere verwachtingen bestaan.

- Ontwikkelingen met brandstofcellen hebben meer ondersteuning en aandacht gekregen dan de productie van de daarvoor benodigde waterstof op de lange termijn uit andere dan fossiele bronnen en beschikbare biomassa. De toepassing van brandstofcellen, zowel in de auto als voor micro-WKK, lijkt nog (even) ver weg. Tussenstappen worden niet gezet, niches worden in Nederland niet ingericht. Het is onduidelijk of dit past bij een voorkeur voor alternatieven.
- Systeemopties gaan dikwijls over de grenzen van de ministeries heen. De inrichting van de Interdepartementale Directie voor de Energietransitie is een stap voorwaarts geweest om de overheidspositie in de transitie duidelijker te maken. Daarnaast heeft bijvoorbeeld ook het Innovatienetwerk voor deelsystemen, waarin landbouw en buitengebied centraal staan, belangrijke impulsen aan de processen gegeven.

### **4.3 Het Nederlandse beleid in internationale context**

De systeemopties die zijn bekeken, spelen zich niet binnen de Nederlandse grenzen af. Integendeel, grote delen van die systemen moeten of kunnen in het buitenland worden gerealiseerd. Dit kan de teelt van biomassa, zonthermische krachtcentrales, viskwekerijen of fabrieken voor micro-WKK–installaties betreffen. Dit geldt voor de technische en ruimtelijke invulling van het systeem, maar ook institutioneel. Een markt voor groene diensten moet passen binnen de al dan niet in de toekomst aan te passen regels van de EU en de WTO. Europese afstemming geldt ook voor tal van normen die men zou willen stellen.

De conclusie is dat Nederland voor enkele systeemopties in de internationale context invloed uitoefent op de ontwikkelingen. In andere gevallen staat Nederland meer aan de zijlijn.

Tabel 4.1. Voorbeelden van internationale aspecten in de systeemopties en de rol van het Nederlandse beleid daarin

Systeemoptie	Internationaal aspect	Rol Nederlands beleid
Vloeibare biobrandstoffen voor transport	Visievorming rond varianten voor de korte en lange termijn	Nederland voortrekker in voorkeur voor langetermijnvariant
	Directive met indicatie voor aandeel 2% in 2005 en 5,75% in 2010; Verdere EU-beleidsvorming op dit punt	Nederland vult de Directive in met verplichting 2% in 2007 en 5,75% in 2010, waarbij gezocht wordt naar hanteerbare extra criteria
Biograndstoffen voor de chemie	Beleid EU ten aanzien van genetische modificatie	Bijdragen aan totstandkoming
Duurzame viskweek voor behoud van de visvoorraad	Mondiaal beheer van de visstand, ook van vis bestemd voor vismeel en visolie	Initiatief tot afspraken in de keten tussen vissers in Peru en visvoerfabrikant in Europa
Markt voor groene diensten	EU-regels staatsteun en WTO-afspraken werken belemmerend. Groene diensten zijn vooral een thema in Nederland en in beperkte mate in Verenigd Koninkrijk en Duitsland. Andere lidstaten zien er weinig in	Nederland faciliteert de toets op staatsteun via catalogus, creëert experimenteerruimte in EU-plattelandsbeleid, maar ziet geen kans om regels aan te passen ten gunste van groene diensten.
Micro-WKK en de virtuele centrale	Samenwerking in internationale productieketen	Niet
Brandstofcelauto's op H <sub>2</sub> verkregen uit zonthermische krachtcentrales	Internationale consortia voor ontwikkeling CSP	Niet
	Internationale onderzoeksprogramma's rond waterstof (EU)	Ondersteuning deelnemen Nederlandse instituten

#### 4.4 Specifieke impulsen vanuit het klimaatbeleid

De vernieuwing in het milieubeleid in de richting van meer aandacht voor de lange termijn is voor een belangrijk deel ingegeven door de klimaatproblematiek en het feit dat de vermindering van de emissies van broeikasgassen met traditioneler beleid niet of nauwelijks is gelukt. In de meeste systeemopties kunnen de emissies van broeikasgassen dan ook afnemen. Klimaatbeleid zou erop gericht moeten zijn deze voordelen te benutten. Nagegaan is met welke beleidsinstrumenten wordt getracht dit voordeel in de praktijk gerealiseerd te krijgen.

In de situatie, dat bedrijven broeikasgasemissies emitteren en zij direct maatregelen in het bedrijf kunnen nemen om deze emissies te verminderen, kan met bedrijfsgericht beleid worden volstaan. Hoewel een systeem van emissierechten als een koepel daarboven kan



worden gezien, ligt de basis hiervoor nog steeds in een aanpak op bedrijfsniveau. Op systeemniveau volstaat deze benadering in vele gevallen niet, omdat de eerste actienemers dikwijls niet direct verantwoordelijk zijn voor de emissies. Dit blijkt ook uit de overzichten voor de systeemopties in Bijlage 7. Er moet beleid op systeemniveau worden ontwikkeld. Voor de biobrandstoffen is hieraan invulling gegeven en dit brengt het veranderingsproces ook nadrukkelijk op gang. Kyotodoelstellingen hebben hieraan een eerste impuls gegeven. Die zijn vertaald naar systeemniveau met doelstellingen voor het aandeel biobrandstoffen. Overigens wordt hierbij ook duidelijk dat er een extra uitdaging ligt in een zodanige vormgeving van het beleid dat het handhaafbaar is. Immers, een verplichting voor een bepaald aandeel biobrandstoffen vraagt een daarop aangepast handhavingssysteem (dat geldt evenzeer voor eventuele doelstellingen om afwenteling tegen te gaan).

Als daarnaast onderscheid bestaat tussen wel en niet gewenste biobrandstoffen, neemt de complexiteit snel toe. Dit geldt ook voor biograndstoffen of visvoer. Momenteel wordt onderzocht of er eisen kunnen worden gesteld aan de reductie van broeikasgasemissies over de productieketen heen. Hierbij kunnen eenvoud van de regelgeving en flexibiliteit in de praktijk elkaar in de weg zitten. Eenvoud zou kunnen zitten in aangeven, welke technieken, teelten, processen wel passen en welke niet zijn toegestaan. Dit ontnemt de praktijk echter een stukje flexibiliteit. Een andere benadering, bijvoorbeeld in de vorm van emissiereductie over de gehele keten, laat alle technische mogelijkheden open, maar leidt tot complexiteit in de uitvoering en handhaving. In alle gevallen zal dit type beleid overigens vorm krijgen in een internationale context.

Voor de andere systeemopties dan biobrandstoffen is klimaatbeleid nog terughoudend of zoekende om in te spelen op het systeemniveau.



## 5 Conclusies

Met het NMP4 zijn transities in het milieubeleid geïntroduceerd. Daarmee werd niet alleen de nodige aandacht gekregen in de vorm van innovatiebeleid, er werden ook diverse programma's doelstellingen voor de lange termijn gepresenteerd en er werd ook al een aanzet gegeven om te werken aan noodzakelijk geachte ingrijpende systeemveranderingen. Maar dit betekende niet dat de beleidspraktijk geheel werd omgegooid. Tal van doelen voor de korte termijn bleven onverkort van kracht. Veel maatregelen voor verbetering op de korte termijn hielden prioriteit. De lange termijn was ook voor het verschijnen van het NMP4 al belangrijk voor schone technologie en voor doelstellingen zoals die voor duurzame energie. Het was dan ook zeker niet zo dat alle milieurelevante transitieprocessen aan het begin stonden.

Voordat transities plaatsvinden, gaat daar meestal een lange periode van voorbereiding aan vooraf. Transitiebeleid ondersteunt de activiteiten daarin, zoals visievorming, R&D, experimenten en inrichten van niches. Een overzicht van de ontwikkelingen in het beleid tussen 2000 en 2006 ter ondersteuning van die activiteiten, laat zien dat er meer effectieve beleidsimpulsen zijn gegeven. Een belangrijk deel van die extra beleidsimpulsen komt voort uit nieuw gestarte activiteiten vanuit de overheid, vooral gericht op meer visievorming bij marktpartijen en meer mogelijkheden voor en samenwerking bij R&D en experimenten. Enkele belangrijke beleidsimpulsen in het proces kwamen overigens voort uit al bestaande beleidskaders, zoals de verplichting tot een aandeel biobrandstoffen. Het milieubeleid wordt nog niet vanuit een overkoepelende visie op de lange termijn gestuurd.

### **Veel aandacht voor kortetermijnresultaten in de praktijk**

Alle beschouwde systeemopties omvatten varianten die op korte termijn realiseerbaar zijn en varianten voor de lange termijn (in de praktijk soms met eerste en tweede generatie aangeduid). Voorbeelden zijn de Stirlingmotor tegenover de brandstofcel voor micro-WKK of koolzaaddiesel tegenover diesel op basis van vergassing van houtachtige biomassa. Ook een brandstofcelauto waarin met een reformer waterstof uit benzine of gas wordt gemaakt in plaats van dat waterstof afkomstig van duurzame energie wordt getankt, is een voorbeeld. De langetermijnvarianten kennen relatief meer en sterkere positieve effecten en minder nadelen, maar zijn technisch of institutioneel complexer om in te passen. Zoals al aangegeven, vormen de doelstellingen voor de korte termijn een prikkel om snel resultaat te boeken. In de praktijk van het transitiebeleid worden met zogenaamde communicatieve instrumenten vooral prikkels gegeven aan marktpartijen om de transitie ter hand te nemen. In de praktijk is bij ondernemers veel aandacht voor realisatie van de kortetermijnvarianten. Daarin zit immers winst op de korte termijn.

In hoeverre zijn de kortetermijnvarianten wegbereiders voor de langetermijnvarianten? Technisch gezien betreft het veelal sterk van elkaar verschillende technieken of processen, waardoor het leereffect op dat punt beperkt blijft. De brandstofcelauto met reformer zou wel

een duidelijke eerste stap zijn op weg naar de brandstofcelauto waarmee men waterstof tankt, maar die lijkt er niet te komen. De toepassing van de kortetermijnvarianten brengt het systeem wel in beweging. Voorbeelden daarvan zijn zichtbaar. De nabij lijkende introductie van de eerste micro-WKK apparaten zet nog sterker aan tot concretisering van terugleververgoedingen en experimenten met het concept van de virtuele centrale, van belang voor de lange termijn. Beleid zet aan tot een snelle introductie van beschikbare biobrandstoffen, mede om Kyotodoelstellingen voor de korte termijn te halen. Het leidt tot discussie over kwaliteit van en criteria voor biobrandstoffen, een discussie die een ontwikkeling in de richting van betere technieken versnelt.

De kortetermijnvarianten kunnen echter de nieuwe concurrenten van de langetermijnvarianten worden. Introductie zal immers ook tot meer middelen voor optimalisatie leiden. Er gaan meer belangen mee samenhangen. Dit kan voor biobrandstoffen gaan spelen. Bij micro-WKK lijkt er minder sprake van een dergelijke belemmering, want de brandstofcel kan naar verwachting deels naast en deels als de opvolger van de Stirlingmotor worden geïntroduceerd. Beleid voor de lange termijn vraagt om een gerichte afweging hoe het beste gebruik te maken van snel beschikbare technieken of institutionele aanpassingen om een versnelling in het transitieproces te bewerkstelligen.

### **Intensivering van langetermijnbeleid beperkt gebleven**

Er is sprake van intensivering van beleid gericht op de lange termijn, hoewel de intensivering van langetermijnbeleid beperkt is gebleven. In de praktijk lijken de kortetermijnvarianten te veel doel op zich en is nog te weinig aandacht voor het optimaal gebruik maken van de kortetermijnvarianten om zo snel en effectief mogelijk naar het doel op de lange termijn te komen. Een helder kader, waarin het langetermijnbeleid eenduidig vorm wordt gegeven, ontbreekt. Het blijkt dat ook de omvorming van milieubeleid naar transitie management de nodige tijd vraagt.

### **Overheid terughoudend met visie op de toekomst**

Het Nederlandse beleid is terughoudend met het concretiseren van een toekomstvisie vanuit de in het NMP4 aangegeven filosofie dat zoveel mogelijk opties opengehouden moeten worden en de markt de keuzes gaat maken. Met communicatieve instrumenten, onder meer door de creatie van platforms, is vooral het samenspel daarover tussen partijen versterkt. Dit heeft geleid tot concretere visies bij ondernemers en NGO's. De overheid heeft zelf ook een rol gespeeld met een visiedocument biomassa en met een voorkeur voor inzet van reststromen en houtachtige gewassen, wat ook invloed lijkt te hebben op de EU-strategie. Opvallend is een ambitieuze kwantitatieve doelstelling voor biograndstoffen van het – door de overheid geïnitieerde – Platform Groene Grondstoffen, waar de Toekomstagenda Milieu niet verder gaat dan onderzoek van de haalbaarheid daarvan.

In de zin van het stellen van randvoorwaarden is er sprake van onevenwichtigheid, bijvoorbeeld wel kwantitatieve doelen voor broeikasgasemissies op de lange termijn, maar niet voor landgebruik, terwijl dat relevant is voor de natuurwaarde.

### **Krachtige steun voor onderzoek**

Op het gebied van onderzoek zijn er al lange tijd diverse op ‘schone’ technologie gerichte ondersteunende overheidsprogramma’s geweest. Voor de onderzochte systeemopties geldt dat Nederland een vooraanstaande rol speelt in het toepassingsgerichte onderzoek. Slechts op het terrein van zonthermische krachtcentrales doet Nederland niet mee. De activiteiten in het kader van transitiebeleid hebben de samenwerking tussen verschillende partijen versterkt. Bezien in het internationale karakter van transitieprocessen kan geconcludeerd worden dat Nederland krachtige steun geeft aan onderzoek.

### **Beperkte impuls van financiële regelingen op experimenten en niches**

Anders ligt het met de inrichting van niches of grootschaliger experimenten in de praktijk. Voor de energietransitie is de Unieke Kansen Regeling ingericht. Er zijn ook programma’s voor aquacultuur en groene diensten. Toch hebben deze slechts in beperkte mate geleid tot experimenten met de varianten voor de lange termijn of de inrichting van niches. Financiële regelingen om de kostendrempel (een ongunstige prijs, zeker in de aanloopfase, ten opzichte van bestaande producten op de markt) weg te nemen, zijn uitgebleven of hebben ondernemers weinig zekerheid voor een langere periode gegeven. In het geval van institutionele vernieuwing – zoals bij een markt voor groene diensten – is het erg lastig gebleken om experimenten los van de bestaande (ook internationale) instituties uit te voeren. De financiële regelingen hebben (soms door de onzekerheid over continuïteit daarin) slechts beperkt tot meer praktijkexperimenten en niches geleid.

### **Beperkte inzet collectieve middelen voor overgangskosten**

Hogere kosten vormen een belangrijke barrière voor transitie. De overgangskosten naar het nieuwe systeem zijn de kosten bij eerste introductie en spelen bij niches en eerste stappen (‘take-off’) naar grootschalige introductie. Ze liggen over het algemeen hoger in vergelijking met het huidige systeem. Er zijn beperkt collectieve middelen ingezet voor deze overgangskosten; alleen bij biobrandstoffen (accijnsvrijstelling) en groene diensten (betaling voor agrarisch natuurbeheer).

### **Verwachtingen over toekomstige kostenniveaus meestal geen belemmering**

De verwachtingen over de kostenniveaus voor biobrandstoffen en diverse voorbeelden van biograndstoffen op de lange termijn zijn niet belemmerend voor de voortgang. Hetzelfde kan gelden voor CSP in Noord-Afrika, zij het dat die optie in Nederland tot nu toe nauwelijks in

beeld is geweest. Bij plaatsing in Zuid-Europa is de verwachting dat het verschil met de huidige productiekosten voor elektriciteit iets groter is. Ook over brandstofcellen zijn diverse ondernemers positief, mede gelet op de energiebesparing waarvan gebruikers kunnen gaan profiteren. De productie van waterstof op basis van elektriciteit zal naar verwachting echter wel tot hogere kosten per verreden kilometer leiden dan nu met benzine of diesel, wat belemmerend werkt op de voortgang van de ontwikkeling. Kwalitatief hoogwaardige alternatieven voor vismeel en visolie, zoals gekweekte algen, blijven naar verwachting relatief duur, maar zij hoeven in de toekomst niet te concurreren met vismeel en visolie. Gezien de beperkte beschikbaarheid van gevangen vis, zal toch naar alternatieven uitgeweken moeten worden.

### **Krachtige beleidssteun voor systeemverandering alleen bij biobrandstoffen**

Van een echte aanzet tot systeemverandering ('take-off') is alleen sprake bij biobrandstoffen met krachtige beleidsimpulsen in lijn met de EU-Directive (aangekondigde verplichting van 2% vervanging van fossiele brandstof in 2007 en 5,75% in 2010). Dit leidt tot veel activiteit bij ondernemers om het systeem daarvoor in te richten en kansen daarin te grijpen. Hieruit blijkt de kracht van normstelling. Echter, de technologie voor bijvoorbeeld het verwerken van reststromen uit landbouw en industrie is nog niet zover dat daarmee de verplichting kan worden ingevuld. De invulling van de EU-Directive zal daarom gebeuren met beschikbare technologie en door importen met risico's voor negatieve effecten op de natuur. Er dient daarom in het beleid meer aandacht te zijn voor het tempo van de introductie en de mogelijke neveneffecten.

Bij micro-WKK is de 'take-off' genaderd, getuige de voorbereidingen bij bedrijven voor serieproductie. Onzeker is nog of de terugverdientijd op basis van energiebesparing voldoende aantrekkelijk is voor consumenten en woningcorporaties om te compenseren voor de hogere aanschafprijs. Er zijn geen ondersteunende overheidsinstrumenten ingezet in de vorm van financiële ondersteuning of normen. Aanpassing van de regeling voor energiebelasting (dubbel betalen als mensen elektriciteit aan het net leveren en later weer afnemen) is een discussiepunt.

### **Geen consistent beleid op inzet van biomassa**

Systeemopties kunnen concurrerend zijn. Dat geldt bijvoorbeeld voor de inzet van meer biomassa. De beleidsprikkel daarachter hebben in de diverse systeemopties verschillende vormen en dus verschillende kracht. Dit kan verstoring werken voor een optimale inzet van biomassa, bijvoorbeeld vanuit het oogpunt van vermindering van broeikasgasemissies.

In de systeemopties biobrandstoffen, biograndstoffen en duurzame viskweek wordt een groter gebruik gemaakt van biomassa, waar land voor nodig is. Daarnaast wordt biomassa ingezet bij elektriciteitsproductie en is (dezelfde soort) biomassa grondstof in tal van bestaande processen. Mogelijk verlies van terrestrische natuurwaarde en landbouwgrond voor

voedsel zijn belangrijke aandachtspunten, naast een efficiënte inzet van de beschikbare biomassa voor vermindering van broeikasgasemissies. Biomassa kan als gevolg van keuzen van individuele landen schaars en door prijsstijging minder aantrekkelijk worden.

Qua technologieontwikkeling is er sprake van win-win-situaties. Voorbeelden zijn verwerkingstechnieken van biomassa zoals, bioraffinage, fermentatie of vergassing en productie van algen.

Er is echter geen overkoepelende overheidsvisie en geen afstemming tussen de beleidlijnen voor de verschillende toepassingen, waardoor optimalisatie – door de overheid zelf of door de markt – in de weg wordt gestaan.

### **Nederland internationaal soms koploper, soms achterblijver**

De vormgeving van consistent langetermijnmilieubeleid in Nederland moet in wisselwerking met de EU en andere internationale kaders gebeuren. Op enkele punten heeft Nederland een voortrekkersrol, zoals bij de visievorming op nieuwe technieken voor biobrandstoffen, in bepaalde onderzoeksprogramma's en bij ketenafspraken over visvangst voor de productie van vismeel en visolie. In andere systeemopties speelt Nederland een bescheiden of geen rol. Ondersteuning van vernieuwers in de praktijk met biobrandstoffen is in het buitenland sterker geweest en bij CSP speelt Nederland geen rol. De internationale ontwikkelingen bepalen enerzijds het tempo, maar bieden ook kansen om aan te haken en daarmee de activiteiten in Nederland in gang te zetten of te versterken.

Tot slot. De gemaakte analyse is gebaseerd op zes beschouwde systeemopties. Ze zijn zodanig gekozen dat ze een breed beeld geven over de processen en het beleid en dat ze op de terreinen van alle betrokken ministeries liggen. Daarmee is er niet één systeem (zoals wegvervoer, elektriciteitsvoorziening of teelt en inzet van biomassa) waarvoor alle systeemopties in beeld zijn gebracht. Het is dan ook weinig zinvol de beschouwde systeemopties te vergelijken op zaken als de fase waarin ze verkeren en de potentiële effecten.





## Literatuur

Born, G.J. van den en J.P.M. Ros (2006) Biograndstoffen voor de chemische industrie, Evaluatie van transitie op basis van systeemopties, Milieu- en Natuurplanbureau, Rapport 500083005, Bilthoven.

Elzenga, H.E., J.A. Montfoort en J.P.M. Ros (2006) Micro-warmtekracht en de virtuele centrale, Evaluatie van transitie op basis van systeemopties, Milieu- en Natuurplanbureau, Rapport 500083003, Bilthoven.

Nagelhout, D en J.P.M. Ros (2006) Brandstofcelauto op waterstof verkregen uit zonthermische krachtcentrales (CSP), Evaluatie van transitie op basis van systeemopties, Milieu- en Natuurplanbureau, Rapport 500083007, Bilthoven.

Reudink, M.A., H. van Zeijts en J.P.M. Ros (2006) Markt voor groene diensten, Evaluatie van transitie op basis van systeemopties, Milieu- en Natuurplanbureau, Rapport 500083004, Bilthoven.

Rood, G.A., D. Nagelhout, J.P.M. Ros en H.C. Wilting (2006) Duurzame viskweek voor behoud van de visvoorraad, Evaluatie van transitie op basis van systeemopties, Milieu- en Natuurplanbureau, Rapport 500083006, Bilthoven.

Ros, J.P.M. en J.A. Montfoort (2006) Evaluatie van transitie: systeemoptie vloeibare biobrandstoffen, Milieu- en Natuurplanbureau, Rapport 500083002, Bilthoven.

Ros, J.P.M., J.C.M. Farla, J.A. Montfoort, D. Nagelhout, M.A. Reudink, G.A. Rood en H. van Zeijts (2006) Evaluatiemethodiek voor NMP4-transities, Bouwtekening voor de evaluatie van het beleid ter ondersteuning van systeeminnovatie op de lange termijn, Milieu- en Natuurplanbureau, Rapport 500083001, Bilthoven.



## Bijlage 1. Vloeibare biobrandstoffen voor transport

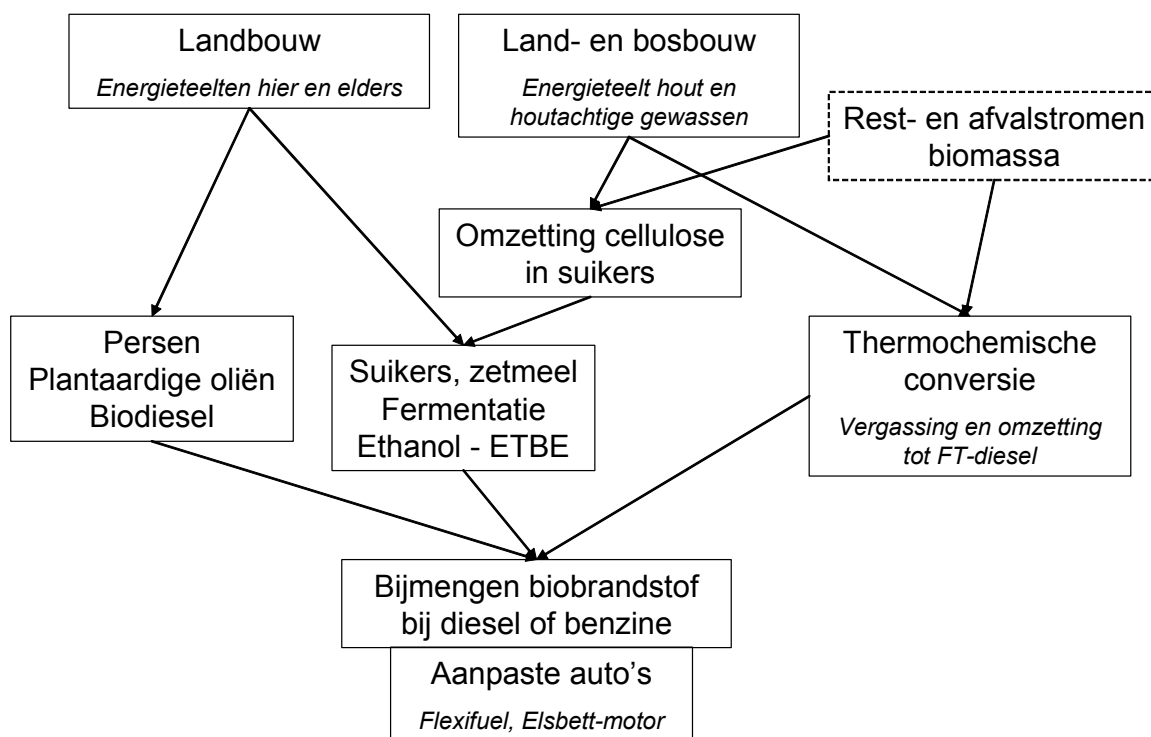
### Introductie

De systeemoptie beperkt zich tot vloeibare (bij normale druk en temperatuur) biobrandstoffen voor transport. Biobrandstof kan worden bijgemengd bij benzine of diesel uit fossiele bronnen, maar ook puur of in hoge concentraties worden ingezet, waarvoor in veel gevallen aangepaste auto's nodig zijn.

Aan de grondstoffenkant is er onderscheid tussen teelt van de traditionele landbouwgewassen, teelt van houtachtige gewassen of hout op plantages en inzet van rest- en afvalstromen. Dit kunnen agrarische reststromen zijn, maar ook reststromen uit de voedingsindustrie of GFT.

Twee verwerkingslijnen maken gebruik van bekende technologie. De eerste is het uitpersen van plantaardige oliën, dat kan worden gebruikt of verder omgezet tot biodiesel. De tweede is de fermentatie van suikers – direct of op basis van zetmeel – tot ethanol. In de laatste lijn is de vernieuwing gericht op voorbereiding van cellulosehoudende biomassa en optimalisatie van de omzetting van allerlei suikers. FT-diesel is in feite ook een vorm van biodiesel, maar wordt anders aangeduid om het onderscheid te kunnen maken. Het wordt met de Fischer-Tropsch-synthese bereid uit syngas, product van de vergassing van biomassa. Overigens zijn er in de praktijk nog tal van andere varianten en tussenvormen.

### Vloeibare biobrandstoffen



## Samenvatting

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

### Relevante doelstellingen op de lange termijn

- In het kader van klimaatbeleid streeft het kabinet ernaar met de inzet van CO<sub>2</sub>-neutrale biomassa bij te dragen aan reducties van broeikasgasemissies in 2050 van 50% ten opzichte van 1990 (zie Toekomstagenda Milieu). Vloeibare biomotorbrandstoffen zijn onderdeel hiervan.
- Biomassa biedt de mogelijkheid de diversiteit in het energieaanbod en daarmee de leveringszekerheid te vergroten. Voor transport kan daarmee de afhankelijkheid van olie-exporterende landen worden verminderd.
- In een visiedocument van het Ministerie van Economische Zaken uit 2003 opgesteld in samenspel met andere partijen wordt een biomassabijdrage van 30% aan de energievoorziening in 2040 genoemd. Het platform Groene Grondstoffen van ondernemers noemt specifiek voor biomotorbrandstoffen een percentage van 60% in 2030.
- Hoewel het beleid geen officiële kwantitatieve doelen heeft geformuleerd, worden kansen gezien voor versterking van de landbouwsector, zowel in Europa als in ontwikkelingslanden.
- Er is bezorgdheid over het extra landgebruik voor biomassa en de concurrentie met voedselvoorziening en met natuur, waardoor het voorkómen van deze neveneffecten een bijkomend doel is geworden.

### Betekenis van vloeibare biobrandstoffen voor het klimaatdoel

- Uit analyses over de gehele productie-gebruiksketen ('well-to-wheel') blijkt dat voor momenteel toegepaste biobrandstoffen op basis van teelt in Europa emissiereducties voor broeikasgassen mogelijk zijn. Reducties variëren veelal tussen 10 tot 60% ten opzichte van benzine en diesel uit fossiele bronnen.
- Voor biobrandstoffen uit import van palmolie of rietsuikerethanol zijn emissiereducties mogelijk van 60 tot 90%.
- Voor biobrandstoffen geproduceerd met nieuwe processen met als grondstoffen tal van reststromen, hout en houtachtige stromen zijn emissiereducties tussen 60 en 95% haalbaar ten opzichte van benzine en diesel.
- Hoge emissiereducties in 'well-to-wheel'-analyses worden vooral bereikt door de extra inzet van CO<sub>2</sub>-neutrale biomassa voor de benodigde warmte en elektriciteit bij de omzetting van biomassa in vloeibare brandstoffen.

- De beschikbare en al toegepaste basistechnieken voor productie van biodiesel (op basis van plantaardige oliën) en bio-ethanol (op basis van C6-suikers en zetmeel) zijn minder energie-intensief dan in ontwikkeling zijnde nieuwe processen, die daartegenover het voordeel hebben houtachtige gewassen en nog niet benutte reststromen van de land- en bosbouw of de voedingsindustrie te kunnen verwerken.
- Voor diverse biomassastromen is een andere toepassing dan omzetting in vloeibare brandstoffen voor de reductie van broeikasgasemissies momenteel kosteneffectiever. Dit geldt bijvoorbeeld voor het bijmengen van houtsnippers bij kolengestookte elektriciteitscentrales. Er moet nog worden onderzocht, wat op de lange termijn de meest efficiënte toepassing is rekening houdend met alternatieven voor de lange termijn.
- Reductiepercentages van meer dan 50% (het langetermijndoel) zijn haalbaar met een aantal varianten van biobrandstoffen. De daadwerkelijke bijdrage aan het totaal wordt beperkt door de beschikbaarheid van land voor de teelt van biomassa.
- Bij de genoemde emissiereducties is geen rekening is gehouden met CO<sub>2</sub>-emissies uit de bodem als gevolg van de intensieve teelt. Deze extra emissies kunnen in sommige gevallen het positieve effect voor vele decennia geheel of gedeeltelijk teniet doen.

### **Betekenis van vloeibare biobrandstoffen voor andere doelen**

- **Doel energiezekerheid en bijdrage biomassa aan de energievoorziening.** Er kan een positief effect op de energiezekerheid worden verwacht door eigen productiecapaciteit in Europa en door import van rietsuikerethanol, palmolie en soortgelijke producten uit andere landen dan olie-exporterende landen. In Nederland zou het aanbod van mogelijk beschikbaar komende biomassa in 2030 zo'n 10% van de totale energievraag kunnen dekken, vooral met reststromen. Voor het behalen van de doelstelling is daarom veel import nodig, hetgeen bijdraagt aan de internationale spanning tussen vraag naar en aanbod van land.
- **Doel benutting kansen Europese landbouw.** De Europese landbouw levert momenteel vooral in Duitsland en Frankrijk een substantiële bijdrage aan de teelt voor biobrandstoffen. In Nederland zal energieteelt naar verwachting geen grote rol spelen.
- **Doel voorkómen negatieve neveneffecten van biobrandstoffen op de natuur.** Bij alle teelten moet per saldo rekening worden gehouden met verlies aan natuurwaarde (ook in geval van verlaten landbouwgronden, die anders immers een natuurfunctie zouden kunnen krijgen). Vermindering van broeikasgasemissies heeft een positief effect op de natuur, extra landgebruik voor energieteelt een negatief effect. Het per saldo effect op de natuurwaarde (gedefinieerd als de verandering ten opzichte van de natuurlijke situatie) wordt – de vele onzekerheden beschouwend – negatief geschat bij emissiereducties kleiner dan  $20 \pm 10$  ton CO<sub>2</sub>-eq per hectare. Emissiereducties in de praktijk liggen voor teelt in Europa en basistechnieken veelal tussen 1 en 8 ton CO<sub>2</sub>-eq per hectare, voor nieuwe technieken met houtachtige gewassen tussen 6 en 10 ton CO<sub>2</sub>-eq per hectare en voor palmolie en rietsuikerethanol tussen 8 en 12 ton CO<sub>2</sub>-eq per hectare. Overigens past hierbij de kanttekening dat natuurwaarde geen inzicht geeft in alle relevante natuuraspecten, zoals over soorten op de Rode Lijst.

**Beoordeling van het proces en de rol van het Nederlandse beleid**

- De productiecapaciteit voor vloeibare biobrandstoffen in Europa is vanaf 2000 sterk toegenomen onder invloed van landbouwbelangen, impulsen vanuit Europees beleid en accijnsvrijstellingen in diverse landen. De verwachting is dat de exponentiële toename zeker tot 2010 zal aanhouden, voornamelijk met basistechnieken.
- In R&D naar nieuwe technologie speelt Nederland met overheidssteun een relatief grote rol. De nieuwe technieken zijn in Nederland nog niet tot het stadium van experimenten op praktijkschaal gekomen.
- De Nederlandse visie op de lange termijn heeft eerder dan in andere landen een nadrukkelijke voorkeur gekend voor de nieuwe technieken met meer inzet van reststromen. Het is waarschijnlijk, dat deze visie heeft bijgedragen aan de recente beweging van de Europese strategie in dezelfde richting.
- Het Nederlandse beleid heeft tot 2005 veel minder ondersteuning gegeven aan initiatieven van ondernemers om biobrandstoffen op de markt te brengen met basistechnieken dan landen als Duitsland, Frankrijk en Zweden. Er is in Nederland nauwelijks productie geweest. Inmiddels is Nederland begonnen aan een inhaalslag, vooral met de aangekondigde verplichting van 2% in 2007 en 5,75% in 2010 (het laatste in lijn met de EC-Directive), waarvoor gezien de capaciteitsopbouw voornamelijk basistechnieken zullen worden ingezet.
- Met de aangekondigde verplichting voor 2010 wordt beoogd een bijdrage te leveren aan het halen van Kyoto-doelstellingen voor de korte termijn. Hiermee kan een vermindering van de CO<sub>2</sub>-emissie van verkeer met 2,1 Mton worden bereikt. Maar in de productieketen nemen de emissies toe, voor de landbouw vooral in het buitenland, voor de industriële verwerking deels in Nederland. De totale emissiereductie van deze Nederlandse beleidsmaatregel over de gehele productie-gebruiksketen in binnen- en buitenland wordt geschat op 0,5-1 Mton CO<sub>2</sub>-eq.
- De recent als steun voor de implementatie ingezette gelden (accijnsvrijstelling in 2006, subsidies uit Unieke-Kansen-Regeling) zijn vooral gegaan naar niet-innovatieve technieken.
- De aangekondigde verplichting heeft een krachtige impuls aan ondernemers gegeven. Genoemde gelden zijn daarnaast ingezet. Er kunnen vraagtekens worden geplaatst bij de efficiëntie daarvan als stimulerend instrument.
- Vloeibare biobrandstoffen krijgen recent krachtiger beleidsimpulsen dan andere toepassingen van de beperkt beschikbare biomassa en alternatieven voor verkeer. Het beleid kan daarom belemmerend werken voor andere systeemopties en voor een mogelijk meer effectieve inzet van de biomassa voor CO<sub>2</sub>-reductie.
- Gezien het voorgaande heeft het Nederlandse beleid gelaveerd in een krachtenveld, waarin het halen van Kyoto-doelstellingen (korte termijn), het meegaan met Europese ontwikkelingen en plannen van ondernemers, het rekening houden met mogelijke negatieve effecten en de resultaten van kosteneffectiviteitanalyses een rol speelden. Het beleid gericht op doelstellingen voor de lange termijn heeft daardoor helderheid en consistentie gemist.

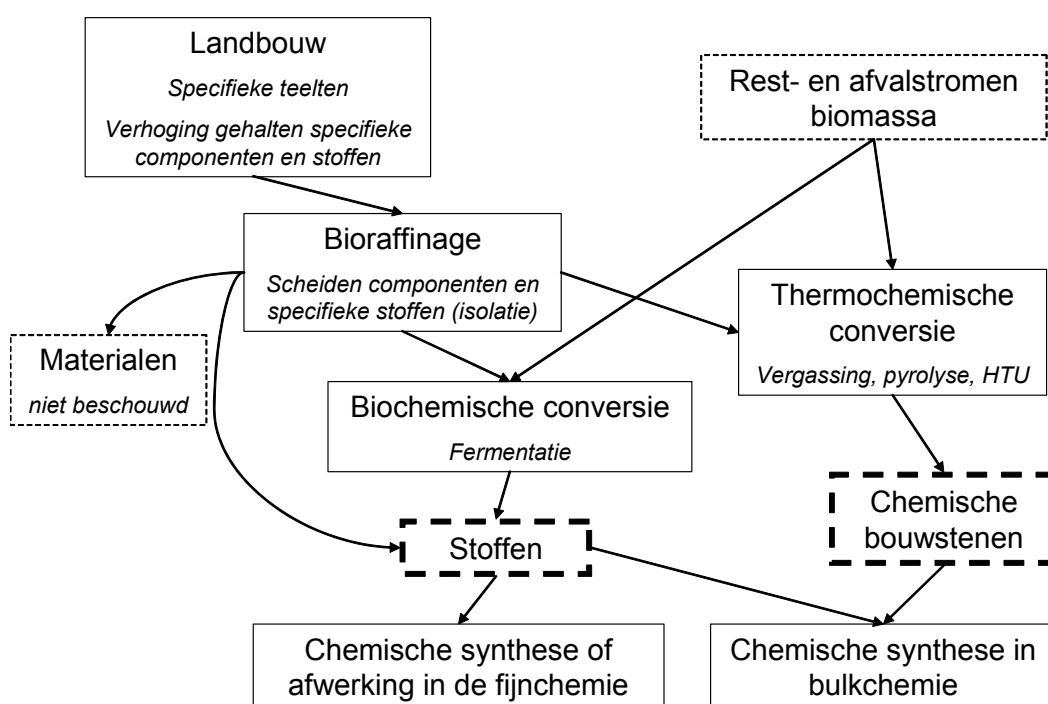
## Bijlage 2. Biograndstoffen voor de chemische industrie

### Introductie

Biomassa is al een belangrijke bron van grondstoffen voor diverse sectoren, onder meer voeding, veevoer en materiaal. Deze toepassingen worden niet beschouwd. Het gaat vooral om toepassing in de chemische industrie, voor zover momenteel daarvoor geen biograndstoffen worden ingezet of in zeer beperkte mate ten opzichte van het potentieel. Aan de bulkkant inclusief commodities gaat het bijvoorbeeld om bioplastics of oplosmiddelen. Aan de kant van de fijnchemie om specifieke additieven of geneesmiddelen. Overigens is er tussen deze twee typen chemie een geleidelijke overgang.

De verwerking van grote hoeveelheden biomassa kan ruwweg op twee manieren, thermochemisch of biochemisch. Met vergassing wordt de biomassa afgebroken tot zeer kleine moleculen, bouwstenen voor de synthese van tal van stoffen (C1-chemie). Via pyrolyse of HTU ontstaat een mengsel dat in diverse componenten kan worden gescheiden. Met fermentatie kan ethanol worden gemaakt uit allerlei mengsels van biomassa. Er wordt ook gewerkt aan de fermentatie tot andere stoffen.

### Biograndstoffen voor de chemische industrie



Deze laatste mogelijkheid zou tot grondstoffen voor de fijnchemie kunnen leiden. Zeker zo belangrijk is de route, waarbij langs biotechnologische weg de gehalten of zelfs het voorkomen van bepaalde stoffen, zoals organische stikstofverbindingen in landbouwgewassen, wordt verbeterd, waarbij deze stoffen in de bioraffinage worden afgescheiden en ofwel worden geïsoleerd ofwel als basis voor een synthese worden ingezet.

## Samenvatting

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

### Relevante doelstellingen op de lange termijn

- In het kader van klimaatbeleid streeft het Kabinet ernaar met de inzet van CO<sub>2</sub>-neutrale biomassa bij te dragen aan de reductie van broeikasgasemissies in 2050 van 50% ten opzichte van 1990 (zie Toekomstagenda Milieu).
- In een visiedocument van het Ministerie van Economische Zaken uit 2003 opgesteld in samenspel met andere partijen wordt een biomassabijdrage van 30% aan de energievoorziening in 2040 genoemd. Het Platform Groene Grondstoffen (ondernemers en wetenschappers) noemt specifiek voor groene grondstoffen voor de chemische industrie een percentage van 25% (uitgedrukt in energiewaarden) in 2030.
- Er zijn in het waterkwaliteitsbeleid streefwaarden voor tal van stoffen, waaraan nog niet wordt voldaan. Producten van de chemie dragen er als diffuse bronnen ook aan bij.
- Innovatie in en versterking van de landbouwsector.
- Het doel om de emissie van broeikasgassen te reduceren met behulp van hernieuwbare bronnen, zoals biomassa, kan leiden tot verlies van biodiversiteit en concurrentie met voedselvoorziening. Het voorkómen van deze neveneffecten is een bijkomend doel.

### Betekenis van de systeemoptie ‘biograndstoffen voor de chemische industrie’ in het licht van deze doelen

#### ▪ Doel broeikasgasemissies.

Uit analyses over de productie-consumptieketen heen (‘Life Cycle Analysis’-benadering) voor een aantal bioplastics, waarvoor momenteel niches bestaan, blijkt dat sommige bioplastics een behoorlijke lagere broeikasgasemissies hebben, vergeleken met hun petrochemisch alternatief. Deze reductie varieert van 65% tot neutraal. Voor enkele plastics is deze negatief. Geconstateerd moet overigens worden dat er nog weinig analyses zijn gedaan en dat daar zoveel verschillende veronderstellingen in zitten dat het lastig is echt inzicht te geven in de totale omvang van de potentiële reducties. Een eerste ruwe inschatting komt op een reductiepotentie van ongeveer 1 Mton CO<sub>2</sub> per jaar. Dit is 0,5% van de huidige nationale emissie en 2-3% van het streefdoel om in 2010 jaarlijks 40 Mton CO<sub>2</sub>-equivalenten minder te emitteren.

#### ▪ Doel aandeel biograndstoffen voor de chemie.

In absolute zin is er voldoende biomassa beschikbaar. Mogelijke beperkingen zitten in de concurrentie met andere toepassingen. De echte bijdrage voor de doelstelling van 25% biograndstoffen in 2030 (visiedocument EZ) op fysieke (massa dan wel energie) basis moeten komen van de bulkchemie en in beperktere mate van de commodities.



Biograndstoffen in de fijnchemie dragen door hun beperkte productieomvang nauwelijks bij aan het doel.

▪ **Doel benutting kansen landbouw.**

Kansen voor de Nederlandse landbouw liggen er vooral in de sfeer van teelten die weinig landgebruik vergen, veel kennis vragen en hoge toegevoegde waarde hebben per eenheid van massa. Dit sluit het beste aan bij de fijnchemie, waar bij benutting van alle delen van de planten via bioraffinage hoogwaardige biograndstoffen kunnen worden vervaardigd.

▪ **Doel vermindering waterverontreiniging.**

Vooraf het inzetten van biograndstoffen voor producten als smeermiddelen draagt bij aan de reductie van emissies naar water. Toepassing hiervan kan nog worden uitgebreid.

▪ **Doelstelling natuur.**

Vermindering van broeikasgasemissies en lagere emissies van andere, soms toxische stoffen heeft een positief effect op natuur en milieu. Extra landgebruik voor specifieke teelten voor biograndstoffen heeft een negatief effect op de biodiversiteit en de conversie van natuur naar landbouwgrond kan grote broeikasgasemissies tot gevolg hebben. Er zijn in de praktijk zowel voorbeelden met biograndstoffen die per saldo een positief effect op de natuurwaarde hebben als voorbeelden met een negatief effect.

**Beoordeling van het proces om tot realisatie van de systeemoptie te komen en de rol van het Nederlandse beleid daarin**

- In R&D naar nieuwe technologie op het gebied van biograndstoffen is de samenwerking tussen bedrijfsleven en onderzoekscentra in de afgelopen jaren verder geïntensiveerd. De overheid heeft, samen met het bedrijfsleven, bijgedragen aan het B-Basic programma en aan het Kluyverinstituut. Daarnaast heeft de overheid subsidies beschikbaar gesteld voor R&D.
- De productie op basis van bio-grandstoffen is de afgelopen jaren toegenomen. Groeipercentages van meer dan 10% per jaar zijn geen uitzondering meer, maar de omvang heeft nog niet het niveau van niches overstegen. Er is dan ook geen sprake van een in gang gezette transitie.
- Ontwikkelingen in de wijze waarop biomassa wordt omgezet in vloeibare biobrandstoffen vinden in sneltreintempo plaats. Daarbij bestaat veel synergie met bewerking van biomassa tot biograndstof. Het benutten van elkaars reststromen kan leiden tot grote efficiëntie en optimaal gebruik en verwaarding van de oorspronkelijke biomassa. Op dit vlak liggen er nog kansen die verder benut kunnen worden. Een sterke toename in de vraag naar biomassa betekent echter ook een toename van de onderlinge concurrentie.
- Het Nederlandse beleid heeft geen expliciete ondersteuning gegeven aan productie op basis van biograndstoffen, noch in de vorm van financiële instrumenten, noch in de vorm van doel- of normstellingen, bijvoorbeeld voor CO<sub>2</sub>-emissies op ketenniveau of voor het aandeel biograndstoffen. Daarmee wordt deze toepassing minder gestimuleerd dan biobrandstoffen voor transport of biomassa voor elektriciteits- of warmteproductie. Voor de vanuit milieuperspectief gunstiger conversieroutes kan dit een extra barrière betekenen.

- Genetische modificatie (GM) speelt een belangrijke rol bij het verhogen van de productie-efficiency van biograndstoffen en zijn daarmee medebepalend voor de ontwikkeling van biograndstoffen op langere termijn. Huidige regelgeving rondom GM worden door de chemische industrie gezien als beperkend. De visie van marktpartijen en NGO's staan op dit punt lijnrecht tegenover elkaar.
- Om de voordelen van biograndstoffen ten volle te kunnen benutten en om het niches niveau te kunnen overstijgen is meer aandacht nodig voor de huidige hindernissen, zoals de nog geringe samenwerking tussen agrocluster en chemie en de discussie rondom GM, maar ook voor de optimalisatie van het gebruik van biomassastromen en van elkaars reststromen.

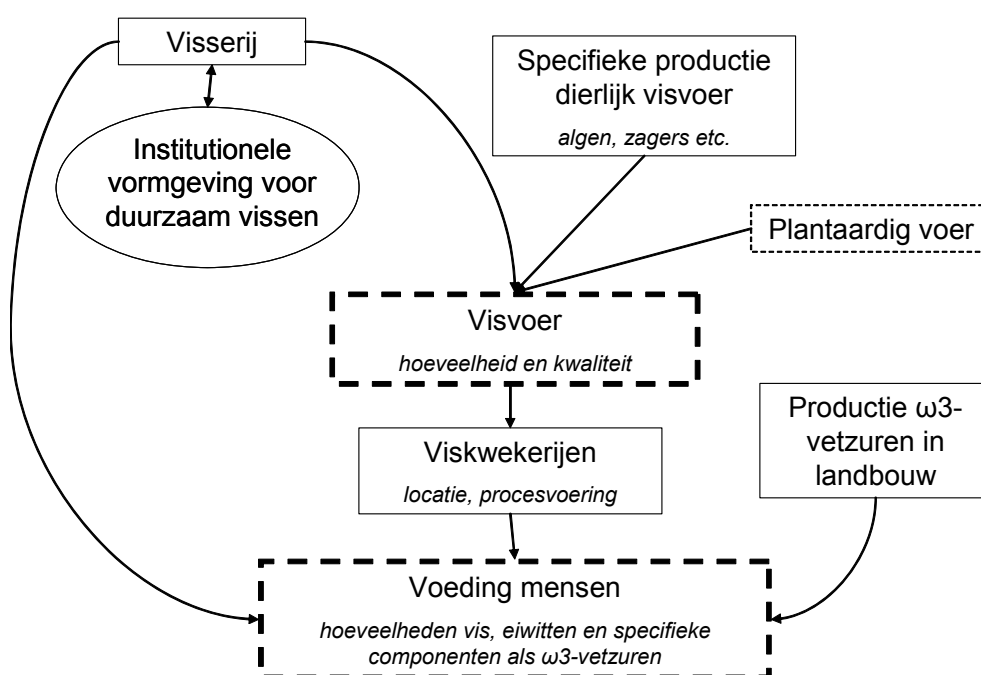
## Bijlage 3. Duurzame viskweek voor behoud van de visvoorraad

### Introductie

Visconsumptie neemt toe. Mondiaal gezien is een transitie gaande van visproductie alleen op basis van vangst naar steeds grotere bijdrage van viskwekerijen. Voor die kwekerijen is uiteraard visvoer nodig.

Centraal staan drie vormen van visvoer: de gevangen vis, plantaardig voer en specifiek gekweekt voer. Het voer moet worden afgestemd op het voedingspatroon van de gekweekte vis (carnivoor, omnivoor of herbivoor). Voor zover gebruik wordt gemaakt van gevangen vis of van daaruit geproduceerde vismeel en visolie als voer dient de visvangst op een duurzame manier te gebeuren, waarbij vooral overbevissing moet worden voorkomen. Dit vraagt om een krachtig institutioneel systeem daarvoor. Het beperkte aanbod van vis uit vangst heeft de zoektocht naar alternatieven op gang gebracht.

### Visvoer voor viskwekerijen



Vis is een belangrijke voedingscomponent voor de mens, gevangen of gekweekt. Het gezondheidsaspect hangt niet alleen samen met de hoeveelheid, maar ook met de samenstelling. Aan omega-3-vetzuren bijvoorbeeld wordt een belangrijk positief effect voor de gezondheid toegedacht. Ze zitten in de natuurlijke voedselketen van zeevis, maar niet of nauwelijks in plantaardig voer. Er zijn wel biotechnologische ontwikkelingen om de gehalten van deze vetzuren in dierlijke producten (anders dan vis) te verhogen. Bovendien wordt vismeel en visolie ook als veevoer ingezet. Daarom wordt dat stuk ook meegenomen.

## Samenvatting

De vraag naar vis zal de komende decennia sterk toenemen. Het MNP concludeert in dit rapport dat het nog een lastige opgave zal zijn om aan deze vraag te kunnen voldoen. De visvangst kan niet verder groeien zonder de visvoorraden uit te putten. Viskweek kan wel een oplossing zijn mits de voersamenstelling wordt gewijzigd. Het huidige voer bevat namelijk een flink aandeel gevangen vis.

De huidige jaarlijkse visconsumptie is circa 100 miljoen ton, waarvan 60 miljoen ton gevangen vis en ruim 40 miljoen ton gekweekte vis. Daarnaast gaat nog eens 30 miljoen ton gevangen vis naar voornamelijk viskwekerijen als voer. Afhankelijk van de groei in bevolking en welvaart zal in 2040 de visconsumptie gestegen zijn tot 150 à 200 miljoen ton. Als het uitgangspunt is aan deze vraag te kunnen voldoen, dan betekent dit een verdubbeling tot bijna verviervoudiging van de kweekvisproductie. Er kan echter niet veel meer voer voor de viskweek uit visvangst worden geproduceerd zonder de visvoorraden uit te putten. Kortom, het aandeel vis in het voer zal moeten afnemen, wil viskweek voor voldoende aanbod kunnen zorgen. Daarnaast is beheer van de visvoorraden belangrijk.

## Relevante langetermijndoelstellingen

- *Aquatische biodiversiteit:* Het EU-doel is de achteruitgang van de biodiversiteit in 2010 te stoppen. De mariene-ecosystemen zullen behouden moeten blijven.
- *Visvoorraden:* De voorraad van 75% van de vissoorten is kritiek. In de praktijk zal voldaan moeten worden aan de groeiende vraag naar vis zonder toename van de visvangst. De groeiende vraag naar visolie en vismeel voor kweekvis mag niet ten koste gaan van de visvoorraad.
- *Millenniumdoel:* De VN-lidstaten willen het percentage mensen dat lijdt aan honger halveren in 2015 (een van de Millenniumdoelstellingen). In veel ontwikkelingslanden is vis een belangrijke eiwitbron.
- *Gezondheid:* De Gezondheidsraad beveelt dagelijks 0,2 gram/persoon omega-3 vetzuren aan. Vis is een belangrijke bron van deze gezonde vetzuren. De Gezondheidsraad adviseert dan ook twee keer per week vis te eten, waarvan één keer vette vis.
- *Terrestrische biodiversiteit:* Ook hiervoor geldt het EU doel om de achteruitgang van de biodiversiteit in 2010 te stoppen. De Nederlandse overheid geeft in de Toekomstagenda Milieu aan zoveel mogelijk te willen voorkomen dat negatieve gevolgen van ons handelen naar elders worden afgewenteld. Bij vervanging van vis door alternatieven is er extra landgebruik dat in concurrentie gaat met natuur.
- *Economische groei en innovatie:* Een overheidsdoel is een economische impuls te geven aan regionale economieën in Nederland, zowel aan visserijgemeenschappen als aan agrarische gemeenschappen.

### **Kunnen de doelen met de systeemoptie worden bereikt?**

- Het uitgangspunt van deze systeemoptie is, bij een nagenoeg gelijkblijvende visconsumptie en groeiende wereldbevolking, de visvoorraden te behouden en daarnaast bij te dragen aan verlaging van het aantal mensen met honger. Goede viskweek – oftewel viskweek met minimaal gebruik van gevangen vis voor visvoer – en een goed beheerssysteem voor visvangst voor vismeel en visolie zijn hiervoor noodzakelijk en zullen bijdragen aan het stoppen van de achteruitgang van de aquatische biodiversiteit.
- Het is onzeker of er tijdig voldoende visvoer voor goede viskweek ontwikkeld en geproduceerd kan worden. Er zijn ontwikkelingen gaande op gebied van visvoer met minimaal of zonder gebruik van vis, zoals visvoer uit plantaardige grondstoffen, algen, wormen of methaan. Deze meeste ontwikkelingen verkeren nog in een beginstadium. Ook hebben ze momenteel alle nog belemmeringen of nadelige effecten.
- Hoewel met onderzoek naar plantaardige grondstoffen in visvoer belangrijke resultaten zijn behaald, lijken er ook grenzen in zicht. Een daling van de hoeveelheid gevangen vis in het voer van zeevis met een factor 2 ten opzichte van 2002 wordt op korte termijn haalbaar geacht. Hogere vervangingsfactoren op de lange termijn zijn nog onzeker. Plantaardige grondstoffen – zoals soja – voor visvoer kunnen in voldoende mate beschikbaar komen. De teelt vraagt meer landbouwgrond, concurrerend met land voor natuur. Het extra landgebruik kan oplopen tot 0,2 - 0,5% van het huidige mondiale landbouwareaal.
- Plantaardige grondstoffen bevatten van nature weinig omega-3-vetzuren waardoor het gehalte hiervan in de kweekvis zou kunnen afnemen. Het verlies aan gezonde vetzuren kan worden beperkt (tot circa 20%) door gebruik van visolie alleen tijdens de laatste levensfase van de vis. Inzet van genetische modificatie voor de aanmaak van omega-3-vetzuren in planten (en dieren) is een aanvullende optie. Draagvlak hiervoor is onzeker.
- Risico bij visvoer op basis van kleine organismen is aantasting van het mariene ecosysteem door de vangst van deze organismen. Het produceren kost ook meer energie dan visvangst. Ontwikkelingen met algenkweek en daarmee ook de productie van omega-3-vetzuren zijn vooralsnog gebaseerd op voedingsstoffen uit afvalwater. De vraag is of er voldoende geschikt afvalwater beschikbaar komt. Toepassing van visvoer uit wormen is slechts te verwachten in enkele niches.
- Consumptie van meer zoetwatervis (veelal planteneters) en minder zeevis leidt tot een verlies van de gezondheidskundige voordelen van vis door lagere gehalten omega-3-vetzuren in zoetwatervis.

### **Hoe verloopt het proces om de systeemoptie te realiseren?**

- De productie van visolie en vismeel is sinds de jaren tachtig stabiel gebleven. Er is minder gebruikt in veevoer en margarines. Hierdoor is meer beschikbaar gekomen voor viskwekerijen.

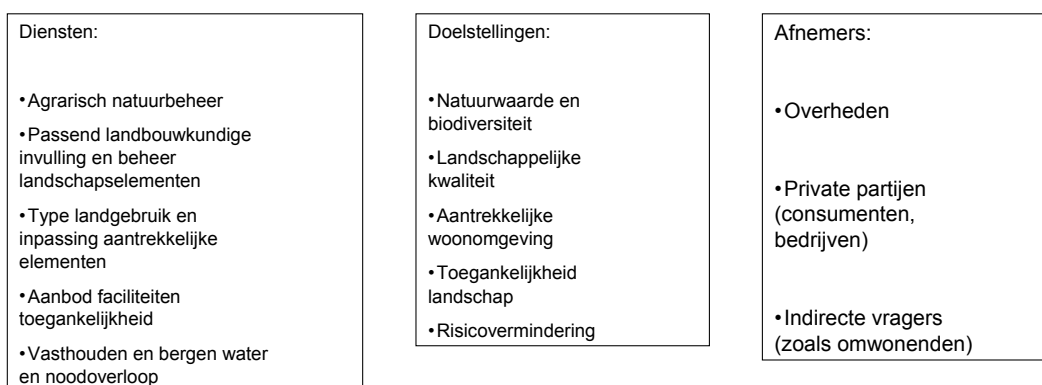
- De hogere kosten vormen veelal een belemmering voor visvoeralternatieven. Recent zijn de prijzen van vismeel en visolie gestegen. Hierdoor nemen de kansen voor alternatieven toe.
- Schaarste en hogere prijzen verhogen de kans op illegale vangst voor vismeel en visolie. De Nederlandse overheid heeft initiatief genomen om de duurzaamheid van de productie van vismeel in ontwikkelingslanden te vergroten. De vismeelindustrie in Peru, mondiaal de grootste exporteur, is tot afspraken over verduurzaming van de visserijsector gebracht.
- De overgang naar meer plantaardige componenten in het visvoer is al gaande. Dit komt mede door de prijsontwikkelingen van de grondstoffen. Daarnaast loopt in het buitenland onderzoek naar verhoging van het aandeel plantaardig voer met minimaliseren van negatieve effecten op groei en gezondheid van de vis en gehalten omega-3-vetzuren.
- De kostprijs van zogeheten zagers als alternatieve eiwitbron is zoveel hoger dan die van vismeel dat het geen alternatief is, behalve in enkele niches. Op bescheiden schaal is in de praktijk gestart met de productie met betrokkenheid van landbouwbedrijven en met een financiële bijdrage van de provincie Zeeland.
- Er is met overheidssteun succesvol onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van algenkweek voor visvoer en voor de productie van gezonde vetzuren. Optimalisatie op praktijkschaal moet nog starten. De prijs van algen – als bron van gezonde vetzuren – is momenteel nog te hoog ten opzichte van visolie. Een kleine inzet van algen in de kweek van jonge vis is wel rendabel, omdat deze kweek specifiek voer vereist.
- Onderzoek naar genetische modificatie in planten en dieren om de aanmaak van gezonde vetzuren te verhogen verkeert nog in een pril stadium en vindt alleen in het buitenland plaats.
- In de afgelopen jaren is subsidie voor viskweek afkomstig geweest van de EU en de regio's, nauwelijks van de nationale overheid.
- Kwekers en visvoerproducenten hebben tot nu toe weinig belang gehad bij alternatief voer. Alleen bij certificering – met eisen aan het voer – kan het gebruik van gevangen vis onaantrekkelijk worden. In geval van certificering kan het rendabel zijn, omdat een meerprijs wordt verkregen. De handel hecht onder druk van maatschappelijke belangenorganisaties wel belang aan 'vis waar niks mis mee is'.
- Ondertussen neemt de vraag naar visvoer snel toe. Het is daarom de vraag of duurzame viskweek op tijd ingericht kan zijn. De Nederlandse overheidsbijdrage aan de ontwikkeling van alternatief voer is klein geweest.

## Bijlage 4. Markt voor groene diensten

### Introductie

De landbouw levert van oudsher al een bijdrage aan de natuur en het landschap, als neveneffect van de landbouwproductie. Door rationalisering van de landbouw is er voor natuur en landschap steeds minder ruimte gekomen, wat heeft geleid tot maatschappelijke weerstanden. Als reactie hierop heeft de overheid regelingen voor agrarisch natuurbeheer ingesteld op een deel van het landbouwareaal. Agrariërs krijgen financiële compensatie voor natuur- en landschapsbeheer, voor gemaakte kosten en opbrengstderving: het prille begin van een markt voor ‘groene diensten’. Inmiddels is het idee van betaling voor groene diensten breed geaccepteerd, maar de omvang ervan is nog gering. Voor een volwaardige markt voor groene diensten, met koopkrachtige vragers en voldoende (groepen van) aanbieders losgekoppeld van de markt voor landbouwproducten, zou een transitie nodig zijn.

### Markt voor groene diensten



### Samenvatting

Met het *Nationaal Milieubeleidsplan 4* hebben transitieprocessen in het milieubeleid meer aandacht gekregen. Het gaat daarbij om ingrijpende veranderingen op de lange termijn met grote milieu- en natuurwinst als doel. Het Milieu- en Natuurplanbureau heeft het proces van de afgelopen jaren en de rol van het Nederlandse beleid daarin geëvalueerd voor een van de opties voor het toekomstige systeem: markt voor groene diensten in het landelijk gebied.

Inmiddels is het prille begin van een markt voor groene diensten zichtbaar. Echter, voor een volwaardige markt voor groene diensten losgekoppeld van de markt voor landbouwproducten, is een transitie nodig naar een brede en koopkrachtige vraag.

De onderzochte systeemoptie ‘markt voor groene diensten’ onderscheidt drie groepen vragers:

- 1) (rechtstreeks) publieke vragers, waarbij overheden betalen voor groene diensten. Hier bestaat de transitie eruit dat de omvang van de hoeveelheid publiek geld zal moeten toenemen, om op een groter areaal een breder pakket van groene diensten (ook toegankelijkheid van het landschap en waterberging) af te nemen.
- 2) (rechtstreeks) private vragers, waarbij bedrijven of burgers rechtstreeks betalen voor groene diensten. Hier is de vraag hoe private partijen meer zijn te interesseren.
- 3) indirecte vragers. Bij de laatste groep gaat het om bedrijven (bijvoorbeeld campinghouders) of personen (bijvoorbeeld bewoners) die profiteren van een mooi landschap zonder rechtstreekse vergoeding aan de producent van de bijbehorende groene diensten. Er zijn nieuwe institutionele arrangementen nodig om de indirecte afnemers te koppelen aan aanbieders.

### Relevante doelstelling op de lange termijn

In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de belangrijkste doelstellingen en de daarvoor meest relevante diensten.

*Tabel A Doelstellingen en daarbij passende groene diensten.*

Doelstellingen	Dienst
Natuur: behoud, herstel en ontwikkeling van de natuur en de biodiversiteit	Agrarisch natuurbeheer
Landschap: behoud en versterking van de identiteit, diversiteit en cultuurhistorische waarde	Passend landbouwkundig gebruik van de grond, beheer landschapselementen
Woonomgevingskwaliteit: behoud en versterking van de belevingswaarde	Keuze landgebruik en inpassing aantrekkelijke elementen
Vergroten toegankelijkheid van het landschap (zoals routenetwerken)	Faciliteiten toegankelijkheid van het land, paden
Watermanagement: verkleinen risico's van overlast	Vasthouden en bergen van water en noodoverloop

### Haalbaarheid van de doelstellingen met de systeemoptie

In hoeverre de systeemoptie bijdraagt aan de doelstellingen is niet van tevoren kwantitatief aan te geven. De markt bepaalt immers het product. Als de markt groeit, zal er voor alle doelstellingen vooruitgang zijn. Wel zullen er regionale verschillen zijn. Zo kan bijvoorbeeld de concurrentie om budget voor landschapsbeheer tussen regio's ertoe leiden dat bepaalde landschappen minder goed worden onderhouden dan nu.



## Beoordeling van het proces tot nu toe om de systeemoptie te realiseren

- Dankzij de regelingen voor agrarisch natuurbeheer – op dit moment het Programma Beheer – is deze groene dienst volwassen geworden. Er is een omslag bereikt bij veel agrariërs naar acceptatie van betaling voor andere zaken dan landbouwproducten en het gezamenlijk leveren van een dienst door agrarische natuurverenigingen. Het succes van agrarisch natuurbeheer heeft de weg geopend naar verbreding van het pakket groene diensten. De Rijksoverheid bouwt voort op het Programma Beheer. Ze heeft een concept-catalogus groenblauwe diensten uitgebracht, waarin staat hoe overheden hun vraag naar groene diensten kunnen articuleren, binnen de voorwaarden die de Europese Commissie stelt aan staatssteun. Deze voorwaarden binden de vergoedingen voor groene diensten aan een maximum, waardoor marktwerking – concurrentie tussen aanbieders om publieke gelden – wordt gehinderd. Daarnaast is marktwerking maar beperkt mogelijk doordat er vaak geen volledige concurrentie is tussen aanbieders en doordat relatief hoge transactiekosten worden verwacht.
- De ontwikkeling van de *publieke vraag* op lange termijn bevindt zich in het stadium van de *visie*-ontwikkeling. Hierbij gaat het vooral om de benodigde omvang en de wijze van financiering. Natuur- en milieuorganisaties hebben aangegeven dat er jaarlijks 300 miljoen. euro nodig is. De Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) heeft de Raad voor het Landelijk Gebied advies gevraagd over de toekomst van de inkomstenstoeslagen uit het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid, inclusief het gebruik van deze toeslagen voor groene diensten.
- De Minister van LNV stelde in 2003 dat de *private vraag* moet worden ontwikkeld. Weliswaar zijn er inmiddels pogingen gedaan om private partijen te interesseren, bijvoorbeeld om bij te dragen aan fondsen, maar tot nu toe is de private bijdrage nog maar 5 %. Het kost veel inspanning private partijen te interesseren en bovendien zijn bijdragen meestal eenmalig. Private financiering zal naar schatting ook niet meer dan 10 % worden en dus een *niche* blijven. Het is nauwelijks mogelijk om personen uit te sluiten van het gebruik van groene diensten waardoor private partijen niet geneigd zijn structureel een bedrag te betalen voor het gebruik van deze diensten. De overheid zal dus arrangementen moeten ontwikkelen, waarin private partijen een concreet voordeel kunnen halen uit financiering van groene diensten.
- Er zijn verschillende ideeën ontwikkeld voor het mee laten betalen van *indirecte vragers*. Streekproducten is een voorbeeld, waarbij de meerprijs voor landschapsonderhoud kan worden ingezet. Ook de meerwaarde die bewoners en recreanten bereid zijn te betalen voor een aantrekkelijke woon- of recreatieomgeving is een indirecte vraag naar groene diensten. Het afromen van deze meerwaarde zou dus kunnen worden ingezet voor de financiering van groene diensten. Dit idee blijft vooralsnog in de *onderzoeksfase* steken, omdat het afromen van meerwaarde ingewikkelde institutionele arrangementen vergt. De overheidsinspanning om indirecte vraag te bevorderen is beperkt.

- Vergeleken met meer op technologie georiënteerde systeemopties, is gebleken dat voor ‘markt voor groene diensten’ de fase ‘experimenten in de praktijk’ maar mager gevuld is. Dit lijkt inherent verbonden aan het institutionele karakter van de systeemoptie. Zo is het lastig om institutionele experimenten uit te voeren, omdat hiervoor aanpassingen nodig zijn van het bestaande institutionele systeem. De algemene conclusie lijkt gerechtvaardigd dat bij institutionele transities het accent moet liggen op visievorming. Vervolgstappen in de transitie naar een markt voor groene diensten zouden zich dan ook vooral moeten richten op de visie van relevante actoren in het Europese speelveld en de opstelling van de Nederlandse overheid daarbinnen.

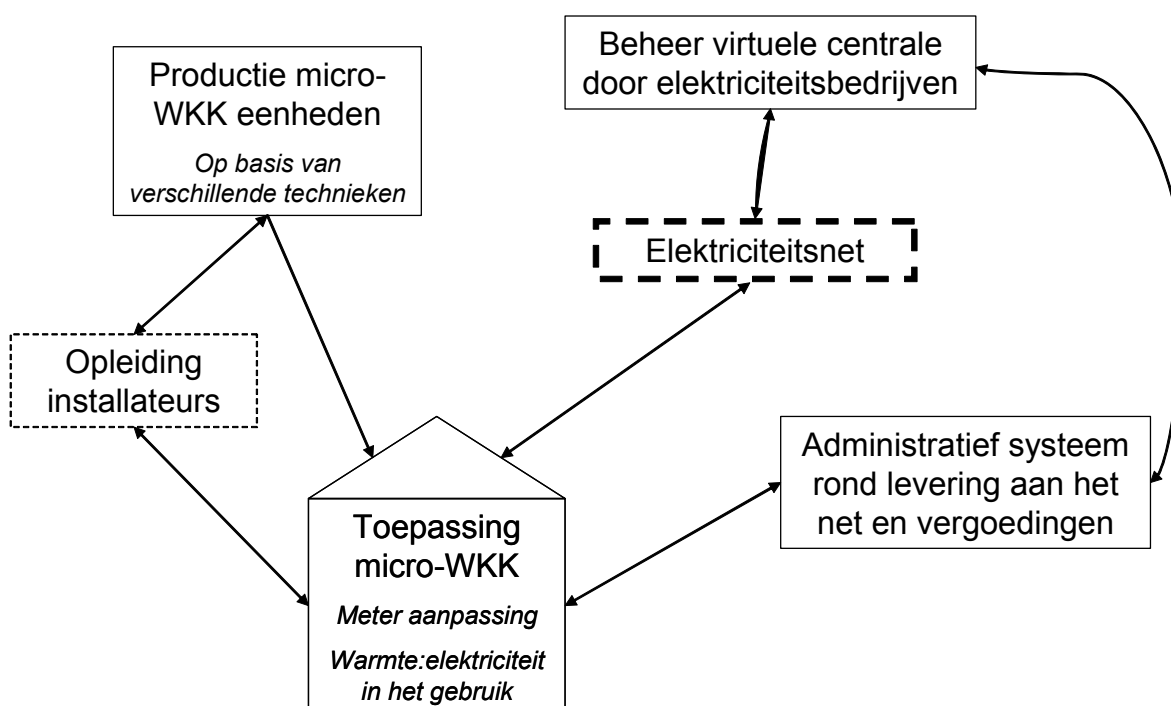
## Bijlage 5. Micro-warmtekracht en de virtuele centrale

### Introductie

Micro-warmtekracht (micro-WKK) kan worden gezien als de volgende generatie energie-apparaten in de woningen, de opvolger van de HR-ketel (of soms nog de VR-ketel). Maar deze verandering betekent meer dan een nieuwe techniek voor dezelfde functie. Zoals de naam al zegt worden er functie van warmte- en elektriciteitsvoorziening gecombineerd. Dat betekent dat de verandering meer kan inhouden dan alleen nieuwe productielijnen en aanpassingen in het kennisniveau van mensen bij installatiebedrijven, die overigens behoorlijk ingrijpend kan zijn.

Het gebruik van warmte en elektriciteit in huishoudens verandert in de tijd, door aanpassingen in de woningbouw en nieuwe of andere apparaten. Er kan worden gezocht naar optimalisatie in het nieuwe aanbod en de vraag. Bij decentrale elektriciteitsopwekking kan het desondanks voorkomen dat een teveel aan elektriciteit wordt geproduceerd, dat de consument wil terugleveren aan het net met daarvoor een passende vergoeding. Dat betekent nieuwe meters en vooral ook nieuwe administratieve systemen.

### Micro-WKK



In de praktijk komt er met micro-WKK een decentraal opgestelde capaciteit voor elektriciteitsproductie beschikbaar, die kan worden ingezet om bijvoorbeeld pieken in de vraag op te vangen. Daartoe wordt de mogelijkheid van een virtuele centrale onderzocht, in feite de centrale aansturing van vele decentrale eenheden. Dat brengt nieuwe vormen van geautomatiseerde procesbesturing met zich mee, maar vraagt ook warmte-opslag.

## Samenvatting

Met het Nationaal Milieubeleidsplan 4 hebben transitieprocessen in het milieubeleid meer aandacht gekregen. Het gaat om ingrijpende veranderingen op de lange termijn met grote milieuwinst als doel. Het Milieu- en Natuurplanbureau heeft het proces van de afgelopen jaren en de rol van het Nederlandse beleid daarin geëvalueerd voor een van de opties voor het toekomstige systeem: micro-warmtekrachtkoppeling (micro-WKK). Een micro-WKK is de gecombineerde opwekking van warmte en elektriciteit op de schaal van een huishouden. De micro-WKK potentiëlen zijn niet vergeleken met die van andere mogelijke technieken voor de opwekking van warmte en elektriciteit in de toekomst.

## Relevante doelstellingen op de lange termijn

Micro-WKK zou een bijdrage kunnen leveren aan de volgende langetermijn doelstellingen:

- In het kader van het energiebesparingsbeleid streeft het kabinet naar een energiebesparingstempo van 1,5% per jaar vanaf 2012.
- In het kader van het klimaatbeleid streeft het kabinet naar reducties van broeikasgasemissies in 2050 van 50% ten opzichte van 1990.
- In het kader van het Europese luchtkwaliteitsbeleid zijn voor NO<sub>x</sub>-emissies nog geen doelen voor de lange termijn aangegeven, maar in het kader van de Thematische Strategie wordt voor 2020 voor Nederland een plafond van 201 kton voorgesteld.

## Betekenis van micro-WKK voor het behalen van de doelen

- Voor micro-WKK komt een aantal technologieën in aanmerking. Dit zijn de Stirlingmotor, de gasmotor en de brandstofcel. Micro-WKK's gebaseerd op de Stirling- en de gasmotor worden bijna rijp geacht voor marktintroductie. Voor brandstofcelsystemen – die een hoger elektrisch rendement hebben – wordt verwacht dat introductie pas over vijf tot tien jaar zal kunnen plaatsvinden.
- De gepresenteerde energiebesparings- en emissiereductiepotentiëlen (CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub>) van micro-WKK zijn gebaseerd op 4,1 miljoen installaties; dit aantal kan volgens fabrikanten van micro-WKK in een hoge groeivariant in 2030 zijn geplaatst. Het kan worden beschouwd als een maximaal potentieel, bij gunstige ontwikkelingen ten opzichte van de HR en andere verwarmingstechnieken, zoals de warmtepomp. De besparings- en reductiepotentiëlen zijn verder gebaseerd op een door een consortium van energie-onderzoeksbureaus veronderstelde ontwikkeling van de rendementen en emissiefactoren van micro-WKK en die van de technologieën waarmee vergeleken wordt (HR-ketel en elektriciteitscentrales).
- Op basis van de gekozen uitgangspunten is het energiebesparingspotentieel in vergelijking met gescheiden opwekking van warmte met een HR-ketel en elektriciteit met een elektriciteitscentrale als volgt:

Jaar	Referentie	Besparing in PJ	Besparingstempo micro-WKK 2020 – 2030 (%/jaar)	
			t.o.v. huishoudelijk primair energiegebruik in 2030	t.o.v. Nederlands totaal primair energiegebruik in 2030
2030	Efficiënte gascentrale	55	0,7	0,1
	Gemiddelde park	97	1,1	0,2

- Op basis van de gekozen uitgangspunten is het CO<sub>2</sub>-emissiereductiepotentieel in vergelijking met gescheiden opwekking van warmte met een HR-ketel en elektriciteit met een elektriciteitscentrale als volgt:

Jaar	Referentie	Emissiereductie in Mton CO <sub>2</sub> -eq/jaar	Relatieve reductie micro-WKK (%)	
			t.o.v. huishoudelijke CO <sub>2</sub> -emissie in desbetreffende jaar (inclusief emissie t.g.v. elektriciteitgebruik)	t.o.v. Nederlandse CO <sub>2</sub> -emissie in 2030
2030	Efficiënte gascentrale	2,8	8,6	1,1
	Gemiddelde park	9,8	20,2	3,8

- Een keuze voor micro-WKK leidt tot een lagere centrale elektriciteitsproductie en vermindert daarmee het reductiepotentieel van ondergrondse CO<sub>2</sub>-opslag bij elektriciteitscentrales. Met CO<sub>2</sub>-opslag kan een hogere emissiereductie worden bereikt. Het extra energiegebruik voor CO<sub>2</sub>-opslag maakt daarentegen het verschil in totaal energiegebruik ten gunste van micro-WKK nog groter. Bij centrale productie van waterstof als brandstof voor micro-WKK met CO<sub>2</sub>-opslag verandert dit plaatje weer.
- Op basis van de gekozen uitgangspunten is het NO<sub>x</sub>-emissiereductiepotentieel in vergelijking met gescheiden opwekking van warmte met een HR-ketel en elektriciteit met een elektriciteitscentrale als volgt:

Jaar	Referentie	Emissiereductie in kton NO <sub>x</sub>	Relatieve reductie micro-WKK (%)	
			t.o.v. huishoudelijke NO <sub>x</sub> -emissie in desbetreffende jaar (inclusief emissie t.g.v. elektriciteitgebruik)	t.o.v. Nederlandse NO <sub>x</sub> -emissie in 2030
2030	Efficiënte gascentrale	4,6	29	2
	Gemiddelde park	5,6	30	2

- Grote aantallen micro-WKK's die aan het elektriciteitsnet terugleveren kunnen samen met duurzame bronnen en grotere WKK installaties worden opgenomen in een digitaal netwerk en centraal worden aangestuurd. Dit wordt aangeduid als een 'virtuele centrale'. Voor- en nadelen van de virtuele centrale moeten nog in de praktijk worden onderzocht.

## Beoordeling van het proces en de rol van het Nederlandse beleid

- Micro-WKK was al voor het jaar 2000 in beeld. Het energietransitiebeleid heeft bijgedragen aan de totstandkoming van een groot aantal samenwerkingsverbanden en de zichtbaarheid van micro-WKK versterkt.
- Na 2000 heeft met betrekking tot Stirling-WKK een ontwikkeling plaatsgevonden van demonstratie-eenheden met enkele installaties naar projecten op systeemniveau en voorbereiding van massaproductie. Deze ontwikkeling heeft ertoe geleid dat de techniek momenteel ver genoeg is ontwikkeld om op de markt te worden geïntroduceerd.
- De grote commerciële belangen van fabrikanten en onderzoekers verhinderen een open communicatie over de voor- en nadelen van micro-WKK. Met name de technische prestaties en resultaten van praktijkexperimenten worden in beperkte mate openbaar gemaakt en met elkaar gedeeld.
- Een belangrijke belemmering voor introductie is dat de consumenten energiebelasting moeten betalen over elektriciteit die zij tijdelijk aan het net leveren en vervolgens weer afnemen, terwijl ze al energiebelasting over het gebruikte gas hebben betaald (dubbele energiebelasting). Een andere belemmering is dat de verwachte aankoopprijs van een micro-WKK installatie bij marktintroductie nog enkele malen hoger zal zijn dan de prijs van het huidige alternatief, een HR-ketel. Het is daarom de vraag of deze aankoopprijs, afgezet tegen de jaarlijkse kostenbesparing op de elektriciteitsrekening, aantrekkelijk zal zijn voor consumenten.
- De overheid zet momenteel geen instrumenten in om de marktintroductie te stimuleren: noch met normen of verplichtingen, noch met ondersteunende financiële prikkels zoals aanschafsubsidies.
- Voor de ontwikkeling van brandstofcellen speelt Nederland een relevante rol in R&D. Dit onderzoek wordt financieel door de overheid ondersteund.
- Een eventuele grootschalige introductie van Stirling-WKK op korte termijn zal een toekomstige introductie van brandstofcel-WKK op lange termijn waarschijnlijk niet belemmeren. De vervangingssnelheid van verwarmingsinstallaties maakt dat de markt niet voor tientallen jaren ‘dicht’ zal zitten. Ook is het niet waarschijnlijk dat de intensiteit van het ontwikkelingswerk aan de brandstofcel negatief wordt beïnvloed door de marktintroductie van de Stirling-WKK. Voorwaarde voor een succesvolle introductie van brandstofcel-WKK is wel dat deze qua prestaties duidelijke voordelen biedt ten opzichte van Stirling-WKK en er voldoende prikkels uitgaan van het milieubeleid.
- Het zal waarschijnlijk nog geruime tijd duren voordat de virtuele centrale ver genoeg is ontwikkeld om te kunnen worden geïntroduceerd, ook omdat grootschalige introductie waarschijnlijk pas kan plaatsvinden als de brandstofcel-WKK voldoende is gepenetreerd en systemen voor warmteopslag voldoende zijn ontwikkeld.

## Bijlage 6. Brandstofcelauto's met waterstof verkregen uit zonthermische krachtcentrales (CSP)

### Introductie

Deze systeemoptie is een onderdeel van de mogelijke waterstofeconomie. Het gaat om gebruik van de waterstof in brandstofcelauto's. De energie, die nodig is om de waterstof te produceren, wordt opgewekt in grootschalige thermische zonnecentrales. Deze techniek is vooral kansrijk in gebieden met intensieve zoninstraling. Voor Nederland zouden de belangrijkste gebieden zijn Zuid-Europa, met daartoe een samenspel tussen de EU-landen, en/of Noord-Afrika.

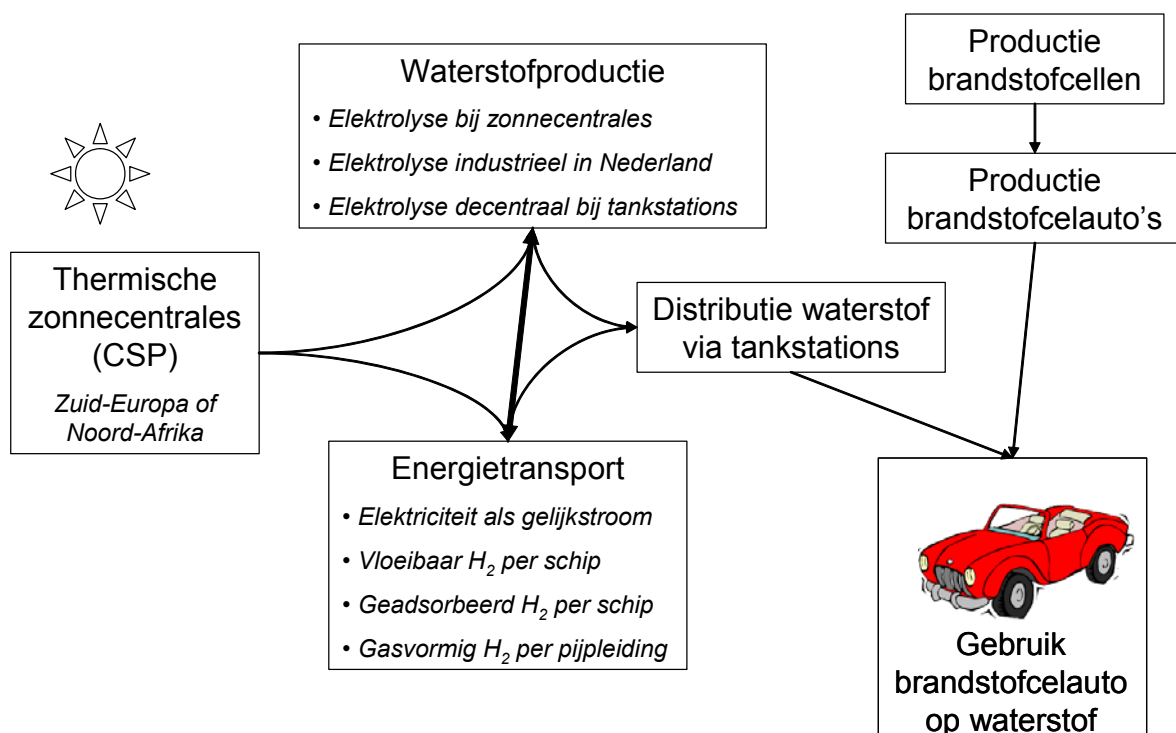
Gezien de te overbruggen afstand tussen energiebron en gebruiker is het energietransport een belangrijke factor. Hiervoor bestaan diverse varianten. De techniek, die wordt ingezet voor de waterstofproductie, en de vorm voor het energietransport worden op elkaar afgestemd.

Elektrolyse is de belangrijkste basistechniek, maar dan wel met diverse varianten daarin.

Uiteraard dienen de productielijnen in de autofabrieken te worden aangepast en moeten de brandstofcellen worden geproduceerd.

De link tussen zonnecentrale en auto kan ook zonder omzetting tot waterstof door direct gebruik van elektriciteit in de auto's met behulp van accu's. Dit is in beperkte mate meegenomen.

### Thermische zonnecentrales voor H<sub>2</sub>-productie t.b.v. brandstofcelauto's



## Samenvatting

Met het Nationaal Milieubeleidsplan 4 hebben transitieprocessen in het milieubeleid meer aandacht gekregen. Het gaat om ingrijpende veranderingen op de lange termijn met grote milieuwinst als doel. Het Milieu- en Natuurplanbureau heeft het proces van de afgelopen jaren en de rol van het Nederlandse beleid daarin geëvalueerd voor een van de opties voor het toekomstige systeem: de brandstofcelauto op waterstof verkregen met duurzame energie uit zonthermische krachtcentrales (CSP). Het is een mogelijk alternatief voor de auto met conventionele verbrandingsmotor. De centrales zijn alleen functioneel in gebieden met een hoge zonnestraling. Dat betekent dat er naast omzetting van zonne-energie in waterstof ook transport over grote afstand nodig is. De beschouwde varianten daarvoor zijn: elektriciteitstransport via een gelijkstroomnetwerk en waterstofproductie bij tankstations, waterstoftransport als gas via pijpleidingen en distributie naar de huizen en transport van vloeibaar waterstof via schepen en trucks naar tankstations. Daarnaast is op enkele punten de vergelijking gemaakt met een plug-in hybride, rijdend op 50% elektriciteit uit CSP en 50% bio-ethanol.

## Relevante doelstellingen op de lange termijn

- **Schone lucht:** Het programma ‘Clean Air for Europe’ van de Europese Commissie integreert de aanpak van verzuring en verbetering van de lokale luchtkwaliteit. Men wil de Europese luchtkwaliteit op de lange termijn verbeteren tot een niveau waarbij ‘geen significante effecten’ meer optreden voor de menselijke gezondheid en het milieu. Dit zal volgens de Toekomstagenda Milieu een nog grotere beleidsopgave betekenen voor Nederland dan de huidige emissieplafonds en -eisen.
- **Klimaatverandering:** In het kader van klimaatbeleid streeft het kabinet er naar met hernieuwbare energie en andere aandrijvingen voor auto’s bij te dragen aan reducties van broeikasgasemissies in 2050 van 50% ten opzichte van 1990 (zie Toekomstagenda Milieu).
- **Biodiversiteit:** Het EU-doel is de achteruitgang van biodiversiteit in 2010 te stoppen. De Nederlandse overheid geeft in de Toekomstagenda Milieu aan zoveel mogelijk te willen voorkomen dat negatieve gevolgen van ons handelen hier naar elders worden afgewenteld. Er is bezorgdheid over extra landgebruik dat in concurrentie gaat met voedselvoorziening en natuur (vooral ook bij biobrandstoffen).
- **Voorzieningszekerheid:** minder afhankelijkheid van olie uit politiek gezien instabiele landen. CSP biedt de mogelijkheid de diversiteit in het energieaanbod en daarmee de voorzieningszekerheid te vergroten. De afhankelijkheid van olie-exporterende landen kan worden verminderd.
- **Geluidhinder:** Bij ernstige geluidhinder is het wegverkeer de grootste bron. Doel is het aantal woningen met een te hoge geluidsbelasting tot nul te reduceren.



- Armoedebestrijding en ontwikkeling: De overheid wil een positieve bijdrage leveren aan duurzame ontwikkeling in ontwikkelingslanden door technologieoverdracht, ondersteuning bij het verbeteren van het milieubeleid en ontwikkelingssamenwerking (zie Toekomstagenda Milieu).
- Economische groei en innovatie: Betaalbaarheid is een van de drie doelen van het energiebeleid. Een EU-doel is Europa weer concurrerend te maken met de VS door meer te innoveren. ‘Slim’ is een van de drie trefwoorden van de Toekomstagenda Milieu die hiermee samenhangt.

### **Kunnen de doelen met de systeemoptie worden bereikt?**

- Bij het maken van waterstof ontstaan emissies, maar de brandstofcelauto zelf veroorzaakt bij het gebruik geen emissies. Lokale luchtverontreiniging en verzuring door verkeer kan sterk teruggedrongen worden met deze systeemoptie. In hoeverre dit in 2030 nog nodig is om de doelen te halen is de vraag. Dit hangt samen met de ontwikkeling van de normering van uitstoot voor personenvoertuigen (momenteel vastgelegd in Euro 5- en Euro 6- normen) voor de conventionele verbrandingsmotor. Overigens is wel vereist dat auto's ook aan het einde van de levensduur nog voldoen aan de normen en niet alleen in de testcyclus en dat in de testcyclus een representatief beeld ontstaat van de emissies onder praktijkomstandigheden. Wanneer dit is bereikt, heeft de brandstofcelauto ten aanzien van de luchtkwaliteit waarschijnlijk een veel kleinere meerwaarde in vergelijking met 20 jaar geleden.
- Het wegverkeer draagt nu voor ongeveer 15% bij aan de uitstoot van broeikasgassen. Met op termijn haalbaar geachte rendementen is - afhankelijk van de variant - bij deze systeemoptie een reductie van 70-95% te verwachten.
- De energiesector in Nederland draagt voor meer dan 25% bij aan de uitstoot van broeikasgassen. Bij import van elektriciteit afkomstig van CSP ook voor alle andere toepassingen van elektriciteit zou - met bijna 100% reductie ten opzichte van fossiele elektriciteit - al ruim de helft van de klimaatdoelstelling worden bereikt.
- De systeemoptie heeft een positief effect op de natuur en biodiversiteit. Er is enig verlies van ecosystemen in woestijnachtige gebieden. Het aantal soorten is daarin relatief beperkt. Het positief effect van de vermindering van broeikasgassen op de biodiversiteit is groter dan dat verlies.
- Het landgebruik - in de zonnigste gebieden - voor CSP, nodig om uiteindelijk alle auto's in Nederland met brandstofcelauto's op waterstof te laten rijden, is rond 150 km<sup>2</sup> (veel kleiner dan bij biobrandstoffen). Daar komt bij dat dit landgebruik in de meeste gevallen niet concurreert met functies als land- en bosbouw en bouwgrond.
- De voorzieningszekerheid van energie kan verhoogd worden als CSP wordt opgewekt in een groot aantal landen in Zuid-Europa, Noord-Afrika en het Midden-Oosten. De Sahara

kan in theorie permanent meer dan 300 keer de huidige totale Europese behoefte aan elektriciteit dekken.

- Bij het gebruik van brandstofcelauto's neemt geluidshinder in steden als gevolg van verkeer sterker af dan al optreedt met het huidige beleid.
- In zonnrijke ontwikkelingslanden biedt CSP al op korte termijn economische mogelijkheden, niet alleen voor de productie van elektriciteit of waterstof, maar ook door de daarmee te combineren mogelijkheid van ontzilting en indirect wellicht tuinbouw (schaduw).
- Omdat op dit moment CSP nog aan het begin staat van introductie op grote schaal, biedt deze systeemoptie volop kansen voor industriële en dienstverlenende bedrijven in Nederland en Europa, ook als CSP in Afrika wordt geplaatst. Nederlandse bedrijven spelen momenteel wel een rol bij de ontwikkeling van brandstofcellen en waterstof. Zij zijn niet betrokken bij de huidige initiatieven rond CSP.
- In landen rond de Sahara zouden – bij voldoende opschaling en schaalgrootte en na nog wat R&D – de productiekosten van elektriciteit op een termijn van tien jaar een niveau van 5 à 6 eurocent/kWh kunnen bereiken. In Zuid Europa ongeveer 8 eurocent/kWh, vanwege een lagere zonintensiteit. Voor elektriciteit uit fossiele bronnen en kernenergie ligt dit momenteel rond 4 tot 5 eurocent/kWh.

### **Hoe verloopt het proces om de systeemoptie te realiseren?**

- De stringente wetgeving ten aanzien van luchtverontreiniging in Californië gaf in 1990 sterke impulsen aan onderzoek naar de elektrische auto en de brandstofcelauto. In latere jaren kwamen daar zorgen rond klimaatverandering en - tamelijk recent - rond voorzieningszekerheid bij. Vanaf het begin was de visie bij velen, ook in Nederland, dat de brandstofcelauto op waterstof er op de lange termijn komt, al zal het nog tien tot twintig jaar duren voor deze doorbreekt. Veel partijen zoals autofabrikanten, oliemaatschappijen, onderzoeksinstituten en overheden zijn actief. Niemand lijkt te willen achterblijven. Er zijn veel samenwerkingsverbanden, omdat het om grote bedragen aan R&D gaat.
- De brandstofcelauto bevindt zich wereldwijd nog volop in de R&D-fase. Heel veel industriële landen, de OECD (IEA) en de EU hebben onderzoeksprogramma's op het gebied van brandstofcellen en waterstof. Nederland doet mee aan internationale programma's en in universiteiten en kennisinstellingen zijn verschillende onderzoeksgroepen actief. Het huidige kostenniveau is nog te hoog. De kosten voor een brandstofcel zijn volgens Ballard, een grote producent, tussen 2002 en 2005 gedaald met 40%.
- Er zijn in Nederland nog geen niches met waterstofvoertuigen, slechts enkele experimentele voorbeelden van bescheiden omvang (drie bussen in Amsterdam, een

waterstofsloop, waterstofkarts, de waterstofauto van ECN). Samenhangend met de eerder genoemde hoge kosten is men - zowel hier als elders - nog ver verwijderd van de praktijk.

- Een tussenstap naar introductie van de brandstofcelauto op waterstof zou de brandstofcelauto op benzine kunnen zijn met een converter in de auto om waterstof te produceren. Het lijkt er op dat de autoindustrie deze route inmiddels verlaten heeft. Een aantal autofabrikanten is actief met een verbrandingsmotor op waterstof. Ook dit wordt door velen als een tussenstap gezien.
- In verschillende landen wordt geëxperimenteerd met een nieuwe waterstofinfrastructuur. De EU heeft programma's lopen voor de normstelling rond brandstofcelauto's en de veiligheid van waterstof. Het zijn signalen dat de verwachtingen concreter worden.
- Vele partijen beamen dat waterstof uiteindelijk uit hernieuwbare bronnen moet komen. Er is nog veel R&D gaande om waterstof op goedkopere wijzen te produceren. Voor de transitiefase wordt veel gesproken over waterstof uit aardgas als tussenstap.
- De ontwikkeling van CSP staat los van nieuwe aandrijvingstechnieken. De opkomst in de jaren 1980 – met name in Californië – vond zijn oorsprong in de energiecrises van de jaren 1970. De lage olieprijs in de jaren 1990 zetten een rem op de verdere invoering. De IEA en later ook de EU zijn in bescheiden mate met R&D-programma's verder gegaan. De laatste jaren komt CSP weer meer in beeld, met name in Spanje. Er zijn gelden van de Wereldbank beschikbaar voor CSP in ontwikkelingslanden. Belangrijke barrière is het feit dat de productiekosten met op korte termijn te plaatsen installaties nog relatief hoog zijn en onzekerheid bestaat over groei van de omvang van CSP.
- Nederland speelt bij CSP geen rol; uiteraard niet in de plaatsing van installaties hier, maar ook niet in R&D en in het IEA-netwerk op dit terrein. Nederland heeft tot zeer recent ook geen visie laten zien op bijvoorbeeld kansen voor zonnrijke ontwikkelingslanden en Zuid-Europa.
- De kostenbarrière is nog aanzienlijk. Velen veronderstellen dat de brandstofcelauto op termijn niet duurder zal zijn dan een conventionele auto. Het rijden op waterstof uit CSP zal (per afgelegde km) naar verwachting 2,5 tot 5 keer duurder zijn dan het rijden op benzine, ook bij een hoge olieprijs (maar zonder CO<sub>2</sub>-kosten). Het gaat hier over de kale prijs, dus exclusief belastingen en accijnzen.
- Een systeem van een plug-in hybride die half-om-half rijdt op elektriciteit uit CSP en biobrandstoffen, zou wel goedkoper kunnen zijn dan het huidige systeem, zeker bij een hoge olieprijs (met wel meer landgebruik voor bio-ethanol). Na het succes van de hybride de afgelopen jaren hebben diverse fabrikanten plannen met een hybride op de markt te komen, één heeft ook plannen voor een plug-in versie.

Afsluitend kan worden gesteld dat Nederland vergeleken met veel andere landen nogal wat geld uitgeeft aan R&D voor brandstofcellen, dat het Nederlandse transitiebeleid waterstof nog wat sterker onder de aandacht heeft gebracht, maar dat het Nederlandse transitiebeleid

voor deze systeemoptie tot nu toe niet of nauwelijks een versnelling in de ontwikkelingscyclus heeft bewerkstelligd, niet bij CSP, maar ook niet bij de brandstofcelauto.

## Bijlage 7. Aangrijpingspunten voor klimaatbeleid in de systeemopties

De beschouwde systeemopties hebben – met uitzondering van de marktwerking voor groene diensten – potentieel een positief effect op klimaatverandering, omdat de broeikasgasemissies er in meer of mindere mate door verminderen. Op systeemniveau liggen actie en emissievermindering verder uit elkaar dan bij emissievermindering op bedrijfsniveau. In de volgende tabellen is dit overzichtelijk weergegeven.

Tabel 7.1 Biobrandstoffen en broeikasgasemissies

<b>Biobrandstoffen</b>	
Waar vinden veranderingen in de emissies plaats?	<p>Vermindering bij land- en bosbouw (opname in gewas of hout); net als bij voedingsgewassen wordt deze opname niet beschouwd</p> <p>Toename bij de land- en bosbouw door N<sub>2</sub>O uit de bodem en energiegebruik</p> <p>Toename bij de kunstmestproductie</p> <p>Toename bij verwerking van biomassa tot brandstof</p> <p>Minder emissies bij raffinaderijen</p>
Hoe worden de emissieveranderingen toegerekend?	<p>Vermindering bij verkeer in het land waar de brandstof wordt getankt</p> <p>Toename bij de landbouw, de kunstmestproductie en de verwerking van biomassa tot brandstof</p> <p>Vermindering bij raffinaderijen</p>
Welke actoren zijn de initiatiefnemers tot actie?	<p>Producenten van biobrandstoffen (bestaande dan wel nieuwe bedrijven)</p> <p>Leveranciers van brandstoffen</p>
Op welke actoren richt het beleid zich en met welke instrumenten?	<p>Leveranciers van brandstoffen met eerst tijdelijk een accijnsvrijstelling en vervolgens een verplichting tot een bepaald percentage biobrandstof</p>
Resultaat in de praktijk	<p>Beleid creëert een markt voor biobrandstoffen, waardoor mogelijke producenten (ethanolfabrikanten, oliemaatschappijen of nieuwe bedrijven) worden gestimuleerd tot investering, hetgeen ook gebeurt</p>

Tabel 7.2 Biograndstoffen en broeikasgasemissies

<b>Biograndstoffen</b>	
Waar vinden veranderingen in de emissies plaats?	Vermindering bij land- en bosbouw (opname in gewas of hout); net als bij voedingsgewassen wordt deze opname niet beschouwd Toename bij de land- en bosbouw door N <sub>2</sub> O uit de bodem en energiegebruik Toename bij de kunstmestproductie Toename bij voorbereiding van biomassa tot grondstof Vermindering of toename bij de chemische industrie bij de omzetting van biograndstof in product
Hoe worden de emissieveranderingen toegerekend?	Vermindering bij de afvalverwerking Toename bij de landbouw en de voorbereiding van biomassa tot grondstof Vermindering of toename voor de procesemissie bij de chemische industrie Vermindering voor de afname in feedstock bij de chemische industrie
Welke actoren zijn de initiatiefnemers tot actie?	Chemische industrie
Op welke actoren richt het beleid zich en met welke instrumenten?	Afvalverbrandingsbedrijven met een doelstelling voor duurzame energie Verhandelbare emissierechten voor procesemissies van chemische bedrijven
Resultaat in de praktijk	Slechts beperkt niches ingevuld

Tabel 7.3 Duurzame visweek en broeikasgasemissies

<b>Duurzame visweek</b>	
Waar vinden veranderingen in de emissies plaats?	Toename bij de productie van algen of in de landbouw Vermindering bij de schepen op zee
Hoe worden de emissieveranderingen toegerekend?	Toename bij landbouw (wellicht industrie) Vermindering van emissies op zee zit niet in de nationale totalen
Welke actoren zijn de initiatiefnemers tot actie?	Producenten van algen Producenten van visvoer bij de aankoop van grondstoffen
Op welke actoren richt het beleid zich en met welke instrumenten?	Visvoerproducenten op basis van ketenverantwoordelijkheid (geen klimaatbeleid)
Resultaat in de praktijk	Verandering visvoer op basis van prijzen grondstoffen Meer MVO-vis op de Nederlandse markt

Tabel 7.4 Micro-WKK en broeikasgasemissies

<b>Micro-WKK en de virtuele centrale</b>	
Waar vinden veranderingen in de emissies plaats?	Emissiereductie bij elektriciteitscentrales door verminderde productie Beperkte toename van de emissie bij huishoudens
Hoe worden de emissieveranderingen toegerekend?	Reductie bij elektriciteitscentrales (bij verminderde import van elektriciteit niet of in beperkte mate in Nederland) Toename bij huishoudens
Welke actoren zijn de initiatiefnemers tot actie?	Fabrikanten die besluiten tot productie van micro-WKK Huisseigenaren die besluiten over aanschaf
Op welke actoren richt het beleid zich en met welke instrumenten?	Elektriciteitsbedrijven met emissiehandel; als bedrijven echter vanwege verminderde productie ook minder emissierechten zouden krijgen, levert dit geen financieel voordeel op
Resultaat in de praktijk	Actie nog niet definitief, maar lijkt wel nabij; sterk afhankelijk van de prijs-prestatieverhouding van de micro-WKK ten opzichte van de HR-ketel

Tabel 7.5 Brandstofcelauto op waterstof verkregen uit zonthermische krachtcentrales en broeikasgasemissies

<b>Brandstofcelauto's met H<sub>2</sub> verkregen uit zonthermische krachtcentrales</b>	
Waar vinden veranderingen in de emissies plaats?	<p>Bij de centrales geen emissies in vergelijking met emissies uit centrales op fossiele bronnen</p> <p>Minder emissies bij raffinaderijen</p> <p>Geen emissies bij brandstofcelauto's</p> <p>Extra emissie voor transport en distributie waterstof</p>
Hoe worden de emissieveranderingen toegerekend?	<p>Emissiereductie bij centrales</p> <p>In het geval Nederland in het kader van Clean Development Mechanism CSP financiert, mogen vermeden emissies wel aan Nederland worden toegerekend</p> <p>Emissiereductie van brandstofcelauto's bij verkeer in het land waar wordt getankt</p> <p>Extra emissie voor transport waterstof daar waar transport en distributie plaatsvindt</p>
Welke actoren zijn de initiatiefnemers tot actie?	<p>Elektriciteitsbedrijven</p> <p>Autofabrikanten</p>
Op welke actoren richt het beleid zich en met welke instrumenten?	<p>Nederlandse actoren met CDM (relevant voor CSP)</p> <p>Afspraken met autofabrikanten over doelstelling gemiddelde CO<sub>2</sub>-emissies van verkochte auto's (geen verplichting); brandstofcelauto's brengen gemiddelde omlaag</p>
Resultaat in de praktijk	Acties gaan nog niet in die richting