

POST-KYOTO ENERGIEBELEID

**ADVIESAAN DE MINISTER VAN
ECONOMISCHE ZAKEN**

VASTGESTELD OP 24 JANUARI 2002

Samenstelling Algemene Energieraad en Secretariaat

De Raad

- Mevrouw ir. JM. Leemhuis-Stout, voorzitter
- Mevrouw A. van den Berg
- Ir. JM.H. van Engelshoven
- Mevrouw JA. Jbrritsma-van Oosten
- Ir. G.JM. Prieckaerts
- Ir. O.H.A. van Royen
- Ir. JP. van Soest
- Prof. dr. ir. PVellinga
- Prof. drs. PJVos
- Mevrouw prof. dr. ir. M.PC. Weijnen

Het secretariaat

- Drs. B.JM. Hanssen, secretaris
- Ir. PW. Broekharst
- Drs. E.J ten Elshof
- Mevrouw E.M.A. Bouwen
- Mevrouw E.A. de Groot

Inhoudsopgave

Conclusies en aanbevelingen	5
1. Energiebeleid binnen klimaatrandvoorwaarden	10
2. Contouren van een nieuwe energievoorziening	13
2.1 Technieken	13
2.2 Schaalniveau voor beleid	14
2.3 Taken van de Nederlandse overheid	15
2.4 Voorlopige conclusie	16
3. De sterke punten van Nederland op energiegebied	17
3.1 Wanneer is sprake van een sterk punt?	17
3.2 De Nederlandse comparatieve voordelen	18
3.3 Hoe kunnen de comparatieve voordelen optimaal worden benut?	20
3.3.1 Algemene beleidspunten en instrumenten	20
3.3.2 Specifieke acties voor de vier speerpunten	22
Bijlagen	25
1. Adviesaanvraag EZ	25
2. Technieken en energiedragers van een nieuwe energievoorziening	27
3. Schaalniveau voor CO ₂ -reductiebeleid	31
4. International views on post-Kyoto climate policy implementation (IVM)	35
5. Post-Kyoto toekomstbeelden (RIVM/ECN)	39
6. Zwarte schoonheid? Over de fossiele bijdrage aan een verduurzamende energiehuishouding (NOVEM)	50
7. Referenties	57

Conclusies en aanbevelingen

Hoofdlijn¹

In brede kring wordt verwacht dat het klimaatbeleid in de periode na 2010 zal worden voortgezet en dat dit ingrijpende gevolgen zal hebben voor de energievoorziening. Zo zouden de OESO-landen na 2010 hun CO₂-emissie ten gevolge van de energievoorziening jaarlijks met 1 % moeten verminderen. De AER acht internationale handelsmechanismen voor CO₂ van groot belang voor een effectieve en efficiënte terugdringing van de broeikasgassen. Binnen die context wijst de AER op het belang voor Nederland om de comparatieve voordelen uit te buiten.

Nederland heeft een aantal sterke punten, dus kansen, die in een Europese emissiearme energievoorziening een belangrijke rol kunnen spelen, te weten aardgas, biomassa aanvoer en conversie, CO₂-opslag en zon-PV kennis. De Raad acht het wenselijk dat deze sterke punten zowel in het klimaatbeleid als in het energiebeleid ten volle worden benut.

De overheid heeft volgens de AER daarom nu twee belangrijke taken te vervullen, gericht op een leidinggevende positie van Nederland op deze specifieke gebieden. Zij moet zich ten eerste sterk maken voor de totstandkoming van een internationaal klimaatbeleid, zodanig dat een zo groot mogelijke handel mogelijk is van emissierechten (minimaal op EU-schaal) en tevens dat dit systeem zodanige spelregels heeft dat de Nederlandse comparatieve voordelen goed uit de verf komen. Ten tweede moet de overheid in Nederland actief ruimte scheppen voor de ontplooiing van initiatieven, die anticiperen op een vooraanstaande Nederlandse rol in de Europese emissiearme energievoorziening. Het gaat hierbij voor Nederland vooral om:

- de toenemende rol van aardgas in Europa,*
- aanlanding van biomassa en omzetting daarvan in elektriciteit, biogas en biofuels,*
- de ondergrondse opslag van afgevangen CO₂,*
- de groeiende rol voor hoogwaardige zonnecelssystemen.*

1) Dit advies is uitgebracht op verzoek van de Minister van Economische Zaken ter voorbereiding op het binnenkort uit te brengen Energierapport 2002.

Conclusies

Het klimaatbeleid zet ook na 2010 door, waarbij ca. 1% CO₂ emissiereductie per jaar nodig zal zijn.

1. De AER acht het verstandig er van uit te gaan dat het klimaatbeleid na Kyoto (2010) door zal zetten. Dit betekent –in internationale context- dat Nederland verdere emissiereductie moet realiseren. Het internationale en nationale energiebeleid zal daar een grote bijdrage aan moeten leveren. Hierbij gaat de AER er van uit dat in de ontwikkelde landen een absolute CO₂-emissiereductie van 1% per jaar vanaf 2010 nodig zal zijn. De AER verwacht dat in de post-Kyoto periode een internationale prijs voor CO₂ is ontstaan door invoering van handelssystemen.
2. Bij beleidsbepaling moet steeds goed in het oog gehouden worden dat klimaatbeleid meer is dan energiebeleid, maar andersom ook dat energiebeleid meer is dan alleen de klimaatproblematiek. Dit betekent dat ook niet energiegerelateerde broeikasgassen een evenwichtige bijdrage moeten leveren én dat voldoende zorg moet bestaan voor de betrouwbaarheid en betaalbaarheid van de energievoorziening.

Daarvoor zal een brede mix van technologieroutes moeten worden ingezet, ...

3. Er is een groot scala aan technologieroutes beschikbaar. Het betreft naast verhoging van de energie-efficiency vooral ook alles wat bijdraagt aan een schone energievoorziening: hernieuwbare bronnen, nucleaire energie, koolstofarme bronnen, CO₂ verwijdering en opslag. Volgens de AER impliceren de klimaatdoelen zoals die nu in discussie zijn op mondiaal (IPCC) en EU-niveau én in de particuliere sector (Shell), dat al deze technologieroutes in meer of mindere mate nodig zullen zijn. De uitgevoerde achtergrondstudies wijzen dit ook uit.

Ondersteund door generieke instrumenten, met als basis internationale CO₂-handel.

4. Het internationale klimaatbeleid moet ingericht worden met een breed werkend instrumentarium waarin al die technologieroutes benut kunnen worden. De basis daarvoor is een internationaal CO₂-handelssysteem in combinatie met normering en plafonnering. De Raad wil er op wijzen dat voor een goede werking van CO₂-handel het bestaande stimuleringsinstrumentarium voor energiebesparing en duurzame energie (zoals heffingen, subsidies, segmentatie van de markt door bijvoorbeeld 50/50 verdeling binnenlandse en buitenlandse maatregelen) moet worden herbeoordeeld.

Binnen die internationale context moet Nederland extra aandacht gaan geven aan zijn comparatieve voordelen op energiegebied.

5. De AER concludeert dat het voor het nationale beleid van groot belang is extra aandacht te geven aan de routes die technisch en economisch interessant zijn, en daarbij te kiezen op basis van comparatieve voordelen die ons land daarbij heeft. Gegeven de onzekerheden in het mondiale toekomstige beleid, wordt met het inzetten op de comparatieve voordelen een robuust beleid gecreëerd voor Nederland.

De AER ziet 4 sterke punten voor Nederland:...

6. De AER heeft geïdentificeerd dat de volgende serie technologietrajecten speciale aandacht verdienen. Dit zijn naast technieken die in Nederland toepasbaar zijn, ook exportkansen.
 - *Nederland Aardgasland:* Nederland heeft veel kennis ontwikkeld over alle aspecten van aardgas. Het Slochterenveld vervult een wezenlijke rol bij de zekerheid van levering. Efficiënte aardgastechnieken kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan het verlagen van de CO₂ emissie. Aardgas wordt alom gezien als de belangrijkste transitiebrandstof naar een CO₂-arme energiehuishouding. Europa heeft nog een groot potentieel én infrastructuur voor de verdere inzet van gastoepassingen.
 - *Nederland aan Zee:* De grootste Europese haven voor bulkgoederen biedt een prima uitgangspunt voor aanvoer, omzetting en doorvoer van biomassa. Nederland heeft veel kennis van (chemische) omzettingen, zowel in energie als chemische grondstoffen.
 - *Nederland CO₂ opslagland:* Nederland heeft goede mogelijkheden voor de opslag van CO₂ (aardgasvelden, geologische kennis). Geconcentreerde CO₂-stromen in de Nederlandse procesindustrie en elektriciteitssector bieden goede mogelijkheden voor CO₂-afvang, als begin naar de “schoon fossiel” route respectievelijk waterstofinzet.
 - *Nederland Kennisland:* Nederland heeft een voorsprong bij de ontwikkeling van zonnecellen. Zonnecellen zijn mondiaal een belangrijke optie voor de langere termijn, en dus een goed exportartikel. In de drie categorieën hiervoor is kennis al een aantal malen genoemd: geologische kennis en kennis van upstream technieken; kennis omtrent aanleg van (gas)infrastructuur; gas- en brandertechnologie; kennis van chemische omzettingen van energie, inclusief uit kolen en biomassa.

Aanbevelingen

Om die vier sterke punten optimaal te benutten, dient de overheid nu een aanvang te maken met de uitvoering van de volgende twee samenhangende taken.

7. *De eerste taak is de keuze voor het juiste schaalniveau en de instrumentenmix voor het klimaatbeleid, zodanig dat de comparatieve voordelen optimaal kunnen worden benut. Daarvoor is minimaal op EU-schaal een CO₂-handelssysteem nodig, daarna uit te breiden tot alle geïndustrialiseerde landen die een plafond hebben in de post-Kyoto periode (2010 en verder). De CO₂-prijs is dan lager dan bij een beleid waarbij nationale doelstellingen ook nationaal moeten worden bereikt.*
8. *De tweede taak is de keuze voor een energiebeleid waarbij Nederland nieuwe initiatieven ontwikkelt op de vier genoemde sterke punten. De Nederlandse overheid moet het initiatief nemen om gezamenlijk met kennisinstituten, industrie en lokale overheden deze sterke punten te gaan benutten.*
9. *Deze beide taken moeten volgens de AER met spoed worden opgepakt, enerzijds omdat de stroperige internationale besluitvormingsprocessen niet vroeg genoeg in gang gezet kunnen worden en anderzijds om helderheid te geven naar betrokken nationale spelers.*
Er is volgens de AER een krachtig vormgegeven afwegingskader schoonbetaalbaar-betrouwbaar nodig, dat ook toepasbaar moet zijn bij ruimtelijke keuzes (schaarse ruimte in Nederland). De AER is van mening dat de genoemde vier comparatieve voordelen van Nederland in potentie zodanig benut kunnen en ook moeten worden, dat deze een goede bijdrage leveren aan de andere energiedoelen, zonder dat doelstellingen op het terrein van milieu en natuur in gevaar komen.

De AER beveelt de volgende specifieke initiatieven aan voor de benutting van de Nederlandse sterke punten.

10. *De suggesties uit dit rapport voor de benutting van de comparatieve voordelen worden hier kort samengevat:*

Nederland Aardgasland

- Milieuwaarderingsstelsel voor de Europese elektriciteitsopwekking.
- Groninger veld op peil houden en aardgaswinning in de kleine velden blijven bevorderen (binnen strenge natuur- en milieu eisen).
- Meer gas inzetten in de Europese elektriciteitssector (maar wel meewegen diversificatie; voorzieningszekerheid).
- Nagaan of het gasnet en gaskennis een voordeel is voor een toekomstige inzet (o.a. door bijmenging) van biogas en waterstof. Groene gas alternatieven bevorderen.
- R, D & D naar kleinschalige energie-efficiënte gas technologieën.

Nederland aan Zee

- Investeren in het creëren van een internationale markt voor biomassa.
- De Rotterdamse haven ontwikkelen tot een overslag- en bewerkingshaven voor biomassa. Dit combineren met pilotprojecten voor geavanceerde omzetting van biomassa naar elektriciteit, gasvormige of vloeibare brandstoffen.
- Een substantieel R, D & D programma op die terreinen is daarbij een vereiste.

Nederland CO₂ opslagland

- Proeven en vervolgens een infrastructuur opzetten voor de berging van CO₂ in oude aardgasvelden, zowel op zee als op land.
- Benut de geconcentreerde stromen in de procesindustrie en de elektriciteitsproductie (incl. bij KV-STEG) voor de afvang van CO₂.
- Waterstofinfrastructuur op het niveau van industrieterreinen is te zien als volgende stap. Krachtige overheidskeuzes m.b.t. toekomstige infrastructuur zijn erg belangrijk om de verandering op gang te brengen.
- R, D & D naar afvangtechnieken en geavanceerde omzetting naar bruikbare energie.

Nederland Kennisland

- Gemeenschappelijke onderzoeksprogramma's van de wetenschappelijke instellingen, de technologische instituten en het bedrijfsleven naar zonne-energie (en zoals reeds genoemd voor biomassa, CO₂ opslag en waterstof).
- Daarbij hoort ook onderzoek naar de bijbehorende infrastructuur en ervaring opdoen in proefprojecten.
- Implementatie van zonne-energie in ontwikkelingslanden.

1. Inleiding: Energiebeleid binnen klimaat-randvoorwaarden

'Post-Kyoto' is de periode na 2010 - 2012, d.w.z. de periode waarvoor nu nog geen afspraken zijn gemaakt voor reducties van broeikasgasemissies. Nederland heeft zich voor de periode tot 2012 gecommitteerd aan 6% reductie van CO₂-equivalenten t.o.v. 1990 als bijdrage aan een EU-brede doelstelling van 8% reductie. De algemene verwachting van wetenschappers, maatschappelijke organisaties en bedrijven is dat Kyoto slechts een eerste stap is en dat voor de post-Kyoto periode verdergaande emissiereducties zullen worden afgesproken. De Raad wil nu reeds stilstaan bij het energiebeleid voor de langere termijn, waarbij een verdergaand klimaatbeleid als gegeven wordt beschouwd en daarvoor beleidsaanbevelingen doen.

Adviesaanvraag

De aanleiding voor het verzoek van de Minister van Economische Zaken aan de Raad om advies uit te brengen over 'post-Kyoto en het energiebeleid' is het Energie-rapport dat de minister begin 2002 wil uitbrengen (zie bijlage 1). De centrale vraag van de minister bestaat uit drie onderdelen:

- Wat kan energiebeleid bijdragen aan het klimaatbeleid in zijn internationale context?
- Bij welke energieketens en technologieën liggen de beste kansen en welk stelsel van beleidsopties is nodig en gewenst.
- Welke verhouding is er tussen energiebesparing, hernieuwbare energie, kernenergie en 'schoon fossiel'.

Gevolgde aanpak, vraagstelling

In deze inleiding worden de vraagstelling aangegeven, alsmede de uitgangspunten die de Raad heeft gehanteerd bij zijn advies. In hoofdstuk 2 en 3 volgt de analyse. Ter voorbereiding van dit advies zijn drie studies verricht door respectievelijk IVM, RIVM/ECN en NOVEM, waar van de samenvattingen zijn opgenomen (bijlagen 4 t/m 6). De conclusies en beleidsaanbevelingen van de AER zijn aan het begin van dit advies opgenomen.

De Raad heeft er voor gekozen om een verdergaand klimaatbeleid als gegeven te beschouwen en te kijken welke effecten dat kan hebben op de Nederlandse energievoorziening. Bij de formulering van het advies richt de AER zich op de vraag wat vanuit het energiebeleid op korte termijn ondernomen kan worden door de Nederlandse overheid en het Nederlandse bedrijfsleven om structureel de kansen voor de Nederlandse economie zo groot mogelijk te laten zijn. Natuurlijk onder de condities

van een betaalbare, betrouwbare en schone energievoorziening (breder dan CO₂). Niet alleen de intensiteit, maar ook de wijze waarop het klimaatbeleid gestalte krijgt, heeft effect op de energievoorziening. Daarom onderscheidt de AER in dit advies twee verschillende taken van de overheid als het gaat om het energiebeleid bij verder gaand klimaatbeleid. Ten eerste de taak om het klimaatbeleid verder gestalte te geven (schaal van beleid, keuze instrumentenmix) en ten tweede de taak om binnen gegeven klimaatrandvoorwaarden zo goed mogelijk de publieke belangen van schoon, betaalbaar en betrouwbaar vorm te geven. Deze beide taken staan zeker niet los van elkaar. In hoofdstuk 2 wordt hierop nader ingegaan.

Uitgangspunten klimaatrandvoorwaarden

Het klimaatbeleid lijkt af te koersen op een forse vermindering van de uitstoot van broeikasgassen omdat dit noodzakelijk wordt geacht om het mondiale klimaatprobleem het hoofd te bieden (IPCC). Het gebruik van fossiele energie is daarbij verreweg de belangrijkste oorzaak, niet alleen via CO₂, maar ook door CH₄ en NO_x. Op den duur (eind 21e eeuw) zal een terugdringing van de broeikasgasemissies met 80% in de westerse wereld aan de orde zijn, waarbij de belangrijkste sleutel voor het klimaatbeleid op het terrein van de energiehuishouding gezocht moet worden.

Ander beleid moet voorzien in een uiteindelijk proportionele beperking van niet energiegerelateerde emissies. Waar deze andere emissies op een efficiëntere wijze beperkt kunnen worden dan CO₂-emissies, moet dat ook bij voorrang geschieden. Daarmee kan tijd gewonnen worden voor de transitie naar een duurzame energievoorziening. Dat neemt niet weg dat dit slechts tijdelijk lucht kan geven aan de beperking van de CO₂-emissies, die structureel scherp zullen moeten dalen (zie RIVM/ECN, bijlage 5). Ook Shell neemt een forse vermindering van de CO₂-emissies in zijn nieuwste scenario's als uitgangspunt (zie bijlage 2).

De EU heeft zich voor de lange termijn uitgesproken voor een concentratie van 450 ppm CO₂. Tot 2030 betekent dat een gemiddelde jaarlijkse daling van de CO₂-emissies met ongeveer 1 % en nog hoger (1,5 %) in de jaren daarna. Indien in het klimaatbeleid wordt gekozen voor de minder scherpe doelstelling van een concentratieniveau van 550 ppm, zal nog altijd een reductie van tegen de 1 % per jaar noodzakelijk zijn tot 2100. De conclusie is dat vanaf 2010 een jaarlijkse CO₂ emissiereductie in de orde grootte van 1 % nodig is. Deze 1 % is de klimaatrandvoorwaarde die de AER in de rest van dit advies als uitgangspunt neemt.

Een schone energievoorziening

Het element schoon zal in de doelstellingen van het energiebeleid (schoon, betaalbaar en betrouwbaar) een bredere invulling krijgen. In het begin van de 20e eeuw werd schoon vooral gekoppeld aan roet, gevolgd door geluid, verzuring en straling in de tweede helft van de 20e eeuw. In de definitie van "schoon" is nu ook het vermijden van de emissies van broeikasgassen opgenomen.

Omdat het broeikasprobleem een mondiaal probleem is, is bij CO₂ veel meer dan bij de andere componenten van schoon, de mogelijkheid aanwezig om via handel tussen locaties de meest efficiënte oplossing te zoeken. CO₂ zal in de toekomst een internationale prijs krijgen. Dit gebeurt niet vanzelf maar zal door de nationale en internationale overheden via heffingen of via emissieplafonds in combinatie met handelsmechanismen tot stand komen. Het Kyoto-protocol voorziet daar al gedeeltelijk in door de nationale broeikasgasplafonds en door de handelsmechanismen (J.; CDM; ET²). Door de EU wordt momenteel gewerkt aan een systeem van emissiehandel (COM(2000)87 en COM(2001)581) en recent heeft de Commissie CO₂-handel geadviseerd over een mogelijke Nederlandse invulling van emissiehandel. De veranderingen zullen ingrijpend zijn en zullen in vergelijking met de traditionele elementen van schoon relatief hoge kosten met zich meebrengen. Handhaving van de driedelige doelstelling betekent ook dat het energiebeleid niet alleen klimaatbeleid kan zijn. Gedurende de transitie dient voldoende zorg te blijven voor de betrouwbaarheid en betaalbaarheid van de energievoorziening.

2) Joint Implementation (JI), Clean Development Mechanism (CDM), Emission Trading (ET)

2. Contouren van een nieuwe energievoorziening

2.1 Technieken

Om de vraag te beantwoorden wat de waarde is van verschillende technieken in de nieuwe energievoorziening die in de post-Kyoto periode tot stand zal komen, zijn reeds vele techniekverkenningen uitgevoerd. Hieruit blijkt dat tal van verschillende techniekroutes een plek kunnen krijgen. Verhoging van de energie-efficiency is belangrijk en mogelijk, maar voor de vereiste structurele reducties biedt dit onvoldoende soelaas. Uitgaande van een groeiend inkomensniveau, zal een emissiearme energievoorziening daarom naast zuinige apparaten en installaties bestaan uit schone energiedragers (elektriciteit, warmte en waterstofgas) en schonere energiebronnen. Schone energiedragers zijn nodig om grootschalig de nieuwe schone bronnen te kunnen gebruiken. Daarvoor komen in aanmerking hernieuwbare energiebronnen (zoals biomassa, zon, wind), nucleaire energie, koolstofarme bronnen (bijvoorbeeld aardgas in plaats van kolen), CO₂-verwijderings-technieken en CO₂-opslag (zie bijlage 2). Uit de studies van RIVM/ECN en IVM komt naar voren dat al deze techniekroutes in de verschillende scenario's in meer of mindere mate nodig zijn. Ook de resultaten van het onlangs afgeronde COOL-project en de recente Shell-scenario's geven dat aan. Uit een recente studie van Novem (Stuij, Schreurs 2001, bijlage 6) naar de mogelijkheden van "schoon fossiel" blijkt dat er ruime mogelijkheden zijn om CO₂ af te vangen en op te slaan, die ook qua kosten concurrerend zijn met andere mogelijkheden om CO₂ te reduceren.

Het is moeilijk, zo niet onmogelijk, om in een dynamische energiemarkt te kiezen welke technieken over 20 jaar dominant zijn en steun verdienen. Niet alleen de kosten van bepaalde technieken nu, maar ook de nog te verwachten kostenontwikkelingen, zijn uitermate belangrijk. Ook is gebleken dat in grote delen van de markt aspecten als comfort, status en gemak bepalende belangrijke factoren zijn voor de techniekkeuze; de prijs is slechts in beperkte mate bepalend. Het kan bijvoorbeeld wel waar zijn dat zuinige lampen per lumen (eenheid van licht) goedkoper zijn, maar de consument koopt nog steeds overwegend gloeilampen. Verder bepaalt ook het beleid gericht op andere doelen van de nationale en Europese overheid (zoals lokaal milieu) welke technologieroutes kansrijk zijn en welke niet.

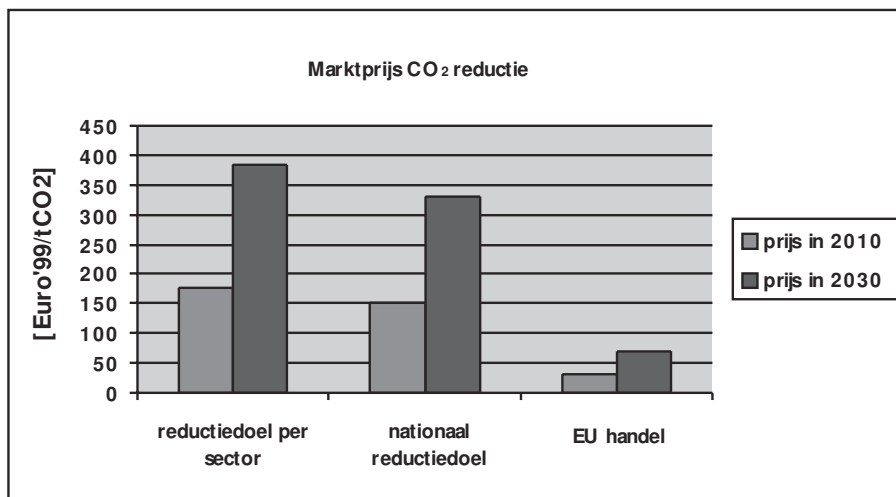
De AER concludeert dat het internationale klimaatbeleid zich derhalve moet richten op het '1000-bloemen-bloeien-principe': een breed werkend instrumentarium waarin geen techniek wordt uitgesloten of benadeeld. Op dat internationale schaalniveau is 'picking the winners' niet raadzaam.

2.2 Schaalniveau voor beleid

De AER gaat er vanuit dat de OESO-landen hun energievoorziening de komende decennia zodanig moeten aanpassen, dat een groeiend inkomensniveau met een absolute reductie van de CO₂-emissie gepaard gaat. Omdat het klimaatprobleem een mondiaal probleem is, ligt het idealiter voor de hand om dat probleem dan ook mondiaal aan te pakken. Maar de werkelijkheid gebiedt te erkennen dat veel Europees en nationaal beleid nodig is om een bijdrage te leveren aan de oplossing van het klimaatprobleem. Vanuit de gedachte “think global, act local” is er ook een sterke drang bij lokale overheden om lokaal beleid te ontwikkelen voor het mondiale klimaatprobleem.

De AER verwacht dat onder druk van het klimaatbeleid de tendens tot Europese eenwording op het terrein van de energievoorziening aan kracht zal winnen. De verwachting is dat in de post-Kyoto periode sprake zal zijn van een Europese energievoorziening waarbij er Europese regels zullen zijn voor marktwerking, milieu en voorzieningszekerheid. In een dergelijke context zal elk land zich vervolgens kunnen specialiseren in die technieken die het beste aansluiten bij de geografische ligging, de aanwezige industrie en de aanwezige kennis. De mate waarin dit kan gebeuren is echter afhankelijk van het schaalniveau dat de politiek kiest voor beleid op het terrein van marktwerking, voorzieningszekerheid én milieu, waaronder het klimaatbeleid. Bij een Europees energiebeleid op elk van deze terreinen kan tegen de laagste kosten een betrouwbare, schone energievoorziening worden gerealiseerd. Hoe meer specifiek lokaal beleid wordt ontwikkeld, des te hoger de totale kosten zullen worden bij een gelijke CO₂-emissie. De doelmatigheid van het klimaatbeleid neemt af met de verschuiving van de schaal van beleid van Europees naar lokaal niveau. Concreet betekent dit, dat als het niet lukt om een Europees klimaatbeleid te ontwikkelen, “goedkope” maatregelen bij de industrie onbenut blijven liggen en “dure” maatregelen in de gebouwde omgeving nodig zijn om toch te voldoen aan de randvoorwaarde dat de totale CO₂-emissie van de energievoorziening absoluut afneemt. In figuur 1 respectievelijk bijlage 3 is uitgewerkt hoe de kosten van klimaatbeleid stijgen bij vergelijking van een Europees beleid, een nationaal beleid en een gesegmenteerd nationaal beleid.

Figuur1. Marktprijs CO₂ reductie in relatie tot schaal van beleid



Toelichting. De figuur geeft een indicatie van de marktprijs voor CO₂ onder verschillende condities.

De prijzen zijn afgeleid door CE op basis van diverse bronnen (zie bijlage 3). Bij een “reductiedoel per sector” moeten relatief dure maatregelen (gebouwd omgeving, personenvervoer) getroffen worden om het emissieplafond te bereiken. Als er een nationaal reductiedoel is om hetzelfde emissieplafond te bereiken, kunnen meer goedkopere maatregelen worden getroffen bij industriële bedrijven, betaald door kleinverbruikers. Bij EU-handel komen nog meer goedkopere maatregelen beschikbaar en de kosten worden verdeeld over alle gebruikers van energie.

2.3 Taken van de Nederlandse overheid

Niet alleen de intensiteit, maar ook de wijze waarop het verdergaand klimaatbeleid gestalte krijgt, heeft effect op de energievoorziening. Daarom onderscheidt de AER in dit advies twee verschillende taken van de overheid als het gaat om het energiebeleid binnen klimaatrandvoorwaarden. Ten eerste de taak om het klimaatbeleid verder gestalte te geven (schaalniveau, keuze instrumentenmix) en ten tweede de taak om binnen gegeven klimaatrandvoorwaarden zo goed mogelijk de publieke belangen van betaalbaar, betrouwbaar en schoon vorm te geven. Deze beide taken staan zeker niet los van elkaar.

De eerste taak heeft betrekking op het schaalniveau en de instrumentenmix voor het klimaatbeleid. Hoe hoger het schaalniveau voor het beleid komt te liggen, hoe lager de kosten zullen zijn. De AER acht het daarom een belangrijke taak voor de Nederlandse overheid om actief bij te dragen aan de totstandkoming van een

Europese energievoorziening en verder mondiaal beleid, ook op het terrein van het klimaatbeleid. De schaal van Europa is de opstap naar een uiteindelijk breder internationaal vormgegeven beleidsinstrumentarium (met een handelssysteem als kern). Ook de VROM Raad wijst in zijn advies over NMP4 op een “gewenste herbezinning op de rol van Nederland in de internationale arena” (VROM Raad 2001).

De tweede taak heeft betrekking op het energiebeleid. De Nederlandse overheid zal binnen de Europese context moeten zorgen voor een goede energievoorziening waarbij de Nederlandse samenleving zich optimaal kan ontplooiën. Dit betekent dat de Nederlandse burgers en bedrijven als gebruikers van energie geen onnodig hogere kosten voor hun rekening krijgen in vergelijking met andere landen. Het betekent ook dat het Nederlandse bedrijfsleven kansen kan benutten voor levering van energie en de daarbij horende installaties en diensten.

De AER richt zich met dit advies vooral op het energiebeleid en minder op het klimaatbeleid. Het energiebeleid van Nederland zal in de ogen van de Raad gericht moeten zijn op het voortbouwen op de sterktes (comparatieve voordelen) van Nederland binnen de Europese context die in de post-Kyoto periode zal gelden. Daarom zal in het volgende hoofdstuk worden ingegaan op de sterktes zoals de AER die ziet en op het beleid dat nodig is om die sterktes optimaal te benutten. Daarbij zal ook de vraag beantwoord worden in hoeverre het klimaatbeleid bepalend is voor het kunnen benutten van die sterktes, de comparatieve voordelen.

2.4 Voorlopige conclusie

Vele deskundigen verwachten dat het klimaatbeleid in de post-Kyoto periode zal doorzetten. De verwachting hierbij is dat dan alle technologieroutes een bijdrage zullen leveren aan de emissiearme energievoorziening. De mix kan niet worden aangegeven en dat moet ook niet. Het internationale klimaatbeleid moet ingericht worden met een breed werkend instrumentarium waarin al die technologieën in principe benut kunnen worden.

De AER is van mening dat in de post-Kyoto periode een prijs voor CO₂ zal zijn ontstaan door invoering van handelssystemen in combinatie met normering en plafonnering. Deze prijs is sterk afhankelijk van het schaalniveau van het klimaatbeleid. Bij een Europees klimaatbeleid met brede handelsmogelijkheden, zal de prijs lager zijn dan bij nationaal beleid van elk van de Europese landen (als elk land afzonderlijk vooral binnenlands zijn CO₂-doelen moet realiseren). Bij een gelijk niveau van CO₂-emissie zullen daardoor de kosten van Europees klimaatbeleid lager zijn dan van afzonderlijk beleid van elk van de lidstaten.

Nederland moet zich inzetten voor een internationaal beleid waarbinnen ieder land, dus ook Nederland, zijn sterke punten kan benutten in een zo groot mogelijk (minimaal EU) gebied.

3. De sterke punten van Nederland op energiegebied

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de sterke punten van Nederland op energiegebied, anders gezegd de comparatieve voordelen³⁾. Competenties en economische belangen moeten goed meewegen bij het kiezen van beleid. Ook de SER wijst daar op in zijn advies over het NMP4 (SER 2001). Uitgaande van een zodanige inrichting van beleid dat landen de ruimte hebben om aan te sluiten bij hun sterke punten en specifieke situatie, heeft de AER zich een beeld gevormd van de sterke energiepunten van Nederland.

3.1 Wanneer is sprake van een sterk punt?

De AER hanteert drie kenmerken om na te gaan of er sprake is van een sterk punt (comparatief voordeel).

- **Locatie:** aspecten als ligging, achterland, aanwezige grondstoffen, compacte bebouwing;
- **Kennis:** de aanwezigheid van kwalitatief hoogwaardige kennis op het desbetreffende terrein;
- **Industrie:** de aanwezigheid van bedrijven, incl. de energiesector die op het desbetreffende terrein producten kunnen leveren.

Op basis van de elementen locatie, kennis en industrie kan van een techniek bekeken worden of Nederland er uitspringt ten opzichte van de andere Europese landen (de relevante schaal, markt). Op die terreinen moeten volgens de AER de speerpunten van beleid worden gekozen. Dit zijn niet noodzakelijkerwijs technieken die ook op grote schaal in Nederland toepasbaar zijn. Het kan ook om exportkansen gaan.

Een opmerking daarbij: naast de te kiezen speerpunten zijn er beslist nog andere routes die ook benut kunnen en zullen worden. De Raad acht het niet verstandig om routes uit te sluiten. Voor deze routes is echter volgens de AER geen specifieke stimulering door de overheid nodig, behalve het bevorderen van marktwerking en CO₂-handel. Bij deze routes is de ontwikkeling relatief ver, zodat deze in het

3) Comparatieve kostenverschillen (Wet van Ricardo): internationale handel is (alleen) voordelig als er sprake is van comparatieve (of relatieve) kostenverschillen. Dat betekent dat als er tussen twee landen een comparatief (of relatief) kostenverschil bestaat, is het voor beide landen voordelig als elk van de twee landen zich specialiseert in de productie van het goed waarin het een relatief kostenvoordeel heeft of het kleinste relatieve kostennadeel.

lopende decennium al resultaat opleveren, of is het lange termijn perspectief voor Nederland beperkt ten opzichte van andere landen. De agenda van die routes wordt door de internationale markt voor CO₂ bepaald. Een voorbeeld is windenergie.

3.2 De Nederlandse comparatieve voordelen

In het onderstaande overzicht zijn de belangrijkste kenmerken van de Nederlandse economie samengebracht, voor zover relevant voor energie. Daarbij is zeker geen compleetheid nagestreefd, maar wel een selectie van de hoofdzaken.

Kenmerken Nederlandse economie in relatie tot energie.

	Eigenschap	Opmerkingen
S T E R K	Gas upstream (incl. offshore industrie), Gasinfrastructuur	Ontwikkeld door gericht overheidsbeleid
	Technische kennis m.b.t. upstream gas en olie, gastehnologie, geotechnologie, zonnecellen	
	Europoort (olie, kolen, raffinage, basischemie, petrochemie)	Waterwegen achterland; veel overheidsinvloed en -middelen
	Energie-intensieve industrie, glastuinbouw	Gas
	Warmte/Kracht Koppeling	Gas, subsidies/tariefstructuur
	Energiebewustzijn en draagvlak, ook voor hernieuwbare energie	In vergelijking tot veel andere landen
	Kenniseconomie	
	Handelsland; stabiele economie; open economie	
Z W A K	Ruimte (veel concurrentie om de ruimte; procedures ruimtelijke ordening, nimby)	
	Schaalgrootte energiebedrijfsleven klein in internationale context	met name van belang bij grote investeringen, zoals een nieuwe infrastructuur
	Kleine thuismarkt	
	Congestie op de wegen	
	Draagvlak nucleair	
O verig	O verlegcultuur ; consensusgericht	Transitiemanagement bouwt daarop voort
	Kolenvergassing	Is voor sprong nog te benutten?

Volgens de AER zijn er vier comparatieve voordelen voor Nederland te identificeren, die de Raad als volgt aanduidt: *Nederland Aardgasland*, *Nederland aan Zee*, *Nederland CO₂-opslagland*, *Nederland Kennisland*. Hieronder wordt dit gemotiveerd, waarbij steeds is aangegeven waar Nederland er uit springt [locatie, kennis, industrie].

Nederland Aardgasland

- Door zijn grote aardgasvoorraad heeft Nederland veel kennis ontwikkeld over de winning, beheer, distributie en toepassing van aardgas [kennis, locatie].
- Slochteren kan als swingvoorraad worden gebruikt om zekerheid van levering te garanderen bij de import van Russisch gas en gas uit kleine velden [locatie].
- Aardgas kan op Europees niveau nog een belangrijke bijdrage leveren aan het verlagen van de CO₂ emissie door substitutie van kolen. Aardgas wordt alom gezien als de belangrijkste transitiebrandstof naar een CO₂-arme energiehouding [locatie, industrie].
- Nederland heeft nog een groot potentieel voor de inzet van groot- en kleinschalige gastoeepassingen (incl. bio- en syngas) en de infrastructuur is aanwezig [locatie, industrie].

Nederland aan Zee

- De ligging aan zee en de aanwezigheid van de grootste Europese haven voor bulkgoederen biedt een prima uitgangspunt voor de aanlanding, overslag en verwerking/omzetting van brandstoffen zoals biomassa voor het Europese achterland [locatie].
- Door de raffinaderijen, procesindustrie, basischemie e.d., die voor een groot deel ook gekoppeld zijn aan diepzeehavens, beschikt Nederland over veel kennis van (chemische) omzettingen, zowel in energie als chemische grondstoffen, ook uit biomassa en kolen (in combinatie met CO₂-opslag) [kennis, industrie].
- Door de compacte inrichting van de havengebieden is er veel potentieel voor duurzame bedrijfsterrinen, waarbij diverse energie efficiënte procesoptimalisaties een belangrijke rol kunnen spelen [locatie].

Nederland CO₂-opslagland

- De aanwezigheid van aardgasvelden en de ontwikkelde geologische kennis bij de winning van aardolie en aardgas biedt goede mogelijkheden voor de opslag van CO₂, ook in combinatie met coalbed methane [locatie, kennis].
- Geconcentreerde CO₂-stromen in de Nederlandse procesindustrie bieden goede mogelijkheden om met CO₂-afvang te beginnen als opmaat voor de “schoon fossiel” route respectievelijk waterstofinzet [locatie, industrie].
- De relatief vooraanstaande kennis over chemische omzetting en kolenvergassing kan bij deze routes nuttig worden aangewend [kennis].

Nederland Kennisland

- Er is in Nederland een aantal grote partijen actief in de ontwikkeling van zonne-

cellen (Philips, Shell, AKZO Nobel, ECN, Universiteiten). De innovatiekracht van de grote bedrijven en kennisinstellingen heeft ervoor gezorgd dat Nederland een voorsprong heeft bij de ontwikkeling van deze techniek. In recente onderzoeken wordt Nederlands onderzoek naar zonnecellen op belangrijke onderdelen als koploper of als agenderend gekenschetst⁴⁾. Er is ook een goede verbinding tussen de wetenschap en de industrie. Zonnecellen zijn mondiaal een belangrijke optie voor de langere termijn, een goed exportartikel dus [kennis, industrie].

- In de drie categorieën hiervoor is kennis al een aantal malen genoemd: geologische kennis en kennis van upstream technieken; kennis omtrent aanleg van (gas)infrastructuur; gas- en brander technologie; kennis van chemische omzettingen en conversie van energiedragers, inclusief uit kolen en biomassa. Ook deze betreffen goede samenwerking tussen het Nederlandse bedrijfsleven en Nederlandse kennisinstellingen [kennis, industrie].

3.3 Hoe kunnen de comparatieve voordelen optimaal worden benut?

Helderheid vooraf is belangrijk

Duidelijk kiezen voor de vier genoemde gebieden als speerpunt van nationaal beleid en dat ook volhouden is van groot belang. Nederland moet op die punten leidend willen zijn in Europa (minimaal). De AER ziet een rol voor de Nederlandse overheid om, gegeven de realisatie van een schone energievoorziening, Nederlandse activiteiten verder te helpen ontwikkelen samen met Nederlandse bedrijven.

Bij de uitwerking van het beleid zijn enkele punten te noemen die voor alle vier terreinen belangrijk zijn en waaraan moet worden voldaan (paragraaf 3.3.1). Daarnaast zijn er per terrein specifieke acties of instrumenten die opgepakt zouden moeten worden (paragraaf 3.3.2).

3.3.1 Algemene beleidspunten en instrumenten

Van belang voor alle vier de speerpunten zijn:

- het helder maken van de publieke belangen,
- de Europese schaal en generieke aanpak
- de relatie tussen schoon, betaalbaar en betrouwbaar.

Dit wordt hieronder nader toegelicht.

Publieke belangen helder maken

De overheid dient de publieke belangen voor energie zoveel mogelijk expliciet te

4) NOVEM (april 2001) Internationale positie van Nederlandse energie R&D; PriceWaterhouseCoopers (juli 2001) Quickscan kennisaanbod en kennisafname energie.

maken in heldere doelstellingen, randvoorwaarden of prijsinstrumenten. De overheid dient ook helder te zijn over de kosten van het beleid. In zijn advies over voorzieningszekerheid "Zorgen voor de energie van morgen" (oktober 2001) wees de Raad op de behoefte om meer kwantitatief inzicht te krijgen in wat de lange termijn voorzieningszekerheid ons kost en ons waard is. De AER heeft in het advies "De rol van de overheid in een vrije energiemarkt" (december 2001) gewezen op het belang om op het terrein van milieu expliciete doelen te stellen en deze met marktconforme instrumenten in te vullen om vervolgens de dynamiek en de innovatiekracht van de markt te gebruiken om die doelen te realiseren. Er is volgens de AER een krachtig vormgegeven afwegingskader schoon-betalbaar-betrouwbaar nodig, dat ook toepasbaar moet zijn bij ruimtelijke keuzes (schaarse ruimte in Nederland).

De Europese schaal en generieke aanpak

Als er Europese doelstellingen ontstaan met een open markt voor de diverse technieken en sectoren om reducties te halen, dan kunnen alle vier comparatieve voordelen van Nederland een belangrijke rol spelen en komt de CO₂ reductie internationaal op de goedkoopste manier tot stand. Doelstellingen om per definitie in Nederland reducties te realiseren, en zelfs om binnen bepaalde sectoren reducties te realiseren, leiden ertoe dat de comparatieve voordelen niet maximaal worden benut en dat de totale kosten voor het halen van de reductiedoelstellingen hoger zijn dan nodig.

De Nederlandse overheid zal zich daarom allereerst in internationaal en met name in EU verband moeten blijven inzetten voor de verdere Europese vormgeving van het mondiale klimaatbeleid. Daarbij is ook van belang de handelsmechanismen voor broeikasgasemissies snel verder vorm te geven, zodat spoedig heldere marktsignalen over de prijs van deze emissies en dus van CO₂ tot stand komen. De AER ziet een belangrijke rol voor de Nederlandse overheid om te bevorderen dat de vormgeving van generieke internationale instrumenten zo wordt gekozen, dat de vier Nederlandse speerpunten goed tot ontplooiing kunnen komen. De Raad wil er op wijzen dat voor een goede werking van CO₂-handel het bestaande stimuleringsinstrumentarium voor energiebesparing en duurzame energie (bijvoorbeeld heffingen, subsidies, segmentatie van de markt door bijvoorbeeld 50/50 verdeling binnenlandse en buitenlandse maatregelen) moet worden herbeoordeeld.

Zolang deze internationale instrumenten nog niet bestaan zal de overheid in zijn stimuleringsbeleid voor investeringen van een raming van de verwachte toekomstige internationale CO₂-prijs moeten uitgaan.

Daarnaast heeft de overheid een rol om nieuwe ontwikkelingen tijdelijk te bevorderen, in de vorm van financiering van R, D & D en ondersteuning van de markt-introductie van nieuwe technieken. Ook ligt er een taak voor de overheid als geheel

nieuwe infrastructures aan de orde zijn, die door de markt alleen niet kunnen worden gerealiseerd.

De relatie tussen schoon, betaalbaar en betrouwbaar

De uitwerking van de bevordering van de comparatieve voordelen moet op een manier die alle drie energiedoelstellingen (schoon, betaalbaar, betrouwbaar) dichterbij brengt. Daarbij dient ook gekeken te worden naar de effecten op andere maatschappelijke doelen, zoals natuurbeheer. Uit de voorbeelden hieronder blijkt dat de genoemde vier comparatieve voordelen van Nederland in potentie zodanig benut kunnen worden, dat deze tevens een goede bijdrage leveren aan de andere energiedoelen, zonder dat doelstellingen op het terrein van milieu en natuur in gevaar komen.

- Activiteiten binnen de vier speerpunten die zijn gericht op de verdere ontwikkeling en implementatie van rendabele (industriële) energiebesparing en in het bijzonder gasbesparing, zijn goed voor alle drie de energiedoelen. Daarbij komen bovendien andere overheidsdoelen als behoud van natuur niet in het geding. Deze verdienen dan ook absolute prioriteit.
- Dit geldt ook voor activiteiten op het terrein van zonne-energie, al is dat nog erg duur in zijn toepassing in Nederland. Zonne-energie leent zich vooralsnog vooral voor toepassing in gebieden waar een fijnmazige energieinfrastructuur ontbreekt. Dit zijn markten buiten Nederland.
- Voor biomassa geldt de kanttekening dat aan strikte milieu- (bijvoorbeeld ten aanzien van verzuring) en natuurrandvoorwaarden (bijvoorbeeld bij teelt van biomassa) voldaan moet zijn, wil deze optie op alle energiedoelstellingen positief scoren. Vanuit voorzieningszekerheidstandpunt kan biomassa extra interessant zijn als het fossiele transportbrandstoffen vervangt, al is die optie relatief duur.
- Toepassing van de "schoon fossiel" optie is voor de voorzieningszekerheid interessanter als dat gebeurt op basis van kolen. Coalbedmethane en kolenvergassing moeten dan genoemd worden, waarvoor nog het nodige onderzoek nodig is. Milieu- en natuurgevolgen moeten goed in kaart worden gebracht om de optie "schoon fossiel" goed te laten scoren. In dit verband wil de Raad ook de voordelen noemen die de brandstofcel heeft voor de bestrijding van verzuring en fijn stof.

3.3.2 Specifieke acties voor de vier speerpunten

De Raad heeft in het voorgaande naar voren gebracht, dat een goed vormgegeven generieke bevordering van CO₂-reductie in een mondiale of Europese markt belangrijk is, maar dat daarnaast een op de ontwikkelingen van onze comparatieve voordelen gericht beleid nodig is. Dit laatste mag uiteraard niet leiden tot marktverstoringen die in strijd zijn met de Europese mededinging. Voor bevordering van R, D & D en infrastructuur en het bijeen brengen van partijen bieden EU-kaders voldoende ruimte. Ook moeten we attent zijn op mogelijke spanning of tegenstrijdigheid tussen het generieke en het specifieke instrumentarium.

Meer specifiek kunnen de benoemde comparatieve voordelen langs de volgende wegen worden bevorderd. De AER tekent daarbij aan dat deze speerpunten tijdig ter hand genomen moeten worden, in de komende jaren reeds, en dat ze alle vier tot verdere ontwikkeling gebracht moeten worden.

Nederland Aardgasland

- Zorg ervoor dat in de Europese elektriciteitsmarkt zo snel mogelijk een waardering tot stand komt voor de milieuprestaties van de verschillende opwekmethoden, waardoor WKK een flinke stimulans krijgt. De Nederlandse gasproductie en gashandel kunnen daar van profiteren.
- Zorg daarbij dat de back-up van het Groninger veld op peil blijft en dat aardgaswinning in de kleine velden bevorderd wordt (uiteraard binnen te stellen natuur- en milieu eisen⁵⁾
- Er is veel kennis aanwezig én er is een fijnmazige infrastructuur. Meer gas inzetten kan technisch vrij gemakkelijk in de Europese elektriciteitssector (maar wel meewegen diversificatie; voorzieningszekerheid). Ook zou moeten worden nagegaan of dit gasnet (hoofdnet wellicht nog meer dan het distributienet) en gaskennis een voordeel is voor een toekomstige inzet (o.a. door bijmenging) van biogas, syngas en waterstof (zie ook CO₂ opslagland).
- Bevorder R, D & D naar kleinschalige energie-efficiënte gas technologieën bij de technologische en wetenschappelijke instituten in samenwerking met het Nederlandse bedrijfsleven.

Nederland aan Zee

- Nederland moet investeren in buitenlandse betrekkingen gericht op het creëren van een internationale markt voor biomassa.
- Samen met marktpartijen wordt de mogelijkheid uitgewerkt om de Rotterdamse haven te ontwikkelen tot een overslag en bewerkingshaven voor biomassa.
- Dit kan gecombineerd worden met pilotprojecten op het terrein van geavanceerde omzetting van biomassa naar elektriciteit, gasvormige of vloeibare brandstoffen.
- Een substantieel R, D & D programma op die terreinen is daarbij een vereiste.

Nederland CO₂ opslagland

- Samen met marktpartijen worden eerst proeven en daarna een infrastructuur opgezet voor de berging van CO₂ in oude aardgasvelden, zowel op zee als op land.
- Voor de afvang van CO₂ bieden in eerste instantie de geconcentreerde stromen in de procesindustrie en de elektriciteitsproductie (incl. KV-STEG) goede perspectieven.

5) Zie ook het AER-advies "Zorgen voor de energie van morgen" (oktober 2001).

- De volgende stap is het realiseren van een waterstofinfrastructuur op het niveau van industrieterreinen. Voor gebouwde omgeving en transport ligt een fijnmazige waterstof infrastructuur niet voor de hand (duur). Zonder krachtige overheidskeuzes komt een dergelijke verandering niet tot stand. Dit aspect moet betrokken worden bij de meningsvorming over toekomstige infrastructuur. De AER zal hier dieper op ingaan in een advies over de infrastructuur van de toekomst (uit te brengen in 2002).
- Bevorder R, D & D naar afvangtechnieken en geavanceerde omzetting naar bruikbare energie.

Nederland Kennisland

- Bevorder de totstandkoming van gemeenschappelijke onderzoeksprogramma's van de wetenschappelijke instellingen, de technologische instituten en het bedrijfsleven voor zonne-energie (en zoals hier voor reeds aangegeven voor biomassa, CO₂ opslag en waterstof).
- Daarbij hoort ook onderzoek naar de bijbehorende infrastructuur en het opdoen van ervaring in proefprojecten.
- Bevorder de implementatie van zonne-energie in ontwikkelingslanden met behulp van het budget voor Clean Development Mechanism en ontwikkelingssamenwerking en milieu.

Bijlage 1: Adviesaanvraag



Ministerie van Economische Zaken

INGEKOMEN 16 AUG. 2001
01/AER/282

Aan
mevrouw ir. J.M. Leemhuis-Stout
Voorzitter van de Algemene Energie Raad
Postbus 11723
2502 AS 's GRAVENHAGE

Datum 15 AUG 2001 Uw kenmerk Ons kenmerk ME/ESV/01039323 Bijlage(n)

Onderwerp
adviesaanvraag 'Post Kyoto en het energiebeleid'

In uw werkprogramma 2001-02 is een advies opgenomen met als onderwerp 'Post-Kyoto en het Energiebeleid'. Naar mijn mening sluit dit onderwerp goed aan bij denkbeelden die het afgelopen jaar op mijn ministerie zijn ontwikkeld in het project 'Lange Termijn Visie Energiebeleid' (LTVE). Ik zou het op prijs stellen als u in uw advies aandacht zou schenken aan de volgende vragen:

- Welke bijdrage kan het energiebeleid leveren aan een internationaal gecoördineerd klimaatbeleid? Onder welke voorwaarden kan deze bijdrage geleverd worden?
- Welke energieketens en technologieclusters worden er, nationaal zowel als internationaal, als 'sleutels' gezien voor een actief klimaatbeleid? Wat is daarover uw oordeel?
- Hoe ziet u de verhouding tussen de beleidsopties energiebesparing, inzet van hernieuwbare energie, nucleaire energie en 'schoon fossiel' op langere termijn? Acht u een actief overheidsbeleid op het gebied van 'schoon fossiel' opportuun en zo ja, welke elementen zouden daarin een rol kunnen spelen?

Bezoekadres Bezuidenhoutseweg 6, Den Haag Door kiesnummer (070) 379 64 93 Telefax (070) 379 74 23

Hoofdkantoor Bezuidenhoutseweg 30 Postbus 20101 2500 EC 's-Gravenhage Telefoon (070) 379 89 11 Telefax (070) 347 40 81 Telex 31099 ecza nl Telegramadres ecza zv X-400 adres S = EZPOST/IC = NL/A = 400NET/IP = M/IN/EZ Internetadres espost@minez.nl

Verzoeken bij beantwoording van deze brief ons kenmerk te vermelden



Ministerie van Economische Zaken

Ik stel er prijs op uw advies over dit onderwerp uiterlijk aan het begin van het komend jaar te ontvangen, zodat het nog een rol kan spelen bij de opstelling van het Energie-rapport dat ik naar verwachting in maart 2002 zal doen uitkomen.

Met vriendelijke groet,

A. Jorritsma-Lebbink
Minister van Economische Zaken

Bijlage 2: Technieken en energiedragers van een nieuwe energievoorziening

In deze bijlage wordt ingegaan op de verschillende techniekroutes om invulling te geven aan een energievoorziening die gepaard gaat met een lagere CO₂-emissie. Het doel hiervan is om inzicht te verwerven in de huidige technieken, hun potenties en kosten. Met dat inzicht kan ook een raming gemaakt worden van de mogelijke ontwikkelingen van de prijs van CO₂. Daarenboven kan dat indicaties geven voor de meest doelmatige en doeltreffende instrumenten en voor de noodzakelijke infrastructuurle aanpassingen.

Om bij de energievoorziening de uitstoot van broeikasgassen terug te dringen zijn 6 soorten techniekroutes te onderscheiden:

1. **Beperking van de activiteit**, waarvoor energie noodzakelijk is. Voor zover die activiteit noodzakelijk is voor de welvaartsontwikkeling willen we dat vermijden.
2. **Energiebesparing** door verhoging van de energie efficiency van het energiegebruik.
3. **Inzet van minder koolstofhoudende fossiele energiedragers (CO₂-kwaliteit)**, zoals vervanging van kolen door aardgas of nucleaire energie.
4. **Beperking van het fossiele energiegebruik** door de inzet van hernieuwbare energiebronnen waaronder biomassa, zon en wind.
5. **Opvang en opslag van CO₂ uit fossiele energiedragers, H₂-route.**
6. **Opslag van CO₂ in bossen en andere sinks**, hetgeen op te vatten is als een compensatiemaatregel.

De groei van de economieën leidt vooral tot een groei van de functionele vraag naar energie. Uit onderzoek blijkt dat in de OESO een efficiencyverbetering van minimaal 3% per jaar vereist is om tot stabilisatie van de CO₂ emissies te komen (bij gelijk blijven van de andere parameters), terwijl de afgelopen jaren een efficiencyverbetering van 1% is gerealiseerd. Efficiencymaatregelen in het eindgebruik en bij de productie van energiedragers zullen daarmee een belangrijke bijdrage gaan leveren, maar voor een structurele reductie van de CO₂-emissie is dat onvoldoende.

De oplossingen om tot een emissiearme energievoorziening te komen (mondiaal) moeten daarnaast komen van schone(re) energiedragers. Schoon kan dan vooral bereikt worden door hernieuwbare bronnen, nucleaire energie, koolstofarme fossiele bronnen, door CO₂-verwijderingstechnieken en door CO₂-opslag.

Uit de studies van RIVM/ECN en IVM komt naar voren dat al deze techniekroutes in

de verschillende scenario's in min of meerdere mate nodig zijn. Naarmate de CO₂-concentratie doelstelling meer richting 450 ppm gaat, wordt ook de afvang en opslagoptie relevanter. Uit de studie van N ovem (Stuij, Schreurs 2001) naar de mogelijkheden van "schoon fossiel" blijkt dat er ruime mogelijkheden zijn om CO₂ af te vangen en op te slaan, die ook qua kosten concurrerend zijn met andere mogelijkheden om CO₂ te reduceren. Ook in recente scenario's van Shell, die 550 ppm CO₂ als uitgangspunt hebben, spelen deze en andere mogelijkheden een belangrijke rol (Shell International 2001).

Dit betekent globaal het volgende voor de technische mogelijkheden:

Efficiency	Meest aantrekkelijk, veel potentieel, maar met prijs is niet alles te sturen bovendien ontstaan reboundeffecten
Verlaging koolstofactor	Aardgas kan op Europees niveau een belangrijke bijdrage leveren door substitutie van kolen; kernenergie kan op wereldschaal een bijdrage leveren
Hernieuwbare energiebronnen	Op termijn kunnen zonne-energie, biomassa, windenergie, waterkracht een belangrijke bijdrage leveren
O ndergrondse CO ₂ -opslag	Is aantrekkelijk doordat deze techniek relatief goedkoop is en een overgang mogelijk maakt naar de periode dat hernieuwbare bronnen ruim beschikbaar zijn en tegen redelijke kosten kunnen worden gebruikt.
CO ₂ -opslag in bossen	Aantrekkelijk, niet duur, maar tijdelijk/eenmalig

De dynamische mix van oplossingen zal bepaald worden door de prijs en acceptatiegraad van bepaalde technieken, door voor- en nadelen voor andere doelen (risico's, andere milieueffecten, comfort, voorzieningszekerheid, bedrijvigheid).

O nder andere Shell illustreert aan de hand van haar twee nieuwe scenario's, dat verschillende mixen van oplossingen denkbaar zijn. Hoewel in beide scenario's alle opties genoemd in de tabel aan de orde komen, liggen de accenten wel degelijk anders. Ter afsluiting een korte samenvatting van de twee Shell scenario's:

Dynamics as usual

Het scenario 'Dynamics as Usual' beschrijft een wereld waarin, onder druk van de maatschappij, energie steeds schoner wordt opgewekt. Bestaande technieken

zullen verder worden ontwikkeld en meer worden toegepast. Tussen de verschillende technieken bestaat echter weinig synergie. Geleidelijk zal een verschuiving optreden naar steeds schonere fossiele brandstoffen en uiteindelijk naar elektriciteit als energiedrager, opgewekt met hernieuwbare energie.

Een grotere aandacht voor gezondheid en milieu vertaalt zich in eerste instantie in een hogere energie efficiëntie van technieken. Daarnaast zal gas steeds vaker als energiebron worden benut, omdat het in vergelijking met andere fossiele brandstoffen relatief schoon is. Met steun vanuit de overheid, zal in de eerste twee decennia van deze eeuw het gebruik van hernieuwbare energie snel toenemen, althans in de OESO landen. Kosten zullen hierdoor dalen. Vanaf 2010 zal in ontwikkelingslanden, het gebruik van hernieuwbare energie toenemen.

Rond 2025 zal het gebruik van hernieuwbare energie stagneren. Het zal dan niet duidelijk zijn wat de energiebron van de toekomst moet worden. Overheden vragen zich af of ze moeten kiezen voor gas, duurzame energie of kernenergie. De keus valt op duurzaam. Een nieuwe generatie technieken zal er toe leiden dat in 2050 een derde van de mondiale energievraag wordt gedekt door hernieuwbare energie.

The spirit of the coming age

In het scenario 'Spirit of the coming age' is gebaseerd op het idee dat consumenten een energievoorziening wensen die gemak, flexibiliteit zekerheid en onafhankelijkheid biedt. Aangenomen is dat deze wens in de komende 50 jaar zal leiden tot een omschakeling naar een geheel ander energiesysteem plaatsvinden. In dit systeem is waterstof de energiedrager. De drijvende kracht achter deze omschakeling is de groeiende interesse van eindgebruikers in brandstofcellen, omdat deze techniek aan de gewenste energievoorziening kan voldoen. De eerste brandstofcellen zullen stationair worden toegepast, bijvoorbeeld als micro wkk. Vervolgens zullen brandstofcellen ook steeds vaker worden toegepast in vervoersmiddelen. Vanaf 2010 wordt geïnvesteerd in een distributiesysteem voor de benodigde brandstof. Gedacht wordt aan H₂ als energiedrager in een vaste vorm ('fuel in a box')

In 2025 is in een kwart van de voertuigen in de OESO landen een brandstofcel toegepast. Op mondiaal niveau neemt het gebruik van brandstofcellen als bron voor warmte en kracht toe, waarbij waterstof wordt gewonnen uit fossiele brandstoffen en de vrijgekomen CO₂ wordt op grote schaal wordt opgeslagen. Ongeveer tegelijkertijd ontstaat in China en India een grote afhankelijkheid van olie, door een groeiende vraag naar energie. Het ligt voor de hand dat China en India gebruik maken van de aanwezige kennis op het gebied van brandstofcellen in de OESO landen.

Het op grote schaal produceren van waterstof uit zon- en kernenergie wordt aantrekkelijk vanaf 2030. Hierdoor zal het gebruik van hernieuwbare energie snel toenemen.

Waterstof wordt getransporteerd in de huidige gas infrastructuur totdat de vraag naar waterstof zo groot is dat aanpassing nodig is. Verwacht wordt dat rond 2040 de huidige infrastructuur op grote schaal worden vernieuwd.

Bijlage 3: Schaalniveau voor CO₂-reductiebeleid

Om de invloed van het beleid op de techniekekeuzes en de daaruit voortvloeiende kosten enigszins te kunnen schetsen wordt in deze bijlage 3 soorten beleid beschreven. De genoemde kosten richten zich op de post-Kyoto periode en zijn indicatief bedoeld. Zoveel mogelijk zijn hiervoor bronnen⁶⁾ geraadpleegd; nauwkeurige cijfers zijn niet voorhanden. Wel blijkt duidelijk, vooral uit Capros e.a. (2000), dat bij een beleid waarbij EU-brede handel mogelijk is, de kosten om de Kyoto-doelstellingen te realiseren veel lager zijn (marginale kosten circa € 35 per vermeden ton CO₂) dan bij een beleid dat erop gericht is om met nationale maatregelen de doelstellingen te realiseren (marginale kosten circa € 150 per vermeden ton CO₂). Bij een beleid waarbij er gedifferentieerd wordt naar sectoren zonder handelsmogelijkheden (aparte maatregelen in de gebouwde omgeving, transport-sector) zullen relatief dure maatregelen getroffen moeten worden (marginale kosten circa € 175 per vermeden ton CO₂). Dit zijn de cijfers voor de Kyoto-doelstellingen. Indien de doelstellingen van 450 ppm worden gehanteerd zullen de kosten minimaal een factor 2 hoger liggen (Bezinningsgroep Energiebeleid).

Europees beleid

In deze beschouwing gaat de AER er vanuit dat er een Europees energiebeleid wordt gevoerd waarbij de Europese Unie zich als geheel internationaal bindt aan reductiedoelstellingen, maar de reductiemogelijkheden binnen de gehele EU mogen worden benut. Wat de verschillende soorten maatregelen betreft, ligt het niet voor de hand dat in alle landen dezelfde maatregelen worden getroffen. De bestaande energievoorziening kent immers ook grote verschillen die samenhangen met fysieke, economische en sociale kenmerken. Het ligt meer voor de hand dat de landen aansluiting zoeken bij hun comparatieve voordelen, waarmee men wellicht ook internationaal sterke specialisaties (inclusief de toeleverende industrie) heeft opgebouwd. De mix van maatregelen zal per land gaan verschillen. Bepalende factoren daarbij zullen zijn de prijs, de mogelijkheid tot handelen in emissierechten of emissiereducties tussen verschillende sectoren, specifieke kenmerken per land. Zo legt Frankrijk zich sterk toe op nucleaire energie en elektriciteit, terwijl Nederland door aardgas wordt gedomineerd. Het ligt voor de hand dat klimaatneutrale technieken die aansluiten op onze kennis van en ervaringen met aardgas, meer perspectief bieden. Nucleair zal waarschijnlijk in Nederland weinig kans maken wegens het ontbreken van het maatschappelijk draagvlak. Ook de ligging aan zee zal een belangrijke factor zijn bij het gebruik van bulkbrandstoffen zoals biomassa en/of steenkool.

6) Beeldman, Bleijenberg, Capros, Klimbie, vd Linden, Metz. Zie referenties bijlage 7.

In deze Europese variant is een beleid gericht op exact vastgelegde binnenlandse reducties niet zinvol. CO₂-rechten kunnen immers op de internationale en Europese markt worden gekocht. Dat betekent ook dat de fysieke productie en CO₂-uitstoot worden ontkoppeld, waardoor bijvoorbeeld de CO₂-uitstoot van de procesindustrie door CO₂-rechten kan worden gecompenseerd. Dat maakt het in het licht van de internationale concurrentiepositie ook noodzakelijk om die industrieën in staat te stellen de internationaal goedkoopste CO₂-rechten te verwerven en daarmee die kwetsbaarheid te minimaliseren. Het beleid moet daarnaast gericht zijn op het uitbuiten van de sterke Nederlandse punten om CO₂-reducties op de internationale markt aan te bieden.

Dit resulteert in het volgende beeld.

- Het internationaal afgesproken CO₂-emissieplafond is binnen Europa per land gedifferentieerd. Tegelijkertijd is een systeem van handel in emissierechten ingevoerd. Via het marktmechanisme kunnen die maatregelen binnen Europa die het goedkoopst zijn om CO₂ te reduceren worden toegepast. Dit betekent dat vooral binnen de grote industrieën en elektriciteitssector maatregelen worden getroffen.
- Het kostenniveau zal ongeveer € 50 / ton CO₂ bedragen. De kosten worden in gelijke mate verdeeld over alle gebruikers van energie.
- Nederland heeft een aantal comparatieve voordelen om enkele soorten technieken meer dan andere Europese landen te ontwikkelen. Andere Europese landen kiezen voor hun sterke punten.

Nationale emissiehandel

Het is denkbaar (tweede variant) dat een nationale doelstelling van een maximale CO₂-emissie per land in de post-Kyoto periode aan de orde is, die bovendien nationaal moet worden ingevuld. Uitrust van maatregelen tussen de sectoren in Nederland is mogelijk, zodat maatregelen getroffen zullen worden bij de industriële sectoren omdat daar de goedkoopste maatregelen kunnen worden getroffen. Om de concurrentiekracht van de Nederlandse industrie niet te belasten worden de maatregelen grotendeels betaald door de kleinverbruikers. In 2030 ontstaat een vraag naar energiedragers en daaruit voortvloeiende CO₂-emissie, verdeeld over de eerder genoemde sectoren.

Tabel 1. CO₂-emissie 1990-2030.

	1990 (PJjr)	1990 (Mton CO ₂ /jr)	2030 (Mton CO ₂ /jr)
Gebouwde omgeving	400	29	38
Transport	400	39	67
Grote industrie	1000	44	55
Elektriciteit	400	41	51
Landbouw	200	9	16
O verig		11	6
Totaal	2400	173	233

De geprognosticeerde CO₂-emissie ontstaat door economische groei enerzijds en verdergaande toepassing van efficiënte technieken (GC-scenario CPB/RIVM). De resulterende energievraag en daarmee samenhangende emissie kan in deze variant op verschillende manieren CO₂-armer worden gemaakt.

Ten eerste de substitutie van kolen door aardgas (vooral elektriciteitsproductie), waarmee een reductie is te bereiken van 15Mton CO₂ /jr. Biomassa wordt vooral gebruikt voor de productie van elektriciteit. Het gebruik van biobrandstoffen in de verkeersector ligt niet voor de hand, omdat de kosten per vermeden ton CO₂ veel hoger liggen dan in de elektriciteitssector.

De beschikbaarheid van CO₂-opslagtechnieken is een vereiste om de grote industrie een substantiële bijdrage te kunnen laten leveren aan de CO₂-reductiedoelstellingen. De voor de hand liggende mogelijkheden voor CO₂-opslag zijn de locaties waar geconcentreerd grote hoeveelheden CO₂ worden geëmitteerd, zoals elektriciteitscentrales, raffinaderijen, kunstmestfabrieken. In tweede instantie kan ook gedacht worden aan het CO₂-vrij maken van aardgas door dit om te zetten in waterstof. Tegen beperkte kosten is dit mogelijk voor de industrie. Voor de gebouwde omgeving zijn de ombouwkosten van apparatuur en infrastructuur hoger.

Dit resulteert in het volgende beeld.

- Alle EU-landen krijgen elk een reductiedoelstelling. Het energiegebruik in Nederland zal met een feitelijk lagere CO₂-emissie gepaard moeten gaan (geen of beperkte emissiehandel met buitenland). Uitruiel tussen de verschillende sectoren is mogelijk, zodat maatregelen vooral in de grote industrie en elektriciteitssector zullen plaatsvinden.
- De kosten zullen ongeveer € 50-100 /ton CO₂ bedragen. De Nederlandse klein-gebruikers betalen voor de maatregelen die bij de industrie worden getroffen.
- Niet alle comparatieve voordelen kunnen dan worden uitgebuit.

Nationale emissiehandel, gesegmenteerd

De derde mogelijke variant is dat een nationaal CO₂-plafond ook in de post-Kyoto periode aan de orde is, én dat deze om politieke redenen wordt gesplitst in sector-doelstellingen. De achterliggende gedachte hierbij is dat er geen draagvlak bestaat voor het treffen van maatregelen in de industriële sectoren betaald door de kleinverbruikers. De vraag is dan op welke wijze, in technische zin, de doelstellingen worden gehaald. De verwachting hierbij is dat de internationaal opererende industrie en de elektriciteitssector worden ontzien. Vooral de gebouwde omgeving en het personenvervoer zullen de maatregelen moeten uitvoeren. Een schone energievoorziening zal voor deze sectoren gerealiseerd moeten worden. Voor kleinverbruikers is een compleet schone energievoorziening bestaande uit hernieuwbare bronnen en schoon fossiele technieken in de gebouwde omgeving te realiseren. Essentieel punt hierbij is of de overheid bereid is de stap te nemen dat gebruik van aardgas in deze sector wordt afgebouwd ten gunste van schone energiedragers.

Dit resulteert in het volgende beeld.

- Nederland gaat de nationale doelstelling opsplitsen naar sectoren. De grote industrie hoeft weinig te doen, de kleinverbruikers moeten overstappen naar een schone energievoorziening doordat daar alle maatregelen moeten worden getroffen en betaald.
- De kosten zullen tussen € 50-250 / ton CO₂ bedragen.
- Niet alle comparatieve voordelen kunnen worden uitgebuit.

Bijlage 4: International views on post-Kyoto climate policy implementation (Samenvatting)

*Hasselknippe H., Dorland C. en Gupta J, Instituut voor Milieuvraagstukken (IVM);
Volledige tekst: zie Rapportnr.W 01/22, 19 november 2001.*

In dit onderzoek naar internationale visies op post-Kyoto klimaatbeleidsimplementatie werden 10 internationaal gerespecteerde experts op het gebied van klimaatverandering, klimaatbeleid en klimaatverandering gerelateerde maatregelen geïnterviewd. Speciale aandacht werd besteed aan de vraag welke maatregelen en instrumenten, met inbegrip van technologische opties, op korte termijn (vanaf 2003) noodzakelijk zijn ter facilitering van lange termijn (na 2010) beleidsontwikkeling. Het onderzoek had tot doel inzicht in de extreme visies op op klimaatbeleidsimplementatie te verkrijgen en niet om een blauwdruk voor technologische opties te geven. Op basis van beschikbare literatuur en resultaten van recent gehouden post-Kyoto workshops vond aanvulling plaats op punten waar de geïnterviewden geen duidelijke visie naar voren brachten. De robuustheid van geïdentificeerde opties en maatregelen werd bekeken op basis van de compatibiliteit met verschillende socio-economische ontwikkelingsscenario's. Tot slot werd onderzocht of het waarschijnlijk is dat de opties en maatregelen zonder binnenlandse beleidsmaatregelen en/of internationale samenwerking tot stand zullen komen.

De meerderheid van de geïnterviewden verwachten dat het Kyoto Protocol (KP) binnen enkele jaren zal worden geratificeerd en van kracht zal worden. Als belangrijkste drijvende krachten achter de implementatie van het KP worden de uit de afgelopen Conferences of Parties (COPs) voortkomende politieke momentum en de binnenlandse doelstellingen voor reductie van broeikasgasemissies genoemd. Verwacht wordt dat, ongeacht de positie van de VS, de implementatie van het KP door zal gaan. De positie van de VS ten aanzien van het proces wordt echter als belangrijke factor voor de ontwikkeling van het regiem gezien. Hierbij wordt met name de ontwikkeling en het functioneren van het FCCC proces en de deelname door ontwikkelingslanden in het KP bedoeld.

Verwacht wordt dat nieuwe internationale overeenkomsten niet tot stand zullen komen indien het huidige KP niet van kracht wordt. Indien het huidige KP in de komende jaren geratificeerd en van kracht wordt dan zullen de onderhandelingen voor de tweede en/of latere perioden van verplichtingen op korte termijn, waarschijnlijk na 2004, van start gaan. Als belangrijkste onderwerpen van deze onderhandelingen werden de deelname van ontwikkelingslanden in het regiem en een verdieping van de doelstellingen voor Annex I landen genoemd. Aangegeven werd dat doelstellingen voor ontwikkelingslanden in de komende perioden

waarschijnlijk anders zullen zijn dan de doelstellingen voor Annex I landen in het huidige KP. Tevens wordt verwacht dat een verdere differentiatie van doelstellingen tussen verschillende groepen van ontwikkelingslanden zal plaatsvinden. In nabije toekomst zal, door slechte communicatie van wetenschappelijke onderzoeksresultaten, het algemene publiek waarschijnlijk denken dat klimaatverandering een langzaam proces is. Verwacht wordt echter dat, bij afwezigheid van internationale maatregelen, klimaatverandering significant zal toenemen in de nabije toekomst. De mate van internationale samenwerking wordt sterk afhankelijk geacht van de waargenomen en gerapporteerde klimaatverandering en de publieke perceptie.

Een aantal robuuste en waarschijnlijke technische oplossingen voor het terugdringen van de emissie van broeikasgassen werden geïdentificeerd waarvan een groot deel onafhankelijk van internationale samenwerking tot stand zal komen. Een toename van de inzet van energie-efficiënte technologieën in huishoudens, industrie en transport wordt gezien als zeer robuuste het is zeer waarschijnlijk dat deze opties onafhankelijk van binnenlandse beleidsmaatregelen en/of internationale samenwerking tot stand zullen komen. Een belangrijke reden hiervoor is de verwachte grote rol die energie-efficiënte technologieën, met name voor industrie en transport, zullen spelen in technologieoverdracht. Verder is er consensus over dat het gebruik van hernieuwbare energiebronnen in de nabije toekomst sterk zal toenemen. Biomassa wordt gezien als onderbenutte en waarschijnlijke optie welke in de nabije toekomst meer aandacht zal krijgen. Verder wordt verwacht dat fotovoltaïsche technologieën en grootschalige windenergie, vooral gezien de recente ontwikkelingen van deze technologieën, in de nabije toekomst een belangrijke rol in de energielevering zullen gaan spelen. Nucleaire energie wordt als een interim technologische oplossing gezien tot halverwege deze eeuw. Een waterstofmaatschappij wordt vaak geciteerd als potentiële energie oplossing voor de toekomst. De waarschijnlijkheid hiervan wordt echter sterk afhankelijk geacht van de onderzoeks- en ontwikkelingsactiviteiten in de nabije toekomst. Er bestaat overeenstemming over dat toekomstige innovatie zich vooral zal richten op het identificeren van nieuwe energiedragers en nieuwe vormen van energie voor transport. Desalniettemin wordt het niet waarschijnlijk geacht dat in de komende 50 tot 100 jaar een nul procent fossiele brandstofeconomie gerealiseerd zal worden.

Het wordt niet waarschijnlijk geacht dat koolstofextractie en –verwijdering in de toekomst grote potentie zullen hebben voor het reduceren van emissies van broeikasgassen naar de atmosfeer. Biologische sinks zullen waarschijnlijk wel een belangrijke rol spelen, hoewel verwacht wordt dat deze slechts in beperkte mate credits zullen genereren. Geologische sinks zullen waarschijnlijk benut worden in samenhang met bestaande olie- en gasinfrastructuur maar zullen waarschijnlijk geen prominente rol in toekomstige programma's ter vermindering van broeikasgasemissies innemen.

De mate van gebruik van de Kyoto Mechanismen (KMs) wordt sterk afhankelijk van de mate van internationale samenwerking gezien. Emissiehandel ('Emission Trading')

wordt gezien als het meest waarschijnlijke Kyoto mechanisme omdat het politieke momentum hiervoor het grootst is en er een duidelijke interesse vanuit het bedrijfsleven en de industrie voor dit mechanisme is. Het gebruik van de twee andere mechanismen, 'Joint Implementation' en 'Clean Development Mechanism', is onduidelijk. Zij worden gezien als sterk gekoppeld aan internationale maatregelen. Andere beleidsinstrumenten die werden genoemd zijn prijsbeleid en belasting op energie op Europees niveau.

Klimaatverandering gerelateerd beleid en beleidsinstrumenten hebben, naast voordelen voor het klimaat en vermindering van mogelijke directe effecten, ook vaak vele andere voordelen. Genoemd werden voordelen voor bescherming van bossen, landgebruik en veranderingen in landgebruik, biodiversiteit, bescherming van de ozonlaag, tegengaan van verwoestijning en armoedereductie in rurale gebieden in ontwikkelingslanden. Een extra voordeel is technologisch leiderschap wat gepaard gaat met het opkomen van nieuwe technologieën en nieuwe economieën.

Verwacht wordt dat klimaatverandering gerelateerde maatregelen weinig effect zullen hebben op mondiale economische groei. Analyses met bestaande economische modellen geven aan dat kleine negatieve effecten op de mondiale economische groei zullen optreden. Nieuwe economische modellen, die op een juiste wijze de kosten van technologieën en schade aan systemen meenemen zullen echter naar verwachting positieve effecten van maatregelen op economische groei aantonen. De eerdergenoemde indirecte voordelen van maatregelen zullen de positieve effecten naar alle waarschijnlijkheid alleen maar vergroten.

Ten slotte wordt verwacht dat de emissies van broeikasgassen, in CO₂ equivalenten, tegen 2030 10 tot 40% lager zullen zijn dan het 1990 niveau. Tegen 2050 wordt dit verwacht op te lopen tot 30 tot 80% lager dan het 1990 niveau. Op basis van data van CSIRO en RIVM werd geschat dat deze emissiereducties zullen leiden tot broeikasgasconcentraties in de atmosfeer van 430 tot 440 ppmv (CO₂-eq) in 2030 en 450 tot 470 ppmv (CO₂-eq) in 2050.

Bijlage 5: Post-Kyoto toekomstbeelden (Samenvatting; hoofdstuk 4 discussie)

*R. Swart (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, RIVM) en N. van der Linden (Energieonderzoek Centrum Nederland, ECN);
Volledige tekst: zie Rapportnr. 482550001/2001 (RIVM).*

Samenvatting

Deze notitie dient ter ondersteuning van het AER advies "Post-Kyoto en het Energiebeleid". De doelstelling van deze notitie is om inzicht te verschaffen in een aantal relevante beelden van mogelijke ontwikkelingen van het internationaal klimaatbeleid, afgezet tegen een aantal wereldbeelden met betrekking tot mogelijke sociaal-economische ontwikkelingen. Hoe kunnen in verschillende wereldbeelden (LTVE/IPCC-SRES: Vrijhandel/A1, Isolatie/A2, Grote Solidariteit/B1, Ecologie op Kleine Schaal/B2) meer of minder strikte klimaatdoelstellingen (450, 550, 650, 750 ppm CO₂ stabilisatie) gehaald worden? Oplossingen worden geëvalueerd op basis van de criteria kosteneffectiviteit, duurzaamheid, en haalbaarheid. Een belangrijke conclusie is dat de score op deze criteria voor bepaalde oplossingen zeer sterk bepaald wordt door het wereldbeeld: in een wereld waar de algemene sociaal-economische ontwikkeling wordt gestuurd door duurzaamheidsoverwegingen en waar sprake is van een snelle ontwikkeling en uitwisseling van milieuvriendelijke technologieën en internationale beleidscoördinatie is het behalen van klimaatdoelen eenvoudiger en goedkoper. Deze notitie laat zien dat er duidelijke aanknopingspunten zijn voor het energiebeleid om een bijdrage te leveren aan het internationaal klimaatbeleid. Het accent van de notitie ligt op het wereldniveau, maar er wordt ook ingezoomd op de Europese en Nederlandse schaal. De notitie geeft enkele conclusies m.b.t. "robuuste" opties, d.w.z. opties die in verschillende wereldbeelden en voor verschillende klimaatdoelstellingen een significante rol spelen. Deze opties hebben vooral betrekking op energiebesparing, verhoogde wereldwijde inzet van aardgas en vernieuwbare energie (biomassa op korte- tot middenlange termijn, andere bronnen op langere termijn). Twee andere energiesoorten die kunnen bijdragen aan het behalen van strenge klimaatdoelstellingen – kernenergie en opvang en opslag van CO₂ – zijn niet robuust in de bovengenoemde zin, maar kunnen in bepaalde wereldbeelden en in regio's waar deze opties niet controversieel zijn, een belangrijke optie vormen. De notitie gaat tenslotte kort in op het belang van niet-CO₂ broeikasgassen, niet-energie CO₂ emissies en de noord-zuid lastenverdeling.

4. Synthese en discussie

4.1 Inleiding

In deze sectie proberen we een link te leggen tussen de voorafgaande analyse en de adviesaanvraag 'Post Kyoto en het energiebeleid'. De volgende vragen zijn dan relevant:

1. Welke bijdrage kan het energiebeleid leveren aan een internationaal gecoördineerd klimaatbeleid? Onder welke voorwaarden kan deze bijdrage geleverd worden?
2. Welke energieketens en technologieclusters worden er, nationaal zowel als internationaal, als sleutels gezien voor actief klimaatbeleid;
3. Hoe is de verhouding tussen de beleidsopties energiebesparing, inzet van hernieuwbare energie, nucleaire energie en 'schoon fossiel' op langere termijn? Is een actief beleid op het gebied van "schoon fossiel" opportuun?

Deze vragen worden hieronder besproken gebruikmakend van de informatie gepresenteerd in de voorafgaande Tabellen 11 tot en met 15. Tabel 13 toont de gebruikte scoreschaal van de criteria kosteneffectiviteit, duurzaamheid en haalbaarheid zoals die in de inleiding zijn geïntroduceerd. In Tabel 14 zijn de scenario-combinaties op de criteria gewaardeerd. Tabel 15 vat samen waarom in een specifiek wereldbeeld bepaalde klimaatdoelstellingen haalbaar zouden kunnen zijn, en onder welke voorwaarden.

4.2 Bijdrage energiebeleid in Europa aan internationaal klimaatbeleid

Een eenvoudig antwoord op de eerste vraag zou zijn, dat het energiebeleid niet alleen een grote bijdrage *kan* leveren aan het internationale klimaatbeleid, maar dit ook zal *moeten* doen om het klimaatbeleid effectief te maken, gezien de overheersende rol van de energiesector als veroorzaker van broeikasgasemissies. Het energiebeleid heeft echter meer doelstellingen dan klimaatbeleid alleen en er zouden belangrijke trade-offs en synergieën kunnen zijn. De belangrijkste doelstellingen van het energiebeleid zijn duurzame ontwikkeling, economische efficiency en voorzieningszekerheid. Met deze doelstellingen als randvoorwaarden kan gezocht worden naar een invulling van het energiebeleid dat optimaal bijdraagt aan het internationale klimaatbeleid. De analyse in deze notitie leidt tot de volgende relevante observaties:

Wereldbeeld Vrijhandel

In het wereldbeeld vrijhandel is er in de scenario's in de OESO-Europa sprake van een substantiële substitutie naar gas en biomassa. De grote afhankelijkheid van een beperkt aantal niet-Europese gasproducenten en van geïmporteerde biomassa zou

een negatief effect kunnen hebben op de leveringszekerheid, maar in dit wereldbeeld zonder significante handelsbeperkingen en met een brede diverse basis voor de energievoorziening zou dit niet tot problemen hoeven te leiden. De additionele kosten voor emissiereductie kunnen bij stringente doelstellingen vrij hoog zijn waardoor de ruimte voor een bijdrage aan het klimaatbeleid minder wordt. Een nadruk op het verhogen van de energie-efficiency vanuit het energiebeleid is derhalve belangrijk voor de verschillende klimaatdoelstellingen in dit wereldbeeld. Tabel 14 laat zien dat stabilisatie op 650 ppm o.a. tot positieve scores op de verschillende criteria leidt, maar dat bij een strikte doelstelling als 450 ppm enkele trade-offs tussen aan de ene kant duurzaamheidscriteria en aan de andere kant een aantal aspecten van kosteneffectiviteit en haalbaarheid optreden.

Wereldbeeld Isolatie

In dit wereldbeeld blijft ook bij klimaatdoelstellingen de import van gas beperkt, wat positief bijdraagt aan de voorzieningszekerheid. Kosten om klimaatdoelstellingen te halen zijn hoger dan bij vrijhandel en een actief beleid op het gebied van energie-efficiency lijkt ook hier zeer opportuun. Al bij relatief zwakke klimaatdoelstellingen lijken er in dit wereldbeeld belangrijke trade-offs te zijn tussen de drie doelstellingen/criteria. Van de vier wereldbeelden lijken de verwachtingen ten aanzien van alle criteria het meest somber. In zekere zin suggereren de scores van Tabel 14 dat streng klimaatbeleid de negatieve scores op het gebied van kosteneffectiviteit en haalbaarheid zelfs wat zou kunnen verminderen.

Wereldbeeld Grote Solidariteit

In dit wereldbeeld is op de middenlange termijn geen grotere afhankelijkheid van gas of andere geïmporteerde brandstoffen te verwachten. Ook de kosten om klimaatdoelstelling te halen zijn lager dan in de andere wereldbeelden. Er is veelal sprake van synergie tussen de verschillende doelstellingen en er lijkt dus veel ruimte voor een substantiële bijdrage vanuit het energiebeleid aan het klimaatbeleid in dit wereldbeeld. Van de vier wereldbeelden lijken hier de kansen om aan alle criteria optimaal te voldoen het meest veelbelovend.

Wereldbeeld Ecologie op Kleine Schaal

In dit wereldbeeld is sprake van een verhoogde inzet van aardgas en biomassa, hetgeen gezien het regionale karakter van het scenario enige risico's met zich mee zou kunnen brengen. De kosteneffectiviteit van CO₂ concentratiestabilisatie scoort vergelijkbaar met het Vrijhandelswereldbeeld, maar de haalbaarheid lijkt iets groter gezien het accent op duurzame oplossingen voor lokale milieuproblemen. Energiebeleid zou hier een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan het klimaatbeleid op regionale (Europese) schaal.

Tabel 13: Criteria waardering

Criteria	Sub-criterium	--	-	0	+	++
Duurzaamheid	Energie-intensiteit	Toegenomen	Blijft ongeveer gelijk	Enigszins verminderd	Sterk verminderd	Zeer sterk verminderd
	Klimaat effecten	Zeer sterk negatief	Sterk negatief	Matig	Gering	Zeer gering
	Overige milieu-effecten	Sterk negatief	Matig negatief	Sommige positief,	Matig positief andere negatief	Sterk positief
Kosten effectiviteit	Kosten klimaat/ energiebeleid ¹	Hoog	Matig	Beperkt	Mogelijke baten	Baten
	Spin-off effecten	Sterk negatief	Matig negatief	Sommige positief andere negatief	Matig positief	Sterk positief
	Billijkheid N-Z ²	N u reduceren	10-20 jaar wachten	20-30 jaar wachten	30-40 jaar wachten	> 50 jaar wachten
	Technologie-overdracht	Zeer traag	Traag en en ineffectief	Matig snel weinig effectief	Snel en f en effectief	Zeer snel en effectief effectie
Haalbaarheid	Tempo reducties	Zeer hoog, nu beginnen	hoog, binnen 10-20 jaar beginnen	Matig, binnen 20-30 jaar beginnen	Laag, binnen 30-50 jaar beginnen	Zeer laag, > 50 jaar beginnen
	Diversiteit/leveringszekerheid energie bronnen	Accent op 1-2 bronnen, zeer onzekere levering	Geringe diversiteit, onzekere levering	Matige diversiteit, matig zekere levering	Grote diversiteit, stabiele levering	Zeer grote diversiteit, zeer stabiele levering
	Internationale coördinatie	Zeer laag	Laag	Matig	Hoog	Zeer hoog
	Maatschappelijk Draagvlak	Zeer klein	Klein	Matig	Groot	Zeer groot

¹ Ten opzichte van het referentiescenario; kosten kunnen negatief zijn (baten) indien bijvoorbeeld door het terugsluizen van de opbrengst naar een vermindering van de inkomstenbelasting de economie gestimuleerd wordt i.p.v. geremd (“double dividend”).

² Uitgedrukt in jaren dat de emissies in ontwikkelingslanden af moeten wijken van het referentiep pad. Bij dit criterium geldt: hoe langer de ontwikkelingslanden worden ge vrijwaard van emissiereducties, hoe rechtvaardiger, (a) omdat dit leidt tot convergentie tussen emissies in ontwikkelde en ontwikkelingslanden, en (b) omdat dit recht doet aan de historische verantwoordelijkheid van de ontwikkelde landen. Dit zou daarentegen een onrechtvaardig criterium kunnen zijn, indien de uitworp per hoofd van de bevolking in de ontwikkelde landen lager zou worden dan die in ontwikkelingslanden. Echter, in de meeste (stabilisatie-)scenario's zijn in 2050 de gemiddelde emissies per hoofd van de bevolking nog altijd hoger dan die in de ontwikkelde landen. Een uitzondering is de analyse van de triptiekbenadering voor een 450 ppm stabilisatiescenario in Berk *et al.* (2001). Bij de waardering van dit criterium is geen rekening gehouden met de klimaateffecten, die de ongelijkheid tussen noord- en zuid versterken naarmate de klimaatdoelstelling strenger wordt: deze wordt verondersteld inbegrepen te zijn in het duurzaamheids/klimaateffecten-criterium.

Tabel 15: Klimaatdoelstellingen en wereldbeelden: een aantal overwegingen (zie Tabel 4 voor karakteristieken van klimaatdoelstellingen).

Vrijhandel • Technologische dynamiek en beperkte bevolkingsgroei maken stabilisatie op 550 of 450 ppm mogelijk; hoe lager de doelstelling, hoe lager de klimaatrisico's, hoe hoger de energie-efficiency, en hoe meer

Scenario's -> Grote solli- dariteit	Vrijhandel Ecologie op Kleine Schaal				Isolatie	
	750 ppm	450 ppm 450 ppm	550 ppm 450 ppm	650 ppm 550 ppm	450 ppm	650 ppm
Criterion ppm						
Duurzaamheid	Klimaat effecten ++	++	+	0	++	0
	Energie efficiency ++	++	+	0	++	0
	Overige milieu- effecten ++	++	+	0	++	0
Kosten- 0	Kosten klimaat/ energiebeleid effectiviteit	--	-	0	---	.
	Spin-off effecten ++	++	+	0	++	0
	Rechtvaardigheid N-Z 0	-	0	+	--	0
	Technologie- overdracht ++	++	+	0	0	--
	Haalbaar- heid +	--	0	++	--	0
	Tempo reducties +	0	+			
	Internationale coördinatie ++	+	+	0	--	--
	Diversiteit/leverings- zekerheid energie ++	++	+	0	0	--
	Maatschappelijk Draagvlak ++	--	0	++	---	.
0						

positief de neveneffecten voor milieu en andere spin-offs (bijv. lagere importafhankelijkheid)

- Bij lage prioriteit voor milieu kan technologische dynamiek ontwikkeling in zowel nieuw-fossiele als niet-fossiele richting bevorderen, dus overheidssturing is essentieel, terwijl het draagvlak hier voor in dit wereldbeeld laag kan zijn

- Kosten van stabilisatie op 550 ppm kunnen o.a. door mogelijkheden tot internationale coördinatie beperkt worden; kosten van stabilisatie op 450 ppm zijn hoger i.v.m. de noodzaak tot snelle reductie
- Gebruik van marktmechanismen, waaronder emissiehandel op nationale en internationale schaal heeft in dit scenario de voorkeur

Isolatie

- I.v.m. trage technologische ontwikkeling, doorgaande bevolkingsgroei, beperkt draagvlak voor milieumaatregelen milieu en beperkte mogelijkheden voor internationale beleidscoördinatie is stabilisering op 450 of 550 ppm moeilijk zo niet onmogelijk, en in ieder geval erg duur
- Stabilisatie op 650 ppm is denkbaar, maar tegen flinke kosten
- In dit scenario is de mogelijkheid van kostenbesparing via de weg van wereldwijde emissiehandel beperkt
- Isolatie-karakter van scenario maakt leveringszekerheid import-brandstoffen beperkt

Grote Solidariteit

- In dit wereldbeeld werken wereldwijd bedrijfsleven, burgers en overheden gezamenlijk aan duurzame ontwikkeling, zodat vrijwel geen expliciet op klimaat gericht beleid nodig is om te stabiliseren op 550 ppm
- Snelle op duurzaamheid gerichte technologische ontwikkeling en snelle overdracht van technieken, goed maatschappelijk draagvlak, alsmede mogelijkheden tot internationale beleidscoördinatie maken de kosten van stabilisatie op 450 ppm beperkt
- In dit scenario wordt vooral gebruik gemaakt van marktconforme instrumenten op nationale en internationale schaal, maar is een veel breder spectrum van beleidsinstrumenten mogelijk
- Grote diversiteit van energiebronnen (fossiel en niet-fossiel) en een sterke mate van mondialisering maken de leveringszekerheid groot

-
- Ecologie op Kleine Schaal**
- In dit wereldbeeld lift broeikasgasbeperking mee met lokale, op duurzame ontwikkeling gerichte oplossingen voor milieuproblemen, zodat stabilisatie op 550 ppm denkbaar is
 - De kosten zijn echter hoger dan in Vrijhandel of Grote Solidariteit gezien de kleinere mogelijkheden tot internationale coördinatie en technologie-overdracht, en minder snelle technologische ontwikkeling
 - In verband met deze belemmerende factoren kan stabilisatie op 450 ppm problematisch zijn
 - In dit scenario ligt het accent op het gebruik van regelgeving bij de vermindering van broeikasgasemissies
-

Tabel 16: Energiesporen, CO₂-stabilisatie en wereldbeelden op wereldniveau.

Energie- besparing	<ul style="list-style-type: none">• Vermindering van de energie-intensiteit van economieën biedt in alle wereldbeelden en alle klimaatdoelstellingen de primaire optie voor beperking van BKG uitworp• In scenario's met het accent op milieubescherming en sociale ontwikkeling (Solidariteit en Ecologie op Kleine Schaal) zijn meer mogelijkheden tot vermindering van de energie-intensiteit via economische structuurveranderingen en gedragsveranderingen• In scenario's gekenmerkt door mondialisering en snelle technologische ontwikkeling (Grote Solidariteit en Vrijhandel) is vergroten van de efficiency van technieken en processen belangrijk• Hoe lager de klimaatdoelstelling, hoe sterker en sneller de energie-intensiteit verminderd zal moeten worden; bij doelstellingen van 550 ppm of lager moet de snelheid van verandering op wereldschaal hoger zijn en veel langer worden volgehouden dan historisch is voorgekomen
Hernieuw- baar	<ul style="list-style-type: none">• Op de langere termijn is stabilisatie onmogelijk zonder een verschuiving naar energiebronnen met een lagere of geen CO₂ uitworp; in de meeste analyses levert dit energiesystemen op die meer divers zijn dan de huidige• Op de korte tot middellange termijn kunnen hierbij vooral aardgas (gasturbines, WKK) en internationaal verhandelde biomassa een grote rol spelen• In alle stabilisatiescenario's penetreren voor de langere termijn andere bronnen de markt (zon/PV, wind)• Ethanol op basis van biomassa speelt in vele scenario's een rol om de CO₂ emissies in de transportsector op korte tot middenlange termijn aan banden te leggen
Kernenergie	<ul style="list-style-type: none">• In alle scenariocombinaties behalve Grote Solidariteit speelt kernenergie wereldwijd een (veelal bescheiden) rol bij het verminderen van CO₂ emissies, veronderstellende dat oplossingen worden gevonden voor de afval-, veiligheid- en proliferatieproblematiek; deze rol concentreert zich in enkele regio's• Bijvoorbeeld, in Ecologie op Kleine Schaal speelt kernenergie in inherent veilige, kleine centrales een relatief belangrijke rol in regio's waar dit acceptabel blijkt• In Grote Solidariteit speelt kernenergie een minder belangrijke rol i.v.m. de risico's en afvalproblematiek, terwijl grootschalige inzet onnodig is door de beschikbaarheid van alternatieve opties• NB In LTVE speelt kernenergie een belangrijke rol in alle scenario's

Schoon fossiel	<ul style="list-style-type: none"> • Afvangen en opslaan van CO₂ is een optie die voornamelijk zo niet uitsluitend de beperking van CO₂ concentraties tot doel heeft; vanuit deze optiek zou deze optie het meest consistent zijn met de wereldbeelden Vrijhandel en Isolatie, waar positieve neveneffecten voor andere (milieu-)problemen minder relevant zijn • In de scenario's waar milieubescherming in brede zin centraal staat (met name in Grote Solidariteit) is schoon fossiel een minder voor de hand liggende optie; Tabel 11 echter laat zien dat om CO₂ emissie in Ecologie op Kleine Schaal te realiseren ook deze oplossing gekozen kan worden • Bij zowel wereldbeelden met zeer hoge referentie-emissies als ook bij zeer strenge klimaatdoelstellingen is deze optie aantrekkelijk • Schoon fossiel zou deel uit kunnen maken van een waterstofeconomie voor een groot deel draaiend op brandstofceltoepassingen • Methanol en waterstof op basis van fossiele bronnen kunnen belangrijke oplossingen zijn in de transportsector op de langere termijn
----------------	---

4.3 Sleutel technologieclusters en verhouding beleidsopties

Tabel 11 geeft een goede basis voor het identificeren van clusters van sleuteltechnologieën op de langere termijn (2100), de Tabellen 6, 7, 8 en 9 en Figuur 3 voor de middenlange termijn (2030). In Tabel 11 is voor iedere emissiereductieoptie de score aangegeven ten opzichte van de andere opties. Hierbij is ++ de beste score ten opzichte van de andere opties voor hetzelfde scenario. Het beeld dat ontstaat per rij, ofwel de score van een optie voor de verschillende scenario's is een duidelijke indicatie voor de robuustheid van de optie. De vraag naar de potentie van de verschillende energiesoorten is niet eenduidig te beantwoorden, gezien de onzekerheid over toekomstige maatschappelijke en technologische veranderingen, voorkeuren en beleidsbeslissingen. Desalniettemin kunnen op basis van de tabellen en van beschikbare studies (UNDP, 2000; Nakicenovic *et al.* 1998; Riahi en Roehrl, 2000; Metz *et al.*, 2001; Morita *et al.*, 2001; Berk *et al.*, 2001) enkele indicatieve conclusies getrokken worden:

- Vermindering van de energie-intensiteit van de economie is een optie die in alle scenario's op alle tijdschalen wezenlijk bijdraagt aan het halen van de klimaatdoelstellingen; door het stimuleren van een verbeterde energie-efficiency, gedragsverandering en economische structuurveranderingen kan een koolstofheffing hier in belangrijke mate aan bijdragen;
- Warmtekrachtkoppeling met gebruikmaking van efficiënte gasturbines is in vrijwel alle wereldbeelden en voor alle klimaatdoelstellingen een sleuteloptie op de korte tot middellange termijn;

- Een verhoogde inzet van hernieuwbare energie en met name biomassa⁵⁾ is een dominante optie in de meeste scenario's om de klimaatdoelstellingen te halen;
- Afvangen en opslaan van CO₂ is geen sleuteltechnologie in de zin dat deze optie robuust is voor alle wereldbeelden en klimaatdoelstellingen; de optie kan echter zeer aantrekkelijk zijn in bepaalde wereldbeelden en in bepaalde regio's, zowel om op korte tot middellange termijn emissiedoelstellingen te halen, maar ook op de langere termijn als onderdeel van een deels op fossiele energie gebaseerde waterstofeconomie;
- Biomassa (ethanol) kan ook in de transportsector een sleuteltechnologie worden (in Nederland: voornamelijk geïmporteerd);
- Op de langere termijn worden in de meeste stabilisatiescenario's brandstofcellen als sleuteltechnologie gezien, aanvankelijk gevoed met ethanol (van biomassa) en methanol (van fossiele bronnen) en uiteindelijk met waterstof (van vernieuwbare bronnen in scenario's met strenge klimaatdoelstellingen).
- De energieopties in de scenario's komen tot ongeveer 2020 redelijk overeen, vanaf 2030 echter is er sprake van een zeer sterk toenemende divergentie tussen de energiesporen. De aanzet tot de ontwikkeling van die sporen wordt echter al in de eerste decennia van deze eeuw gegeven (onderzoek, ontwikkeling en demonstratie).

5) Deze conclusie m.b.t. biomassa is gebaseerd op de scenariostudies die voor deze notitie meegenomen zijn. De gebruikte modellen gaan er vanuit, dat beschikbaarheid van biomassa geen limiterende factor is door de aanwezigheid van grote gebieden in de ontwikkelingslanden die theoretisch voor dit doel kunnen worden ingezet (met name in Zuid-Amerika) evenals uit productie genomen landbouwgronden in de ontwikkelde landen. Er kunnen echter vele andere claims op dit land komen (natuur, voedselproductie, verstedelijking) die de leveringszekerheid van biomassa onzekerder maken, met name in wereldbeelden zoals Isolatie en Ecologie op kleine schaal.

Bijlage 6: Zwarte schoonheid? Over de fossiele bijdrage aan een verduurzamende energie- huishouding (Samenvatting)

B. Stuij en H. Schreurs (NOVEM B.V.), december 2001

Inleiding en context

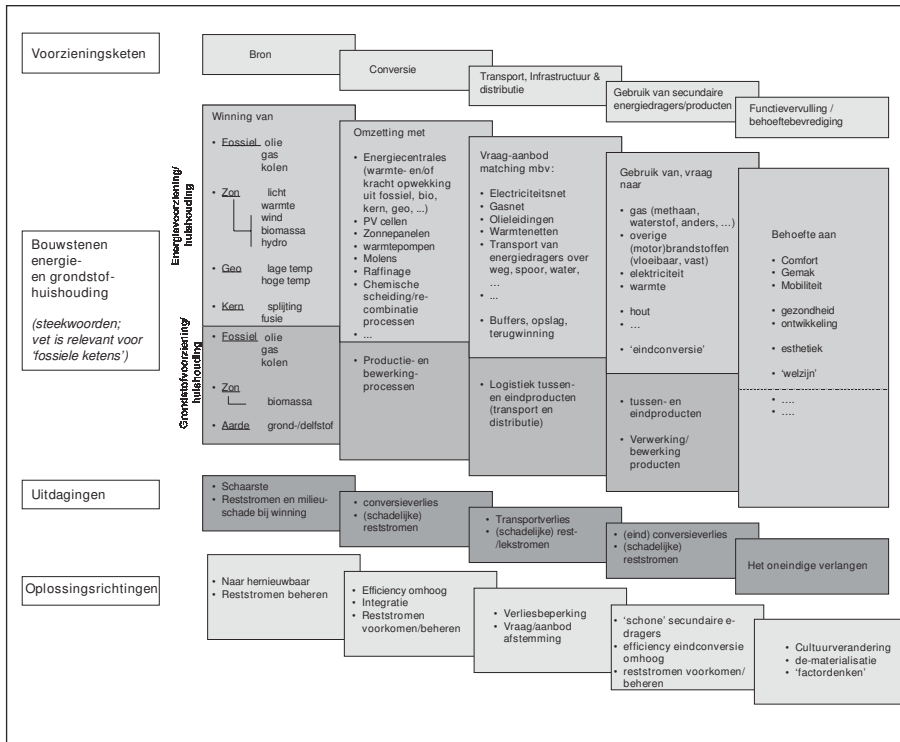
Fossiele dominantie

Fossiele energiebronnen zullen de energiehuishouding zowel in Nederland als wereldwijd nog tientallen jaren domineren. Tot 2050 zal de wereldwijde vraag naar primaire energiebronnen naar verwachting minstens verdubbelen, misschien zelfs verviervoudigen. Er ontstaat een enorme druk om alle beschikbare bronnen te exploiteren, zowel de fossiele als de hernieuwbare en nucleaire. Paradoxaal genoeg blijken hernieuwbare bronnen in de praktijk vaak 'schaarser' dan fossiele. Met kolen kunnen we nog eeuwen toe, en er lijkt zicht op zeer grote gasreserves. Daartegenover staan voorlopig onder meer worstelingen om 'ruimte' voor biomassa, wind en waterkracht. Voor zonne-energie of geothermie zorgt een hoge prijs dat ook hun marktaandeel vooralsnog beperkt blijft. Recente scenario-studies temperen de verwachting voor het tempo waarin de wereldwijde energiehuishouding 'verduurzaamt'.

Ecologische risico's

De komende decennia dreigt het gebruik van fossiele bronnen ecologische systemen echter onder enorme druk te zetten – zowel lokaal als op wereldschaal. Op wereldschaal zijn er in het bijzonder zorgen over de uitstoot van het broeikasgas CO₂. In dit licht moet de ecologische impact van het gebruik van fossiele bronnen zo snel mogelijk onder controle gebracht worden. De 'uitstoot' van de energie (en grondstoffen-) huishouding moet kleiner worden dan de opnamecapaciteit van het 'systeem aarde'.

Dat is niet eenvoudig. Emissies en reststromen zijn inherent aan het gebruik van fossiele energiebronnen. Toch lijken er mogelijkheden te zijn om reststromen eerst te beperken (onder meer door omzettingsrendementen te verhogen en conversieprocessen aan te passen), en dan relatief onschadelijk te maken. Dat kan door afvangst, concentratie en hergebruik van reststromen, en tenslotte door een veilige 'berging' van vrijkomende CO₂. De diepe ondergrond lijkt voor berging goede



Figuur 1: Energie- en grondstoffenketens; de plaats van 'schoon fossiel'

mogelijkheden te bieden. Als de ecologische impact van het gebruik van fossiele energiebronnen onder controle is gebracht wordt wel gesproken van 'Schoon Fossiel'.

'Schoon Fossiele' energie- en grondstoffenvoorziening

In dit rapport worden mogelijkheden geschetst voor 'schoon fossiele' voorziening in de vraag naar elektriciteit, warmte, gas, (transport) brandstoffen en grondstoffen. Voorlopig kan er namelijk vanuit gegaan worden dat de vraag naar deze 'tussenproducten' zal blijven bestaan. Met hen wordt uiteindelijk voorzien in de finale behoefte aan 'welzijn', met componenten als comfort, gemak, mobiliteit, ontwikkeling en gezondheid. Een en ander is in figuur 1 geïllustreerd; we kijken naar de voorzieningsketen tot en met de voorlaatste kolom.

Oplossingsrichtingen

'Schoon Fossiele' elektriciteit en warmte

In de eerste plaats moet het omzettingsrendement zo hoog mogelijk gemaakt

worden. Daardoor is minder brandstof nodig, en neemt de uitstoot evenredig af. Gecombineerde warmte-kracht opwekking is van belang, verder kunnen brandstofcellen een rol (gaan) spelen. Schadelijke emissies van onder meer NO_x , SO_2 , roet en as moeten volledig onder controle gebracht worden. Uiteindelijk moet de CO_2 uit de rookgasenstroom worden afgevangen en opgeborgen. Bij verbranding met zuivere zuurstof is dit wat eenvoudiger, omdat de rookgasen dan alleen water en CO_2 bevatten (geen stikstof). Op dit moment wordt de mogelijkheid nagegaan om een centrale direct aan een gasveld te koppelen. Het gas wordt omgezet in elektriciteit en warmte, en de CO_2 gaat terug in hetzelfde veld. Zo'n systeem kan als een fossiel gevoede 'zero emission power plant' beschouwd worden. Als kanttkening moet het rendementsverlies genoemd worden, dat voortvloeit uit CO_2 afvangst en berging. Dat verlies kan oplopen tot 10% of meer.

CO₂ afvangst, benutting en berging

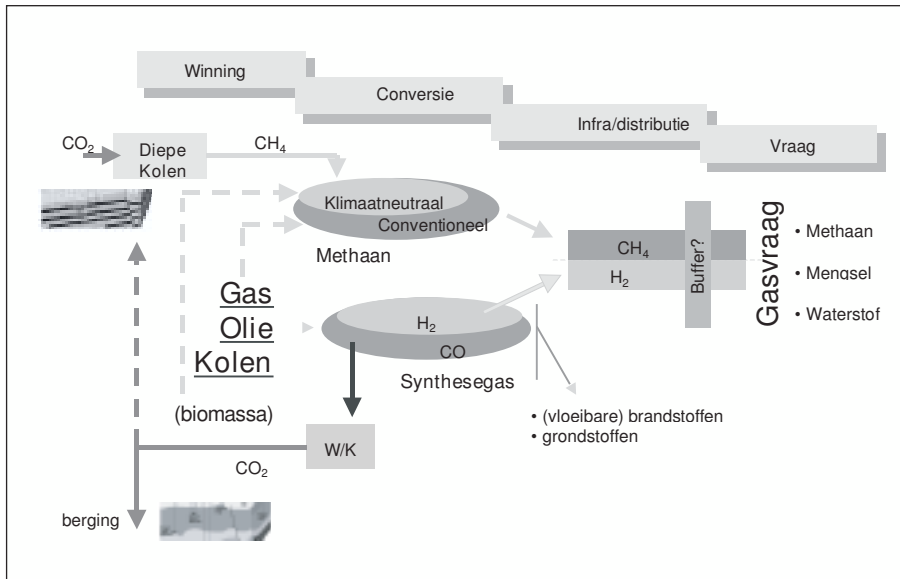
De CO_2 'rijke' stromen uit de (chemische) industrie kunnen relatief eenvoudig worden afgevangen, maar bedragen in Nederland slechts 1 a 2 % van de nationale CO_2 uitstoot. Afvangst en concentratie van CO_2 uit 'arme' stromen (zoals rookgasen) kost behoorlijk wat energie; onderzoek loopt om dat met nieuwe processen gemakkelijker en efficiënter te maken. De benutting van CO_2 moet uiteraard gemaximaliseerd worden, maar is uiteindelijk toch maar beperkt mogelijk. Berging is nodig, en berging in de diepe ondergrond kent weinig risico's en heeft nauwelijks ecologische impact. Berging in kolenlagen kan tot methaanwinning uit die lagen leiden ('enhanced coal bed methane recovery'), uit sommige olievelden kan extra olie gewonnen worden door CO_2 te injecteren. Langdurige berging kan plaats vinden in lege gasvelden, en mogelijk ook in diepe aquifers. De bergingsmogelijkheden lijken immens, maar het is kostbaar om de CO_2 op de 'juiste plaats' te krijgen.

'Schoon Fossiel' gas

In figuur 2 zijn een aantal 'schone' gasroutes weergegeven. Uit fossiele bronnen kan waterstof gewonnen worden, waarbij de CO_2 dan wel moet worden opgeslagen. Er moet rekening gehouden worden met rendementsverlies – als bijvoorbeeld het toch al koolstofarme methaan in waterstof wordt omgezet kan de helft van de energie-inhoud verloren gaan. Overigens kan dit door efficiënte conversieprocessen later in de keten (brandstofcellen) deels weer teruggewonnen worden. Een heel andere route is hierboven al genoemd, namelijk de mogelijkheid om methaan uit kolenlagen te winnen, onder gelijktijdige berging van CO_2 . Het netto resultaat is 'schoon aardgas'.

'Schoon Fossiele' brandstoffen

Ook hier is het mogelijk de 'waterstofroute' te bewandelen. Extra complicerend is het vastleggen van waterstof in een voor de mobiliteitsmarkt bruikbare vorm. Een belangrijk voordeel van waterstof in de mobiliteitsmarkt is overigens de reductie van lokale milieuproblemen – als waterstof een brandstofcel-auto voedt, is de



Figuur 2: Schoon fossiel gas

uitstoot van onder meer NO_x en roet voorbij. In theorie kan ook een 'CO₂ retour infrastructuur' worden opgezet; dat lijkt echter zeer complex en ligt (nog) niet voor de hand. Wel is het goed denkbaar dat hernieuwbare bronnen (brandstoffen uit biomassa) een belangrijke rol als brandstoffenleverancier blijven spelen. Daarbij kan biomassa eventueel 'verrijkt' worden met 'schoon fossiele' waterstof.

'Schoon Fossiele' grondstoffen

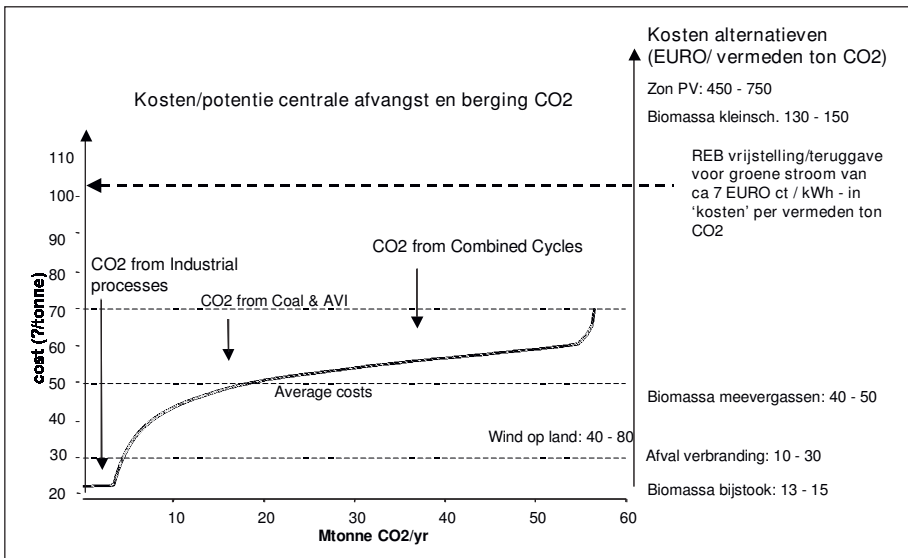
Fossiele bronnen worden voor een deel gebruikt als grondstof. Overigens kunnen de met die grondstoffen gemaakte producten uiteindelijk soms weer in energie worden omgezet. 'Schoon Fossiel' betekent dat de keten tot aan die laatste stap gevolgd moet worden. De CO₂ die bij de omzetting in energie vrijkomt, moet worden afgevangen en opgeborgen. Op korte termijn relevanter is het feit dat uit verschillende productieprocessen met fossiele bronnen als grondstof zeer zuivere CO₂ vrijkomt als 'reststroom'. Deze reststroom biedt vroeger kansen voor CO₂-afvangst en -berging. Er zijn daarvoor al projecten in voorbereiding.

Potentie en kosten

Het belang van 'schoon fossiel' is evident. Fossiele energiebronnen zullen de energiehuishouding nog tientallen jaren domineren. Tegelijk moet de ecologische impact van de uitstoot die inherent is aan het gebruik van fossiele energiebronnen onder controle gebracht worden. Dat lijkt ook te kunnen. De mogelijkheden voor CO₂-berging in de diepe ondergrond zijn groot. Ter illustratie: het Groningse gasveld dat

in de eerste helft van deze eeuw 'leeg' zal raken kan 6 Gt bergen – meer dan 30 keer de jaarlijkse uitstoot van Nederland. De aquifer in Noorwegen waar thans overtollig CO₂ uit het Sleipner gasveld in wordt geborgen heeft zelfs een capaciteit van 600 Gt – al moet de bruikbaarheid van de aquifer nog blijken.

De kosten voor 'schoon fossiel' variëren enorm. Zij kunnen worden uitgedrukt in 'EURO's per ton vermeden CO₂ uitstoot'. Ter illustratie is in figuur 3 een kostenindicatie voor de afvangst en berging van geconcentreerde CO₂ stromen weergegeven, en vergeleken met duurzame energie opties. De kosten voor 'schoon fossiele' brandstoffen en gas liggen hoger, tot in de buurt van zon PV.



Figuur 3: Kosten en potentie van centrale afvangst/berging van CO₂, vergeleken met 'duurzaam'

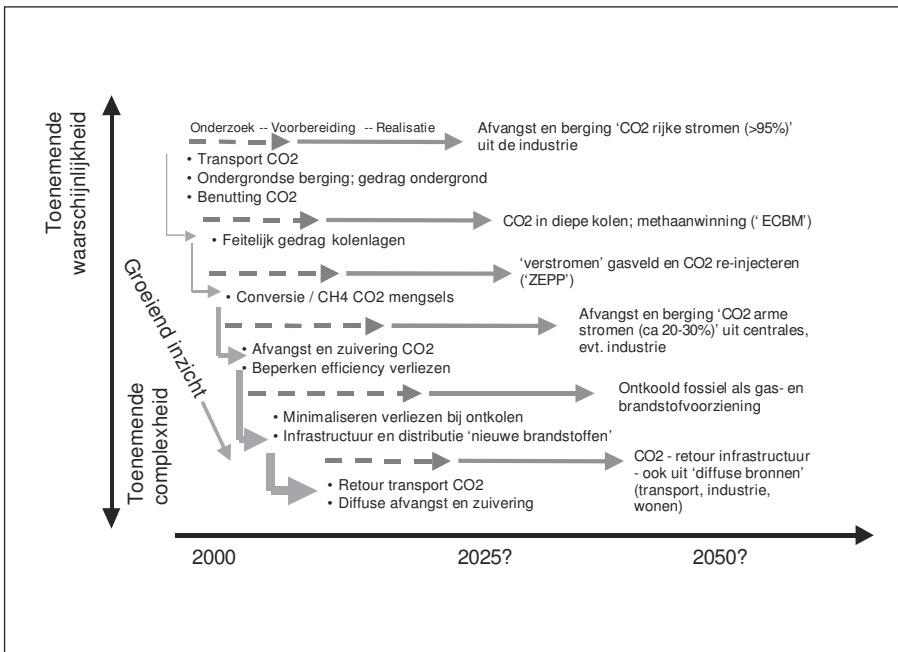
De attitude

Vooral de berging van CO₂ roept discussies op in wetenschappelijke, maatschappelijke en marktgeoriënteerde kringen. Tegelijk groeit breed het besef dat alles op alles gezet moet worden om 'fossiel' zo schoon mogelijk te maken – gegeven de voorlopig onvermijdelijke dominantie van fossiele bronnen in het energiesysteem, de groeiende ecologische risico's van onverminderde uitstoot, en de afspraken en ambities voor wat betreft de CO₂-uitstoot.

Op weg

Een praktisch 'pad vooruit'

Praktisch kunnen op vrij korte termijn de geconcentreerde CO₂ stromen uit diverse industriële processen afgevangen en ondergronds opgeborgen worden (eventueel voor benutting op termijn). In Nederland zijn daar goede mogelijkheden voor in de leeg rakende gasvelden. Voor dergelijke projecten moet er nauw worden samengewerkt tussen overheid, onderzoekers, marktpartijen en maatschappelijke organisaties. De projecten zijn noodzakelijke stappen op de weg naar 'schoon fossiel' in andere delen van het energiesysteem. In figuur 4 zijn een aantal elementen van een 'schoon fossiel' systeem op een tijdbalk gezet; nadrukkelijk kan elke volgende stap van een vorige leren, tegelijk kunnen de mogelijkheden zeker ook parallel verkend worden.



Figuur 4: Een pad naar schoon fossiel

Voorwaarden: marktwaarde en onderzoek

Voor het daadwerkelijk tot stand komen van die projecten, maar zeker voor de verdere ontwikkeling van 'schoon fossiel' is het essentieel dat er marktwaarde gecreëerd wordt voor het vermijden van CO₂ uitstoot naar de atmosfeer. Er zijn daar een aantal mogelijkheden voor. Het valt buiten het bestek van dit rapport om daarover te adviseren.

Voor het noodzakelijke onderzoek op het terrein van 'schoon fossiel' is het van belang om expertise op te bouwen, zowel bij marktpartijen als institutioneel. Daarbij moet onderzoek zo veel mogelijk in een internationale context plaatsvinden. Van belang zijn onder meer de netwerken en fondsen binnen de EU, de samenwerking binnen het IEA, en het marktgedreven Carbon Capture Programme (CCP). Dat laatste programma is geïnitieerd door leidende olie- en gasbedrijven.

Bijlage 7: Referenties

- Beeldman, M. et al. (1998).
Optiedocument voor emissiereductie van broeikasgassen: Inventarisatie in het kader van de Uitvoeringsnota Klimaatbeleid. ECN, RIVM 1998.
- Berk M. et al (2001).
Strategieën voor lange termijn klimaatbeleid; de resultaten van het COOL-project. Onderdeel van Eindrapportage tweede fase Nationaal Onderzoek Programma II, Programmabureau NOP, rapportnr. 410 200 109, ISBN 90-5851-074-3.
- Bleijenberg, A. et. al. (2000).
Klimaatprobleem oplossing in zicht. Bezinningsgroep Energiebeleid, Delft.
- Capros, P., Mantzos, L. (2000).
The economic effects of EU-Wide Industry-Level Emission Trading to Reduce Greenhouse Gases; Results from PRIMES Energy Systems Model. Institute of Communications and Computer Systems of National Technical University of Athens, May 2000.
- Commissie CO₂-handel (2002).
Handelen voor een beter klimaat, haalbaarheid van een nationaal systeem voor CO₂-emissiehandel, januari 2002.
- Europese Commissie (2000).
Groenboek over de handel in broeikasgasemissierechten binnen de EU, COM(2000)87
- Europese Commissie (2001)
Voorstel voor een Richtlijn van het Europees Parlement en de Raad voor een framework voor emissiehandel broeikasgassen in de EU, COM(2001)581.
- Hasselknippe H., Dorland C. en Gupta J (2001).
International views on post-Kyoto climate policy implementation. Instituut voor Milieuvraagstukken (IVM), rapportnr. W-01/22, 19 december 2001.
- Klimbie, B., et. al. (2000).
De internationale prijs van CO₂: Determinanten en schattingen. CE, Delft 2000
- Linden, van der N.H. et. al. (2000).
Potentiëlen en kosten van broeikasgasreductie in binnen en buitenland, een samenvattende analyse. ECN, maart 2000.
- Metz, B. et. al. (2001).
Climate Change 2001 Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC 2001.
- Olthof, R.I. et al (1996)
SYRENE, Kiezen voor een duurzame energiehuishouding, prioriteiten voor onderzoek en ontwikkeling, NOVEM BV, maart 1996.

Shell International (2001).

Energy Needs, Choices en Possibilities; Scenarios to 2050. Shell International november 2001.

Sociaal-Economische Raad (2001).

Advies Nationaal Milieubeleidsplan 4. SER, rapportnr. 01/08, 16 november 2001.

Stuij B. en Schreurs H. (2001).

Zwarte schoonheid? Over de fossiele bijdrage aan een verduurzamende energiehuishouding. NOVEM B.V., december 2001.

Swart R. en Linden N. van der (2001).

Post-Kyoto toekomstbeelden. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) en Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN), RIVM report 482550001/2001.

VRO MRaad (2001).

Waar een wil is, is een weg; advies over het NMP4. VRO MRaad adviesnr. 028, 25 oktober 2001.

Voorgaande adviezen

Van 1977-1985 functioneerde de Raad als voorlopig adviesorgaan. In die periode werden 22 adviezen uitgebracht. Na instelling bij wet in 1986 zijn de volgende adviezen verschenen.

1986	Energiebesparing ook na 1986 Kanttekeningen bij het Energiebeleid in 1986* Uitgangspunten nationaal onderzoek- programma kolen (NOK)*	ISBN 90 346 0869 7 ISBN 90 346 0989 8
	* in één kft gepubliceerd	
1987	Advies over het Elektricitetsplan 1987-1996 Advies over het warmte/krachtbeleid Jaaradvies 1987 Energieonderzoek en lange termijn energiebeleid Elektricitetsbesparing	ISBN 90 346 1082 9 ISBN 90 346 2282 7 ISBN 90 346 1383 6 ISBN 90 346 1384 4 ISBN 90 346 1429 9
1988	Commentaar bij de studie Duurzame Energie, een toekomstverkenning Energie en 1992 Commentaar op het voorontwerp Wet Energiedistributie Jaaradvies 1988 Elektricitetsplan 1989-1998	ISBN 90 346 1643 6 ISBN 90 346 692 4 ISBN 90 346 1693 2 ISBN 90 346 1812 9 ISBN 90 346 1828 5
1989	Kernenergie Energie en duurzame ontwikkeling: Deel I: het Brundtland-rapport Deel II: het Nationaal Milieubeleidsplan	ISBN 90 346 1991 5 ISBN 90 346 2056 5
1990	Advies over de concept-hoofdlijnen van het Beleidsplan Energiebesparing en Stromingsenergie Advies over het Elektricitetsplan 1991-2000 Advies over de nota Energiebesparing en het NMP-plus Jaaradvies 1990 'Het woord aan de praktijk'	ISBN 90 346 2224 X ISBN 90 346 2276 2 ISBN 90 346 2437 4
1991	Commentaar op de opzet van het onderzoek naar regulerende heffingen Wijziging Elektricitetsplan 1991-2000 De meerjarenonderzoekprogramma's energie- besparing en duurzame energie Ontwikkelingen in het gasbeleid Advies over energiebesparing bij ruimteverwarming	ISBN 90 346 2481 1 ISBN 90 346 2599 0 ISBN 90 346 2728 4 ISBN 90 346 2729 2
1992	Regulerende energieheffingen	ISBN 90 74357 01 6

	Structuurschema elektriciteitsvoorziening	ISBN 90 74357 02 4
	Elektriciteitsplan 1993-2002	ISBN 90 74357 03 2
1993	Advies inzake koel- en vriesapparatuur	ISBN 90 74357 04 0
	Jaaradvies 1992 'Is meten ook weten?	ISBN 90 74357 05 9
	Hoofdlijnennotitie Energiebesparing	ISBN 90 74357 06 7
1994	Advies naar aanleiding van het dossier kernenergie	ISBN 90 74357 07 5
	De Vervolgnota Energiebesparing	ISBN 90 74357 08 3
	Het Elektriciteitsplan 1995-2004	ISBN 90 74357 09 1
	Bezuinigingen energiesubsidies	ISBN 90 74357 10 5
1995	Nieuwe verhoudingen in de Nederlandse elektriciteitswereld	ISBN 90 74357 11 3
	Advies naar aanleiding van het wetsvoorstel inzake een regulerende energiebelasting	ISBN 90 74357 13 1
	Nederlands gasbeleid	ISBN 90 74357 13 X
1996	Nederlands energiebeleid op de drempel van de 21e eeuw	ISBN 90 74357 14 8
	Energie-onderzoek in Nederland	ISBN 90 74357 15 6
	Naar een nieuwe elektriciteitswet	ISBN 90 74357 16 4
1997	Nuts karakter Elektriciteitssector en Privatisering	ISBN 90 74357 17 2
	Optimale Lokale Energievoorziening	ISBN 90 74357 18 0
1998	Liberalisatie van de Gassector	ISBN 90 74357 19 9
	Advies Voorbereiding Nota Energiebesparing	ISBN 90 74357 20 2
	De Kyoto-afspraken	
	Gevolgen voor Nederland op Energiegebied	ISBN 90 74357 21 0
	Opzet Energierapport	—
	Oliecrisisbeleid Tussen Risico en Realiteit	ISBN 90 74357 22 9
1999	Advies Duurzame Energie	ISBN 90 74357 23 7
	Overheidsbeleid voor de Lange Termijn	
	Energievoorziening	ISBN 90 74357 24 5
	Energie en Wegverkeer	—
2000	Advies naar aanleiding van het Energierapport 1999	ISBN 90 74357 25 3
	Briefadvies Verantwoordelijkheden energiebesparingsbeleid	—
	Energie en Ruimtelijke Ordening	ISBN 90 74357 26 1
2001	Energieonderzoek, de krachten gebundeld	ISBN 90 74357 27 X
	Briefadvies Energieonderzoek	—
	Zorgen voor de Energie van Morgen	ISBN 90 74357 28 8
	De rol van de overheid in een vrije energiemarkt	ISBN 90 74357 29 6

Exemplaren van deze uitgaven zijn te bestellen bij de Algemene Energieraad.
Maak € 5,- (Hfl 11,-) per exemplaar over op postbankrekening 58.59.866 t.n.v.
Algemene Energieraad, Den Haag. Vermeld a.u.b. het ISBN nummer en het aantal.

**Algemene Energieraad
Prinsessegracht 23
Postbus 11723
2502 AS 's-Gravenhage
tel. 070 3924001
fax 070 3652836**

**e-mail: info@algemene-energiesraad.nl
Internet: www.algemene-energiesraad.nl**