

Het ontkolen van de energievoorziening

Op 29 juli 2003 is Kees Braams plotseling overleden. Braams wordt algemeen beschouwd als de nestor van het Nederlands onderzoek naar kernfusie. Hij is 78 jaar geworden. De dag voordat hij stierf heeft hij het navolgende artikel afgerond.

Om het klimaat te redden, moet de CO₂-uitstoot in de westerse wereld in 2050 met ruim de helft omlaag. EU en nationale overheden bevelen besparing en duurzame energie aan, maar zonder een drastische koerswijziging zal het aandeel fossiele energie alleen maar toenemen, en de uitstoot verdubbelen. Alleen met kernsplijting, kernfusie en opslag van CO₂ lijkt de doelstelling haalbaar.

Kijk op 2050

De Engelse regering heeft zich in een White Paper van februari 2003¹ uitgesproken voor een vermindering van de CO₂ uitstoot van 60% in 2050, dit in vergelijking met het huidige niveau. Per hoofd van de bevolking zou de uitstoot daardoor verminderen van 2 tC/j (ton koolstof per jaar) in 2000 tot 0,8 tC/j in 2050. 'Ontkolen van de energievoorziening' is het motto. Tot de voorgestelde maatregelen behoren in de eerste plaats besparingen op het verbruik en de inzet van meer hernieuwbare energie. Opmerkelijk is de grote rol die wordt toegedacht aan getijdenstroming, golfslag en wind. Steenkool wordt teruggedrongen als brandstof in elektrische centrales, tenzij het mogelijk en niet te duur blijkt om CO₂ op te vangen en op te bergen. Een beslissing over de bouw van nieuwe kernreactoren wordt uitgesteld; wel krijgt kernfusie al over 30 jaar een rol toebedeeld. Als een eerste stap in de aangegeven richting werd in juli 2003 besloten tot de bouw van een groot aantal windmolens voor de Engelse kust.

In Nederland denkt de Algemene Energie Raad² dat tegen 2050 de uitstoot 50% lager kan zijn dan in 1990. De raad voorziet geen inzet van kernsplijting of fusie. Talrijke andere studies bevestigen dat reducties als hier genoemd, en zelfs hoger, in de industrieel ontwikkelde landen technisch mogelijk zijn. Men is het er echter niet over eens of kernenergie daarbij gemist kan worden. Misschien zouden Westerse landen het zonder kernsplijting kunnen stellen, maar alles wijst erop dat ontwikkelingslanden zoals China en India roet in ons eten gaan gooien.

Van de twee genoemde rapporten spreekt alleen het Engelse over de kosten: met toenemend bezuinigingspercentage oplopend tot uiteindelijk 300-450 €/tC³ (Euro per ton vermeden koolstofemissie, 1 €/tC = 0,27 €/tCO₂). Dat zou in de buurt van 1% van het nationaal inkomen liggen en overeenkomen met ruwweg 5 ct/kWh elektrische energie, 20 ct/m³ aardgas of het equivalent van 25 ct/l benzine. In deze getallen zijn onzekere economische ontwikkelingen en arbitraire doelstellingen verwerkt, maar ze geven ten minste een indicatie van wat we over zouden moeten hebben voor nieuwe energietechniek. Europese consumenten zijn er al aan gewend om dit soort opslagen te betalen. De sleutel tot de oplossing van het klimaatprobleem, althans voor wat Europa daaraan bijdraagt, is gelegen in het soort financiële stimulansen waarvan nu alleen hernieuwbare energie profiteert, maar die voor alle soorten veilige en koolstofvrije energie zouden moeten gelden. Individuele landen willen hun concurrentiepositie niet in gevaar brengen, dus het beleid moet

tenminste een Europese reikwijdte hebben. Het zal van plaatselijke omstandigheden afhangen, welke energiebron de voorkeur heeft. Zonder een vrije markt die de keus bepaalt, blijft dit een speelveld voor bureaucraten, beleidsadviseurs en belangenbehartigers.

Europese studies

Europa is nu voor 70% en in 2030 mogelijk zelfs voor 90% van zijn olieconsumptie afhankelijk van invoer. Wat het totale energieverbruik betreft zijn die getallen 50% en 70%. Aldus het *Green Paper*⁴ dat een bezorgde Europese Commissaris voor energie en transport eind 2000 publiceerde. Het betoogt dat hernieuwbare energiebronnen het eerder gestelde doel van 12% van de energievoorziening in 2010 niet bereiken en dat ook de Kyoto-doelen voor reductie van de uitstoot van broeikasgassen niet worden gehaald. Het ziet weinig mogelijkheden om vóór 2030 nieuwe energiebronnen aan te boren: "Autonomie op energiegebied is onmogelijk" en zoekt de remedie in energiebesparing, vooral in de transportsector en in gebouwen.

De grootste zorg baart de afhankelijkheid van olie uit het Midden Oosten, maar ook op de aanvoer van aardgas is de Commissie niet gerust. Als Groningen en de Noordzee uitgeput raken moet dit voornamelijk uit Rusland en Algerije komen. Beter is het gesteld met de wereldmarkt voor steenkool: het aanbod is groot en sterk gespreid. Wat kernenergie betreft constateert het *Green Paper* dat de huidige lidstaten in meerderheid van deze optie afzien. De bijdrage tot hun gezamenlijke elektriciteitsproductie is 35%, tot de Franse 75%. In EU-30 (de Unie van 25 plus enkele buurlanden waaronder Zwitserland en Noorwegen) is het beeld niet anders. Betrokken op de totale energievoorziening (elektriciteit, warmte, transport, etc.) van EU-30, wordt voorzien dat het aandeel van kernenergie, nu 15%, daalt naar 6% in 2030. Het *Green Paper* vraagt nadrukkelijk aandacht voor het effect daarvan op de uitstoot van CO₂, ook al wordt dit pas merkbaar nadat de Kyoto doelen zouden moeten zijn bereikt⁵.

Het aandeel van de hernieuwbare bronnen, waterkracht, wind, zon, biomassa, zou in het geschetste scenario tot 2030 groeien van 6 naar 8%, waarmee dat van de fossiele bronnen, nu goed voor 79%, nog zou moeten toenemen tot 86%. Het technisch potentieel van de hernieuwbare bronnen wordt op 30% gesteld, maar naast technische en praktische problemen vormen vooral de hoge kosten, in vergelijking met fossiele energie, een moeilijk te nemen hindernis.

Volgens het *Green Paper* zou belasting het meest effectieve instrument zijn om de Europese energiemarkt te beïnvloeden, maar op dit punt vertonen de lidstaten geen neiging om de Commissie te volgen. Zij concentreert zich daarom op aanbevelingen om het energieverbruik, met name in de sectoren gebouwen en transport, te beperken en wijst op de noodzaak om de energieleveranciers te vriend te houden.

In 2001 vond naar aanleiding van het *Green Paper* een brede discussie plaats, waarover de Commissie in 2002 heeft gerapporteerd⁶. Er verandert niets aan de strekking van het oorspronkelijke rapport: 'jammer, maar weinig aan te doen'. Om het ommekeer getal van 86% fossiel terug te dringen, wil de Commissie regels voor zuinig gebruik opstellen, belasting heffen op energiegebruik en meer hernieuwbare energie, vooral wind, inzetten. Het verslag bevat evenwel geen nieuwe cijfers waaruit blijkt dat Europa er minder afhankelijk door zal worden, of dat de wereld er

een minder snelle verandering van het klimaat door zal ondervinden. In dit opzicht blijft Europa ver achter bij Engeland.

In Mei 2003 publiceerde de Commissaris voor Onderzoek een uitgebreide analyse, de WETO studie, die het eerder geschetste beeld van de Europese energievoorziening aanscherpt en dit plaatst in het kader van de wereldwijde ontwikkelingen. Het rapport beschrijft een door economische overwegingen bepaald referentie-scenario, "business and technical change as usual". In 2030 moeten fossiele brandstoffen daarin nog in bijna 90% van de behoefte voorzien en is de wereldwijde CO₂ uitstoot verdubbeld. De CO₂ emissie zou in West Europa per hoofd nog 2,5 tC/j bedragen tegen 2,2 tC/j in 2000. (Ter vergelijking: 1,1 resp. 1,5 tC/j per hoofd van de wereldbevolking).

Aan het eind van de WETO studie wordt kort ingegaan op effecten van op vermindering van de CO₂ emissie gerichte maatregelen. Wat Europa betreft zou de emissie met 21% verminderen als vanaf 2010 een belasting van 220 €/tC zou worden geheven. Kernenergie en hernieuwbare energie moeten dan de verminderde bijdragen van steenkool en olie compenseren. Wat nieuwe technische ontwikkelingen betreft, reikt de fantasie niet verder dan dat meer warmtekracht centrales en hernieuwbare bronnen, met name biomassa, worden ingezet. Zo wordt bij voorbeeld de mogelijkheid van het opvangen en opbergen van CO₂ geheel buiten beschouwing gelaten. Wat dergelijke scenario's vooral duidelijk maken, is dat klimaatbeheersing een politieke 'driving force' behoeft die sterker is dan de krachten van de vrije markt.

Als men verder kijkt dan het jaar 2030 is het hoe dan ook nodig om de energievoorziening te herzien. Vroeg of laat worden achtereenvolgens olie, aardgas en steenkool schaars en duur en moet los daarvan de uitstoot van CO₂ sterker worden ingeperkt dan tot nu toe is overeengekomen. Veelal wordt het midden van de eeuw genoemd als de tijd waarop de overgang naar een 'koolstofarme' energievoorziening zijn beslag moet krijgen, al zullen er dan nog grote voorraden, deels onconventionele, fossiele brandstoffen zijn. Men vraagt zich af: waarom niet eerder? Het antwoord is dat met die termijn van een halve eeuw niet wordt bedoeld dat het klimaat wel zolang kan wachten, of dat de voorzieningszekerheid pas dan een probleem wordt, maar dat we zolang mogelijk willen profiteren van goedkope olie en aardgas. De politieke urgentie van de problemen is vooralsnog niet zodanig dat we daarvoor één procent van het nationaal inkomen (deze schatting is ontleend aan het Engelse White Paper) voor opzij willen zetten.

Koolstof en klimaat

Hoe hoog de meerkosten van koolstofvrije energie zouden mogen zijn, hangt af van de politieke urgentie. Daarover worden nog altijd twijfels gekoesterd, waarbij geappelleerd wordt aan wetenschappelijke onzekerheden omtrent de precieze relatie tussen het verstoken van fossiele brandstoffen en de verandering van het klimaat en over de mogelijke schade daarvan. Dat die relatie bestaat, kan nauwelijks nog betwijfeld worden, maar hoeveel de temperatuur en de neerslag op een bepaalde plaats zullen veranderen als het CO₂ gehalte van de atmosfeer verdubbelt, is nog zeer onzeker. Gemiddeld over de hele wereld zal de temperatuurstijging dan volgens het *Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC, waarschijnlijk tussen 1.5 en 3 °C uitkomen. Dit betreft dan nog maar een verdubbeling van het CO₂ gehalte ten opzichte van de preïndustriële periode van voor 1850. Er wordt echter verwacht dat een verdrie- tot verviervoudiging al wordt bereikt aan het eind van deze

eeuw indien we op de huidige voet doorgaan met het verstoken van fossiele brandstoffen. In dat geval zal de temperatuursstijging volgens het IPCC wel 3.5 tot 6 °C kunnen zijn. Op zichzelf laat deze marge al voldoende ruimte voor beschouwingen die variëren van luchthartig tot zwaarmoedig, en die marge wordt nog opgerekt door ideologisch of commercieel getinte vooroordelen.

In de afgelopen paar honderdduizend jaar (langer dan de tijd waarin Homo Sapiens evolueerde) springt de atmosfeer heen en weer tussen een toestand met hoge temperatuur en hoog CO₂ gehalte en één met lage temperatuur en laag CO₂ gehalte. Als nu vanuit een warme toestand het CO₂ gehalte nog eens wordt verdubbeld, komen de atmosfeer, het land en de oceanen in een nog onbekende toestand terecht. De huidige klimaatmodellen zijn het nog niet eens over de gevolgen van kleine afwijkingen van het historische evenwicht (die beschreven worden door een 'lineaire' theorie), laat staan dat hun 'niet-lineaire' modellen betrouwbare uitspraken kunnen doen over een heel andere toestand. We zijn bezig met veruit het grootste en meest ingrijpende natuurwetenschappelijke experiment ooit ondernomen en de onzekerheid omtrent de uitkomst ervan is wel het sterkste argument om voorzichtig te zijn.

In veel beschouwingen wordt ervan uitgegaan dat met een verdubbeling van het pre-industriële koolstofgehalte van de atmosfeer de grens van het toelaatbare zal zijn bereikt. Voor de industriële revolutie was de CO₂ concentratie vele duizenden jaren lang gestabiliseerd op 280 ppm⁷. De huidige concentratie is 360 ppm. Een verdubbeling zou betekenen dat de CO₂ concentratie rond de 550 ppm zou stabiliseren. De achterliggende veronderstelling is dat daardoor de gemiddelde temperatuur op aarde met twee graden zal stijgen. Die relatie is echter zeer onzeker, het IPCC geeft aan dat verschillende klimaatmodellen een temperatuurstijging van 1.5 tot 3 °C voor een stijging van het CO₂ gehalte tot 550 ppm (de 'klimaatgevoeligheid') voorspellen. De lage schatting wordt niet als erg verontrustend beschouwd, de hoge wel.

Het CO₂ dat in de atmosfeer wordt geloosd verdwijnt daaruit, in een lineaire benadering met een exponentiële vervaltijd van 60 jaar. Daaruit volgt dat een wereldbevolking van 7,5 miljard mensen zich tot een emissie van 1,3 tC/j per persoon zou moeten beperken om op den duur beneden de magische grens van 550 ppm te blijven, en een tweemaal zo groot aantal mensen tot 0,7 tC/j. In afwachting van meer precieze klimaatmodellen doen we er daarom verstandig aan het beleid te richten op doelen zoals door de Engelse Regering en de Nederlandse adviseurs zijn gesteld.

In 1995 heeft een breed samengestelde Tweede-Kamercommissie⁸ zich verdiept in de IPCC rapporten, deskundigen daarover gehoord, en zich eenstemmig uitgesproken voor een beleid gericht op terugdringen van de uitstoot van broeikasgassen. De overtuiging dat dit werkelijk nodig is, is evenwel nog niet zo diep geworteld dat Regering en Kamer bereid zijn om daarvoor grote financiële offers te brengen. [Een nieuwe commissie voor het klimaatbeleid onder leiding van tweede kamer lid J.W.E. Spies is begin 2004 in het leven geroepen - Red.]

Een koolstofarme energievoorziening

Van het CO₂ dat door het gebruik van fossiele brandstof in de atmosfeer geloosd wordt, is één derde afkomstig van elektriciteitsproductie. Andere 'puntbronnen' van CO₂ zijn met name olieraffinaderijen en cementfabrieken. Technisch gezien zijn er

voldoende opties voorhanden om deze bedrijvigheid, zeker in Europa, op een termijn van enkele decennia vrij van CO₂ emissie te maken.

De transportsector is in Europa verantwoordelijk voor een kwart van de uitstoot. In principe kan olie als brandstof worden vervangen door waterstof. Die heeft met elektriciteit gemeen dat de toepassing aan de kant van de gebruiker schoon is; de problemen liggen bij de productie. Zoals vijftig jaar geleden werd gesproken over de 'all-electric society', spreekt men nu over de waterstofeconomie. In beide gevallen gaat het echter alleen om een middel om energie van een primaire bron te vervoeren naar een eindgebruiker. Voor de transportsector komt naast waterstof vooral ook biobrandstof in aanmerking.

De technisch en economisch meest voor de hand liggende procédés om waterstof te maken gaan vooralsnog uit van fossiele brandstoffen; het heeft pas zin om daarmee verder te gaan als het vrijkomende CO₂ wordt opgevangen en opgeborgen. Een andere -- maar duurdere -- mogelijkheid is om schone elektriciteit te gebruiken voor het ontleden van water. Waterstof kan in eerste instantie worden bijgemengd in het aardgasdistributienet en kan het aardgas, voor zover dit wordt verbrand om warmte te produceren, zelfs geheel vervangen. Het is veel ingrijpender om motorbrandstof te vervangen door waterstof. De noodzaak om zowel het brandstofdistributiesysteem als de motoren aan te passen, maakt het ontkolen van het transport veel moeilijker dan van andere sectoren. Brandstofcellen zouden ook in de behoefte aan elektriciteit kunnen voorzien op plaatsen waar geen distributienet voorhanden is, in plaats van accu's en batterijen, maar of daardoor minder centraal geproduceerde elektriciteit nodig zal zijn, valt nog te bezien. Waterstof dat chemisch gewonnen is uit fossiele brandstoffen kan qua brandstof al concurreren met bijvoorbeeld benzine zelfs tegen de huidige benzineprijzen. Het probleem zit hem in de prijs van de brandstofcellen technologie. Deze technologie is nog zeker een factor tien te duur, en anders dan met bijvoorbeeld windmolens en zonnecellen het geval is, gaat de prijs niet hard omlaag. Dit komt met name door de dure grondstoffen, o.a. edelstalen, die nodig zijn in de productie van brandstofcellen.

In huizen en gebouwen liggen er nog veel mogelijkheden voor zonnewarmte. Om de kosten te beperken moet men de vraag terugdringen, vooral door beter te isoleren. Maar zodra er voldoende schone elektriciteit of waterstof beschikbaar is, moeten zowel die besparingen als het gebruik van zonnewarmte daarmee kunnen concurreren.

Steenkool kan aanzienlijk bijdragen tot de betrouwbaarheid van de energievoorziening. Wat een grotere inzet in de weg staat, is de noodzaak om de uitstoot van CO₂ te beperken.

Aardgas heeft het voordeel dat voor dezelfde hoeveelheid verbrandingswarmte maar 60% van de hoeveelheid CO₂ vrijkomt; olie staat wat dit betreft dicht bij steenkool. In dit opzicht gaat aardgas dus een stap in de goede richting. Het is mogelijk om het verbrandingsproduct, CO₂, op te vangen en op te bergen in geschikte geologische formaties. Daarmee wordt de keus tussen steenkool en aardgas ontdaan van zijn politieke lading en gaat die alleen nog om prijzen en (locale) beschikbaarheid. De techniek wordt al toegepast in de olie-industrie om de productie van oude olievelden op te stuwen. Ook kan CO₂ gebruikt worden om methaan uit anders niet exploiteerbare steenkoollagen te drijven. Om een belasting van 50 \$/tCO₂ (170 €/tC) te vermijden, wordt in het Sleipner veld in het Noorse deel van de Noordzee het CO₂ dat met aardgas mee naar boven komt, afgescheiden en teruggepompt in een onderzeese zandlaag. De techniek lijkt, onder begeleiding van verder onderzoek en

met het nodige toezicht, rijp voor toepassing in grotere projecten. Vragen die nog spelen zijn hoe lang het CO₂ opgeslagen blijft, en wat voor verliezen geaccepteerd kunnen worden om het daadwerkelijk een klimaatgunstige maatregel te laten zijn. Daarnaast moet de kans op mogelijke calamiteiten zoals het plots vrijkomen van grote hoeveelheden CO₂ nader onderzocht worden. De kosten worden geschat op 30-40 €/tC. Een andere mogelijkheid is om gebruik te maken van mineralen die met CO₂ een stabiele chemische binding aangaan. Dit impliceert mijnbouwkundige activiteiten en transporten ten minste vergelijkbaar in omvang met de winning en het vervoer van steenkool, maar lijkt overigens veilig en niet duur, rond 25 €/tC, en er zijn voldoende voorraden van in aanmerking komende grondstoffen beschikbaar⁹. Deze manier van opslag staat echter nog in een te vroeg stadium van onderzoek om al op grote schaal toegepast te worden. Een laatste optie, opslag in zeewater, zou nog niet goed te overziene consequenties kunnen hebben.

Er zijn geen aanwijzingen voor een op handen zijnde opbloei van kernsplijting in Europa. Een grote uitbreiding van het huidige bestand aan kernreactoren zou nog in deze eeuw kunnen stuiten op een tekort aan splijtstof tenzij de ontwikkeling van kweekreactoren, die in de meeste landen is stilgelegd, wordt hervat. Alleen een omslag in het denken over onze afhankelijkheid van fossiele brandstoffen en de toelaatbaarheid van CO₂ emissie zou een maatschappelijk draagvlak daarvoor kunnen doen ontstaan. Elektriciteit uit courante kerncentrales kost 1.5 tot 4 ct/kWh, afhankelijk van het feit of het een afgeschreven of een nieuwe kerncentrales betreft. Anders dan bij een kolen of gascentrale speelt de brandstofprijs nauwelijks een rol. Bij kernenergie wordt de prijs van elektriciteit met name bepaald door de investeringskosten bij de bouw van een centrale. Belangrijk daarbij zijn de beoogde economische levensduur van een centrale en de gewenste rentevoet. Een recent gestart Fins project¹⁰ gaat ervan uit dat de prijs voor kernstroom uit een nieuwe centrale 2.5ct/kWh zal zijn. De investeerders nemen daarbij echter genoegen met een lage rentevoet en een lange economische levensduur van de centrale van maar liefst 40 jaar.

Buiten Europa liggen de zaken anders. In China veroorzaken de winning van steenkool en de luchtvervuiling door het gebruik ervan het equivalent van honderden Tsjernobyl rampen per jaar. India is nog niet zover op deze weg, maar als dit land zijn economische ambities kan realiseren, gaat het dezelfde kant op. Voor deze landen is kernenergie een verademing. Europa heeft er groot belang bij dat ook zij zich beperken in hun CO₂ emissie; het zou meer kunnen doen om de armere landen bij te staan bij het ontwikkelen en toepassen van veilige kerncentrales.

Van alle risico's van kernenergie is het afval technisch gezien het minste, al spreekt het sterk tot de verbeelding. Ongelukken met reactoren of opwerkingsfabrieken en misbruik van splijtbaar materiaal vormen grotere risico's. Misschien biedt een fundamenteel andere benadering nieuwe kansen voor kernenergie. Men moet dan afzien van het opwerken van gebruikte splijtstof en overgaan op nieuwe types reactoren die ook zonder menselijk ingrijpen niet uit de hand kunnen lopen. Een intrinsiek veilig type splijtingsreactor met een *once through* brandstofcyclus kan de tijd overbruggen die nodig is om betrouwbare fusiereactoren en betaalbare zonnecellen te ontwikkelen. Overigens zou zelfs in een wereld zonder kerncentrales en opwerkfabrieken het gevaar blijven bestaan dat staten zich kernwapens verschaffen door het splijtbaar uranium isotoop te scheiden van het andere.

Van de geavanceerde reactortypes die door een groep van 10 landen, met deelname van o.a. de VS en Frankrijk, en sinds het begin van 2004 ook de EU,

worden geëvalueerd, trekt vooral de 'High Temperature Gas-cooled Reactor', HTGR, de aandacht. Dit is een intrinsiek veilige reactor met een hoge energieopbrengst (gemeten in kWh per kg natuurlijk Uranium). Dit reactortype is uitvoerig beproefd en heeft al verschillende keren op de rand van commerciële toepassing gestaan, rond 1975 in Engeland, daarna ook in de VS en Duitsland, maar heeft het telkens moeten afleggen, eerst tegen goedkoper werkende reactoren, later tegen de malaise in de nucleaire industrie in het algemeen. Het HTGR reactortype is "kleinschalig" (typisch 100-200 MW/eenheid) en kan daardoor modulair opgebouwd worden. Daarmee wordt ook meteen het door velen geziene bezwaar van grootschaligheid weggenomen. Verwacht wordt dat elektriciteit uit een HTGR zo'n 2-4 ct/kWh moet gaan kosten. Nederland speelt met NRG in Petten een rol in de ontwikkeling, waarin Zuid Afrika en China de stuwende krachten zijn.

Wat kernfusie betreft is de heersende mening dat de toepassing nog minstens een halve eeuw in het verschiet ligt, maar zowel in Europa als in Amerika begint men te begrijpen wat de Russen al lang wisten, namelijk dat het tempo van de ontwikkeling afhangt van de inspanning die eraan wordt besteed. Er wordt nu aan een termijn van 30 of 35 jaar gedacht, al heeft dit nog geen weerslag gehad in de intensiteit van de researchprogramma's. Meer dan twintig jaar geleden waren er al plannen om de ontwikkeling van kernfusie op een *fast track* te plaatsen, maar daar bestond toen geen behoefte aan. Fusie-energie zou tweemaal zo duur worden als die uit kernsplijting, er was nog genoeg fossiele brandstof en de milieubeweging zag geen heil in nieuwe energiebronnen. Het Europese Parlement is lang afhoudend geweest, maar heeft zich intussen uitgesproken voor versterking van het fusieonderzoek. Hoopgevend is ook dat Canada, China, Korea en de VS zich – wat de VS betreft opnieuw – hebben aangesloten bij het ITER reactor project in de vorm waarin dit door Europa, Japan en Rusland is voorgesteld. Elektriciteit gemaakt met een eerste type 1000 MW fusiereactor van het ITER model zou 8 tot 12 ct/kWh moeten kosten. Door technologieverbetering en leereffecten kan de prijs dalen tot zo'n 5-7 ct/kWh.

Windenergie vertoont een sterke groei en dus een dalende prijs. Ofschoon die nog lang niet concurrerend is en er met name twijfel bestaat over het nut van windmolens voor de kust, is het van belang dat blijkt hoeveel de consument bereid is te betalen voor schone energie. Zo kan wind de weg bereiden voor andere opkomende techniek. Op het ogenblik is de prijs per kilowattuur zo'n 9-10 cent voor stroom uit windmolens op het land en wordt geschat op 11-12 cent voor molens in zee¹¹. De verwachting is dat de kostprijs tegen het midden van de eeuw zal zijn teruggebracht tot zo'n 5-7 ct/kWh.

Zolang het fluctuerend aanbod van hernieuwbare energiebronnen als zon en wind niet veel groter is dan 10% van het landelijk totaal, kan dit zonder extra investeringen door het koppelnet worden verwerkt; bij een groter aanbod moeten er voorzieningen worden getroffen in de vorm van opslagsystemen, reservecapaciteit of een zwaarder Europees koppelnet¹². Het meest voor de hand ligt het om in het eigen land conventionele centrales achter de hand te houden, die moeten draaien als er te weinig wind is. Op het land kunnen windmolens tot 25% van hun maximale vermogen leveren, op zee rond 40%; men kan het samenspel zo zien dat de wind wordt gebruikt om op dit deel van de brandstofkosten en de emissie van de back-up centrales te besparen. De prijs van de windenergie moet dan vergeleken worden met het variabele deel van de prijs van vervangende emissieprijs energie. Neemt

men als voorbeeld een schone kolencentrale waarvan de brandstofkosten 2 ct/kWh en de opslag van het geproduceerde CO₂ ongeveer 2 ct/kWh bedragen, dan ziet men dat de fluctuerende windenergie in prijs moet worden teruggebracht tot 4 ct/kWh, om qua milieu en voorzieningszekerheid hetzelfde effect te sorteren. Gas is wat geleverde warmte betreft duurder dan steenkool, maar produceert minder CO₂, zodat het per saldo niet veel verschilt.

Al met al biedt zich een scala van mogelijkheden aan, hernieuwbare energie, schoon fossiel, veilige kernsplijting en kernfusie, die samen uitzicht bieden op een toekomst zonder gebrek aan schone elektriciteit. De fossiele brandstoffen en eventueel de splijtingsreactoren passen in een duurzame ontwikkeling in zoverre dat ze de tijd kunnen overbruggen tot kernfusie en zonne-energie aan de markt komen. Als Europa ervoor kiest om voor nieuwe elektrische centrales alleen CO₂-vrije energiebronnen toe te laten, kan het in 2030 of 2040 een duurzame schone stroomvoorziening hebben.

Het Kaderprogramma

Wie van het Green Paper een sterke impuls in de richting van het ontwikkelen van nieuwe technologie had verwacht, wordt teleurgesteld. Het Europese Kaderprogramma voor onderzoek en technische ontwikkeling dat dit jaar in werking is getreden, wijdt er mooie woorden aan, maar werd er niet door geïnspireerd tot vastberaden actie. Het wil een 'Europese onderzoeksruimte' scheppen waarin het onderzoek sterker wordt geconcentreerd en geïntegreerd. Daartoe gaat de Commissie zich inkopen in zeven ruim omschreven vakgebieden. Dit zal zeker bijdragen tot meer uitwisseling van kennis en mobiliteit van onderzoekers, maar verdunt de middelen die beschikbaar zijn voor projecten waar Europa echt voor nodig is omdat ze de capaciteiten van de lidstaten te boven gaan. Goed gecoördineerd, grootschalig energieonderzoek zoals kernfusie (het grote voorbeeld van succesvolle samenwerking in EG-verband) is bovendien duidelijk zichtbaar op de begroting en valt daardoor, zoals Nederland al heeft laten zien, makkelijk ten prooi aan concurrerende activiteiten.

In het zesde kader programma wordt er gezocht naar mogelijkheden om CO₂ uit fossiele brandstoffen op te vangen en op te bergen. 'Schoon fossiel' heeft in het Europese energie(onderzoek)beleid een meer bescheiden plaats dan in de VS, waar onlangs een ambitieus 'Clean Coal Initiative' is gelanceerd.

Met betrekking tot kernenergie pleit het kaderprogramma in de eerste plaats voor onderzoek over het beheer van bestraalde splijtstof en radioactief afval. Naast de hoog-radioactieve splijtingsproducten waarvan de activiteit elke honderd jaar met een factor tien afneemt, moeten minder-actieve maar zeer lang levende isotopen, waaronder splijtbaar plutonium, hun bestemming vinden. Op dit gebied is er geen Europees beleid en volgt ieder land zijn eigen weg. Waar kernenergie wordt toegelaten, is de fundamentele vraag of men kiest voor het opwerken van gebruikte splijtstof, of voor het onbewerkt opbergen daarvan. In Amerika, waar onder President Carter voor het laatste werd gekozen, is dit beleid opnieuw ter discussie gesteld. Met opwerking, vooral bij gebruik van kweekreactoren, haalt men meer energie uit zijn uranium (of thorium) zodat de voorraden zeer veel langer meegaan. Verder kan men in principe de niet voor hergebruik bestemde langlevende isotopen afzonderen en in nucleaire installaties onschadelijk maken. Daar staat tegenover dat

die bewerkingen kostbaar zijn, dat er ongelukken bij kunnen gebeuren en dat de teruggewonnen splijtbare isotopen alleen in vreedzame en stabiele landen veilig kunnen worden beheerd. Het Kaderprogramma wil van alles wat.

Een programma waarin Europa wel voorop gaat, betreft kernfusie. Tegen het eind van de jaren zeventig was het onderzoek zover gevorderd dat serieus gedacht kon worden over het ontwerp van een testreactor, met de voorstudies, het ontwerp en de bouw waarvan rond 25 jaar gemoeid zou zijn. Op een Russisch initiatief kwam een internationale samenwerking onder de naam INTOR tot stand, maar er bestond, vooral toen in het begin van de jaren tachtig de olieprijs daalden, geen maatschappelijke behoefte om daar haast mee te maken, ook omdat de snelle kweekreactor een grote voorsprong had. Met vallen en opstaan en dank zij Russische vasthoudendheid is dit initiatief intussen in het stadium aangeland dat de onderhandelingen over de vestigingsplaats van wat ITER is gaan heten binnenkort lijken te kunnen beginnen. In het lopende Kaderprogramma is een bedrag van 200 M€ gereserveerd – en daardoor bezuinigd op het breed-georiënteerde fusieonderzoek – bestemd voor de start van de constructie van ITER.

Maar de keuze moet nog gemaakt worden voor de constructie van ITER in Europa (Frankrijk) of in Japan. Het staat nog te bezien of de constructie van ITER, zoals voorzien, in 2005 van start kan gaan. Er bestaat overigens twijfel over de stabiliteit van Amerika als partner in een samenwerking die zich over 30 jaar zou moeten uitstrekken. Europa heeft 15 jaar geleden de kans laten lopen om op dit gebied de leiding te nemen door zijn eigen weg te gaan.

Laat de markt beslissen

Iedereen wil een duurzame energievoorziening, maar niet iedereen bedoelt daarmee hetzelfde. De uitdrukking “duurzame ontwikkeling” kwam in omloop als vertaling van *sustainable development*, zoals gebruikt in het Brundtland rapport van 1987¹³ en de conferenties in Rio de Janeiro in 1992 en Kaapstad in 2002. Het ging aanvankelijk over een ontwikkeling waarbij de huidige generatie haar behoeften bevredigt zonder dat voor toekomstige generaties onmogelijk te maken, maar ‘duurzaam’ verwijst nu naar zoveel – of zo weinig – als de “ondeelbaarheid van de menselijke waardigheid”¹⁴. Alles dat door verlichte geesten als wenselijk wordt gezien valt eronder, van windmolens tot gelijke rechten voor vrouwen. In onze taal heeft de uitdrukking ‘duurzame energie’ de oude ‘hernieuwbare (*renewable*) energie’ verdrongen, waardoor het misverstand is ontstaan dat alleen die categorie een plaats verdient in een duurzame energievoorziening (*sustainable energy supply*). Maar de eis van duurzaamheid is geen reden om niet-hernieuwbare voorraden ongebruikt te laten, zolang uit de opbrengsten daarvan op tijd nieuwe bronnen worden ontwikkeld. (Het is daarom vreemd dat kernfusie in Nederland expliciet is uitgesloten van het deel van de aardgasbaten dat voor het ontwikkelen van onze kennis-infrastructuur wordt ingezet.) Men kan oprecht van mening zijn dat minder energie eigenlijk beter is voor de mensheid dan meer energie, maar dit idealisme wordt gevaarlijk als het alleen de verkeerde helft van zijn doelen weet te realiseren: als men er niet in slaagt om de medemens tot soberheid aan te zetten, maar wel om de ontwikkeling van nieuwe schone energiebronnen te frustreren. Dan wordt hernieuwbare energie een bedreiging voor de duurzame energievoorziening.

Als Europa ernst wil maken, zowel met het terugdringen van zijn afhankelijkheid van olie en gas als met het vertragen van de klimaatverandering, moet één van de eerste maatregelen zijn dat er een markt voor koolstofvrije elektriciteit (eigenlijk: vrij van

netto CO₂ emissie) wordt geschapen waarop alle processen die aan hoge eisen van milieu en veiligheid voldoen, vrij kunnen concurreren. 'Market pull' moet uiteindelijk in de plaats komen van 'technology push'. Die markt kan hetzij door regulering, hetzij door belasting op emissie tot stand worden gebracht. Maar als de elektriciteit vóór het midden van de eeuw schoon moet zijn, moet binnenkort alle nieuwe productiecapaciteit schoon zijn. Technisch eenvoudig, economisch niet al te bezwaarlijk, maar politiek bijzonder moeilijk en als het aan Nederland ligt misschien wel onmogelijk. Ons energiebeleid, zoals vormgegeven door de AER en het Ministerie van EZ, is sterker gericht op het belang van onze industrie en de opbrengst van ons aardgas, dan op voorzieningszekerheid en klimaat. Die problemen zijn wel urgent, maar de oplossing moet nog maar 50 jaar wachten, zeggen we dan. En eigenlijk zegt Europa hetzelfde.

¹ White paper: www.dti.gov.uk/energy/whitepaper/index.shtml

² www.energiesraad.nl

³ White Paper p.28

⁴ Green paper; Towards a European strategy for the security of energy supply
http://europa.eu.int/comm/energy_transport/doc-principal/pubfinal_en.pdf

⁵ Green Paper pp. 68, 72

⁶ http://europa.eu.int/comm/energy_transport/nl/lpi_lv_nl1.html

⁷ ppm= particles per million (deeltjes per miljoen). Een CO₂ concentratie van 280 ppm betekent dat er 280 CO₂ deeltjes zijn per miljoen deeltjes lucht.

⁸ Eindrapport van de Tijdelijke Commissie Klimaatverandering. Commissie van Middelkoop, september 1996

⁹ K.S. Lackner, *Science* **300** 1677 (2003)

¹⁰ <http://www.tvo.fi/355.htm>

¹¹ MEP= subsidie onder de Milieukwaliteit elektriciteitsproductie (4.9 €/ct/kWh en 6.8 €/ct/kWh voor respectievelijk wind op land en zee), REB= Regulerende energie belasting. Duurzame energiebronnen zoals windenergie krijgen een gedeeltelijke vrijstelling op deze belasting van 1.5 €/ct/kWh vanaf 1 juli 2004. Daarbij moet nog de prijs van conventionele elektriciteit van 3-4ct/kWh bij opgeteld worden om de prijs van windenergie te bepalen.

¹² Quantifying the system costs of additional renewables in 2020, ILEX Energy Consulting and Manchester Centre for Electrical Energy, october 2002.

¹³ UNCED-rapport 'Our common Future' , dr. Gro Harlem Brundtland. 1987

¹⁴ UN rapport A/CONF.199/20*