



Jurgen Ganzevles en Rinie van Est (red.)

ENERGIE IN 2030

Maatschappelijke keuzes van nu

ENERGIE IN 2030

Maatschappelijke keuzes van nu

Jurgen Ganzevles en Rinie van Est (red.)

ENERGIE IN 2030

Maatschappelijke keuzes van nu



Auteur

Prof. dr. Frans W.A. Brom

Hoofd Technology Assessment, Rathenau Instituut

VOORWOORD

De wisselwerking tussen technologie en samenleving gaat altijd met horten en stoten. Neem kernenergie. In 2004 bracht het Rathenau Instituut, samen met CE Delft, de studie *Het nucleaire landschap. Verkenningen van feiten en meningen over kernenergie* uit. De centrale in Borssele zou in 2013 gesloten worden. Plannen voor uitbouw van kernenergie in Nederland waren er niet. Dat kon wel eens snel veranderen, zo was onze inschatting. Klimaatverandering en de liberalisering van de energiemarkt zouden om een nieuw politiek en maatschappelijk oordeel kunnen vragen. Die inschatting bleek juist. Borssele blijft open. En anno 2011 zijn er plannen voor de bouw van een extra kerncentrale. Ondanks het ongeval met de reactor in het Japanse Fukushima (maart 2011) staat uitbouw van kernenergie hoog op de Nederlandse beleidsagenda.

De maatschappelijke ontwikkelingen bij andere energietechnologieën laten zich evenmin gemakkelijk voorspellen – zo laat het boek *Energie in 2030* uitgebreid zien. Denk aan de ‘eerste generatie’ biobrandstof. Deze optie voor verduurzaming krijgt nu gemakkelijk het label ‘onethisch’ opgespeld. Want etenswaar die in de tank belandt kan geen hongerige monden voeden. Maar te gemakkelijke indelingen in ‘goede’ en ‘foute’ energie helpen de energiediscussie niet verder. Vallen en opstaan is nodig, zo heeft het Rathenau Instituut al eerder laten zien in het rapport *Naar de kern van de bio-economie: De duurzame beloftes van biomassa in perspectief*.

Een ander voorbeeld van horten en stoten is de onrust over de afvang en ondergrondse opslag van CO₂. Dit was een speerpunt voor verduurzaming onder Balkenende-IV. Maar na zorgen en protesten van gemeentes en omwonenden zijn proefprojecten op land voorlopig niet meer aan de orde.

Meer recent groeit de aandacht voor winning van de enorme hoeveelheden schaliegas (leisteengas) die in de diepe ondergrond van Brabant verscholen zitten. Het groeiend enthousiasme over de economische haalbaarheid lijkt gelijk op te gaan met zorgen over vervuiling van het grondwater.

Het voorgaande illustreert dat elke energietechnologie leidt tot maatschappelijke vragen en zorgen. Een ‘silver bullet technology’ is er niet. Een toverformule voor draagvlak evenmin. De grote vraag is dan ook: hoe houden we onze energie-economie maatschappelijk aanvaardbaar? Door te laten zien wat ‘betaalbare, betrouwbare en schone energie’ in de praktijk betekent. Met een langetermijn, politieke inspanning die de verdeling van lusten en lasten tussen bedrijven, overheden en burgers stap voor stap transparanter en rechtvaardiger maakt. Met zo min mogelijk nadelen en liever nog voordelen voor mens en milieu elders ter wereld. Met dit boek hoopt het Rathenau Instituut, met dank aan de vele deskundigen die zich hiervoor ingezet hebben, een stap in deze richting te zetten.

Hoofdstuk 1 INLEIDING

Intermezzo MAATSCHAPPELIJKE THEMA'S IN BEELD

Hoofdstuk 2 ENERGIEBESPARING

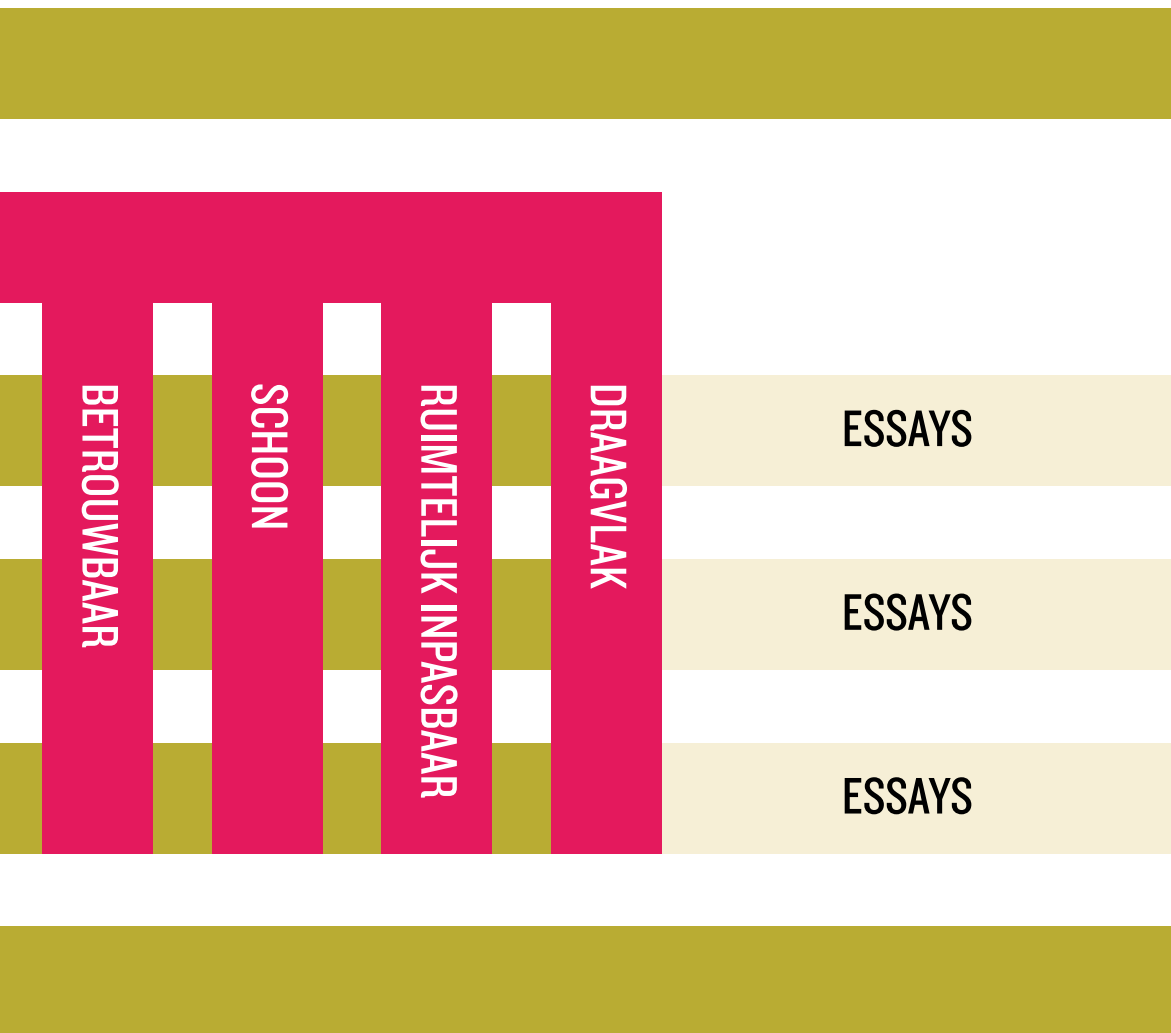
Hoofdstuk 3 HERNIEUWBARE ENERGIE

Hoofdstuk 4 FOSSIEL EN URANIUM

Hoofdstuk 5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

BETAALBAAR

OPZET VAN HET BOEK



1	INLEIDING _ De zoektocht naar maatschappelijk draagvlak	10
1.1	Consensus over energiedoelen – controverse in de praktijk	11
1.2	Breed overzicht wenselijk	12
1.3	Vier maatschappelijke criteria	15
1.4	Opzet van het boek	18
2	ENERGIEBESPARING _ Meer efficiëntie is niet genoeg	50
2.1	Efficiëntie is toch vaak te duur	52
2.2	Efficiëntie niet goed te meten	54
2.3	Efficiëntie is minder schoon dan het lijkt	56
2.4	Ruimtegebruik energie-efficiëntie onderbelicht	58
2.5	Draagvlak gemakkelijk met de mond beleden	59
2.6	Tot slot: meer efficiëntie is niet genoeg	61
	ESSAYS	
	INFORMATIE _ Een energievreter in opkomst	66
	MOBILITEIT _ Slim reizen met minder energieverbruik	84
	WONEN _ De wedloop tussen besparing en luxe	102
	VOEDING _ Eiwittransitie als besparingsstrategie	120
3	HERNIEUWBARE ENERGIE _ De monsteroitdaging van Big & Beautiful	138
3.1	Internationale gigagroeiemarkt	140
3.2	Nieuwe afhankelijkheden en schaarste	143
3.3	Schoon als lastige belofte	145
3.4	De grote planologische opgave	148
3.5	Grote woorden – beperkte daadkracht	149
3.6	Tot slot: de monsteroitdaging van Big & Beautiful	152
	ESSAYS	
	WIND OP LAND _ Gemakkelijker gezegd dan gedaan	156
	WIND OP ZEE _ Spannende tijden voor de boeg	174
	WARMTE- EN KOUDEOPSLAG _ Behoeft aan regie	190
	AARDWARMTE _ Het alternatief voor de gasketel?	204
	ZONNEPANELEN EN ZONNEBOILERS _ Kan de zon het dak op?	216
	SPIEGELCENTRALES _ Zonnestroom uit de Sahara: de vergeten optie	238
	WATER _ Waagt Nederland de sprong naar zee?	256
	BIOMASSA _ Wat is mogelijk, wat is wenselijk?	274

INHOUDSOPGAVE

4	FOSSIEL EN URANIUM _ Bronnen van (on)gemak	298
4.1	Onzekere economische en maatschappelijke kosten	300
4.2	Over de houdbaarheid van betrouwbaarheid	303
4.3	Van schoon imago naar duurzaamheidscertificaat	305
4.4	Ruimtegebruik als opkomend knelpunt	308
4.5	Tegenstrijdige signalen	310
4.6	Tot slot: bronnen van (on)gemak	311
	ESSAYS	
	AARDOLIE _ Economisch en maatschappelijk smeermiddel voor Nederland	318
	AARDGAS _ Eén verleden en vele toekomstscenario's	338
	STEENKOOL _ Ongemak over het scenario van Nederland als kolenstroomexporteur	358
	KERNENERGIE _ Schuivende posities	376
5	CONCLUSIES _ Doorbreek de energiemythes	398
5.1	Mythe 1: "De technologie lost het op"	401
5.2	Mythe 2: "Fossiel is op zijn retour"	402
5.3	Mythe 3: "Hernieuwbaar is oneindig beschikbaar"	404
5.4	Mythe 4: "Hogere energie-efficiënte leidt tot vermindering energieverbruik"	405
5.5	Mythe 5: "De overheid stelt slechts randvoorwaarden aan een vrije markt"	406
5.6	Mythe 6: "We zijn op weg naar CO2-neutraal"	407
5.7	Mythe 7: "Nederlandse verduurzaming is duurzaamheid"	410
5.8	Aanbevelingen - Op naar maatschappelijk transparant energiebeleid	411
	REGISTER	424
	DANKWOORD	436

Auteurs

Jurgen Ganzevles en Rinie van Est

Onderzoekers bij het Rathenau Instituut

INLEIDING

De zoektocht naar maatschappelijk draagvlak

1.1 Consensus over energiedoelen – controverse in de praktijk

Betaalbare, betrouwbare en schone energie. Bedrijfsleven, burgers, (milieu)organisaties en overheid – iedereen onderschrijft deze algemene doelen voor de energievoorziening. Toch blijkt het erg lastig om ze concreet in te vullen en onderling te verenigen. Een energievoorziening die én betaalbaar én betrouwbaar én schoon is, is minder makkelijk bereikbaar dan het lijkt.

Elke nieuwe energie-optie zorgt voor een maatschappelijke controverse, zo lijkt het. Urk heeft liever geen windenergie, vanwege het landschap. Barendrecht en Bergen maken zich zorgen over CO₂- en gasopslag, vanwege de veiligheid en eventuele schade door aardbevingen. Milieuorganisaties waarschuwen voor nieuwe kolencentrales vanwege de CO₂-uitstoot en het stralingsgevaar bij of kernenergie. En de minister van Economische Zaken van het vorige kabinet ontraadde subsidiëring van zonnepanelen, vanwege de hoge kosten. Maar hoe kritischer we als samenleving zijn, hoe minder energiebronnen er over blijven die aan ons ideaalplaatje van een betaalbare, betrouwbare en schone energievoorziening voldoen.

Vanuit het energiebeleid bezien is deze maatschappelijke weerstand dan ook zeer problematisch. Want om een aantal redenen moeten overheid en bedrijfsleven de energievoorziening stevig en ook snel vernieuwen. Vasthouden aan de bestaande energievoorziening is geen optie.

Ten eerste zijn er concrete, harde, Europees opgelegde doelstellingen voor energiebesparing, het aandeel hernieuwbare energie en CO₂-reductie (EC 2011). In 2020 dient de energie-efficiëntie 20% te zijn ver-

beterd. Ook moet hernieuwbare energie gaan voorzien in 14% (een zevende deel) van onze nationale energiebehoefte. Verder rekent de Europese Commissie Nederland af op 20% CO₂-reductie (ten opzichte van 1990).

Ten tweede moet Nederland zich voorbereiden op het wegvallen van de baten uit aardgaswinning. In 2030 is de winning nog maar een kwart van die in 2009 (EZ 2009). Dat betekent een miljardenaderlating voor onze schatkist, maar ook minder gas om gebouwen mee te verwarmen en elektriciteit op te wekken. Er zijn vervangende energiebronnen nodig om in de energiebehoefte te voorzien. En alternatieve manieren om aan energiebedrijvigheid te blijven verdienen.

Ten derde veranderen de geopolitieke verhoudingen voor energielevering razendsnel. De vraag naar energie stijgt explosief in China en andere opkomende economieën. Dit verandert de internationale handelsbetrekkingen tussen multinationals en naties ingrijpend. Een land als China lijkt minder terughoudend dan Nederland om zijn eigen energievoorziening veilig te stellen en nieuwe industrieën op te bouwen waarmee stevig verdiend kan worden aan energie-export. Een Australisch bedrijf tekende in 2010 een exportcontract voor steenkool naar China voor een bedrag van maar liefst 60 miljard Amerikaanse dollar. *“The biggest ever export contract.”* Goed voor tienduizenden Australische arbeidsplaatsen en miljoenen aan belastinginkomsten voor de Australische staat (BBC 2010). Tegelijkertijd heeft Brazilië zich in de laatste decennia ontwikkeld tot 's werelds op één na grootste ethanolproducent: brandstof voor vervoer, gemaakt uit suikerriet (Wikipedia 2011a). Op dit veranderende wereldtoneel moet Nederland zijn energie-economie voor 2030 en daarna zien op te bouwen en veilig te stellen.

Maar het gat tussen consensus en controverses is niet zomaar gedicht. In dit boek gaan we daarom op zoek naar maatschappelijk aanvaardbare manieren waarop Nederland zijn energie-economie kan veiligstellen. De centrale vraag hierbij is: hoe kan het draagvlak voor energieontwikkelingen groeien?

Collectief draagvlak voor de toekomstige energievoorziening is waarschijnlijk een illusie. Wel zijn de factoren te doorgronden die van invloed zijn op het draagvlak. Die willen we opsporen door een overzicht te geven van de energie-ontwikkelingen die spelen en de maatschappelijke kwesties en keuzes die ze oproepen.

1.2 Breed overzicht wenselijk

Waarom zou een gemeente de nadelen en risico's van bijvoorbeeld een windmolenpark of ondergrondse gasopslag accepteren, als die niet weet of er een beter alternatief is? Nut en noodzaak van een dergelijk project kunnen nooit aannemelijk worden wanneer alternatieven onderbelicht blijven. Om een volgende stap te maken in de energiediscussie is het nodig dat alle opties die er zijn vanuit maatschappelijk perspectief even grondig onderzocht worden. Gebeurt dat niet, dan belandt de energiediscussie telkens in een fuik, en dat verhindert de noodzakelijke vernieuwing. Helaas ontbreekt het meestal aan tijd en middelen om het complete palet aan energie-opties uitvoerig te onderzoeken en bespreken.

Ook het politieke en maatschappelijke debat zoomt vaak in op de afzonderlijke energie-opties. De ene keer staat gaswinning in de Waddenzee in de belangstelling. Op een ander moment domineert kernenergie de

kranten. En weer later discussieert men over de vraag waarom wind-op-zee niet langer subsidie krijgt. Deze discussies, beschouwingen en perspectieven zijn relevant. Daarmee komen de voors- en tegen van de afzonderlijke energiebronnen boven tafel. Maar tegelijkertijd is iedere afzonderlijke discussie per definitie beperkt. Bovendien staat het inzoomen een meer integrale discussie over de energievoorziening in de weg. Een compleet overzicht vanuit maatschappelijk perspectief, waarin alle opties besproken worden en feiten zo veel mogelijk onafhankelijk gecheckt zijn, ontbreekt. Met als gevolg dat de afzonderlijke debatten blijven wringen: het wordt niet duidelijk of een concrete energie-ontwikkeling nu wel echt nodig is, en alternatieven kunnen niet helder tegen elkaar afgewogen worden.

Dit boek probeert een meer integraal perspectief op de energievoorziening te geven. We zijn de euvelen uitdaging aangegaan om met hulp, kennis en inzet van vele energiedeskundigen tot een totaaloverzicht te komen. We hebben experts benaderd om essays te schrijven, die vanuit de historische context de energieontwikkelingen en de bijbehorende maatschappelijke kwesties belichten. Deze essays zijn integraal opgenomen in dit boek. Daarnaast hebben we enkele expertbijeenkomsten georganiseerd, waaraan een bredere kring van deskundigen heeft deelgenomen. Bij elkaar heeft dit een onschatbare bron van kennis opgeleverd, waaruit rijkelijk is geput voor de samenvattende hoofdstukken.

In het boek zijn de essays en hoofdstukken geordend in drie delen, die overeenkomen met de drie pijlers van onze energievoorziening. Dit zijn meer energiebesparing, een doorgroei van hernieuwbare energie en het veilig en schoner inzetten van conventionele energiebronnen (fossiel en uranium). Alle visies op de toekomstige energievoorziening bevatten, expliciet en impliciet, gebaseerd op deze drie pijlers. De mate waarin partijen ervoor pleiten om aan bepaalde pijlers meer gewicht toe te kennen verschilt, maar meer pijlers zijn er niet. Hieronder worden ze nader toegelicht.

Meer energiebesparing

Vanaf de eerste oliecrisis in 1973 hebben overheden en energiebedrijven gehamerd op de noodzaak om energie te besparen. In eerste instantie door burgers op te roepen energiezuiniger te leven, bijvoorbeeld door de gordijnen dicht te doen en zich warmer te kleden. Later kwam de nadruk meer te liggen op technische voorzieningen zoals het isoleren van woningen en gebouwen, en de ontwikkeling en toepassing van efficiëntere apparaten en installaties. Met behulp van subsidies en sancties is de afgelopen veertig jaar veel bereikt op het vlak van besparing. Niet alleen lampen, CV-ketels, automotoren en industriële processen zijn stukken efficiënter geworden, ook de energiebehoefte van woningen en gebouwen is drastisch verminderd. Daarnaast hebben overheden en diverse sectoren de laatste jaren in convenanten besparingsdoelstellingen afgesproken.

In de essays over energiebesparing staat het voorzien in de menselijke behoeftes centraal. De technologieën, materialen en processen die nodig zijn voor onze leefstijl kosten allemaal energie. Daar kan in principe nog steeds (veel) op bespaard worden. Vier energie-intensieve domeinen komen aan bod. Kris De Decker, freelance journalist en oprichter van www.lowtechmagazine.com, houdt de stijgende vraag en levering van digitale informatie tegen het licht. Peter Peters, verbonden aan de faculteit der Cultuur- en Maatschappijwetenschappen van de Universiteit Maastricht, zoomt in op mobiliteit. Jaap Jelsma, adviseur klimaat en technologie, voorheen verbonden aan de Universiteit Twente en het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN), richt zich op energiebesparing bij het wonen. Hans Dagevos en Erik de Bakker

ten slotte, onderzoekers bij LEI, onderdeel van Wageningen UR, analyseren de maatschappelijke kansen en belemmeringen voor energiebesparing met betrekking tot onze voeding.

Doorgroei van hernieuwbare energie

Technisch gezien zijn er legio mogelijkheden om energie te oogsten uit zon, wind, water, biomassa en aardwarmte. In alle scenario's voor 2050 wordt ervan uitgegaan dat het aandeel hernieuwbare energiebronnen substantieel is. In de *Shell Energy Scenarios* (Shell 2008) gaat het om enkele tientallen procenten 'biomass and other renewables'. In het rapport van de EnergieTransitie (2008) wordt geen specifiek percentage genoemd voor na 2020, maar geeft men wel aan te streven naar volledige opwekking met hernieuwbare bronnen. En het plan *Nederland krijgt nieuwe energie*, opgesteld door een aantal energie- en milieugroepen en ondertekend door 40.000 burgers, zet in op een volledige omschakeling naar hernieuwbare bronnen in 2050 (NNE 2010).

In de essays komen de maatschappelijke kwesties van de diverse technologieën voor hernieuwbare energie-opwekking aan bod. Sylvia Breukers, onderzoeker bij het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) en voorheen verbonden aan het Copernicus Instituut van de Universiteit Utrecht, schrijft over wind op land, wind op zee en biomassa. Hanneke Pieters, Saskia Hagedoorn en Robert Harmsen, adviseurs bij Ecofys en tegenwoordig werkzaam bij respectievelijk Eneco, Brabant Water en de Universiteit Utrecht, belichten de ins en outs van aardwarmte en warmte- en koudeopslag (WKO). Energiewinning uit zonnepanelen, spiegelcentrales en zonneboilers wordt beschreven door Monique Riphagen, onderzoeker bij het Rathenau Instituut en voorheen beleidsmedewerker milieu. Jurgen Ganzevles ten slotte, onderzoeker bij het Rathenau Instituut, daarvoor werkzaam bij de Universiteit Twente en het ECN, zet de maatschappelijke vragen rondom energiewinning uit water op een rij.

Veilige en schonere inzet van fossiele brandstoffen en kernenergie

Het bestaande Nederlandse energiesysteem draait voor meer dan 95% op fossiele brandstoffen en kernenergie. Daar zijn grote, gevestigde belangen mee gemoeid. Tegelijkertijd zijn er zorgen om klimaat, veiligheid en duurzaamheid. Bij elkaar vormt dit een belangrijke motivatie om de inzet van conventionele energiebronnen zo veilig en schoon mogelijk te maken.

Verschillende partijen brengen visies naar voren waarin conventionele energiebronnen tot 2030 en verder een majeure rol spelen. Het International Energy Agency voorspelt dat fossiele brandstoffen voor 80% voorzien in het mondiale energiegebruik van 2030 (IEA 2008). De mondiale energiescenario's van Shell gaan ervan uit dat conventionele energiebronnen in 2050 voor grofweg twee derde in het energiegebruik voorzien (Shell 2008). Het Energieonderzoek Centrum Nederland en het nucleaire onderzoekscentrum NRG hebben een Europees scenario uitgewerkt met meer dan 60% aan conventionele energiebronnen (ECN/NRG 2007). En in twee toekomstbeelden, zoals geschetst in het Energierapport uit 2008, spelen kolen- en gascentrales een belangrijke rol in het Nederlandse elektriciteitsnet van 2050 (EZ 2008). Daarnaast heeft de overheid drie scenario's verkend voor de bouw van een tweede kerncentrale in Borssele, wat heeft geresulteerd in de steun voor vergunningverlening door het kabinet Rutte (Regeerakkoord 2010). Het Energierapport van 2011 gaat uit van wereldwijd nog ruim beschikbare voorraden gas, kolen en uranium (EL&I 2011).

Het schoner inzetten van conventionele energiebronnen kan op een aantal manieren. Betere installaties maken de inzet van brandstoffen efficiënter. Ook is er technologie om giftige uitstoot te reduceren. Daarnaast worden proeven gedaan met het afvangen en ondergronds opslaan van de CO₂ die vrijkomt bij de verbranding of industriële verwerking van fossiele brandstoffen. Voor kernenergie wordt onder meer gewerkt aan de vierde generatie reactoren, die volgens de ontwikkelaars ‘inherent veilig’ zijn.

In vier essays komen de fossiele brandstoffen en kernenergie aan bod. Jochem Meijknecht en Lucia van Geuns, onderzoekers voor het Clingendael International Energy Program (CIEP), gaan in op de maatschappelijke rol van aardolie voor Nederland. Aad Correljé, universitair hoofddocent Economie van Infrastructuur (TU Delft) en tevens onderzoeker bij het CIEP, doet dit voor aardgas. Steenkool wordt beschreven door Jurgen Ganzevles en Kris De Decker. Last – but not least – beschrijft Joost van Kasteren (freelance journalist) de maatschappelijke kwesties rondom kernenergie.

1.3 Vier maatschappelijke criteria

Het onderzoek voor dit boek heeft vier criteria aan het licht gebracht die het maatschappelijk draagvlak bepalen. Energie-innovaties die op ruim draagvlak in de samenleving kunnen rekenen, zijn Betaalbaar, Betrouwbaar, Schoon, en ook Ruimtelijk Inpasbaar. Tot zover de consensus. Want wie de praktijk induikt, ontdekt dat deze algemene energiecriteriën op verschillende manieren opgevat en ingevuld kunnen worden. Bovendien staan ze, zoals hiervoor ook al aangestipt, vaak met elkaar op gespannen voet.

De criteria Betaalbaar, Betrouwbaar, Schoon en Ruimtelijk Inpasbaar worden door twee rode draden met elkaar verbonden. Eén rode draad die door alle thema's heen loopt, is sociale rechtvaardigheid. Wie draagt de lasten en wie de lasten, zowel binnen Nederland als daarbuiten, zowel voor de huidige als de toekomstige generaties? Het recht op energieconsumptie, het recht om natuurlijke hulpbronnen te verwerken en te verhandelen, en het ondergaan van onwenselijke neveneffecten zijn vaak ongelijk verdeeld. Een andere rode draad is de complexiteit van het energievraagstuk dat vanuit maatschappelijk perspectief steeds groter geworden is. Op de complexiteit en de onderlinge samenhang tussen de thema's en komen we in dit boek nog uitgebreid terug. Bij wijze van inleiding volstaan we hier met een korte historische schets per thema.

Betalbare energie: de opbouw van een lucratieve energie-economie

De kosten voor energie slokken een steeds groter deel op van het budget van huishoudens en bedrijven. Voor een deel komt dat door toegenomen heffingen op energie (ECN 2006). Voor een deel ook door de stijgende prijzen van olie en de daaraan gekoppelde aardgasprijs. Weliswaar kan de olieprijs flink variëren door politieke ontwikkelingen of conflicten, maar met name de laatste tien jaar is er sprake van een trendmatige stijging, mede door de groeiende vraag uit de opkomende industrielanden (Compendium 2010).

Vanwege de stijgende energierekening zouden we haast vergeten dat de samenleving ook veel aan energie verdient. Na de ontdekking van de ‘bel’ bij Slochteren in 1959 werd in rap tempo het landelijke aardgasnet aangelegd. De overheid stimuleerde energie-intensieve bedrijvigheid, waaronder de chemische industrie en de glastuinbouw, maar hield daarnaast nog zoveel gas over dat Nederland uitgroeide tot West-Europa's

grootste gasexporteur. Stijgende olieprijs op de wereldmarkt deden ook de Hollandse gasbaten alleen maar stijgen, aangezien de prijs van aardgas gekoppeld was aan de olieprijs. Aardgas vormde daarmee niet alleen een schone en goedkope bron van energie, maar werd ook een van de pijlers van onze verzorgingsstaat. Daarnaast groeide Rotterdam uit tot een wereldoliehaven, en ontwikkelde het Almelose Urenco zich tot een belangrijke internationale speler op het gebied van uraniumverrijking.

De overheid legitimeert energie-investeringen door niet alleen naar de berekenbare economische, maar ook de zachte, bredere maatschappelijke kosten en baten te kijken. Klimaatverandering, kennisontwikkeling, milieueffecten, volksgezondheid en werkomstandigheden zijn domeinen waar zowel positieve als negatieve effecten kunnen optreden. Er zijn pogingen ondernomen om dergelijke effecten door te rekenen in de energieprijs. Het gaat bijvoorbeeld om het opruimen van milieuvervuiling en extra kosten voor gezondheidszorg. Maar de rekenmethodes zijn met grote onzekerheden omgeven. Een 'reële' prijs voor energie, die rekening houdt met zowel de positieve als de negatieve effecten van energieverbruik op mens en milieu, is een som die nergens ter wereld wordt betaald.

Betrouwbare energie: het garanderen van aanbod

De leveringszekerheid van energie in Nederland ligt zeer hoog. Zo lag de betrouwbaarheid van de elektriciteitsvoorziening in 2009 op 99,9958% (KEMA 2010). De aanwezigheid van een aantal raffinaderijen zorgt voor een constante aanvoer van aardolie en Nederland heeft zijn eigen aardgasvelden. Maar hoewel de energieconsument er in Nederland dus weinig van merkt, moet er op de achtergrond wel degelijk veel gebeuren om de toevoer van de energie nu en in de toekomst zeker te stellen.

Sinds begin jaren zeventig staat energieschaarste hoog op de politieke agenda. De Club van Rome maakte veel discussie los door te wijzen op de begrensdheid van natuurlijke hulpbronnen, waaronder fossiele brandstoffen. De oliecrisis van 1973 wees het Westen op de pijnlijk groeiende afhankelijkheid van niet al te betrouwbare leveranciers. In dat jaar verhoogden de Arabische landen – verenigd in OPEC – de olieprijs met 70%, terwijl tegelijkertijd de productie elke maand met 5% werd verminderd (Wikipedia 2011b). Als gevolg van zijn steun aan Israël tijdens de Jom Kipoeroorlog werd Nederland, samen met onder meer de Verenigde Staten, getroffen door een tijdelijke olieboycot. Benzine ging op de bon, maar dankzij het aardgas bleven de kachels branden en de bedrijven draaien. Zelfs de olieraffinaderijen bleven produceren – zij het minder dan normaal – dankzij de aanwezige olievoorraden en tankers die hun koers, onder meer door ingrijpen van het deels Nederlandse Shell, verlegden naar oliehaven Rotterdam.

Tegelijkertijd begon de zoektocht naar alternatieven. Diversificatie werd het sleutelwoord. Weliswaar bleven de Nederlandse mijnen – die na de ontdekking van de Groningse gasbel waren gesloten – dicht, maar de import van steenkool groeide. Plannen voor kernenergie kwamen op tafel, wat tot heftige reacties leidde. Om die reden organiseerde de overheid begin jaren tachtig hierover een Brede Maatschappelijke Discussie. Ondanks de uitkomst dat kernenergie onwenselijk was, werden concrete bouwplannen ontwikkeld voor de bouw van nog eens drie kerncentrales (naast Dodewaard en Borssele). Daarnaast groeide de aandacht voor zon, wind- en waterkracht, zij het dat de ambities op dat vlak meestal groter bleken dan de daadwerkelijke uitvoering ervan. De zoektocht naar alternatieve energiebronnen is dus nog van vrij recente datum en nog niet ten einde.

Schone energie: van milieuvriendelijk naar klimaatneutraal en maatschappelijk verantwoord

Later in de jaren tachtig groeit de aandacht voor de milieueffecten van het verstoken van fossiele brandstoffen. Ingrijpende maatregelen zijn nodig om de vorming van ‘zure regen’ tegen te gaan, in aanvulling op beleid voor het tegengaan van ‘smog’ en fijn stof. Ook de zuinige omgang met energie wordt een ‘deugd’ an sich. Het helpt niet alleen tegen schaarste, maar voorkomt ook de uitstoot van schadelijke stoffen.

In de jaren negentig wordt de discussie over de toekomstige energievoorziening steeds meer bepaald door de mogelijkheid dat het gebruik van fossiele brandstoffen met de bijbehorende uitstoot van CO₂ leidt tot verandering van het klimaat op aarde. De klimaatmodellen wijzen in de richting dat een verdubbeling van de CO₂-uitstoot zorgt voor een gemiddelde temperatuurstijging van ongeveer 1 graad Celsius. Door allerlei terugkoppelingsmechanismen zou die stijging ook weleens 2 tot 6 graden kunnen worden in de komende honderd jaar (IPCC 2007).

Vanwege de zorg om klimaatverandering en de verstreckende gevolgen ervan richtten de World Meteorological Organisation en het United Nations Environment Program in 1988 het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) op. Op basis van de wetenschappelijke literatuur probeert dit panel om zo goed mogelijk inzicht te verschaffen in de mogelijke oorzaken en gevolgen van klimaatverandering. Inmiddels zijn vier rapporten verschenen (het laatste in 2007) (IPCC 2011).

Het eerste rapport van het IPCC verscheen in 1990, maar vooral het tweede – gepubliceerd in 1995 – schudde publiek en politiek wakker. Sommige regio’s zullen droger worden, andere natter, met alle gevolgen van dien voor landbouw en voedselvoorziening; de zeespiegel zal gaan stijgen, waardoor laaggelegen – vaak vruchtbare en dichtbevolkte – delta’s vaker zullen overstromen, en het aantal stormen en hoosbuien neemt waarschijnlijk ook toe.

Het werk van de IPCC vormde de aanleiding tot het Kyoto-Protocol (1997) waarin een aantal landen de afspraak maakte om de uitstoot van broeikasgassen (naast CO₂ zijn dat methaan, lachgas en een aantal fluorverbindingen) per 2012 te reduceren met gemiddeld 5% ten opzichte van 1990 (UN 1998). In het verlengde van het Verdrag van Kyoto hebben zowel de Europese Unie als de Nederlandse regering verdergaande doelstellingen geformuleerd (PBL 2010). De Europese inzet is om de uitstoot van broeikasgassen tot 2020 met minimaal 20% te verminderen ten opzichte van 1990.

Vanaf het begin van deze eeuw zien we, vooral in de voedselsector, de aandacht voor bredere duurzaamheidsvragen opkomen. Er zijn verschillende consumentenlabels op de markt gekomen: denk aan EKO, Max Havelaar en Utz Kapeh. Deze geven een indruk onder welke omstandigheden de producten voor mens, dier en milieu de producten gefabriceerd zijn. In de energiesector neemt de aandacht voor dergelijke vormen van certificering eveneens toe, vooral rondom de inzet van biomassa. Meer op de achtergrond speelt de bredere discussie van het Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen (MVO), waarover multinationals in jaarverslagen en in de media verantwoording afleggen.

Ruimtelijk inpasbare energie: nijpende ruimtebeslag

De afgelopen tweeduizend jaar is Nederland meermalen op de schop gegaan om in zijn energiebehoefte te voorzien. Bossen werden op grote schaal gekapt (Holland is afgeleid van Holtland – houtland) en de

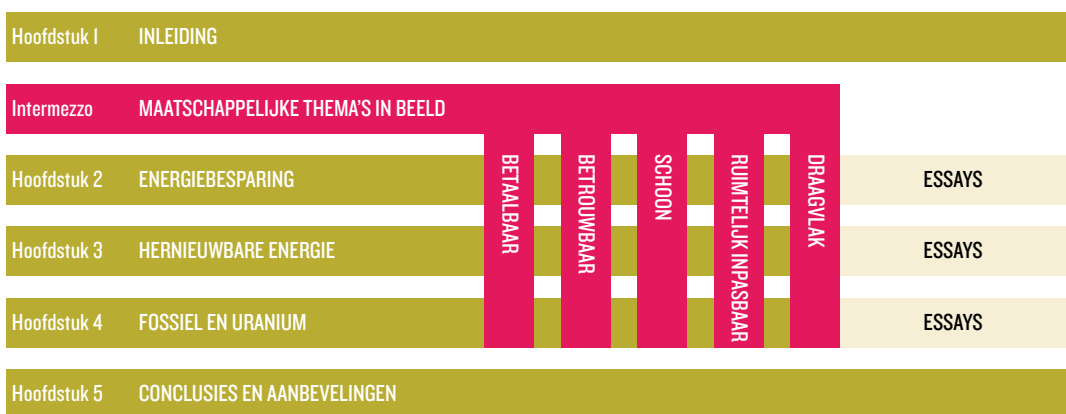
winning van turf transformeerde niet minder dan een zesde van het landschap (RPB 2003). Nog afgezien van het effect dat, als gevolg van vervening en verlaging van de grondwaterstand, de bodem van West-Nederland tot vijf meter daalde (Huisman 1998).

Op dit moment heerst het tijdperk dat ruimteclaims voor energie per definitie conflicterend zijn met andere ruimtebelangen. Waar Nederland rond 1800 een kleine 2 miljoen inwoners telde, zijn dat er nu een kleine 17 miljoen (CBS 2011). De bevolkingsdichtheid en de bijbehorende infrastructuur en bedrijventerreinen maken een grootschalige ruimtelijke transformatie als de vervening in de Middeleeuwen, vrijwel onuitvoerbaar. En dat terwijl juist de groei van inwoners en bedrijvigheid de vraag naar energielevering, en de ruimte die dat vraagt, verder doet toenemen.

Naast het directe ruimtegebruik voor installaties, gaat het ook om het indirecte ruimtegebruik. Om veiligheidsredenen moet een gepaste afstand worden bewaard tot elektriciteitscentrales, boorinstallaties, windmolens en hoogspanningsmasten. Bij eventuele calamiteiten kan het nodig zijn om een veel groter gebied te ontruimen. Daarnaast legt het Nederlandse energieverbruik een groot beslag op ruimte elders in de wereld (HNS 2008). Denk daarbij aan de winning van olie, aardgas, steenkool en uranium.

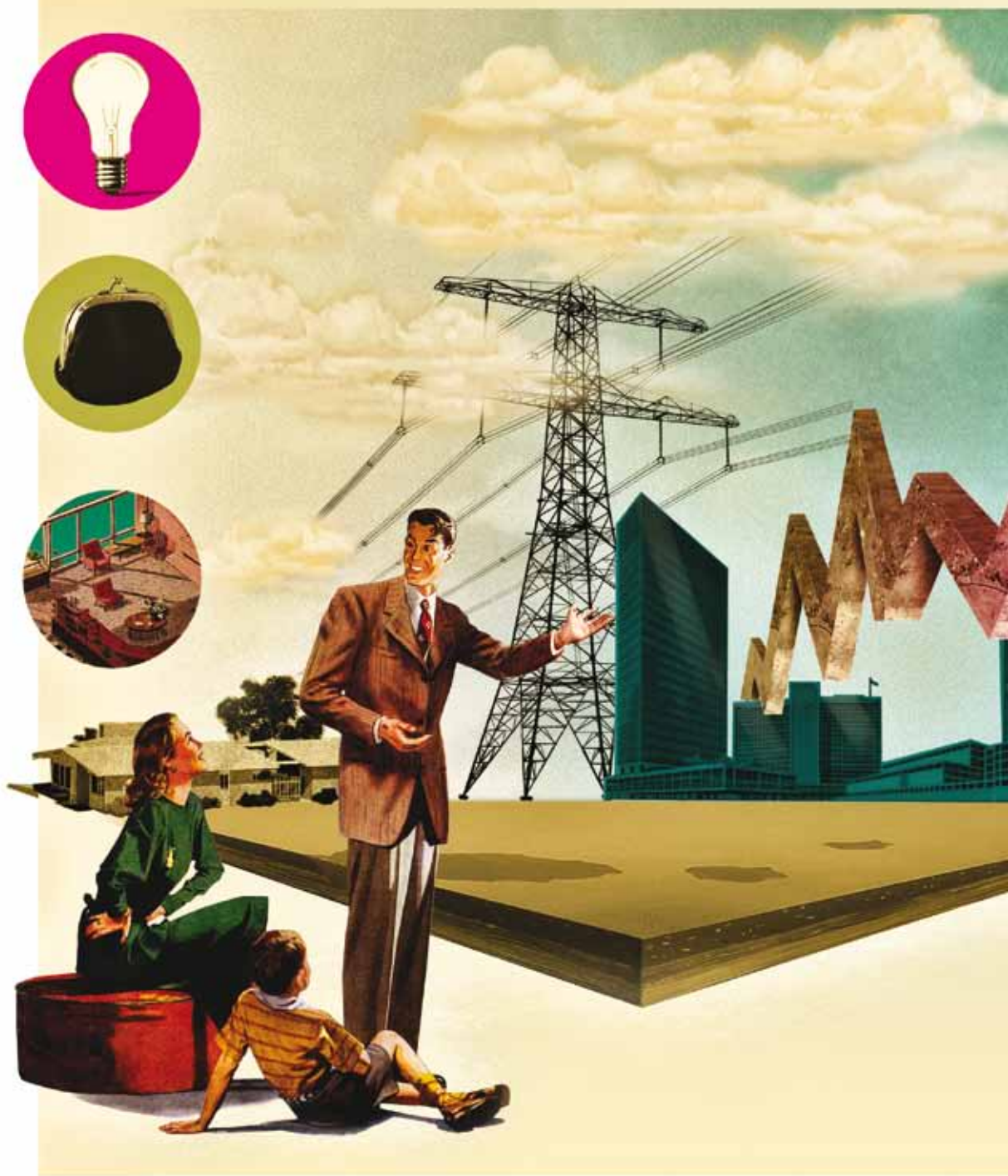
1.4 Opzet van het boek

Hoe kan het draagvlak voor energieontwikkelingen groeien? Dit boek zoekt in de volgende hoofdstukken naar maatschappelijk aanvaardbare manieren waarop Nederland zijn energie-economie kan blijven waarborgen. Elk hoofdstuk bespreekt één van de drie pijlers, daarbij voortbouwend op de inzichten uit de onderliggende essays. Zo komen Energiebesparing, Hernieuwbare energie en Fossiel & uranium achtereenvolgens aan bod. De analyse in elk hoofdstuk vindt plaats aan de hand van de vier maatschappelijke criteria: Betaalbaar, Betrouwbaar, Schoon en Ruimtelijk Inpasbaar. In het thema Draagvlak komen de bovengenoemde vier criteria vervolgens samen. In het slothoofdstuk verbinden we de pijlers en criteria met elkaar, en formuleren we conclusies en aanbevelingen voor beleid die bijdragen aan de noodzakelijke vernieuwing en waarborg van onze energie-economie. De figuur hieronder geeft een schematische opzet van het boek weer. De vijf hoofdstukken laten zich lezen zonder de afzonderlijke essays in te duiken - en andersom. Het zijn gescheiden leeslagen.



Referenties

- BBC (2010). 'Australia Signs Huge China Coal Deal'. <http://news.bbc.co.uk>, 6 februari 2010.
- CBS (2011). 'Bevolkingsteller'. <http://www.cbs.nl>, bekeken op 13 juni 2011.
- Compendium (2010). 'Energieprijzen kleinverbruikers, invoerprijs steenkool en wereldolieprijs, 1990–2010'. <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl>
- EC (2011). 'Europe 2020 Targets'. <http://ec.europa.eu>
- ECN (2006). *Historische analyse van kosten & opbrengsten van de Nederlandse energievoorziening. Vergelijking met EU-lidstaten*. Petten: Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN), december 2006.
- ECN/NRG (2007). *De belofte van een duurzame Europese energiehuishouding. Energievisie van ECN en NRG*. Petten: Energieonderzoek Centrum Nederland/ Nuclear Research & Consultancy Group (NRG), augustus 2007.
- Elbersen, H. et al. (2005). *Energie en Ruimte. Definitiestudie Energie binnen Klimaat en Ruimte (ME4)*. Wageningen: Agrotechnology & Food Innovations B.V., juli 2005.
- EnergieTransitie (2008). *Duurzame energie in een nieuwe economische orde. Hoe maken we de energievoorziening betrouwbaar, betaalbaar en klimaatneutraal?* Utrecht: EnergieTransitie, 14 november 2008.
- KEMA (2010). *Betrouwbaarheid van elektriciteitsnetten in Nederland in 2009*. Arnhem: KEMA, juni 2010.
- EL&I (2011). *Energierapport 2011*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie.
- EZ (2008). *Energierapport 2008*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.
- EZ (2009). *Delfstoffen en aardwarmte in Nederland. Jaarverslag 2009*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.
- HNS (2008). *Kleine energieatlas. Ruimtebeslag van elektriciteitsopwekking: de voetafdruk van 3.387 GWh*. Amersfoort: H+N+S Landschapsarchitecten, augustus 2008.
- Huisman P. et al. (1998). 'Water, de bepalende factor voor ruimtelijke structuur en inrichting.' In: Angremond, K. et al. *De Watertovenaars*. Rotterdam: Beta Imagination Publishers, pp 80-89.
- IEA (2008). *World Energy Outlook 2008*. Parijs: International Energy Agency.
- IPCC (2007). *Climate Change 2007, Synthesis Report*. Geneve: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC (2011). 'History'. <http://www.ipcc.ch>, bekeken op 28 april 2011.
- NNE (2010). *Nederland krijgt nieuwe energie voor welvaart en welzijn in de 21^e eeuw*. Partijoverstijgend voorstel.
- PBL (2010). *Brief aan de Secretaris-generaal van het Ministerie van VROM, ir. J. van der Vlist*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving, 12 oktober 2010.
- Regeerakkoord (2010). *Vrijheid en verantwoordelijkheid. Regeerakkoord VVD-CDA*.
- RPB (2003). *Energie is ruimte*. Rotterdam/Den Haag: Nai Uitgevers/Ruimtelijk Planbureau.
- Shell (2008). *Shell Energy Scenarios to 2050*. Den Haag: Shell International B.V.
- UN (1998). *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Bonn: UN-FCCC.
- Wikipedia (2011a). 'Ethanol Fuel in Brazil'. <http://en.wikipedia.org>, bekeken op 7 juni 2011.
- Wikipedia (2011b). 'De oliecrisis van 1973'. <http://nl.wikipedia.org>, bekeken op 28 april 2011.





BETAALBARE ENERGIE

Energie-efficiëntie lijkt de goedkoopste manier om energie te winnen.

De praktijk blijkt ingewikkelder. Energie-efficiënte technologie is vaak duur in aankoop. De terugverdientijd is daardoor lang. Een elektrische auto betaalt zich na 5 tot 10 jaar terug. Een warmtepomp na 5 tot 20 jaar.

BETAALBAAR en BESPARING zie p. 52

Hernieuwbare energie is inmiddels een miljardenmarkt. In 2008 en 2009 waren de wereldwijde investeringen (inclusief energie-efficiëntie) meer dan honderdvijftig miljard euro. Dat komt doordat de energiehonger stijgt, vooral door de economische opkomst van China en India.

BETAALBAAR en HERNIEUWBAAR zie p. 140

Het verdienmodel van Nederland is – meer dan in de ons omringende landen – gebaseerd op conventionele energie.

Voorals aardgas. De Nederlandse gasvoorraad slinkt en dat maakt ons kwetsbaar. We verliezen niet alleen een belangrijke bron van energie, maar ook een bron van inkomsten en komen daarmee voor extra kosten te staan.

BETAALBAAR en CONVENTIONEEL zie p. 300



BETAALBAAR

Toch is het zinvol om,
vanuit besparings-
optiek, na te denken
over een nog hogere
energieprijs

Welke specifieke **kansen** biedt de wereldwijde groei

van de **hernieuwbare energiemarkt**

voor de **Nederlandse economie?**

Aan het feit dat hernieuwbare energie eveneens maatschappelijke kosten met zich meebrengt,

ENERGIE

Conventionele energiebronnen dreigen fors duurder te worden vanwege de toenemende aandacht voor de nadelige ecologische en maatschappelijke effecten van steenkool, aardolie en uranium

BETAALBAAR

Een traditionele gloeilamp kost zelden meer dan **1 euro**, terwijl een spaarlamp met dezelfde lichtsterkte gauw **5 tot 6 euro** kost

wordt door pleitbezorgers echter vaak voorbijgegaan





BETROUWBARE ENERGIE

Energie-efficiëntie wordt vaak gezien als de betrouwbaarste energiebron. Maar het bespaarde geld wordt evengoed weer uitgegeven aan producten en diensten die energie kosten. Minder energieverbruik is daarmee niet gegarandeerd.

BETROUWBAAR en BESPARING zie p. 54

Hernieuwbare energie draagt bij aan een betrouwbare energievoorziening. Het vermindert de afhankelijkheid van conventionele energiebronnen. Totale betrouwbaarheid is er niet. Materialen en grondstoffen voor hernieuwbare energieopwekking zijn evenmin oneindig beschikbaar.

BETROUWBAAR en HERNIEUWBAAR zie p. 143

Door nieuwe zoek- en wintechnieken blijven de energievoorraden al decennia min of meer op hetzelfde niveau. Wat eerst moeilijk winbaar was, wordt steeds gewoner om naar boven te halen. Wel nemen de milieurisico's toe. Denk aan de opkomst van schaliegaswinning in Amerika. Milieuwetenschappers en burgers maken zich zorgen over het vervuilende effect van de winning op het grondwater.

BETROUWBAAR en CONVENTIONEEL zie p. 303



BETROUWBAAR

Het energiesysteem in Nederland kent stabiliteit; vraag en aanbod zijn op elkaar afgestemd

Op het gebied van **energiehandel en energiediplomatie**

zal Nederland zich daarom **sterk moeten maken,**

wil het op grote schaal gebruik kunnen maken

van **hernieuwbare energie**

De LCD-technologie die feitelijk veel zuiniger is, zorgde niet voor zuiniger televisies,

ENERGIE

Nederland wil niet alleen afhankelijk zijn
van aardolie en aardgas, maar zet evenzeer
in op andere energiebronnen.

De toegenomen belangstelling voor
steenkool en uranium past in dit plaatje

BETROUWBAAR

De energie-efficiëntie van Nederland
nam van 1995 tot 2007 toe
met gemiddeld 1,1 procent per jaar

maar voor grotere beeldbuizen, waardoor het verbruik uiteindelijk even hoog of zelfs een flink stuk hoger kwam te liggen





SCHONE ENERGIE

Velen zien energie-efficiëntie als een alternatief voor schone energielevering. Toch leidt efficiëntere technologie niet vanzelf tot minder energieverbruik. Nieuwe woningen worden zuiniger per m² maar vaak ook ruimer, waardoor een deel van de energiereductie weer teniet wordt gedaan.

SCHOON en BESPARING zie p. 56

Hernieuwbare energie gelijkstellen aan duurzame energie is te voorbarig. Het is een deel van de oplossing, maar zorgt ook voor nieuwe problemen. Dit gebeurde bijvoorbeeld bij de eerste generatie biobrandstoffen. Stevige discussies vinden plaats over het opdrijven van voedselprijzen en het kappen van oerbos.

SCHOON en HERNIEUWBAAR zie p. 145

De inzet van fossiele brandstoffen is onderwerp van debat – onder meer vanwege klimaatverandering. Dat vraagstuk wordt alleen maar urgenter, omdat de totale CO₂-uitstoot van conventionele energiebronnen nog steeds toeneemt. Door stijgend gebruik, maar ook omdat het steeds meer energie kost om fossiele brandstoffen en uranium te delven.

SCHOON en CONVENTIONEEL zie p. 305



SCHONE

Er zijn vele
invalshoeken om
te bepalen hoe
'schoon' een
hernieuwbare
energiebron is

Door **learning-by-doing**

zullen **ecologische** en maatschappelijke effecten

beter in beeld moeten komen

Een goede score op het vlak van energie-efficiëntie

ENERGIE

Het beleid om conventionele energiebronnen 'schoner' te maken, is voornamelijk gericht op het verminderen van de CO₂-uitstoot. 'Schoon' omvat echter meer. Ecologische en maatschappelijke effecten spelen eveneens een rol

SCHOON

De productie van elektrische auto's kost, als gevolg van de enorme batterij, ongeveer 20% meer energie dan de productie van een auto met verbrandingsmotor

hoeft geen goede score op milieueffecten of andere sociale neveneffecten te zijn





RUIMTELIJK INPASBARE ENERGIE

Nederland is dichtbevolkt. Toenemend ruimtegebruik voor de energielevering botst met andere ruimteclaims. Over de relatie tussen energie-efficiëntie en ruimtegebruik is nog weinig bekend. Veel ruimtegebruik voor energie-efficiëntie is versnipperd en daardoor onzichtbaar. LED lampen zijn kleiner dan gloeilampen. Maar bestaande muren isoleren maakt de wand vaak dikker.

RUIMTELIJK INPASBAAR en **BESPARING** zie p. **58**

Hernieuwbare energie eist veel ruimte op. De overheid heeft machtsmiddelen om locaties voor bijvoorbeeld windparken te reserveren, maar is terughoudend bij de toepassing daarvan. Want het ruimtegebruik gaat ten koste van andere ruimteclaims, en dus ook van andere belanghebbenden.

RUIMTELIJK INPASBAAR en **HERNIEUWBAAR** zie p. **148**

RUIMTE

Het is niet eenvoudig beleid te ontwikkelen voor ruimtegebruik van conventionele energiebronnen. Een ingewikkeld samenspel van geopolitiek, internationale handel en mondiale klimaatafspraken bepaalt waar mijnbouw plaatsvindt, hoe de transportroutes voor energie lopen en waar het aantrekkelijk is om bijvoorbeeld elektriciteitscentrales en raffinaderijen te bouwen. Die krachten bepalen welk ruimtebeslag andere landen op de Nederlandse bodem leggen – en andersom.

RUIMTELIJK INPASBAAR en CONVENTIONEEL zie p. 308



RUIMTELIJK INPASBAAR

Veel ruimtegebruik
voor energie-
efficiëntie is
versnipperd en
daardoor
onzichtbaar

In Nederland geldt in de praktijk

eerder een 'nee, tenzij'-beleid

in plaats van een 'ja, mits'-beleid

Voor zonnepanelen is geen vergunning nodig.

ENERGIE

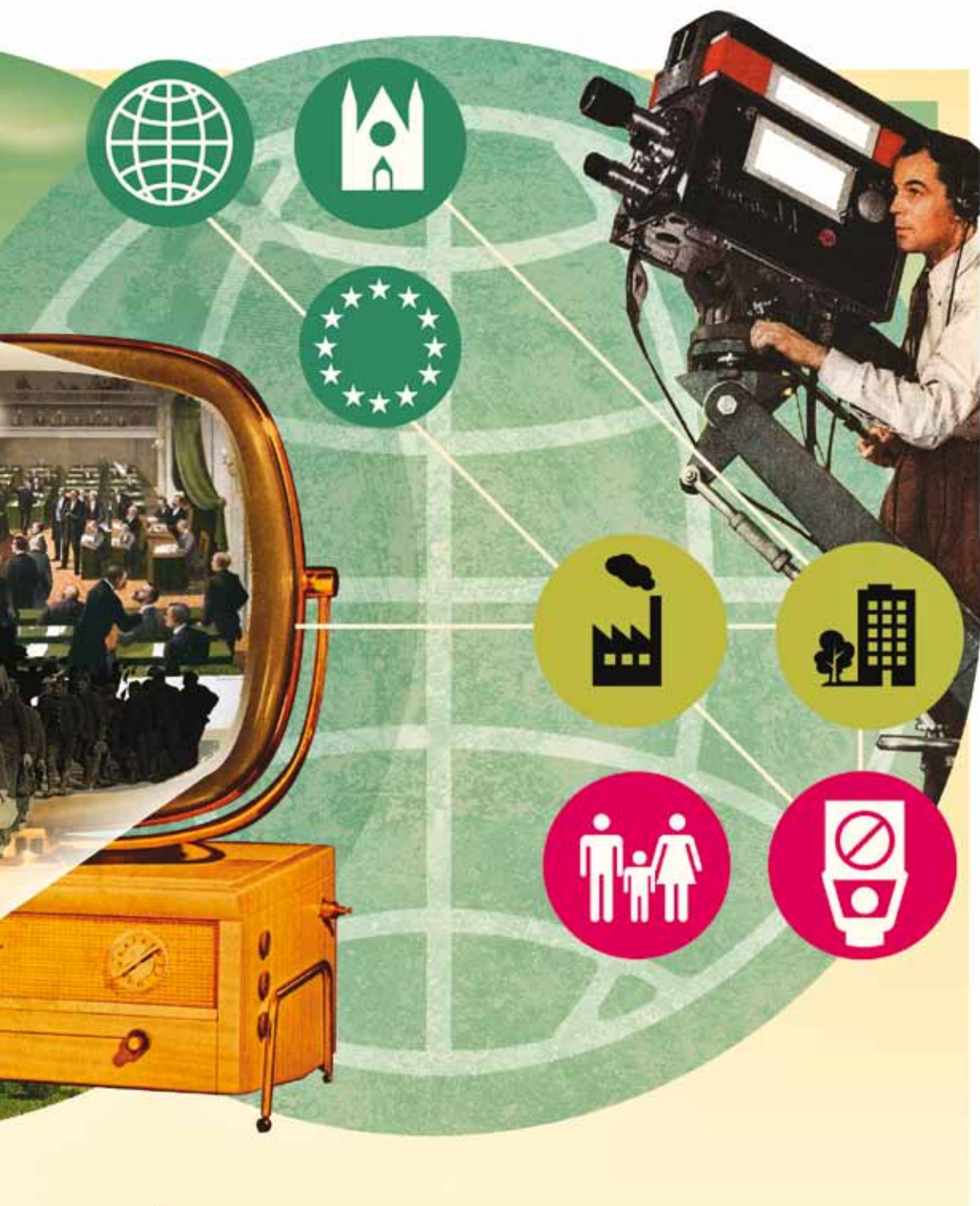
Grote industrieën strijken het
liefst dáár ter aarde neer waar de
omstandigheden het gunstigst zijn

RUIMTELIJK INPASBAAR

In een **dichtbevolkt** land als Nederland
botst **toenemend ruimtegebruik** voor de
energielevering **per definitie**
met andere **ruimteclaims**

maar toch liggen de daken er niet vol mee





DRAAGVLAK

In woord is het draagvlak voor energie-efficiëntie bijzonder groot, zowel bij de overheid, het bedrijfsleven, maatschappelijke organisaties en burgers. De stap naar concrete investeringen verloopt echter moeizaam. Aangezien energiezuinige technologie vaak duurder is in aankoop dan de energiegulziger alternatieven, rijst al snel de vraag wie er voor die meerprijs moet opdraaien.

DRAAGVLAK en BESPARING zie p. 59

Nederland staat positief tegenover plannen voor hernieuwbare energie. Bij de uitvoering blijkt het draagvlak toch vaak beperkt. De hernieuwbare energietechnologieën concurreren onderling om investeringsgeld. Bestaande economische belangen wegen zwaar. Ook kan regelgeving het private initiatief in de weg staan.

DRAAGVLAK en HERNIEUWBAAR zie p. 149

In Nederland zijn beleidsmakers en politici verdeeld over de toekomst van conventionele energiebronnen.

Moet Nederland uitbouwen of afbouwen? De houding van de burger is onduidelijk. Zelfs al staat hij negatief tegenover conventionele energie: de auto blijft niet staan.

DRAAGVLAK en CONVENTIONEEL zie p. 310



DRAAG-

Energie-efficiëntie
kan op de steun
van de bevolking
rekenen, vanwege
financiële redenen
of een toenemend
milieubewustzijn

Tegelijkertijd is het van belang

dat de **publieke investeringen** in hernieuwbare energie

leiden tot **industriële innovatie** en **werkgelegenheid**

Veel luxe wordt door fabrikanten bedacht,

VIAK

De initiatiefnemers van schone steenkoolcentrales, kerncentrales of aardgasopslag lijken zich vooral te richten op het verwerven van draagvlak op korte termijn. Draagvlak lijkt echter meer een kwestie van de lange adem te zijn.

DRAAGVLAK

In 2008 hadden
2,7 miljoen huishoudens
een contract voor **groene stroom**

maar als de consument er eenmaal aan gewend is, wil hij niet anders meer

2

Auteurs

Jurgen Ganzevles en Rinie van Est

Onderzoekers bij het Rathenau Instituut

De auteurs bedanken Kris De Decker (freelance journalist) voor aanvullend onderzoek en Geert Verbong (TU/e) voor zijn commentaar op een eerdere versie. Ook danken we de deelnemers van de expertbijeenkomst over energiebesparing voor hun inbreng.

Essays

INFORMATIE _ Een energievreter in opkomst _ Kris De Decker, oprichter Lowtechmagazine.com	66
MOBILITEIT _ Slim reizen met minder energieverbruik _ Peter Peters, Universiteit Maastricht	84
WONEN _ De wedloop tussen besparing en luxe _ Jaap Jelsma, adviseur klimaat en technologie	102
VOEDING _ Eiwittransitie als besparingsstrategie _ Hans Dagevos en Erik de Bakker, LEI	120

ENERGIEBESPARING

Meer efficiëntie is niet genoeg

De duurzaamste kilowatt is de kilowatt die niet geconsumeerd wordt. Het klinkt zo logisch. Toch gebruiken we in Nederland nog altijd elk jaar meer energie, in plaats van minder. Het einde van die trend lijkt nog niet in zicht.

De stijging van het energieverbruik komt door een stijgend aantal inwoners: van 11,4 miljoen in 1960 naar 16,4 miljoen in 2009 (CBS 2009). Maar de oplopende energieconsumptie is ook het gevolg van een stijgend energieverbruik per persoon en de groei van de industriële bedrijvigheid: tussen 1960 en 2009 verviervoudigde het totale energieverbruik in Nederland (CBS 2010; CBS 2008). Alles bij elkaar steeg het nationaal energieverbruik dat optreedt binnen de landsgrenzen in de periode 1990 tot 2009 van 183 tot 198 gigajoule per hoofd van de bevolking (Compendium 2010c).

Het energieverbruik stijgt echter niet in alle sectoren even sterk. Vanaf de jaren 1980 is zelfs het huishoudelijk aardgasverbruik per inwoner, dankzij isolatie en de installatie van HR-ketels, gedaald. Door die energiebesparende maatregelen lag in 2009 het aardgasverbruik per inwoner ruim een kwart lager dan in 1980 (Compendium 2010). Helaas deed de sterke stijging van het huishoudelijk elektriciteitsverbruik tijdens de jaren negentig die daling grotendeels teniet. Het huishoudelijk elektriciteitsverbruik steeg van 10,2 gigajoule per persoon in 1990 naar 12,7 gigajoule per persoon in 2009 (Compendium 2010). Die getallen verwijzen naar de hoeveelheid primaire brandstoffen die voor elektriciteitsopwekking worden gebruikt en dat het rendement van elektriciteitscentrales van 1950 tot 2009 is toegenomen van 25 procent naar 43,5 procent (Compendium 2010). Daarnaast daalde het energieverbruik in de landbouw en industrie per hoofd van de bevolking licht tijdens de periode 1990–2009 (CBS 2010; CBS 2009). Omdat een groot deel van het voedsel en de gebruiksgoederen die in Nederland worden geconsumeerd, en niet in eigen land worden geproduceerd, is het energieverbruik van de productie ervan maar gedeeltelijk vervat in de nationale cijfers.

De transportsector toont de sterkste stijging van het energieverbruik. Alleen al in de periode 1990 tot 2009 nam het energieverbruik door verkeer en vervoer met een derde toe, van 451 naar 561 petajoule (Compendium 2010b). Per hoofd van de bevolking steeg het energieverbruik van transport (voornamelijk personenwagens) van 30 naar 34 gigajoule (Compendium 2010b). Dat is bijna evenveel als het totale huishoudelijke energieverbruik per inwoner (aardgas + elektriciteit) dat 34,6 gigajoule per capita bedroeg in 2009. Bij de berekening van het energieverbruik van de transportsector wordt overigens maar zeer beperkt rekening gehouden met het energieverbruik van lucht- en scheepvaart; alleen de afgelegde afstand binnen de landsgrenzen wordt in rekening gebracht (Compendium 2010b).

Het terugdringen van het nationale energieverbruik is geen doelstelling van het Nederlandse energiebesparingsbeleid. Die eis zou namelijk de economische groei en onze dagelijkse verworvenheden onder druk kunnen zetten. In plaats daarvan zijn de beleidspijlen gericht op het verbeteren van de energie-efficiëntie. Het Protocol Monitoring Energiebesparing definieert energiebesparing als “het uitvoeren van dezelfde activiteiten of vervulling van functies met minder energieverbruik” (ECN 2001). Individuele producten moeten dus zuiniger worden, maar vraag en aanbod staan niet ter discussie. Het consumptiegedrag en de toename van het aantal producten en diensten in de samenleving, wat energie kost, worden grotendeels ongemoeid gelaten. In de praktijk leidt deze benadering tot een zogenaamde ‘relatieve ontkoppeling’ van de economie en het energieverbruik. Dat betekent dat het energieverbruik minder hard groeit dan de economie. Dit beleid is succesvol aangezien het energieverbruik tegenwoordig niet meer zo sterk stijgt als enkele decennia geleden. Sinds de jaren zeventig is het energieverbruik in Nederland, procentueel gezien, veel minder hard gestegen dan de groei van de economie, uitgedrukt in miljarden euro’s Bruto Binnenlands Product (Turkenburg 2004). Niettemin, rekening houdend met een blijvende economische groei, blijft het energieverbruik (per hoofd van de bevolking en in absolute termen) wel stijgen. In het beleid betekent energiebesparing dus slechts: efficiënter gebruik van energie om hetzelfde productie- en consumptieniveau te handhaven.

In dit hoofdstuk verkennen we de maatschappelijke vragen die spelen als er ingezet wordt op meer energie-efficiëntie. We baseren ons daarbij op inzichten uit de vier essays over energieverbruik en energiebesparing in verschillende domeinen: wonen, informatie- en communicatietechnologie (ICT), voedsel en mobiliteit. In dit hoofdstuk zien we dat de smalle opvatting van energiebesparing – het louter kijken naar energie-efficiëntie – verstrekkende gevolgen heeft voor de vijf maatschappelijke thema’s die in dit boek centraal staan, te weten Betaalbaar (paragraaf 3), Betrouwbaar (paragraaf 4), Schoon (paragraaf 5), Ruimtelijk Inpasbaar (paragraaf 6) en Draagvlak (paragraaf 7). Efficiëntiebeleid blijkt een zegen voor de economie, maar efficiëntiebeleid alleen dringt het nationale energieverbruik niet terug. Ondanks de besparingsinspanningen blijven de maatschappelijke uitdagingen, die verbonden zijn met de met energielevering, toenemen.

2.1 Efficiëntie is toch vaak te duur

Op het eerste gezicht lijkt energie-efficiëntie de goedkoopste manier om de energievraag op te vangen. Een investering in energie-efficiënte apparatuur betaalt zich immers na verloop van tijd terug omdat er simpelweg minder energie wordt verbruikt. En naarmate de energieprijzen stijgt, wordt ook het voordeel groter. Bij minder energieverbruik hoeft er tevens minder geïnvesteerd te worden in de bouw van energiecentrales. Dat zorgt opnieuw voor financieel voordeel. Hoewel dit allemaal heel mooi klinkt, blijkt de praktijk ingewikkelder.

Investeringsproblematiek

Energie-efficiënte technologie is vaak flink duurder in aankoop dan de minder zuinige alternatieven. Verlichting is een bekend voorbeeld. Een traditionele gloeilamp kost zelden meer dan een euro, terwijl een spaarlamp met dezelfde lichtsterkte gauw vijf tot zes euro kost en een LED-lamp tien tot twintig euro (VSL 2009). Warmtepompen en elektrische auto's zijn allemaal veel duurder in aanschaf dan de minder zuinige alternatieven.

Lang niet iedereen kan (of wil) die extra investeringen opbrengen, ook al wordt er op langere termijn geld mee bespaard. Bij de huidige energieprijzen kan de terugverdientijd van energie-efficiënte technologie namelijk erg lang zijn. Een spaarlamp betaalt zich bij een brandduur van duizend uren per jaar al na acht maanden terug, maar bij een brandduur van honderd uren per jaar is de terugverdientijd bijna acht jaar (ECN 2000). De terugverdientijd van een elektrische auto bedraagt vijf tot tien jaar (SenterNovem 2009) en voor een warmtepomp vijf tot meer dan twintig jaar (Milieu Centraal 2010). Soms is de terugverdientijd zelfs langer dan de levensduur van het product. Er is namelijk veel (goedkope) rommel op de markt. Zo halen veel spaarlampen en LED-lampen lang niet de beloofde levensduur of lichtkwaliteit (VSL 2009). En als ze stuk gaan vóór de terugverdientijd, dan is de consument zelfs nog slechter af. Verder heeft energie-efficiënte apparatuur soms bijkomende nadelen, die het goedkopere maar minder efficiënte alternatief niet heeft. Elektrische auto's hebben bijvoorbeeld nog maar een beperkte actieradius.

Daarnaast is degene die in energie-efficiëntie investeert lang niet altijd degene die er ook de financiële voordelen van plukt (de zogenaamde 'split incentive'-problematiek). Het klassieke voorbeeld is de verhuurder van een woning die geen financieel voordeel haalt uit de investering in een zuiniger verwarmingssysteem als de stookkosten apart door de huurder worden betaald. Maar het geldt ook voor de fabrikant van een elektronisch gadget, die geen belang heeft bij een laag operationeel energieverbruik van het apparaat omdat de elektriciteitsrekening uiteindelijk door de klant wordt betaald. De drempel om te investeren wordt nog hoger als het 'laaghangend besparingsfruit' geplukt is en bijkomende maatregelen om het energieverbruik naar beneden te brengen extra investeringen vergen die mogelijk tot een hogere aankoopprijs leiden (IEA/OECD 2007).

Betere terugverdientijd met hogere energieprijs

De kosten voor energie slokken een steeds groter deel op van het budget van huishoudens en bedrijven. Voor een deel komt dat door toegenomen heffingen op energie (ECN 2006). Voor een deel heeft dat ook te maken met stijgende olieprijs, die doorwerken in de prijzen voor aardgas en elektriciteit.

Toch is het zinvol om, vanuit besparingsoptiek, na te denken over een nog hogere energieprijs. Want dat komt de terugverdientijd en betaalbaarheid van energie-efficiënte apparatuur in principe ten goede. Hoe hoger de energieprijs, hoe sneller de investeringen in energie-efficiëntie kunnen worden terugverdiend. Als de prijs per kilowattuur elektriciteit bijvoorbeeld zou verviervoudigen tot ongeveer 1 euro, daalt de terugverdientijd voor een spaarlamp tot een paar maanden, en die van een warmtepomp tot een paar jaar. Een hogere energieprijs kan de *productie* van energie-efficiënte apparaten ook duurder maken, waardoor de aankoopprijs omhoog kan gaan. Het effect van een hogere energieprijs kan dus ook een status-quo zijn. Of een hogere energieprijs inderdaad leidt tot een kortere terugverdientijd, en hoe groot het effect precies is, hangt af van de energie-intensiteit van het product in kwestie. Voor apparaten die afhankelijk zijn van

elektriciteit, zoals elektrische auto's en warmtepompen, geldt bovendien dat een stijging van de olieprijs in hun voordeel werkt, terwijl een stijging van de elektriciteitsprijs in hun nadeel werkt.

Meer en actueler onderzoek prijselasticiteit energievraag nodig

Een verhoging van de energieprijs blijkt niet gepaard te gaan met een evenredige daling van het energieverbruik. Met andere woorden, als de energieprijs wordt verdubbeld, leidt dat niet automatisch tot een halvering van het energieverbruik. Economen spreken van 'de beperkte prijselasticiteit van de energievraag'. De energievraag is 'inelastisch', omdat het energieverbruik voor veel basisbehoeften (voedsel, verwarming, kleding, transport) niet zo makkelijk kan worden teruggebracht. Zo zal de energieprijs flink moeten stijgen willen mensen de verwarming lager zetten of een koud bad nemen. Mensen kiezen er bij een hogere energieprijs voor om een groter deel van hun budget aan de energierekening te spenderen. In Nederland is de prijselasticiteit voor elektriciteit -0,25 % voor een prijsstijging van 1 % (ECN 2001b). Dat betekent dat als het elektriciteitsverbruik gehalveerd moet worden, de elektriciteitsprijs vier keer zo hoog moet worden (tot € 0,92 per kWh). En pas als de huidige olie- of aardgasprijs vijf keer zo hoog wordt, leidt dat tot een halvering van het olie- en aardgasverbruik (Centraal Planbureau 2005).

Er is meer en vooral actueler onderzoek nodig naar de prijselasticiteit van de energievraag. Die wordt namelijk ook in grote mate bepaald door (onder meer) de bestaande energieprijs, het totale beschikbare huishoudbudget, en het aanbod en de aard van de gebruikte apparaten en diensten. De hierboven vermelde cijfers zijn dus onder voorbehoud. Al deze waarden betreffen bovendien de prijselasticiteit op de lange termijn. Op korte termijn is het effect van een hogere energieprijs op de vraag nog kleiner, omdat mensen niet voldoende tijd en mogelijkheden hebben om zich aan te passen (bijvoorbeeld door het aanschaffen van een kleinere auto of door dichterbij het werk te verhuizen). Op lange termijn kan er bij hogere energieprijzen wel een aanzienlijke reductie van de energievraag optreden. Volgens de meeste berekeningen compenseert de daling van de energievraag echter niet volledig de prijsstijging, wat dus betekent dat de consument een groter deel van zijn inkomen aan energie zal besteden.

2.2 Efficiëntie niet goed te meten

Energie-efficiëntie wordt vaak voorgesteld als de betrouwbaarste bron van energie. Als we een druppel olie kunnen uitsparen, dan hoeven we die druppel olie namelijk niet meer te importeren en worden we dus onafhankelijker van buitenlandse energieleveranciers. De energie-efficiëntie van Nederland, zoals die wordt gedefinieerd in het Protocol Monitoring Energiebesparing, nam van 1995 tot 2007 toe met gemiddeld 1,1 procent per jaar. De laatste jaren schommelde het cijfer rond de 1 tot 1,5 procent (PBL 2010). Er is dus behoorlijk wat succes geboekt. Voor de toekomst wordt er nog meer gerekend op energie-efficiëntie. In het programma Schoon en Zuinig stelde de Nederlandse overheid zich ten doel om voor de periode van 2011 tot en met 2020 per jaar gemiddeld 2 procent vooruitgang te boeken (Rijksoverheid 2007). Het 'Actieplan voor energie-efficiëntie' van de Europese Unie mikt op 1,5 procent per jaar (EU 2006). Het beleid dwingt die vooruitgang af door meer eisen te stellen aan het energieverbruik van specifieke producten en diensten.

Versluierende rekenstandaarden

Toch is het globale effect van energie-efficiëntie op het nationale energieverbruik hoogst onzeker. Rekenstandaarden die kijken naar energie-efficiëntie laten namelijk veel buiten beschouwing. Een goede vergelijking maken tussen het energieverbruik van een reis met het vliegtuig of met de auto, bijvoorbeeld. Kijken we bijvoorbeeld naar de activiteit “autorijden” en letten daarbij alleen op het energieverbruik van de auto *per reizigerskilometer*? Het aantal kilometers dat een persoon per jaar in de auto zit blijven zo buiten beschouwing. Ook biedt dat geen zicht op alternatieve manieren om ons te verplaatsen. Zo zou een shift naar het openbaar vervoer of de fiets ook voor hogere efficiëntie kunnen zorgen.

Daar komt bij dat de rekenmodellen voor energie-efficiëntie blind zijn voor nieuw uitgelokt consumentengedrag. Een energiezuinig product kan zijn of haar gebruiker verleiden tot nieuw energieverkwistend gedrag, waarmee de besparing zelfs kan omslaan in meer energieverbruik. Dit wordt het zogenaamde ‘*rebound effect*’ of de ‘*Jevons-paradox*’ genoemd (zie bijvoorbeeld Sorrell 2007). Een product dat ontworpen is voor zuiniger gebruik slaat als het ware terug op de oorspronkelijke ontwerper. Een klassiek voorbeeld is dat mensen de spaarlamp vaker aan zouden laten, omdat die toch weinig energie verbruikt. Maar het effect treedt veel vaker op. Een belangrijk punt is dat energiebesparing geld oplevert waarmee weer nieuwe producten en diensten gekocht worden. Geld dat niet langer nodig is voor het verwarmen van een woning kan bijvoorbeeld besteed worden aan vliegvakanties. Voor deze indirecte effecten is in de gebruikte rekenmodellen meestal geen plaats.

Ook volume- en structureffecten spelen een rol voor het energieverbruik, terwijl ze voor het berekenen van de energie-efficiëntie juist buiten de definitie geplaatst worden. Automotoren zijn bijvoorbeeld veel efficiënter geworden, maar auto’s nauwelijks, omdat de toegenomen efficiëntie werd omgezet in een hoger gewicht, hogere snelheden, een groter acceleratievermogen en meer elektronische apparatuur aan boord (Knittel 2009). De televisie is een ander voorbeeld. De LCD-technologie die feitelijk veel zuiniger is, zorgde niet voor zuiniger televisies, maar voor grotere beeldbuizen, waardoor het verbruik uiteindelijk even hoog of zelfs een flink stuk hoger kwam te liggen (Katzmaier 2009).

Energie-efficiëntie leidt ook weer tot geheel nieuwe toepassingen en producten: gadgets zoals laptops, netbooks, mp3-spelers of e-books zijn enkel mogelijk geworden door de komst van veel energie-efficiëntere microchips. SUV’s hadden nooit populair kunnen worden zonder de vooruitgang in energie-efficiënte motoren, want dan zou het dagelijks gebruik ervan voor de meeste mensen onbetaalbaar zijn.

Een ander gevolg van energie-efficiëntie is dat het bedrag dat daarmee wordt bespaard, in een andere activiteit wordt gestopt die ook energie verbruikt; het zogenaamde substitutie-effect. De financiële besparing die wordt behaald met energie-efficiënte verlichting, kan bijvoorbeeld worden geïnvesteerd in een energierslindende extra citytrip naar Rome.

Welvaartsgroei met stijgend energieverbruik

Energie-efficiëntie levert ons dus welvaartsgroei op: snellere en comfortabelere auto’s, grotere televisies, ruimere huizen, meer verlichting, een waaier aan elektronische apparatuur, een groter reisbudget. Hoewel energie-efficiëntie de economie groei en werkgelegenheid aanjaagt, leidt ze niet gegarandeerd tot vermindering van het energieverbruik.

Over hoeveel vooruitgang in energie-efficiëntie er precies weglekt via volume- en structureffecten woedt een academisch debat onder economen en andere deskundigen (voor een overzicht zie Owen & Keulemans 2011). Duidelijk is wel dat de methode die beleidsmakers op dit moment hanteren om energie-efficiëntie te bepalen, dergelijke volume-effecten en structurele veranderingen als aparte, niet te beïnvloeden externe variabelen beschouwen. Daardoor is alleen inzetten op efficiëntieverbeteringen geen betrouwbare insteek om het nationaal energieverbruik terug te dringen.

2.3 Efficiëntie is minder schoon dan het lijkt

Energie-efficiëntie wordt vaak gezien als een schoon alternatief voor andere vormen van energieproductie. Want hoe zuiniger een product of dienst is, hoe minder energie er nodig is om het te doen werken en dus hoe minder energiecentrales we nodig hebben. Vanuit breder perspectief valt echter het nodige af te dingen op dit 'schoon' karakter van de energie-efficiëntie.

Groter en meer

Zoals hierboven vermeld leidt efficiëntere technologie niet vanzelfsprekend tot een vermindering van het energieverbruik. In de woningbouw werden bijvoorbeeld huizen per vierkante meter steeds zuiniger, maar een groot deel van de huizen werd ook groter, waardoor een deel van de energiereductie weer teniet werd gedaan. De gemiddelde vloeroppervlakte van een eengezinswoning of appartement in Nederland bedroeg 45 vierkante meter aan het begin van de twintigste eeuw (CBS 2000). In 2000 was dat meer dan verdubbeld tot 98 vierkante meter en in datzelfde jaar bedroeg de gemiddelde vloeroppervlakte van nieuwbouwwoningen meer dan 115 vierkante meter (IHF 2006). En dankzij de toegenomen efficiëntie van verwarmingsketels bleef het verwarmen van een groter huis betaalbaar. Bij de berekening van de energie-efficiëntie van een huis wordt echter geen rekening gehouden met de totale vloeroppervlakte. Het kan dus zijn dat een goed geïsoleerd huis van 200 vierkante meter volgens de normen wel als energie-efficiënt wordt beschouwd, terwijl een slecht geïsoleerd appartement van 50 vierkante meter een slechte score krijgt, ook al verbruikt het grote huis in absolute termen veel meer energie. Ook auto's, koelkasten en andere producten worden alleen per klasse beoordeeld, bijvoorbeeld voor het toekennen van energielabels. De aankoop van een nieuw, zuinig product betekent evenmin dat het oude product wordt afgedankt. Zo vindt een oude, minder zuinige computer of koelkast meestal toch nog wel een andere nuttige toepassing elders in huis, met meer energieverbruik tot gevolg.

Blind voor productie en infrastructuur

Daarnaast zijn rekenmodellen voor energie-efficiëntie vaak blind voor het energieverbruik tijdens de productiefase. Dat heeft hoogstwaarschijnlijk te maken met het feit dat het in kaart brengen van de zogenaamde 'ingebbede energie' zeer lastig is. Een analyse van de gehele levenscyclus van een product kan antwoord geven op de vraag hoe groot het belang is van de productiefase in het totale energieverbruik van een product. Dat geldt voor alle domeinen die hier worden besproken: wonen, transport, voeding en ICT. Een oud huis afbreken om er een nieuw, energiezuinig gebouw voor in de plaats te zetten, kost energie. Het kan decennia duren eer die energie is terugverdiend door het lagere operationele verbruik van de nieuwe woning (Empty Homes Agency 2008). Het energieverbruik van een auto zit niet alleen in

de brandstof, maar ook in de productie van het voertuig en in de aanleg en het onderhoud van de wegeninfrastructuur. Hetzelfde geldt voor de trein: de aanleg van sporen, beddingen, bruggen en bovenleiding weegt erg zwaar door in het totale energieverbruik, maar er wordt meestal geen rekening mee gehouden (Chester 2009). Voeding moet gekoeld, gebakken en gebraden worden, maar vooral ook geproduceerd. De productie van vlees is bijzonder energie-intensief. Het tuin- en landbouwsysteem is niet alleen afhankelijk van zware machines, maar ook van kunstmest (een product van fossiele brandstoffen) of van energieverblindende kassen. Een mobiele telefoon kost niet zoveel energie, maar de productie ervan wel. Aangezien dit apparaat snel verouderd is, met steeds weer nieuwe toepassingen, zit het grootste deel van het totale energieverbruik in de productie en niet in het gebruik van het gadget. Daar komt dan ook nog eens het operationele energieverbruik van de infrastructuur bij: het internet, het mobiele telefoonnetwerk, de telefooncentrales.

Vanuit de milieukunde en ook in de praktijk van bijvoorbeeld Duurzaam Bouwen worden stappen gezet om juist ook de levenscyclus van apparaten en diensten in kaart te brengen. Een belangrijke uitdaging is dat de daarvoor benodigde informatie (zoals gebruikte grondstoffen, productieprocessen) van de producenten moet komen en die zijn niet altijd welwillend of bij machte die informatie te verstrekken (zie bijvoorbeeld Ganzevles 2007). Bovendien vraagt de levenscyclusanalyse van een complex product veel tijd, waardoor het product in kwestie mogelijk al verouderd is voordat de resultaten bekend zijn. Dat geldt met name voor elektronische gadgets, waar de verkoopstrategie gebaseerd is op een razendsnelle kunstmatige veroudering. Ook voor andere gebruiksgoederen en voor voedingsmiddelen kan een levenscyclusanalyse zeer ingewikkeld zijn, omdat de producten vaak verschillende bewerkingen ondergaan op verschillende plaatsen in de wereld.

Snelle vervanging

Het efficiëntiebeleid mikt op snelle vervanging. Het verleidt consumenten om hun apparaten te vervangen door een energiezuiniger variant, nog voordat het product echt versleten is. Daardoor vermindert de levensduur van apparaten automatisch, en neemt het belang van de productiefase toe. Maar het opnieuw produceren van nieuwe en zuinige producten kost wel weer energie en materialen. Een voorbeeld hiervan is de slooppremie van 2009-2010. Nederlandse autobezitters kregen toen een 'slooppremie' tot duizend euro als ze hun oude auto inruilden voor een zuiniger exemplaar. Voor dieselveertuigen betrof dat alle wagens geproduceerd voor het jaar 2000, voor benzine-wagens alle modellen geproduceerd voor 1996. Er zijn echter deskundigen die concluderen dat zo'n maatregel tot een hoger energieverbruik leidt. Eén onderzoek stelt dat de strategie pas een ecologisch voordeel oplevert met automodellen van negentien jaar oud (van Wee, 2000). De studie is tien jaar oud, maar door het fors toegenomen gebruik van elektronica in auto's is het belang van de productiefase wellicht alleen maar toegenomen. De productie van elektrische auto's kost, als gevolg van de enorme batterij, ongeveer 20% meer energie dan de productie van een auto met verbrandingsmotor (Gardner 2009).

Sociale en ecologische neveneffecten

Ten slotte kunnen energie-efficiënte producten ook gezondheidsrisico's en ecologische schade opleveren. Zo treden er in zeer goed geïsoleerde gebouwen soms problemen op met de kwaliteit van de binnenlucht. Een spaarlamp bevat kwik, voor de productie van LED's kunnen giftige chemicaliën nodig zijn (SVTC

2009). Een goede score op het vlak van energie-efficiëntie hoeft dus geen goede score op milieueffecten of andere sociale neveneffecten te zijn. Omdat de productie van energie-efficiënte technologie lang niet altijd plaatsvindt in Nederland, is er slechts een beperkt inzicht in de ecologische en maatschappelijke omstandigheden die optreden in de productieketen. Hetzelfde geldt feitelijk ook voor de afvalfase van energie-efficiënte producten.

2.4 Ruimtegebruik energie-efficiëntie onderbelicht

Hoe meer energie we verbruiken, des te meer ruimte we nodig hebben om het te produceren en te transporteren. In een dichtbevolkt land als Nederland botst toenemend ruimtegebruik voor de energielevering per definitie met andere ruimteclaims (zie ook Hoofdstuk 1). Vanuit die optiek is het interessant te weten of energie-efficiëntie het nijpende ruimtebeslag voor energie vergroot of verkleint.

Het is erg lastig om daarop een antwoord te vinden. Apparaten en diensten die energie gebruiken, nemen ook ruimte in. Maar over de relatie tussen energie-efficiëntie en ruimtegebruik is nog weinig bekend. Veel ruimtegebruik voor energie-efficiëntie is versnipperd en daardoor onzichtbaar. Soms leidt meer efficiëntie tot minder ruimtebeslag: efficiëntere zonnecellen hebben minder dakruimte nodig om evenveel stroom te leveren, zuinige auto's zijn meestal een stuk kleiner dan gulziger modellen, een elektrische fiets neemt minder plaats in dan een auto. Energie-efficiëntie bracht ons televisies met grotere beeldschermen, die echter veel platter zijn en daarom vaak handiger in te passen in de woonkamer. Soms leidt meer efficiëntie juist tot meer ruimtebeslag: goed geïsoleerde muren zijn dikker. Efficiëntie bracht ons naast zuinige, kleine auto's ook veel grotere auto's, zoals de SUV's, die veel ruimte in beslag nemen, of ze nu rijden of stilstaan.

Productiefase

Naast ruimtegebruik tijdens de gebruiksfase, is er ook het ruimtegebruik van de productiefase (het delven en bewerken van de grondstoffen, productie in de fabriek, transport van de materialen en producten) en dat van de wegwerpfase. Vleesvervangers sparen erg veel ruimte uit omdat vleesproductie een enorm beslag legt op landbouwgebieden, voornamelijk voor de productie van diervoeding. En niet alleen akkers en veeteeltbedrijven nemen ruimte in, maar ook mest- en voedseloverschotten.

Omdat het beleid van energie-efficiëntie aanstuurt op snelle vervanging van producten en omdat het daarmee de productie van nieuwe consumptiegoederen stimuleert, nemen de productie- en wegwerpfase relatief meer ruimtegebruik voor hun rekening. Vijf jaar geleden werd enkel onze desktopcomputer en mobiele telefoon regelmatig ingeruild voor een nieuwer apparaat, vandaag geldt dat ook voor onze laptop, netbook, mp3-speler en e-book. Die apparaten moeten allemaal worden geproduceerd en weggegooid.

Wegwerpfase

Als een apparaat wordt vervangen door een nieuw, energie-efficiënter product, kan het in principe drie kanten uit. Het vindt een nuttige toepassing elders in huis, het wordt weggegooid en komt op de vuilnisbelt terecht, of het gaat naar de kelder of de zolder (meestal om op een later tijdstip te worden weggegooid).

In alle drie de gevallen is er sprake van ruimtebeslag. Daarnaast worden er veel afgedankte producten naar het buitenland getransporteerd, zoals auto's en elektrische en elektronische apparatuur. Dat ruimtebeslag blijft binnen een smalle energie-efficiëntiebenadering onzichtbaar, net als het grootste deel van het ruimtegebruik van de productieprocessen, de winning van de grondstoffen en eventueel hergebruik van materialen.

2.5 Draagvlak gemakkelijk met de mond beleden

In woord is het draagvlak voor energie-efficiëntie bijzonder groot, zowel bij de overheid, het bedrijfsleven, maatschappelijke organisaties en burgers. Niemand lijkt tegen energie-efficiëntie. In de politiek vinden links en rechts elkaar in de steun voor meer energie-efficiëntie, met als bindmiddel de belofte van meer werkgelegenheid. Ook het bedrijfsleven staat in principe achter energie-efficiëntie zolang de eisen hun internationale concurrentiepositie niet in gevaar brengt. De komst van steeds efficiëntere generaties producten verzekert immers blijvende vervangingsaankopen van consumenten, zeker als die daartoe aangezet worden door het beleid. Milieuorganisaties proberen het efficiëntiebeleid zelfs meer gewicht te geven – denk maar aan het promoten van de spaarlamp. Tot slot kan energie-efficiëntie ook op de steun van een deel van de bevolking rekenen, vanwege financiële redenen (de technologie bespaart geld) of een toenemend milieubewustzijn.

Investerings moeizaam

De stap naar concrete investeringen verloopt echter moeizaam. Aangezien energiezuinige technologie vaak duurder is in aankoop dan de energiegulziger alternatieven, rijst al snel de vraag wie er voor die meerprijs moet opdraaien: de overheid, de producent of de consument. Het efficiëntiebeleid schuift vooral nieuwe oplossingen naar voren. Innovatie is de achterliggende motivatie voor energie-efficiëntie, want juist het samengaan met economische groei is een wenkend perspectief. Daardoor blijven bestaande, minder sexy opties liggen, ook al zijn die vaak veel goedkoper en worden die aanbevolen door energiedeskundigen en duurzaamheidsprofessionals. Elektrische auto's kunnen op veel meer steun en enthousiasme rekenen dan traditionele fietsen, want de fiets past niet in het innovatiebeleid. Die is te oud, te goedkoop, te makkelijk zelf te repareren; bedrijven kunnen er niet genoeg aan verdienen en politici kunnen er niet mee scoren. Elektrische fietsen passen dan weer wel in het beleid, want ze zijn innovatief. Bovendien hebben ze af en toe een nieuwe batterij nodig, wat extra inkomsten (en dus economische groei) oplevert. De deurbel is een ander voorbeeld. De elektrische deurbellen in Europa hebben sluipverbruik; bij elkaar verbruiken ze ongeveer evenveel als een elektriciteitscentrale (P+ 2009). Een mechanische bel past echter niet in het innovatiebeleid. Kleren te drogen hangen aan een waslijn evenmin.

Eigenlijk is er helemaal geen technologie nodig om de energievraag te reduceren. Het verlagen van de snelheid voor auto's zorgt niet alleen voor een daling van het energieverbruik, maar bespaart ook materiaal (zoals geluidsschermen) en ruimte (smallere rijstroken). Zo'n maatregel kost bovendien niets. Dit is echter vanzelfsprekend in strijd met het innovatie- en efficiëntiebeleid, aangezien daar weinig of niets mee te verdienen valt. Bovendien druist het in tegen de culturele betekenis die de auto heeft verworven.

Markt belemmert gedragsverandering

De consument kan niet zomaar aan de vernieuwingsgolf van het apparatenpark ontsnappen, zelfs als hij zou willen. Natuurlijk kan de consument ervoor kiezen om een bepaald apparaat *niet* te kopen. Hij kan ook beslissen om een product minder te gebruiken, of het voor een langere tijd te gebruiken in plaats van snel over te schakelen naar een nieuwer en efficiënter alternatief. Maar in dat oude kleine autootje 50 kilometer blijven rijden is misschien niet zo verstandig als iedereen je ondertussen twee keer zo hard voorbij-snel. Energiebewust leven is dan zo ongeveer hetzelfde als spelen met je leven. Ander voorbeeld: een product (laten) repareren is vrijwel onmogelijk geworden. Veel consumptiegoederen kunnen niet eens meer uit elkaar worden gehaald, laat staan dat er onderdelen vervangen kunnen worden; is er toch een reparatie mogelijk, dan is die al snel duurder dan de aankoop van een nieuw product. En als producenten een marktmonopolie weten te verwerven, kan de consument helemaal geen kant meer uit. Zo zorgt Microsoft er door het uitbrengen van steeds nieuwe versies van zijn besturingssysteem Windows al jaren voor dat we om de zoveel jaar een nieuwe computer *moeten* kopen. Oudere versies van Windows worden na een jaar of zeven niet meer ondersteund, wat er uiteindelijk voor zorgt dat de computer onbruikbaar wordt. Een nieuwe versie van het besturingssysteem installeren is geen optie, omdat elke opeenvolgende versie van Windows veel meer geheugen en processorkracht verbruikt dan de oude computer kan leveren. De handelingsopties voor de consument hangen dus nauw samen met het productaanbod van de fabrikanten.

Gewenning

Veel luxe wordt door fabrikanten bedacht, maar als de consument er eenmaal aan gewend is, wil hij niet anders meer. Er is sprake van een historische 'lock-in' die uitnodigt tot een almaar stijgend energieverbruik. Die dynamiek kwam op gang met de komst van goedkope fossiele brandstoffen. Om daar een afzetmarkt voor te creëren, werden allerlei nieuwe producten en diensten bedacht, die vaak via agressieve marketing en prijszetting aan de man werden gebracht. Dat gebeurde met elektrische huishoudtoestellen, maar eerst en vooral met centrale verwarming. "Het is niet zo dat de consument stond te roepen om centrale verwarming," schrijft Jaap Jelsma in zijn essay over wonen. "Centrale verwarming moet eerder worden gezien als een door energieverkopers bedachte luxe die leidde tot een verhoging van de normen voor gemak en comfort." Ook het overheidsbeleid speelt hierin een rol. In de jaren zestig wenste de overheid de kwaliteit van leven te verbeteren in de naoorlogse woningen, die er soms slecht aan toe waren. Het verwarmen van woningen met het nieuwgevonden Groninger aardgas droeg hier aan bij.

Voor de komst van centrale verwarming was ruimteverwarming nog een kwestie van arbeid: de kachel moest van kolen of hout worden voorzien, die de bewoners moesten aanvoeren. In principe kon er in elke kamer een kachel worden geplaatst en kon er dag en nacht gestookt worden, maar dat kostte te veel werk. Met de komst van centrale verwarming werd die arbeid gedelegeerd aan een machine. Daardoor kostte verwarmen minder moeite en werd ze als activiteit uitgebreid (in meer kamers, ook 's nachts). Dat leidde tot een hoger energieverbruik, zodat de overheid na de eerste energiecrisis in de jaren zeventig een efficiëntiebeleid uittekende. Verwarmingsketels moesten zuiniger, woningen moesten beter geïsoleerd worden. De toegenomen efficiëntie die daaruit volgde, leidde tot goedkopere verwarming, waardoor de thermostaat steeds hoger werd gezet. Met het resultaat dat sommige mensen nu 's winters in T-shirt televisie zitten te kijken, soms zelfs met de ramen open voor een beetje frisse lucht.

2.6 Tot slot: meer efficiëntie is niet genoeg

Het energieverbruik van Nederland neemt niet af. Dat is jammer want dat zou de uitdaging om onze energievoorziening betaalbaar, betrouwbaar, schoon en ruimtelijk inpasbaar te houden makkelijker maken. Vermindering van het energieverbruik is trouwens ook niet het doel van het Nederlandse energiebesparingsbeleid. Daarbinnen is energiebesparing gelijkgesteld aan het verhogen van *energie-efficiëntie*. Dit betekent: het kost minder energie om hetzelfde product of dezelfde dienst te leveren.

In dit hoofdstuk onderzochten we de maatschappelijke consequenties van deze smalle definitie van energiebesparing. We concluderen dat het efficiëntiebeleid een zegen is voor de welvaart op de korte termijn, maar tegen het gevoel in, een zorg voor de doelen van het energiebeleid. Daarom pleiten we voor een politiek debat over de nut en noodzaak van het huidige energie-efficiëntiebeleid. Verder wordt aandacht gevraagd voor het voeren van een langdurige energieprijspolitiek om het nationale energieverbruik daadwerkelijk terug te dringen.

Behoeftte aan debat over nut en noodzaak van energie-efficiëntiebeleid

Zuiniger energie-omzetting lokt hogere comfortniveaus uit; huizen worden groter en mobiele telefoons worden uitgebreid tot smartphones. Bovendien zorgt een verhoogde energie-efficiëntie in eerste instantie voor een lagere energierekening. Dat geldt wordt, vroeger of later, opnieuw in de economie gestoken, wat altijd weer leidt tot energieverbruik.

Het nationale energieverbruik wordt bepaald door complexe interacties tussen energie-efficiëntie, macro-economische effecten, demografische groei en consumentengedrag. In de rekenmodellen en –normen die energiebesparing inzichtelijk moeten maken is voor deze complexiteit weinig ruimte. Dit maakt het uiterst lastig om de maatschappelijke meerwaarde van energie-efficiëntie in te schatten.

Desondanks is het draagvlak voor energie-efficiëntiebeleid groot. Dat valt goed te begrijpen vanuit het economische groeimodel: het efficiëntiebeleid vloeit daaruit voort. Nederland streeft naar een *relatieve ontkoppeling* van de economie en het nationale energieverbruik. Vanuit deze doelstelling lijkt het besparingsbeleid ook succesvol geweest.¹ Met de nodige slagen om de arm stellen onderzoekers dat de bereikte efficiëntieverbetering al decennia tussen de één en twee procent ligt. Sinds de jaren zeventig is het energieverbruik in Nederland licht gestegen, terwijl de economie veel harder is gegroeid.

Toch zijn er serieuze uitdagingen en kennisvragen zijn die vanuit maatschappelijk perspectief meer aandacht verdienen. De milieueffecten en de ‘ingebodde’ energie van energiebesparingstechnologie vragen

¹ We gebruiken het woord ‘lijkt’ omdat het lastig blijft om de behaalde efficiëntie betrouwbaar vast te stellen. Om in te schatten hoe hoog het energieverbruik zonder efficiëntiebeleid zou zijn geweest, zijn namelijk tal van theoretische aannames nodig.

bijvoorbeeld meer onderzoek, alsook de relatie tussen energie-efficiëntie en ruimtegebruik. Ook qua draagvlak voor energiebesparing is aanvullend onderzoek gewenst. Zo op het oog is niemand tegen besparing, maar in hoeverre mensen openstaan voor nieuwe vormen van wonen en werken die minder energie vragen is onduidelijk. Tot slot krijgt de relatie tussen de energieprijzen en het energieverbruik in het besparingsbeleid nog te weinig aandacht.

Prijspolitiek voor terugdringen nationaal energieverbruik verkennen

Drie bekende en weinig aantrekkelijke opties om het energieverbruik terug te schroeven zijn: het vergroten van het consumentenbewustzijn, het begrenzen van het energieverbruik en hogere energieprijzen. Het begrenzen van de hoeveelheid energie is op onderdelen reeds succesvol. Denk aan de Energie Prestatie Norm voor de nieuwbouwsector, waarmee het energieverbruik van nieuwbouwwoningen afneemt. Het is echter niet doenlijk om zo'n systeem voor alle denkbare sectoren, diensten en apparaten op te zetten.

Nederland heeft een traditie op het gebied van energieprijspolitiek. Ons land heeft reeds de hoogste energiebelastingen van Europa – al worden grootverbruikers wel vrijgesteld van bepaalde energiebelastingen. Natuurlijk zijn er partijen die van een eventuele prijsverhoging schade zullen ondervinden. Voor de consument komt er een grens aan de luxe en energieleveranciers krijgen te maken met een dalende verkoop. Een deel van de hogere energieprijzen kan terugvloeien naar energieproducenten, om inzakende energieverkoop op te vangen. Voor de laagste inkomens of bedrijven die echt niet zonder energie kunnen, kan compensatie plaatsvinden.

De voordelen van vermindering van het energieverbruik zijn vanuit maatschappelijk perspectief echter groot. Ten eerste stimuleert een langdurig prijsbeleid innovatie. Voor zowel bedrijfsleven als particulieren wordt energiebesparing interessanter, omdat investeringen zich eerder terugverdienen. Daarnaast wordt het energieverbruik veel zichtbaarder. Dat vergroot het bewustzijn. Ten slotte kunnen de belastingopbrengsten gebruikt worden voor andere publieke uitgaven.

Dat de energievraag teruggedrongen wordt door prijsverhogingen staat buiten kijf. Maar om daar aanvullend beleid op te kunnen voeren, is actuele en toegespitste kennis nodig. Hoe groot is de besparing en welk effect heeft dat op de nationale economie? Voor het halveren van de elektriciteitsvraag dient de elektriciteitsprijs vier keer zo hoog te zijn. Voor gas geldt zelfs een factor vijf. Om een daling van het nationale energieverbruik te bewerkstelligen zou niet alleen een significante, maar ook langjarige verhoging van de energieprijzen noodzakelijk zijn. Recente gegevens hierover, toegepast op de Nederlandse economie, zijn wenselijk. Dergelijk onderzoek en debat kan verhelderen in hoeverre economische groei en een daling van het nationale energieverbruik daadwerkelijk te verenigen zijn.

Referenties

- CBS (2000). 'Van huisvesten naar wonen'. Ronald van der Bie. In: *Index*, No.10, november/december 2000.
- CBS (2008). 'Revisie tijdreeksen energie, 1900 tot en met 1994', <http://statline.cbs.nl>, juli 2008.
- CBS (2009). 'Historie bevolking, huishoudens en bevolkingsontwikkeling', laatst gewijzigd op 21 december 2009.

- CBS (2010). 'Energiebalans. Kerncijfers', CBS, laatst gewijzigd op 4 november 2010.
- CPB (2005). *CPB Notitie. Economische effecten belastingherziening 2001*. Centraal Planbureau, 15 juni 2005.
- CPB (2008). 'CPB Memorandum 197. De wereldhandel in 2007-2009'. Centraal Planbureau, 19 maart 2008.
- Chester, M. & Horvath, A. (2009). 'Environmental Assessment of Passenger Transportation Should Include Infrastructure and Supply Chains'. In *Environmental Research Letters*, juni 2009.
- Compendium (2010). 'Huishoudelijk energieverbruik per inwoner, 1950-2009', <http://www.compendium-voordeleefomgeving.nl>
- Compendium (2010b). 'Energieverbruik door verkeer en vervoer, 1990-2009', <http://www.compendium-voordeleefomgeving.nl>
- Compendium (2010c). 'Binnenlands energieverbruik per energiedrager, 1990-2009', <http://www.compendium-voordeleefomgeving.nl>
- ECN (2000). *Milieukosten van genomen besparingsmaatregelen*. Petten: Energieonderzoek Centrum Nederland, maart 2000.
- ECN (2001). *Protocol monitoring energiebesparing*. CPB, ECN, Novem en RIVM, december 2001.
- ECN (2001b). *Ontwikkeling van het huishoudelijk energieverbruik in een geliberaliseerde energiemarkt*. Petten: Energieonderzoek Centrum Nederland, januari 2001.
- ECN (2006). *Historische analyse van kosten & opbrengsten van de Nederlandse energievoorziening. Vergelijking met EU-lidstaten*. Petten: Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN), december 2006.
- Empty Home Agency (2008). *New Tricks With Old Bricks. How Reusing Old Buildings Can Cut Carbon Emissions*. Londen: The Empty Homes Agency, maart 2008.
- EU (2006). 'Actieplan voor energie-efficiëntie'. Europese Commissie, <http://europa.eu>, 19 oktober 2006.
- IHF (2006). *Housing Statistics in the European Union 2005/2006*. Rome: Italian Housing Federation, september 2006.
- Ganzevles, J. (2007). *Technologie voor mens en milieu. Een actor-netwerk analyse van de ontwikkeling van energietechnologie voor woningen*. Enschede: Universiteit Twente (proefschrift).
- Gardner, T. (2009). 'Electric Cars Don't Deserve Halo Yet: Study'. <http://www.reuters.com>, 19 oktober 2009.
- IEA/OECD (2007). 'Mind The Gap. Quantifying Principal-Agent Problems In Energy-Efficiency'. Parijs: IEA Publications.
- Katzmaier, D. (2009). 'The Chart 150 HDTV Power Consumption Compared'. <http://reviews.cnet.com>
- Knittel, C. (2009). *Automobiles on Steroids: Product Attribute Trade-Offs and Technological Progress in the Automobile Sector*, University of California: Institute of Transportation Studies, juli 2009.
- Milieu Centraal (2010). 'Verwarmen met warmtepomp'. Milieucentraal, <http://milieucentraal.nl>, bekeken op 22 november 2010.
- Owen, D. & Keulemans, M. (2011). 'Besparen met de kraan open'. In: *NWT Magazine*, april 2011.
- P+ (2009). 'Ad van Wijk gaat ook zonder E-concern door', bekeken op 21 januari 2011.
- PBL (2010). 'Energiebesparingstempo blijft achter bij doelstelling'. Planbureau voor de Leefomgeving, <http://www.pbl.nl>, 26 augustus 2010.
- Rijksoverheid (2007). *Nieuwe energie voor het klimaat. Werkprogramma Schoon en Zuinig*. Den Haag: Rijksoverheid.
- SenterNovem (2009). 'Bijlage 4: Business case elektrisch rijden'. In: Ministerie van Verkeer en Waterstaat, *Kamerbrief plan van aanpak elektrisch rijden*.
- Sorrel, S. (2007). *The Rebound Effect: an Assessment of the Evidence for Economy-Wide Energy Savings From Improved Energy Efficiency*. Sussex: UK Energy Research Centre, oktober 2007.

- SVTC (2009). *Towards a Just and Sustainable Solar Energy Industry*' Silicon Valley Toxics Coalition, januari 2009.
- Turkenburg, W. (2004). '7. Energiebesparing'. In: *Energietransitie richting duurzaamheid: het technologisch perspectief. Achtergrondstudie bij het advies 'Energietransitie: klimaat voor nieuwe kansen' van de VROM-raad en de Algemene Energieraad*. Utrecht: Copernicus Instituut, Universiteit Utrecht, november 2004.
- VSL (2009). *OpgeLED. Minder opbrengst dan verwacht*. Delft: VSL, maart 2009.
- van Wee, B., Moll, H. & Dirks, J. (2000). 'Environmental Impact of Scrapping Old Cars'. In: *Transportation Research, Part D 5* (2000), pp 137- 143.

ESSAY



Auteur

Kris De Decker

Freelance journalist, oprichter lowtechmagazine.com

INFORMATIE

Een energievreter in opkomst

Inleiding

Het aantal elektronische gadgets in huis en op kantoor blijft groeien, en het einde van die trend is voorlopig nog niet in zicht. Mobiele telefoon, cd-speler, draagbare muzikspeler, harddiskrecorder, breedbeeldtelevisie, digitale (video-)camera en uiteraard de personal computer, in al zijn verschijningsvormen – desktop, laptop, netbook, zakcomputer, spelconsole – en met alle randapparatuur die erbij hoort – printers, scanners, monitors, cd-schrijvers, draadloze modems, draagbare harde schijven – zijn tegenwoordig niet meer weg te denken. Samen met het aantal gadgets nemen ook de informatiestromen toe. Het aantal enen en nullen (de elementaire bestanddelen van digitale communicatie) dat via infrastructuurnetwerken zoals internet en de mobiele telefooninfrastructuur wordt uitgewisseld, groeit duizelingwekkend.

Deze digitale informatierevolutie heeft ons veel voordelen gebracht. Via de mobiele telefoon zijn we altijd en overal bereikbaar. Geschreven berichten kunnen in een oogwenk naar de andere kant van de wereld worden verstuurd, muziek en film kunnen ‘virtueel’ worden uitgewisseld, een digitaal boek of rapport kan met één klik worden geraadpleegd. Op een draagbare harde schijf, niet groter dan een portefeuille, past een hele film-, foto- of muziekcollectie en op een usb-stick van slechts een halve vinger groot, past het oeuvre van elke schrijver. Een digitale foto of film kan meteen na opname bekeken worden en via beeldsoftware eenvoudig worden bewerkt en gemanipuleerd. De mogelijkheden en prestaties van computers, televisies en computerschermen nemen steeds verder toe en het einde van deze ontwikkelingen is nog lang niet in zicht.

De digitale informatierevolutie heeft echter ook een schaduwzijde. Het totale energieverbruik van al deze technologie stijgt onrustbarend snel. Volgens een rapport van het Internationaal Energie Agentschap (IEA) zal het globale stroomverbruik van computers, mobiele telefoons, breedbeeldtelevisies, iPods en andere elektronische gadgets tegen 2020 verdubbeld en tegen 2030 verdrievoudigd zijn (IEA 2009). Om dat op te vangen, is een extra elektriciteitsproductie nodig van 280 gigawatt (577 keer de kernenergiecentrale in Borssele). Sinds 1990 steeg het stroomverbruik van ICT-apparatuur thuis met bijna 7% per jaar. Wereldwijd komt momenteel 15% van de huishoudelijke elektriciteitsconsumptie voor rekening van informatie- en communicatietechnologie (International Energy Association 2009).

Het stroomverbruik van elektronica stijgt het snelst in groeilanden zoals China en India, maar ook in de westerse landen vertoont het verbruik van gadgets nog altijd een stijgende lijn. Van 1990 tot 2006 steeg het elektriciteitsverbruik in een gemiddeld Nederlands huishouden met 20%, een groei die bijna volledig te wijten is aan informatie- en communicatietechnologie. Vandaag slokken entertainment, computers en gadgets al 25% van het stroomverbruik op in een gemiddeld Nederlands gezin, tegen 2020 zal dat bijna de helft zijn. Het verbruik van ICT in alle Nederlandse huishoudens samen zal verdubbelen van 6 terawattuur (TWh) in 2006 naar 11,7 TWh in 2020 (Clever & Verweij 2008).

Deze cijfers onderschatten daarnaast het gewicht van informatie- en communicatietechnologie binnen het totale energieverbruik. Er wordt geen rekening gehouden met de energie die het kost om al die apparatuur te produceren ('ingebodde' of 'indirecte' energie), met het energieverbruik van de infrastructuur daaromheen (bijvoorbeeld het internet of het mobiele telefoonnetwerk), en met de energie die het kost om elektriciteit aan te maken: elektriciteitscentrales hebben maar een efficiëntie van ongeveer 40%, en om 100 watt elektriciteit uit het stopcontact te halen, heb je dus tweeënhalf keer zoveel energie nodig. Deze factoren wegen nochtans zwaarder door dan het stroomverbruik in huis. De schattingen die wel rekening houden met alle aspecten, voorspellen dat het aandeel van ICT in het totale wereldwijde elektriciteitsverbruik in 2020 kan oplopen tot 20% (Sustainable Visionary Innovation 2008).

In dit essay wordt het energieverbruik van gadgets en informatiestromen nader uitgewerkt. De digitale revolutie wordt in het brede spectrum van eerdere technologische revoluties geplaatst. Niettemin blijkt de digitale informatierevolutie aantoonbaar meer energie te kosten dan eerdere vormen van informatisering. Anderzijds zijn er ook voordelen en levert het gebruik van ICT ook besparingen op. Toch is het van belang om maatregelen te nemen om het groeiende energieverbruik van digitale technologie tegen te gaan. Ten slotte worden vier scenario's geschetst waarmee het terugdringen van het energieverbruik voor informatiestromen binnen handbereik komt te liggen.

Stoomkracht en elektriciteit

De informatierevolutie die we nu doormaken is niet de eerste uit de geschiedenis. Meer dan 5.000 jaar geleden zorgde de uitvinding van het schrift ervoor dat zowel de overlevering als de geografische verspreiding van informatie veel makkelijker werd. In veel antieke beschavingen ontstonden bibliotheken, post- en communicatiesystemen, scholen en een bureaucratische 'papiermolen' die in essentie weinig verschilden van die van onze moderne maatschappij (James & Thorpe 1994; McClellan & Dom 2006).

De boekdrukkunst (die het kopiëren van informatie aanzienlijk versnelde) ontstond in Europa al in de vijftiende eeuw, maar omdat er gebruik werd gemaakt van ambachtelijke druktechnieken, bleven de oplagen eeuwenlang klein en waren kranten en boeken alleen betaalbaar voor de elite. Tot halverwege de negentiende eeuw vernamen de meeste mensen nieuws en andere informatie dan ook voornamelijk door mondelinge overlevering, via stadsomroepers en kerkespraak (na de preek). Postbezorging en persoonlijke communicatie vonden nog altijd op dezelfde manier plaats als tijdens de oudheid: via koeriers te paard, een netwerk van tussenstations om van paard te wisselen en postduiven (Lintsen 1992).

Pas met de komst van de stoommachine kwam de massaproductie van kranten, weekbladen en boeken op gang. Stoomkracht maakte het productieproces van zowel papier als drukwerk veel efficiënter en goedkoper, waardoor veel grotere oplages mogelijk werden en de kostprijs van een exemplaar aanzienlijk kon dalen. De vernieuwingen in de transportsector (fietsen, stoomboten, stoomtreinen) versnelden de verspreiding van dat drukwerk. De meeste dagbladen die we nu kennen, ontstonden in het laatste kwart van de negentiende eeuw (Lintsen 1992). Stoomkracht bracht ook elektriciteit en elektriciteit bracht vervolgens de telegraaf, de telefoon, de radio en de televisie. Fax en videorecorder maakten ten slotte in de jaren zeventig van de vorige eeuw de analoge informatierevolutie compleet.¹

Wat kost het?

Analoog en digitaal verbruik

De analoge informatie- en communicatietechnologie blijft de eerste driekwart van de twintigste eeuw een relatief verwaarloosbare bron van stroomverbruik thuis, in vergelijking met verlichting en koeling. Dat is anders met de digitale technologie. Die brengt niet alleen veel meer apparaten, maar het stroomverbruik ervan ligt in vergelijking met analoge apparatuur vaak ook hoger. Bovendien blijft het elektriciteitsverbruik van een aantal wijdverspreide digitale technologieën – met name computers en televisies – jaar na jaar stijgen. Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld koelkasten of wasmachines, die steeds zuiniger worden.

Terwijl een analoge radio met 2 watt tevreden is, heeft een digitale radio gemiddeld 8,5 watt nodig en kost het beluisteren van radio via de computer of de digitale televisie nog eens 10 tot 20 keer meer elektriciteit (Owen 2007). Een verschil van 6,5 watt lijkt weinig, maar het gaat hier wel over zo'n 7 miljoen toestellen (het aantal huishoudens in Nederland), en analoge radio-uitzendingen worden in 2015 stopgezet. Hetzelfde geldt voor de televisie, een al even wijdverbreide technologie. Een analoog televisietoestel verbruikt zelden meer dan 100 watt, terwijl het gemiddelde verbruik van een lcd-televisie nu gemiddeld 213 watt bedraagt en dat van een plasmatelevisie 339 watt (Katzmaier 2009). Een set-top box (een toestel voor digitale

1 Bij digitale technologie wordt het oorspronkelijke signaal omgezet naar een binaire code (een opeenvolging van enen en nullen), terwijl het overgebrachte signaal bij analoge technologie steeds gelijk is (analoog is) aan het oorspronkelijke signaal. Digitale technologie heeft onder meer als voordelen dat fouten in de data-overdracht gecorrigeerd kunnen worden en grote hoeveelheden informatie efficiënt kunnen worden opgeslagen.

televisieontvangst op analoge toestellen) verbruikt gemiddeld 7,1 watt. De gemiddelde beelddiameter van televisies blijft stijgen, wat vanzelfsprekend van invloed is op het energieverbruik, en het aantal televisies per huishouden neemt eveneens toe (Clever & Verweij 2008).

Daarnaast ligt het stand-by verbruik van digitale apparaten veel hoger dan dat van analoge apparaten – soms is het verbruik bijna even hoog als wanneer het toestel aanstaat. Het stand-by verbruik van een hard-diskrecorder bedraagt bijna 10 watt, dat van een set-top box 6,4 watt en dat van een digitale radio 5 watt. Scanners en printers hebben een stand-by verbruik van respectievelijk 5 en 3,5 watt, bij een lcd-televisie bedraagt het ongeveer 2,5 watt. Dat tikt aardig aan: bijna 24% van het stroomverbruik van gadgets komt voor rekening van stand-by verbruik. Draadloze modems worden door bijna niemand uitgeschakeld en verbruiken dus 24 uur per dag elektriciteit, ook als ze niet gebruikt worden (Clever & Verweij 2008).

'Ingebedde' energie

Het hoge stroomverbruik van digitale apparatuur is maar het topje van de ijsberg. De fabricage van microchips (het brein van elke elektronische gadget) is een zeer energie-intensief proces. Gecombineerd met de typisch korte levensduur van digitale apparatuur (een computer wordt na gemiddeld drie jaar vervangen, een mobiele telefoon na minder dan twee jaar) zorgt dat ervoor dat de energie die verbruikt wordt tijdens het productieproces, minstens even zwaar meeweegt als de elektriciteit die de apparaten tijdens hun levensduur verbruiken. Alleen al de ingebedde energie van een geheugenmodule overtreft het energieverbruik van een laptop tijdens een levensduur van drie jaar (De Decker 2009).

Het is opvallend dat er gedetailleerde cijfers te vinden zijn over het huishoudelijk stroomverbruik van digitale apparatuur, terwijl die voor het energieverbruik van productie nauwelijks voorhanden zijn. Een levenscyclusanalyse van een complex product vraagt veel tijd en dus is het gadget al verouderd voordat de resultaten bekend kunnen worden gemaakt. Toch zijn de uitkomsten van oudere apparatuur veelzeggend. Een levenscyclusanalyse van een desktopcomputer uit 1990 (nog altijd het meest actuele onderzoek, gepubliceerd in 2004) stelt dat 83% van het totale elektriciteitsverbruik het gevolg is van de productie van de machine, terwijl slechts 17% wordt verbruikt via het stopcontact thuis (Williams 2004).

Volgens een Zwitsers onderzoek uit 2004 geldt dat ook voor telefoons: 50% van het totale energieverbruik van het mobiele telefoonnetwerk komt voor rekening van de productie van de mobieltjes (de ontginning van de grondstoffen, de fabricage van de componenten, het in elkaar zetten van het toestel en het transport), slechts 5 tot 15% is het gevolg van het opladen van de telefoons thuis. De resterende 35 tot 45% komt voor rekening van het gsm-netwerk zelf (Emmenegger 2004).

Een mobiele telefoon kan in principe tien jaar of langer gebruikt worden, maar er zijn tientallen redenen om het toestel vroegtijdig te vervangen. Aanvankelijk werden mobieltjes omgewisseld omdat ze steeds kleiner en lichter werden. Vervolgens kwam de gsm met ingebouwde camera opzetten, vergezeld van een kleurenscherm. Die camera's worden nu elk jaar beter, opnieuw een reden om regelmatig een nieuw toestel te kopen. Ondertussen nam het geheugen van de apparaten toe, werd het scherm groter en kwamen er telefoons op de markt met een uitklapbaar of uitschuifbaar toetsenbord om makkelijker tekstberichten te versturen. Daarna was het de beurt aan toestellen met een ingebouwde mp3-speler, telefoons met een aanraakscherm en mobieltjes met een ingebouwd GPS of met toegang tot internet. Los van al die technische

verbeteringen, en zeker van niet te onderschatten belang, geldt het mobieltje ook als modeaccessoire en statussymbool. Reden genoeg om het toestel regelmatig te vervangen.

Schijnbaar ecologische oplossingen, zoals ingebouwde zonnepaneeltjes, zijn met de korte levensduur van gadgets een slecht idee. Een zonnecel op een snel verouderend apparaat als de mobiele telefoon of de muzikspeler wint nooit de energie terug die de productie ervan vroeg (De Decker 2008). Met de hand opwindbare gadgets zijn een beter idee, omdat de productie van zo'n opwindmechanisme nauwelijks energie kost. Maar gezien het relatief beperkte effect van de gebruiksfase in het totale energieverbruik, gaat het hier dus niet om een mirakeloplossing.

De communicatie-infrastructuur

Behalve het stroomverbruik van de apparaten zelf en de energie die het kost om ze te vervaardigen, is er ook nog het energieverbruik van de communicatie-infrastructuur – het internet en het mobiele telefoonnetwerk. De eerder aangehaalde Zwitserse studie (Emmenegger 2004) stelt dat telefoneren over een mobiel netwerk bijna drie keer zoveel energie kost dan via een vast netwerk. Volgens de onderzoekers komt de overdracht van één gigabyte informatie over het gsm-netwerk (ongeveer 500 minuten bellen) overeen met het energieverbruik van 220 kilometer autorijden. Zoals vermeld is de infrastructuur goed voor 35 tot 45% van het totale energieverbruik van mobiele telefonie, tegenover 50% voor de productie van de telefoons en 5 tot 15% voor het opladen van de telefoons. De overschakeling van gsm naar netwerken van de derde generatie (UMTS), waardoor het mogelijk wordt om via de mobiele telefoon ook het internet te raadplegen, drijft het energieverbruik nog verder op: er zijn 50% meer zendmasten voor nodig die 4 keer zoveel energie verbruiken.

Ook het internet is een slokop van elektriciteit. Het aanbieden en rondsturen van bits en bytes kost opmerkelijk veel energie. Elke zoekopdracht, elke e-mail en elke geraadpleegde webpagina produceert ergens ter wereld rook uit de schoorsteen van een energiecentrale. Enerzijds is er de netwerkinfrastructuur, die bestaat uit machines en zorgt voor het verkeer van bits en bytes: routers, hubs, switches en optische terminals. Anderzijds zijn er de machines die alle informatie bewaren. Alle informatie die op internet geraadpleegd kan worden, staat ergens op de harde schijf van een computer – dat zijn de zogenaamde 'servers' die op elkaar gestapeld staan in 'datacenters' of 'datahotels'. Servers zijn meestal erg krachtige computers, die 24 uur per dag actief zijn. Datacenters zijn kantoorgebouwen die ondertussen al tot 30 megawatt energie verbruiken, terwijl dat aan het begin van dit decennium slechts een paar megawatt was. Bijna de helft van het energieverbruik in een datacenter komt daarbij niet zozeer voor rekening van opslag, maar van de koeling van de servers.

Een (relatief klein) datacenter van Google in Groningen is volgens het Energie Centrum Nederland goed voor 7% van het elektriciteitsverbruik in die stad (Sijpheer 2008). Voor heel Nederland schat het rapport het elektriciteitsverbruik van servers in zowel kantoren als datahotels op 2,8 terrawattuur, vergelijkbaar met het jaarlijkse elektriciteitsverbruik van 875.000 huishoudens (meer dan 10% van de huishoudens in Nederland). Gartner, een gerenommeerd Amerikaans onderzoeks- en informatiebureau in de ICT-wereld, schat het aandeel van datacenters in de totale CO₂-uitstoot van informatie- en communicatietechnologie wereldwijd op 23% (Gartner 2007).

Totale energieverbruik ICT

De servers en de netwerkinfrastructuur moeten natuurlijk ook geproduceerd worden, net zoals de gadgets waarmee wij de informatie ontvangen en verzenden. Servers en routers gaan echter langer mee dan de apparatuur van eindgebruikers, zodat de energie van het productieproces hier een stuk minder zwaar weegt. Alles bij elkaar (apparatuur van eindgebruikers, datacenters, netwerkinfrastructuur) wordt het aandeel van de productie in het totale elektriciteitsverbruik van ICT wereldwijd geschat op 25%, en daarmee is het volgens een schatting van Gartner verantwoordelijk voor 2% van de wereldwijde CO₂-uitstoot (Gartner Newsroom 2007). In Nederland wordt het elektriciteitsverbruik van de productie van ICT-apparatuur geraamd op 20% van het totale elektriciteitsverbruik van ICT: 2 terawattuur per jaar, boven op de 8 terawattuur afkomstig van het elektriciteitsverbruik van zowel eindapparatuur, netwerkinfrastructuur en huishoudens. Het totale elektriciteitsverbruik van ICT-technologie in Nederland in 2006 bedroeg dus 10 terawattuur of bijna 10% van het totale elektriciteitsverbruik. Zonder bijkomende maatregelen zou dat in 2020 (exclusief productie) oplopen tot 16,4 terawattuur, blijkt uit een berekening van het ministerie van EZ, en dat is evenveel als het huidige stroomverbruik van 5,1 miljoen huishoudens (Clever & Verweij 2008).

Levert het ook iets op?

Milieuvoordelen van ICT

Het internet levert natuurlijk ook milieuvoordelen op. Een krant die we via onze computer op het internet raadplegen, hoeft niet meer gedrukt en getransporteerd te worden. Wie internetbankiert, hoeft niet meer in de auto te stappen om naar de bank te rijden. Producten kopen via internet bespaart een rit naar de winkel en het downloaden van software, muziek en film haalt vrachtwagens van de weg. Videoconferencing belooft vliegreizen overbodig te maken, thuiswerkers hoeven niet meer aan te schuiven in de file.

Of de balans positief is, valt echter nog te bezien. Een levenscyclusanalyse van het Zweedse Royal Institute of Technology (Moberg 2007) vergeleek het energieverbruik van een papieren krant met dat van een elektronische krant. De analyse weegt alle factoren mee, inclusief papierproductie, drukwerk, de ontginning van de grondstoffen en de fabricage van de internetinfrastructuur en de computers (waarvan maar een deel wordt toegewezen aan het lezen van de elektronische krant). De enigszins merkwaardige conclusie: een elektronische krant verbruikt meer energie dan een papieren krant zodra de leesduur meer dan 30 minuten bedraagt – als tenminste wordt aangenomen dat de papieren krant door 2,4 mensen gelezen wordt. Over die cijfers kan gediscussieerd worden (de onderzoekers baseerden hun berekening bijvoorbeeld op een energiegeulzige desktopcomputer), maar duidelijk is wel dat het internet niet zomaar tot milieuwinst leidt.

Digitale technologie kan ook milieuwinst met zich meebrengen in andere domeinen, zoals het efficiënter aansturen van een energiecentrale, de ontwikkeling van efficiëntere transportmiddelen of het inzetten van energiebesparende domotica. Hoewel de ecologische voetafdruk van informatie- en communicatie-technologie in 2020 zou verdrievoudigen tot 1,4 gigaton CO₂-equivalenten, ondanks het volop inzetten van energie-efficiënte technologie, zou ICT in 2020 wel een besparing kunnen opleveren van 7,8 gigaton CO₂-equivalenten in andere sectoren, zodat de balans dus positief is (The Climate Group 2008).² In dit

onderzoek – uitgevoerd door de fabrikanten van ICT – wordt echter het energieverbruik van de productie van de apparatuur zwaar onderschat (De Decker 2009).

Groene informatie- en communicatietechnologie

Tien jaar geleden lag niemand wakker van het energieverbruik van informatie- en communicatietechnologie, maar sinds enkele jaren staat het hoog op de agenda van zowel milieuorganisaties, overheden en bedrijven. Vooral het terugschroeven van het energieverbruik van servers en datahotels staat in de belangstelling. In 2007 richtte de sector daar in samenwerking met universiteiten en onderzoeksinstituten speciale organisaties voor op: The Green Grid (<http://www.thegreengrid.org>) op internationaal niveau, en de Stichting GreenICT (<http://www.greenict.org>) en het daarvan afgeleide Innovatie Platform Duurzame ICT (<http://www.iipduurzameict.nl>) in Nederland. Deze samenwerkingsverbanden onderzoeken en promoten de mogelijkheden tot energie-efficiëntie in datahotels en netwerkinfrastructuur: het inzetten van efficiëntere servers, het ontwerp van veel zuiniger koeltechnieken, het toepassen van virtualisatie (software die toelaat dat servers hun capaciteit veel beter benutten), de invoering van ‘power management’ (waarbij machines worden uitgezet als ze niet actief zijn), en het vervangen van koperkabels door glasvezelkabels (die veel efficiënter zijn). Steeds meer datacenters en bedrijven implementeren die toepassingen ook (Oracle 2008).

Er worden ook inspanningen geleverd om de productiemethoden efficiënter te maken. De fabrikanten van microchips streven er op eigen initiatief naar om het energieverbruik van hun productieprocessen tegen 2022 te halveren (ITRS 2007). Het Innovatie Platform Duurzame ICT ontwikkelt optische glasvezelkabels gemaakt uit organisch afval. Greenpeace brengt jaarlijks een stand van zaken uit over de milieu(on-)vriendelijkheid van de productiemethoden van gadgets, de ‘Guide to greener electronics’, waarmee steeds meer fabrikanten rekening houden (Greenpeace 2010). Er wordt geëxperimenteerd met gerecycleerde materialen, efficiëntere productiemethoden en milieuvriendelijker verpakkingen.

Het Climate Savers Computing Initiative, een wereldwijde organisatie opgericht door Google en chipfabrikant Intel, promoot de ontwikkeling van energie-efficiënte consumentenapparatuur – daarbij gesteund door een groot aantal milieuorganisaties (CSC 2010). De nadruk ligt op powermanagement en op het terugdringen van stand-by verbruik en ‘sluipverbruik’ (het energieverlies dat optreedt als een apparaat is uitgeschakeld, maar de stekker nog in het stopcontact zit). Stand-by vermogen en sluipverbruik zijn meestal relatief laag, maar omdat het om veel apparaten gaat die dan vaak ook nog eens 24 uur per dag in de stand-by stand staan of aan het net gekoppeld zijn, loopt het totale energieverbruik ervan wel aanzienlijk op.

2 Ter vergelijking: op de klimaatop in Kopenhagen in 2009 werd een visuele representatie neergezet van 1 ton CO₂, de hoeveelheid die per maand door de gemiddelde westerse mens wordt geproduceerd. Dit komt overeen met een flatgebouw van drie verdiepingen. Zie voor meer details <http://www.millenniumart.org>.

Scenario's voor besparing

In de ICT-sector lijkt de wil aanwezig om tot minder energieverbruik te komen, maar hoe krijg je dat precies voor elkaar? Dat verbruik kan op verschillende manieren worden aangepakt die hieronder in vier scenario's zijn uitgewerkt. Het eerste scenario gaat over het ontwerpen en gebruiken van efficiëntere apparatuur. Het tweede scenario betreft het terugschroeven van de informatievraag. Het derde scenario gaat over het verstandig omspringen met de mogelijkheden van informatie- en communicatietechnologie en het vierde scenario verkent de mogelijkheid van het verhogen van de energieprijis.

Het is van essentieel belang om de verschillende strategieën te combineren. Op zichzelf hebben de drie eerste scenario's immers slechts een beperkt, of zelfs geen effect. Het vierde scenario (een hogere energieprijis) kan wel op zichzelf voor een verlaging van het energieverbruik zorgen, maar in dit geval is de combinatie met de andere strategieën nodig om economische groei en technologische innovatie te kunnen behouden.

Scenario I: energie-efficiëntie

Het potentieel van energie-efficiënte technologie is bijzonder groot. Volgens het eerder aangehaalde rapport van het IEA (2009) zou het huidige huishoudelijke stroomverbruik van informatietechnologie met 40% kunnen worden teruggebracht als gebruik zou worden gemaakt van de al beschikbare energie-efficiënte technologie. Volop inzetten op het verder ontwikkelen van energie-efficiëntie zou volgens hetzelfde rapport bijna de volledige stijging van het huishoudelijke stroomverbruik in 2030 kunnen opvangen (260 van de 280 gigawatt).

Het stand-by verbruik en sluipverbruik kan flink naar beneden. In Nederland komt 24% van het stroomverbruik van gadgets voor rekening van stand-by verbruik en sluipverbruik (Clever & Verweij 2008). Dat energieverbruik kan niet volledig worden geëlimineerd: stand-by verbruik is niet altijd nutteloos. Bij harddiskrecorders en set-top boxen is het functioneel omdat er op een later tijdstip opgenomen gaat worden of omdat er informatie wordt ontvangen. Bovendien is stand-by is vooral ook erg handig voor de gebruiker, zeker in het geval van computers, die veel tijd nodig hebben om op te starten. Niettemin kan het sluipverbruik volledig geëlimineerd worden. De technologie daarvoor bestaat, maar wordt niet toegepast.

Slimme energiemeters kunnen consumenten bewuster maken van het energieverbruik van bepaalde apparaten, en dat kan leiden tot een besparing van 10% in het huishoudelijke elektriciteitsverbruik (Telematica Instituut 2008).

Aangepaste hardware en software (bijvoorbeeld powermanagement) kan de batterij sparen. Mobiele apparaten zoals laptops en mobiele telefoons maken daar al gebruik van; een laptop is daardoor ongeveer drie keer zuiniger dan een desktop. Deze techniek zou ook voor grotere toestellen zoals computers en televisies kunnen worden ingezet (een televisietoestel zou bijvoorbeeld via een sensor het beeld tijdelijk kunnen uitschakelen als er niemand in de kamer is). Daarnaast verspillen de meeste softwaretoepassingen een enorme hoeveelheid energie. Het verbruik van een computer is geen vaststaand gegeven: het hangt ook af van de programma's die erop draaien. Zuiniger geschreven software heeft dus op zijn minst evenveel potentieel voor energiebesparing als zuiniger hardware (Sustainable Visionary Innovation 2008).

Strengere maatregelen van de overheid kunnen ook van invloed zijn. De producenten van gadgets hebben weinig belang bij energie-efficiëntie: het maakt hun producten vaak duurder, terwijl consumenten meestal niet letten op het energieverbruik, maar wel op de aankoopprijs. Hier ligt dus een taak voor de overheid, die eerder ook al (met succes) het energieverbruik van andere huishoudelijke apparatuur regelde. De Europese Unie legde al regels op voor het stand-by verbruik (Taylor 2008) en introduceerde dit jaar een energielabel voor televisies (Anonymous 2009). Een andere maatregel die de overheid zou kunnen nemen is dat draagbare gadgets zoals muziekspelers en telefoons verplicht met een opwindmechanisme moeten worden opgeladen.

Ook in datahotels kan veel winst worden geboekt door energie-efficiëntere technologie. In de Nederlandse datahotels zou jaarlijks 0,32 terawattuur bespaard kunnen worden (gelijk aan het jaarlijkse elektriciteitsverbruik van ongeveer 100.000 huishoudens) als gekoelde en opgewarmde lucht beter van elkaar gescheiden zouden worden. Dat kan door elke gang tussen de serverkasten tot aan het plafond af te sluiten, een goedkope en eenvoudige maatregel waardoor er minder koude lucht moet worden aangevoerd. Ook kan de noodstroomvoorziening veel efficiënter en kan er (zeker in Nederland) meer gebruik worden gemaakt van natuurlijke koeling. Door deze maatregelen kan het elektriciteitsverbruik dat nu in Nederlandse datacenters aan koeling en andere hulpfuncties wordt besteed, teruglopen van gemiddeld 30% tot 10%, zodat dus 90% van het energieverbruik effectief naar het aandrijven van de servers gaat. Wanneer ook de serverruimten en ICT-apparatuur in kantoren hierin worden meegenomen, kan de totale energiebesparing verdubbelen (Sijpheer 2008).

Energiezuinige servers en virtualisatie kunnen het energieverbruik van de IT-apparatuur zelf tegen 2011 met 25% verlagen (EPA 2007). Alles bij elkaar zouden energie-efficiëntie in datahotels en bij consumentenapparatuur de stijging van het stroomverbruik van ICT in Nederland in 2020 kunnen beperken tot 12,7 TWh in plaats van 16,4 TWh – een besparing die overeenkomt met het stroomverbruik van meer dan 1,1 miljoen huishoudens (Clever & Verweij 2008). Een soortgelijke evolutie kan ook de mobiele telefooninfrastructuur efficiënter maken. In tegenstelling tot de aanbieders van gadgets hebben producenten van computerchips en uitbaters van datacenters wel baat bij energie-efficiëntie, omdat een lager energieverbruik hen een competitief voordeel oplevert. Hier is dus wellicht minder druk van de overheid nodig.

De beperkingen van energie-efficiëntie

Het aanmoedigen van energie-efficiëntie is van fundamenteel belang, en verdere technologische doorbraken zullen zeker volgen, maar het is zeer de vraag of dat volstaat om het energieverbruik van informatietechnologie te verminderen. Zo zal alleen al het aantal computers wereldwijd toenemen van 600 miljoen in 2002 tot 4 miljard in 2020 (The Climate Group 2008). Dat is een toename van bijna 700%, dus zelfs als computers tegen die tijd zeven keer zuiniger zijn dan in 2002 (en dat zowel qua verbruik als qua ingebedde energie) is er nog geen sprake van een reductie in het energiegebruik. Hoogstens kan op die manier het stijgende verbruik enigszins in toom worden gehouden, wat de cijfers van het Internationaal Energie Agentschap ook aantonen: zelfs als we de komende 20 jaar grote inspanningen doen op het vlak van energie-efficiëntie, zullen er in 2030 wereldwijd nog altijd voor 20 gigawatt nieuwe elektriciteitscentrales nodig zijn voor het aandrijven van al onze gadgets thuis. Energie-efficiëntie is dus zeer belangrijk (want anders moeten er 280 grote centrales worden bijgebouwd), maar schiet tekort als we het energieverbruik van informatie- en communicatietechnologie willen verlagen.

Meer aan het internet gekoppelde apparaten betekent ook meer datacenters en meer netwerkinfrastructuur. Het aantal servers zal stijgen van 18 miljoen tot 122 miljoen in 2020. Het aantal routers zou, onder invloed van de verdere verspreiding van breedbandverbindingen, toenemen van 67 miljoen tot 898 miljoen (The Climate Group 2008). Volgens een rapport van netwerkleverancier Cisco verdubbelt het internetverkeer wereldwijd om de twee jaar: een groeipercentage van gemiddeld 50% per jaar (Cisco 2009). In 2008 nam het internetverkeer zelfs toe met 64% (TeleGeography 2009). Dat betekent dat het energieverbruik van datacenters en netwerkinfrastructuur jaarlijks zou moeten halveren om die groei op te vangen, wat niet realistisch is. Bovendien bereikt energie-efficiëntie uiteindelijk een plafond, terwijl de vraag blijft groeien. Hoewel er in datacenters ruime mogelijkheden zijn voor energiebesparing, zal dat dus niet kunnen verhinderen dat het totale energieverbruik van datacenters blijft stijgen (The Green Grid 2008). Hetzelfde geldt voor de productie van microchips: na 2022 voorzien de fabrikanten geen betekenisvolle vooruitgang meer, en al vanaf 2015 vlak de winst aanzienlijk af.

Een tweede beperking van energie-efficiëntie is dat die technologie vaak wordt omgezet in extra toepassingen of hogere prestaties in plaats van in energiebesparing. De op zich veel zuiniger lcd-technologie bracht ons geen zuiniger televisies, maar grotere beeldschermen. Microchips zijn vele malen efficiënter geworden, maar een desktopcomputer verbruikt steeds meer energie omdat er steeds meer en krachtiger microchips in worden gestopt. Ironisch genoeg wordt een aanzienlijk deel van die extra computerkracht (en dus het extra energieverbruik) grotendeels ingenomen door een steeds gulziger besturingssysteem, bijvoorbeeld Windows Vista (Microsoft 2010). Het stroomverbruik van mobiele apparaten zoals laptops en mobiele telefoons blijft dan weer min of meer gelijk, ondanks de toegenomen efficiëntie. In dit geval kan het energieverbruik niet blijven stijgen, want dan zou de batterij te snel worden uitgeput (batterij-technologie evolueert veel trager dan elektronica). Maar evengoed worden de winsten die met efficiëntere technologie behaald worden, omgezet in extra functies in plaats van in energiebesparing. Een soortgelijke trend bestaat bijvoorbeeld ook bij auto's, waardoor de claim dat ICT energiebesparing oplevert in andere sectoren, wordt ondergraven.

Het gevaar bestaat dus dat energie-efficiëntie uiteindelijk niet minder maar meer energieverbruik als gevolg heeft. Toen er nog gebruik werd gemaakt van vacuümbuizen in plaats van transistors op een chip ('microchips' of 'geïntegreerde circuits'), liep het stroomverbruik van een computer op tot 140 kilowatt (ENIAC 2008). Vandaag zijn computers honderdduizenden keren efficiënter (niet alleen verbruiken ze 1.000 keer minder, ze zijn ook veel krachtiger dan toen), maar precies dankzij die fors verbeterde energie-efficiëntie staan ze nu op ieders bureau. Zonder de doorbraak in energie-efficiëntie was er van de personal computer geen sprake geweest. Inmiddels overtreft het verbruik van die vele efficiëntere computers samen natuurlijk wel het verbruik van de computers met vacuümbuizen. Hoe energie-efficiënter micro-elektronica wordt, hoe meer toepassingen er mogelijk worden. Mobiele telefoons, draagbare muziekspelers en netbooks zijn recentere voorbeelden van toestellen die alleen maar konden ontstaan dankzij steeds efficiëntere microchips. Verdere verbeteringen in energie-efficiëntie zullen dus ongetwijfeld tot nieuwe toepassingen leiden, zonder dat we vandaag kunnen voorspellen welke dat zullen zijn, maar waarschijnlijk ook tot meer energieverbruik.

Scenario 2 : Het terugschroeven van de informatievraag

Wil energie-efficiëntie zich effectief vertalen in een reductie van het energieverbruik, dan moet ook de vraag naar informatietechnologie worden teruggeschoefd. Deze strategie is vergelijkbaar met het terug-

dringen van de transportvraag en het autogebruik, en ligt net zo gevoelig. Daarbij loert ‘eco-fascisme’ om de hoek. Want wat gaan we precies verbieden, en wat laten we toe? Stellen we maximale afmetingen in voor televisietoestellen, beperken we het aantal televisies per huishouden, of leggen we televisiekijkers een maximum kijkduur op? Stellen we downloadlimieten in voor internetgebruikers? Beperken we het aantal e-mails dat iemand mag versturen? Het is moeilijk in te zien hoe de overheid de vraag naar bepaalde informatietechnologie kan terugdringen zonder autoritair op te treden. Verdere technologische vooruitgang op het gebied van energie-efficiëntie zou op die manier ook gehinderd kunnen worden, want de inspiratie voor zuinige technologie komt niet zelden voort uit energie-intensieve toepassingen en producten.

Bovendien zijn deze doelstellingen dikwijls in conflict met de doelstellingen uit het mobiliteitsbeleid. Je kunt mensen stimuleren minder met de auto te rijden door ze thuis te laten werken, maar hoe zet je ze aan om minder gebruik te maken van informatietechnologie? Door zich opnieuw fysiek te verplaatsen, via de fiets bijvoorbeeld? Je kunt mensen stimuleren om de fiets te nemen in plaats van de auto, maar wat bied je ze aan als alternatief voor hun computer? Een schrijfmachine? Je kunt zakenmensen aanmoedigen om het vliegtuig in te ruilen voor videoconferencing, maar hoe pak je dan het groeiende energieverbruik van videoconferencing aan? Het terugschroeven van de informatievraag botst op zoveel problemen dat het praktisch gezien vrijwel onuitvoerbaar lijkt.

In theorie is het potentieel van deze aanpak nochtans groot. Het opleggen van een maximum beeld diameter voor televisies bijvoorbeeld, betekent niet dat we voortaan afgesneden zijn van wat er in de rest van de wereld gebeurt, terwijl er wel een aanzienlijke energiebesparing gerealiseerd zou worden. Belangrijk in deze context is dat het energieverbruik van informatie- en communicatietechnologie niet zozeer blijft stijgen door een groeiend aantal gebruikers, maar voornamelijk het gevolg is van een stijgend energieverbruik per persoon. We bezitten steeds meer apparaten (de draadloze modem, de set-top box en het netbook zijn een paar recente voorbeelden) en als we een apparaat vervangen is dat meestal door eentje dat meer energie verbruikt als de voorganger ervan. Het oude apparaat wordt bovendien meestal niet afgedankt: een oude computer vindt meestal wel een ander plaatsje, als persoonlijk toestel voor een ander familielid, als muzikspeler, als externe harde schijf of als exclusieve machine voor het downloaden van grote of risicovolle bestanden. Zo beschikt 20% van de huishoudens in Nederland met leerlingen uit het voortgezet onderwijs over vier of meer computers (Clever & Verweij 2008).

Hetzelfde verhaal gaat op voor internet: ondanks de snelle toename van het internetverkeer neemt het aantal internetgebruikers slechts relatief traag toe, in Nederland is er zelfs sprake van stagnatie, aangezien vrijwel de hele bevolking al toegang tot het internet heeft (Centraal Bureau voor de Statistiek 2006). Maar het aantal bits en bytes dat elke internetgebruiker ‘consumeert’ wordt elk jaar groter (Cisco 2009). Dat komt niet omdat we meer webpagina’s bekijken of meer tijd op internet spenderen. Het is een gevolg van de opkomst van fotomateriaal, muziek en vooral bewegende beelden, waardoor webpagina’s en toepassingen steeds zwaarder worden. Het ‘gewicht’ van een gemiddelde webpagina verdrievoudigde van 2003 tot 2008, en sinds 1995 werd de gemiddelde webpagina zelfs 22 keer zwaarder (King 2008). In 2012 zullen bewegende beelden maar liefst 90% van het dataverkeer over internet uitmaken (Cisco 2009). Van het internet opnieuw een exclusief tekstmedium maken, zou het stroomverbruik van het netwerk dus in één klap verwaarloosbaar maken. Maar dan worden toepassingen zoals videoconferencing natuurlijk wel onmogelijk (en dan komen we opnieuw in conflict met de doelstellingen van het mobiliteitsbeleid).

Het aanpakken van illegale downloads is ook een mogelijkheid om het dataverkeer en bijgevolg het energieverbruik te beperken – maar heeft ook grenzen. Al te strenge wetgeving op dit gebied is niet mogelijk en niet wenselijk, want daarmee raak je aan de fundamenteën van het internet. Het beeldmateriaal op internet bestaat hoofdzakelijk uit digitale televisie, online video en P2P-toepassingen ('Peer-to-peer', meestal het illegaal uitwisselen van films). Die laatste activiteit is sinds 2000 de belangrijkste reden van het toenemende dataverkeer op internet, maar volgens Cisco wordt deze toepassing in sneltreintempo ingehaald door online video. Vanaf 2010 zal (legale) online video belangrijker worden dan P2P, en in 2012 zal online video de grootste hap nemen uit het internetverkeer (50%). En dat is nog maar het begin, zegt Cisco, want pas daarna komen digitale televisie en videoconferencing goed op gang (Cisco 2009).

Spam is een andere illegale activiteit die extra verkeer en dus energieverbruik introduceert (zie bijvoorbeeld BBC 2009), maar ondanks wettelijke maatregelen moeilijk uit te roeien valt. Bewustmakingscampagnes kunnen mogelijk een bijdrage leveren in het terugdringen van het dataverkeer, bijvoorbeeld door mensen aan te zetten om online opgeslagen informatie (zoals oude e-mails) te wissen. Maar een blik op websites zoals Facebook of Flickr leert al gauw dat zo'n maatregel weinig zoden aan de dijk zet.

Scenario 3: verstandig gebruik

Een derde scenario is aansturen op een verstandig gebruik van informatie- en communicatietechnologie door de consument, waarbij die vrijwillig overgaat op energiebesparing omwille van een groeiend milieubewustzijn. Daar zijn verschillende mogelijkheden voor, die zeker indien gecombineerd met elkaar tot een betekenisvol resultaat kunnen leiden.

Een eerste – meest fundamentele – stap is dat de consument zich de vraag stelt of hij bepaalde producten en diensten eigenlijk wel nodig heeft. Is de aankoop van een nieuwe computer echt noodzakelijk, of kan de bestaande machine mits een upgrade nog best een paar jaar mee? Een tweede stap – als er dan toch voor de aanschaf van een bepaald product wordt gekozen – is een vrijwillige keuze voor de meest energie-efficiënte apparatuur. Een derde stap om vrijwillig tot energiebesparing over te gaan is de zelfdiscipline om apparaten of diensten (ongeacht hun energie-efficiëntie) zuinig te gebruiken. In veel gevallen komt dat neer op het beperken van de gebruiksduur – minder televisie kijken, minder telefoneren, enzovoort. Sommige apparaten en diensten – en dan met name computers en internet – bieden echter meer mogelijkheden daartoe. Het energieverbruik van een computer is in belangrijke mate afhankelijk van de software die er op draait. Een consument die overschakelt van een Windows- naar een Linux-besturingssysteem bespaart niet alleen geld, maar ook energie. Veel Linux-besturingssystemen vragen immers aanzienlijk minder computerkracht voor het uitvoeren van dezelfde computertaken.

Ook het energieverbruik van internet kan op die manier worden teruggeschroefd. Zo kan de consument ervoor kiezen om advertenties te blokkeren – een populair advertentiesysteem zoals Google AdSense vraagt erg veel processorcracht omdat de advertenties worden afgestemd op de inhoud van de pagina (Miller 2009). Dat is een besparing die gerealiseerd kan worden zonder aan comfort in te boeten – al zal ze niet naar de zin zijn van de aanbieders van informatie. Consumenten kunnen er natuurlijk ook voor kiezen om video's en 'zware' webpagina's of toepassingen te mijden – al ligt dat minder voor de hand omdat er in dat geval wel degelijk bepaalde mogelijkheden volledig moeten worden opgegeven.

Een belangrijke rol kan ook weggelegd zijn voor hulpmiddelen, zoals energiemeters of in apparaten ingebouwde displays die het exacte energieverbruik van een toestel aangeven. Door de consument meer inzicht te geven in het relatieve verbruik van zijn apparatuur, kan hij om te beginnen doeltreffender keuzes maken. Bovendien kan het gedetailleerd in kaart brengen van het energieverbruik ook een stimulans zijn om het steeds beter te doen, en dus een steeds lager energieverbruik als een zelf opgelegde uitdaging te gaan beschouwen. Sommige mensen publiceren bijvoorbeeld geregeld een verslag van hun maandelijks energieverbruik, inclusief grafieken en cijfergegevens waaruit blijkt dat een huishouden zonder al te veel moeite het elektriciteitsverbruik met twee derde kan terugdringen (zie bijvoorbeeld 'statistieken' op <http://www.solarwebsite.nl>). Naast die individuele inspanningen ontstaan ook steeds meer grotere samenwerkingsverbanden, waarbij tips en resultaten worden gedeeld en vergeleken (bv. klimaatwijken). Merk op dat computers en internet op deze manier een positieve invloed uitoefenen, niet alleen op het energieverbruik van ICT maar ook van andere sectoren.

De beperkingen van verstandig gebruik

De strategie van het groeiend consumentenbewustzijn kent twee belangrijke bezwaren. Ten eerste is de medewerking van de fabrikanten vereist om een vrijwillige energiebesparing mogelijk te maken. De consument wil misschien wel zijn computer tien jaar lang blijven gebruiken, maar dat gaat niet als zijn besturingssysteem al na vijf jaar of minder niet meer wordt ondersteund. De consument wil misschien wel zijn mobiele telefoon tien jaar gebruiken, maar een nieuwe batterij is onvindbaar of even duur als een nieuw toestel. De consument wil misschien wel een kleine lcd-televisie in plaats van een groot scherm, maar die is niet op de markt. De verkoopstrategie van de ICT-industrie is grotendeels gebaseerd op een snelle kunstmatige veroudering van gadgets – zal ook die vrijwillig worden afgebouwd? Ook de overheid heeft een verantwoordelijkheid: sommige consumenten zijn best tevreden met analoge televisie, maar iedereen wordt straks gedwongen om over te schakelen naar digitale technologie (op zijn minst door het plaatsen van een set-topbox op het analoge toestel).

Ten tweede valt te vrezen dat slechts een relatief klein deel van de bevolking zich aangesproken zal voelen tot de strategie van vrijwillige energiebesparing. Ook nu is het milieubewustzijn, ondanks alle sensibiliseringscampagnes, lang niet algemeen. Consuminderen is al jaren een populaire slogan, maar slechts een minderheid brengt die in de praktijk.

Scenario 4: Een hogere energieprijs

Een vierde manier om het energieverbruik van informatie- en communicatietechnologie aan te pakken, is het (fors) verhogen van de energieprijs. Het voordeel van deze strategie is dat ze zowel energie-efficiëntie stimuleert als de informatievraag terugschroeft, en dus beide voorgaande scenario's combineert, zonder specifieke producten of diensten te verbieden. Hoe hoger de energieprijs, hoe meer het loont voor de fabrikant om energie-efficiënte technologie om te zetten in zuiniger apparaten in plaats van in extra toeters en bellen. Een hogere energieprijs zal de consument immers doen uitkijken naar zuiniger apparatuur omdat die hem geld bespaart. Een hogere energieprijs dwingt fabrikanten dus om zuiniger technologie te ontwerpen en consumenten om zuiniger technologie te kopen.

Een verhoging van de energieprijs zou natuurlijk ook de productie van de apparaten duurder maken, en daarmee leiden tot een hogere aanschafprijs. Dat zal consumenten minder snel aanzetten tot vervangingsaankopen, waardoor de levensduur van de machines stijgt. Daarmee wordt opnieuw een grote energiebesparing gerealiseerd, aangezien de productie van de apparaten een belangrijke hoeveelheid energie opslokt. Fabrikanten kunnen de verloren inkomsten (op zijn minst gedeeltelijk) compenseren door software upgrades te verkopen. Een hogere energieprijs zou ook de hosting van een website duurder maken, omdat datacenters een hogere energierekening gepresenteerd zullen krijgen. Daardoor zullen mensen vanzelf minder beeldmateriaal op internet publiceren, en neemt de druk op het netwerk af. Videoconferencing zou duurder worden, maar vliegreizen evenzeer. Beide hebben immers fossiele brandstof nodig.

Deze strategie klinkt wellicht weinig aantrekkelijk, maar het grote voordeel is dat er een effectieve energiebesparing kan worden gerealiseerd zonder dat product vernieuwing, technologische vooruitgang, economische belangen of de keuzevrijheid van de consument worden gedwarsboemd. Als producenten van computers of televisies erin slagen om nieuwe mogelijkheden in te bouwen of grotere toestellen te maken terwijl ze tegelijk het energieverbruik verlagen, zal niemand ze tegenhouden. Als iemand met software op de proppen komt die de bandbreedte van een filmpje terugbrengt tot een paragraaf tekst, kunnen bewegende beelden op internet betaalbaar blijven. Een hogere energieprijs zou ongetwijfeld bepaalde uitwassen van informatietechnologie elimineren (of op zijn minst erg duur maken), maar er hoeft geen enkele communicatietechnologie te verdwijnen. Alles blijft mogelijk, alleen de regels van het spel veranderen: het energieverbruik van een toepassing bepaalt of die een belangrijke rol speelt of niet.

Zelfs een bedrijf als Microsoft zou zijn strategie kunnen behouden, alleen op een andere manier uitgevoerd. Om de overstap naar een volgende versie te rechtvaardigen, voegt Microsoft steeds meer toepassingen toe aan elke nieuwe versie van Windows, met alle gevolgen van dien voor het energieverbruik, maar ook voor de gebruiksvriendelijkheid. In plaats daarvan zou het bedrijf zich integendeel kunnen concentreren op opeenvolgende versies die juist minder energie verbruiken – en dan liefst zonder in te boeten aan (interessante) mogelijkheden. Daar ligt heel wat ruimte voor innovatie. Mogelijk kijkt de consument dan eindelijk uit naar een volgende versie van het besturingssysteem, omdat die zowel de energierekening als de gebruiksvriendelijkheid positief zal beïnvloeden.

Een verhoging van de energieprijs kan op verschillende manieren worden bereikt. Het kan door een CO₂-of energietaks, liefst als onderdeel van een ruimere belastingverschuiving (minder belastingen op menselijke arbeid, meer belastingen op gebruik van fossiele brandstoffen, zodat ook reparaties van apparatuur economisch rendabel worden). Het kan ook door een afspraak om geen enkele energiecentrale meer bij te bouwen: door een limiet te stellen aan de elektriciteitsproductie is verdere technologische vernieuwing alleen maar mogelijk als ze hand in hand gaat met een zuiniger techniek.

Het grote nadeel van een hogere energieprijs is dat ze een wereldwijde samenwerking en internationale afspraken vraagt, en zoiets blijkt niet gemakkelijk te bereiken. Maar gebeurt dit niet, dan heeft een verhoging van de energieprijs in één land of één regio alleen maar een verslechterde concurrentiepositie als gevolg. Langs de andere kant kan een land of regio natuurlijk wel een voortrekkersrol spelen en zo anderen proberen mee te krijgen. De technologische innovatie die wordt geforceerd door een hogere energieprijs, kan vervolgens als exportproduct de binnenlandse economie stimuleren.

Conclusie

Het terugdringen van het energieverbruik van gadgets en informatiestromen vraagt dus om een gezamenlijke inspanning van gebruikers, fabrikanten en overheid. Energiebesparing en technologische innovatie zijn daarbij niet onverenigbaar, maar dan moeten de regels van het spel wel worden aangepast. Momenteel speelt het energieverbruik van een apparaat of toepassing geen enkele rol. Digitale gadgets en informatiestromen zijn een relatief recent fenomeen en tot nu toe was er nauwelijks aandacht voor het energieverbruik ervan. Dat betekent dat er bijzonder veel ruimte is voor energiebesparing, zonder dat we de belangrijkste verworvenheden van de digitale technologie op de helling zetten.

Referenties

- Anonymous (2009). 'Europees energielabel voor televisies.' In: *De Standaard*, 1 april 2009.
- BBC (2009). 'Spam Produces 17m Tons of CO₂.' <http://news.bbc.co.uk>
- CBS (2009). *ICT gebruik van personen naar persoonskenmerken*. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- Cisco (2009). 'Approaching the Zettabyte Era.' <http://www.cisco.com>
- Clever, S. & R. Verweij (2008). *ICT stroomt door. Inventariserend onderzoek naar het elektriciteitsverbruik van de ICT-sector & ICT-apparatuur*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.
- CSC (2010). 'Climate Savers Computing.' <http://www.climatesaverscomputing.org>
- De Decker, K. (2009). 'The Monster Footprint of Digital Technology.' <http://www.lowtechmagazine.com>
- De Decker, K. (2008). 'The Ugly Side of Solar Panels.' <http://www.lowtechmagazine.com>
- Emmenegger, M.F. et al. (2004). 'Life Cycle Assessment of the Mobile Communication System UMTS. Towards Eco-Efficient Systems'. LCA Case Studies. <http://www.esu-services.ch>
- ENIAC (2008). 'IEEE Global History Network.' <http://www.ieeeeghn.org>
- EPA (2007). 'EPA Report to Congress on Server and Data Center Energy Efficiency Public Law 109-431'. U.S. Environmental Protection Agency ENERGY STAR Program.
- Gartner (2007). 'Gartner Estimates ICT Industry Accounts for 2 Percent of Global CO₂ Emissions' (2007). Gartner Newsroom. <http://www.gartner.com>
- Greenpeace (2010). *Guide to Greener Electronics*. Greenpeace. <http://www.greenpeace.org>
- IEA (2009). *Gadgets and Gigawatts. Policies for Energy Efficient Electronics*. IEA & OECD Publishing.
- IIPDI (2008). 'Sustainable Visionary Innovation.' <http://www.iipduurzameict.nl>
- ITRS (2007) 'International Technology Roadmap for Semiconductors, 2007 Edition.' <http://www.itrs.net>
- James, P. & N. Thorpe (1994). *Ancient Inventions*. New York: Ballantine Books.
- Katzmaier, D. (2009). 'The Chart: 150 HDTV Power Consumption Compared.' <http://reviews.cnet.com>
- King, A. (2008). 'Average Web Page Size Triples Since 2003.' <http://www.websiteoptimization.com>
- Lintsen, H. (1992). *De geschiedenis van de techniek in Nederland. De wording van een moderne samenleving 1800-1890*. Zutphen: Walburg Pers.
- McClellan, J. & H. Dorn (2006). *Science and Technology in World History. An Introduction*. 2nd ed. Baltimore: The John Hopkins University Press.
- Microsoft (2010). 'Windows Vista Recommended System Requirements.'
- Miller, R. (2009). 'Ad Networks Failed, Not News Sites.' <http://www.datacenterknowledge.com>

- Moberg A. et al. (2007). *Screening Environmental Life Cycle Assessment of Printed, Web Based and Tablet E-paper Newspaper*. Stockholm: Centre for Sustainable Communications.
- Oracle (2008). *The Oracle European Sustainable IT Survey*. <http://www.oracle.com>
- Owen, P. (2007). *The Ampere Strikes Back. How Consumer Electronics Are Taking Over the World*. Londen: Energy Saving Trust.
- Sijpheer, N. (2008). 'Energiebesparing in datahotels. Meer met minder'. Petten: Energieonderzoek Centrum Nederland. <http://www.ecn.nl>
- Taylor, P. 'EU States Endorse Steps to Cut Standby Power Use'. In: *Reuters*, 9 juli 2008.
- TeleGeography (2009). 'Networks Boom Amid Global Bust'. <http://www.telegeography.com>
- Telematica Instituut (2008). *Beknopt overzicht van de rol van ICT bij de besparing van energie*. Enschede: Telematica Instituut.
- Williams, E. (2004). 'Revisiting Energy Used to Manufacture a Desktopcomputer. Hybrid Analysis Combining Process and Economic Input-Output Methods. Electronics and the Environment'. Conference Record. Scottsdale: IEEE International Symposium 2004.
- Winkler, K. (2008). *Data Center Baseline Study Report*. <http://www.thegreengrid.org>.

ESSAY



Auteur

Peter Peters

Universiteit Maastricht,

Faculteit der Cultuur- en Maatschappijwetenschappen

Slim reizen met minder energieverbruik

Utrecht, kwart over acht 's ochtends. Jozien (38) brengt haar kinderen van vijf en zeven met de fiets naar school. Als haar kinderen het schoolplein op rennen checkt ze op haar mobiele telefoon of er nog files zijn. Ze moet in Den Haag zijn voor een zakelijke afspraak. Ze besluit om toch maar met de trein te gaan, dan heeft ze ook nog wat extra tijd om het gesprek goed voor te bereiden. Het regent flink als ze 's middags weer thuis is, en ze besluit haar kinderen, die bij vriendjes ergens anders in de stad zijn gaan spelen, met de auto op te halen en direct door te rijden naar zwemles.

Inleiding: een wereld zonder uitgang

Een typisch voorbeeld van geïndividualiseerde massamobiliteit. In zijn boek *Mobilities* (2007) betuigt de Britse socioloog John Urry dat dat het centrale kenmerk is van onze wereld. Mensen, goederen, informatie en ideeën zijn voortdurend en over steeds grotere afstanden in beweging. De sociologie van de eenentwintigste eeuw moet daarom een sociologie van de mobiliteit zijn, betoogt Urry.

Wie zich een eerste indruk probeert te vormen van deze wereld in beweging, kan het niet stellen zonder getallen. Zo nam in Nederland de totale jaarlijkse 'vervoersprestatie', het aantal kilometers dat we met z'n allen aflegden, toe van 144 miljard per jaar in 1987 tot 197 miljard in 2007 (CBS Statline). Het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM) dat als zelfstandig instituut binnen het ministerie van Infrastructuur en Milieu (voorheen Verkeer en Waterstaat) alle vormen van mobiliteit onderzoekt, constateert in de Mobiliteitsbalans 2009 dat het tempo van de mobiliteitsgroei in de afgelopen tien jaar wat is afgezwakt. "Tussen 2000 en 2008 steeg het aantal reizigerskilometers over de weg met 5% en tussen 2000 en 2007 over het spoor met 9%. De luchtvaart groeide in deze periode met 21% veel sterker. Het goederenvervoer groeide tussen 2000 en 2008 eveneens met 21%" (KiM 2009, p. 7).

Verklaringen voor de groei van mobiliteit in de afgelopen decennia zijn de groei van de bevolking, stijging van de economische welvaart en verbeteringen van wat we het ‘mobiliteitssysteem’ kunnen noemen: het geheel aan voertuigen, wegen, spoorlijnen, vliegverbindingen en andere fysieke infrastructuur. Daarnaast spelen sociale en culturele veranderingen een rol. Gezinnen werden kleiner, het aantal vrouwen op de arbeidsmarkt nam toe, meer mensen zijn verschillende taken zoals werk en huishouden gaan combineren wat heeft geleid tot een complexer activiteitenpatroon, en vrije tijd werd steeds vaker buitenshuis en op grotere afstanden doorgebracht (Batenburg & Knulst 1993; Harms 2003). Deze veranderingen leidden met name tot een toename van het autogebruik, zo blijkt uit cijfers van het KiM. De groei van het treinverkeer – van 9 miljard kilometer in 1985 naar 16 miljard in 2007 – wordt in Nederland vooral verklaard door de invoering van de OV-kaart voor studenten, maar andere oorzaken vanaf 2000 zijn behalve de bevolkingsgroei ook de brandstofprijzen, de files en de verbeterde punctualiteit. Het gebruik van andere vormen van collectief vervoer zoals bus, tram en metro stabiliseerde, vooral omdat mensen de voorkeur gaven aan individuele vormen van vervoer, zoals de auto en de fiets. Dat laatste vervoermiddel is in Nederland goed voor een kwart van alle verplaatsingen. Van alle vervoersvormen groeide het vliegen het sterkst. Dat is te danken aan het stijgende welvaartsniveau, maar vooral aan de liberalisering van de luchtvaartsector in de jaren negentig, dat door de opkomst van zogenaamde ‘low cost carriers’ als Ryan Air en easyJet tot meer luchtverkeer heeft geleid (KiM 2009).

De vervoerseconomen Schafer en Victor betogen dat de wereldwijde mobiliteit tot 2050 nog verder zal toenemen, naar verwachting met een factor twee tot drie. Dit komt volgens hen niet omdat mensen op individueel niveau meer tijd zullen gaan besteden aan reizen. Integendeel. De reistijd per persoon per dag is in de hele wereld al decennia constant, namelijk 1,1 uur per dag. Onderzoek door het KiM bevestigt dat er sinds 1985 weinig veranderde in de aantallen verplaatsingen en de tijd die Nederlanders onderweg zijn. “Zowel in 1985 als in 2008 maakten Nederlanders gemiddeld 3 verplaatsingen per dag waarmee in totaal ongeveer 1 uur gemoeid was” (KiM 2009, p. 17). Als de hypothese van de constante reistijd klopt, dan zullen mensen die over snellere vervoermiddelen kunnen beschikken niet korter reizen, maar grotere afstanden afleggen (Hupkes 1977; Hupkes 1979; Peters, De Wilde & Clement 2001) – zie ook het kader ‘Twee constanten in beweging’. De groei van het totale aantal kilometers op langere termijn wordt daarom voor een belangrijk deel verklaard door de overgang van langzamere vervoerssystemen, zoals lopen, fietsen en lokaal collectief vervoer, naar snellere systemen, zoals de auto, hogesnelheidstreinen en vliegtuigen. Bij gelijkblijvende reistijdbudgetten, voorspellen Schafer en Victor, zullen toenemende economische welvaart en voortgaande versnelling van vervoerssystemen leiden tot groei van de mondiale mobiliteit (Schafer 1998; Schafer & Victor 2000).

Wat betekent deze wereldwijde groei van aantal afgelegde kilometers voor het gebruik van energiebronnen, met name van fossiele brandstoffen? Volgens recente cijfers van de Energy Information Administration (EIA) van het Amerikaanse Department of Energy zal de wereldwijde energieconsumptie tussen 2006 en 2030 toenemen met 44%. De EIA stelt in haar jaarlijkse International Energy Outlook 2009 dat de transportsector na de industrie de grootste energieverbruiker is. De transportsector verbruikte van de vloeibare fossiele brandstoffen in 2006 51% en dit percentage zal toenemen tot 56% in 2030. Deze groei komt vooral voor rekening van de landen die niet tot de Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OESO) behoren, zoals China, India en Brazilië, waar stijgende inkomens de vraag naar auto's en dus naar vloeibare fossiele brandstof omhoogstuwen (EIA, 2009).

Twee constanten in beweging

Minder reistijd = meer kilometers

Wie zich verdiept in de statistieken van ons reisgedrag stuit op een aantal opmerkelijke constanten. Zo is de tijd die we besteden aan reizen per persoon per dag opmerkelijk constant evenals het aantal verplaatsingen. Het vermoeden van een constante reistijd is zeker een eeuw oud. Al in 1902 schreef H.G. Wells dat mensen dagelijks maximaal twee uur reizen en dat deze constante tevens de maximale omvang van steden bepaalt, namelijk een uur gaans in beide richtingen. Het vroegste onderzoek dat aandacht besteedt aan reistijd, het baanbrekende *Time-budgets of Human Behaviour* (1939) van de socioloog Pitirim Sorokin, komt uit op tweeënhalf uur per dag, maar dan is ook het lopen meegerekend. Tijdonderzoek uit de jaren zestig en zeventig vond ook constante reistijd-budgetten (Szalai et al. 1972). De Nederlandse verkeerskundige Geurt Hupkes baseerde zich mede op dit onderzoek toen hij in zijn dissertatie uit 1977 de befaamde BREVER-wet formuleerde, de wet van Behoud van Reistijd en Verplaatsingen. Hupkes komt op een gemiddelde reistijd per persoon per dag van een uur en dertien minuten en een gemiddeld aantal verplaatsingen van vijf.

De hypothese van de constante reistijd en verplaatsingen is onder verkeerskundigen in de afgelopen decennia vaak onderwerp van discussie geweest (zie voor een overzicht Peters, De Wilde & Clement 2001). Daarbij gaat het niet om een wetmatigheid waar individuen zich aan hebben te houden (als ware het een natuurwet), maar om een statistische constante die in datasets bij grote aantallen bepaald kan worden, en die een gemiddelde is van alle individuele reisgedragingen. Het vaststellen van de geldigheid van deze 'constante' is van belang omdat de implicaties van een constante reistijd verregaand zijn. Als mensen gemiddeld een vast deel van hun tijd besteden aan reizen, zal een versnelling van vervoerssystemen leiden tot een groei van het totaal aantal afgelegde kilometers en niet tot tijdsparing. Het argument dat investeren in snellere infrastructuur en het opheffen van knelpunten zou leiden tot tijdsparing, geldt misschien voor sommige individuele reizigers, maar snijdt dan op geaggregeerd niveau geen hout.

Elk jaar 13.800 kilometer

Niet alleen reistijd en aantal verplaatsingen lijken constant te zijn op een hoog aggregatieniveau, ook andere variabelen veranderen nauwelijks door de tijd heen. Dat geldt bijvoorbeeld voor het gemiddeld aantal kilometers dat mensen jaarlijks in hun auto afleggen, namelijk 13.800 kilometer (CBS Statline). Ook voor deze constante geldt dat de beleidsmatige implicaties groot zijn. De groei van het totaal aantal autokilometers in de afgelopen decennia vloeit dan niet voort uit het feit dat mensen op individueel niveau steeds meer autokilometers maken (dat zou bij een gelijkblijvende maximumsnelheid ook strijdig zijn met de BREVER-wet), maar uit de groei van het aantal auto's op de Nederlandse wegen. Zuiver statistisch geredeneerd volgt daaruit dat wie de groei van het totale autokilometrage wil reduceren, zal moeten inzetten op het terugdringen van het autobezit. Dit staat echter haaks op het mobiliteitsbeleid sinds de tweede helft van de jaren tachtig dat zich juist richtte op het ontmoedigen van het autogebruik. Ook de voorstellen van voormalig minister Eurlings voor een kilometerheffing sturen juist aan op een verschuiving van de belasting van autobezit naar autogebruik. Deze 'andere manier van betalen voor de auto' wordt op de website van het ministerie van Verkeer en Waterstaat als volgt samengevat: "Met de kilometerprijs betalen we niet langer belasting voor het hebben van een auto, maar voor het gebruik. Wie meer rijdt, betaalt ook meer. En wie minder rijdt, betaalt minder." Hoewel de kosten voor het autorijden door de kilometerprijs zullen worden herverdeeld, valt te betwijfelen of het 'anders betalen voor de auto' ook zal leiden tot een reductie van de groei van het totaal aantal autokilometers. Daarmee richt het nieuwe prijsbeleid zich vooral op bestrijding van files en een betere benutting van de bestaande infrastructuur en minder op het terugdringen van het energieverbruik en het verminderen van schadelijke emissies, hoewel door differentiatie in de tarieven – zuiniger en schonere auto's betalen minder per kilometer – wel enig effect te verwachten is.

Het vogelvluchtperspectief dat hier geschetst is aan de hand van enkele kerncijfers en verkeerskundige veronderstellingen is weinig rooskleurig voor wie zich inzet voor het terugdringen van het energieverbruik. Economische groei en technologische vooruitgang stellen mensen in staat sneller te reizen. Uitgaande van de hypothese van de constante reistijd, betekent dit dat zij niet minder tijd onderweg zijn, maar grotere afstanden gaan afleggen. Als we aannemen dat de verbetering van de energie-efficiëntie in hetzelfde tempo voortgaat als de afgelopen decennia, dan zal de daarmee gepaard gaande toename van het aantal afgelegde kilometers leiden tot een toename van het verbruik van fossiele brandstoffen. Deze ontwikkeling speelt zich af in het westen, maar in de komende jaren vooral ook in de opkomende economieën als India en China. In dit perspectief lijkt de ontwikkeling van de mobiliteit met het daarmee samenhangende energieverbruik even weinig beïnvloedbaar als het weer.

Dat mobiliteit het karakter lijkt aan te nemen van een natuurverschijnsel, vloeit deels voort uit het economisch en technisch determinisme dat ten grondslag ligt aan het geschetste vogelvluchtperspectief. Het biedt zicht op een 'wereld zonder uitgang', zoals techniekfilosoof Ivan Illich het ooit uitdrukte, een wereld waarin we ons de toekomst nog slechts kunnen voorstellen als een onafwendbare versnelling. In deze stijl van redeneren over mobiliteit en energie lijken handelingsalternatieven te ontbreken.

Dit essay wil een ander perspectief op mobiliteit openen, een perspectief dat juist 'inzoomt' op mobiliteit als een alledaagse praktijk. Daarin betekent reizen niet slechts: hoe kom ik zo snel mogelijk van A naar B? Reizen is ook een gedegen afweging maken in tijdbesteding, een inventieve oplossing zoeken voor problemen en keuzes maken. Dit perspectief biedt wél zicht op handelingsperspectieven, en toont daarnaast ook de politiek-normatieve dimensie van mobiliteit die in de deterministische analyses ontbreekt.

In dit essay worden de mogelijkheden en onmogelijkheden van energiereductie bij mobiliteit langs drie routes onderzocht: de verbetering van de energie-efficiëntie van mobiliteit, de pogingen om tot beheersing van het mobiliteitsvolume te komen en het streven naar verstandig gebruik van vervoersmiddelen. Tot slot volgt een conclusie van deze drie routes. Daarbij staan vooral de ontwikkelingen in Nederland in de afgelopen drie decennia centraal. Op het terrein van mobiliteit is ons land uniek in de wereld: het telt op nationaal niveau de meeste auto's per vierkante kilometer, heeft de hoogste fietsdichtheid per hoofd van de bevolking, het drukt bereden spoorwegnet en de grootste haven. Nederland is daarom bij uitstek een laboratorium voor onderzoek naar de relatie tussen mobiliteit en energie.

Verbetering van de efficiëntie van mobiliteit: de langzame snelweg

Wie energie wil besparen op mobiliteit, moet om te beginnen zorgen dat de energie-efficiëntie van de auto, het vliegtuig, de trein en andere vormen van openbaar vervoer verbetert. Deze route leidt tot verlaging van het energieverbruik per reizigerskilometer en kenmerkt zich primair door de inzet van technologisch vernuft. De aandrijving van vervoersmiddelen kan bijvoorbeeld zuiniger worden gemaakt, of, in bredere zin, het energieverbruik in het totale verkeer- en vervoerssysteem (vervoermiddelen en infrastructuur) kan geoptimaliseerd worden.

Ambigüiteit

Vanaf de jaren zeventig van de vorige eeuw, toen als gevolg van de eerste oliecrisis het bewustzijn van energieschaarste toenam, is gewerkt aan energiezuiniger vervoermiddelen. Tot eind jaren tachtig leidde dit tot een verbetering van het rendement, dat wil zeggen, het brandstofverbruik per kilometer daalde (Van den Brink & Van Wee 1997). Daarna ging echter een belangrijk deel van de geboekte energiebesparing verloren door zogenaamde rebound effecten of andere vormen van terugkoppeling. Het belangrijkste voorbeeld hiervan is dat de nieuwe auto's steeds zwaarder werden en daardoor meer brandstof verbruikten (Van Wee 2007).

Volgens het Milieu- en NatuurCompendium 2009 is van alle vervoersvormen het toegenomen wegverkeer de belangrijkste reden voor een stijgend energieverbruik en leveren personenauto's daarin het grootste aandeel. Vanaf 1990 nam het energieverbruik door verkeer en vervoer toe met 32%, waarvan bijna de helft door personenauto's. Het vrachtverkeer over de weg is sinds 1990 met 50% toegenomen. Van de aandrijvingsvormen in personenauto's is de benzinemotor het minst energie-efficiënt; slechts 15% van de energie wordt omgezet in bewegingsenergie. Bij een dieselmotor varieert dit percentage tussen de twintig en veertig. Ook voor de elektrische auto geldt een energie-efficiëntie van zo'n 40%, afhankelijk van de aard van de opwekking van de elektriciteit. Het energieverbruik van wegvoertuigen per kilometer is echter in de afgelopen jaren nauwelijks veranderd, stelt het Milieu- en NatuurCompendium vast. "Motoren zijn in de regel wel zuiniger geworden, maar het effect daarvan is tenietgedaan door het toegenomen voertuig-gewicht, de toepassing van zwaardere motoren en het gebruik van airconditioners" (Milieu- en NatuurCompendium 2009; zie ook KiM, 2009, p. 70). Deze ironie – de winst van zuiniger motoren lekt weg door de ventilatoren van de airco – tekent de ambigüiteit die de inspanningen van de auto-industrie in de afgelopen decennia kenmerkt.

Toch zit er in dit standaardbeeld (energiebesparing die weer verdampt door extra functionaliteiten) sinds enkele jaren wat beweging. Zo nam de gemiddelde uitstoot van kooldioxide van nieuw verkochte personenauto's af van 179 gram per kilometer in 1998 naar 157 gram/km in 2008, een afname van 12% (KiM 2009, p. 70). Ook gaat het KiM ervan uit dat in diezelfde periode een gemiddelde jaarlijkse energiebesparing is gerealiseerd van 1 tot 1,5%. Het aandeel van zuiniger auto's – auto's met een energielabel A of B – in het totale wagenpark neemt sinds een aantal jaren toe. Deze auto's verbruiken 10 tot 25% minder energie dan gemiddeld in hun klasse. De zuinigste auto's combineren een elektromotor met een zeer zuinige benzinemotor. De nieuwste generatie hybride auto's wijken qua rijgedrag en actieradius niet af van benzineauto's en zijn met name de laatste twee jaar bijzonder in trek (VROM 2009).

Te land, ter zee en in de lucht: waar is de einder?

Hoe verhoudt het energieverbruik van vervoer over de weg zich nu tot dat van vervoer per spoor en door de lucht? Die vraag blijkt in algemene zin niet eenvoudig te beantwoorden. Voor vliegtuigen varieert het brandstofverbruik per vliegtuigtype en geldt dat op lange afstanden minder kerosine wordt verbruikt dan op korte. Het brandstofverbruik per passagier hangt af van de bezettingsgraad. Dat geldt ook voor de trein. De hogesnelheidstrein verbruikt meer energie dan de gewone trein, een gevolg van het feit dat de luchtweerstand toeneemt met het kwadraat van de snelheid. Maar er zijn meer factoren die een rol spelen. Type en leeftijd van vliegtuig en trein spelen een rol, maar in het geval van de trein ook de opwekking van de elektriciteit. Een trein die rijdt op Duitse bruinkool is minder efficiënt dan een Zwitserse trein op

waterkracht – deze laatste rijdt zelfs klimaatneutraal. Hoewel het vliegtuig per reizigerskilometer zuiniger is dan de auto, leggen mensen met het vliegtuig gemiddeld veel grotere afstanden af dan met de auto, zodat deze vervoersvorm per gemaakte reis gemiddeld veel meer energie vraagt. Daar staat tegenover dat de aanleg van wegen en spoorlijnen, zeker van een hogesnelheidslijn, veel energie kost – infrastructuur die in de lucht niet nodig is.

Bij een vergelijking van auto, (hogesnelheids-)trein en vliegtuig is energie-efficiëntie maar een van de factoren die onderling moeten worden afgewogen. Naast energie zijn factoren als tijd en reissnelheid, emissies en milieukosten, veiligheid, status en imago onderling verbonden in soms onverwachte terugkoppelingen. Zo stelt het KiM vast dat “met de introductie van elke nieuwe Euronorm de vrachtvoertuigen schoner worden, maar niet zuiniger. Dus wel minder NO_x en PM-deeltjes, maar niet minder CO₂. Dat vrachtwagens schoner worden kost namelijk energie, dus brandstof” (KiM 2009, p. 69). Hybride auto’s verbruiken minder brandstof dan benzineauto’s, maar de productie van nieuwe en verwerking van oude accu’s belast het milieu meer dan de vervaardiging en sloop van benzinemotoren. Door lichtere auto’s te maken kan het brandstofverbruik naar beneden, maar worden auto’s wellicht minder veilig. En wie kent niet het – overigens onterechte – bezwaar van de gemiddelde man dat een hybride auto het qua acceleratie moet afleggen tegen een benzinemotor (Jensma 2009)?

Het vaststellen van de energie-efficiëntie van een vervoermiddel en het vergelijken van energieverbruik tussen vervoermiddelen vraagt dus om het meewegen van een groot aantal factoren die ook cultureel van aard zijn. De samenhang tussen deze factoren is zo complex dat antwoord geven op de simpele vraag in hoeverre er nu daadwerkelijk energiereductie plaatsvindt langs de route van energie-efficiëntie lastig, zo niet onmogelijk is. Om de efficiëntie van mobiliteit te beoordelen volstaat het niet om alleen de effecten van technologische verbeteringen aan voertuigen zelf te analyseren. Mobiliteit speelt zich namelijk af in ‘mobiliteitssystemen’: een geheel van vervoerstechnologieën en infrastructuur, instituties als industrie en overheid, maar ook economische preferenties en culturele waarden. Eenvoudiger gezegd, wie het over ‘de auto’ heeft, bedoelt niet alleen het voertuig zelf, maar ook de parkeergarages, de dertigkilometerzones, de ANWB, de rijinstructeur, de ziekenhuizen die nodig zijn om verkeersslachtoffers te verplegen, en de informatie over verkeersstromen die een automobilist gebruikt om een alternatieve route te kiezen.

Zo blijkt de culturele waarde die we aan tijdwinst en tijdsbesteding toekennen een belangrijke variabele voor het energieverbruik. Waar is de tijd gebleven? luidt de retorische vraag van Wolfgang Sachs van het Wuppertal Instituut, het Duitse onderzoeksinstituut voor klimaat, milieu en energie. “Zij die een auto kopen slaken geen zucht van verlichting om daarna te genieten van de extra uren vrije tijd. Zij reizen naar verdergelegen bestemmingen. De kracht van snelheid wordt niet omgezet in minder uren op de weg, maar in meer afgelegde kilometers. De gewonnen tijd wordt besteed aan het afleggen van grotere afstanden. En naarmate de tijd verstrijkt, verandert de ruimtelijke ordening en worden langere afstanden de norm” (Sachs 1999, p. 193, vertaling PP). Gewonnen tijd verdwijnt in allerlei soorten nieuwe groei, betoogt Sachs. Met andere woorden, een sneller vervoermiddel schept nieuwe mogelijkheden en verwachtingen. De horizon komt niet dichterbij, maar schuift naar achteren. Met nieuwe vormen van energieverbruik in het kielzog.

Warmlopen voor de trage samenleving

Als snelheid het probleem vormt, bijvoorbeeld omdat we energie willen sparen, zo redeneert Sachs, is traagheid wellicht de oplossing. Dit impliceert dat we bij de ontwikkeling van vervoerssystemen niet langer uitgaan van een voortgaande versnelling. Volgens Sachs zouden we 'vooruitgang' niet langer moeten definiëren als het steeds verder verminderen van de natuurlijke weerstand van duur en afstand. "Tallose bruggen, tunnels, snelwegen, kabels en antennes zijn de erfenis van dat vooruitgangsgeloof. Maar vooruitgang ook wel eens zou kunnen inhouden dat we de weerstand van ruimte en tijd met opzet onveranderd laten of zelfs vergroten" (Sachs 1999, p. 195). Anders gezegd, in plaats van steeds sneller te willen reizen, zouden we juist meer tijd voor onze reizen moeten nemen. Hoe zou een maatschappij eruitzien waarin de nieuwe traagheid is geaccepteerd? Langere reistijden zullen ertoe leiden dat mensen of minder ver weg gaan, of meer tijd uit moeten trekken voor hun reis. In plaats van het verre Disneyland Parijs zullen sommigen weer kiezen voor recreatieve bestemmingen dichterbij huis. Werken en wonen op afstand worden minder aantrekkelijk, tenzij men gaat telewerken. Winkels en andere voorzieningen zullen zich niet langer kunnen handhaven op grote afstand van woonwijken zoals nu, dankzij de auto, wel het geval is.

Het idee van de trage samenleving dat Sachs tien jaar geleden formuleerde, heeft weerklank gevonden in een tweetal recente gedachte-experimenten. Het eerste is een initiatief voor de 'langzame stad'. De bedenkers stellen vast dat snelwegen in het stedelijk gebied inmiddels zo druk zijn, dat de gemiddelde snelheid er niet hoger ligt dan vijftig kilometer per uur. Door deze feitelijke ontwikkeling te accepteren en als uitgangspunt te nemen voor stedelijke ontwikkeling, "kan de snelweg transformeren in een verkeerszone zonder geluidsschermen. Door de lagere snelheden volstaan smallere rijstroken, zodat veel ruimte vrijkomt voor de stad. Als een fluwelen revolutie zal het ingezette vertragsproces de snelweg transformeren tot een nieuw gebied met enorme potenties en kansen" (zie <http://www.langzamestad.nl>). Het tweede gedachte-experiment werd verricht door onderzoeks- en adviesbureau CE Delft in opdracht van Vereniging Milieudefensie en resulteerde in een verkenning van de gevolgen van structurele snelheidsverlaging op snelwegen. De conclusie verrast niet: langzamer is zuiniger (Otten & Van Essen 2009). Tegenover de maatschappelijke kosten van langere reistijden en handhaving staan de voordelen van emissiereducties, energiebesparing, vermindering van fileleed en geluidsoverlast, en verbetering van het leefklimaat. Op langere termijn kunnen de langere reistijden voor de automobilist leiden tot een verschuiving naar het openbaar vervoer en 'structurele gedragsveranderingen' in gang zetten, zoals mensen die dichterbij hun werk gaan wonen en winkels die zich dichterbij de consument vestigen.

In de twee gedachte-experimenten neemt energie-efficiëntie niet primair de vorm aan van zuiniger motoren of hybride auto's, maar van een nieuwe wereld waarin de langzaamheid het leidende principe is geworden. En dat is ook de reden dat de gemiddelde burger niet snel warm zal lopen voor de langzame stad en de langzame snelweg. De obstakels voor het verwezenlijken van traagheidsutopieën als deze zijn niet zozeer van technische, maar van maatschappelijke, psychologische, economische, culturele en politieke aard. Snelheid is niet alleen een natuurkundige grootheid en een economische variabele, maar ook een dominante culturele waarde. Wie energie wil besparen, kan zich daarom niet tot techniek beperken, maar zal ook moeten sleutelen aan het mobiliteitsgedrag van mensen.

Het beheersen van het mobiliteitsvolume: rijden op rekening

Mobiliteit: een sociaal dilemma

Een tweede route voor het terugdringen van het energieverbruik richt zich op het volumebeleid, het beheersen van de groei van mobiliteit. Deze route is in Nederland steeds opnieuw verkend sinds begin jaren zeventig de groei van met name de automobility als een steeds groter publiek probleem werd gezien.

Tegenover voordelen voor het individu, zoals bewegingsvrijheid, staan nadelen voor de samenleving, zoals milieubederf, files, een verslechterde leefbaarheid, versnippering van de ruimte en verkeersonveiligheid. De hardnekkigheid van deze problemen kunnen we verklaren uit het feit dat ze de structuur hebben van een sociaal dilemma: de spanning tussen voordelen voor individuen op korte termijn en nadelen voor de gemeenschap op kortere én langere termijn (Peters 1998). Een overzicht van het mobiliteitsbeleid in de afgelopen dertig jaren toont dat het dilemma niet werd opgelost. Wel verschoven de accenten in het publieke en politieke debat. Stonden rond 1990 de milieueffecten van mobiliteit hoog op de agenda, tegenwoordig richt het beleid zich eerst en vooral op het verminderen van het fileleed.

In 1960 werden in Nederland in absolute termen meer kilometers op de fiets afgelegd dan in de auto. Het aantal auto's in dat jaar was 522.000. In de twee decennia die volgden, nam het autobezit in Nederland snel toe en nam de auto de rol van de fiets en de brommer als massavervoermiddel over. In 1980 had het wagenpark een omvang van 4,4 miljoen auto's. Daarna vlakke de groei af, maar jaarlijks komen er niettemin zo'n tweehonderdduizend nieuwe auto's op de Nederlandse wegen bij. In 2008 stond de teller op 7,6 miljoen, een auto op elke 2,2 inwoners. Daarvan reed in 2008 80% op benzine, 17% op diesel, 3% op lpg en een kleine restgroep op elektriciteit of andere brandstoffen (cijfers ontleend aan BOVAG-RAI 2009). Opmerkelijk constant is de gemiddelde jaarkilometrager per auto. Uit cijfers van het CBS vanaf 2001 blijkt dat voor alle brandstofsoorten een gemiddelde geldt van 13.800 kilometer per jaar, voor benzineauto's is dit 11.300 en voor diesel 25.300 kilometer per jaar (CBS Statline). Aangenomen dat deze constante ook in de jaren voor 2001 bestond, tekent zich een belangrijke randvoorwaarde af in het beleidsdebat van de afgelopen decennia: de groei van het aantal autokilometers wordt niet verklaard doordat mensen met hun auto steeds meer kilometers afleggen, maar komt voor rekening van de groei van het wagenpark (zie ook het kader Twee constanten in beweging). Zuiver rekenkundig zou een volumebeleid in mobiliteit gericht op reductie van het energieverbruik dus succesvol kunnen zijn als het erin slaagt het aantal auto's terug te dringen. De groei van het wagenpark volgde echter vrij autonoom de economische conjunctuur, en het individuele recht een auto te kunnen bezitten, heeft in Nederland ook nooit in de politiek ter discussie gestaan. Vanaf de jaren zeventig richtte het mobiliteitsbeleid zich daarom op het terugdringen van de groei van het aantal autokilometers dat mensen in hun auto afleggen. Hoe succesvol was dit beleid?

Mobiliteitsbeleid 1970–1990: milieuprobleem

Tot 1970 vormde mobiliteit de hoeksteen van een samenleving waarin de materiële voorspoed geen grenzen kende. In de jaren vijftig en zestig vervuilden steeds meer mensen hun fiets, brommer of scooter voor een auto. Wegen werden verhard, verbreed en verbeterd. In de opeenvolgende Rijkswegenplannen van de overheid werd de lengte van nieuw aan te leggen wegen eenvoudig afgeleid uit de prognoses over de groei van het autoverkeer (Ligtermoet 1990, p. 57). In de maatschappelijke discussie rond het rapport van de

Club van Rome (1972) kreeg de groei van de mobiliteit het karakter van een schaarsteprobleem: schaarste aan verkeersveiligheid, aan ruimte, aan schone lucht en steeds vaker schaarste aan mobiliteit zelf, althans voor hen die in de file belandden. Deze schaarste niet kon worden opgelost door eenvoudig meer wegen aan te leggen. Vernieuwing kreeg de vorm van wat in het beleidsjargon shifts werden genoemd: van de auto naar het openbaar vervoer en de fiets (modal shift), van fysiek vervoer naar elektronisch vervoer (telewerken), van spitskilometers naar dalkilometers, van C-locaties langs de snelweg naar A-locaties die goed bereikbaar zijn per openbaar vervoer, van het ene verplaatsingsgedrag naar het andere.

In november 1988 verscheen het eerste deel van het Tweede Structuurschema Verkeer en Vervoer (SVV II), opvolger van het eerste SVV uit 1976. De publieke opinie werd op dat moment sterk beïnvloed door alarmerende rapporten over de gevolgen van de zure regen. Bovendien waren de resultaten uitgelekt van een onderzoek door het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) naar de toestand van het Nederlandse milieu met de titel *Zorgen voor Morgen*. De hernieuwde algehele bezorgdheid om het milieu beïnvloedde de beleidsdiscussies over verkeer en vervoer. De politieke wil om de uitstoot van verzurende stoffen door het verkeer te verminderen vertaalde zich in zogenaamde ‘reductiedoelstellingen’. De verwachte groei van 70% van het aantal autokilometers in 2010 ten opzichte van 1986 zou met een breed scala aan maatregelen teruggedrongen moeten worden tot 35%.

Het reductiepercentage van 35% zou bijna een decennium lang de toetssteen blijven van het mobiliteitsbeleid. Maar hoewel in het parlement aan de ene kant werd aangedrongen op maatregelen om de mobiliteitsgroei te reduceren, deinsde een meerderheid er aan de andere kant terug voor de concretisering van die maatregelen. Onbegrijpelijk was die ambivalentie niet. Het ‘generieke volumebeleid’ stuitte op grote maatschappelijke weerstand (Peters 1998; Peters 2003). Aan het begin van de jaren negentig maakte de apocalyptische grondtoon in het mobiliteitsdebat plaats voor een nieuwe focus: de steeds langer wordende files golden als het voornaamste probleem, en niet langer de verslechtering van het milieu en de leefbaarheid.

Mobiliteitsbeleid vanaf 1990: fileprobleem

De hernieuwde nadruk op files als meest urgente mobiliteitsprobleem bracht voor het eerst het rekeningrijden op de politieke agenda. Aanvankelijk als een manier om stedelijke congestie in de Randstad terug te dringen, later als een middel om de toename van het aantal auto's in het hele land te verminderen. Invoering was echter nooit serieus overwogen. Geconfronteerd met verhalen over almaar aangroeiende files, riep een Kamermeerderheid in 1994 minister van Verkeer en Waterstaat Annemarie Jorritsma (VVD) op tot een streng invoeringsschema te komen. Zij benadrukte vooral het belang van draagvlak voor het onpopulaire prijsbeleid, dat naast rekeningrijden voorzag in een strengere parkeerbeleid en hogere benzineaccijnzen. Op hetzelfde moment werkte ze aan het decentraliseren van bestuurlijke verantwoordelijkheden van de rijksoverheid naar lagere overheden zoals provincies en gemeenten. In een tussentijdse beleidsnota, Samen Werken Aan Bereikbaarheid (SWAB), kondigde ze in 1996 een nieuwe benadering van het mobiliteitsprobleem aan waarin ‘marktwerking’ centraal zou staan. Het handelen van mensen en bedrijven diende te worden begrepen vanuit een economische rationaliteit en het verkeers- en vervoerbeleid zou zich naar deze rationaliteit moeten voegen.

In de herfst van 1997 startte het ministerie van Verkeer en Waterstaat met de voorbereidingen voor een nieuwe nota die in 2000 het Tweede Structuurschema moest vervangen. Anders dan in 1990 zag de rijks-

overheid zichzelf niet langer als centrale actor; het rijk wilde geen monopolie meer op het ‘probleemeigenaarschap’. ‘Interactiviteit’ was het toverwoord in de beleidsvoorbereiding. Aan het rekeningrijden als een manier om de groeiende schaarste op de weg tegen te gaan werd een centrale rol gegeven. De meeste politieke partijen stemden daarmee in – tijdens de formatiebesprekingen in 1998 was daarover een akkoord bereikt –, maar tegelijkertijd bleef de publieke opinie sterk gekant tegen dit beleidsinstrument (Peters 2003). De spanning tussen ondersteuning op een theoretisch niveau en kritiek in de praktijk zou blijvend blijken te zijn.

Mobiliteitsbeleid vanaf 2000: gebruikersprobleem

In oktober 2000 werd onder de titel Van A naar Beter het eerste Nationaal Verkeers- en Vervoersplan (NVVP) gepresenteerd (Hendriks & Tops 2001). De belangrijkste verandering ten opzichte van het Tweede Structuurschema was dat een min of meer autonome groei van de (auto-)mobiliteit nu was geaccepteerd. Tien jaar van beleid om de groei van het autoverkeer af te remmen waren mislukt, concludeerde de VROM-raad al in 1999 in de nota *Mobiliteit met Beleid*, en die conclusie werd impliciet door de regering overgenomen. De behoefte aan autokilometers moest worden beschouwd als legitiem en begrijpelijk, maar de automobilist zou wel moeten betalen voor de negatieve gevolgen van het autogebruik (files, verkeersonveiligheid en milieuschade). Wie meer rijdt, betaalt ook meer, luidde het centrale principe van het nieuwe plan. Om dit te bereiken zou een systeem van ‘variabele kilometerheffing’ ingevoerd moeten worden. In dit systeem zou elke auto een apparaat hebben dat niet alleen het aantal gereden kilometers vastlegt, maar ook plaats en tijdstip. Op tijden en plaatsen van verwachte congestie zouden automobilisten hoger aangeslagen kunnen worden, wat tot een afname van de files zou moeten leiden. De vaste wegebelaasting zou op termijn helemaal kunnen worden afgeschaft. Deze variabilisatie mocht het autorijden niet duurder maken voor de gemiddelde automobilist. Het sociaal dilemma, het uit elkaar lopen van individuele belangen op korte termijn en de collectieve nadelen daarvan op zowel korte als langere termijn, kon worden opgelost dankzij ICT, zo hoopte het ministerie. Aan het begin van de eenentwintigste eeuw werden de wegen naar de toekomst beschreven in een vocabulaire waarin markt en (informatie-)technologie centraal stonden.

De eerste twee kabinetten-Balkende kenmerkten zich wat betreft het verkeersbeleid door een stagnatie in het denken. Tijdens de formatiebesprekingen in de zomer van 2002 besloten CDA, VVD en de nieuwe partij Lijst Pim Fortuyn (LPF) om tijdens de regeerperiode van dit nieuwe centrum-rechtse kabinet geen voorstellen tot invoering van kilometerheffing te doen, ook al hadden alle partijen behalve de LPF zich in hun verkiezingsprogramma’s voorgenomen de heffing in te voeren. Na de slogans ‘De auto kan best een dagje zonder u’ van begin jaren negentig en het ‘Mobiliteit mag’ uit het NVVP stelde LPF-minister Roelf de Boer in een interview vast dat “je in nota’s niet kunt rijden, op asfalt wel”. Minister Peijs (CDA) repte tijdens het tweede kabinet-Balkenende niet langer over rekeningrijden. Haar opvolger, Camiel Eurlings (CDA), pakte het anders aan. Eurlings stuurde in november 2009 het Wetsvoorstel kilometerprijs naar de Tweede Kamer. Het voorstel wil automobilisten anders laten betalen voor de auto. Door het afschaffen van de vaste belastingen en het invoeren van een heffing die variabel is naar tijd, plaats en type auto, hoopt het de minister het milieu te ontlasten en de files te verminderen. Net als eerdere ministers die vergelijkbare prijsvoorstellen deden, kreeg Eurlings te maken met maatschappelijk verzet onder aanvoering van dagblad De Telegraaf. In het regeerakkoord geeft het kabinet-Rutte aan af te zien van de kilometerheffing. Het kabinet zet wel in op een verschuiving van vaste naar variabele lasten, maar wil dit doen door een verhoging van accijnzen op brandstof, in overleg met buurlanden en de Europese Unie (Anonymous 2010).

De balans van beleid

Als we de balans opmaken van het volumebeleid, de tweede route naar energiereductie bij mobiliteit, dan kunnen we concluderen dat tegenwoordig de groei van de (auto-)mobiliteit geaccepteerd is. Groeireductie in welke vorm dan ook is geen expliciet beleidsthema meer. Weliswaar richt het mobiliteitsbeleid zich, net als aan het eind van de jaren tachtig op de thema's bereikbaarheid, leefbaarheid (milieu) en veiligheid – maar in de rangorde van prioriteit gaat verhoudingsgewijs veel geld en aandacht naar het eerste thema. Dat is ironisch, zo valt af te leiden uit de Mobiliteitsbalans 2009 van het KiM. De geraamde maatschappelijke kosten van files stijgen sterk en bedragen tussen de 2,8 en 3,6 miljard euro per jaar. De kosten van milieuschade nemen ook toe, vooral omdat de kosten van klimaatverandering toenemen, en bedragen tussen de 2 en de 8,5 miljard euro (KiM 2009). Het meeste kosten de verkeersongevallen, namelijk tussen de 10,5 en 13,6 miljard euro. Deze kosten blijven stabiel, omdat de verbeterde verkeersveiligheid gecompenseerd wordt door hogere ziekenhuis- en reparatiekosten. Hoewel congestie de samenleving relatief veel minder kost dan milieuschade en verkeers(on-)veiligheid, gaat vrijwel alle aandacht in het publieke debat en in de politiek uit naar het 'fileleed'. De droom van de wrijvingsloze massamobiliteit, zo kenmerkend voor de jaren zestig, is nog altijd actueel en in de perceptie van de gemiddelde automobilist heeft de overheid de verantwoordelijkheid die te realiseren. Recente beleidsbenaderingen trachten hierin verandering aan te brengen en de burger-mobilist aan te spreken op een verstandig en maatschappelijk verantwoord reisgedrag. Daarover gaat de volgende paragraaf.

Een verstandig gebruik van vervoermiddelen: reizen is puzzels oplossen

De reiziger centraal

Een derde route naar energiereductie op het terrein van mobiliteit kunnen we samenvatten als 'verstandig gebruik'. Hier gaat het, kort gezegd, om de mogelijkheden die burgers hebben om inzicht te krijgen in de hoeveelheid energie die hun reisgedrag kost en om het aanreiken van handelingsalternatieven. Om de (on-)mogelijkheden van deze route te verkennen is een derde analytisch perspectief op mobiliteit nodig. Waar bij de eerste route de nadruk lag op technologisch vernuft (een energiezuiniger verkeer- en vervoerssysteem) en bij de tweede op economische rationaliteit (de weg als markt), veronderstelt 'verstandig gebruik' een perspectief op de alledaagse praktijk van het onderweg zijn. Dit perspectief stelt de reiziger centraal. In economische en verkeerswetenschappelijke modellen gebeurt dat doorgaans door de reiziger als een rationeel kiezende actor op te vatten voor wie de variabelen tijd en geld van doorslaggevend belang zijn in mobiliteitskeuzes. Binnen het nieuwe 'mobilities' paradigma van Urry (2007) zijn sociologische en antropologische concepten en methoden ontwikkeld om het feitelijke reisgedrag van mensen te analyseren. Hoe reizen mensen? Hoe lossen zij de problemen op die zich onderweg voordoen? Hoe maken zij bij het plannen en uitvoeren van hun reis gebruik van verschillende soorten informatie, bijvoorbeeld over de energiekosten van hun reis?

Onderzoek naar hypermobielen

Om deze vragen te beantwoorden, heeft de Universiteit Maastricht in opdracht van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer onderzoek gedaan naar zogenaamde 'hypermobiele' reizigers (Peters Kloppenburg & Wyatt 2007). Dit zijn mensen met complexe activiteitenpatronen die veel onderweg zijn en regelmatig tijdsdruk ervaren. De verwachting vooraf was dat we juist van deze groep mobilisten veel kunnen leren

over het perspectief van de reiziger op alledaagse mobiliteit. Niet alleen leggen hypermobielen (veel) meer kilometers af dan de gemiddelde Nederlander, we kunnen ze ook zien als trendsetters als het gaat om het creatieve gebruik van informatietechnologie (smartphone, laptop, draadloos internet) tijdens de reis.

Het onderzoek vertrok vanuit drie theoretische basisassumpties. De eerste is dat er een samenhang bestaat tussen de reden waarom mensen reizen en hoe zij dat doen. Mensen reizen omdat zij een 'project' willen realiseren, bijvoorbeeld een familiebezoek, een vakantie of een middagje naar de woonboulevard. Om dit project te kunnen realiseren moeten zij een 'passage' organiseren, dat wil zeggen, zij moeten zich verplaatsen over een bepaalde afstand waarvoor zij zowel fysieke vervoermiddelen kunnen gebruiken als elektronische middelen (mobiele telefoon, internet) (Peters 2006). De tweede basisassumptie is dat mensen hun projecten en passages op elkaar af moeten stemmen en daarbij problemen moeten oplossen. Nu kenmerkt het hedendaagse reizen zich door het feit dat veel van die problemen gestandaardiseerde oplossingen kennen die voor de overgrote meerderheid van de mensen voldoen. Wie zijn (of haar) kinderen naar school brengt, zoals in het voorbeeld waarmee dit essay begon, kiest voor de fiets of de auto, daarover hoeft niet lang nagedacht te worden. De groep hypermobielen zal echter trachten creatieve oplossingen te vinden als hun projecten en passages niet op elkaar aansluiten. Die creativiteit kan aanzetten bevatten voor innovatie in het hele vervoerssysteem. Een derde assumptie is dat het oplossen van problemen de aanwezigheid van 'wisselgeld' (of in Engels, een resource) veronderstelt. Reizigers die onderweg tegen een probleem aanlopen, hebben altijd wisselgeld nodig om het op te lossen. Dit wisselgeld kan vormen aannemen die variëren van alternatief vervoer tot reisinformatie. Bijvoorbeeld: iemand die de laatste trein naar huis mist, kan zijn passage vervangen door een taxi te nemen. Is die taxi er niet, dan ontbreekt dit wisselgeld en moet de reiziger op zoek naar een andere oplossing. Door een hotel te nemen, stelt de reiziger de passage uit en realiseert daardoor zijn project (naar huis gaan) pas de volgende dag.

Gedurende drie maanden werd een kleine groep respondenten die voldeed aan de omschrijving 'hypermobiel' gevolgd, door middel van een reeks interviews, maar ook door het gebruik van de mobiele telefoondata van de respondenten. Uit het onderzoek bleek dat de ruimtelijke en temporele inrichting van iemands leven mede bepalend is voor de flexibiliteit van projecten en passages op de lange termijn. Een voorbeeld: iemand die in Almere woont en in Amsterdam werkt, zal bij het realiseren van het project 'werk' elke dag opnieuw het probleem van de dagelijkse file op de A1 in zijn of haar 'passage' moeten oplossen. Hoewel de mate van flexibiliteit in de levens van de respondenten sterk verschilde, beschikten zij allen over een grote vaardigheid om hun complexe activiteitenpatronen te coördineren en opnieuw te plannen. Daarbij bleek niet zozeer tijdsdruk een probleem, als wel het ontbreken van voldoende wisselgeld om storingen in de voorgenomen projecten en passages op te kunnen lossen.

Flexibiliteit kan ook afhankelijk zijn van de activiteiten die mensen onderweg willen en kunnen doen. Treinreizen en autoritten maken bepaalde activiteiten mogelijk en verhinderen andere. In de trein is lezen de belangrijkste activiteit, in de auto is dat bellen. De respondenten pasten hun activiteiten aan aan het vervoermiddel waarmee ze reisden. Een van de respondenten liet de keuze tussen auto en trein afhangen van wat hij wilde gaan doen. Als hij veel telefoontjes moest plegen ging hij met de auto, als hij een presentatie moest voorbereiden ging hij met de trein. In het ene geval geeft de auto dus meer flexibiliteit, in het andere geval de trein. Reistijd blijkt dus zeker niet altijd verloren tijd, maar kan ook productief ingevuld worden. Werk en reis – project en passage – kunnen daarbij in elkaar overlopen. Hypermobielen bleken veel belang te hechten aan deze flexibiliteit.

Uit het onderzoek bleek ook dat fysieke mobiliteit en digitale informatie elkaar niet zozeer vervangen, maar juist in samenhang worden gebruikt. Voor het onderhouden van hun sociale netwerken beschikten de respondenten over een grote verscheidenheid aan netwerkmiddelen, zoals auto, openbaar vervoer, fiets, internet, e-mail en mobiele telefoon, die ze ook daadwerkelijk gebruikten. Voorkeur voor e-mail en telefoon wisselden per persoon, hoewel e-mail over het algemeen vaker gebruikt werd voor groepsafspraken en meer vrijblijvende afspraken. De mobiele telefoon maakt het gemakkelijker projecten te coördineren en eventueel onderweg al uit te voeren. Soms ontmoetten de respondenten anderen fysiek, op andere momenten volstond een telefoontje of een e-mail, afhankelijk van het type project en de verwachtingen die daarbij een rol speelden.

Het belang van informatietechnologie is sterk toegenomen, zowel voor automobilisten als voor OV-reizigers. Door het gebruik van informatie- en communicatietechnologieën kunnen reizigers hun passages en projecten in realtime bijsturen, bijvoorbeeld door hun mobiele telefoon te gebruiken of door realtime informatie op te vragen via de routenavigatieapparatuur. Reizigers handelen daarnaast niet alleen pas als hun passages of projecten al verstoord zijn geraakt, maar maken ook gebruik van ICT om te anticiperen op eventuele problemen. Informatie via navigatieapparatuur over een file verderop kan een automobilist doen besluiten een andere route te nemen. Een automobilist die op tijd gewaarschuwd wordt voor een file, kan besluiten de trein te nemen of later op weg te gaan. Eenmaal op weg, kan de routenavigatieapparatuur een nieuwe route berekenen. Treinreizigers kunnen dankzij draadloos internet hun werk voortzetten in de trein of bellen dat ze wat later op hun familieafpraak arriveren. Wandelaars verdwalen niet langer dankzij GPS-horloges. Al deze nieuwe 'reistechnologieën' hebben de dagelijkse activiteit van het reizen even ingrijpend veranderd als de stoomtrein en de benzineauto dat deden. Als de hypermobielen uit het onderzoek van de Universiteit Maastricht inderdaad trendsetters zijn, dan zullen steeds meer mensen tijdens het reizen gebruik maken van informatietechnologie om hun reistijd dubbel te benutten, om hun reis van tevoren te plannen en om problemen die zich onderweg voordoen op te lossen middels realtime reisinformatie.

Informatie plus

Met het onderzoek naar het reisgedrag van de hypermobielen in het achterhoofd, is het nodig dat de informatie die reizigers vooraf en tijdens hun reis gebruiken, wordt uitgebreid met informatie over het energieverbruik van hun reisgedrag. Alleen zo kunnen we langs het spoor van verstandig gebruik tot een reductie van het energieverbruik komen. Automobilisten kunnen bij de aanschaf van een auto rekening houden met het energieverbruik door te kiezen voor A- en B-labels of zelfs voor een hybride auto. Zij kunnen ervoor kiezen hun auto te delen of sommige ritten met anderen te reizen (carpoolen). Korte ritten kunnen zij per fiets maken of er zelfs voor kiezen de reis helemaal niet te maken omdat een digitaal ontmoetingsmoment (bijvoorbeeld via Skype) volstaat. Informatie die helpt bij het maken van deze keuzes is op steeds meer websites beschikbaar, zoals milieucentraal.nl, de website van het ministerie van VROM en GroenOpWeg.nl – om slechts enkele voorbeelden te geven. Eenmaal onderweg zijn in steeds meer auto's digitale hulpmiddelen beschikbaar die directe terugkoppeling geven over het energieverbruik of kunnen helpen dit te reduceren. Voorbeelden zijn de ecoteller die aangeeft hoe zuinig men rijdt, de cruisecontrol om een constante – bij voorkeur lagere – snelheid aan te houden, een boordcomputer die het brandstofverbruik bijhoudt en een navigatiesysteem dat omrijden voorkomt. Ook voor treinreizigers en luchtvaartpassagiers zijn er via het internet talloze mogelijkheden inzicht te krijgen in de hoeveelheid energie die

met hun reis gemoeid is en welke alternatieven er zijn, of ze nu voor zaken onderweg zijn of op vakantie gaan. Een mooi voorbeeld van dat laatste zijn de Alpine Pearls, een samenwerkingsverband van 22 steden in de Duitse, Franse, Zwitserse, Oostenrijkse en Italiaanse Alpen die middels ‘soft mobility’ een autoloze vakantie-ervaring aanbieden (Verbeek 2009).

Conclusie: slim reizen

Overheid én burger-reiziger

Soms staan de twintigste en de eenentwintigste eeuw vlak naast elkaar. Dat gebeurde in NRC Handelsblad op 7 juli 2009. Onder aan de pagina stonden twee berichten uit de wereld die mobiliteit heet. Het eerste artikel deed verslag van de presentatie van een rapport over een reeks maatregelen om de mobiliteit in ‘draaischijf Nederland’ (midden-Nederland) te vergroten. “Extra rijstroken en fly-overs op de snelwegen bij het knooppunt Hoevelaken bij Amersfoort zijn de beste methode om de dagelijkse files op die plek te bestrijden”, stelde het rapport, een conclusie die door verkeersminister Eurlings werd overgenomen. Daarnaast stond een artikel over de opening van de Nationale Databank Wegverkeersgegevens (NDW) met als kop ‘Meer informatie moet de file bestrijden.’ In dit stuk zei minister Eurlings dat betere verkeersinformatie kan leiden tot 10% minder files op de weg. “Voordeel van snellere informatie is dat automobilisten eerder weten of ze in de file komen te staan, ook op provinciale of doorgaande stadswegen, en hoeveel vertraging ze daar zullen oplopen. Daardoor kunnen ze een betere alternatieve route kiezen. Wie thuis internet raadpleegt, kan afwegen of het verstandiger is met het openbaar vervoer te reizen” (NRC Handelsblad, 2009).

Het ene artikel beschrijft een strategie uit het twintigste-eeuwse beleidsvertoog, waarbij de overheid een statische, materiële vorm van wisselgeld biedt aan de reiziger in de vorm van nieuwe rijstroken en fly-overs. Het zijn de nieuwste aanpassingen in het immense fysieke systeem dat nodig is om de belofte van de wrijvingsloze verplaatsing in de ‘draaischijf Nederland’ waar te maken. Nieuwe wegcapaciteit genereert echter nieuwe mobiliteit, waardoor het netto-effect binnen enkele jaren verdampst. De rijstroken en fly-overs staan daarmee model voor een benadering die op termijn meer energie zal kosten. Het is slechts één voorbeeld van de talloze concrete beleidsbeslissingen die verscholen gaan achter de macrogroecijfers waarmee dit essay begon. In het sociale dilemma van de mobiliteit ligt het probleem-eigenaarschap bij de overheid.

Het andere artikel toont de nieuwe eeuw. Het wisselgeld voor de reiziger neemt hier een dynamische, immateriële want elektronische vorm aan. Er verandert niets in de beschikbare wegcapaciteit, wel in de manier waarop informatie die is vergaard op systeemniveau wordt teruggekoppeld naar de individuele automobilist. Met deze realtime informatie kan de reiziger zelf zijn of haar keuzes maken. Als het project het toestaat, kan men later op weg gaan of besluiten om niet te gaan en het werk digitaal af te handelen. Intuïtief lijkt deze benadering te resulteren in energiebesparing, maar om te weten of dit werkelijk zo is, moet nieuw onderzoek gedaan worden. Anders dan in het twintigste-eeuwse model, is de rol van de overheid hier een totaal andere. Dit komt ook naar voren in de meest recente overheids campagnes om het mobiliteitsgedrag te beïnvloeden. Daarin staat het begrip ‘slim reizen’ centraal, gedefinieerd als ‘het slim organiseren van de reis.’ De overheid is niet langer de vanzelfsprekende organisator van de reis, daarvoor kunnen tal van actoren gemobiliseerd worden, elk met een eigen verantwoordelijkheid. Het probleem-

genaarschap in het sociale dilemma wordt nu dus gedeeld tussen de overheid en de reiziger-burger, met informatietechnologie als bemiddelend medium.

Niet machteloos, maar verantwoordelijk

Dit essay vertrok vanuit het vogelvluchtperspectief op wereldschaal, een perspectief dat zorgen baart als het gaat om het energieverbruik. Het heeft vervolgens 'ingezoomd' op mobiliteit als alledaagse praktijk, met reizigers als slimme probleemoplossers en uiteenlopende vormen van 'wisselgeld'. Waar de eerste route het accent legt op techniek als oplossingsdimensie en de tweede vooral economische rationaliteiten aandraagt, blijkt het sociologische en antropologische perspectief op reizen de samenhang tussen techniek en gebruikers te kunnen tonen. Waar het op systeemniveau uitermate lastig is het energieverbruik van vervoermiddelen vast te stellen en te vergelijken, is het voor de individuele gebruiker wel degelijk mogelijk inzicht te krijgen in energieverbruik en -besparingen die voortvloeien uit hun eigen gedrag. Door reizigers aan te spreken op hun vernuft en verantwoordelijkheid, worden lokale leerprocessen in gang gezet. Natuurlijk zal niet iedere reiziger rekenschap willen afleggen van het energieverbruik dat voortvloeit uit zijn of haar reisgedrag en wellicht zullen ook hier weer rebound effecten optreden. Hier ligt dus een belangrijke vraag voor verder onderzoek: hoe kan correcte informatie over energieverbruik op lokaal niveau worden aangeboden en hoe kan deze informatie leiden tot duurzame gedragsverandering, met andere woorden, hoe kan energiebesparing onderweg een dagelijkse routine worden, even vanzelfsprekend als het vastgespen van de autogordel?

De verkenning van de drie routes naar energiereductie maakt duidelijk dat het niet nodig is te kiezen tussen de ene of de andere route. Sterker nog, in de derde route – het verstandig gebruik van mobiliteit – komen het streven naar energie-efficiëntie door overheid en industrie, en volumebeleid bij elkaar. Immers, de reiziger kan pas kiezen als de markt energiezuinige auto's met een A-label aanbiedt (eerste route). Het bewustzijn van het energiegebruik van een vliegreis kan een reden zijn om voor een minder milieubelastend alternatief te kiezen. Maar anders dan de eerste twee routes, biedt de derde route nieuwe mogelijkheden om de politiek-normatieve aspecten aan de kwestie van energiegebruik en mobiliteit te identificeren en daarmee het mobiliteitsdebat niet vast te doen lopen, maar vaart te geven. De reiziger is niet alleen consument van wrijvingsloze kilometers, maar ook burger in een wereld die zich voor een sociaal dilemma geplaatst ziet. De reiziger is niet alleen klant van de overheid en van vervoersbedrijven, zoals in de jaren negentig werd betoogd, maar ook verantwoordelijk voor de keuzes die hij of zij maakt.

Om energiereductie langs de drie routes tot een succes te maken, is het nodig dat reizigers informatie over het energieverbruik van hun reis even serieus meewegen bij het plannen en aanpassen van hun passages en projecten als de informatie over de dagelijkse files. Pas dan kan het sociaal dilemma dat ten grondslag ligt aan mobiliteit worden opgelost. Immers, door zich te informeren over de maatschappelijke gevolgen van zijn reis kan de reiziger, in het voetspoor van de creatieve hypermobiel, zoeken naar alternatieven. Die mogelijkheid om te kunnen kiezen, maakt van de machteloze mobilist die we kennen uit het filedebat – hier sta ik, ik kan niet anders – weer een redelijke reiziger die zijn verantwoordelijkheid neemt.

Referenties

- Anonymous (2010). *Regeerakkoord kabinet-Rutte*. <http://www.rijksoverheid.nl>
- Baaijens, S. et al. (1997). *Slow motion. Een andere kijk op snelheid*. Delft: Delftse Universitaire Pers.
- Batenburg, R.S. & W.P. Knulst. (1993). *Sociaal-culturele beweegredenen. Onderzoek naar de invloed van veranderende leefpatronen op de mobiliteitsgroei sinds de jaren zeventig*. Den Haag: Sociaal en Cultureel Planbureau.
- BOVAG-RAI (2009). 'Mobiliteit in cijfers. Auto's 2008/2009'. <http://www.bovag-cijfers.nl>
- Brink R. van den & B. van Wee. (1999). 'Waarom wordt het personenautopark niet meer zuiniger?' In: *Verkeerskunde* nr. 4, pp. 32-36.
- CBS Statline. <http://www.cbs.nl>
- Harms, L. (2003). *Mobiel in de tijd. Op weg naar een auto-afhankelijke maatschappij, 1975-2000*. Den Haag: Sociaal en Cultureel Planbureau.
- Hendriks, F. & P. Tops (2001). *Politiek en interactief bestuur. Interacties en interpretaties rond de ontwikkeling van het Nationaal Verkeers- en Vervoersplan*. Den Haag: Elsevier bedrijfsinformatie.
- Hupkes, G. (1977). *Gasgeven of afremmen. Toekomstscenario's voor ons vervoerssysteem*. Deventer: Kluwer.
- Hupkes, G. (1979). 'Nieuwe ontwikkelingen rond de BREVER-wet'. In: *Verkeerskunde*, nr. 8, pp. 363-369.
- Jensma, F. (2009). 'Rijden in een smartphone'. In: *NRC Handelsblad*, 22 augustus 2009, katern 5, p. 36.
- KiM (2009). *Mobiliteitsbalans 2009*. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.
- Ligtermoet, D.M. (1990). *Beleid en planning in de wegenbouw. De relatie tussen beleidsvorming en planning in de geschiedenis van de aanleg en verbetering van rijkswegen*. Amsterdam: Onderzoekcentrum Beleid & Planning Vrije Universiteit, vakgroep Politicologie.
- Milieu- en NatuurCompendium (2009). 'Energieverbruik door verkeer en vervoer, 1990-2007'. <http://www.milieuennatuurcompendium.nl>
- Millar, J. & M. Schwarz (red.). (1998). *Speed. Visions of an Accelerated Age*. London: The Photographers' Gallery.
- Mumford, L. (1963). *Technics and Civilization*. San Diego: Harcourt Brace Jovanovich.
- Otten, M.B.J. & H.P. van Essen (2009). *Langzamer is zuiniger. Verkenning van klimaatwinst van snelheidsverlaging op de snelweg*. Delft: CE.
- Peters, P.F. (1998). 'De smalle marges van de politiek'. In: H. Achterhuis & B. Elzen (red.). *Cultuur en mobiliteit*. Den Haag: SDU, pp. 38-63.
- Peters, P.F. et al. (2001). *Een constante in beweging? Reistijd, virtuele mobiliteit en de BREVER-wet*. Rotterdam: Adviesdienst Verkeer en Vervoer.
- Peters, P.F. (2006). *Time, Innovation and Mobilities. Travel in Technological Cultures*. London: Routledge.
- Peters, P.F., S. Kloppenburg & S. Wyatt (2007). *De reizigers tussen project en passage. Een nieuwe kijk op hypermobiliteit*. Maastricht: Faculteit der Cultuur- en Maatschappijwetenschappen / Virtual Knowledge Studio.
- Rijkswaterstaat (2008). *Mobiliteitsonderzoek Nederland 2007*. Den Haag: Ministerie van Verkeer en Waterstaat / Rijkswaterstaat.
- Sachs, W. (1999). *Planet Dialectics. Explorations in Environment and Development*. London/New York: Zed Books.
- Schafer, A. (1998). *The Global Demand for Motorized Mobility. Transportation Research, Part A: Policy and Practice* 32, no. 6, pp. 455-477.

- Schafer, A., & Victor, D.G. (2000). *The Future Mobility of the World Population. Transportation Research Part A: Policy and Practice* 34, no. 3, pp. 171-206.
- Stichting BOVAG-RAI (2009). *Mobiliteit in Cijfers editie Auto's 2008/2009*. Amsterdam: Stichting BOVAG-RAI.
- Szalai, A. et.al. (1972). *The Use of Time. Daily Activities of Urban and Suburban Populations in Twelve Countries*. Den Haag: Mouton.
- Tromp, H. & J. van den Bosch (1996). 'Langzaam rijden gaat sneller'. In: *Verkeerskunde*, nr. 2, pp. 4-8.
- Urry, J. (2007). *Mobilities*. Cambridge: Polity Press.
- Verbeek, D. (2009). *Sustainable Tourism Mobilities. A Practice Approach*. Proefschrift Universiteit van Tilburg / Center for Sustainable Development.
- VROM-raad (1999). *Mobiliteit met beleid (Advies 017)*. Den Haag: VROM-raad.
- VROM (2009). *Dossier energiebesparing auto*. <http://www.rijksoverheid.nl>
- Wee, B. van (2007). 'Worden auto's steeds zuiniger?' In: *Verkeerskunde*, nr. 4, pp. 16-17.
- Whitelegg, J. (1993). 'Time Pollution'. In: *The Ecologist. The Journal of the Post Industrial Age* 23, no. 4, pp. 132-134.
- Whitelegg, J. (1997). *Critical mass. Transport, Environment and Society in the Twenty-First Century*. London, Chicago: Pluto Press.

ESSAY



Auteur

Jaap Jelsma

Adviseur klimaat en technologie, voorheen
verbonden als onderzoeker aan de Universiteit Twente en
Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN)

De wedloop tussen besparing en luxe

Inleiding

Sinds de oliecrisis van 1973 is energiebesparing in het wonen een aanhoudende zorg geweest voor beleidsmakers en burgers. Een zorg die eerder groter dan kleiner werd toen begin jaren negentig het besef van het broeikaseffect doordrong tot de politiek. Op het gebied van wonen is sinds 1973 dan ook veel aan energiebesparing gedaan en de verwachtingen van verdere besparingen zijn nog steeds hooggespannen (Blok & De Visser 2005). Niettemin laat het energieverbruik voor wonen over de laatste 35 jaar, ondanks de grote beleidsinspanningen, geen dalende trend zien. Wat betreft energieverbruik voor warmte (ruimteverwarming en warm water) is er sprake van stabiliteit, maar het elektriciteitsverbruik (voor licht en apparaten) stijgt gestaag, behoudens een tijdelijke dip in de jaren tachtig. Bovendien laten de landelijke cijfers zien dat de energiebesparing voor de sector wonen de laatste jaren stagneert rond 1% van het totale verbruik (Gerdes & Boonekamp 2009). Kennelijk wordt de beleidsinspanning tegengewerkt door krachten die onvoldoende in beeld zijn. Deze krachten blootleggen – als voorwaarde voor een effectiever beleid – is het belangrijkste doel van dit essay.

De relatie tussen wonen en energieverbruik wordt daarom in historisch perspectief geplaatst. Om oorzaken op te sporen moeten we de trends kennen. Deze zijn slechts te traceren in een analyse met voldoende historische diepte. Om anderzijds de nodige breedte in de analyse te behouden, dienen we ons niet blind te staren op de technologische ingrepen waarop het beleid in de loop van de tijd heeft ingezet. Inzicht ontstaat pas als we deze ingrepen plaatsen in het bredere perspectief van een groeiende economie, culturele veranderingen en verschuivende preferenties en handelingen van bewoners.

In overeenstemming hiermee wordt een analysemodel gepresenteerd dat beoogt de krachten achter het energieverbruik in woningen in hun onderlinge dynamiek te vatten. Vervolgens gaan we na welke historische trends in het energieverbruik voor wonen aanwijsbaar zijn, en hoe die met behulp van het model geïnterpreteerd kunnen worden. Daartoe past een terugblik op ontwikkelingen op het gebied van warmte en elektriciteit in het wonen gedurende de twintigste eeuw, waarbij de ontwikkelingen na de eerste oliecrisis uitgebreider ter sprake komen, omdat toen het nationale energiebesparingsbeleid van de grond kwam. Daarna wordt de aard van dat beleid belicht en de resultaten die ermee zijn behaald. Op basis van die dubbele terugblik wordt het gevoerde beleid op sterktes en zwaktes beoordeeld en worden zo nodig voorstellen gedaan voor aanpassingen.

Een brede blik op energiebesparing

In beleidsrapporten wordt energiebesparing over het algemeen opgevat als “het uitvoeren van dezelfde activiteit of functie met minder verbruik van energie” (Van Drill 2005). Deze definitie van besparing sluit echter veel uit, wat het beleidsperspectief vernauwt. Energieverbruik kan bijvoorbeeld juist toenemen als gevolg van de besparing, een type effect dat bekend staat als *revenge* of *rebound* effect (Tenner 1996). Een voorbeeld: door innovatie is een verwarmingsketel energie-efficiënter geworden, waardoor verwarmen goedkoper werd. Deze besparing is echter weer tenietgedaan doordat dalende verwarmingskosten het bouwen van grotere huizen heeft uitgelokt (ontsparring). Daarnaast heeft de bovengenoemde smalle definitie van energiebesparing geen oog voor krimp, het verminderen van energievragende activiteiten: *minder* is namelijk niet hetzelfde als *zuiniger*. Ook mechanisatie onder invloed van innovatie valt buiten de enge definitie van besparing. Daarbij gaat het bijvoorbeeld om het vervangen van onwelkom gedrag (zoals afwassen en was ophangen) door gemak brengende apparaten en installaties, die echter energie vragen.

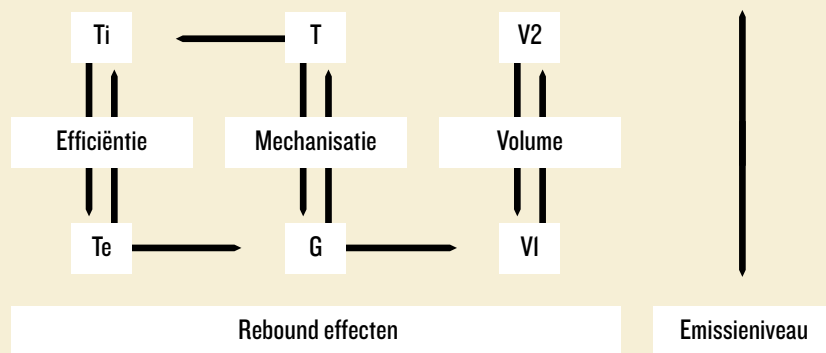
Beleidsmakers onderkennen wel een aantal van de bovengenoemde effecten. Zo wordt een onderscheid gemaakt tussen volume-effecten en structureffecten. Volume-effecten betreffen de energieverbruiksverandering als gevolg van groei, ze betreffen dus de *omvang* van het energieverbruik in de samenleving. Denk aan de groei van de woningvoorraad, die leidt tot meer energieverbruik. Structureffecten gaan over veranderingen in de aard van de activiteiten, zoals meer luxe en comfort in het wonen.¹ De oorzaken van deze effecten blijven echter grotendeels buiten beschouwing, laat staan dat wordt nagegaan hoe daarop beleid gevoerd kan worden. Hetzelfde geldt voor rebound effecten. Beleidsmakers weten dat zulke effecten optreden, maar ze worden niet gekwalificeerd als een ondermijning van het streven naar energiebesparing. Eenzelfde behandeling treft technologische innovatie. Er wordt wel mismoedig opgemerkt dat mensen steeds meer, grotere en krachtiger apparaten in huis halen, en dat dit effecten heeft op het energieverbruik, maar de vraag hoe dat komt, wordt niet gesteld. Gedrag van bewoners en de effecten

1 Het is niet altijd eenvoudig volume- en structureffecten streng te onderscheiden. Zo leidt een verdunding van huishoudens tot een groei van de woningvoorraad. Men kan zich afvragen of deze verdunding een volume-effect is (er komen daardoor meer huishoudens) of een structureffect (de aard van de huishoudens verandert door de verdunding ook). In dit geval is waarschijnlijk sprake van gekoppelde volume- en structureffecten.

daarvan worden wel aangestipt, maar de relatie met groei en technologieontwikkeling wordt niet inhoudelijk uitgediept. Gedragsveranderingen en technologische ontwikkelingen verdwijnen in de zwarte doos van volume- en structureffecten die daarmee een quasi-autonoom karakter krijgen. Beleid is geslaagd zolang uit de berekeningen een percentuele besparing per specifieke activiteit rolt die in de buurt komt van het streefcijfer. Als dat niet meer het geval is – zoals de laatste jaren – is scherper inzicht nodig in de onderliggende mechanismen om tot een verbetering te komen.

Zoals gezegd wordt in dit essay het thema energiebesparing en energieverbruik in het wonen vanuit een breder perspectief dan gebruikelijk geanalyseerd. Voor dit doel is onderstaand schema ontwikkeld. Dit schema is een poging een breder scala aan mechanismen bloot te leggen dan de huidige definitie van besparing toelaat, en vooral de onderlinge dynamiek daarvan te verkennen. Op deze manier kan mogelijk meer inzicht verkregen worden in de reden waarom het besparingsbeleid teleurstelt en wat daaraan te doen is.

Het schema veronderstelt dat energieverbruik in het wonen plaatsvindt via drie routes: efficiëntie, mechanisatie en volume. Bij deze drie routes spelen verschillende mechanismen en effecten een rol. Op elke route is in twee richtingen beweging mogelijk: in de richting waarin energieverbruik (en dus emissie) stijgt en waarin energieverbruik (emissie) daalt. Het besparingsbeleid richt zich, zoals hierboven gezegd, vooral op het verbeteren van **efficiëntie**, hoofdzakelijk via het mobiliseren van incrementele technologische innovatie. Het beleid is er vooral op gericht om inefficiënte technische middelen die uitkomst zijn van omhooggaan langs de mechanisatieroute ($G \rightarrow T$) om te zetten in meer efficiënte ($T_i \rightarrow T_e$). Hierdoor worden besparingen bereikt. In principe kan men ook hierbij twee kanten op, maar het besparingsbeleid



Figuur 1

De drie routes waarlangs effecten op het energieverbruik tot stand komen en emissies stijgen of dalen. Via de middelste route ($G \rightarrow T$) wordt gedrag (onaangenaam werk) gemechaniseerd, door het via innovaties te delegeren aan technologie; het is de route naar meer comfort en gemak. De resulterende technologie wordt door verdere innovatie efficiënter gemaakt via de linker route ($T_i \rightarrow T_e$). Efficiënte technologie (T_e) is goedkoper en beïnvloedt het gedrag: de betreffende activiteiten worden vaker uitgevoerd ($T_e \rightarrow G$). Ze zijn mede de oorzaak van volume-effecten ($V_i \rightarrow V_2$).

streeft uiteraard naar afdaling (verbruiksvermindering per apparaat). Bij **mechanisatie** gaat het over vervanging van gedrag G (zoals vormen van arbeid) door vormen van techniek T. Deze weg kan ook in omgekeerde richting worden afgelegd: techniek kan worden vervangen door gedrag, of energie-intensief gedrag (thermostaat hoog, weinig kleding) door energie-extensief gedrag (thermostaat laag, warme kleding).² De derde route betreft het **volume** van een bepaalde activiteit: expansie (richting V2) respectievelijk krimp (richting V1) van woonactiviteiten door bevolkingsgroei/afname, verdunning/verdichting huishoudens, toename/afname van inkomen/bestedingen en dergelijke.

Energieverbruik en energiebeleid in de twintigste eeuw

Aan de hand van het analytisch kader dat zojuist is geformuleerd, wordt teruggeblikt op de ontwikkelingen in het energieverbruik in het wonen gedurende de laatste eeuw, en de rol van het beleid daarbij. De ontwikkelingen van twee typen energiegebruik worden geanalyseerd: energie voor warmte (verwarming van ruimtes en tapwater, koelen van voedsel en dergelijke) en energie voor kracht, dat wil zeggen, elektriciteit voor het laten werken van alles waar een stekker aan zit.

Verwarmen en koelen: van aanbod naar vraag

Tot ver in de negentiende eeuw kookten, aten en sliepen arbeiders en boeren in één ruimte. 's Winters kookte men op de kachel en 's zomers op petroleumstellen. Geleidelijk ontstond een differentiatie in de indeling van de woning. Eind negentiende eeuw beschikten ook deze lagere standen over een of meer aparte slaapvertrekken en een aparte keuken, meest met haardvuur en soms met een kookfornuis (Klep et al. 1987). De hogere standen lieten hun personeel koken in het souterrain waar een groot fornuis stond. Door de aansluiting op het stadsgasnet (begin twintigste eeuw) groeide deze trend uit tot koken in een aparte ruimte (Oldenziel 2000).

Maar ruimteverwarming kwam pas echt in een stroomversnelling doordat nieuwe energiebronnen werden aangeboord. De vette steenkool uit Limburg was niet geschikt voor gebruik in huishoudens. Wel kon je er 'cokes' van maken: grondstof voor de metaalindustrie. Bij dat omzettingsproces komt gas vrij, dat wel geschikt was om er huizen en water mee te verwarmen en op te koken. Dit leidde onder andere tot de oprichting van vele 'gasfabrieken' in Nederlandse steden, waar de vette steenkool verwerkt werd. Het vrijkomende cokesgas werd via een groeiend distributienet naar steeds meer woningen geleid. Later werd dit cokesgas vervangen door Gronings aardgas. Zowel voor cokesgas als voor het latere aardgas was de zoektocht naar een afzetmarkt voor gebouwverwarming cruciaal.

² Men kan deze laatste verandering ook opvatten als vervanging van de ene vorm van technische mediatie (*high tech*) door de andere (*low tech*).

Dit zoeken naar een afzetmarkt stak vrij nauw, want consumenten waren niet gewend hun huizen flink te verwarmen. Bovendien moesten gaskachels concurreren met kolen- en oliekachels. Bewoners moesten dus verleid worden hun huis met aardgas te verwarmen. De Gasunie (waarin de overheid met Shell en Esso ging participeren) deed dit door het in 1959 aangeboorde aardgas goedkoop te houden. De winst zou vooral uit de grote volumes moeten komen. Dit betekende dat heel Nederland aan de centrale verwarming moest. Geen kolen- of gaskachels in enkele kamers, maar de hele woning warm. De nieuw ontwikkelde cv-ketel moest daarvoor zorgen. De verkoop van grote volumes aardgas werd nog eens versneld doordat vriend en vijand veel verwachtten van kernenergie. De overheid was als de dood dat zij met het nieuw gevonden aardgas zou blijven zitten, wanneer kernenergie massaal haar intrede zou doen. En de consument? Dankzij dit volumebeleid voor aardgas kreeg deze een betaalbare verwarmde, comfortabele woning.

De dynamiek achter de stijgende vraag naar warmte in de eerste helft van de twintigste eeuw komt dus voort uit een sterk groeiend aanbod aan goedkope energiedragers, de concurrentie van deze energiedragers op de markt voor ruimteverwarming, en de hiermee samenhangende tariefstelling. Het is niet zo dat de consument stond te roepen om centrale verwarming. Centrale verwarming moet eerder worden gezien als een door energieverkopers bedachte luxe die leidde tot een verhoging van de normen voor gemak en comfort. Geen gesleep meer met kolenkitten of petroleumblikken. De kamers werden warm(-er) door eenvoudigweg aan een thermostaatknop te draaien. De comfortnormen hielden gelijke tred met deze ontwikkelingen: overal – in woningen, kantoren, scholen, hotels – raakte men gewend aan een hogere kamertemperatuur. Een tot in alle vertrekken verwarmd huis werd normaal, met als resultaat veranderend stook- en kleedgedrag. Kortom: ruimteverwarming – ooit een kwestie van arbeid – werd geleidelijk gemechaniseerd (G→T). Doordat arbeid werd gedelegeerd aan een installatie zoals een centrale verwarming kostte verwarmen minder moeite (Te→Ti) en werd als activiteit uitgebreid (in meer kamers, ook 's nachts) (V1→V2). In die zin is er ook sprake van een volume-effect.

Vooruitgang uit het stopcontact

De elektriciteitsmarkt was aanvankelijk (1890) gericht op professioneel gebruik; huishoudens zijn op dat moment nog onbekend met elektriciteit. Dit verandert als gemeenten de productie overnemen. Gemeentelijke elektriciteitsbedrijven proberen, op het gebied van verlichten en koken in felle concurrentie met het gasbedrijf, hun afzetmarkt uit te breiden door klanten te werven via huisaansluitingen in steden. Om dit te stimuleren, ontwikkelen en vermarkten ze zelf de toepassingen zoals 'volksstrijkijzer', stofzuiger en kacheltjes. Om het net gedurende het hele etmaal gelijk te belasten, bieden de energiebedrijven een goedkoop nachttarief aan evenals apparaten die 's nachts aan kunnen staan zoals waterboilers. Via doorgaande propaganda voor elektrisch koken in de jaren twintig en dertig proberen ze het energieverbruik overdag te maximaliseren (De Rijk 1998, pp. 44-45).

Aan de vraagzijde speelt het gebrek aan dienstboden waardoor de hogere standen via hun organisaties geïnteresseerd raken in mechanisering van de huishouding. Nu mevrouw zelf aan de bak moet, heeft zij belang bij technische middelen die het werk vergemakkelijken. Ook het opkomend *efficiency*-denken (gelanceerd door Frederick Taylor) helpt bij het herdefiniëren van de rol van de vrouw als huisvrouw en de indeling van de woning. Het initiëren van de bouw van praktische woningen met daarin arbeidsbesparende apparatuur en een planmatige aanpak van de huishoudelijke arbeid is de gedachte oplossing voor de hogere standen. Bij de lagere standen wordt huishoudelijk werk vooralsnog als gewoon beschouwd en

niet als zeer onaangenaam: 'je wist niet beter' (Oldenziel en Bouw 1998). Een andere oplossingsrichting die wordt voorgesteld is organisatorisch gericht: op efficiency en arbeidsbesparing door collectivisering en uitbesteding, via appartementsgebouwen met collectieve voorzieningen zoals centrale keukens. Deze aanpak stuit echter af op traditie en moraal: ze wordt gezien als aantasting van het traditionele gezin en staat daardoor gelijk met ondermijning van de natie (De Rijk 1998, p. 61).

Vrouwenverenigingen zijn een belangrijke intermediair bij het testen, demonstreren en betekenis geven aan innovaties met een stekker. Hoewel sommigen sceptisch staan tegenover de nieuwe zegeningen, winnen de professionele uitstraling van elektrische apparaten en de belofte van tijdwinst het van scepsis over wat de nieuwe zegeningen zullen betekenen voor de rol van de vrouw. In golven worden bestaande huishoudelijke functies geëlektrificeerd en nieuwe uitgevonden. De bijbehorende apparaten penetreren de huishoudens vrij snel en verschijnen in handboeken voor de huishoudkunde (De Rijk 1998).

Niet alleen de arbeid van de vrouw, ook de woning wordt gemechaniseerd. Opvallend is de metamorfose van de keuken in samenhang met herdefinities van de rol van de vrouw: van werkplaats voor dienstbodes tot eigen laboratorium vol apparatuur voor de efficiënte huisvrouw, met de VS als voorbeeld. Na de tweede wereldoorlog worden allerlei pretfuncties ontwikkeld, en dromen over totale automatisering van het huishouden komen op, mede als uitvloeisel van het algehele optimisme over kernenergie (atoms for peace). De 'keuken van de toekomst' op de tentoonstelling Het Atoom (1957) heeft dan ook een controlecentrum en een glazen radaroven (Oldenziel & Bouw 1998). In de jaren zestig, na de wederopbouw, raakt het huisvrouw-zijn in diskrediet. Met de tweede feministische golf wordt het ideaal van de efficiënte huisvrouw door de gootsteen gespoeld. De tijd die door de elektrische vooruitgang is vrijgekomen, stelt vrouwen in de gelegenheid te gaan studeren en aan het arbeidsproces deel te nemen. De keuken is daarmee niet meer het exclusieve domein van de vrouw en wordt als 'open keuken' bij de woonkamer getrokken. Deze revolutie heeft onopgemerkte gevolgen voor het energieverbruik: er ontstaat behoefte aan ventilatie (wasemkap) en de koelapparatuur komt bij kamertemperatuur te staan. Vanuit de open keuken rukt het koken vervolgens weer op naar de huiskamer waar het ooit begon (Oldenziel & Bouw 1998). Met etensbereiding aan tafel (fonduen, gourmetten, liefst met een stekker eraan) lijkt de cirkel rond: men kookt weer in de huiskamer, maar wel op een veel hoger comfort- en verbruiksniveau.

Op het gebied van elektriciteitsverbruik is dus een ontwikkeling te zien die sterke overeenkomsten vertoont met die van warmteverbruik. Door groeiende industrialisatie worden huishoudelijke hulpen naar de fabrieken gezogen. Technologische innovatie maakt vervanging van deze arbeid door apparaten aantrekkelijk (beweging langs de mechanisatieroute omhoog, G→T). De markt voor huishoudelijke apparaten breidt zich, geholpen door intensieve overheidsstimulering, sterk uit in wisselwerking met de uitbreiding van stedelijke elektriciteitsnetten en de toename van het aantal huisaansluitingen (volumegroei, V1→V2). Onder invloed van deze krachten verandert het gedrag in het huishouden: ook de vrouw neemt een baan buitenshuis. Hierdoor neemt zowel de koopkracht van gezinnen als hun behoefte aan apparaten toe. Gemaks- en comfortnormen stijgen met het binnenhalen van technische middelen. Op de route efficiëntie gebeurt nog niets. Immers, energie is goedkoop, want in overvloed aanwezig.

Jaren zeventig: van zorgeloze groei naar besparing

In 1973 komt een ruw einde aan de zorgeloze groei van de naoorlogse jaren door wat doorgaans de (eerste)

oliecrisis wordt genoemd. Vanaf dat moment wordt 'energie' voor beleidsmakers een aanhoudende zorg (De Jong et al. 2005). De crisis, maar ook het toenemende besef dat olie- en gasvoorraden eindig zijn (Meadows et al. 1972), nopen tot een beleidsverandering, waarbij de vraag opkomt of "het energiebeleid niet ook gericht moet zijn op de beïnvloeding van het energieverbruik in het algemeen, resp. van bepaalde vormen van verbruik" (Begroting EZ 1974, geciteerd in J.J. de Jong e.a. 2005, p. 68). Het overheidsbeleid wil vanaf dat moment het absolute energieverbruik beperken, hoewel economie en aantal huishoudens blijven doorgroeien. Om deze combinatie te realiseren wordt er ingezet op efficiënter energiegebruik. Energiebesparing is goed voor de economie, voor de betalingsbalans, de werkgelegenheid en het spaart de gasreserve voor de toekomst.

Het in 1974 ingezette besparingsbeleid is gericht op de warmtevraag in woningen. Om te besparen op aardgas wordt ingezet op woningisolatie, dat wil zeggen, op het beperken van warmteverliezen via ramen, vloeren, daken en gevels via technische maatregelen. Een stuurgroep werkt een Nationaal Isolatie Programma (NIP) uit. Verder worden twee andere instanties opgericht, de Nederlandse Energie Ontwikkelings Maatschappij (NEOM) en de Stichting Voorlichting Energiebesparing Nederland (SVEN). Deze zullen respectievelijk energiebesparingstechnieken demonstreren en vermarkten, en kennis daarover uitdragen. Er is immers, zowel bij bouwers als eindgebruikers, nog weinig kennis aanwezig over hoe goed te isoleren. Daarnaast krijgen burgers besparingtips die gericht zijn op gedragsverandering, zoals het op tijd sluiten van gordijnen.

Het NIP introduceert een omvangrijk pakket maatregelen dat de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen moet reduceren. De doelstelling is om van 1978 tot 1990 800.000 koopwoningen en 1.700.000 huurwoningen te isoleren. In de aanloop naar het NIP was namelijk nog geen 10% van de woningvoorraad geïsoleerd. Dit moet een werkgelegenheidsimpuls van 12.500 mensjaren opleveren, vooral in de noordelijke provincies, en een omzet in na-isolatie van (omgerekend) € 280 miljoen (zie Entrop & Brouwers 2007). Daarnaast worden vanaf 1974 isolatiesubsidies voor nieuwbouwwoningen verstrekt en gelden vanaf 1975 strengere bouwnormen, die geleidelijk verder worden aangescherpt. Vanaf 1978 begint men ook bij renovaties rekening te houden met energiebesparing. In het kader van het NIP worden daarnaast studies opgezet, onder meer naar het nog altijd actuele probleem dat zwaar geïsoleerde woningen door de zon binnenshuis te veel opgewarmd worden (Entrop & Brouwers 2007).

De volumegroei in het bouwen en wonen moet dus doorgaan, maar de effecten daarvan op het verbruik van aardgas moeten worden gematigd door via besparingsbeleid de efficiëntie van het gebruik op te voeren (beweging op de route efficiëntie naar beneden, $T_i \rightarrow T_e$). Hiervoor worden vooral gedragsonafhankelijke technische maatregelen ingezet, zoals woningisolatie. Daarnaast wordt een bescheiden poging gedaan om energiezuiniger gedrag te stimuleren (ook wel good housekeeping genoemd, met als effect druk naar beneden op de route mechanisatie, $T \rightarrow G$).

Jaren tachtig: besparingsbeleid krijgt impact

Warmte

Op het gebied van warmte krijgt het energiebesparingsbeleid vooral impact in combinatie met het volumebeleid in de woningbouw. In de jaren tachtig breidt het woningbestand zich per jaar met gemiddeld ca. 90.000 woningen uit. Deze snelle toename van nieuwe, beter geïsoleerde woningen is enerzijds de grootste motor van energiebesparing, maar wordt anderzijds weer tegengewerkt door een aantal ontwikkelingen

op de andere routes. In de nieuwbouw treedt een verschuiving op van energiezuinige hoogbouw ('flats') naar eengezinswoningen. Het aantal huishoudens groeit sterk (tussen 1960 en 1993 verdubbelt het aantal huishoudens) en de samenstelling verandert. Dit heeft te maken met bevolkingsgroei en emancipatie; het aantal personen per huishouding neemt af en het aantal eenpersoonshuishoudens vervijfvoudigt in die periode. Het energieverbruik per bewoner neemt echter juist toe, vooral door verdere uitbreiding van comfort via mechanisatie van het stoken. De penetratie van aardgas in woningen stijgt tot 90% in 1980 en de daardoor gestimuleerde verspreiding van centrale verwarming tot 76% in 1996. Kortom, op de warmtevraag werkt een mix van volume-, mechanisatie- en besparingseffecten in.

De eerste helft van de jaren tachtig wordt echter ook gekenmerkt door een economische recessie, mede veroorzaakt door de tweede oliecrisis (1979). Het beleid dat is gericht op na-isolatie van bestaande woningen krijgt daardoor te maken met een inkomenseffect: het voordeel van centrale verwarming verkeert in zijn tegendeel, en dat speelt vooral op in de huursector. Lagere uitgaven voor energie zijn immers een welkome besparing voor huishoudens die worstelen met dalende inkomens, stijgende huren, toenemende werkloosheid en sterk oplopende gasprijzen. Door de volumegroei van de centrale verwarming, stijgt echter het gasverbruik, terwijl woningen bij een renovatie vaak ook nog worden vergroot, en maar matig worden geïsoleerd. Met andere woorden, renovatie leidt tot stijgende woonlasten en daar is verzet tegen bij de bewoners. Door extra isolatie hoopt men de stookkosten te drukken. Rotterdam loopt hierin voorop (Novem 1987). In latere jaren stopt dit proces weer, mede vanwege de dalende gasprijs en onrust over mogelijke vochtproblemen. Hieruit wordt geconcludeerd dat de inmiddels opgebouwde expertise in de bouwsector niet leidt tot een autonome (dat wil zeggen: beleidsonafhankelijke) besparingsactiviteit (Boonekamp et al. 2002).

Later in de jaren tachtig worden in toenemende mate de verwarmingsinstallaties binnen de woning onderwerp van besparingbeleid. Na de grootscheepse introductie van aardgas (jaren zestig) waren geen wezenlijke verbeteringen van de rendementen van verwarmingsapparatuur gerealiseerd. Onder druk van het besparingbeleid en stijgende gasprijzen wordt een verwarmingsketel met verbeterd rendement (de VR-ketel) in de markt gezet. Deze zuiniger combiketels versterken het besparingseffect, maar door het hogere vermogen in vergelijking met verdwijnende geisers en boilers, neemt het volume aan warm water dat getapt wordt voor baden en douchen toe (een rebound effect dus). In de periode 1985-1996 stijgt dan ook het gemiddelde gasverbruik per bewoner voor warm water tegen de 40%, waarmee het verbruik ruim 20% boven het niveau van 1980 uit komt. Het is de vraag of vervolgens de nog zuiniger hoogrendementsketel (HR-ketel) gepenetreerd zou zijn zonder een van overheidswege verplichte inzet in de nieuwbouw en diverse elkaar opvolgende subsidieprogramma's (Boonekamp et al. 2002). Deze ketels moeten de gaskachels, boilers en geisers vervangen; kortom, additioneel beleid gericht op het efficiëntiespoor. Daarnaast wordt er geëxperimenteerd met ontwerpen van verbeterde versies van lokale verwarming (gaskachels) in bescheiden nieuwbouwwoningen, die zuiniger blijken dan op centrale verwarming gebaseerde systemen (Prego 1987). Dit experiment is op te vatten als een poging om de warmtevraag terug te dringen door volumekrimp, door een alternatief te ontwikkelen voor de doorgaande verspreiding van de centrale verwarming. Dit experiment komt echter niet voorbij de demonstratiefase.

In 1987 wordt ook het NIP beëindigd, drie jaar eerder dan de bedoeling was. Op dat moment zijn er in het kader van het programma ruim 1,8 miljoen beschikkingen afgegeven voor isolatie van woningen, een forse hoeveelheid die desondanks aanzienlijk onder de initiële doelstelling van 2,5 miljoen blijft (Entrop

& Brouwers 2007). De subsidie betreft vooral nieuwbouwwoningen en (in mindere mate) renovatieprojecten. Omdat de isolatie van huurwoningen is achtergebleven, treedt begin 1987 een nieuwe regeling in werking die het NIP vervangt en betrekking heeft op de subsidie van huurwoningen. De investeringen in energiebesparende maatregelen worden opgenomen in de totale uitgaven voor groot onderhoud waarvoor door het Rijk subsidie wordt verstrekt (Jeeninga 1997).

Elektriciteit

Van belang voor het elektriciteitsverbruik is de opmars van apparaten in woningen. De sterkste stijging komt op naam van de cd-speler, de videorecorder, de homecomputer en de (combi-)magnetron. Deze apparaten waren in 1980 nog in vrijwel geen enkel huishouden aanwezig (Jeeninga 1997, p. 27). Bij de koelapparatuur is er een verschuiving te zien van eendeurskoelkasten naar tweedeurs koel-vriescombinaties. Het energieverbruik per apparaat neemt weliswaar af, maar de verscheidenheid, de aantallen (zoals het aantal tv's per huishouden), het vermogen en het gebruik ervan nemen toe, een combinatie van mechanisatie en volume-effecten dus. Het effect van de verandering in gebruikintensiteit en specifiek vermogen van apparaten is in de periode 1983–1996 vrijwel gelijk aan de gemiddelde besparing (Jeeninga 1997, p. 48), dat wil zeggen praktisch nul. Het energiebedrijf van Friesland begint in 1988 met een actie voor spaarlampen, maar de animo daarvoor ebt snel weg. De betere isolatie van de woningen stimuleert verder de ontwikkeling van elektrisch aangedreven, continu werkende ventilatiesystemen voor woningen: eerst de mechanische ventilatie, die vervolgens efficiënter wordt gemaakt door de zuiniger balansventilatie met warmteterugwinning. Een deel van de besparing op de verwarming lekt hierdoor weer weg via toenemend elektriciteitsverbruik.

Jaren negentig: besparingbeleid wordt milieubeleid

In de jaren negentig wordt energiebesparing relevant in het kader van milieubeleid. Het intussen wetenschappelijk robuust geworden broeikasprobleem dringt door tot de politiek. De emissies van broeikasgasen moeten omlaag. Daarvoor moet energiebesparing worden geïntensiveerd. Beleid wordt nu meer een zaak van EZ en VROM samen, voor een deel aangejaagd vanuit Brussel (EU).

EZ draagt haar beleid uit via een aantal Energienota's en actieplannen, VROM via Nationale Milieu Beleidsplannen (NMP's). De instrumenten verschuiven van subsidies naar belasting (REB, Regulerende Energie Belasting of 'ecotax'), stimulering van investeringen in energiezuinige apparatuur (EPR, Energie Premie Regeling), aanscherping van normen (EPN, Energie Prestatie Norm) en geven van advies (EPA, Energie Prestatie Advies) (zie Noailly et al. 2009; Boonekamp 2002). Beleid dat zich richt op het terugdringen van de warmtevraag per woning door het stimuleren van woningisolatie in de particuliere markt en de sociale huursector, wordt nu ook door de energiedistributiebedrijven zelf ter hand genomen, via subsidies verstrekt in het kader van de SEBG (Subsidieregeling Energiebesparing Bestaande Gebouwen), het MAP (Milieuactieplan) en de regeling iso-HR. In 1993 stijgt het aantal in het kader van deze acties uitgekeerde subsidies tot 150 miljoen gulden. De opmars van de HR-ketel zet ook door. In 1996 wordt de subsidie hiervoor stopgezet, omdat verdere stimulering niet nodig werd geacht. De penetratie is in 2000 opgelopen tot 40% van de woningen (KWR 2000).

Producenten van elektrische apparatuur worden vanuit Brussel min of meer gedwongen efficiëntere apparaten op de markt te brengen, voorzien van energielabels. Tegelijk is er een opmars van gemaksverhogende

en tijdbesparende huishoudelijke apparatuur, zoals vaatwassers en elektrische wasdrogers (De Paauw & Bais 1995). Beide typen apparaten hebben een relatief hoog elektriciteitsverbruik en zijn in 1996 verantwoordelijk voor 11% van het verbruik per huishouden (Jeeninga 1997, p. 27). Bronbeleid (energielabels), geïnitieerd door Brussel, beoogt het elektriciteitsgebruik van zulke apparatuur terug te dringen en de EPR moet de aanschaf van gelabelde apparatuur belonen.

De energiedistributiebedrijven beginnen in 1990 met een eigen stimuleringsregeling voor energiebesparing, het Milieuactieplan. In het kader hiervan proberen ze onder meer de penetratie van *hot fill* apparatuur (die op gas in plaats van elektriciteit werkt) te stimuleren, maar dit wordt geen succes wegens de hoge aansluitkosten van dergelijke apparaten. In 1993 starten ze een subsidieregeling voor de aanschaf van energiezuinige koel- en vriesapparatuur (STIMEK). Voor de aanschafstimulering van ca. 300.000 energiezuinige apparaten wordt in de jaren 1993-1996 ruim 3 miljoen gulden uitgekeerd (Jeeninga 1997). In 1996 stoppen de energiebedrijven deze regelingen, omdat dan de REB of 'ecotax' door de overheid wordt ingevoerd.

De recessie is overgegaan in sterke economische groei. In deze periode is dus, ondanks het broeikasprobleem, opnieuw een sterke toename te zien van apparaten in woningen, zowel qua aantal als qua soort, ter vervanging van arbeid, zoals de opkomst van de elektrische droger en de magnetron. Invoering van een generieke belastingmaatregel (REB) beoogt de hiermee gepaard gaande volumegroei in het energieverbruik af te remmen door energie – boven een bepaalde drempel – duurder te maken. Wat in de jaren tachtig gebeurde ten aanzien van de ruimteverwarming – volumegroei opvangen door technische verbruiksreductie –, wordt nu herhaald ten aanzien van de groei aan elektrische apparaten. Energielabels en aanschafstimulering voor zuinige apparaten moeten de efficiëntie van apparatuur verhogen en langs die weg besparing genereren.

Effecten van nationaal energiebesparingsbeleid

Het bepalen van besparingseffecten

Beleidsmakers willen natuurlijk graag weten wat diverse beleidsinspanningen aan energiebesparing opleveren. Via studies wordt berekend hoe groot de besparing is over een bepaalde periode. Hiervoor is het nodig te weten hoe groot het verbruik zonder besparing zou zijn geweest. Dit fictieve verbruik wordt zo goed mogelijk geschat ('referentieverbruik') waarbij rekening wordt gehouden met de eerder genoemde volume- en structureffecten. De rekensystematiek die hiervoor wordt gebruikt, is sinds 2000 vastgelegd in het Protocol Monitoring Energiebesparing (PME) dat is afgestemd tussen de betrokken instanties (ECN, MNP, CPB en CBS). Gezien alle noodzakelijke schattingen en benaderingen zijn de uiteindelijke onzekerheidsmarges van de volgens het PME berekende besparingscijfers aanzienlijk (Boonekamp 2001).

Behalve de berekende besparing blijven de verbruikscijfers – die heel wat nauwkeuriger te bepalen zijn – van belang. We kunnen op papier aanzienlijk wat besparen (in procenten van ons verbruik), maar als, wegens de volume- en mechanisatie-effecten desondanks het verbruik stijgt, gaan onze emissies omhoog. Daarom moet niet alleen op besparing worden gelet, maar ook en vooral op de ontwikkeling van het verbruik. Ten slotte is van belang in hoeverre bepaalde besparingen betrouwbaar kunnen worden toe-

geschreven aan het gevoerde beleid. Het kan zijn dat besparing toch wel had plaatsgevonden ook zonder beleid, bijvoorbeeld doordat bewoners gaan bezuinigen onder druk van stijgende energiemarktprijzen. Zulke 'autonome' besparing wordt onderscheiden van de 'beleidsgeïnduceerde' besparing (Boonekamp 2002). Beleidsgeïnduceerde besparing over een bepaalde periode is moeilijk te bepalen doordat vervuiling optreedt als gevolg van beleid uit eerdere perioden waarvan de effecten doorwerken. De netto energiebesparing als gevolg van bepaald beleid is dan ook vooral een kwestie van *expert judgment*. In het vervolg worden de resultaten samengevat uit de van overheidswege uitgevoerde evaluaties van het besparingbeleid, en becommentarieerd met behulp van het model in figuur 1.

Effecten van beleid 1982–1996

De verbruikscijfers en trends voor de periode 1982–1996 (ontleend aan Jeeninga 1997, Van der Wal & Noorman 1998) zien er als volgt uit. Het berekende totale energieverbruik voor wonen in deze periode is gedaald met 5%. Gezien de grote beleidsinspanning een bescheiden daling van gemiddeld nog geen 0,35% per jaar. Het gemiddelde geeft echter een verkeerd beeld. Het totale verbruik daalt in de periode 1982–1988 namelijk met maar liefst 12% (= 2% per jaar) en bereikt een minimum in 1988. In de periode 1989–1993 fluctueert het verbruik enigszins, maar blijft op een constant niveau. In 1994 en 1995 stijgt het totale primaire verbruik echter weer met respectievelijk 1,8% en 3,9%. De trend is dus aanvankelijk dalend, maar later weer stijgend, met een knik omhoog rond 1985. Jeeninga schat de uiteindelijk totaal behaalde energiebesparing in de sector wonen als volgt: van 1982 tot 1986 tussen 1,4 en 2,3 % per jaar, van 1987 tot 1991 tussen 0,2 en 1,0% per jaar en van 1991 tot 1996 tussen -1,0 en -0,7% per jaar (Jeeninga 1997, p. 41). Deze getallen laten dus een dalende trend zien in de energiebesparing in de periode 1982–1996.

De conclusie in de beleidsevaluatiestudies is dat de lichte daling van het verbruik over 1981–1996 vooral moet worden toegeschreven aan de sterk gedaalde warmtevraag voor stoken, veroorzaakt door penetratie van isolatievoorzieningen, met name isolatieglas. Het effect van de NIP-subsidies is hierbij van belang; de bouwwereld zou vermoedelijk niet uit zichzelf voortdurend energiezuinige nieuwbouw hebben aangeboden (Boonekamp 2002, p. 54). Het NIP realiseert qua bereikte besparing praktisch haar oorspronkelijke doelstelling, namelijk in totaal 1,5 miljard kubieke meter aardgas (Entrop & Brouwers 2007). Woningen van voor 1971 en particuliere huurwoningen blijven echter achter met het aanbrengen van isolatie, vooral wat betreft gevels en vloeren. Het aantal volledig ongeïsoleerde woningen daalt van 44% in 1982 naar 10% in 1996, terwijl dan het aandeel volledig geïsoleerde woningen stijgt van 1% tot 23% (Jeeninga 1997, p. 17). De energetische kwaliteit van woningen blijkt dan ook in 2000 opnieuw toegenomen, met 10% ten opzichte van 1995 (KWR 2000). Ironisch is dat de volumegroei van nieuwe woningen met een hogere isolatiegraad de belangrijkste drager is van dit efficiëntie-effect. Dit besparingseffect wordt echter grotendeels weer tenietgedaan door de verdunning van huishoudens en hun gestegen elektriciteitsverbruik plus de stijging van de warmtevraag voor tapwater, als gevolg van de volumegroei van de centrale verwarming.

Er lijkt echter meer te spelen. Het is opvallend dat de opwaartse knik in het totale verbruik ongeveer samenvalt met de inzet van het economisch herstel en een sterke daling van de energieprijzen rond 1985. De aardgasprijs daalt tussen 1987–1989 met 42%. Het lijkt waarschijnlijk dat deze omslag mede een ontspannend effect heeft gehad op het gedrag. Als indicatie hiervoor geldt dat de gemiddelde stooktemperatuur in 1992 ongeveer een graad hoger ligt dan in 1986 (Jeeninga 1987, p.23). Boonekamp concludeert expliciet dat de hoge energieprijzen begin jaren tachtig daarentegen, in combinatie met dalende inkomens, "een

aanzienlijk autonoom besparingseffect hebben gehad, vooral op het gasverbruik. Dit effect lag echter sterk in de sfeer van good housekeeping (gordijnen dicht, thermostaat lager, etc.) bij gebrek aan een direct beschikbaar aanbod van efficiëntere, en dus goedkoper in het gebruik zijnde, apparaten” (Boonekamp 2002, p. 55). Het good-housekeeping effect lijkt na 1986 snel te zijn weggeëbd door dalende energieprijzen, stijgende inkomens en een stijgend aanbod van zuinige apparatuur.

In hoeverre zijn nu de bepaalde effecten toe te schrijven aan het beleid? Hierboven is al aangegeven dat met name de bouwwereld uit zichzelf niet veel van de besparingsmaatregelen zou hebben ingevoerd. De stijging van de isolatiegraden kan bijna geheel verklaard worden uit verplichte toepassing die voortvloeit uit beleid (Boonekamp 2002). Hetzelfde geldt voor de efficiëntieverbetering van elektrische apparaten (zie verder). Maar zoals uit de voorgaande alinea blijkt, kan worden verondersteld dat ook beleidsonafhankelijke gedragseffecten in samenhang met macro-economische ontwikkelingen een aanzienlijke rol hebben gespeeld bij energiebesparing.

Effecten van beleid 1995–2008: afnemende besparing

Voor de periode vanaf 1995 wordt de energiebesparing berekend op basis van het eerder genoemde PME-rekenprotocol. De eerste berekening verschijnt in 2004 (Boonekamp, Gijssen & Vreuls 2004) met updates in 2006 (Boonekamp et al. 2006), 2007 (Tigchelaar, Boonekamp & Vreuls 2007) en 2008 (Boonekamp & Gerdes 2008). Het aldus berekende besparingscijfer voor huishoudens blijft over de periode vanaf 1995 min of meer constant steken op gemiddeld circa 1,2% per jaar (met een onzekerheidsmarge van circa 0,3 procentpunt). Deze constante waarde is vooral het resultaat van het middelen over steeds meer jaren om betrouwbaarder cijfers te krijgen. De jaar-op-jaarcijfers geven in principe een eerlijker beeld, maar zijn getalsmatig minder betrouwbaar. Uit deze laatste cijfers wordt afgeleid dat de besparing voor de periode na 2000 een licht dalende trend vertoont: het besparingstempo gaat naar beneden. Uitgesplitst naar de verschillende verbruiksactiviteiten blijkt in het warmteverbruik bijna sprake te zijn van stabilisatie. Het gasverbruik voor ruimteverwarming daalt, maar het warmteverbruik voor tapwater blijft stijgen. Opnieuw is de stijging bij het elektriciteitsverbruik het sterkst (38% over de periode 1990–2002). Dit komt vooral door de groei van reinigingsactiviteiten, waarbij de penetratie van de elektrische wasdroger de hoofdrol speelt. Hiermee lijkt een voorspelling uit 1997 bewaarheid te worden: “Alleen een verandering in leefstijl zal er op korte termijn voor kunnen zorgen dat de stijging in het elektriciteitsverbruik per huishouden wordt omgezet in een daling” (Jeeninga 1997 p. 48).

De conclusie is dat met redelijke zekerheid kan worden aangenomen “dat voor de periode na 2000 de jaar-op-jaarbeparing dalende is” (Boonekamp & Gerdes 2008, p. 23). De auteurs geven als mogelijke verklaring dat de *sense of urgency* ten aanzien van energiebesparing tanende is, en het beleid in de periode tot 2006 onvoldoende is geïntensiveerd. Anders geformuleerd, het ‘laag hangende fruit’ op het gebied van energiebesparing is nu wel zo’n beetje geplukt. Het besparingspotentieel op dit vlak neemt af, al is het in de utiliteitssector nog aanzienlijk (Entrop & Brouwers 2007). Daar komt een ander ongunstig effect bij. Hoge energieprijzen hadden begin jaren tachtig nog een aanzienlijk besparend gedragseffect, maar deze marktwerking neemt af naarmate energiebesparing voortschrijdt: hoe zuiniger de huizen, hoe minder hoge energieprijzen werken. Naarmate we gedragsverandering als bron van besparing langer buiten de voordeur houden, moet in het kader van verdere aanscherping van energienormen in woningbouw steeds gecompliceerdere besparingstechnologie worden ontwikkeld en toegepast, die echter sterker afhankelijk wordt

van de manier waarop bewoners ermee omgaan. Mede om die reden is het de vraag wat zulke technologie in de praktijk van het wonen daadwerkelijk aan besparingseffecten kan realiseren (zie Ganzevles 2007).

Conclusie

Huidig beleid: dweilen met de kraan open

Uit het voorgaande kan geconcludeerd worden dat de beleidsinspanning om energie te besparen aanzienlijk is geweest, terwijl de groei is vrijgelaten. In die zin is het energiebeleid trouw gebleven aan haar initiële doelstelling uit 1974: meer besparing bij meer groei. Wat al die beleidsinspanning aan daadwerkelijke besparing oplevert, stuitte op aanzienlijke vaststellingsproblemen, die pas in 2000 zo goed mogelijk werden opgelost via een rekenprotocol (PME). Wie vervolgens de berekende uitkomsten bestudeert, vindt eigenlijk ongeveer wat hij had verwacht, gezien de duale doelstelling van het beleid: de benaderde besparingen zijn indrukwekkend, maar dat geldt ook voor de groei van het verbruik. Je kunt hoogstens zeggen dat de toename van het verbruik zonder het besparingbeleid nog veel groter zou zijn geweest. In feite is er sprake van een wedloop tussen groei en besparing waarbij groei steeds wint.

Terugkijkend zien we onszelf geconfronteerd met een situatie van *lock-in*. Onder gunstig ogende condities van energievoorziening (goedkope fossiele energiedragers) hebben zich sociotechnische veranderingen voltrokken in het wonen en in de arbeidsverdeling in huishoudens: tussen mannen, vrouwen en apparaten. Deze veranderingen zijn structureel verankerd geraakt in opvattingen over emancipatie, normen over gemak en comfort, en een gewenning aan voortdurende materiële vernieuwing van de woonomgeving waarmee werkgelegenheid en economische winst is gemoeid. De materieel/normatieve netwerken die zo zijn ontstaan en structureel zijn geconsolideerd, nodigen voortdurend uit tot een hoog energieverbruik.

Uit de analyse blijkt dat het energieverbruik in woningen langs alle drie de routes in het model stijgt, terwijl maar één route (efficiëntie) óók besparing genereert. Doorgaande vervanging van arbeid door apparaten en installaties, en groei van het aantal huishoudens heeft een toename van het energieverbruik tot gevolg. Maatregelen binnen de route efficiëntie doen weliswaar hun werk, maar hebben anderzijds door hun besparende en comfort verhogende werking een aanjagend effect op het verbruik via de andere twee routes. Een voorbeeld hiervan is de stijging van het gebruik van warm tapwater onder invloed van de penetratie van de HR-ketel. Er blijken sterke aanwijzingen voor het bestaan van dergelijke feedback loops tussen de routes onderling die waarschijnlijk de verklaring vormen voor het structureel tezamen optreden van besparing en ontsparing. Hierdoor is er geen sprake van een netto dalend, maar van een voortdurend stijgend energieverbruik.

Bovendien worden de effecten van beleid gunstiger voorgesteld dan ze in feite zijn. Dit speelt een rol bij besparingen op ruimteverwarming. Deze blijken vooral het resultaat van een hoog tempo van nieuwbouw, dus van groei. Uitgedrukt in percentages groeit het aandeel energie-efficiënte huizen in het totale huizenbestand hierdoor snel. Het is op zich juist te stellen dat 'steeds meer huizen steeds energiezuiniger worden', maar al deze nieuwe huizen moeten wel van energie worden voorzien, terwijl het na-isoleren van bestaande woningen (waar veel meer te halen is) geen groot succes is. Volumegroei realiseert dus wel besparing in de nieuwbouw, maar netto neemt het totaalverbruik van warmte in woningen toe.

De motor achter het stijgende elektriciteitsverbruik is technologische innovatie, die voortdurend uitnodigt onwelkome arbeid te vervangen door een onuitputtelijke stroom nieuwe apparaten en installaties. Vervolgens worden deze – onder druk van de overheid – door verdere innovatie efficiënter gemaakt. Maar om de efficiëntere technologie te kunnen verkopen, moet deze meer comfort en gemak bieden – immers de besparing die ze oplevert is *per huishouden* marginaal bij een stijgend inkomen en bescheiden energieprijzen, en daarom voor de consument onvoldoende als aankoopargument. Daardoor worden koelkasten en televisies steeds groter, krijgen stofzuigers meer vermogen en wordt de fiets elektrisch. Door zulke ‘structureffecten’ zit in het efficiëntiestreven een ingebakken aanjager van de vervanging van gedrag door techniek en dus van energiegroei.

Een gemiste kans lijkt het omschakelen van elektriciteit naar gas in het aandrijven van apparaten in de woning (wasdroger, koelapparatuur) en het opwarmen van water (was- en vaatwasmachine). Het opnemen van ‘gasstopcontacten’ in de bouwvoorschriften was kennelijk te vergaand, waardoor de toepassing van *hot fill* apparatuur (zie boven) geen kans heeft gekregen. Nu steeds meer woningen zonder gasvoorziening worden aangelegd, is deze kans waarschijnlijk definitief verkeken.

Ten slotte maakt deze analyse aannemelijk dat ‘autonome’ macro-effecten van invloed zijn op het energieverbruik in het wonen. Opmerkelijk is in dit opzicht de periode 1980–1986. In een krimpende economie met sterk stijgende energieprijzen beginnen bewoners (vooral huurders) zich zorgen te maken over de meerkosten van het wonen in hun gerenoveerde, luxere huizen. De overheid speelt hierop in door beleid te richten op zuiniger bewonersgedrag (*good housekeeping*). Met andere woorden, op de routes volume en mechanisatie wordt tijdens een recessie de streefrichting met succes omgedraaid. Als enige van de onderzochte periodes laat deze een daling van het energieverbruik zien (al moet een belangrijk deel van die daling worden toegeschreven aan de vruchten die de woningisolatie in die periode begon af te werpen).

Dweilen met de kraan open. Populair gezegd is het besparingsbeleid met deze woorden samen te vatten. En sinds het jaar 2000 lijkt de vloer zelfs geleidelijk weer natter te worden: groei wint het geleidelijk van besparing. De dweil raakt meer en meer verzadigd, maar de kraan blijft stromen. Het bestaande beleid voldoet niet – het slaagt er niet in een dalende verbruikstrend te realiseren – en dit zal erger worden naarmate door voortschrijdende efficiëntie het besparingspotentieel verder afneemt.

Naar een doelmatiger besparingsbeleid: wortel en stok

Wil het besparingsbeleid tot verbetering, dat wil zeggen, tot netto verbruiksdaling leiden, dan kan niet worden volstaan met het blijven bewandelen van de efficiëntieroute. Niet alleen omdat deze – door rebound effecten – mede oorzaak van het probleem is, maar ook omdat ze in de toekomst steeds minder zal opleveren naarmate ze meer succes heeft. Hoe meer er wordt bezuinigd, hoe minder er nog te besparen valt. Een besparing op spaarlampen levert te weinig op om aantrekkelijk te zijn. De structurele koppelingen tussen besparing en ontsparing moeten worden doorgesneden, en er moeten positieve koppelingen tussen gedrag en innovatie worden gelegd. Hierop moet innovatie worden gericht en moeten beleidsinstrumenten worden ontworpen. Proactief beleid moet het ontstaan van een nieuwe energievraag zoveel mogelijk voorkomen.

Boven bedoeld beleid dient te worden gebaseerd op het hanteren van ‘wortel en stok’. Met andere woorden: specifiek faciliteren van onderop en generiek sturen van bovenaf worden op elkaar afgestemd. Bewo-

ners krijgen faciliteiten om hun energieverbruik terug te brengen, maar als ze weigeren deze te benutten ondervinden ze daarvan gevolgen. De uitwerking van zulk duaal beleid kan als volgt worden gebaseerd op de eerdergenoemde routes mechanisatie en volume.

Omlaag op de route mechanisatie (de-mechanisatie)

Hierbij gaat het om gedragssturing via ontwerp van woningen en apparatuur in de woning die milieuvriendelijke huishoudpraktijken stimuleert. Enkele suggesties:

- Mechanisch drogen en wassen. Het mechanisch drogen van de was kan worden teruggedrongen door bewoners te stimuleren hun was op te hangen door voorzieningen hiertoe in het woningontwerp op te nemen. Men kan denken aan een droogkast zoals in Zweden veel wordt toegepast, of aan een passief geventileerde droogruimte waar ook de hr- of wk-ketel, of de warmtewisselaar van de stadsverwarming is geplaatst (deze geeft continu warmte af). Op apparaatniveau valt te denken aan het inbouwen van een weegfunctie in wasmachines om een betere belading van wasmachines te stimuleren of zelfs af te dwingen.
- Ventilatie en koeling. De ventilatievraag kan worden teruggedrongen door niet continu de hele woning te ventileren, maar aparte ruimtes alleen op momenten dat er vraag is (zoals tijdens douchen en koken). Dit betekent dat de aanleg van open keukens moet worden teruggedrongen. Wanneer de keuken niet in gebruik is, kan de verwarming daar 's winters worden afgeschakeld waardoor ook de koel- en vriesapparatuur minder stroom vraagt. Van groot belang is het ontmoedigen van actieve koeling in woningen (airco) door stimulering van zonwering, bij voorkeur in combinatie met het benutten van zonne-energie.
- Uitschakelbare stopcontacten. Het beëindigen van allerlei sluipgebruik van apparaten kan sterk worden gestimuleerd door het verplicht aanbrenge van uitschakelbare stopcontacten, zoals ook gebruikelijk in Groot-Brittannië. Hiertoe zou de bouwverordening moeten worden gewijzigd. Een andere optie is het terugdringen van de afstandsbediening die apparaten noodzaakt stand-by te staan.

Omlaag op de route volume

De toekomstige vraag van elektrische apparaten kan voorkomen worden door gerichte innovatiesturing. Enkele suggesties:

- Ontmoediging van innovatie die gericht is op 'wellness' producten. Dat kan bijvoorbeeld door een reclameverbod en een speciale weeldebelasting op dergelijke artikelen. Eventueel kan zelfs een verbod op de verkoop van zulke apparaten worden overwogen, zoals thans reeds voor de gloeilamp geldt.
- Groeiafremmende generieke regulering van de vraagzijde. De huidige belasting op energieverbruik (REB of 'ecotax') sorteert in dat opzicht onvoldoende effect. De meest vergaande stap op deze weg zijn vormen van quotering van energieverbruik per huishouden, bijvoorbeeld door invoering van een emissieplafond. Het voordeel van een dergelijk systeem, boven het opleggen van verboden op bepaalde producten, is dat bewoners zelf kunnen kiezen via welke producten ze zo'n regime willen invullen. Bijvoorbeeld: wie geen vriezer heeft, kan zich een afwasmachine permitteren. Een minder vergaande maatregel is een speciale koolstofbelasting voor huishoudens die het energieverbruik relateert aan het type verbruikte energie. Zulke generieke maatregelen moeten de nodige prikkels geven om bewoners gebruik te laten maken van de energiebesparende faciliteiten genoemd onder 1.5.3.
- Doorgaande inspanning op de route efficiëntie in sectoren waar dit nog veel kan opleveren (utiliteitssector, oudere woningen).

Tot slot

Om volumegroei te beheersen zal tot slot ook kritisch moeten worden gekeken naar het woningbouwbeleid. Dat gebeurt nu niet of te weinig. Naarmate we meer zuinige woningen bouwen, besparen we weliswaar op het aantal kubieke meters aardgas per woning, maar de totale energievraag van de woningsector neemt door uitbreiding toe. Bovendien zullen de efficiëntiemaatregelen om de besparing van een groeiende woningvoorraad als totaal verder op te voeren steeds duurder worden naarmate de goedkope maatregelen uitgeput raken. Daarbij zal het moeilijker worden om het wooncomfort in steeds zwaarder geïsoleerde woningen te waarborgen zonder dat een flink deel van de besparingen daaraan weer verloren gaat zoals bijvoorbeeld aan koeling, om te voorkomen dat huizen oververhit raken in de zomer.

In principe is het mogelijk om voor alle woningen een nulemissie te realiseren, als in het restverbruik wordt voorzien door duurzame bronnen of 'schoon fossiel'. Tezamen met draconische efficiëntiemaatregelen worden de aanschaf- en gebruikskosten van zulke 'nul-fossielwoningen' *skyhigh*. Als deze weg via regelgeving wordt afgedwongen, zullen partijen in de woningmarkt zich gaan verzetten tegen de resulterende kostenstijging.

Ten slotte kan gehoopt worden op stabilisatie van de bevolkingsgroei en het afvlakken van de gezinsverduunning. Maar dat duurt nog jaren. Naarmate dat punt nadert, wordt de woningmarkt nog meer een vervangingsmarkt dan ze nu al is. Kortom, als de welvaartsstijging doorgaat, gaat ook de woningbouw door, en zal energiebesparing in die woningen steeds duurder worden, en daarom hoogstwaarschijnlijk afnemen. Met andere woorden, de hoogste tijd voor een herbezinning op een steeds maar uitdijend woningbestand.

Referenties

- Blok, K. & E. de Visser (2005). *Energiebesparing. De onbegrensde mogelijkheden*. Utrecht: Ecofys BV.
- Boonekamp, P.G.M. et al. (2001). *Protocol Monitoring Energiebesparing*. Petten: ECN.
- Boonekamp, P.G.M. et al. (2002). *Besparingstrends 1990–2000 Besparing, instrumenten en effectiviteit*. Petten: ECN.
- Boonekamp, P.G.M., A. Gijssen & H.J.J. Vreuls (2004). *Gerealiseerde Energiebesparing 1995–2002. Conform Protocol Monitoring Energiebesparing*. Petten: ECN.
- Boonekamp, P.G.M. et al. (2006). *Energiebesparing in Nederland. Update op basis van het Protocol Monitoring Energiebesparing*. Petten: ECN.
- Boonekamp, P.G.M. en J. Gerdes (2008). *Energiebesparing in Nederland. Update op basis van het Protocol Monitoring Energiebesparing*. Petten: ECN
- Drill, T. van (2005). *Verdergaand besparingsbeleid: een verkenning van kansen en barrières*. Petten: ECN.
- Entrop, A.G. & H.J.H. Brouwers. *Het Nationaal Isolatie Programma als voorloper van het energiebesparingsplan "Meer met Minder" voor de bestaande bouw*. IGS Conferentie 28 september 2007. Enschede: Universiteit Twente.
- Ganzevles, J.H. (2007). *Technologie voor Mens en Milieu. Een actor-netwerk analyse van de ontwikkeling van energietechnologie voor woningen*. Enschede: Universiteit Twente.
- Gerdes J. & P.G.M. Boonekamp (2009). *Energiebesparing in Nederland 1995–2007*. Petten: ECN.
- Jeeninga, H. (1997). *Analyse Energiebeleid Sector Huishoudens. Achtergronddocument bij het rapport 'Monitoring energieverbruik en beleid Nederland'*. Petten: ECN.

- Jong, J.J. de et al. (2005). *Dertig jaar energiebeleid: van bonzen en polders via markten naar Brussel zonder koolstof*. Den Haag: Instituut Clingendael.
- Klep, P.M.M. et al. (red.) (1987). *Wonen in het verleden. Economie, politiek, volkshuisvesting, cultuur en bibliografie*. Hoofdstuk V. Amsterdam: NEHA.
- Meadows, D. (1972). *Rapport van de Club van Rome. De grenzen aan de groei*. Utrecht: Het Spectrum N.V.
- Noailly, J., S. Batrakova & R. Lukach (2008). *The Impact of Environmental Policy on Energy-Efficient Innovations in Buildings. The Case of the Netherlands*. Den Haag: CPB.
- Novem (1987). *De Isolatiegolf (1987)*. Sittard: Novem.
- Oldenziel, R. (red.). (2000). 'Huishouden'. In: J. Schot et al. (red.). *Techniek in Nederland in de Twintigste eeuw*, Deel IV. Zutphen: Walburg Pers.
- Oldenziel, R. & C. Bouw (red.). (1998). *Schoon genoeg. Huisvrouwen en huishoudtechnologie in Nederland 1898–1998*. Nijmegen: SUN 1998.
- Paauw, K. de & J.M. Bais (1995). *Sectorstudie Huishoudens en Woningen*. Petten: ECN.
- Prego (1987). *Proefprojecten Rationeel Energiegebruik in de Gebouwde Omgeving (1987): Het Prego/plus-programma*. Eerste deelprogramma: 'Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning'. Project Waalwijk. Sittard: NEOM BV.
- Rijk, T. de (1998). *Het elektrische huis*. Rotterdam: 010.
- Tenner, E. (1996). *When Things Bite Back. Technology and the Revenge of Unintended Consequences*. New York: Alfred Knopf.
- Tigchelaar, C., P.G.M. Boonekamp & H.H.J. Vreuls (2007). *Energiebesparing 1995–2005. Update op basis van het Protocol Monitoring Energiebesparing*. Petten: ECN.
- Wal, J. van der & K.J. Noorman (1998). 'Analysis of Household Metabolic Flows'. In K.J. Noorman & T. Schoot Uiterkamp (red.). *Green Households? Domestic Consumers, Environment and Sustainability*. London: Earthscan Publications Ltd., pp. 35-63.
- VROM (2002). *Energiebesparende maatregelen in de woningvoorraad. KWR 2000 maakt balans op*. Den Haag: Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu.

ESSAY



Auteurs

Hans Dagevos & Erik de Bakker

We bedanken onze LEI-collega's
Heleen van Kernebeek, Myrna van Leeuwen en Bram Pronk
voor de informatie die ze ons hebben verstrekt.

Eiwittransitie als besparingsstrategie

“It is not impossible to imagine a future world (...) in which the consumption of certain meats is an exception.” (Carlsson-Kanyama & González 2009, p. 1707S)

“Productie van (...) vlees legt een grote druk op het milieu, ongebreidelde groei zou grote gevolgen hebben voor het mondiale ecologische systeem. Het kabinet vindt het zo'n urgent probleem, dat het is benoemd tot kabinetsprioriteit.” (LNV 2009d)

“We need a way that brings meat to the center of public discussion in the same way it is often at the center of our plates.” (Foer 2009, p. 33)

Inleiding

Gigantische hoeveelheden etenswaren, veevoeders of bulkgoederen worden wereldwijd te land, ter zee en door de lucht getransporteerd. In megakoelhuizen en ontelbare koelkasten ligt voedsel opgeslagen. Gasbellen worden opgewarmd aan het verwarmen van kassen of onze pannen op het vuur. Torenhoge bergen kunstmest worden uitgereden. Supermarkten verbruiken een grote hoeveelheid elektriciteit aan energierijke levensmiddelen die in het licht badende en in open vrieskisten en gekoelde vitrines worden aangeprezen. Massa's voedingsmiddelen of resten daarvan komen op de afvalhoop terecht. Kortom, voedsel is een grote energievreter. De Verenigde Staten spenderen bijna een vijfde (19%) van de totale hoeveelheid energie aan voedselproductie – de hele consumentenkant valt hier dus nog buiten (Pimentel & Pimentel 2008, p. 6; Roberts 2009, p. 223). Het energiegebruik door het Nederlandse agrofoodcomplex is goed voor 6,1% van het totaal dat we hier te lande aan energie verbruiken, zo kan worden afgeleid uit een eigen berekening door het onderzoeksinstituut LEI Wageningen UR. Daarbij neemt de primaire landbouw 3,4% voor zijn rekening en de voedingsmiddelenindustrie (excl. veevoederindustrie) 2,7%.

Met andere woorden, eten geeft niet alleen energie, het kost ook een heleboel energie. Dit laatste aspect staat centraal in dit essay. Daarbij gaat de aandacht nadrukkelijk uit naar het eten van vlees. De productie en consumptie van (rund-)vlees behoort namelijk tot de meest energiebelastende onderdelen van het

voedingspakket. Problematisch aan de productie van vlees voor humane consumptie is namelijk dat deze gepaard gaat met een ongunstige energieconversie. Vriend en vijand zijn het erover eens dat de productie van dierlijke eiwitten veel plantaardig materiaal vereist, en bijgevolg veel areaal, water en grondstoffen (zie Keyzer et al. 2005; Pimentel & Pimentel 2003, 2008; Steinfeld et al. 2006; Steinfeld 2009). Deskundigen geven aan dat *“for every kilogram of high quality animal protein, livestock are fed nearly 6 kg of plant protein”* (Pimentel & Pimentel 2008, p. 68; Pimentel et al. 2008, p. 466).

Aan het begin van dit essay wordt dieper ingegaan op de relatie tussen energie en eten. In het verlengde hiervan wordt stilgestaan bij de groeiende noodzaak om tot een eiwittransitie te komen – dat wil zeggen, een verschuiving te realiseren in de consumptie van dierlijke eiwitten naar plantaardige eiwitten – om energie te besparen. Na een kort historisch overzicht van de vlees- en eiwitpolitiek, worden enkele veranderingsroutes geschetst, enerzijds gericht op de productiekant en anderzijds op de consument als eindgebruiker. Vervolgens wordt aandacht gevraagd voor het realiseren van verandering via de route van de consumptieve vraag van consumenten. Daar valt nog veel winst te behalen.

In dit essay concentreren we ons vooral op de markt van bestaande alternatieven zoals vleesvervangers. Meer futuristische mogelijkheden van alternatieve eiwitbronnen, zoals producten op basis van algen, insecten (meelwormen, sprinkhanen, e.d.) of kweekvlees (de productie van vlees met behulp van dierlijke stamcellen in plaats van dieren: in-vitrovlees) blijven buiten beschouwing. Voor de goede orde tekenen we bij aanvang ook aan dat de productie en consumptie van zuivel, die hier níet centraal zal staan, eveneens veel energie vraagt – zeker in de Nederlandse context. Tot slot wordt opgemerkt dat in de praktijk van landbouw en voedsel energie als thema veelal onontwaaar verstrengeld is met andere milieuaspecten zoals de emissie van broeikasgassen, de degradatie van landbouwarealen of het verbruik van water. Omdat energie het centrale thema is van dit boek, gaan we in deze bijdrage apart in op energiegebruik – dus losgekoppeld van verwante milieuonderwerpen.

Eten en energie: entropie en corpulentie

Mondiaal ecologisch welzijn en persoonlijke gezondheid van mensen zijn twee majeure probleempunten van het huidige voedingssysteem (zie bijvoorbeeld Duchin 2005; Lang & Heasman 2004; Lawrence 2008; McMichael et al. 2007). Ook op de Europese en Nederlandse agenda voor landbouw- en voedselbeleid staan stimulering van duurzaam en gezond voedselaanbod en van de vraag hiernaar boven aan de agenda (zie Terluin et al. 2009). De fundamentele relaties tussen de stimulering van het voedselaanbod en het energieverbruik zijn ook relevant voor dit betoog.

In de eerste plaats betekent eten per definitie energie verbruiken. Levende wezens bestaan bij de gratie van voortdurende energieconversie van hoogwaardige, oftewel geordende, naar lagere, oftewel minder geordende, vormen. Als we niet zouden eten, zou ons lichaam tot bewegingloze, organische materie vervallen. Om met Stephen Hawking (1988, p. 160) te spreken: *“In order to survive, human beings have to consume food, which is an ordered form of energy, and convert it into heat, which is a disordered form of energy.”* De maat voor dit verlies aan geordende energie, dit afnemend arbeidsvermogen, wordt entropie genoemd. Door te eten binden we de strijd aan met de entropie. Door te eten wordt – altijd tijdelijk – weerstand geboden aan de oppermachtige tweede hoofdwet van de thermodynamica: de natuurlijke orde der dingen tendeert naar wanorde, naar verval.

De productie van ons eten en hun calorische waarde slurpt in ongeëvenaarde mate een hoogwaardige vorm van geordende energie op. We zijn, aldus Michael Pollan, in toenemende mate olie gaan eten en de natuurlijke kringloop gebaseerd op de zon gaan omzeilen. Pollan wijst in *The Omnivore's Dilemma* (2006) naar de alomtegenwoordige mais als kurk waar het hedendaagse voedingspakket op drijft, terwijl de groei en verwerking van mais op hun beurt weer drijven op olie (kunstmest, verwerkende industrie, e.d.). Strikt natuurkundig gesproken – gegeven de eerste hoofdwet van de thermodynamica – verbruiken we de energie die ons eten bevat niet. We zetten de geordende energievorm van voedingsmiddelen om in een andere, teneinde onze eigen orde, dat wil zeggen ons eigen fysieke en geestelijke handelingsvermogen, op peil te houden respectievelijk te vergroten. De gedevalueerde energie die door consumptie wordt veroorzaakt, belandt in de lucht (vervliegende warmte), het riool (fecaliën) of op de vuilnisbelt (verpakkingen, etensresten). Omdat ons consumeren een hoog-entropisch, een energetisch wanordelijk eindresultaat oplevert, is het niet toevallig dat consumptie vaak in een weinig positief daglicht staat als het gaat om het sparen van het milieu en de uitputting van energiebronnen.

Een evenmin optimistische teneur wordt gezet als eten en energie, in de tweede plaats, met elkaar in verband worden gebracht in discussies over de verstoorde energiebalans in het menselijk lichaam. Dit gespreksonderwerp wordt tegenwoordig veelvuldig aangesneden als het gaat over de toename van het aantal mensen dat te dik is. Met name de laatste decennia heeft het aantal aardbewoners met overgewicht en obesitas (ernstig overgewicht) een hoge vlucht genomen (Delpuech et al. 2009; Popkin 2009). In Nederland doen we mee met deze wereldwijde trend. Momenteel is de helft van de volwassen Nederlanders te dik, waarvan ruim 10% obees. Recentelijk is wetenschappelijke bewijslast aangedragen voor een veelheid van factoren die de stijging van overgewicht en obesitas helpen verklaren (voor voorbeelden, zie Dagevos et al. 2007; Dam 2009). Dergelijke onderzoeksresultaten maken niet ongedaan dat corpulentie in de kern draait om een langdurig verstoorde balans tussen energie-inname (te veel eten) en het verbruik van energie (te weinig bewegen), met serieuze gevolgen voor de gezondheid (hart- en vaatziekten en diabetes zijn veelgenoemde) en de kwaliteit van leven.

Het carnivore eetregime

Eten geeft energie. Hiervan zijn we ons doorgaans goed bewust. Dat eten ook veel energie kost, zoals zojuist is aangegeven, is minder evident. Zeker in omstandigheden waarbij we mentaal en fysiek verder van de herkomst van ons eten af zijn komen te staan, is er weinig besef dat ons voedsel verbonden is met energiegebruik in een producerende wereld achter het winkelschap en de marktkraam. We leven in tijden waarin zich de paradoxale situatie voordoet dat we op ongekend grote schaal door eten worden omringd, maar gelijktijdig daarvan vervreemd zijn. Voedsel is extreem dichtbij en ongelofelijk ver weg (Dagevos & De Bakker 2008; Dagevos & Bunte 2009). Een toepasselijke variant op dit thema is de opmerking van Dirk-Jan Verdonk (2009, p. 13): "(...) hoe verder het vee naar de horizon van de dagelijkse ervaring verdween, hoe meer het geconsumeerd wordt."

Vandaag de dag is de consumptie van vlees voor de meeste mensen niet alleen een alledaagse vanzelfsprekendheid, maar ook een pijler onder onze eetcultuur. Vlees staat immers veelal centraal op de menukaart van restaurants – de sterrenrestaurants verschillen wat dit betreft niet wezenlijk van fastfoodrestaurants. Ook thuis vormt vlees gewoonlijk het middelpunt van de warme maaltijd. De aanwezigheid van ten min-

ste één vegetarisch gerecht op de kaart of het parttime-vegetarisme dat tegenwoordig enkele miljoenen Nederlanders erop nahouden, doet weinig af aan de spilfunctie van vlees binnen ons eetpatroon. Logisch daarom dat juist aanbiedingen van de zogeheten ‘kiloknallers’ dikwijls dienen als klantenlokkertjes. En als in een restaurant voor een vast bedrag onbeperkt gegeten kan worden, gaat het vaak om spareribs, schnitzels of steaks.

Het is nog niet eens zo lang geleden dat vlees nog maar mondjesmaat door de gemiddelde Nederlander werd verorberd. Gedurende de tweede helft van de negentiende eeuw stond vlees bij de minder welgestelden nauwelijks op het menu. Zij behoorden vooral tot de aardappeleters: zetmeelrijke aardappelen domineerden een eenzijdig dieet. Het was pas aan het einde van deze eeuw dat er iets meer vlees op het bord van de armere bevolkingsgroepen terecht kwam. Rond 1900 was het voor arbeiders gebruikelijk om wekelijks een paar keer vlees te consumeren. Voor de gegoede burgerij was het toen al het fundament van het mid-dageten. Het duurde echter nog tot de jaren vijftig en zestig voordat het eten van vlees voor vrijwel alle Nederlanders mogelijk en een dagelijkse gewoonte werd. Pas toen werd vlees goed en wel opgenomen in de ‘heilige’ drie-eenheid van aardappelen, groenten en vlees en werd dit ‘oer’-Hollandse burgermansmaal van ons allemaal. De jaren vijftig markeren dan ook niet toevallig een belangrijke mijlpaal in ons veranderende naoorlogse consumptiepatroon waarin onze consumptie van dierlijke eiwitten voor het eerst die van plantaardige eiwitten overstijgt. Vanaf die tijd laat de consumptie van dierlijke eiwitten een gestaag opwaartse lijn zien, terwijl die van plantaardige eiwitten min of meer op hetzelfde niveau is gebleven (Vij-ver 2005, p. 43 e.v.; Verdonk 2009, p. 191).

Consumptie- en productiecijfers spreken hier boekdelen. Per hoofd van de bevolking (dus inclusief baby’s en kinderen) is de consumptie van vlees in de afgelopen halve eeuw verdubbeld. Door de Productschappen Vee, Vlees en Eieren (PVE) in januari 2010 gepresenteerde cijfers geven aan dat we vandaag de dag per hoofd van de bevolking goed zijn voor ruim 86 kilo vlees, terwijl we eind jaren vijftig op gemiddeld iets meer dan 40 kilo uitkwamen. Beide cijfers betreffen het karkasgewicht, dat voor ongeveer de ene helft uit vlees bestaat en de andere uit botten en resten. Per saldo betekent dit dus dat in een halve eeuw tijd de hoeveelheid werkelijk geconsumeerd vlees is toegenomen van circa 20 kilo naar zo’n 43,5 kilo per persoon per jaar.

Gezamenlijk zijn we in de loop der tijd vooral veel meer vlees van varkens en kippen gaan eten (zie ook PBL 2009, p. 172). Een tendens die wordt gereflecteerd in het aantal dieren dat in Nederland ten behoeve van de vleesproductie wordt gehouden. De nog geen 2,5 miljoen vleeskuikens en de 1 miljoen vleesvar-kens die halverwege de jaren vijftig op Nederlandse bodem verbleven, steken in aantal schamel af tegen de ruim 44 miljoen vleeskuikens en 5,8 miljoen vleesvarkens die de huidige veestapel telt.

Het proces van *nutrition transition* – veranderende consumptiepatronen van inwoners in zich ontwikkelende economieën waarin meer vlees en zuivelproducten worden genuttigd en minder verse groenten, fruit en granen – gaat in feite nog steeds door in een land als Nederland. Na de Tweede Wereldoorlog is er geen trendbreuk opgetreden in het stillen van onze honger naar energiedicht eten. En dat terwijl er functioneel gezien weinig noodzaak toe is – immers, wie verricht nog zware fysieke arbeid? Ook symbolisch gezien valt er niet overdreven veel eer meer te behalen aan vleeseten – al oogt een stukje tournedos op het bord chiquer dan een gehaktbal. Desondanks is vlees zonder onderscheid een essentieel onderdeel van ons menu. Decimering van het dominante carnivore eetregime, waarop het citaat van Annika Carlsson-

Kanyama en Alejandro González bovenaan dit essay duidt, is daarmee gemakkelijker voorstelbaar dan realiseerbaar. En dat terwijl de urgentie van een 'bloedeloze revolutie' groter wordt naarmate de mensheid zich meer en in grotere getale aan vlees te goed doet.

Ongunstige energieconversie

De stijgende vraag naar vlees is een mondiale trend. Wie rijk is, eet vlees. Wie zich aan armoede weet te onttrekken, gaat vlees eten. Zo'n tweederde van de huidige wereldbevolking leeft voornamelijk op een plantaardig dieet en een toenemend aantal mensen voegt zich bij de paar miljard mensen die het zich kunnen permitteren volop vlees te consumeren. Pregnant voorbeeld in dit verband is China, dat als opkomende economie met een 1,3 miljard tellende bevolking de jaarlijkse vleesconsumptie per volwassene heeft zien stijgen van een gemiddelde van 25 kilo in 1995 naar 53 kilo (karkasgewicht) in 2007 (Lane 2008). Kippen-, varkens- en rundvlees staan voor veel mensen als bijzonder begerenswaardig te boek – zowel om functionele (voedingskundig), sensorische (lekker) als symbolische (statussymbool) redenen.

Gegeven de overdadige vleesconsumptie in de rijke werelddelen mag het niemand misgund worden toe te treden tot de 'nieuwe carnivoren'. Problematisch aan de overdadige vleesconsumptie is eerder dat de overconsumptie van vlees bijdraagt aan de toename van het spek op de uitdijende buiken en billen van de rijken der aarde. Problematisch met het oog op de nieuwe vleeseters is de toename van de wereldbevolking met niet minder dan een kwart miljoen zielen per dag. Tussen nu en halverwege de 21^e eeuw zal het huidige aantal aardbewoners met nog eens ruim de helft vermeerderen. Hoe moeten die meer dan 9 miljard monden en magen straks van eten worden voorzien? Het antwoord op deze prangende vraag wordt nog kritischer als we denken in termen van dierlijke etenswaren. De productie van vlees voor humane consumptie gaat namelijk gepaard met een ongunstige energieconversie. De productie van vleeskilo's is een inefficiënte vorm van eiwitproductie afgezet tegen het direct eten van plantaardige proteïnen. Vooral rundvlees vraagt veel energie (Carlsson-Kanyama & González 2009; Marlow et al. 2009). De sterk toegenomen efficiëntie van de moderne veehouderij met bijbehorende fokkerij, krachtvoer- en medicijngebruik kunnen "the Hummerlike inefficiency of the beef cow", zoals Paul Roberts (2009, p. 210) treffend zegt, niet voorkomen.

Tegenwoordig bestaat in wetenschapskringen grote eensgezindheid over het eminente belang van het terugschroeven van de consumptie van dierlijke eiwitten ten gunste van plantaardige (voor een recente Nederlandse studie zie Stehfest et al. 2008). Een meer plantaardig dieet scoort veel beter in termen van duurzaamheid en energiebelasting. Vandaar dat in verschillende bewoordingen en met een olopende *sense of urgency* wordt gepleit voor dieetverandering op meer plantaardige basis:

"A shift in eating habits towards the increase of the direct consumption of plant foods seems to be a desirable objective." (Baroni et al. 2007, p. 285)

"We suggest that changes in the diet toward more plant-based foods (...) offer an interesting and little explored area for mitigating climate change." (Carlsson-Kanyama & González 2009, p. 1704S)

"Dietary changes (...) have the potential to substantially reduce the pressures of the agricultural and food systems on the environment." (Duchin 2005, p. 111)

“[B]oth in agricultural policy and in personal diet, we must consider the fact that plant food is significantly more energy efficient to produce than a combination of animal and plant food.” (Pimentel & Pimentel 2008, p. 134)

“[T]here is a need to make hard decisions. Among those decisions, many societies, and governments in particular, will have to reconsider the increasing demand for an animal-based diet.” (Marlow et al. 2009, p. 1702S)

“[U]rgent attention needs to be paid to finding ways of reducing the demand for animal products and the energy intensity of their production.” (McMichael et al. 2007, p. 1260)

“[I]f we're to have any chance of meeting future food demand in a sustainable fashion, lowering our meat consumption will be absolutely essential.” (Roberts 2009, p. 209)

Over de richting bestaat dus de nodige overeenstemming. Het ‘hoe’ is daarentegen nog weinig uitgekristalliseerd. Opvallend in dit kader is de constatering dat er vooralsnog weinig uitgedachte voorstellen bestaan ter reductie van de vleesconsumptie (Carlsson-Kanyama & González, 2009: 1707S). In de gedachtebepaling is het idee geboren rundvlees in hamburgers of worsten (deels) te vervangen door plantaardige eiwitbronnen. Een ander punt dat wordt aangevoerd is een mondiale reductie van de dagelijkse vleesconsumptie met 10% (van 100 naar 90 gram), waarvan niet meer dan 50 gram roodvlees is (McMichael et al. 2007). Suggesties als deze komen verderop aan de orde als we in zullen gaan op routes die ge(d)acht worden te leiden naar het doel van energiereductie. Maar voordat we kijken naar hedendaagse en toekomstige besparingsstrategieën, werpen we eerst een blik terug in de tijd om zicht te krijgen op visie(-vorming) in de voorbije decennia.

Van vroeger naar nu: vlees- en eiwitpolitiek in vogelvlucht

Voedselgebrek en eiwittekort halverwege de negentiende eeuw – die op verschillende plaatsen in Nederland zelfs tot rellen leidden en de koning en zijn ministers zorgen baarden – zijn aan te wijzen als markerende voor het begin van de Nederlandse eiwitpolitiek. Eiwitten worden sindsdien als voedingsstoffen beschouwd die van groot belang zijn voor de volksgezondheid in het algemeen en de arbeidsproductiviteit in het bijzonder. De overheid zette zich steeds actiever in om de voorziening daarvan te garanderen, door de vleesproductie te ordenen en reguleren. Aanvankelijk was de politieke opgave vrij eenvoudig. Het doel was meer producten en een hoger consumptiepeil om ervoor te zorgen dat iedereen in Nederland goed en gezond gevoed was.

In de twintigste eeuw kwam het beleidsparadigma geheel in het teken te staan van economische groei en rendabiliteit. De overheid raakte intensief betrokken bij het landbouwbeleid en werd een sturende factor in de rationalisatie, specialisatie en intensivering van de landbouw en bevordering van agrarische export. De productie en afzet van dierlijke eiwitproducten is actief en eendrachtig bevorderd en ondersteund door landbouworganisaties en staat (Frouws 1994; Verdonk 2009). Daardoor heeft de Nederlandse landbouw zich in de laatste halve eeuw kunnen ontwikkelen tot een groot agro-industrieel complex met enorme exportbelangen.

Dit 'productivistische' paradigma vormt de belangrijkste grondslag van de spanning tussen landbouwindustriële en maatschappelijke belangen die de eiwitpolitiek tot op de dag van vandaag kenmerkt. Door de productieoverschotten van de Europese landbouw, die in de jaren tachtig hun hoogtepunt bereikten, werd duidelijk dat het antwoord op het vraagstuk van de eiwitvoorziening was verschoven. Parallel met deze ontwikkeling aan de productiekant raakte ook de consumptie van voedsel in een moderne stroomversnelling: vanaf de jaren zestig veroverden gemakproducten en koelkasten in ras tempo de markt. Eten ging op allerlei fronten gepaard met een grif toenemend energieverbruik.

Als gevolg van deze moderne ontwikkelingen veranderden de positie en betekenis van landbouw en voedsel. De afstand tussen eindverbruiker en product(-iewijze) groeide. Ook nam langzamerhand de spanning toe tussen de zorgen van burgers en hun maatschappelijke organisaties enerzijds en politiek-industriële belangen anderzijds. De overvloed die na de oorlog met gejuich was begroet, bleek namelijk een prijs te hebben voor milieu en gezondheid. Vanuit de samenleving gingen kritische geluiden op over het moderne landbouwsysteem, en de publiekscampagne 'Minder vlees mevrouw!' van De Kleine Aarde uit 1974 stelde als een van de eerste de verkwistende gevolgen van onze vleesconsumptie aan de kaak.

De politiek blijft lange tijd vasthouden aan een economisch groeibeleid dat in overeenstemming is met de dominerende landbouwindustriële belangen. Dit, ondanks de toenemende bewustwording van de energievretende productie en consumptie van vleesproducten, en de daarmee verbonden milieu- en gezondheidsgevolgen – om over de opkomst van discussies over dierenwelzijn in de jaren tachtig en negentig maar te zwijgen. In 1990, aldus Marike Vijver (2005, p. 79), was nog altijd meer dan een derde van het landbouwbudget bestemd voor de ontwikkeling van technologieën die de agrarische productiviteit zouden kunnen verhogen.

Niettemin zijn er ook veranderingen te bespeuren in de eiwitpolitiek als in 1993 het Interdepartementale Programma Duurzame Technologie Ontwikkeling (DTO) start. In dit programma wordt onderzocht hoe 'Novel Protein Foods' (NPF's, oftewel eiwitproducten van niet-dierlijke afkomst) een bijdrage kunnen leveren aan het terugdringen van de milieubelasting die met dierlijke eiwitten is verbonden. Het DTO-programma was dus een overheidsimpuls om de ontwikkeling en vermarkting van potentiële vleesvervangers (nog eens) serieus ter hand te nemen. Men liet zich kennelijk niet afschrikken of ontmoedigen door voordien ondernomen pogingen vanuit het bedrijfsleven, met name Unilever, om 'kunstvlees' in de markt te zetten, iets wat commercieel verre van succesvol was geweest (Albert de la Bruhèze 2000). Het DTO-programma bleek echter geen onverdeeld succes. De beoogde politieke denktankfunctie van het project kwam slechts beperkt tot stand, mede doordat de nadruk te sterk op de aanbodkant van technologieontwikkeling bleef liggen (Loeber 2004). Na de millenniumwisseling krijgt het DTO een vervolg in het onderzoeksproject PROFETAS (PROtein Foods, Environment, Technology And Society, zie Aiking et al. 2006), waarin naast technologie ook aandacht is voor maatschappelijke acceptatie. Burgers en consumenten worden nu ook betrokken bij de eiwitpolitiek.

De studies die in de vorige paragraaf genoemd en geciteerd zijn, luiden de alarmbel over de mondiale milieubelasting van de huidige veeteelt en vleesconsumptie. Daarmee bevestigen ze het belang van de eiwitproblematiek. Carolien Hoogland et al. (2008) betrokken onlangs de stelling dat er de afgelopen decennia een breder draagvlak is ontstaan voor een transitie naar meer duurzame eiwitvoorziening. Ook in de eiwitpolitiek anno 2009 lijkt het besef te groeien dat een voedsel- en productiesysteem, gedomineerd door dierlijke eiwitten, begrensd is. In 2008 is bijvoorbeeld de productie en consumptie van vlees als speerpunt

opgenomen in de Kabinetsbrede aanpak duurzame ontwikkeling (VROM 2008). Ook de in de zomer van 2009 verschenen Nota Duurzaam voedsel (LNV 2009b) staat in het teken van een duurzame consumptie en productie van voedsel waarbij overconsumptie, voedselverspilling en voedselvervreemding van consumenten prominent genoemd worden. Tegelijkertijd haast men zich op te merken dat alleen plantaardige voeding niet de oplossing is (LNV 2009b, p. 5) en stelde de minister dat het wat haar betreft zeker niet gaat over het terugdringen van vleesconsumptie (LNV 2009a, p. 1).

Dergelijke uitspraken illustreren dat het niet eenvoudig is om afscheid en afstand te nemen van het 'productivistische' beleidspad. De erkenning dat de eiwitslinger te ver is doorgeslagen, betekent nog niet dat er definitief een nieuwe zwaartekracht in de beleidstaal en -toon is gevonden die eenduidig de slinger de andere kant op dirigeert. De eiwitdialoog over reductie van het beslag van de landbouw- en voedselsector op energie en milieu, en over reductie van de dierlijke eiwitten, kan kennelijk samengaan met het starten van een promotiecampagne vanuit het ministerie van LNV om de consumptie van zuivel te verhogen – met als doel de moeilijke economische situatie waarin de Nederlandse melkhouders momenteel verkeren, te verbeteren. Deze reactie past in een patroon: vanuit LNV werd en wordt ondersteuning gegeven aan het ter beschikking stellen van Europese gelden om reclame te maken voor respectievelijk kippen- en kalfsvlees (Verdonk 2009, p. 320). De tevredenheid waarmee vanuit het ministerie van Landbouw (2009f) wordt bericht over handelsafspraken met China over de export van Nederlandse fokvarkens is een andere illustratie van de huidige realiteit waarin een slingerbeweging in de richting van energiebesparing en eiwittransitie geen simpele noch een automatische aangelegenheid is.

Toch zou het voorbarig zijn te concluderen dat er niets verandert binnen LNV – ondertussen opgegaan in het ministerie van EL&I. Er is namelijk wel degelijk beweging te constateren nu Nederland, bij monde van de minister van Landbouw, de stevige ambitie uitsprekt uit te groeien tot mondiaal koploper in de verduurzaming van voedselproductie, én nu het eten van vlees onlangs tot kabinetsprioriteit is benoemd (LNV 2009b; 2009c). In de neergelegde ministeriële beleidsagenda (LNV 2009c) ontbrak het nog aan uitgedachte veranderingsroutes om inhoud te geven aan de eiwittransitie. Daarom als aanvulling hierop in de volgende paragraaf enkele veranderingsroutes.

Nu en straks: veranderingsroutes en vleesvervangers

Aan de hand van drie gangbare duurzaamheidsbenaderingen (Peattie & Collins 2009) verkennen we enkele routes in voedingsland, die ons helpen verkisting en inefficiënt gebruik van energie tegen te gaan. De eerste is de status-quo oriëntatie. Deze houdt in dat het bereikte consumptieniveau bewaard en bewaakt wordt. Doel is hetzelfde te blijven doen, maar dan met andere middelen die meer energie-efficiënt zijn. Deze benadering is nauwverwant aan wat door energiedeskundigen ook wel 'verbetering van efficiëntie' wordt genoemd. De tweede veranderingsroute is hervormingsgeoriënteerd en zoekt nadrukkelijker dan de eerste benadering naar nieuwe en meer verplichtende wegen om verduurzaming te bewerkstelligen. Verandering en aanpassing van bestaande leefstijlen zijn reële opties. 'Beheersing van volumes' (minder energiebelastende producten en handelingen) staat daarbij centraal. De meest vergaande benaderingswijze is die van transformatie: de bereidheid om tot fundamentele wijzigingen te komen ten gunste van het duurzamer maken van samenleving en economie. Dit vatten we samen met de term 'verstandig gebruik'. Deze drie benaderingswijzen worden hieronder nader uitgewerkt.

Verbetering van de efficiëntie: de status-quo orientatie

Binnen deze route wordt gezocht naar wegen die leiden tot efficiëntiewinst in productietechnieken en -methoden. De primaire invalshoek richt zich op technologie. Dit ligt in het directe verlengde van de wijze waarop de wereld van landbouw en voedsel in de tweede helft van de vorige eeuw groot en succesvol is geworden: met een inzet van eindige energiebronnen op een schaal die zijn historische precedent niet kent. De grote afhankelijkheid van agrarische productie en hun eindproducten van fossiele brandstoffen noodzaakt nu tot herijking van de wijze waarop er met die niet-hernieuwbare bronnen is en wordt omgesprongen. Technologie speelt hierin een cruciale rol.

Deze technologiegedreven benadering is in de Nederlandse agrosector prominent aanwezig. Een recent en sprekend voorbeeld hiervan is de miljoeneninvestering vanuit het ministerie van LNV in het onderzoeksprogramma 'Towards Biosolar Cells'. Dit programma streeft ernaar de efficiëntie te vergroten van de omzetting van zonlicht in energie door planten en algen (LNV 2009e). Langer al geldt in de glastuinbouw technologie als leidende oplossingsrichting voor wat betreft de verbetering van de efficiëntie. Omdat de glastuinbouw geldt als een grootverbruiker – die meer dan driekwart van het totale verbruik van de agrosector voor zijn rekening neemt (waarvan een groot deel weer voor snijbloemen en potplanten en dus niet voor eetbare producten die hier centraal staan) – is het begrijpelijk dat de (beleids-)aandacht zich in de Nederlandse context concentreert op het energiezuiniger maken van kassen. In tegenstelling tot bovengenoemde internationale studies waar vooral de vleessector en de transitie van dierlijke naar plantaardige eiwitten volop in de belangstelling staan, is het energievraagstuk in de Nederlandse beleids- en bedrijfspraktijk eerst en vooral op de glastuinbouw toegepast. Deze efficiëntiebenadering werpt vruchten af: ten opzichte van 1980 boekte de glastuinbouw in 2008 een verbeterde energie-efficiëntie van 70% minder primair brandstofverbruik per eenheid product (Van der Velden & Smit 2009). Paradepaardjes in dit kader zijn de opening enige tijd geleden van de Sunergiekas, Zonwindkas en Flowdeckkas in Bleiswijk. Deze kassen produceren meer energie dan dat er aan fossiele brandstof in gaat. Hoewel de meningen over de efficiëntie en rendabiliteit van deze demokassen verdeeld zijn, zijn ze sprekende voorbeelden van pogingen tot energiebesparing in de glastuinbouw.

Kenmerkend voor de efficiëntie-route is dat het zeker niet primair gaat om verkleining van het volume van geproduceerde glasgroenten. Hoofddoel is hetzelfde of meer te produceren tegen lagere (milieu-)kosten. Daarnaast valt op dat in deze technisch georiënteerde oplossingsweg de nadruk ligt op het begin van de keten (met name het primaire bedrijf), waarbij technologische innovatie, intensivering en schaalvergroting de wegwijzers vormen. De vraag blijft of een efficiëntiebenadering die zich richt op de aanbodkant van de landbouw, als oplossing niet tekortschiet. Ontwikkelingen uit het verleden laten zien dat economische groei tot nu toe gepaard ging met een toenemende vernietiging van (op korte termijn onvervangbare) aardse grondstoffen. Of meer efficiënte productietechnieken alléén dit tij kunnen keren kan worden betwijfeld – óók wanneer men optimistisch is over een toekomst waarin in laboratoria gekweekt 'vlees' volop aanwezig is, of de meerjarenafspraken van vleesverwerkende bedrijven om energie te besparen op hun koeling – de grootste energieverbruiker in de vleesverwerkende industrie – tot fabelachtige resultaten hebben geleid.

Volgens Henning Steinfeld cum suis (2006) is er een grote toename te verwachten van de mondiale vraag naar vlees en zuivel. De prognose is dat de productie van vlees, in 1990 goed voor 229 miljoen ton, in 2050 meer dan het dubbele zal bedragen, namelijk 465 miljoen ton; de productie van melk zal in deze

periode groeien van 580 naar 1.043 miljoen ton. Deze immense groei houdt tevens in dat er steeds meer voedergewassen nodig zijn voor landbouwhuisdieren (Keyzer et al. 2005). Het lijkt onrealistisch, zo niet lichtzinnig om met dergelijke getallen voor ogen alle hoop te vestigen op efficiëntere productiemethoden en -technieken. De milieubelasting zal moeten halveren, alleen al om te voorkomen dat het huidige niveau van de ecologische schade door de veeteelt niet verder stijgt.

Beheersing van volumes: passieve variant

Deze besparingsroute richt zich veel sterker dan de zojuist genoemde op de eindschakels van het productieproces en de eindgebruikers. In het kader van 'volumebeheersing' staan er verschillende wegen open. Daarbij is een cruciale vraag in hoeverre de consument een passieve of een actieve rol krijgt.

Een voorbeeld van de passieve consumentenvariant is dat fabrikanten van alternatieve eiwitten, zonder dat deze daar veel ruchtbaarheid aan geven, de samenstelling van vleesproducten zodanig veranderen dat deze minder dierlijke en meer plantaardige eiwitten bevatten, waardoor deze levensmiddelen niet alleen duurzamer maar ook gezonder worden. Denk aan vlees in hamburgers of worsten dat deels is vervangen door plantaardige eiwitbronnen. Het halffabricaat Meatless, dat in Zeeland wordt geproduceerd, lijkt bijvoorbeeld goede mogelijkheden te bieden voor dergelijke hybride producten. Meatless is gebaseerd op tarwe en lupine en scoort goed wat betreft energieverbruik (Blonk et al. 2008, p. 61). In het kader van beheersing van het vleesvolume zouden halffabricaten zoals Meatless onopgemerkt in vleesproducten kunnen worden gestopt totdat consumenten niet beter weten en deze hybride producten zonder problemen consumeren.

Een dergelijke benadering waarin de consument als een passieve actor wordt beschouwd, is echter niet zonder beperkingen of risico's en roept kritische vragen op. Is het aantal hybride voedingsproducten dat technisch min of meer onopgemerkt kan worden verduurzaamd, niet begrensd? Kan op deze manier een afdoende antwoord gegeven worden op de demografische en economische ontwikkelingen die worden verwacht? En zelfs wanneer de mogelijkheden onverwacht groot zijn, leidt dit dan niet tot nog meer onverschilligheid, en versterkt dat niet nog meer het huidige gevoel van vervreemding dat de relatie tussen consument en voedsel kenmerkt? Ook kan deze aanpak op weerstand stuiten bij een kritische minderheid die in staat is hun onvrede publiekelijk te ventileren, met als mogelijk gevolg dat 'stiekem' geïntroduceerde producten een forse, misschien wel een fatale imagoknauw oplopen (De Boer et al. 2006, p. 109). Volgens deze zienswijze is maatschappelijke dialoog en transparantie van wezenlijk belang (Aiking & De Boer 2004).

Beheersing van volumes: actieve variant

Beschouwt men consumenten eerst en vooral als actieve en verantwoordelijke actoren, als betrokken burgers die deel uitmaken van een *civil society*, dan komen ook strategieën voor energiereductie in zicht die zich richten op aanpassing van onze hedendaagse leefstijlen. Het gaat hier niet zozeer om radicale verandering als wel om bescheiden stappen in de richting van verduurzaming van onze voedselconsumptiepraktijken. Ook een product als Meatless kan via deze veranderingsroute belangrijke betekenis krijgen, maar dan als een verantwoorde vleesvervanger waarover openlijk wordt gecommuniceerd en waarbij consumenten vanuit bepaalde (gewenste) leefstijlveranderingen actief worden betrokken.

Leefstijlveranderingen op het gebied van voedsel hoeven verrassend genoeg verre van extreem te zijn om toch een substantieel effect te hebben. Uit het proefschrift *Food matters* (2000) blijkt duurzame voedselconsumptie opmerkelijk eenvoudig te verwezenlijken. Slechts een beperkt aantal alledaagse maatregelen volstaat om te voldoen aan afspraken zoals die in Kyoto (1997) zijn vastgelegd. Als er beperkte veranderingen in het voedselconsumptiepakket worden doorgevoerd, kan dat leiden tot 10% verminderde milieu- en energiebelasting. Bijvoorbeeld door de vleesconsumptie met 10% te reduceren, ten minste één keer per week vlees te vervangen door een vegetarisch alternatief, door 50% meer lokaal geteelde groente te eten en 10% minder zuivel te consumeren. Naast deze maatregelen kan men bijdragen aan minder energieverbruik door geen boodschappen met de auto te doen, en eten te bewaren in en te bereiden met energiezuinige keukenapparatuur (koelkast, diepvriezer, fornuis of magnetron). Andere recente studies bevestigen het beeld dat een relatief kleine inperking van onze vlees- en zuivelconsumptie al een fors milieubesparend effect kan hebben (Zhu et al. 2006; Blonk et al. 2008).

‘Beheersing van volumes’ lijkt met deze uitkomsten een makkie. De aanpassingen die van onze consumptieve levensstijl worden gevraagd, zouden alleszins doenlijk moeten zijn. Schadelijke effecten voor de gezondheid zijn er bovendien niet, want de eiwitconsumptie van volwassenen in Nederland overschrijdt de aanbevolen hoeveelheid ruimschoots (PBL 2009, pp. 172-173; Sebek & Temme 2009, p. 3,8). Het is geen grote sprong terug in de tijd als wordt voorgesteld zuiniger te zijn met vlees en zuivel, wat vaker lopend of met de fiets boodschappen te doen, terughoudend te zijn met etenswaren die uit Verweggistan komen of off-season zijn, vaker een boodschappenbriefje mee te nemen zodat we meer ‘afgepast’ inkopen en de kans verkleinen dat er veel eten in de vuilnisemmer belandt – momenteel verdwijnt naar schatting ongeveer 10% van het eten dat de Nederlandse consumenten kopen in de vuilnisbak (LNV 2009b, p. 14) –, of de voorkeur geven aan koken op gas in plaats van elektrisch. Hoe weinig revolutionair veranderingen als deze ook lijken, de praktijk leert dat het geen sinecure is deze route van actieve ‘volumebeheersing’ te bewandelen. De vergelijking met een andere, kinderlijk eenvoudige ‘spijswet’ dringt zich op: eet dagelijks 2 stuks fruit en 2 ons groenten. Ook hier is enerzijds de vraag gerechtvaardigd hoe simpel we het willen hebben en zien we anderzijds hoe vreselijk moeilijk het blijkt te zijn voor mensen om hieraan te voldoen – slecht een paar procent lukt het daadwerkelijk.

De voorgestelde veranderingen in onze voedselconsumptiegewoonten vragen dus niet om een terugkeer naar het stenen tijdperk. Tot op zekere hoogte vormt dit ook een valkuil. Immers, juist allerlei hedendaagse tendensen maken het minder eenvoudig tegemoet te komen aan het (voort-)zetten van stappen op de weg van ‘beheersing van volume’. Zo is de voedingsmarkt van vandaag een mondiale. Eten wordt vanuit alle uithoeken van de wereld ingevlogen. Hoezeer zijn we niet gewend geraakt om uit de wereldkeuken te eten en te kiezen uit een grenzeloos assortiment levensmiddelen? Meer lokaal geproduceerd voedsel eten, zoals de ‘locavores’ en anderen bepleiten, mag gunstig zijn vanuit energiebesparing, maar is voorlopig niet hoe groothandelaren, inkopers en retailers denken en doen. Pleidooien voor dicht-bij-huis-consumptie staan ver af van productaanbod dat zonder geografische beperking wordt ingekocht én van seizoensgebonden productvraag door consumenten. Andere trends in voedingsland die bijdragen aan voedingsgerelateerd energieverbruik, zijn het doen van impulsaankopen, de toename van het aantal eetgelegenheden (met elk hun eigen koelkasten, kookgerei en afval, om nog maar te zwijgen van verwarming, airco en verlichting) of de toenemende consumptie van (bewerkte en verpakte) gemaksvvoeding.

Verstandig gebruik

De derde veranderingsroute ligt in verlengde van de actieve variant van ‘volumebeheersing’. Het verschil is dat het hier gaat om beleids- en leefstijlalternatieven die een duidelijke breuk vormen met de huidige praktijk. ‘Verstandig gebruik’ mag hier worden opgevat als een rationeel-morele reactie op de ‘noodsignalen’ die de afgelopen decennia door menig milieuwetenschapper zijn uitgezonden. Onder deze noemer zijn vegetarische alternatieven te scharen alsmede politieke standpunten zoals die door de Partij voor de Dieren (PvdD) worden ingenomen, maar ook de Slow Food-beweging, die het huidige landbouw- en voedselsysteem in verre gaande mate wenst te veranderen (Petrini 2007). Hier betreden we het domein van meer holistische visies waarin de focus op een enkel milieuaspect als energieverbruik, hoe belangrijk ook, als kortzichtig wordt ervaren. Pas door de samenhang te zien met andere milieuaspecten en sociale waarden kan men komen tot een rationeel oplossingsperspectief dat in de diepere betekenis van het woord verstandig is.

Hans Blonk en de zijnen (2008, p. 45) becijferen dat een vegetarisch dieet (met eieren en zuivel) en een veganistisch dieet (dus compleet plantaardige voeding) een hoge reductie realiseren in het energiegebruik. Voor zo’n consumptiepatroon zijn dus, vanuit milieutechnische hoek, goede gronden te geven. Maar hoe belangrijk dergelijke wetenschappelijke onderbouwingen ook zijn, de uiteindelijke effecten van het bewandelen van deze marsroute zijn hier in specifieke zin moeilijk te objectiveren of te voorspellen. Als we het hier over energie hebben, dan moeten we ons realiseren dat de holistische veranderingsperspectieven van ‘verstandig gebruik’ verbonden zijn met revolutionaire visies en voorstellingen waarvan het reële dan wel irreële karakter zich vaak moeilijk van tevoren laten bepalen. Wat het allemaal nog eens extra gecompliceerd maakt, is dat deze zich kunnen verbinden met sociologische en psychologische katalysatoren, zoals charismatische bewegingen of zichzelf bevestigende profetieën, waardoor hun sociale impact vriend en vijand kan verrassen – zoals dat in het voedingsdomein het geval was met de brede afwijzing in Europa van genetisch gemodificeerd voedsel in de jaren negentig.

De route van ‘verstandig gebruik’ heeft een belangrijk politiek effect. ‘Verstandig gebruik’ kan namelijk prikkelen tot meer diepgaande discussies over de inrichting van onze samenleving, ook op het gebied van voedselconsumptie, milieuvervuiling en energieverbruik. Hoever mag een overheid gaan om een ander consumptiepatroon te propageren of zelfs af te dwingen? Moet de overheid overgaan tot de wettelijke invoering van jaarlijkse vleesquota’s per capita teneinde het carnivore eetregime aan banden te leggen? Moeten vleesproducten door middel van prijsbeleid drie of vijf keer zo duur worden? Of dienen we ons te richten op een voedseleducatie ‘nieuwe stijl’, vooral bedoeld voor de jongere generaties, waarin een dieet dat minder door dierlijke eiwitten wordt gedomineerd als een voor de hand liggend en even smakelijk alternatief wordt onderwezen?

De actieve route van ‘beheersing van volumes’ en die van ‘verstandig gebruik’ sluiten elkaar niet uit, maar zijn goed te combineren. De film *Meat the Truth* en de gelijknamige website (zie <http://www.meatthetruth.nl>) van de PvdD kan gelden als een poging om tot een meer vergaande verandering van het landbouw- en voedselsysteem te komen en is tegelijkertijd een praktische aanzet die past bij de meer gematigde marsroute van ‘volumebeheersing’. *Meat the Truth* stelt dat de veehouderij wereldwijd een veel grotere oorzaak is van de opwarming van de aarde dan alle auto’s, vrachtwagens, vliegtuigen en schepen bij elkaar – een constatering die door menig gerenommeerd onderzoeksinstituut wordt gedeeld. Daarnaast reikt *Meat the Truth* praktische oplossingen aan die gericht zijn op individuele consumenten. Door één of enkele dagen

per week geen vlees te eten wordt een flink milieubesparend effect bereikt. De politieke initiatiefnemers van Meat the Truth maken, kortom, gebruik van onderzoeksresultaten om concrete aanwijzingen te geven voor een beginnende ‘volumebeheersing’ die de geesten op termijn wellicht rijp zal maken voor een echt en meer collectief ‘verstandig gebruik’.

Evaluatie van de routes

De laatstgenoemde veranderingsroutes hebben ondanks hun verschillen gemeen dat ze zich richten op het ombuigen van consumptiepatronen waarbij ‘consuminderen’ en versobering zeker niet uitgesloten zijn. De route van ‘actieve volumebeheersing’ kan de weg openen naar fundamentele veranderingen, maar andersom is het ook mogelijk dat de fundamentele veranderingsvisies van ‘verstandig gebruik’ als een politiek breekijzer fungeren voor stapsgewijze ‘volumebeheersing’. De route van ‘passieve volumebeheersing’ is hier eveneens strategisch te benutten, maar heeft – zoals gezegd – een aantal nadelen. De grootste spanning tussen de verschillende veranderingsroutes ligt tussen de laatste twee beschreven routes en de eerste route, ‘verbetering van efficiëntie’. De efficiëntieroute is nauwverwant met een productionistische visie waarin groei en consumeren centraal staan. Daarnaast is er ook sprake van een duidelijk verschil in oriëntatie. De blik bij ‘efficiëntieverbetering’ is sterk gericht op de productiekant, terwijl bij de laatste twee routes de aandacht veel sterker uitgaat naar de consument als eindgebruiker. Deze kijkrichting stemt overeen met een bredere (kennis-)ontwikkeling binnen de sociale wetenschappen, en wordt hieronder geschetst.

De energiezucht voorbij via consumptie

Consumptie is op het terrein van milieu en energie lang terra incognita gebleven. “[C]onsumption seldom receives the attention of those concerned about the fate of the planet” en “consumption is the neglected variable in the global environmental equation.”, stelt Alan Durning illustratief (Durning 1992, p. 58). En woorden van recenter datum en gelijke strekking: “consumption – one of the most central and also one of the most neglected elements in the global search for a sustainable future” (Worldwatch Institute 2004, p. xv). Dat consumptie tot voor kort weinig geëxploreerd is als het gaat om milieu- en energiebewustzijn, is niet zo verwonderlijk als we bedenken dat consumptie op verschillende gronden lang in het verdomhoekje is geplaatst. Consumptie stond in een kwalijk daglicht omdat het hier uit de aard der zaak gaat om uitputting van energiebronnen en belasting van het milieu. De negatieve lading die consumptie daarnaast zowel vanuit calvinistische als marxistische hoek ten deel is gevallen – met heb- en spilzucht, genot en decadentie als enkele van de misprijzende kwalificaties – heeft dit begrip weinig aanzien gegeven. Dit alles droeg eraan bij dat ook in het (sociaal-)wetenschappelijk denken consumptie lang inferieur is gebleven aan productie, arbeid en techniek (Dagevos & De Bakker 2008).

Tegenwoordig is een genuanceerde positie gangbaarder. Consumptie is niet alleen goed of slecht, en het is evenmin de bedoeling productie en technologie onder te waarderen. Als we het accent op consumptie leggen, betekent dit dus niet dat we afbreuk willen doen aan het zoeken naar technologische oplossingen ten gunste van energiebesparing, zoals die bijvoorbeeld domineren in de status-quo oriëntatie. Niettemin is het mogelijk om, ook als we een genuanceerd standpunt innemen, op verschillende manieren aandacht te geven aan consumptie.

Om te beginnen leven we in een consumptiesamenleving. Wie consumptie negeert of bagatelliseert, plaatst zich buiten de hedendaagse werkelijkheid. Ten tweede is het problematisch vol te houden dat alle heil van technologische innovaties te verwachten is. Energie en milieu sparen bij een stijgende vleesconsumptie van een toenemende wereldbevolking vraagt om energie-efficiëntie waar technologie alléén tekortschiet. Aanpassingen van het consumptieve vraaggedrag zijn evenzeer nodig als wijzigingen in de op consumptiegroei gerichte inrichting van markt en maatschappij. Dat zowel technologische oplossingen als consumptie in de beschouwingen worden meegenomen, mag, ten derde, ook als relevant worden aangemerkt omdat aan de uiteinden van de voedingsmiddelenketen het meeste energie wordt verbruikt: zowel aan de landbouwfase als aan de consumptiefase is elk bijna 30% van het totale energiegebruik in de voedingsketen toe te rekenen (Kramer 2000, p. 95 e.v., 175). Voeg hierbij dat circa een vijfde van het energiegebruik van huishoudens wordt besteed aan de huishoudelijke consumptie van voedsel (Kramer 2000, pp. 7-8, 68), en er is reden te meer om de consumptiekant in het verhaal van energie en eten te betrekken.

Zowel mens als markt en maatschappij komen daarmee beter in beeld dan wanneer het verhaal wordt verteld langs louter technologiegekleurde lijnen. Er opent zich een blikveld waarin consumenten en hun consumptieve omgeving factoren van belang zijn in het energiedebat. Niet alleen of zozeer als schadelijk, hinderlijk of anderszins non-coöperatief, maar als aanjager van verantwoord energieverbruik in het algemeen en de eiwittransitie in het bijzonder. Ten opzichte van een oriëntatie waarin techniek het hoogste woord voert, is dit een omkering van het perspectief dat mogelijkheden schept om moderne consumenten een sleutelrol te geven in de omslag naar besparingen in het voedselgerelateerde energiegebruik. Een dergelijk perspectief, waarin de consument niet zozeer als tegenstander maar als potentiële partner en bondgenoot wordt opgevat, is belangrijk en aanvullend. Dit betekent allerminst dat we ongefundeerd torenhoge verwachtingen koesteren over de veranderbaarheid van de consument. Het betekent evenmin dat de verantwoordelijkheid voor verduurzaming volledig bij consumenten ligt. Het is onrealistisch consumenten op deze manier ultieme macht en verantwoordelijkheid toe te dichtten. Want dan wordt uit het oog verloren dat het naast (meer) productinformatie en toenemende bewustwording van consumenten ook en vooral gaat om de structurele en culturele condities van hun omgeving die de keuzes van consumenten ten zeerste beïnvloeden.

George Monbiot roept aan het slot van zijn boek *Hitte* (2007, p. 312) op dat we de strijd aanbinden met niemand anders dan onszelf om het roer om te gooien en onze manier van leven te veranderen. Dit standpunt delen we met de toevoeging dat deze worsteling met onszelf altijd plaatsvindt in een goeddeels buiten ons om gecreëerde maatschappelijke omgeving die diep binnendringt in de vorming en voeding van ons consumptieve denken en doen. Juist in een omgeving waar consumptiegroei hoge prioriteit heeft, is het des te essentiëler dat we onszelf dwingen tot het maken van energievriendelijke voedselkeuzes die de totstandkoming van een sociale omgeving ondersteunt en daarmee energiezuinige consumptiepatronen faciliteert en stimuleert. De energiezucht voorbij via consumptie is zeker geen doodlopende weg, maar een route die beloftevol en realistisch is.

Referenties

- Aiking, H. & J. de Boer (2004). 'Food Sustainability. Diverging Interpretations'. In: *British Food Journal* 106, pp. 359-365.
- Aiking, H., J. de Boer & J. Vereijken (eds.). (2006). *Sustainable Protein Production and Consumption. Pigs or Peas?* Dordrecht: Springer.
- Albert de la Bruhèze, A.A. (2000). 'Vlees of soja'. In: J.W. Schot (red.). *Technologie in Nederland in de twintigste eeuw. Landbouw, voeding*. Zutphen: Walburg Pers, pp. 364-366.
- Baroni, L. et al. (2007). 'Evaluating the Environmental Impact of Various Dietary Patterns Combined with Different Food Production Systems'. In: *European Journal of Clinical Nutrition* 61, pp. 279-286.
- Blonk, H., A. Kool & B. Luske (2008). *Milieueffecten van Nederlandse consumptie van eiwitrijke producten. Gevolgen van vervanging van dierlijke eiwitten anno 2008*. Gouda: Blonk Milieu Advies.
- Boer, J. de, A. Hoek & H. Elzerman (2006). 'Social Desirability: Consumer Aspects'. In: H. Aiking, J. de Boer & J. Vereijken (eds.) *Sustainable Protein Production and Consumption. Pigs or Peas?* Dordrecht: Springer, pp. 99-127.
- Carlsson-Kanyama, A. & A.D. González (2009). 'Potential Contributions of Food Consumption Patterns to Climate Change'. In: *American Journal of Clinical Nutrition* 89, pp. 1704S-1709S.
- Dagevos, H., G. Munnichs & J. Seidell (2007). 'Overgewicht in luilekkerland. Een afsluitende tour d'horizon'. In: H. Dagevos & G. Munnichs (red.). *De obesogene samenleving. Maatschappelijke perspectieven op overgewicht*. Amsterdam: Amsterdam University Press, pp. 167-175.
- Dagevos, H. & E. de Bakker (2008). *Consumptie verplicht. Een kleine sociologie van consumenten tussen vreten en geweten*. Den Haag: LEI Wageningen UR.
- Dagevos, H. & F. Bunte (2009). 'Expanding the Size of the Envelope that Contains Agriculture'. In: F. Bunte & H. Dagevos (eds.) *The Food Economy. Global Issues and Challenges*. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, pp. 15-20.
- Dam, H. (2009). *Dik. Hoe de wereld verandert omdat we steeds voller worden*. Amsterdam: Uitgeverij Atlas.
- Delpuech, F. et al. (2009). *Globesity. A Planet Out of Control?* London: Earthscan.
- Duchin, F. (2005). 'Sustainable Consumption of Food. A Framework for Analyzing Scenarios about Changes in Diets'. In: *Journal of Industrial Ecology* 9, pp. 99-114.
- Durning, A.T. (1992). *How Much is Enough? The Consumer Society and the Future of the World*. London: Earthscan.
- Foer, J.S. (2009). *Eating Animals*. New York: Little, Brown and Company.
- Frouws, J. (1994). *Mest en macht. Een politiek-sociologische studie naar belangenbehartiging en beleidsvorming inzake de mestproblematiek in Nederland vanaf 1970*. Wageningen (dissertatie).
- Hawking, S.W. (1988). *A Brief History of Time. From the Big Bang to Black Holes*. Toronto: Bantam Books.
- Hoogland, C., H. te Riele & J. Rotmans (2008). *De eiwittransitie. Dertig jaar issue, kans op take-off*. Rotterdam: Drift.
- Keyzer, M.A. et al. (2005). 'Diet Shifts Towards Meat and the Effects on Cereal Use. Can We Feed the Animals in 2030?'. In: *Ecological Economics* 55, pp. 187-202.
- Kramer, K.J. (2000). *Food Matters. On Reducing Energy Use and Greenhouse Gas Emissions from Household Food Consumption*. Veenendaal: Universal Press (dissertatie).
- Lane, J. (2008). *Meat vs Fuel. Grain Use in the US and China, 1995-2008*. Report Biofuels Digest.
- Lang, T. & M. Heasman (2004). *Food Wars. The Global Battle for Mouths, Minds and Markets*. London: Earthscan.

- Lawrence, F. (2008). *Eat Your Heart Out. Why the Food Business is Bad for the Planet and Your Health*. London: Penguin Books.
- LNv (2009a). Toespraak minister van LNv, mevrouw G. Verburg bij het NCR-Rabobank Symposium (21 april).
- LNv (2009b). *Nota Duurzaam voedsel. Naar een duurzame consumptie en productie van ons voedsel*. Den Haag: ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit (juli).
- LNv (2009c). *Beleidsagenda Duurzame Voedselsystemen*. Den Haag: ministerie van LNv (2 juli).
- LNv (2009d). 'Kabinet laat onderzoek doen naar alternatieven voor vlees'. Persbericht ministerie van LNv (3 juli).
- LNv (2009e). '25 miljoen voor onderzoek naar energie uit planten en algen'. Persbericht ministerie van LNv (10 juli).
- LNv (2009f). 'Export van varkensvlees en fokvarkens naar China stap dichterbij'. Persbericht ministerie van LNv (10 november).
- Loeber, A. (2004). *Practical Wisdom in the Risk Society. Methods and Practice of Interpretive Analysis on Questions of Sustainable Development*. Enschede: Ipskamp (dissertatie).
- Marlow, H.J. et al. (2009). 'Diet and the Environment. Does What You Eat Matter?' In: *American Journal of Clinical Nutrition* 89, pp. 1699S-1703S.
- McMichael, A.J. et al. (2007). 'Food, Livestock Production, Energy, Climate Change, and Health'. In: *The Lancet* 370, pp. 1253-1263.
- Monbiot, G. (2007). *Hitte. Hoe voorkomen we dat de wereld verbrandt?* Utrecht: Uitgeverij Jan van Arkel.
- PBL (2009). *Milieubalans 2009*. Bilthoven/Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Peattie, K. & A. Collins (2009). 'Perspectives on Sustainable Consumption'. In: *International Journal of Consumer Studies* 33, pp. 107-112.
- Petrini, C. (2007). *Slow Food Nation. Why Our Food Should Be Good, Clean, and Fair*. New York: Rizzoli.
- Pimentel, D. & M.H. Pimentel (2003). 'Sustainability of Meat-Based and Plant-Based Diets and the Environment'. In: *American Journal of Clinical Nutrition* 78, pp. 660S-663S.
- Pimentel, D. & M. Pimentel (2008) *Food, Energy and Society*. Boca Raton: CRC Press, 3rd edn.
- Pimentel, D. et al. (2008). 'Reducing Energy Inputs in the US Food System'. In: *Human Ecology* 36, pp. 459-471.
- Pollan, M. (2006). *The Omnivore's Dilemma. The Search for a Perfect Meal in a Fast-Food World*. London: Bloomsbury.
- Popkin, B. (2009). *The World Is Fat. The Fads, Trends, Policies, and Products that Are Fattening the Human Race*. New York: Avery.
- Roberts, P. (2009). *The End of Food. The Coming Crisis in the World Food Industry*. London: Bloomsbury.
- Sebek, L.B.J. & E.H.M. Temme (2009). *De humane eiwitbehoefte en eiwitconsumptie en de omzetting van plantaardig eiwit naar dierlijk eiwit*. Lelystad: ASG Wageningen UR.
- Stehfest, E. et al. (2008). *Vleesconsumptie en klimaatbeleid*. Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Steinfeld, H. et al. (2006). *Livestock's Long Shadow. Environmental Issues and Options*. Rome: Food and Agricultural Organization.
- Steinfeld, H. (2009). 'Making the Livestock Sector More Sustainable'. In: F. Bunte & H. Dagevos (eds.). *The Food Economy. Global Issues and Challenges*. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, pp. 109-119.
- Terluin, I. et al. (2009). *Landbouw in de EU*. In: P. Berkhout & C. van Bruchem (red.). *Landbouw-economisch bericht 2009*. Den Haag: LEI Wageningen UR, pp. 45-62.

- Velden, N.J.A. van der & P.X. Smit (2009). *Energiemonitor van de Nederlandse glastuinbouw 2008*. Den Haag: LEI Wageningen UR.
- Verdonk, D.-J. (2009). *Het dierloze gerecht. Een vegetarische geschiedenis van Nederland*. Amsterdam: Boom (dissertatie).
- Vijver, M. (2005). *Protein Politics*. Enschede: Ipskamp (dissertatie).
- VROM (2008). Kabinetsbrede aanpak duurzame ontwikkeling. Brief aan de Tweede Kamer. Den Haag: ministerie van VROM (16 mei).
- Worldwatch Institute (2004). *State of the World 2004. Progress Towards a Sustainable Society*. London: Earthscan.
- Zhu, X., L. van Wesenbeeck & E.C. van Ierland (2006). 'Impacts of Novel Protein Foods on Sustainable Food Production and Consumption: Lifestyle Change and Environmental Policy'. In: *Environmental & Resource Economics* 35, pp. 59-87.



Auteurs

Jurgen Ganzevles en Rinie van Est

Onderzoekers bij het Rathenau Instituut

De auteurs bedanken Geert Verbong (TU/e) voor zijn commentaar op een eerdere versie. Ook danken we de deelnemers van de expertbijeenkomst over hernieuwbare energie voor hun inbreng.

Essays

WIND OP LAND _ Gemakkelijker gezegd dan gedaan _ Sylvia Breukers, ECN	156
WIND OP ZEE _ Spannende tijden voor de boeg _ Sylvia Breukers, ECN	174
WARMTE- EN KOUDEOPSLAG _ Behoeftte aan regie _ Hanneke Pieters en Robert Harmsen, Ecofys	190
AARDWARMTE _ Het alternatief voor de gasketel? _ Saskia Hagedoorn en Robert Harmsen, Ecofys	204
ZONNEPANELEN EN ZONNEBOILERS _ Kan de zon het dak op? _ Monique Riphagen, Rathenau Instituut	216
SPIEGELCENTRALES _ Zonnestroom uit de Sahara: de vergeten optie _ Monique Riphagen, Rathenau Instituut	238
WATER _ Waagt Nederland de sprong naar zee? _ Jurgen Ganzevles, Rathenau Instituut	256
BIOMASSA _ Wat is mogelijk, wat is wenselijk? _ Sylvia Breukers, ECN	274

HERNIEUWBARE ENERGIE

De monsteruitdaging van Big & Beautiful

Per jaar valt er 1800 keer meer zonne-energie op aarde dan de wereldbevolking

aan energie gebruikt. Ook is er 200 keer meer windenergie dan we opmaken.

Biomassa is goed voor een factor 20. De theoretische potentie van de andere

hernieuwbare energiebronnen is nog altijd tien keer groter dan de jaarlijkse

mondiale energieconsumptie.

Cijfers ontleend aan Nitsch (2007)

Pleitbezorgers omarmen dan ook de dubbele belofte van hernieuwbare energie. Het vermindert de afhankelijkheid van conventionele energiebronnen. Daarnaast wordt hernieuwbare energie vaak geprofileerd als 'duurzaam', omdat het ook door toekomstige generaties te gebruiken valt en in principe voor minder CO₂-uitstoot zorgt. Deze energieproductiemiddelen werken zolang de zon blijft schijnen, de wind blijft waaien, gewassen blijven groeien, het water blijft stromen en kernreacties in de aarde warmte blijven produceren. De term 'hernieuwbaar' verwijst dus naar de onuitputtelijkheid van de verschillende energiebronnen die voor de opwekking van energie worden gebruikt, en de theoretische potentie ervan is schier eindeloos. Dit in tegenstelling tot de eindigheid van conventionele energiebronnen. Het heeft de natuur miljoenen jaren gekost om de aardolie, aardgas, steenkool en uranium aan te maken die de mens nu in decennia uit de bodem verwijdert.

Ondanks de enorme potentie komt hernieuwbare energie in Nederland maar voorzichtig van de grond. Van 1990 tot en met 2009 is het aandeel hernieuwbare energie gegroeid van 1,1 tot 4,2% van ons totale energieverbruik, waarna het weer daalde tot 3,8% in 2010 (Compendium 2010). De overheid stimuleert op verschillende manieren dat dit aandeel groter wordt, bijvoorbeeld via de Stimuleringsregeling Duurzame Energie Plus (SDE+). De 'werkpaarden' in Nederland zijn biomassa en windenergie. In 2009 namen die respectievelijk 3,2 en 0,8% van het totale energieverbruik voor hun rekening, terwijl de overige hernieuwbare energiebronnen – geothermie, warmte-koudeopslag, waterkracht en zonne-energie – bij elkaar onder de 0,4% bleven steken. Energie uit zonnepanelen was goed voor 0,05% (Compendium 2010).

De Nederlandse overheid wil de komende tien jaar de bijdrage van hernieuwbare energie flink laten groeien. In 2020 dient hernieuwbare energie te voorzien in maar liefst 14% (een zevende deel) van onze nationale energiebehoefte (EU 2009). Dit hoofdstuk verkent daarom de maatschappelijke vragen en uitdagingen voor vergaande groei van hernieuwbare energie uit zon, wind, water, aardbodem en planten in Nederland.

De analyse van dit hoofdstuk is grotendeels gebaseerd op acht essays, waarin de opties voor hernieuwbare energie op een rij gezet zijn. De auteurs zijn ingegaan op de historische en internationale context, de meer recente ontwikkelingen en de maatschappelijke discussiepunten voor wind, zon, biomassa, water en de aardbodem. De inzichten die dat heeft opgeleverd, worden hier samengebracht aan de hand van vijf thema's: Betaalbaar (paragraaf 3.1), Betrouwbaar (paragraaf 3.2), Schoon (paragraaf 3.3), Ruimtelijk inpasbaar (paragraaf 3.4) en Draagvlak (paragraaf 3.5). De uitdaging om hernieuwbare energie in Nederland (en daarbuiten) niet alleen 'groot', maar ook 'schoon' te laten worden, is gigantisch. Daarom in de slotparagraaf enkele concrete aandachtspunten voor beleid en debat.

3.1 Internationale gigagroeimarkt

Hernieuwbare energie is de kinderschoenen ontgroeid en vormt wereldwijd een miljardenmarkt. In 2008 en 2009 bedroegen de wereldwijde investeringen (inclusief die voor energie-efficiëntie) meer dan honderdvijftig miljard euro (Bloomberg 2010). Dat heeft te maken met de enorme honger naar energie, op dit moment vooral veroorzaakt door de economische opkomst van China en India. Schumachers (1973) adagium voor hernieuwbare energie, 'Small is beautiful', uit de jaren zeventig is dus niet meer kenmerkend voor de hedendaagse markt. Weliswaar kunnen hernieuwbare energiebronnen nog steeds kleinschalig ingezet worden, maar evengoed is er sprake van grote windmolenparken (zowel op land als op zee) en zonnecentrales (in Californië en Spanje). Op een andere manier lijkt de energiehonger niet gestild te kunnen worden.

Het streven naar duurzaamheid wordt daarnaast ook wereldwijd politiek gedragen. De Europese Commissie heeft zijn lidstaten bijvoorbeeld verplichtingen opgelegd. Voor Nederland geldt dat het aandeel hernieuwbare energie in het jaar 2020 gestegen moet zijn tot 14% (EU 2009). In Amerika spreekt men van een *New Green Deal*. Hernieuwbare energie geldt als een gigantische groeimarkt, exportmarkt en banenmotor.

Behoeft aan industriepolitiek

Deze ontwikkeling roept meteen ook vragen op. Welke specifieke kansen biedt de wereldwijde groei van de hernieuwbare energiemarkt voor de Nederlandse economie? Welke energietak is hiervoor geschikt? Welke rol kan de Nederlandse overheid hierin spelen? Er bestaat, kortom, behoefte aan industriepolitiek.

Als Nederland een eigen industrietak wil opbouwen, dient zowel naar de benodigde opwekkingstechnologie als de energiedragers gekeken te worden. Zo heeft energiewinning uit water wereldwijd grote potentie, maar is de toepassing voor Nederland zeer beperkt. Mogelijk kan China zonnepanelen binnen vijf jaar zo goedkoop leveren dat het weinig zin heeft ze zelf te gaan ontwikkelen en maken. Landbouwgronden voor biomassa vragen zo veel ruimte dat import voor de hand ligt. Rotterdam kan zich specialiseren in biorafinage en zo het Europese achterland voorzien van bio-based producten.

Deze overwegingen zijn niet alleen economisch, maar ook moreel en geopolitiek van aard. Welke verantwoordelijkheid dicht Nederland zich toe voor de verduurzaming van energie? Moet dat op Nederlands grondgebied, of is een Nederlandse bijdrage aan opwekking elders ook legitiem? Het ministerie van Economie, Landbouw en Innovatie (EL&I) heeft in 2010 de economische kansen voor Nederland op een rij gezet (Ecorys 2010). In lijn met eerdere adviezen ziet EL&I drie gebieden waarop Nederland een sterke maakindustrie kan ontwikkelen, namelijk wind op zee, de bioketen en zonnepanelen (Innovatieplatform 2009; SER 20010a&b; EL&I 2010).

Anticiperen op net-, gas- en oliepariteit

Internationaal gezien komt de winstgevendheid van bepaalde hernieuwbare energietechnologieën steeds dichterbij. De kostprijs van olie, aardgas en 'grijze stroom' geldt daarbij als ijkpunt waartegen hernieuwbare energie moet opboksen. De afgelopen decennia maakten diverse hernieuwbare energietechnologieën zowel organisatorisch als technisch een leertraject door waardoor ze geleidelijk steeds goedkoper zijn geworden.

Het moment dat een hernieuwbare energiebron elektriciteit, gasvormige of vloeibare brandstof kan leveren tegen de reguliere marktprijs, zonder subsidie of extra kosten voor de klant, wordt respectievelijk netpariteit, gaspariteit of oliepariteit genoemd. De schatting van het moment waarop pariteiten doorbreken, hangt af van aannames over de toekomstige olie- en gasprijzen, en of de industrie zwaar in de buidel moet tasten om een ton CO₂ te mogen uitstoten. Want hoe hoger de kosten voor de conventionele energieproductie uitvallen, hoe eerder hernieuwbare energie rendabel is.

Als we uitgaan van de laagste subsidiebedragen voor de SDE+-regeling, dan zijn in Nederland bepaalde vormen van energiewinning uit biomassa en wind op land, dicht bij netpariteit (Tweede Kamer 2010b). Voor grote kantoorgebouwen lijkt warmte en koudeopslag rendabel zonder subsidie (AGD 2010).

Energiebronnen die netpariteit bereikt hebben, groeien echter niet vanzelf door naar grote volumes. Verschillende factoren spelen daarbij een rol. Eén ervan is de financiering. Netpariteit houdt in dat de kosten per geleverde kilowattuur, zonder subsidie, gelijk zijn aan grijze stroom, maar dat zegt nog niets over wie bereid is het kapitaal voor de investering op te brengen en welke terugverdientijd investeerders bereid zijn voor lief te nemen. Een andere factor is het ruimtebeslag en het maatschappelijk draagvlak (zie ook paragraaf 3.4 en 3.5). Te land, ter zee en in de ondergrond moet de planologie aangepast worden. En tegen windmolens is al jaren felle weerstand. Een bijkomende factor vormt de organisatorische capaciteit die op orde moet zijn voor doorgroei. Installateurs en onderhoudsdiensten moeten meegroeien met de nieuwe technologische en economische mogelijkheden.

Voor snelle doorgroei is het daarom van belang om tijdig te anticiperen op de pariteiten die nog in de pijplijn zitten. Op dit moment lijkt bijvoorbeeld in Noord-Italië zonnestroom inmiddels concurrerend. In Nederland bereiken zonnecellen naar verwachting netpariteit tussen 2015 en 2020 (PDE 2007). Mogelijk gaat het zelfs nog sneller nu goedkope Chinese zonnepanelen op de markt komen. Overheidssteun voor het gebruik van zonnepanelen in Nederland dient in deze fase dan ook vooral gericht te zijn op het alvast voorbereiden van de installatie- en onderhoudsmarkt. Door het aantal zonnepanelen in Nederland ook nu al stapsgewijs te vergroten raakt de installatiebranche steeds vertrouwd met de technologie. Ook stedenbouwers en architecten kunnen ervaring opdoen met het verantwoord inpassen in de gebouwde omgeving.

Daarmee valt tijd te winnen. Het voorkomt dat de introductie van zonnepanelen straks chaotisch verloopt, op het moment dat de panelen kunnen concurreren of zelfs goedkoper worden dan reguliere energiebronnen, wat betekent dat veel meer burgers en bedrijven er om zullen vragen (zie het essay over zonnepalen en zonneboilers).

Zuinige en wispelturige overheid

Het Nederlandse subsidiebeleid is door de jaren heen zeer wispelturig geweest. Stimuleringsregelingen voor wind op land bleken instabiel en complex, in tegenstelling tot Duitsland (zie het essay over wind op land). Begin jaren negentig konden biobrandstoffen (nog) niet concurreren met fossiele brandstoffen, maar vielen ze al wel onder dezelfde accijnsregeling. “De Nederlandse overheid kende soms een accijns-vrijstelling toe, maar altijd op projectbasis en niet als generieke maatregel,” aldus Breukers in haar essay over biomassa.

Voor hernieuwbare elektriciteitsopwekking wordt de ‘onrendabele top’, dat wil zeggen, het verschil in opwekkingskosten tussen groene en grijze stroom, opgevangen door subsidie uit de Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie, de SDE- of tegenwoordig de SDE+-regeling. Niettemin houdt de overheid op dit moment de hand stevig op de knip. In 2010 bedroeg het totale subsidiebudget, inclusief wind op zee en warmtekrachtkoppeling, 7,4 miljard euro (AgentschapNL 2010) – onvoldoende om alle aanvragen te honoreren. Voor 2011 is de minister van EL&I voornemens het budget te beperken tot 1,5 miljard euro (Tweede Kamer 2010b). Wind op zee wordt nog wel gesubsidieerd, maar alleen als ondernemers het voor relatief lage, scherp concurrerende subsidiebedragen weten te realiseren. Zonnepanelen voor consumenten krijgen niet langer subsidie, en de overheid acht een openeinderegeling waarmee alle aanvragen ingewilligd zouden kunnen worden, te prijzig. En dan is er nog het discussiepunt over wie de kosten voor aanpassingen aan de infrastructuur moet dragen. Voor wind op zee moeten bijvoorbeeld elektriciteitskabels naar de wal gelegd worden. Komen die voor rekening van de overheid, de netbeheerder of de exploitant van het windpark?

Een manier om het overheidsbudget in de hand te houden is dan ook om ongeveer de helft van het SDE+-budget te incasseren door een opslag op de elektriciteitsrekening (Tweede Kamer 2010b). In Duitsland en recent ook in Groot-Brittannië wordt eveneens volgens dit principe, dat ook wel *feed-in* tarief wordt genoemd, gewerkt: burgers betalen een wettelijk gegarandeerde, maar jaar na jaar afnemende vergoeding voor de verkoop en invoer van elektriciteit van hernieuwbare energiebronnen aan het publieke energienet. Voor de overheid is dit een kostenneutraal principe, maar de consument betaalt er natuurlijk wel extra voor.

Een deel van de ondersteuning voor hernieuwbare energie verloopt overigens via verplichtingen, zoals het verplicht bijmengen van biobrandstoffen bij diesel, die geen belastinggeld kosten. In het Energierapport 2011 geeft het kabinet aan het bij- en meestoken van biomassa bij kolencentrales te gaan verplichten. Ook worden gesprekken gevoerd met energieleveranciers om een bepaald percentage hernieuwbare energie verplicht te stellen (EL&I 2011).

Onzekere maatschappelijke kosten en baten

Milieuorganisaties kijken heel anders tegen het voorgaande investeringsvraagstuk aan. Zij menen dat de hele vergelijkingsgrond niet deugt. Fossiele brandstoffen en kernenergie zijn veel te goedkoop, zo stellen

zij (zie bijvoorbeeld CE 2007). De samenleving betaalt voor het opruimen van milieuvervuiling en het veilig beheren van afval. Ook zijn er extra kosten voor de gezondheidszorg, vanwege giftige stoffen en arbeidsongevallen die voorkomen bij de winning en verwerking van deze energiedragers. Een ander discussiepunt is in hoeverre conventionele energiebronnen verborgen subsidies genieten die hernieuwbare energiebronnen ontberen (Trouw 2010). Wanneer deze ‘maatschappelijke kosten’ doorberekend zouden worden in de prijs van fossiele brandstoffen en kernenergie, nemen de marktkansen van hernieuwbare energie vanzelf toe. Subsidies voor hernieuwbare energie kunnen dan omlaag of zijn zelfs overbodig.

Aan het feit dat hernieuwbare energie eveneens maatschappelijke kosten met zich meebrengt, wordt door pleitbezorgers echter vaak voorbijgegaan. Denk aan ontbossing van het oerwoud als gevolg van het aanplanten van palmolieplantages om biobrandstoffen te verkrijgen. Daarnaast laten dergelijke berekeningen de maatschappelijke baten van de conventionele energiemarkt meestal buiten beschouwing. De jaarlijkse aardgasbaten voor de overheid liggen bijvoorbeeld rond de tien miljard euro (EZ 2009). Bovendien levert de Nederlandse conventionele energiesector ook werkgelegenheid op. Milieugeëngageerde politieke partijen stellen daar weer tegenover dat de opbouw van een industrie rond hernieuwbare energie ook werkgelegenheid schept. Zij willen de Amerikaanse *New Green Deal* naar Europa halen. Zo concludeert het regieorgaan Energietransitie, op basis van een modelstudie (SEO 2010), dat de maatschappelijke baten van het investeren in een duurzame energiehuishouding duidelijk groter zijn dan de kosten (Energie-Transitie 2010). Daarbij is overigens puur gekeken naar kosten en baten voor Nederland – en niet naar de neveneffecten elders ter wereld. Hoe meer maatschappelijke aspecten meegenomen worden in de analyse, hoe lastiger het wordt om nog een netto som te bepalen. Niet alles laat zich namelijk in euro's uitdrukken.

Kosten in internationaal verband

In hoeverre moeten de lusten en lasten voor het verder brengen van hernieuwbare energie voor rekening van Nederland komen en helpt het ook om het aandeel hernieuwbare energie te laten groeien? Dit waren de kernvragen in de breed gevoerde politieke discussie over groene stroom in 2002. Concreet ging het erom of Nederland de import van waterkracht afkomstig van centrales die al decennialang draaien in Zweden en Noorwegen, moet subsidiëren (zie het essay over energie uit water). Het morele argument tegen de subsidieregeling is dat er geen nieuw geïnstalleerde hernieuwbare energiebronnen bij komen. Vanuit duurzaamheidsperspectief wordt de wereld er dus niet beter van. Het economische tegenargument was dat Nederlands belastinggeld weglekt naar het buitenland, zonder dat ons bedrijfsleven ervan profiteert. De Europese doelstelling van 14% hernieuwbare energie in 2020 gaat over de opwekking op eigen grondgebied, maar er zijn mogelijkheden om verplichtingen voor hernieuwbare energieopwekking uit te ruilen ('statistische overdracht' genoemd) of het samen te realiseren met andere lidstaten (Rijksoverheid 2010). We kunnen dan ook verwachten dat deze discussie over de import van hernieuwbare energie weer oplaait wanneer Nederland meer stroom gaat betrekken uit windparken in internationale wateren of wanneer op termijn, spiegelcentrales in de Sahara stroom leveren aan Europa (zie het essay hierover).

3.2 Nieuwe afhankelijkheden en schaarste

Hernieuwbare energie draagt bij aan een betrouwbare energievoorziening. De diversiteit van de energievoorziening wordt er namelijk door vergroot en de afhankelijkheid van conventionele energiebronnen

neemt erdoor af. Ook kan door biomassa op te slaan als brandstof, gas of ingedroogd materiaal de strategische energiereserve er op termijn mee aangevuld worden. Daarnaast vermindert het diverse palet aan hernieuwbare energiebronnen de kans dat het energiesysteem uitvalt.

Een grotere inbreng van hernieuwbare energie brengt echter ook tal van nieuwe uitdagingen op het gebied van betrouwbaarheid met zich mee. De opwekking van hernieuwbare energie is vaak materiaalintensief: er zijn (edele) metalen of meststoffen (biomassa) voor nodig. Daarnaast is Nederland voor veel technologie en materialen afhankelijk van het buitenland. De onvoorspelbaarheid van de elektriciteitsproductie wordt groter, omdat de levering van zonne- en windenergie van de weersomstandigheden afhangt, waardoor de netstabiliteit onder druk komt te staan. Tot slot is de introductie van hernieuwbare energie een leerproces, waarbij uitval één van de risico's is.

Zorgen om langetermijn-netstabiliteit

Het energiesysteem in Nederland kent stabiliteit; vraag en aanbod zijn op elkaar afgestemd. Het aanbod van energie uit wind en zon laat zich moeilijker voorspellen: dat is afhankelijk van het weer. Onder bepaalde voorwaarden kan hernieuwbare energie tot 2020 aan het Nederlandse energiesysteem worden toegevoegd zonder dat de stabiliteit in gevaar komt.

Adviesbureau KEMA (2010) heeft de inpassing van windenergie voor een aantal scenario's onderzocht en kwam tot de conclusie dat windenergie inpasbaar is zonder dat molens noodgedwongen stilgezet moeten worden. Dit is noodzakelijk, wanneer het net onvoldoende capaciteit heeft om de geleverde stroom op te vangen en door te leveren. Tot 2020 is het dus niet waarschijnlijk dat dat voor zal komen. Wel zal de rendabiliteit van bestaande elektriciteitscentrales onder druk komen te staan: stroom uit wind concurreert immers met de grijze stroom die deze centrales zelf leveren.

Ook onderzoek van de TU Delft toont aan dat de energiemarkt in principe mogelijkheden genoeg heeft om de grillige windenergie op te vangen (Ummels 2009). Een tijdelijk overschot aan windenergie kan op de Europese energiemarkt verhandeld worden, zodat het investeren in extra energieopslag op Nederlandse bodem niet nodig is. Wel is het nodig dat Europese elektriciteitsmarkten ruimere 'openingstijden' hanteren. Nu werkt die markt met prognoses voor de dag erna. Producenten geven aan hoeveel energie zij de dag erna kunnen leveren tegen welke prijs. Dat werkt echter niet voor windenergie, omdat die prognoses te onbetrouwbaar zijn. De weersvoorspellingen (wanneer waait het waar hoe hard?) zijn niet accuraat genoeg. Enkele uren vantevoren kunnen producenten van windenergie veel beter aangeven welke energielevering zij kunnen garanderen. Ook de risico's dat de stroom uitvalt, bij het stapsgewijs aansluiten van steeds meer windturbines, zijn beperkt. De hoge stabiliteit van het bestaande energiesysteem dat draait op fossiele brandstoffen en kernenergie, fungeert immers als back-up.

Omdat het aanbod van zonne- en windenergie grillig is, zouden er na 2020 – bij een verwacht groter aanbod – extra maatregelen nodig kunnen zijn om hiermee om te gaan. Een goede verhouding van wind- en zonne-energie lost een deel van het probleem op. Zon en wind zijn namelijk voor een deel complementair: het waait bij bewolkt weer en bij zon is het vaker windstil.

Behoeftte aan lokale 'smart grids' en Europees Supernet

Er zijn meer mogelijkheden om de inpassing van grillige energiebronnen gemakkelijker te maken. Met de juiste lokale en internationale infrastructuur en marktmechanismes kan energie verplaatst worden naar een ander deel van het netwerk, waarmee onvolkomenheden op één plek in het elektriciteitsnet gecompenseerd kunnen worden. Lokale slimme elektriciteitsnetten, zogeheten *Smart Grids*, kunnen ervoor zorgen dat burelen in een wijk onderling energie uitwisselen, wat bovendien transportkosten scheelt. Met een mogelijk Europees *Supergriid* zouden Zuid-Europese zonnestroomcentrales verbonden kunnen worden met windparken op de Noordzee. Daarnaast zou energie op verschillende manieren gebufferd kunnen worden, wat de pieken uitfiltert. Denk aan de elektrische auto (’s nachts laden – overdag rijden) of meren waarin water tijdelijk omhooggepompt wordt om op een later moment een generator aan te drijven.

Deze oplossingsrichtingen bestaan op dit moment vooral nog op papier en in proefprojecten. Het is een grote vraag of de infrastructuur – zowel lokaal als internationaal – op tijd beschikbaar is en of het technisch voldoet om een groter aanbod op te kunnen vangen. En zelfs als de infrastructuur er ligt wil niet zeggen dat het gebruikt wordt. Of buffering en uitwisseling van elektriciteit te zijner tijd daadwerkelijk plaatsvindt, heeft alles te maken met de energieprijis op dat moment. Het wegwerken van grilligheden is zodoende evenzeer een economisch verhaal: valt er op dat moment geld mee te verdienen?

Hernieuwbaar ontkomt niet aan schaarste

Het feit dat hernieuwbare energie gebruikmaakt van onuitputtelijke energiebronnen neemt het probleem van schaarste aan materiaal en afhankelijkheid van internationale leveranciers en energietechnologie niet weg. Het is belangrijk de ontwikkeling van de internationale markt en bijbehorende geopolitiek op dit vlak nauwlettend te volgen. Ondanks de economische crisis groeit de mondiale vraag naar energie, en zeker als de economie weer aantrekt kan dit leiden tot tijdelijke schaarste aan productie-, installatie- en onderhoudscapaciteit, zowel qua 'hardware' als geschoold personeel. Denk bijvoorbeeld aan het beperkte aantal speciale schepen voor het installeren van windmolens op zee of het beperkte aantal boorkoppen voor het zoeken naar geschikte plekken voor het winnen van aardwarmte. Bij krapte op de markt zal het aanbod in de regel toenemen, maar daar is wel tijd voor nodig. Internationale wachttijden voor het produceren en installeren van windmolens, zonnepanelen en biomassa vormen een reëel risico.

Daarnaast stuwt de groeiende vraag naar hernieuwbare energieopwekking de vraag naar andere grondstoffen op (Diederien 2010). In 2009 berichtte de *Telegraph* (2009) nog dat China wetgeving in voorbereiding heeft om de export van zeldzame aardelementen, die onder meer in windmolens gebruikt worden, aan banden te leggen. En voor grootschalige biomassaproductie zijn meststoffen nodig die ook voor voedselproductie nuttig zijn. Ook speelt bij de teelt van biomassa de vraag of de aanvoer daarvan gegarandeerd is bij droogte en plagen. Op het gebied van energiehandel en energiediplomatie zal Nederland zich daarom sterk moeten maken, wil het op grote schaal gebruik kunnen maken van hernieuwbare energie.

3.3 Schoon als lastige belofte

Hernieuwbare energie gelijkstellen aan duurzame energie is te voorbarig. Wel is het opwekken van elektriciteit of warmte met hernieuwbare energiebronnen in beginsel klimaatneutraal. Bij het natuurkundige

omzettingsproces van zonlicht in elektriciteit komt namelijk geen CO₂ of ander broeikasgas vrij. En een plant geeft bij verbranding de CO₂ vrij die hij al had opgenomen tijdens het groeien.

Maar de vraag is of de gehele levenscyclus van hernieuwbare energie bijdraagt tot minder CO₂-uitstoot, minder gebruik van fossiele brandstoffen en zuinige materialen. Daarnaast is, met name op het gebied van biomassa, maatschappelijke en politieke druk ontstaan om bredere duurzaamheidscriteria op te stellen, die ook sociale en ecologische consequenties meewegen. Het gebruik van biomassa roept bijvoorbeeld vragen op over massale ontbossing in derdewereldlanden. Voor de milieueffecten van gebruikte materialen, bijvoorbeeld in PV-panelen, komt meer aandacht (zie het essay over zonnepanelen en zonneboilers).

Zodoende is de schone belofte van 'duurzame energie' te snel geclaimd door beleidsmakers en de hernieuwbare energiesector. De maatschappelijke uitdagingen zijn van dien aard dat er nog het nodige moet gebeuren om dat label te dragen. Hernieuwbare energie is een deel van de oplossing voor het energie-vraagstuk, maar brengt in zijn kielzog nieuwe problemen met zich mee. Het is dan ook eerder een verschuiving van maatschappelijke uitdagingen dan een op voorhand 'duurzame' oplossing.

Wat is 'schoon'?

Er zijn vele invalshoeken om te bepalen hoe 'schoon' een hernieuwbare energiebron is, en elk perspectief levert weer een ander plaatje op. Een eerste optiek is die van de energieverkwisting. Het idee is dat er niet te veel energie verspild moet worden om een energiebron in bedrijf te helpen en te houden. Vanuit deze optiek is een energiebron de eerste tijd van zijn leven bezig om zijn 'ingebodde' energie terug te winnen. Voor bepaalde typen zonnepanelen en windmolens liggen de energierugverdiertijden tussen een aantal maanden en een jaar of vijf, terwijl de gehele levensduur waarmee deskundigen rekenen respectievelijk meestal boven de 20 jaar ligt (Ecofys 2010; CE Delft 2010; ECN 2007; Vestas 2011). De energierugverdiertijd van de hernieuwbare energiebronnen wordt steeds korter doordat de technologieën steeds efficiënter worden.

Kijken we alleen naar zuinig energieverbruik, of trekken we het breder en nemen we ook zuinig materiaalgebruik aan boord? Met de term *biocascadering* bijvoorbeeld wordt biomassa gescheiden in verschillende componenten, waarbij 'hoogwaardige toepassing' voorrang heeft. Met deze benadering gaat het gebruik van biomassa voor materiaaltoepassingen vaak vóór, boven het inzetten van biomassa als brandstof.

Een ander perspectief is die van de broeigasemissies. De emissies voor vervaardiging van bijvoorbeeld zonnepanelen en windmolens, het onderhoud en de verwerking tot afval kunnen in beeld gebracht worden. Een van de discussiepunten is in hoeverre de hoeveelheid energie en uitstoot toegekend moeten worden aan de individuele energiebronnen. Stel bijvoorbeeld dat het windstil is waardoor windmolens stilstaan. Moeten we het extra omschakelen van gascentrales, waarbij CO₂ vrijkomt, dan op het CO₂-conto van windenergie schrijven (de Groot & le Pair 2009)? Of komt dit voor rekening van de gascentrale zelf? En of de huidige eerste generatie biobrandstoffen leidt tot minder CO₂-uitstoot hangt weer af van de specifieke toepassing. De tweede generatie biomassa, waarbij houtachtige (rest-)materialen worden omgezet in synthetische brandstoffen, belooft echter een CO₂-reductie van meer dan 80% (zie het essay over biomassa).

De vraag is dus: wat verstaan we met elkaar onder het begrip ‘schoon’? Daarbij moet het begrip niet zo breed worden, dat het onwerkbaar wordt. Tegelijkertijd doet een te smalle benadering geen recht aan de complexiteit van het vraagstuk.

Roep om brede duurzaamheidscriteria

Andere kwesties die daar nog bij komen zijn de sociaaleconomische omstandigheden en milieueffecten die elders in de wereld optreden, maar vandoen hebben met de levering van hernieuwbare energie in ons land. Voor het gebruik van hernieuwbare bronnen is het certificeren van de leveringsketen volgens ecologische en sociale criteria in opkomst.

Het certificeringsproces verloopt echter traag en moeizaam. De controle op de levering van ‘groene stroom’ is in de loop der jaren verbeterd. Maar het bijbehorende ‘groencertificaat’ geeft slechts een ‘garantie van herkomst’. Een afnemer weet hiermee zeker dat de elektriciteit die hij of zij gebruikt ook ergens in Europa hernieuwbaar wordt opgewekt. Maar criteria voor milieu en sociale omstandigheden die een rol kunnen spelen bij de hernieuwbare opwekking van de elektriciteit, ontbreken. Zo is niet bekend wat de milieueffecten zijn – rivierindamming en vismigratie – van de waterkracht die Nederland importeert uit Noorwegen en Zweden, en die toch goed is voor circa de helft van de groenestroomlevering. Voor de inzet van biomassa worden wel serieuze stappen in die richting gezet. De Commissie Cramer heeft brede ecologische en maatschappelijke duurzaamheidscriteria opgesteld, onder meer naar aanleiding van de ophef over ‘foute’ palmolie waarvoor regenwoud gekapt is (zie het essay over biomassa).

Duurzaamheid als ‘moving target’

Het opstellen van brede duurzaamheidscriteria is echter geen garantie dat het dwingend en op tijd wordt opgepikt in beleid. Het voorstel van de Commissie Cramer is slechts gedeeltelijk overgenomen in de Europese richtlijn ter bevordering van hernieuwbare energie. De harde duurzaamheidscriteria beperken zich tot biodiversiteit en CO₂-efficiëntie (Corbey 2010). “[E]cologische en de sociale gevolgen van de productie en het verbruik van biobrandstoffen [moeten] nader worden beoordeeld”, aldus de richtlijn (EU 2009). In haar essay over biomassa stelt Breukers dan ook: “De vrees bestaat (...) dat sociaaleconomische aspecten ondergesneeuwd raken en nauwelijks meer een rol spelen. Een ander punt van zorg is dat tegen de tijd dat er eindelijk overeenstemming is over duurzaamheidscriteria en eventueel een certificeringssysteem, er al allerlei negatieve gevolgen en misstanden hebben plaatsgevonden.” Bovendien blijkt het duurzame karakter van energiebronnen in de praktijk erg lastig te bepalen, omdat het vaak om internationale handelsketens gaat waarin bedrijven een beroep kunnen doen op hun bedrijfsgeheim.

Door *learning-by-doing* zullen ecologische en maatschappelijke effecten beter in beeld moeten komen. Behalve voor biobrandstoffen bestaat voor hernieuwbare energiebronnen nog geen brede duurzaamheidscertificering. Die kennis over duurzaamheid moet gegenereerd worden, maar dat kan niet vanaf de tekentafel. Criteria dienen fijngeslepen te worden en verankerd in wetgeving. Ook de controle daarop en het continu verwerken van nieuwe leerervaringen moet verder vorm krijgen. Zo’n dynamische vorm van duurzaamheidscertificering is weliswaar ingewikkeld, maar nodig om het begrip ‘schone’ energie toekomstvast te houden.

3.4 De grote planologische opgave

De inzet van hernieuwbare energie is één groot ruimtelijk vraagstuk. Kaarten, datasets en simulaties voorstellen de energieopbrengst op locatie. Hoeveel zon kan er op een bepaalde plek geogost worden? Hoe zorgen windparkontwikkelaars er voor dat hun windmolens aan de geluidsnormen voldoen? Wat is de bodem- en watergesteldheid ter plekke? Hoe sluiten we onze hernieuwbare energiebron aan op het net en zorgen we er voor dat de transportverliezen niet te groot worden? Deze geografische afhankelijkheid geldt ook op internationaal vlak. De golfslag voor de kust van Engeland is veel energierijker dan voor het Scheveningse strand. En de zonneoogst van de Sahara is vele malen groter dan bij Lelystad.

Hernieuwbare energie als ruimtevreter

Hernieuwbare energie eist veel ruimte op. Het ministerie van VROM heeft het ruimtebeslag van hernieuwbare energie laten berekenen voor een productievermogen van 1.500 MW, dat overeenkomt met het productievermogen van een flinke elektriciteitscentrale (HNS 2008). Om met de huidige stand van de techniek in Nederland 1.500 MW met zonnepanelen op te wekken, zijn drieduizend voetbalvelden nodig. Dat komt overeen met zeshonderdduizend gebouwen met gemiddeld dertig vierkante meter dak. Maar als er wordt uitgegaan van een *gemiddeld* vermogen van 1.500 MW in plaats van het maximale, geïnstalleerde vermogen, dan zijn maar liefst zes miljoen gebouwen nodig. Windmolens hebben nog eens tien keer zoveel ruimte nodig. Overigens ligt ook bij windmolens het gemiddelde vermogen beduidend lager dan het geïnstalleerde vermogen, omdat de weersomstandigheden zelden optimaal zijn. Om een elektriciteitscentrale van 1.500 MW te laten draaien op biobrandstof zijn ongeveer 300.000 voetbalvelden nodig aan akkers met palm- of raapzaadolie. Hernieuwbare energiebronnen vragen dus veel ruimte, zeker gezien de beleidsdoelstellingen.

Dit ruimtegebruik gaat vaak ten koste van andere ruimteclaims, en dus ook van andere belanghebbenden. Voor windenergie op land speelt die ruimtediscussie al meer dan twintig jaar. De energieopbrengst per windmolenlocatie stijgt, maar die winst wordt vooral behaald doordat de molen steeds hoger wordt. De molens torenen dus steeds verder boven het landschap uit en worden daarmee steeds zichtbaarder. Uitwijken naar zee lost het ruimteprobleem niet op, maar levert juist nieuwe planologische knelpunten op. Volgens Econcern (*FD* 2009) is 6% van het Noordzee-oppervlak nodig om met windturbines Nederland, het Verenigd Koninkrijk, België, Duitsland, Noorwegen, Denemarken en Frankrijk van hernieuwbare elektriciteit te voorzien. Dit is niet gering, aangezien de ogenschijnlijk lege Noordzee volligt met vaarroutes, visserij, olie- en gasplatforms en natuurgebieden. Ook de ondergrond – voor warmte- en koudeopslag of diepe geothermie – blijkt in Nederland letterlijk en figuurlijk behoorlijk gevuld, vanwege gaswinning, pijpleidingen, regels voor grondwaterniveaus en plannen voor ondergrondse opslag van CO₂ (zie o.a. Tweede Kamer 2010a).

Exporteren van het ruimteprobleem

Nu is het ook mogelijk om voor het vinden van ruimte uit te wijken naar het buitenland: daar stroom of energiedragers produceren – elektriciteit, biomassa, waterstof – en die weer importeren. Daarmee komt het vraagstuk van het ruimtebeslag voor de Nederlandse energievoorziening deels op het bord van andere naties. De economische en infrastructurele vraag is of transport over grote afstanden, bijvoorbeeld via

een Europees Supergrid, haalbaar is. De morele en beleidsmatige vragen die de import van hernieuwbare energie als vanzelf ook met zich mee brengt, zijn al eerder aangestipt. In hoeverre voelt Nederland zich verplicht en is Nederland verplicht hernieuwbare opwekking op eigen grondgebied uit te voeren? En als er wel geïmporteerd wordt, is dat dan ook elders duurzaam opgewekt, bewerkt en getransporteerd?

De Nederlandse 'nee, tenzij'-houding

De overheid heeft tal van machtsmiddelen om de beschikbare ruimte te reserveren voor hernieuwbare energie, maar is terughoudend bij de toepassing daarvan. Gemeenten kunnen bijvoorbeeld locaties voor hernieuwbare energie, zoals windmolens, vastleggen in bestemmingsplannen, maar vanwege de gevoeligheid van dit onderwerp wordt dat middel weinig ingezet. Net zo min verplichten gemeenten tot noord-zuidverkavelingen en de juiste hellingshoek voor het dak voor nieuwbouwwoningen, waarmee zonnepanelen de grootste opbrengst leveren. Ook zijn Provincies en Rijk bevoegd om concentratiegebieden voor windmolens aan te wijzen, indien gemeenten dit zelf nalaten, maar ook dit gebeurt weinig. Bovendien lijkt de vergunningverlening de ontwikkeling van hernieuwbare energie in Nederland eerder tegen te werken dan te faciliteren.

Vergunningtrajecten zijn vaak weerbarstig en langdurig. In Nederland geldt in de praktijk eerder een 'nee, tenzij'-beleid in plaats van een 'ja, mits'-beleid. Vooral bij wind op zee bleken vergunningstrajecten traag en onvoorspelbaar, terwijl marktpartijen in de rij stonden. Voor de windsector was het uitermate lastig om locaties te krijgen; deels weken zij daarom uit naar Duitsland en België (zie het essay over wind op zee). Wel is nieuw beleid voor wind op zee aangekondigd, in het perspectief van een breed Nationaal Waterplan (Rijksoverheid 2009). Ook voor vergunningen bij diepe geothermie (aardwarmte) werkt de overheid aan een verkorting van de procedures. Bij warmte- en koudeopslag (WKO) is het vergunningenbeleid nog steeds gebaseerd op: wie het eerst komt, wie het eerst maalt. Iemand die als eerste warmte en koude opslaat in de bodem, kan bezwaar aantekenen tegen burens die dat ook willen doen. Maar daarmee kan een heel gebied op slot komen (zie essays over aardwarmte en WKO). De overheid zet stappen om vergunningen te vereenvoudigen en streeft naar samenwerking om ondergrondse activiteiten in goede banen te leiden (Tweede Kamer 2010a; AgentschapNL 2010c). Overigens is het ontbreken van uitgebreide vergunningsprocedures geen garantie voor een explosieve groei. Voor zonnepanelen is geen vergunning nodig, maar toch liggen de daken er niet vol mee.

3.5 Grote woorden – beperkte daadkracht

Er is in Nederland geen gebrek aan visie- en netwerkvorming op het gebied van hernieuwbare energie. De betrokkenheid en onderlinge samenwerking bij overheid, kennisinstellingen, maatschappelijke organisaties en marktpartijen is groot. De publiek-private Energietransitie en de Duurzame Energie Koepel illustreren dit. Daarnaast hebben Nederlandse bedrijven rondom diverse hernieuwbare energietechnologieën brancheverenigingen opgericht. Ook regionaal gebeurt veel. Op gemeentelijk en provinciaal niveau maakt de overheid concrete plannen voor meer hernieuwbare energie, in samenwerking met regionale bedrijven, kennisinstellingen, woningbouwcorporaties en lokale milieuorganisaties. Actieve regio's willen de energievoorziening verduurzamen en lokale werkgelegenheid stimuleren (Rathenau Instituut 2009). Diverse gemeentes en provincies hebben hier nu extra geld voor, omdat ze hun aandelen in de voormalige

nutsbedrijven verkocht hebben. Voorbeelden van actieve regio's zijn de noordelijke provincies (Energy Valley), de oostelijke provincies (kiEMT), het Rotterdam Climate Initiative en Duurzaam Texel.

Feit is wel dat de Nederlandse overheid de doelstelling voor hernieuwbare energie in 2010 flink heeft verlaagd, van 20% hernieuwbare energie in 2020 (Rijksoverheid 2007) tot 14%, de Europese verplichting (EU 2009; Regeerakkoord 2010). Niettemin betekent dit nog steeds een flinke beleidsmatige, technische en economische uitdaging, die de inzet van vele partijen vraagt om het ook waar te maken.

Bedrijfsleven: open voor win-winsituaties

Regelmatig kunnen belangen voor hernieuwbare energie meeliften met andere ontwikkelingen. Zonnestroom is opgekomen door stormachtige ontwikkelingen in de elektronica-industrie. Zowel voor computerchips als voor zonnepanelen is namelijk halfgeleider-technologie nodig. Ook kan gebruikgemaakt worden van eenzelfde type productietechnologie. Warmte- en koudeopslag kan ingezet worden voor het saneren van het grondwater en als bluswatervoorziening. Voor wind op zee zijn combinaties te maken met de bestaande olie- en gasindustrie, door windparken te combineren met boorplatformen en (lege) gasvelden – ook te benutten voor opslag van CO₂ – die er al zijn. Afgezien van de technische 'klik' speelt een rol dat de *offshore* kennis en kunde toch al aanwezig is bij de olie- en gasindustrie, waar Nederland ook sterk in is. Voor biomassa wordt ingezet op bijstoken en bijmengen, zodat installaties en motoren niet volledig vervangen hoeven te worden. Niet voor niets richt de olie-industrie zich vooral op biobrandstoffen. Die zijn goed in te passen in de bestaande processtappen. Na een enkele bewerking is immers niet meer te zien of de olie oorspronkelijk uit aardolie kwam of uit planten gehaald is. Als er meer wordt ingezet op dergelijke win-winsituaties, kan een brug worden geslagen tussen oude en nieuwe marktpatronen.

Beperkt maatschappelijk draagvlak in de praktijk

Ondanks de positieve grondhouding is het draagvlak voor het uitvoeren van de plannen voor hernieuwbare energie echter beperkt. De hernieuwbare energietechnologieën concurreren onderling om investeringsgeld. Bedrijven die zich bezighouden met windenergie hebben geen belang in zonnepanelen – en omgekeerd. Daarnaast wegen bestaande economische belangen zwaar (Rathenau Instituut 2009). Mid-denstanders bij natuurgebieden vrezen minder toeristen als het landschap verandert door windmolens. Bedrijven die actief zijn in de olie- en gassector of goedkope kernenergie geleverd krijgen, geven dit niet zomaar op voor een omslag naar hernieuwbare energie. En nieuw opgerichte gemeentelijke energiebedrijven die zich willen richten op hernieuwbare energie moeten concurreren met het grote energiebedrijf waaraan het publieke belang nu juist verkocht is. Ook regelgeving kan privaat initiatief in de weg staan. Als het *clusteringbeleid* voor windenergie doorzet – een aantal provincies stuurt daarop aan (zie het essay van Breukers over windenergie op land) – worden in de toekomst alleen nog maar grote windparken toegestaan. Daarmee worden agrariërs die zelf enkele windmolens op hun erf willen zetten, buitenspel gezet.

Burger als conditionele voorstander

Op het eerste gezicht staat de Nederlandse burger zeer positief tegenover hernieuwbare energie. Nederlanders die het door enquêteurs op de man af gevraagd wordt, zijn vóór, en blijken vooral fan van zonne- en windenergie (Eurobarometer 2007). In 2008 hadden 2,7 miljoen huishoudens een contract voor groene

stroom (MilieuCentraal 2010), wat vooral te danken lijkt aan jarenlange actieve marketingcampagnes, die energiebedrijven inzetten toen de energiemarkt voor groene stroom in 2001 werd vrijgegeven. Daarbij was de boodschap vooral: groene stroom is niet duurder dan grijze stroom. Ook geven de 40.000 handtekeningen voor het partijoverstijgende plan *Nederland krijgt nieuwe energie* (NNE 2010) aan dat het onderwerp leeft. Al betreft het slechts een kwart procent van de bevolking, met dit aantal kan wel een petitie op de agenda van de Tweede Kamer worden verkregen. Het gros van de mensen lijkt echter een *conditionele* voorstander te zijn, zo leren we uit de ervaringen met windenergie (zie essay). De houding blijkt vooral af te hangen van de specifieke aard van het energieproject waarmee de burger geconfronteerd wordt.

Aangezien veel ontwikkelingen op het gebied van hernieuwbare energie nog in de kinderschoenen staan, is ook niet bekend wat onder de bevolking het draagvlak voor de verschillende vormen van hernieuwbare energie is. Wel weten we dat bewoners weinig problemen hebben met zonnepanelen op hun woning. Voor windenergie geldt dat de belofte van CO₂-reductie vaak onvoldoende is om draagvlak van omwonenden te verwerven. In Nederland bestaan meer dan honderd lokale actiegroepen die zich tegen windenergie verzetten (zie essay). Zoals gezegd zijn veel mensen echter niet zozeer voor of tegen, maar vinden het wel van belang dat de randvoorwaarden in een vroegtijdig stadium besproken worden. Voor windparken zijn echter de precieze locatie en omvang van het windpark meestal al vastgelegd in het projectplan. Omdat er daardoor voor omwonenden weinig tot geen ruimte voor onderhandeling over blijft, rest slechts de mogelijkheid om zich ronduit als voor- of tegenstander op te werpen.

Een terugkerend dilemma voor de overheid: afwachten of instappen

Vooralsnog is hernieuwbare energie een kunstmatige, door de politiek gecreëerde markt. Door de markt te subsidiëren met publiek geld en regels aan te passen krijgt hernieuwbare energie een voet tussen de deur. Om bestaande belangen niet te schaden, is de overheid van nature terughoudend met interveniëren. De terugkerende vraag is op welke wijze het publieke geld op de meest effectieve wijze kan worden besteed en welke ingrepen gerechtvaardigd zijn.

Bij het legitimeren van haar handelen ziet de overheid zich keer op keer voor een dilemma geplaatst. Voorop staat dat de ontwikkeling van hernieuwbare energie in Nederland zo goedkoop mogelijk gerealiseerd moet worden. Tegelijkertijd is het van belang dat de publieke investeringen in hernieuwbare energie leiden tot industriële innovatie en werkgelegenheid. Die twee staan op gespannen voet met elkaar. De goedkoopste opties voor hernieuwbare energieopwekking (wind en biomassa) komen vooral uit het buitenland of zijn het minst vernieuwend. Maar door die te ondersteunen, krijgt het bedrijfsleven in Nederland op dit vlak weer minder innovatiekansen.

Het algemene beeld is dat Nederland in dit spanningsveld weinig risico's neemt, maar daardoor ook kans op innovatie mist. Van oudsher is het Nederlandse beleid voor het stimuleren van industriële activiteit op het gebied van hernieuwbare energie zwak en wispelturig geweest. Zo heeft ons land de kans om een sterke windindustriële sector op te bouwen in de jaren tachtig voorbij laten gaan (zie het essay over wind op land). Het kabinet Rutte vaart dezelfde behoudende koers. Onder het juk van de zware bezuinigingen kiest de overheid ervoor om de goedkoopste hernieuwbare energiebronnen in het kader van de SDE+ te subsidiëren, die onderling strijden om het geld. Op deze wijze kan de doelstelling van 14% hernieuwbaar in 2020 op de goedkoopste wijze gehaald worden. Evaluaties van eind 2010 en begin 2011 wijzen in de

richting dat die doelstelling met het ingezette beleid niet gehaald wordt (PBL 2010, AER 2011). Bovendien betekent deze aanpak in feite dat vooral de reeds bewezen en vaak buitenlandse industriële activiteiten ondersteund worden. Het is dan ook zeer de vraag of de huidige overheidsstrategie leidt tot een internationaal concurrerende industrie na 2020.

3.6 Tot slot: de monsteruitdaging van Big & Beautiful

Hernieuwbare energie is een welkome aanvulling op de Nederlandse energie-economie. Want deze vorm van energie is ruim beschikbaar, heeft wereldwijd enorme potentie, kan werkgelegenheid verschaffen en is – onder de juiste condities – CO₂-arm. Maar Nederland talmt. Dit hoofdstuk laat zien dat dat niet voor niets is. Er kleven namelijk nog diverse maatschappelijke bezwaren aan het veel grootschaliger inzetten op hernieuwbare energie.

De monsteruitdaging is om hernieuwbare energie in Nederland (en daarbuiten) niet alleen ‘groot’ te maken, maar ook ‘schoon’ te laten worden. De afgelopen twintig jaar is het aandeel hernieuwbare energie in Nederland verviervoudigd van bijna 1% naar ongeveer 4% in 2009. Nederland moet klimmen naar 14% in 2020. Deze versterkte groei vraagt het uiterste van beleidsmakers, ontwikkelaars en burgers.

Dit hoofdstuk bracht de maatschappelijke vragen en uitdagingen van deze groeiversnelling in kaart. Met name twee aandachtspunten voor beleid en debat komen bovendienrijven.

Koppel industriebeleid met de nationale opwekkingsverplichtingen

De mondiale groeimarkt voor hernieuwbare energie biedt enorme kansen voor de Nederlandse industrie. Op veel plekken in de wereldwijde productie, verwerkings, toeleverings- en onderhoudsketens kan geld verdiend worden. Tegelijkertijd staat Nederland voor de uitdaging om in 2020 14% van haar energiebehoefte uit hernieuwbare energiebronnen te halen.

Daartoe stimuleert de overheid energieleveranciers om de goedkoopste energie-opties in te zetten. Deze strategie is economisch gunstig voor de korte termijn, maar mogelijk nadelig op de langere termijn, omdat daarmee de minst innovatieve, vaak geïmporteerde energiebronnen, worden gestimuleerd. Deze stimuleringsmaatregel draagt zodoende weinig bij aan het opbouwen van een innovatieve groene energiesector.

Daarom is het maatschappelijk gezien wenselijk dat de doelen voor het opwekken van hernieuwbare energie en industriebeleid meer in elkaars verlengde komen te liggen. Dan snijdt het mes aan twee kanten. Belastinggeld, ingezet voor economische innovatie, helpt de nationale verduurzaming zichtbaar en meetbaar verder. Daarbij zij opgemerkt dat op het gebied van hernieuwbare energie het trackrecord van het Nederlandse innovatiebeleid niet florissant is, want zeer wispelturig.

Maak de duurzaamheid van hernieuwbare energie inzichtelijk

Het grote voordeel van hernieuwbare energie is dat de opwekking in principe eeuwigdurend door kan gaan. Om die reden wordt hernieuwbare energie vaak gelijkgesteld aan duurzame energie.

Toch is de duurzaamheid van hernieuwbare energie niet gegarandeerd. Dat de energie hernieuwbaar wordt opgewekt, wil niet zeggen dat de lusten en lasten in de totale toeleveringsketen rechtvaardig uitgebalanceerd zijn. Het bekendste bewijs dat duurzaamheid niet vanzelf komt, is de mondiale discussie over de herkomst van biomassa. Landbouwgrond voor energiewinning drijft landbouwgrond voor voedselproductie in de hoek. De stijgende landhonger lokt ontbossing uit.

Daarnaast speelt bij een sterk groeiende inzet van hernieuwbare energie ook schaarste aan hulpbronnen een rol. De benodigde ruimte, materialen, fabrieken, organisatorische capaciteit en investeringsmiddelen – bijvoorbeeld voor smart grids – zijn namelijk geenszins oneindig beschikbaar.

‘Schone’ hernieuwbare energie blijkt dus in de praktijk lastiger dan het op het eerste gezicht lijkt. Dit alles versterkt de aarzeling om te investeren in hernieuwbare energie die er, vanwege de economische onzekerheden en het ruimtegebruik, toch al is, zowel onder burgers, bedrijfsleven als bestuurders.

Om deze collectieve aarzeling te verkleinen, is het belangrijk dat hernieuwbare energie het label ‘duurzaam’ op een transparante wijze waarmaakt, in plaats van het op voorhand te claimen. De eerste stap hiervoor is ervoor te zorgen dat het debat, regelgeving, certificering en labelling over de herkomst van grondstoffen en hun neveneffecten, die vaak ver buiten Nederland optreden, zich niet beperkt tot biobrandstoffen, maar breder wordt getrokken naar andere ketens van hernieuwbare energielevering.

Referenties

- AER (2011). *Briefadvies beleidsinstrumenten hernieuwbare elektriciteit*. Den Haag: Algemene Energieraad, 6 april 2011.
- AGD (2010). ‘Huizinga: subsidie WKO niet nodig’. <http://www.agd.nl>, 14 april 2010.
- AgentschapNL (2010a). ‘Stimulering Duurzame Energieproductie (SDE)’. <http://www.agentschapnl.nl>, bekeken op 24 november 2010.
- AgentschapNL (2010b). ‘Nederlands biobrandstoffenbeleid’. <http://www.senternovem.nl>, bekeken op 15 december 2010.
- AgentschapNL (2010c). ‘Samenwerkingsprogramma WKO (SWKO)’. <http://www.senternovem.nl>, bekeken op 18 december 2010.
- Bloomberg (2010). *Global Trends in Sustainable Energy Investments 2010. Analysis of Trends and Issues in the Financing of Renewable Energy and Energy Efficiency*. Londen: Bloomberg New Energy Finance.
- CBS (2010). *Hernieuwbare Energie in Nederland 2009*. Den Haag: CBS.
- CE (2007). *Nieuwe elektriciteitscentrales in Nederland. De ‘vergeten’ kosten in beeld*. Delft: CE-Delft, april 2007. Onderzoek in opdracht van Stichting Greenpeace Nederland.
- Compendium (2010). ‘Verbruik van hernieuwbare energie, 1990–2010’. <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl>
- Corbey (2010). ‘Opdracht Commissie Duurzaamheidsvraagstukken Biomassa (Commissie Corbey)’. <http://www.corbey.nl>, bekeken op 18 december 2010.
- Diederens, A. (2010). *Global Resource Depletion. Managed Austerity and the Elements of Hope*. Delft: Eburon.

- ECN (2007). *Life Cycle Assessment of Present and Future Photovoltaic Systems*. Petten: Energieonderzoek Centrum Nederland, ECN-M--07-109, 11 oktober 2007.
- Ecorys (2010). *Versterking van de Nederlandse Duurzame Energiesector*. Rotterdam: Ecorys Nederland BV, 7 december 2010.
- EL&I (2010). *Versterking duurzame energiesectoren*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, projectgroep Versterking Duurzame Energie.
- EL&I (2011). *Energierapport 2011*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie.
- EnergieTransitie (2010). 'Standpunten'. <http://www.energietransitie.nl>, bekeken op 15 december 2010.
- EU (2009). *Richtlijn 2009/28/EG van het Europees Parlement en de Raad ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen*. Brussel: Publicatieblad van de Europese Unie, 5 juni 2009.
- EZ (2009). *Delfstoffen en aardwarmte in Nederland. Jaarverslag 2009*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.
- de Groot, K. & le Pair, C. (2009). 'De brandstofkosten van windenergie. Een goed bewaard geheim'. In: *Spil* 263-264, nr. 5, pp.15-17.
- HNS (2008). *Kleine energieatlas. Ruimtebeslag van elektriciteitsopwekking: de voetafdruk van 3.387 GWh*. Amersfoort: H+N+S Landschapsarchitecten, augustus 2008.
- FD (2009). 'Klein deel Noordzee biedt al genoeg energie'. In: *Het Financieele Dagblad*, 26 januari 2009.
- KEMA (2010). *Integratie van windenergie in het Nederlandse elektriciteitsstelsel in de context van de Noordwest Europese elektriciteitsmarkt*. Arnhem: KEMA Nederland B.V., 12 april 2010.
- Innovatieplatform (2009). *Duurzame energie. Economisch groeigebied voor Nederland met groene potentie*. Den Haag: Innovatieplatform/Ministerie van Economische Zaken.
- MilieuCentraal (2010). 'Groene stroom'. <http://www.milieucentraal.nl>, bekeken op 15 december 2010.
- Nitsch, J. (2007). 'Technologische und energiewirtschaftliche Perspektiven erneuerbarer Energien'. <http://www.dlr.de>
- NNE (2010). *Nederland krijgt nieuwe energie voor welvaart en welzijn in de 21^e eeuw*. Een partijoverstijgend voorstel voor een Deltaplan nieuwe energie.
- PBL (2010). *Brief aan de Secretaris-generaal van het Ministerie van VROM, ir. J. van der Vlist. Onderwerp: Analyse Regeerakkoord*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving, 12 oktober 2010.
- PDE (2007). *Naar een duurzame elektriciteitsvoorziening, Transitiepad fotovoltaïsche zonne-energie*. Platform duurzame elektriciteitsvoorziening. Utrecht: SenterNovem.
- Rathenau Instituut (2009). *Energietransitie begint in de regio. Rotterdam, Texel en Energy Valley onder de loep*. Den Haag: Rathenau Instituut, 17 juni 2009.
- Regeerakkoord (2010). *Vrijheid en verantwoordelijkheid. Regeerakkoord VVD-CDA*.
- Rijksoverheid (2007). *Nieuwe energie voor het klimaat. Werkprogramma Schoon en Zuinig*. Den Haag: Rijksoverheid.
- Rijksoverheid (2009) *Nationaal Waterplan 2009–2015*, Den Haag: Rijksoverheid, 22 december 2009.
- Rijksoverheid (2010). *Nationaal actieplan voor energie uit hernieuwbare bronnen. Richtlijn 2009/28/EG*. Den Haag: Rijksoverheid.
- Schumacher, E.F. (1973). *Small is Beautiful. Economics as if People Mattered*. London: Blond & Briggs.
- SEO (2010). *Investeren in een schone toekomst*. Amsterdam: SEO Economisch Onderzoek, juli 2010.
- SER (2010a). *Meer werken aan duurzame groei*. Den Haag: Sociaal Economische Raad, mei 2010.
- SER (2010b). *Meer chemie tussen groen en groei. De kansen en dilemma's van een biobased economy*. Den Haag: Sociaal Economische Raad, 8 december 2010.

- Telegraph (2009). 'World Faces Hi-Tech Crunch as China Eyes Ban on Rare Metal Exports'. In: *The Telegraph*, 24 augustus 2009.
- Trouw (2010). 'Online meldpunt voor 'vieze energiesubsidies''. In: *Trouw*, 16 oktober 2010.
- Tweede Kamer (2010a). *Brief van de minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke ordening en Milieubeheer*, 16 juli 2010.
- Tweede Kamer (2010b). *Brief van de minister van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie*. TK 31 239 Nr. 103, 30 november 2010.
- Ummels, B. (2009). *Wind Integration. Power System Operation with Large-Scale Wind Power in Liberalised Environments*. Delft: TU Delft, proefschrift, 26 februari 2009.
- Vestas (2011). 'Life Cycle Assessment (LCA)'. <http://www.vestas.com>, bekeken op 11 mei 2011.

ESSAY



Auteur

Sylvia Breukers

Onderzoeker bij Energieonderzoek Centrum Nederland

WIND OP LAND

Gemakkelijker gezegd dan gedaan

Inleiding

Het kabinet-Balkenende IV had de ambitie om in 2020 ongeveer driemaal zoveel opgesteld vermogen windenergie op land te hebben dan nu het geval is, oftewel 6.000 MW tegenover het huidige getal van 2.000 MW.¹ Eind 2011 zouden de vergunningen voor de eerste extra 2.000 MW rond moeten zijn. Het kabinet-Rutte heeft deze ambitieuze doelstellingen vooralsnog niet expliciet overgenomen, noch afgewezen. Ambities formuleren is echter één ding, om het daadwerkelijk te realiseren moeten er allerlei lastige kwesties worden aangepakt.

Belangrijk is natuurlijk dat windenergie op land financieel ondersteund wordt – totdat het op eigen benen kan staan en kan concurreren met conventionele energieopwekking. Een andere kwestie waarover al twintig jaar gestruikeld en gesteggeld wordt, is de zogeheten ‘plaatsingsproblematiek’. In 1991 werd er

¹ Eind 2009 stonden er 1.879 windturbines met een totaal opgesteld vermogen van 1.993 MW (Windservice Holland).

een Bestuursovereenkomst Plaatsingsproblematiek Windenergie (BPW) afgesloten om dit aan te pakken. Vandaag de dag is het echter nog steeds een lastige opgave om de turbines geplaatst (en daarmee de projecten gerealiseerd) te krijgen.

Dit essay bespreekt de kansen en uitdagingen van windenergie op land. Na een historische terugblik wordt aandacht besteed aan het overheidsbeleid en de effecten daarvan. Daarna gaan we in op de maatschappelijke inpassing van windenergie – immers, het gaat om meer dan alleen maar fysieke locaties vinden en vergunningen regelen, getuige de weerstand tegen windenergieprojecten. We sluiten af met een discussie over de kansen van wind op land, in het licht van de uiteenlopende uitdagingen die we hebben besproken.

Historische achtergrond van wind op land

Windenergie is in Nederland eeuwenlang de belangrijkste energiebron geweest tot de introductie van de stoomturbine rond het einde van de negentiende eeuw. Windmolens werden gebruikt om polders te bemalen (om het waterpeil te beheersen) en vanaf eind negentiende eeuw ook voor het opwekken van elektriciteit. De eerste pogingen om elektriciteit op te wekken met *moderne* windturbines dateren uit de jaren veertig en vijftig van de twintigste eeuw, maar verder werd daar niet veel mee gedaan. Goedkope olie, de ontdekking van de gasbel in Groningen in 1959 en de hooggespannen verwachtingen ten aanzien van kernenergie in deze jaren, maakten dat er weinig animo bestond om de mogelijkheden van elektriciteitsproductie met windturbines serieus te gaan onderzoeken (Verbong 1999). Dat veranderde in de jaren zeventig toen de aandacht voor hernieuwbare energiebronnen (wind en zon) toenam, ingegeven door zowel de oliecrises als de opkomst van de milieubeweging en antikernenergiebeweging.

Diverse partijen

Uiteenlopende partijen hebben zich door de jaren heen beziggehouden met de toepassing van windenergie op land: energiebedrijven, agrariërs, windcoöperaties, en andere ondernemers en/of projectontwikkelaars. Agrariërs waren al in de jaren zeventig en tachtig op kleine schaal met windenergie bezig, en de windenergiecoöperaties kwamen op vanuit de antikernenergiebeweging (na 1986 – Tsjernobyl). Terwijl zulke initiatieven redelijk marginaal bleven, namen de conventionele energiebedrijven een steeds grotere rol op zich in de toepassing van windenergie. Zij ontvingen ook het leeuwendeel van de subsidiegelden. Halverwege de jaren negentig veranderde dit in verband met de liberalisering van de energiesector die sinds 1989 in fasen was ingezet. Directe subsidies aan voormalige staatsbedrijven pasten niet binnen de liberaliseringsgedachte. Het nieuwe beleid (onder meer allerlei fiscale regelingen, zie ook tabel 1) bevoordeelde niet langer de energiebedrijven boven andere partijen. Private partijen, in het bijzonder agrariërs, zagen daardoor ook kansen, en hun aandeel in de ontwikkeling van windenergieprojecten is in de daaropvolgende jaren dan ook flink toegenomen (Agterbosch et al. 2004).

De bouw van windturbines

En hoe zit het met de industrie van de windturbines? De bekendste Nederlandse pionier in turbinebouw was het bedrijf Lagerwey. Al in 1979 begon het met het in serie produceren van windturbines. Later ont-

wikkelde Lagerwey het *direct drive*-mechanisme (www.windenergie.nl). Bij direct aangedreven turbines wordt het vermogen van de rotor (de wieken) direct overgedragen aan de generator en komt de tandwielkast te vervallen. Lagerwey werkte vanuit het *learning-by-doing*-principe, het product stapje voor stapje verbeteren, in de praktijk uittesten en opschalen. De Nederlandse overheidssubsidies werden echter vooral beschikbaar gesteld voor het bouwen van hele grote turbines – en niet voor turbines die geleidelijk werden opgeschaald. Dit beleid stimuleerde dus in feite enorme turbines die er op papier goed uitzagen, maar in de praktijk niet goed werkten, omdat de techniek er gewoon nog niet klaar voor was. De Nederlandse turbinebouwers werden ingehaald, eerst door de Denen en later door de Duitsers – die hun turbine-industrie vanuit hetzelfde *learning-by-doing*-principe gestaag wisten op te bouwen (van Est, 1999).

Behalve het beperkt ontvangen van subsidies hadden de turbinebouwers nog een ander probleem. Er zat weinig groei in de vraag naar turbines – in de jaren negentig verliep de realisatie van windenergieprojecten moeizaam. En geen projecten betekende: geen orders. De Nederlandse turbine-industrie ging uiteindelijk ten onder aan de afwezigheid van een binnenlandse thuismarkt en aan concurrentie van beter presterende buitenlandse turbines (Kamp et al. 2004). Momenteel zijn de meeste Nederlandse bouwers failliet of overgenomen door buitenlandse bedrijven. Een uitzondering is het Emergya Windturbines Technologies (EWT) dat in 2004 ontstond na het faillissement van Lagerwey Windturbine. EWT levert vooral turbines aan het buitenland. De bladen van de turbines werden aangeleverd door het Nederlandse Polymarin, dat recentelijk ook failliet is gegaan.

Lange tijd gebrek aan krachtenbundeling

Pas sinds 2005 is er één Nederlandse Windenergie Associatie (www.nwea.nl). Daarvoor waren er verschillende organisaties die uiteenlopende belangen vertegenwoordigden, maar daardoor geen krachtige eensgezinde windbranche konden vormen. Een oorzaak was de problematische samenwerking tussen allerlei partijen in het windenergieveld, bijvoorbeeld tussen de windturbinebouwers en de energiebedrijven die windparken ontwikkelden. Onderling wantrouwen speelde ook een rol, bijvoorbeeld tussen agrariërs die een windenergieproject wilden neerzetten en energiebedrijven die een netaansluiting moesten verzorgen, maar dat niet altijd behoorlijk deden en zo dus de toegang tot de markt bemoeilijkten.² Het lukte de verschillende partijen niet om met één stem te spreken en een stevige lobby op te zetten en daarmee invloed uit te oefenen op het beleid en de politiek. Dit in tegenstelling tot Duitsland, waar een zeer sterke windenergielobby consistent en langdurig ondersteuningsbeleid wist af te dwingen (Breukers, 2006).

² Energiebedrijven ontwikkelden ook windenergieprojecten, dus deze agrariërs waren voor netaansluiting feitelijk afhankelijk van hun concurrenten (Breukers 2006).

Tabel I Overzicht beleid voor wind op land door de jaren heen
(Bronnen: Breukers 2006; Agterbosch 2006; WSH 2008; www.senternovem.nl)

Periode	Beleid & beleidsprogramma's	Focus
1976–1981	Nationaal Onderzoeksprogramma Windenergie (NOW I)	R, D&D (research, development & demonstration) Grootschalige toepassingen
1982–1987	National Ontwikkelingsprogramma Windenergie (NOW II)	R, D&D Grootschalige toepassingen
1986–1990	Integraal Programma Windenergie IPW	Ontwikkeling commerciële turbines Grootschalige toepassing Investeringssubsidies Doelstelling: 100-150 MW in 1990; beschikbaar budget ca. 18 miljoen euro/jaar
1991–1994	Toepassing Windenergie In Nederland (TWIN) I Besluit Subsidie Windenergie (BSW) (tot 1996)	Ontwikkeling commerciële turbines Grootschalige toepassing Investeringssubsidie, op basis rotoroppervlak en generatorvermogen
1996–2000	Toepassing Windenergie In Nederland (TWIN) II	Nationaal R&D-plan Investeringssubsidies voor demonstratieprojecten Prijs-kwaliteitverhouding van turbines belangrijk Marktcreatie
1991–2001	Milieu Actie Plan (MAP) I-III	Investerings- en productiesubsidies – grote rol energiedistributiebedrijven Groen Certificaten Systeem
1996–2003	Vrije Afschrijving Milieu Investerings (VAMIL)	Willekeurige afschrijving van investeringen in materieel (fiscale regeling, biedt ondernemers liquiditeits- en rentevoordeel)
1996	Groene Fondsen	Lagere rente op leningen
1997	Energie Investerings Aftrek (EIA)	Belastingvoordeel (fiscale prikkel)
1998	Energie Investeringsmaatregel voor Non-Profit en Speciale Sectoren EINP	Subsidie op investeringskosten
1997–2002	CO ₂ -reductieplan	Investeringssubsidie
1996	Regulerende Energie Belasting (REB) of Ecotax	Heffing op gebruik elektriciteit en energie
1996–2003	REB 36o	Mogelijkheid tot verlenen productiesubsidie
1999–2005	REB 36i – Ecotax vrijstelling	Vrijstelling ecotax voor consumenten van hernieuwbare elektriciteit
2002–2006	Milieu Energie Productie (MEP)	Terugleververgoeding: vaste subsidie per geleverde kWh gedurende maximaal 10 jaar of tot 18.000 vollast-uren ³
2008–heden	Stimulering Duurzame Energieproductie (SDE)	Terugleververgoeding: subsidie per kWh voor looptijd van 15 jaar. Jaarlijkse aanpassing bedrag aan waarde 'grijze stroom' (in 2008: subsidie circa 4,5 cent/kWh).
Medio 2011	SDE+	Terugleververgoeding volgens gewijzigde systematiek

Te veel beleidsmaatregelen

Terugkijkend op de afgelopen twee decennia, zien we in Nederland een wirwar aan ondersteuningsmaatregelen (zie tabel 1), die elke keer weer werden aangepast, afgeschaft of vervangen in reactie op problemen met deze regelingen en/of in reactie op de liberalisering. Duitsland daarentegen heeft al vanaf 1991 een wettelijk kader voor de ondersteuning van windenergieprojecten. Dit kader is tot op de dag van vandaag in grote lijnen ongewijzigd gebleven. Duitsland heeft inmiddels een enorm opgesteld vermogen (eind 2009 25.777 MW) en een succesvolle nieuwe technologische en industriële sector die veel werkgelegenheid oplevert (Breukers & Wolsink 2007; DEWI 2008; www.windenergie-nieuws.nl).

De huidige situatie en de belofte van meer wind op land

Partijen

Windenergieprojecten zijn er in vele soorten en maten, net als typen projectontwikkelaars. Energiebedrijven, agrariërs, coöperaties, andere commerciële bedrijven of combinaties van deze partijen zijn tegenwoordig zowel initiatiefnemers als projectontwikkelaars. Ook zijn er bedrijven die zich na de bouw van het project terugtrekken (*turnkey* projectontwikkelaars). Investeerders kunnen banken zijn, bijvoorbeeld Rabobank en Fortis, of groenfondsen. Er kunnen financieringsconstructies worden opgezet waarin particulieren een aandeel hebben. De initiator, ontwikkelaar en exploitant kunnen een en dezelfde partij zijn, maar dat hoeft niet altijd zo te zijn. Voor exploitatie zie je ook vaak dat er een BV (besloten vennootschap) of CV (commanditair vennootschap) wordt opgericht rondom een windenergieproject – zoals bijvoorbeeld het *Windpark Samen voor de Wind* (Flevoland) waarin zes agrariërs verenigd zijn (www.windenergie.nl). Ook zijn de windenergiecoöperaties – voortgekomen uit de antikernenergiebeweging in de jaren tachtig – nog steeds actief, al blijft hun aandeel beperkt (minder dan 10% van het opgesteld vermogen, zie Agterbosch et al. 2004).

Doelstelling en subsidieregelingen

Begin 2009 heeft Nederland het opgesteld vermogen van 2.000 MW op land overschreden (www.nwea.nl). De doelstelling van het kabinet-Balkenende IV was dat er eind 2011 voor nog eens 2.000 MW aan vergunningen verstrekt zou zijn, zodat er nog meer windturbines geplaatst kunnen worden (VROM 2007). Elektriciteit van windturbines op land is vergeleken met elektriciteit uit biomassa, windturbines op zee en zonnecellen op dit moment het goedkoopst en zal het snelst kunnen concurreren met elektriciteit uit fossiele bronnen (EZ 2008).

3 De capaciteitsfactor van een turbine wordt berekend door de jaarproductie (in kWh) te delen door het vermogen (in kW) en het aantal uren per jaar (8.760). De capaciteitsfactor geeft aan hoeveel procent van de tijd de turbine op vollast zou moeten draaien om de volledige jaarproductie te halen. Moderne windturbines (capaciteitsfactor 0,25 of meer) hebben een hogere capaciteitsfactor dan oudere types. Het aantal 'vollast-uren' van een turbine wordt berekend door het aantal uren (bijvoorbeeld in een jaar) te vermenigvuldigen met de capaciteitsfactor (Beurskens & Van Kuik 2004).

Sinds begin 2008 is de Subsidieregeling Duurzame Energie (SDE) van kracht om de plaatsing en exploitatie van windenergieprojecten te ondersteunen. De subsidie voor wind op land bedroeg in 2009 4,5 eurocent per geleverde kilowattuur (kWh) – de producent die dus ‘windstroom’ aan het net leverde, ontving dit bedrag boven op de ‘grijze’ stroomprijs. Vergeleken met SDE-vergoedingen voor andere duurzame energietoepassingen lag de subsidie voor wind op land een stuk lager, omdat elektriciteitsproductie met windturbines op land goedkoper is dan elektriciteitsproductie met andere duurzame energietechnologieën. Voor verbranding van vaste biomassa, vergisting van gft en mestcovergisting gold bijvoorbeeld een vergoeding van 5,3 eurocent per kWh; voor kleinschalige zonnestroominstallaties een vergoeding van 33 eurocent per kWh. Deze SDE-regeling moest de vorige regeling – die in 2006 plotseling was stopgezet – vervangen, omdat die te kostbaar was geworden. De vorige regeling bestond echter pas vanaf 2003. Door het steeds weer afschaffen en vervangen van ondersteuningsmaatregelen zijn investeerders en ontwikkelaars voorzichtiger geworden – immers zonder de zekerheid dat de ondersteuning gecontinueerd wordt, is het een stuk lastiger om een project goed voor te bereiden en winstgevend te exploiteren. Het kabinet Rutte heeft een SDE+ regeling voorgesteld die de SDE regeling medio 2011 moet vervangen. De SDE+ zal gefinancierd worden uit opslag op de energierekening in plaats van uit de algemene middelen – zoals met de SDE het geval is. Voor *onshore* wind geldt verder dat er onderscheid gemaakt zal worden tussen windrijke en windarme gebieden – dat betekent dat windenergieprojecten in windarme gebieden meer subsidie ontvangen dan windenergieprojecten in windrijke gebieden (Regeerakkoord VVD-CDA, 2010).

De techniek: uitontwikkeld of naar een geheel nieuw type?

De windturbines zelf zijn de laatste jaren flink gegroeid (zie figuur 1). Begin jaren negentig had de gemiddelde turbine een gemiddeld vermogen van circa 80-150 kW, een paar jaar later was dit al 450-600 kW. De windturbines anno 2010 hebben een levensduur van vijftien tot twintig jaar en een gemiddeld vermogen van 3 MW, voldoende om circa 2.000 huishoudens van stroom te voorzien (de Vries 2008). Ook zijn er al turbines met een opgesteld vermogen van 5 MW beschikbaar. Tegenwoordig is de ashoogte vaak 80-100 meter met een rotordiameter van 90 meter. Als de rotor verticaal naar boven wijst, betekent dit dat de molen een hoogte van 150 meter bereikt. Ook is er een toename zichtbaar in het rotoroppervlak: bij een ashoogte van 80 meter hoorde enige jaren terug nog een rotordiameter van bijna 40 meter, nu is dat 90 meter. Dit zorgt voor een betere opbrengst op locaties met minder windaanbod. Een andere optie om op dergelijke locaties een grotere opbrengst te bereiken, is door de mast te verhogen. Op een gemiddelde locatie in de Flevopolder kan een turbine met een ashoogte van 100 meter per jaar al snel 30% meer energie leveren dan eenzelfde turbine met een ashoogte van 70 meter (de Vries 2008). Marktleider Enercon uit Duitsland werkt aan direct aangedreven generatoren (een concept dat Lagerwey ooit introduceerde), waarbij de tandwielkast komt te vervallen. Ook wordt er nog steeds gezocht naar goedkopere materialen voor de rotorbladen en de mast, zoals kunststoffen en moderne composietmaterialen⁴ (www.energieplatform.nl).

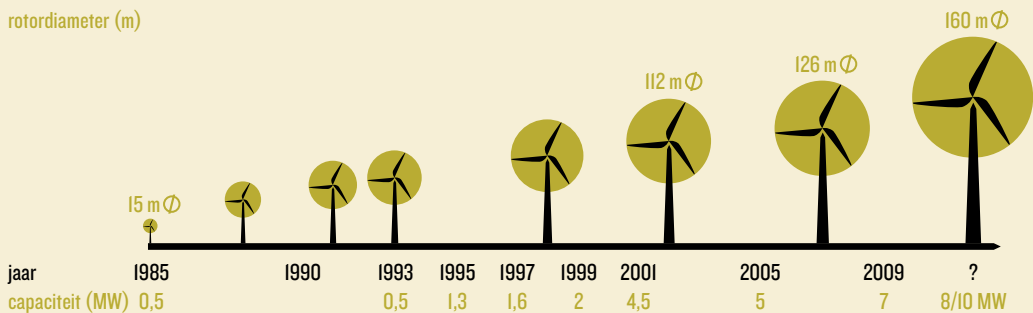
4 Compositiemateriaal bestaat uit verschillende componenten, vaak vezelversterkte kunststoffen.

Naast de ontwikkeling van grotere windturbines, wordt er ook nog steeds gewerkt aan de verdere ontwikkeling van kleine turbines. Met name bedrijven en overheden zijn hierin geïnteresseerd. Deze turbines kunnen geplaatst worden in de bebouwde omgeving. Helaas valt de opbrengst tegen. De elektriciteitsproductie van kleine turbines is lager, niet alleen absoluut (ze zijn immers kleiner, staan op locaties waar het windaanbod gering en/of wisselvallig is), maar ook relatief gezien. Een kW opgesteld vermogen in kleine turbines levert minder stroom dan dezelfde kW in een grote turbine door de efficiëntievoordelen van laatstgenoemde (minder overdrachts- en weerstandverliezen) (www.windenergie.nl).

Er zijn veel verschillende soorten kleine turbines. Sommigen verwachten dat doorontwikkeling zal uitwijzen welke ontwerpen de beste zijn, en dat zou moeten leiden tot een flinke kostprijsverlaging. Anderen zijn hier sceptischer over. Vanaf eind jaren zeventig is juist kostprijsverlaging nagestreefd door de turbines *groter* te maken. Voor grote turbines nadert het moment waarop ze tegen dezelfde kosten elektriciteit produceren als conventionele energiecentrales. Dat geldt zeker niet voor de kleine turbines. Vanwege de lage stroomproductie en de hoge kosten, is het uiteindelijk de vraag of investeren in een mini-turbine een goed idee is (WSH 2008; de WindMaand 2008).

Er is ook een geheel nieuw type windmolen dat recentelijk in de belangstelling staat. Wubbo Ockels werkt met zijn team onderzoekers van de TU Delft aan een zogenaamde 'laddermolen' die gebruikmaakt van windenergie op grote hoogte. Het is een systeem van een groot aantal vleugels die aan een sterk touw gebonden zijn en een lus vormen, dat in zijn geheel door de wind gedragen wordt. Een uiteinde van deze lus is verbonden met een dynamo aan de grond. Afhankelijk van het windaanbod kan de lus in lengte variëren. Het voordeel (op papier) lijkt te zijn dat je minder laddermolens nodig hebt om eenzelfde hoeveelheid stroom kunt produceren in vergelijking met het huidige type windturbine (www.ockels.nl). Aan een prototype van de laddermolen wordt momenteel gewerkt.

rotordiameter (m)



Figuur 1

Ontwikkeling windturbinegrootte in de loop der jaren. (Bron: EWEA 2010)

Miljardenbusiness gevoelig voor economische crisis

Eind 2009 stond er in de 27 lidstaten van de EU circa 55.403 MW opgesteld vermogen op land. Voor windenergie is er in 2008 in de EU meer opgesteld vermogen bij gekomen (8.484 MW) dan voor enige andere energietechnologie. Het opgesteld vermogen was in 2008 15% hoger dan in 2007 (www.ewea.org). Wereldwijd nadert het getal al de 100.000 MW (inclusief *offshore*). Top-5 landen wat betreft opgesteld vermogen van wind op land zijn Duitsland, de VS, Spanje, India en China. In 2007 ging er volgens schattingen van het Global Wind Energy Council (GWEC) circa 25 miljard euro om in de mondiale windenergiemarkt (www.gwec.net).

Begin 2009 werd het optimisme over verdere groei van de gehele duurzame energiesector getemperd door de mondiale economische crisis. Banken werden terughoudend met het verlenen van krediet met als gevolg een stagnatie van de duurzame energiesector. Maar ook aan de vraagkant ging het minder als gevolg van de crisis. Projectontwikkelaars hebben bij de overheid aangeklopt om ondersteuning te vragen – bijvoorbeeld in de vorm van kredietgaranties voor leningen aan duurzame energieprojecten om banken zo aan te moedigen weer te investeren in duurzame projecten (Garschagen 2009).

Dat Nederland weer een stevige industriepolitiek moet gaan voeren, is een veelgehoord geluid. De landen om ons heen doen daar ook niet moeilijk over, luidt onder andere het argument. Duitsland en andere Europese landen stimuleren niet alleen de productie van duurzaam opgewekte stroom, maar ook de industriële sector daaromheen – een voorbeeld hiervan is de turbine-industrie in Duitsland. Dit levert werkgelegenheid op en exportmogelijkheden. Ook zijn deze landen in tijden van crisis sneller bereid hun duurzame sectoren te helpen met staatssteun, om zo economisch herstel en lokale werkgelegenheid te stimuleren. Van de Crisis- en herstelwet die in maart 2010 is aangenomen, wordt echter wel verwacht dat het de werkgelegenheid en bouw (van onder andere windenergieprojecten) zal ondersteunen.

Inpassingsvraagstukken bij meer wind op land

Bij de realisatie van windenergie op land spelen verschillende inpassingsvraagstukken. De inpassing in de bestaande elektriciteitsmarkt is belangrijk, maar ook de inpassing in en aansluiting op het net. Wat betreft ruimtelijke inpassing zijn windturbines niet de gemakkelijkste infrastructurele objecten gebleken, en dat is weer van invloed geweest op de maatschappelijke acceptatie van windturbines. Hieronder worden al deze inpassingsvraagstukken behandeld, om zo beter inzicht te krijgen in verschillende kansen en barrières.

Inpassing in de markt

Bij de inpassing in de elektriciteitsmarkt spelen verkoop, handel en distributie een rol. Daarnaast zijn de kosten voor bouw en exploitatie van windturbines van belang, net als de ontwikkelingen in de marktprijzen van fossiele brandstoffen.

Producenten van (wind)stroom verkopen hun stroom aan distributiebedrijven, die het weer verhandelen of doorverkopen aan eindverbruikers. Om elektriciteit te kunnen verhandelen, hebben partijen een handelserkenning van TenneT nodig, de beheerder van het elektriciteitsnet. Vervolgens kunnen ze stroom inkopen en verkopen. Nuon, Essent en Eneco zijn voorbeelden van dergelijke partijen, ook wel handels-

bedrijven genoemd. Het inkopen en verkopen van stroom gebeurt via de beurs: de Amsterdam Power Exchange (APX), een dochter van TenneT. Ook eigenaren van windturbines kunnen samen een handelshuis oprichten: Windunie is daar een voorbeeld van. Windunie koopt stroom van particuliere windturbine-exploitanten (vaak agrariërs) en windcoöperaties, werkt samen met de energiehandelaar Greenchoice en verhandelt haar stroom ook via de energiebeurs APX.

Voor de windturbine-exploitant vormen de kosten van de turbines en de opstartkosten (het plannen en plaatsen) de grootste kostenpost. De energiebron zelf – de wind – is gratis beschikbaar, in tegenstelling tot fossiele brandstoffen zoals olie, gas en kolen. Als de algemene vraag naar windturbines toeneemt, nemen op de langere termijn – door schaalvoordelen en technische verbeteringen – de kosten per geleverde turbine af. Windturbine-exploitanten zijn dus gebaat bij een groei in de elektriciteitsproductie met windturbines op land, omdat dat resulteert in een kostendaling per eenheid opgewekte elektriciteit.

De prijsontwikkeling van windstroom hangt samen met de ontwikkeling van de prijs van fossiele brandstoffen. Als de stroomprijs door stijging van de olie- en gasprijs toeneemt, zal dat gunstig uitpakken voor de prijs van windstroom. De verwachting is dat windstroom van windturbines op land binnen tien jaar concurrerend zal zijn met gewone stroom (www.windenergie.nl).

De marktprijzen van fossiele brandstoffen weerspiegelen niet de werkelijke prijs van deze brandstoffen. Immers, de kosten van vervuiling en CO₂-uitstoot zijn niet bij de prijs inbegrepen, maar worden afgewenteld op anderen, op andere geografische locaties en/of op toekomstige generaties. Wat betreft CO₂ lijkt hier nu verandering in te komen: bedrijven moeten gaan betalen voor de CO₂-uitstoot. Landen of bedrijven moeten rechten kopen als ze broeikasgassen zoals CO₂ uitstoten. De handel in deze zogeheten emissierechten is eigenlijk handel in het recht om een bepaalde hoeveelheid broeikasgassen te mogen uitstoten. In 2005 is het Europese handelssysteem voor CO₂-emissierechten gestart. Aangezien bij de bouw en exploitatie van windturbines aanzienlijk minder CO₂-uitstoot is gemoeid in vergelijking met de bouw en exploitatie van bijvoorbeeld een gasgestookte of kolencentrale, is het goed voorstelbaar dat het prijskaartje dat aan windenergie hangt gunstiger uitvalt als de emissiehandel in de toekomst een hoge vlucht neemt.

Netinpassing

De rotorbladen van de windturbine en daarmee ook de rotor van de generator, worden door de kracht van de wind in beweging gezet. De generator zet deze mechanische energie om in elektrische energie. Met behulp van een transformator wordt de elektriciteit op het juiste spanningsniveau gebracht alvorens deze wordt geleverd aan het regionale net (www.windenergie.nl). Er zijn veertien netbeheerders met elk een eigen regio. Een voorbeeld is Liander NV, netbeheerder van gas en elektriciteit in Gelderland, Noord-Holland, Flevoland, delen van Friesland en delen van Zuid-Holland (www.liander.nl). De regionale netbeheerder is verantwoordelijk voor een goed functionerend netwerk en zorgt ervoor dat klanten worden aangesloten – niet alleen de eindgebruikers maar ook de turbine-exploitanten die hun windstroom aan het net willen leveren.

Hoewel de netbeheerder moet zorgen voor voldoende capaciteit voor het transport van elektriciteit, blijkt dat in de praktijk lastig. Met name de laatste jaren is het voorgekomen dat aansluiting van energieprojecten hierdoor vertraging heeft opgelopen. Begin 2010 is in de Elektriciteitswet een wijziging opgenomen.

Die bepaalt dat nadere regels gesteld kunnen worden over het voorrang verlenen aan de transport van duurzaam opgewekte elektriciteit. Dus de wet biedt mogelijkheden om zo'n voorrangstelling te treffen, maar stelt niet zonder meer vast dat voorrang voor duurzame elektriciteit gegarandeerd zou moeten worden (Eerste Kamer 2010).

Windenergie wordt wel een decentrale toepassing genoemd omdat er vanaf vele locaties elektriciteit wordt geleverd aan het regionale net. Conventionele energieopwekking is centraal: vanaf een klein aantal locaties leveren enkele grote (kolen of gasgestookte) centrales elektriciteit aan het hoogspanningsnet. De productie van windstroom is niet alleen decentraal, maar ook variabel: het aanbod wordt bepaald door het weer, niet door de vraag. Het waait niet altijd even hard en het stroomaanbod zal naargelang variëren. Zolang groot-schalige opslag van elektriciteit nog lastig en kostbaar is, moet het net in staat zijn om pieken en dalen in aanbod die met toename van decentrale elektriciteitsproductie te verwachten zijn, goed op te vangen. Het balanceren van vraag en aanbod van elektriciteit wordt lastiger naarmate er meer of minder windstroom is. Als er meer windstroom is, moet de overtollige elektriciteit 'ergens heen' en bij weinig productie door windstilte moet er elektriciteit uit andere centrales beschikbaar komen (TenneT 2005). Recent onderzoek aan de TU Delft benadrukt echter dat het niet zozeer een kwestie is van opslagsystemen bedenken en realiseren, maar dat een flexibele internationale stroomhandel (waar dag en nacht stroom kan worden ingekocht of verkocht) ook al veel kan oplossen. Door bijvoorbeeld met goede windvoorspellingen (per kwartier ververst) te werken, worden accurate inschattingen van de productie van windstroom mogelijk. Energiebedrijven kunnen dan op basis hiervan ook de productie in kolen of gasgestookte centrales een tandje hoger of lager laten draaien. Als er daarnaast dag en nacht windstroom kan worden verhandeld, kunnen vraag en aanbod veel beter op elkaar worden afgestemd (van Dijk 2009).

Plaatsingsproblematiek

Al vanaf de vroege jaren negentig is er verzet tegen de plaatsing van windturbineprojecten. Voor windenergie heb je veel meer locaties nodig dan voor de grootschalige energieproductie in conventionele centrales – waarbij er enkele grote centrales op een paar locaties staan. Dus worden er ook meer mensen geconfronteerd met de (ruimtelijke) impact van de turbines op de lokale omgevingskwaliteit. Er zijn meer locaties, meer plannings- en besluitvormingsprocessen nodig – politieke processen waarop de lokale (sociaal-politieke) dynamiek van grote invloed is. De manier waarop een project wordt ontworpen en gepland en de wijze waarop de lokale besluitvorming wordt georganiseerd, zijn van invloed op de uitkomst van deze processen.

Met het afsluiten van de Bestuursafspraken Landelijke Ontwikkeling Windenergie (BLOW) in 2001 hebben Rijk en provincies gekozen voor een belangrijkere rol van de provincies – ze hebben de rol van 'regisseur' gekregen als het gaat om de plaatsing en stimulering van windenergie (BLOW 2001). Alle provincies hebben sindsdien ook een coördinator windenergie. Hoe de provincies invulling geven aan het provinciale windbeleid, verschilt sterk van provincie tot provincie. Sommige provincies (Noord-Holland, Drenthe) streven er bijvoorbeeld expliciet naar dat er geen nieuwe solitaire (alleenstaande) turbines komen. In hun herstructureringsbeleid (herstructureren betekent vervanging van windturbines) geven ze aan te streven naar clusters van turbines (windparken). Dit is ingegeven vanuit de gedachte dat vele solitaire turbines het landschapsbeeld sterker verstoren dan een aantal geconcentreerde clusters. In de praktijk betekent dit dat een agrariër geen turbine meer achter op het erf mag plaatsen of opschalen. Wel

kan hij met andere agrariërs samenwerken om op een locatie een cluster van turbines neer te zetten. Een provincie kan een visie opstellen en randvoorwaarden stellen. Hierbij kan de provincie op verschillende manieren omgaan met de gemeenten binnen haar grenzen. Onderzoek heeft laten zien dat provincies die samenwerking zochten met gemeenten, meer succes hebben gehad dan provincies die probeerden hun wensen op te leggen (Van Duyn 2005).

De doelstelling van het BLOW-akkoord (1.500 MW in 2000) is met een paar jaar vertraging gerealiseerd. In 2009 zijn er in het Klimaat-Energieakkoord weer nieuwe afspraken gemaakt tussen het Rijk en de twaalf provincies, vertegenwoordigd in het Interprovinciaal Overleg (IPO). Hierin staan per provincie doelstellingen voor de realisatie van windenergieprojecten op land (zie tabel 2).

Ook is er in 2008 een nieuwe Wet Ruimtelijke Ordening (WRO) aangenomen. De precieze uitwerking daarvan met betrekking tot de plaatsing van windturbines moet nog blijken in de praktijk. Vóór de komst van deze wet was de uitkomst van een planningstraject om een windenergieproject te realiseren in belangrijke mate de uitkomst van een lokaal (politiek) plannings- en besluitvormingsproces. Gemeenten hadden een relatief autonome positie als het ging om het al dan niet faciliteren van de plaatsing van windturbines binnen de gemeentegrenzen. Het gemeentelijke bestemmingsplan kon ruimte bieden voor de bouw van een windenergieproject en er waren tevens mogelijkheden om dit op een andere manier te regelen (door middel van een Artikel 19-procedure).

Met de nieuwe Wet Ruimtelijke Ordening krijgen provincies meer bevoegdheden, onder meer om zelf projecten vast te leggen in bestemmingsplannen, bijvoorbeeld windenergieprojecten. Ze kunnen dan in

Tabel 2 Doelstelling BLOW, doelstelling Klimaat- en Energieakkoord en opgesteld vermogen in 2009. (Bron: www.windenergie.nl)

Provincie	Doelstelling BLOW (MW) voor 2010	Doelstelling Klimaat- en Energieakkoord voor 2020 (MW)	Opgesteld vermogen 31 dec 2009 (MW)
Flevoland	220	1200	614
Noord-Holland	205	540	288
Zuid Holland	205	720	246
Zeeland	205	240	205
Friesland	200	240	154
Groningen	165	540	357
Noord-Brabant	115	180	71
Gelderland	60	120	36
Utrecht	50	0	9
Overijssel	30	60	6
Limburg	30	120	6
Drenthe	15	60	1
Totaal	1500	4020	1993

theorie het provinciale windenergiebeleid direct laten gelden op gemeenteniveau, door middel van een zogeheten Provinciale Projecten Procedure of algemene verordeningen. Met zo'n verordening kan de provincie haar windenergiebeleid als toetsingskader meegeven aan gemeenten. Het gemeentelijke bestemmingsplan moet dan voldoen aan de provinciale verordening (www.windenergie.nl).

De vraag is in hoeverre provincie (en rijksoverheid) gebruik gaan maken van de mogelijkheden om de gemeenten 'van bovenaf' dwingend te sturen om de implementatie van windenergie te versnellen. De bestuurlijke traditie in Nederland laat zien dat zoeken naar afstemming en samenwerking beter werkt dan het van bovenaf opleggen van plannen en besluiten – want in het laatste geval creëer je vaak juist weerstand en dit is niet bevorderlijk voor de samenwerkingsrelatie tussen gemeenten en hogere overheden. Als de nieuwe WRO ertoe leidt dat Rijk en provincies proberen 'projecten erdoor te drukken', dan kunnen we verwachten dat dit de lokale weerstand tegen deze projecten eerder vergroot dan vermindert. Voor de meeste projecten die in de pijplijn zitten, gelden overigens nog de regels van de oude Wet Ruimtelijke Ordening.

Met de Crisis- en herstelwet van 2010 hebben de provincies de bevoegdheid gekregen om voor een windenergieproject met een omvang tussen 5 en 100 MW locaties aan te wijzen en daartoe een inpassingsplan vast te stellen. Wanneer bijvoorbeeld een projectontwikkelaar een verzoek tot wijziging van het bestemmingsplan heeft ingediend bij de gemeente en deze heeft dit afgewezen, kan de provincie op verzoek van de projectontwikkelaar gronden aanwijzen voor de plaatsing van turbines en daarvoor een inpassingsplan maken (Crisis- en herstelwet 2010), waaraan de gemeente moet voldoen. Mogelijk heeft deze wet ingrijpende gevolgen voor de wijze waarop tot nog toe de planning en besluitvorming ten aanzien van windenergie heeft plaatsgevonden – met een nog directere rol voor de provincies. Op het moment van schrijven is het echter nog te vroeg om hierover iets te kunnen zeggen.

Landschappelijke inpassing

Waar de traditionele windmolens gekoesterd worden als onderdeel van een typisch Nederlands landschap, is het met de waardering voor moderne windturbines anders gesteld. Acceptatie van windenergie is niet hetzelfde als acceptatie van windenergieprojecten. Hoewel de publieke opinie ten aanzien van windenergie over het algemeen positief is, is er vaak verzet tegen specifieke windprojecten, in Nederland maar ook in het buitenland. De belangrijkste factor die een rol speelt in de negatieve houding ten opzichte van een specifiek windproject is de visuele impact van windturbines op het landschapsbeeld. Door de schaalvergroting is ook de visuele impact van windturbines op het landschap veranderd. Andere elementen die impact hebben, zoals geluidshinder, schaduwscittering, effecten op het lokale milieu en de natuur kunnen daarnaast ook van belang zijn, afhankelijk van de precieze locatie en het ontwerp van het project (Thayer & Freeman 1987; Wolsink 2007).

Begin 2008 heeft de Rijksadviseur voor het Landschap, in opdracht van het ministerie van VROM, verschillende ontwerpers gevraagd hun licht te laten schijnen op de plaatsingsproblematiek en mogelijke oplossingen. Op basis van de diverse bijdragen doet hij een aantal aanbevelingen. Interessant is zijn pleidooi voor een positieve planningsaanpak: ontwerp *windenergielandschappen* waar windturbines integraal deel uitmaken van de identiteit en profilering van een gebied. Het uitgangspunt is dan dat windturbines positief kunnen bijdragen aan de ruimtelijke kwaliteit van een gebied. Dat is een ander uitgangspunt dan

de aanname dat windturbines een negatieve invloed zullen hebben die zoveel mogelijk gereduceerd moet worden door allerlei beperkingen en regels (Sijmons 2008).

De aandacht van het advies voor ruimtelijke en (cultuur)landschappelijke dimensies is zinvol, maar dit is niet iets wat alleen ontwerpers en landschapsarchitecten aangaat. Het is juist van belang om ruimte te bieden aan de betekenis die verschillende (lokale) belanghebbenden hieraan toekennen – binnen de planning en besluitvorming van windenergieprojecten. In 2008 is er een Nationaal Plan Windenergie gepubliceerd, waarin wordt uitgewerkt hoe de verschillende ministeries en andere belanghebbenden gaan samenwerken om de realisatie van windenergie te versnellen. Hierin wordt ook het belang van het ‘vergroten van positieve betrokkenheid bij windenergie’ genoemd (VROM 2008).

Maatschappelijke acceptatie

Hoewel het conflict over windenergie bij voorkeur breed wordt uitgemeten in termen van voors en tegens, zijn de meeste mensen niet ronduit vóór of tegen. Zoals bij de realisatie van alle (infrastructurele) projecten, zijn mensen vaak *conditionele* voorstanders: ze accepteren of ondersteunen een project, mits aan bepaalde voorwaarden (condities) wordt voldaan. Daarnaast zijn attitudes niet statisch, maar veranderlijk. Conditionele voorstanders kunnen in tegenstanders veranderen, omdat ze vinden dat ze onvoldoende en te laat betrokken zijn bij de planning en besluitvorming van een project.

Landschaps- en natuurbeschermingsorganisaties zijn een goed voorbeeld van conditionele voorstanders van windenergie: in sommige gevallen procederen ze tegen windenergieprojecten – als het niet aan door hen cruciaal geachte randvoorwaarden voldoet. Al in 2000 publiceerde Stichting Natuur en Milieu een boekje dat aangaf hoe en waar in Nederland windenergieprojecten mogelijk zijn zonder natuur en milieu te schaden (SNM 2000). Tegelijkertijd blijken lokale natuur- en milieuorganisaties meer oog te hebben voor de lokale gevolgen van een windproject, terwijl de landelijke afdelingen van zulke organisaties juist het grotere plaatje in het vizier hebben. Dus zelfs binnen organisaties is het soms lastig een goede balans te vinden. Milieuorganisaties als Milieudefensie en Greenpeace zijn zonder meer voor de ontwikkeling van windenergie als middel in de strijd tegen klimaatverandering en tegen vervuiling die geassocieerd wordt met conventionele fossiele energiebronnen.

Verzet vanuit lokale netwerken en actiegroepen tegen windprojecten is er al vanaf begin jaren negentig. Inmiddels is dit verzet uitgegroeid tot meer dan honderd lokale groepen die tegen specifieke windprojecten protesteren. Sinds 2004 is er een landelijke branche, het Nationaal Kritisch Platform Windenergie, dat lokale protestgroepen ondersteunt met informatie. Als er lokaal sterke netwerken bestaan tegen de plaatsing van windturbines, wordt het lastig om het project te realiseren. De lokale politieke dynamiek is hier ook van invloed. Een windproject kan gemakkelijk een politieke speelbal worden in bijvoorbeeld een lokale verkiezingsstrijd.

De belangrijkste aspecten waar lokale belanghebbenden en omwonenden invloed op willen uitoefenen, zijn de omvang en locatie van een windenergieproject. Als er alleen formele inspraak is op basis van een reeds bestaand plan waarbij omvang en locatie al zijn bepaald, is er geen onderhandelingsruimte meer en kunnen mensen zich eigenlijk alleen nog maar als voor- of tegenstander opstellen. Dit is de meest voorkomende gang van zaken. Een gemeente of projectontwikkelaar kan daarentegen ook proberen om

vroegtijdige participatie in de ontwerpfase te stimuleren. Onderhandelingen kunnen dan resulteren in een gewijzigd ontwerp, met bijvoorbeeld minder turbines op een iets andere locatie. Financiële participatie – bijvoorbeeld door aandelen in een windpark te kopen – in projecten, zoals voorheen in Duitsland door middel van *Bürgerwindparks* kan ook een positieve invloed hebben op de lokale acceptatie van windenergieprojecten (Breukers 2006; Devine-Wright 2005; Kahn 2004). Hoewel er geen recept bestaat om weerstand op lokaal niveau weg te nemen, zijn er dus wel manieren waarmee je de betrokkenheid en kans op acceptatie vergroot – en eigenlijk komt het erop neer dat kritiek en zorgen serieus genomen dienen te worden en niet worden afgedaan als *nimby-isme* (NIMBY – *Not In My Backyard*) – een aanduiding die wordt gebezigd door sommige projectontwikkelaars en beleidsmakers om de houding van omwonenden te typeren. Deze negatieve typering doet geen recht aan de uiteenlopende motieven die mensen kunnen hebben om zich tegen een windenergieproject te verzetten.

Meer wind op land: de kansen voor Nederland

Gaan we de 6.000 MW opgesteld vermogen op land halen in 2020? En de groei in 2011 naar 2.000 MW? Wil het nieuwe kabinet Rutte dit eigenlijk nog wel? Zelfs als dat zo zou zijn, dan wordt het nog een flinke klus, ook in het licht van de economische crisis die sinds 2009 ook de windenergiesector raakt. Twee cruciale voorwaarden zullen medebepalend zijn: stabiele financiële ondersteuning voor windenergie op land en een oplossing voor de plaatsingsproblematiek in relatie tot maatschappelijke acceptatie.

Het ondersteuningsbeleid voor de toepassing van windenergie is sinds 2008 weer op de rails gezet. Daarvoor is het beleid erg wispelturig geweest en dat heeft de markt geen goed gedaan. Het is dan ook van belang dat de ondersteuning voor de implementatie van windenergieprojecten over een langere periode helder, voldoende en stabiel is – totdat we zover zijn dat wind-op-land concurreert met conventionele energieopwekking. Hier kunnen we nog wel wat van onze burens in Duitsland leren. Daar bestaat een helder wettelijk kader en worden de kosten voor duurzame energie opgebracht uit een toeslag op elke netaansluiting. De eindgebruikers betalen dus mee aan de verduurzaming van de energievoorziening. In Nederland wordt de financiële ondersteuning direct vanuit de overheidsbudgetten betaald. Angst dat duurzame energiesubsidies te zeer op het overheidsbudget gaan drukken, heeft al verschillende keren tot aanpassingen of stopzetting geleid. Het Kabinet Rutte heeft besloten om de subsidies niet meer direct uit de algemene middelen te betalen, maar uit een opslag op de energierekening. Maar ook dan zal er een bovengrens gesteld worden. De vraag is natuurlijk wanneer het ‘teveel’ kost? Het antwoord op die vraag is in feite een politieke keuze: hoe belangrijk is duurzame energieopwekking ten opzichte van andere maatschappelijke doelen die ook geld kosten? Elk kabinet kan hier weer anders over denken, met alle gevolgen van dien voor de stabiliteit van het ondersteuningsbeleid.

Dan de kwestie plaatsingsproblematiek. Hier nemen we het lokale niveau waar concrete projecten gerealiseerd worden als uitgangspunt. Immers, de uitkomsten van dergelijke lokale besluitvormingsprocessen over specifieke windprojecten samen bepalen uiteindelijk het totale opgestelde vermogen in Nederland. Voor de realisatie van windenergie op land is de lokale context van groot belang: daar vat iemand of vatten meerdere partijen het idee op een windenergieproject te ontwikkelen, daar wordt het besluit genomen hierin wel of niet te investeren, en daar is de acceptatie van het project van grote invloed op het al dan niet doorgaan ervan. Wat betreft de formele besluitvorming is het gemeentelijke niveau uiteindelijk meestal doorslaggevend,

hoewel de nieuwe Wet Ruimtelijk Ordening en de Crisis- en herstelwet daar verandering in lijken te brengen. In de lokale besluitvorming is CO₂-reductie niet zonder meer het doorslaggevende criterium om een windenergieproject (of enig ander project) te steunen. Dat is heel begrijpelijk. Ook voor de projectontwikkelaar is het milieu over het algemeen niet de doorslaggevende reden een project te ontwikkelen. Het moet immers ook iets opleveren. Behalve mondiale en nationale doelstellingen ten aanzien van CO₂-reductie, zekerstelling van de energievoorziening, en de technologische ontwikkeling spelen er ook specifieke lokale belangen en zorgen: natuur- en landschapswaarden, lokale milieueffecten en lokale sociaaleconomische en politieke belangen. De meeste controversen omtrent windenergieprojecten gaan uiteindelijk over landschapswaarden, (gebrekkige) participatie in projectplanning en financiële participatie: allemaal kwesties die zich manifesteren op het lokale niveau van besluitvorming en realisatie, in de vorm van discussies en/of conflicten (Breukers 2006). Het is dan ook van belang dat gemeenten, projectontwikkelaars en belanghebbenden vroegtijdig met elkaar aan tafel schuiven om te praten over de planning, besluitvorming en de verdeling van de kosten en de baten. Pas dan kun je verwachten dat er windprojecten van de grond komen op basis van lokale betrokkenheid en draagvlak.

Referenties

- Agterbosch, S., W. Vermeulen & P. Glasbergen (2004). 'Implementation of Wind Energy in the Netherlands. The Importance of the Social-Institutional Setting.' In: *Energy Policy* 32, no. 18, pp. 2049-2066.
- Agterbosch, S. (2006). *Empowering Wind Power. On Social and Institutional Conditions Affecting the Performance of Entrepreneurs in the Wind Power Supply Market in the Netherlands*. Proefschrift Universiteit Utrecht.
- Beurskens, J. & G. van Kuik (2004). *Alles in de wind. Vragen en antwoorden over windenergie*. Tweede, herziene druk, oktober 2004. Delft/Petten: TU Delft en ECN.
- BLOW (2001). *Bestuursovereenkomst Landelijke Ontwikkeling Windenergie (BLOW)*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.
- Breukers, S. (2006). *Changing Institutional Landscapes for Wind Power Implementation. A Geographical Comparison: the Netherlands, England and North Rhine-Westphalia*. Amsterdam: University of Amsterdam.
- Breukers, S. & M. Wolsink (2007). 'Wind Power Implementation in Changing Institutional Landscapes. An International Comparison.' In: *Energy Policy* 35, no. 5, pp. 2723-2750.
- Crisis- en herstelwet (2010). *Wet van 18 maart 2010, houdende regels met betrekking tot versnelde ontwikkeling en verwezenlijking van ruimtelijke en infrastructurele projecten*. Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, jaargang 2010, pp. 14-16.
- Devine-Wright, P. (2005). 'Beyond NIMBYism: Towards an Integrated Framework for Understanding Public Perceptions of Wind Energy.' In: *Wind Energy*, 8(2), pp. 125-139.
- DEWI (2008). *Windenergie in Deutschland. Aufstellungszahlen für das Jahr 2007*. Deutsches Windenergie-Institut.
- van Dijk, T. (2009). 'Hoge molens vangen veel wind'. In: *Delta. Weekblad van de Technische Universiteit Delft*. <http://www.delta.tudelft.nl>
- van Duyn, M. (2005). *Nederland win(d)energie! Onderzoek naar de uitwerking en mate van doelbereiking van de Bestuursovereenkomst Landelijke Ontwikkeling Windenergie Eindrapport*. Delft: CEA, Implementatie van beleid.

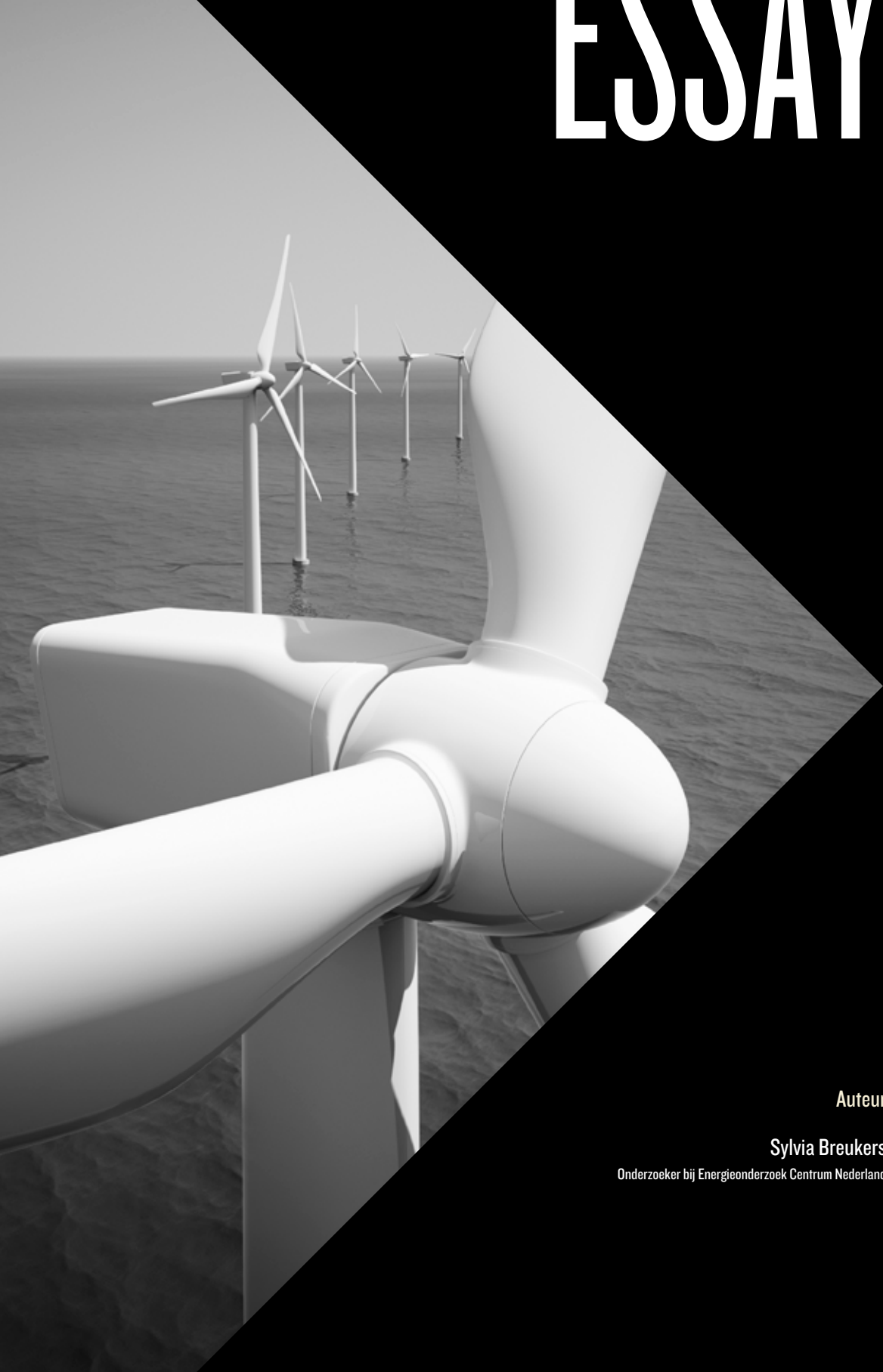
- Eerste Kamer (2010). *Wijziging van de Gaswet en de Elektriciteitswet 1998, tot versterking van de werking van de gasmarkt, verbetering van de voorzieningszekerheid en houdende regels met betrekking tot de voorrang voor duurzame elektriciteit, alsmede enkele andere wijzigingen van deze wetten*. Eerste Kamer der Staten Generaal, Vergaderjaar 2009-2010, 31 094, A.
- van Est, Q.C. (1999). *Winds of Change. A Comparative Study of the Politics of Wind Energy Innovation in California and Denmark*. Utrecht: International Books.
- EWEA (2010). 'Wind Energy Factsheets. By the European Wind Energy Association – 2010'. <http://www.ewea.org>
- EZ (2008). *Energierapport 2008*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.
- Garschagen, M. (2009). 'Duurzame energie, opeens heeft niemand er meer interesse in. Consumenten en bedrijven tonen minder belangstelling in duurzame energieopwekking en trekken bestaande plannen in'. In: *NRC Next*, 17 februari 2009.
- Kahn, J. (2004). *Local Politics of Renewable Energy. Project Planning, Siting Conflicts and Citizen Participation*. Proefschrift Lund University.
- Kamp, L.M., R. Smits & C. Andriess (2004). 'Notions on Learning Applied to Wind Turbine Development in the Netherlands and Denmark'. In: *Energy Policy* 32, pp. 1625-1637.
- Regeerakkoord VVD-CDA (2010). *Vrijheid en verantwoordelijkheid*.
- Sijmons, D. (2008). *Windturbines in het Nederlandse landschap. Advies, Achtergronden, Visies*. Den Haag: Atelier Rijksbouwmeester.
- SNM (2000). *Frisse Wind door Nederland; Hoe wekken we in Nederland windenergie op met respect voor natuur en landschap*. Utrecht: Stichting Natuur en Milieu en de 12 provinciale Milieufederaties.
- TenneT (2005). *Position Paper: naar een probleemloze inpassing van grootschalig windenergievermogen*. Arnhem: TenneT.
- Thayer, R.L. & C.M. Freeman (1987). 'Altamont. Public Perceptions of a Wind Energy Landscape'. In: *Landscape and Urban Planning* 14, pp. 379-389.
- Verbong, G.P.J. (1999). 'Wind Power in the Netherlands, 1970-1995'. In: *Centaurus, International Magazine of The History of Mathematics, Science, and Technology* 41, no. 3, pp. 137-160.
- de Vries, E. (2008). 'Windenergie. Groot potentieel voor opbrengstoptimalisatie'. In: *Windnieuws* 25, nr. 5, pp. 4-6.
- de WindMaand (2008). 'Elektriciteitsproducties – Bedrijfservaringen – Windaanbod – Nieuws'. In: *De WindMaand* 10, nr. 11.
- VROM (2007). *Nieuwe Energie voor het Klimaat. Werkprogramma Schoon en Zuinig*. Den Haag: Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM), het Ministerie van Economische Zaken (EZ), Ministerie van Verkeer en Waterstaat (V&W), Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV), Ministerie van Financiën en het Ministerie van Buitenlandse Zaken.
- VROM (2008). *Nationaal plan van aanpak Windenergie*. Den Haag: Ministeries van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer; Economische Zaken; Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit; in samenwerking met Ministerie van Defensie; Ministerie van Verkeer en Waterstaat; Interprovinciaal Overleg; Vereniging van Nederlandse Gemeenten; SenterNovem; Milieu- en Natuurplanbureau; Wereld Natuur Fonds; Provinciale Milieufederaties; Stichting Natuur en Milieu; Rijksadviseur voor het Landschap; Evelop; Organisatie voor Duurzame Energie; we@sea; Nederlandse Wind Energie Associatie.

- Wolsink, M. (2007). 'Planning of Renewables Schemes. Deliberative and Fair Decision-Making on Landscape Issues Instead of Reproachful Accusations of Non-Cooperation'. In: *Energy Policy* 35, no. 5, pp. 2692-2704.
- WSH (2008). 'Kleine molens getest in Schoondijke, Oktober 2008'. <http://home.kpn/windsh/Kleinemolens.html>

Geraadpleegde websites (tussen oktober 2008 en maart 2010):

- <http://www.energieplatform.nl>
<http://home.planet.nl/~windsh>
<http://www.liander.nl>
<http://www.nwea.nl>
<http://www.ockels.nl>
<http://www.wikipedia.nl>
<http://www.windenergie.nl>
<http://www.windenergie-nieuws.nl>

ESSAY



Auteur

Sylvia Breukers

Onderzoeker bij Energieonderzoek Centrum Nederland

WIND OP ZEE

Spannende tijden voor de boeg

Inleiding

Het verhaal van wind op zee, *offshore* wind, is een ander verhaal dan dat van wind op land. De ontwikkeling en toepassing van offshore wind is van recenter datum dan wind op land. Bovendien er zijn verschillen wat betreft de beleidskaders, de betrokken partijen en belanghebbenden, de uitdagingen en barrières.

Dit essay bespreekt de overheidsambitie voor 2020 – een opgesteld offshore vermogen van 6.000 MW – in het licht van de ervaringen tot nog toe. Daarbij worden de kansen en uitdagingen ten aanzien van wind als offshore activiteit belicht. Eerst worden de offshore windtoepassingen in historisch perspectief geplaatst. Daarna wordt de huidige stand van zaken beschreven en de technologische ontwikkelingen binnen de offshore windindustrie, waarna wordt ingegaan op de discussies die de inpassing van offshore wind moeilijk dan wel mogelijk maken. Het gaat onder meer over financiële ondersteuning, ruimtelijke inpassing, netaansluiting en onderhoud. Dat er nog voldoende kansen en uitdagingen liggen als het gaat om offshore wind, maakt het slot duidelijk.

De geschiedenis van wind op zee

De geschiedenis van ‘wind op zee’ roept associaties op met het roemrijke Nederlandse zeevaartverleden, toen enorme zeilschepen verre oorden wisten te bereiken. De geschiedenis van ‘*windturbines* op zee’ be-

slaat echter nog geen twee decennia, en is bovendien nog weinig ‘roemrijk’ te noemen. Begin jaren negentig werden in Zweden en Denemarken de eerste windturbines in het water geplaatst. Nederland volgde in 1994 met de plaatsing van een viertal windturbines in het IJsselmeer. Een jaar later kreeg het bedrijf E-Connection een vergunning voor de bouw en het beheer van een *nearshore* windpark in het water vlak langs de IJsselmeerdijk tussen Lelystad en de Ketelbrug.

De toenemende interesse in de plaatsing van windturbines in water richtte zich langzaamaan meer op zee, waar het vaker en steviger waait. In de tweede helft van de jaren negentig besloten de ministers van Economische Zaken (EZ) en Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM) een demonstratieproject op te zetten: het windmolenpark Egmond aan Zee, ontwikkeld door NUON en Shell (zie kader ‘Twee Nederlandse offshore parken’). Het idee was om op basis van dit project ervaring op te doen voor de ontwikkeling van beleid ter ondersteuning van windenergie op zee. Maar al snel haalde de markt de overheid in. Geconfronteerd met verschillende particuliere initiatieven voor offshore windparken besloot de overheid om slechts één initiatief – het Q7-initiatief van E-concern en Eneco – in behandeling te nemen (van Soest 2008). Verder werd er een moratorium afgekondigd: vanaf 2001 konden geen vergunningen meer worden aangevraagd. Het beleid voor wind offshore moest eerst verder ontwikkeld worden.

In 2004 werd besloten om de bouw van windturbines op de Noordzee te laten vallen onder de Wet beheer rijkswaterstaatwerken (Wbr) onder het ministerie van Verkeer en Waterstaat (V&W). Daarnaast zou degene die als eerste een aanvraag in zou dienen voor een bepaalde locatie, voorrang krijgen. Het ministerie van Economische Zaken (EZ) stelde via de regeling Milieukwaliteit Elektriciteitsproductie (MEP 2003) subsidie beschikbaar. Nu er weer beleid was, kon het moratorium worden opgeheven. Opnieuw was er volop belangstelling vanuit de markt. In principe kon iedereen die een windpark op de Noordzee wilde bouwen een aanvraag indienen (Kafkabrigade 2008). Maar toen vervolgens berekend werd wat het

Twee Nederlandse offshore parken

(Bronnen: www.nwea.nl; <http://home.kpn.nl/windsh>)

Het eerste offshore park OWES (Noordzee, Offshore Windpark Egmond aan Zee), circa 14 kilometer van de kust van Egmond, werd geopend in de winter van 2006 na een voorbereidingstijd van meer dan tien jaar. Het is eigendom van Shell en Nuon en werd gebouwd door een samenwerkingsverband van Ballast Nedam en Vestas. Het project, met een opgesteld vermogen van 108 MW en bestaande uit 36 windturbines, levert elektriciteit aan het net, jaarlijks genoeg voor de stroomvoorziening van ongeveer 100.000 huishoudens.

Op 23 kilometer afstand van de kust van IJmuiden, ligt het tweede offshore project: het Prinses Amalia Windpark (voorheen Q7) dat in het voorjaar van 2008 werd geopend. Bijzonder aan dit park is dat het als eerste windpark ter wereld op zo'n grote afstand buiten de 12-mijlszone staat (AD, 2008). Ook dit project heeft een voorbereidingstraject van bijna tien jaar gekend. Het park is eigendom van Eneco, E-concern en een investeerdersgroep. De bouw is verricht door Van Oord en Vestas. Het project behelst 60 turbines van elk 2 MW, wat het totaal opgesteld vermogen tot 120 MW brengt.

Beide windparken ontvangen van de overheid een subsidie van 9,7 eurocent per kWh voor een periode van tien jaar, boven op de ‘grijze’ stroomprijs (WSH, 2008).

toekennen van subsidieaanvragen voor alle ingediende voorstellen zou gaan kosten, trapte de minister van EZ op de rem. Uit angst dat het allemaal veel te veel zou gaan kosten, zette hij in mei 2005 de MEP-regeling voor wind op zee stop – geen rekening houdend met het feit dat een partij vaak meerdere aanvragen indient, enkel en alleen om zo de kans op toewijzing van ten minste één aanvraag te vergroten. Het vergunningenloket was dus weer open, maar er was geen zicht op financiële ondersteuning. Desondanks stroomden de aanvragen binnen.

Ook op ruimtelijk gebied bleek wind op zee voor problemen te zorgen. In de nieuwe Nota Ruimte (aangenomen in 2006) werd gewag gemaakt van verschillende claims op de Noordzee die strijdig met elkaar waren – in verband hiermee zou later het project Ruimtelijk Perspectief Noordzee worden gestart (zie verderop).

Een tiental marktpartijen had inmiddels bijna tachtig startnotities ingediend bij Rijkswaterstaat, maar verschillende partijen werden begin 2008 onaangenaam verrast door de afwijzing van hun aanvraag. De afwijzingen waren in belangrijke mate gebaseerd op advies van een ‘nautische adviesgroep’ die negatief oordeelde over de invloed van de geplande turbines op de scheepvaartveiligheid. Deze adviesgroep – bestaande uit een aantal ambtenaren van V&W, twee Noordzee-loodsen, een Kustwachtmedewerker, een deskundige van het MARIN en een radarexpert –, noch de criteria die zij hanteerden, waren echter van tevoren bekend bij de indieners van de startnotitie.

Verschillende projectontwikkelaars raakten behoorlijk gefrustreerd van de onduidelijke en steeds veranderende regels, in combinatie met dit ‘stop-go’-beleid. Eind 2008 hadden ze gezamenlijk al 100 miljoen euro gespendeerd, zonder dat er ook maar voor één project groen licht was gegeven (van Soest 2008). Het is dan ook niet verwonderlijk dat een deel van de projectontwikkelaars hun heil elders ging zoeken, onder andere in België en Duitsland (Energie Nederland 2008).

Huidige situatie windenergie op zee

Europa

In Europa zijn verschillende landen actief op offshore gebied. In 2008 werden er vijf offshore windparken geopend.¹ In 2009 nam het offshore en nearshore opgesteld vermogen toe met 432 Megawatt ten opzichte van 2008 en naderde het de 2 Gigawatt. Begin 2010 zijn er nog eens zes nieuwe windparken bijgekomen: Alpha Ventuss in Duitsland (60 MW); Gasslingegrund in Zweden (30 MW); Horns Rev 2 in Zweden (209,3 MW), Sprogo (21 MW) en Hvidrove (7,2 MW) in Denemarken; Rhyl Flats (90 MW) in het Verenigd Koninkrijk (Eurobserv'er 2010).

¹ Het Nederlandse Prinses Amalia-park (120 MW), Lynn en Inner Dowsing in het Verenigd Koninkrijk (81 MW elk), Thornton Bank (30 MW) in België en Kemi Ajos (24 MW) in Finland.

Het Duitse Siemens speelt een belangrijke rol binnen de offshore turbine-industrie. De grootste order die het Duitse bedrijf kreeg, betrof de levering van 140 turbines in 2009 en 2010, met een vermogen van 3,6 MW per turbine. Een order als deze is 800 miljoen euro waard (Eurobserv'er 2009). Voorlopig is de orderportefeuille van Siemens nog goed gevuld en hetzelfde geldt voor verschillende andere bouwers (bijvoorbeeld het Chinese Sinovel). In hoeverre de economische recessie uiteindelijk van invloed zal zijn op de groei van de offshore windsector is lastig te voorspellen. Begin 2009 begonnen de eerste gevolgen pas zichtbaar te worden, toen financiering voor projecten problematischer werd. Maar in 2010 waren er toch ook weer nieuwe financiële investeerders die hun interesse in wind offshore kenbaar maakten. Dus wat dat betreft lijkt de markt weer aan te trekken (EWEA 2011).

Nederland

Begin 2010 stond er in Nederland 2.134 MW opgesteld vermogen offshore wind opgesteld, 1,4% van het wereldwijd opgestelde vermogen offshore windenergie. Dit geeft duidelijk het prille stadium aan van offshore windenergie in Nederland.

Niettemin is er in Nederland een enorm technisch en economisch potentieel beschikbaar voor de ontwikkeling en toepassing van offshore windenergie. Uitgaande van bestaande goede havenfaciliteiten, een sterke offshore industrie (met relevante kennis en kunde) en verschillende Nederlandse kennisinstituten (ECN, TU Delft, TNO, Marin, Imares) heeft Nederland in principe voldoende in huis om de verdere ontwikkeling van offshore wind succesvol te laten verlopen (TOW 2007).

Tabel 1 Offshore projecten, gerealiseerd en in aanbouw in februari 2010. (Bron: Windservice Holland, <http://home.kpn.nl/windsh>)

	Gerealiseerde projecten		In aanbouw		
	Aantal projecten	Aantal turbines	Opgesteld vermogen (MW)	Aantal projecten	
Groot-Brittannië	10	288	598	6	2.074
Denemarken	11	315	414	1	207
Nederland	4	126	228		
Zweden	6	76	134		
Duitsland	4	15	72	3	697
België	1	6	30	2	309
Finland	1	10	30		
Ierland	1	7	25		
Spanje	1	5	10		
China	2	8	23	1	81
Noorwegen	1	1	2,3		
Japan	1	2	1		
Frankrijk				1	105
Totaal	43	859	2.143	14	3.473

De wereldwijde *onshore* windmarkt was in 2007 al 25 miljard euro waard (www.gwec.net). De offshore markt begint pas net op gang te komen, maar omdat de schaal van de toepassingen vele malen groter is dan bij wind op land, zal het hier bij succesvolle ontwikkeling ook gaan om een miljardenbusiness. Dat biedt voor de Nederlandse markt veel perspectieven.

De uitdagingen voor de Nederlandse opkomende industrie in offshore wind zijn vooral technisch van aard: de beschikbaarheid van geschoold personeel, geschikte toeleveringsfaciliteiten (denk aan takelschepen), de leveringscapaciteit van offshore turbinefabrikanten, concurrentie om ruimte met andere gebruikers van de zee, en de ontwikkeling van de benodigde netinfrastructuur en goede inpassing/integratie in het energievoorzieningssysteem op land. Ook het onderhoud van de molens (die gevoelig zijn voor corrosie) onder barre weersomstandigheden is een hele onderneming (Schrijver & Koot 2008).

Technologische ontwikkeling

Offshore windtechnologie bouwt deels voort op de beschikbare kennis over onshore turbinetechnologie en de toepassing ervan. De huidige generatie windturbines is eigenlijk geschikter voor op land dan op zee, dus er is nog veel winst te behalen voor offshore toepassingen door innovaties op technisch, organisatorisch en logistiek gebied. De turbinetechniek is hoofdzakelijk afkomstig uit het buitenland. Daarnaast is er kennis nodig uit andere sectoren zoals offshore olie en gas, logistieke kennis van al bestaande offshore 'service providers', netbeheerders, en infrastructurele technologie van de elektriciteitssector (EWEA 2007). Nederlandse bedrijven zijn vooral actief betrokken bij onderzoek, advies, projectplanning, fundering, plaatsing, onderhoud en logistiek (SNM 2008). De olie- en gasector, maar ook de Nederlandse baggeraars kunnen in offshore wind hun kennis en kunde te gelde maken.

Recentelijk hebben verschillende grote partijen – het zogeheten FLOW-consortium, bestaande uit RWE, TenneT, Ballast Nedam, Van Oord, IHC Merwede, 2B Energy, XEMC Darwind, ECN en TU Delft – een onderzoeks- en demonstratieprogramma aangekondigd. Op 30-35 meter diepte en 75 kilometer van de kust van Callantsoog wordt voor 2013 een park gebouwd. Zowel deze diepte als afstand van de kust zijn ongekend en maken het tot een innovatief project (www.flow-windpark.nl).

De windturbines zelf komen voornamelijk uit het buitenland, hoewel bedrijven als 2B Energy en Darwind wel Nederlandse wortels hebben. De offshore turbinefabrikant Darwind is onlangs door een Chinees bedrijf overgenomen. Darwind produceert turbines met een directe overbrenging zonder tandwielkasten. Deze techniek wordt nog verder ontwikkeld, onder meer door Siemens (Eurobserv'er 2009). Zonder tandwielkast zijn er minder bewegende delen, en de verwachting is dat er dan minder kapot kan gaan, wat kan schelen in onderhoud(skosten). Vooral op zee is dit relevant, want het repareren van een tandwielkast op zee is een heel ander verhaal (en flink duurder) dan op land. Ook wordt er onderzoek gedaan naar constructies waarbij de turbines gemonteerd zijn op drijvende stalen buizen van 100 meter lang, die 60 meter boven het water uit steken. Deze techniek is nog erg pril en kostbaar, maar kan op termijn mogelijkheden bieden om windturbines in diepere zeeën te plaatsen, tot wel 700 meter. Ter vergelijking, momenteel worden offshore turbines geplaatst in water tot 45 meter diepte (Knoppers 2008). Het verder op zee plaatsen kan voordelen bieden, omdat daar minder partijen met overlappende ruimteclaims zijn. Wel zijn er extra kosten voor langere kabels.

Overige technologische uitdagingen betreffen het aanleggen van een infrastructuur onder water en het projectmanagement van dergelijke complexe projecten (SNM 2008).

Voorziene ontwikkeling offshore

De beleidsplanning van wind op zee kent drie ontwikkelingsrondes (TOW 2007). De eerste ronde is al achter de rug, dat zijn de twee bestaande offshore parken, samen goed voor een opgesteld vermogen van 228 MW. De tweede ronde loopt tot 2011 en het kabinet Balkenende-IV wilde voor deze periode maximaal 450 MW subsidiëren, verdeeld over twee tot drie nieuwe parken. De subsidiëring is afkomstig uit de Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie (SDE, opvolger van de MEP). Voor deze periode is gewerkt met reeds ingediende initiatieven en er zijn tenders uitgezet: partijen die een Wbr²-vergunning toegekend hebben gekregen, konden zich voor deze tender inschrijven (Huizinga-Heringa 2008; van Soest 2008, p. 23).

Begin 2010 zijn er vergunningen toegekend voor twaalf locaties. Deze locaties beslaan een gebied van maximaal 50 km² en de geplande projecten leveren elk 300 tot 500 MW aan opgesteld vermogen. Vervolgens werd in mei 2010 bekendgemaakt dat aan twee parken subsidie zal worden verleend. Deze twee parken hebben samen een opgesteld vermogen van 600 MW. Voor deze tender was 4,5 miljard beschikbaar. Er is nog een deel van het budget over, waarmee naar verwachting nog een additionele 100 MW aan opgesteld vermogen ondersteund kan worden. Beide parken zullen boven Schiermonnikoog komen te liggen en de bouw moet voor augustus 2013 van start gaan³ (www.rijksoverheid.nl).

Voor de derde ronde (tussen 2012 en 2020) is een verdere doorgroei naar 6.000 MW aan windparken op zee voorzien (meer dan 10% van het elektriciteitsverbruik in Nederland). Na 2020, zo is de verwachting, zal wind op zee rendabel zijn en geen subsidie meer nodig hebben.

In 2006 is een Strategiegroep Transitie Offshore Wind (TOW) in het leven geroepen om de samenwerking tussen overheid en bedrijfsleven te verbeteren in het streven de ambitie van 6.000 MW te behalen. Naast deze vanuit de overheid georkestreerde coalitie zijn er ook initiatieven vanuit natuur- en milieuorganisaties, in samenwerking met marktpartijen. Zo is er de campagne Zeekracht, gestart door Stichting Natuur en Milieu, om te bereiken dat de duurzame Noordzeestroom – uit onder andere windturbines – in 2020 voor alle Nederlandse huishoudens in 2020 beschikbaar komt (SNM 2008). Het Wereld Natuur Fonds heeft samen met de Nederlandse Spoorwegen, de Rabobank, Essent, Eneco en E-concern als Initiatiefgroep Wind op Zee een dringend beroep op het kabinet gedaan om voorwaarden te scheppen voor de grootschalige productie van windenergie op de Noordzee en wel binnen de kabinetsperiode 2007–2011.

2 Vergunning die valt onder de Wet beheer rijkswaterstaatwerken (Wbr) onder het ministerie van Verkeer en Waterstaat (V&W).

3 De bedrijven ZeeEnergie C.V. en Buitengaats C.V. zullen de parken realiseren en exploiteren. Beide bedrijven zijn gevestigd in Eemshaven (www.rijksoverheid.nl).

De initiatiefgroep pleit voor de volgende punten (www.wnf.nl):

- Op korte termijn een strategische MER (Milieu Effectrapportage) voor de ruimtelijke inpassing, resulterend in de selectie van kansrijke locaties voor windparken;
- Efficiënte, snelle vergunningenprocedures (via één loket);
- Coördinatie door een ministerie, in plaats van de huidige betrokken vier (ministeries van VROM, LNV, EZ en V&W);
- Eén centraal ‘stopcontact’ aan de Noordzeekust, in plaats van kostbare hoogspanningskabels voor elk project afzonderlijk. Een stopcontact op zee is een bundeling van netaansluitingen. In plaats van kabels tussen elk afzonderlijk project en het vasteland, kunnen meerdere parken gebruikmaken van aansluitpunten (stopcontacten) op zee.

Het eerder genoemde demonstratieproject van het Nederlandse FLOW-consortium op 75 kilometer van de kust – dichterbij de kust gelden beperkingen vanwege scheepvaartroutes, olie- en gasplatforms, visuele impact en ecologie –, stelt de bouwers voor uitdagingen wat betreft fundering, bouw en onderhoud. De achterliggende gedachte is dat de Nederlandse partijen kennis en ervaring opdoen en zo een leidende positie opbouwen in offshore technologie en toepassing. Ook is dit project bedoeld om kosten- en risicoreductie van far-offshore te bereiken, door het opdoen van ervaring en het ontwikkelen van de benodigde competenties (www.flow-windpark.nl).

Toekomstvisies voor offshore wind

Er zijn verschillende toekomstvisies ontwikkeld waarin offshore wind een belangrijke rol speelt. Zo is er het Poseidon Plan uit de koker van E-concern. Dat plan veronderstelt dat we ons niet op afzonderlijke technologieën moeten concentreren, maar moeten denken vanuit de combinatie van verschillende toepassingen. In het Poseidon Plan wordt de Noordzee als bron van nieuwe energie beschouwd. Hierbij is natuurlijk de verdere ontwikkeling van offshore wind van belang, maar volgens E-concern hoeven we slechts 6% van het Noordzeepoppervlak met windturbines te bebouwen, om heel Nederland, het Verenigd Koninkrijk, België, Duitsland, Noorwegen, Denemarken en Frankrijk van duurzame elektriciteit te voorzien. Ook zijn er mogelijkheden voor nieuwe elektriciteitscentrales op platforms nabij olie- en gasvelden in de Noordzee. Door de CO₂ die deze centrales uitstoten op te slaan in de leeggravende olie- en gasvelden, wordt de druk in deze reservoirs verhoogd waardoor het mogelijk wordt om ook de restantvoorraden olie en gas eruit te krijgen. Zo kan een centrale boven het reservoir helpen om deze olie- en gasvelden nog jaren rendabel te exploiteren. De fundamentele pijler van het Poseidon Plan is een flexibel netwerk. Het idee is dat zowel de offshore elektriciteitscentrales als de windparken worden aangesloten op een elektriciteitsnetwerk op zee, dat via slechts enkele verbindingen geïntegreerd wordt met de elektriciteitsnetten van de omliggende landen.

Een verschil met het ‘stopcontact’ is dat Poseidon een volledig gekoppeld net tussen de windparken en toekomstige centrales voorstelt en dat het internationaal is – zie de beschrijving van het *supergrid* (grensoverschrijdend elektriciteitsnetwerk) verderop. Bovendien biedt deze koppeling ook de flexibiliteit voor het aansluiten van toekomstige toepassingen, zoals golf- en getijdenenergie, algen als brandstof voor centrales, en osmose-energie uit de verschillen tussen zout en zoet water (van Wijk 2009).

Ook de overheid ziet de Noordzee “als icoon voor energiewinning met mogelijkheden voor grootschalige windenergie, maar bijvoorbeeld ook voor winning van aquatische biomassa en getijden- en golflagenenergie” (V&W 2008, p. 11). De overheid ziet mogelijkheden voor aansluiting van energiebronnen op een North Sea *grid* – maar waar de overheid dit als een langetermijnoptie ziet, benadrukken plannen als Poseidon en Zeekracht juist dat we *nu* moeten beginnen met het maken van keuzes, en de verdere uitwerking en realisering van plannen.

De inpassing van meer wind op zee

Inpassing in de markt

Momenteel is wind op zee nog flink duurder dan wind op land. Maar er worden aanzienlijke prijsdalingen verwacht als gevolg van technologische ontwikkelingen, schaalvergroting en rendementsverbeteringen door de combinatie van onderzoek, ontwikkeling en toepassing (leereffecten) (TOW 2007). Daarnaast wordt de prijsontwikkeling van wind op zee beïnvloed door veranderende olie- en CO₂-prijzen. Stijgende olieprijsen alléén zijn echter onvoldoende om de prijs van wind op zee tussen nu en 2020 voldoende om laag te krijgen, aldus een studie van het ECN en CPB (Verrips et al. 2005). Cruciaal is ook een strikt internationaal klimaatbeleid (CO₂-emissiehandel) om wind op zee op deze korte termijn rendabel te krijgen. Door duurdere emissierechten zullen de kosten van elektriciteitsopwekking uit fossiele bronnen stijgen. Als tegelijkertijd de investerings- en onderhoudskosten van wind op zee dalen, brengt dit de rendabele exploitatie van wind op zee dichterbij (Verrips et al. 2005).

Met offshore wind is relatief weinig ervaring opgedaan, en de technologie is nog niet uitontwikkeld. Dat maakt het geen voor de hand liggende investeringskeuze. Het wordt beschouwd als risicovol terwijl er wel enorme bedragen mee gemoeid zijn. Niet alleen onzekerheid over de regelgeving en subsidies, maar ook de tijdige levering van turbines, de bouwcapaciteit, de kwaliteit van de turbines (op zee zijn de omstandigheden een stuk onstuimiger dan op land) zijn risico's waarmee investeerders rekening moeten houden.

Ruimtelijke en planologische inpassing

Het Nederlandse gedeelte van de Noordzee heeft een omvang van circa 58.000 km². Dat is 10% van de gehele Noordzee en ruim anderhalf keer het landoppervlak van Nederland. Het beleid en beheer van de Noordzee valt vanaf circa 1 kilometer uit de kust onder de directe verantwoordelijkheid van het rijk. Een onderscheid wordt gemaakt tussen de territoriale zee (binnen de 12-mijlszone⁴) en de Exclusieve Economische Zone (EEZ).⁵ Op de Noordzee is geen sprake van grondeigendom. De belanghebbenden

4 1 nautische zeemijl = 1,852 kilometer (V&W 2008, p. 50)

5 De 12-mijlszone is een territoriale zone (12 zeemijlen, 22,224 kilometer vanaf de laagwaterlijn) waarop wetgeving en rechtspraak van het betreffende land van toepassing zijn. De Exclusieve Economische Zone (EEZ) gaat tot 200 zeemijl (370,4 kilometer) buiten de kust. Binnen de EEZ heeft een staat recht op exploitatie van aanwezige grondstoffen, recht op visserij en op wetenschappelijk onderzoek.

bestaan primair uit gebruikers en belangenorganisaties (V&W 2008). Net als op land speelt ook op zee het vraagstuk van de ruimtelijke inpassing van windturbines, al verschillen de ruimtelijke en juridische kaders aanzienlijk.

Op zee is het druk met allerlei activiteiten. Je hebt de scheepvaart die geen turbines al te dicht op vaar-routes wenst, er wordt zand gewonnen en de visserijsector is er actief. Dan is er nog de gas-en oliewinning op zee⁶: deze mijnbouw zal de komende decennia afnemen, maar mogelijk verschijnen er later nieuwe spelers die de lege velden willen benutten voor CO₂-opslag. Verder zijn in Europees verband (Natura 2000 en Vogelrichtlijn) afspraken gemaakt om natuurgebieden op zee aan te wijzen. De Noordzee is ons grootste aaneengesloten natuurgebied. En er zijn gebieden die Defensie in gebruik heeft, zoals boven de Waddeneilanden, waar goede mogelijke locaties voor windparken liggen. Al deze partijen hebben claims op overlappende zones en gebieden op zee. Op de Noordzee is er net zo goed als op land sprake van een 'ruimtelijk strijdtoneel' waarover de verschillende partijen overeenstemming moeten zien te bereiken.

Voor ontwikkelaars van windparken op zee zijn gedeelten die niet ver uit de kust liggen het meest aantrekkelijk zolang ze de kosten van bekabeling naar land toe zelf moeten betalen. Hoe langer de kabels hoe hoger kosten. Ook de kosten van de fundatie lopen op naarmate er in diepere zeegedeelten gebouwd moet worden.

Tot april 2008 was het vergunningenbeleid voor windenergiegebieden een uitsluitingsbeleid. Dit hield in dat partijen in principe overal in de Exclusieve Economische Zone een vergunning voor turbineparken konden aanvragen, op voorwaarde dat deze gepland waren buiten de wettelijke veiligheidszones van 500 meter rondom scheepvaartroutes en olie- en gasplatforms, buiten de 12-mijlszone in verband met het vrije zicht op de horizon vanaf de kust, en niet ten zuiden van de Euro-Maasgeul. De 79 initiatieven die tussen 2005 en 2008 zijn ingediend, werden elk afzonderlijk afgewogen tegen andere gebruiksfuncties en het mariene ecosysteem (V&W 2008). Het afwegingskader bleek echter niet helder en hierover ontstond onenigheid tussen de betrokken partijen onderling en met het rijk. Dit heeft uiteindelijk geleid tot de beëindiging van dit vergunningenstelsel in april 2008. Nieuw beleid was aangekondigd, maar tot november 2009 gold het huidige stelsel nog (V&W 2008).

Ook al waren de formele vergunningsprocedures *in theorie* relatief overzichtelijk (zie kader 'Vergunningen en subsidies voor windenergie op de Noordzee'), de prille geschiedenis heeft ons laten zien dat het voor de windsector in de praktijk lastig bleek om zeelocaties te verkrijgen. Na herhaalde oproepen vanuit de industrie hebben verschillende bewindslieden⁷ in 2008 het initiatief genomen om de verschillende ruimtelijke aanspraken op de ruimte in de Noordzee beter op elkaar af te stemmen. Een Ruimtelijk Perspectief Noordzee moet meer duidelijkheid gaan geven over "de ontwikkelruimte voor de verschillende gebruiksfuncties van de Noordzee, inclusief energiefuncties zoals windenergie, winning van gas en olie en

6 Niet alleen de winning zelf, maar ook veilige aanliegroutes spelen hier een rol: er geldt een vrije aanliegroute van 5 mijl voor helikopters bij olie- en gasplatforms (www.we-at-sea.org).

7 De ministeries van Verkeer en Waterstaat (V&W), Economische Zaken (EZ), Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV), en Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM).

de opslag van gas en/of CO₂” (EZ 2008, p. 74). Dit wordt dan onderdeel van een breder Nationaal Waterplan (www.noordzeeloket.nl; Rijksoverheid 2009). Kern van het Ruimtelijk Perspectief Noordzee in het Nationaal Waterplan wordt het ‘ontwikkelkader 2020’, dat per sector aangeeft wat de mogelijkheden zijn. Het kabinet wijst op basis van de integrale ruimtelijke afweging van belangen in het Nationaal Waterplan windenergiegebieden aan (V&W 2008).

Voor de derde ronde zal de overheid binnen het project Ruimtelijk Perspectief Noordzee dus zoeklocaties op de Noordzee (1.000 km²) aanwijzen die samen plek bieden aan een paar duizend windturbines. Het streven is om op dergelijke aangewezen locaties windparken te clusteren, om zo efficiëntere bouw en onderhoud van de parken mogelijk te maken. Ook kan hiermee voorkomen worden dat voor elk afzonderlijk park een Milieu Effectrapportage (MER) moet worden opgesteld. Het idee is om een langetermijnstelsel te creëren waarbij specifieke kavels uit de aangewezen gebieden stap voor stap (periodiek) worden opgesteld voor de bouw van windturbines. De overheid streeft naar een betere afstemming van de ruimtelijke

Vergunningen en subsidies voor windenergie op de Noordzee

(Bron: Kafkabrigade, 2008)

Om een windpark in de Noordzee te kunnen bouwen, heb je slechts één vergunning nodig: die van Wet beheer rijkswaterstaatwerken (Wbr). Als onderdeel van de aanvraagprocedure moet een Milieu Effectrapportage (MER) worden opgesteld. Hoewel tijdrovend, zijn beide exercities in theorie relatief overzichtelijk.

Proces vergunningverlening

(formeel geldig tot april 2008, in praktijk tot november 2009):

- Ontwikkelaar dient een startnotitie in bij Rijkswaterstaat (uitvoeringsorganisatie van het ministerie van V&W).
- Dit voorstel wordt besproken binnen het Interdepartementale Directeurenoverleg Noordzee (IDON) waarin V&W, VROM, LNV, EZ, Defensie, Buitenlandse Zaken en Financiën zitting hebben.
- Rijkswaterstaat stelt samen met IDON richtlijnen op voor de aanvraag van de Wbr-vergunning. De startnotitie en de richtlijnen worden vervolgens getoetst door de commissie MER (hoogleraren en mensen uit de praktijk) die een advies uitbrengt over het al dan niet verlenen van een vergunning.
- Bij positief advies wordt de aanvraag in behandeling genomen voor de Wbr-procedure. Hoewel de MER onderdeel van de Wbr is, wordt deze apart getoetst. Dit komt doordat de MER niet onder de Wbr valt, maar onder de Wet Milieubeheer (van het ministerie van VROM).
- Beide procedures duren op papier elk afzonderlijk 37 weken (exclusief een facultatieve periode van zes weken voor het toetsen van een conceptaanvraag).

Subsidieverlening

Het proces van subsidiëring volgt na de vergunningverlening, en valt onder de verantwoordelijkheid van het ministerie van EZ. Zodra een ontwikkelaar een vergunning op zak heeft, kan hij een aanvraag indienen voor subsidie bij het ministerie van EZ. EZ subsidieert de zogenoemde ‘onrendabele top’: het verschil tussen de kosten en de opbrengsten van alternatieve vormen van stroomopwekking afgezet tegen reguliere stroom, de zogeheten SDE-regeling. Voor windenergie op zee is deze regeling pas in 2009 opengesteld.

aspecten⁸ en de toekenning van financiële ondersteuning in het kader van de regeling Stimulering Duurzame Energie. Marktpartijen kunnen dan voorstellen indienen voor de bouw en exploitatie van een windpark en daaraan gekoppeld een verzoek voor subsidie. Partijen die vervolgens in aanmerking komen voor de SDE-bijdrage, moeten dan nog een vergunning in het kader van de Wet beheer rijkswaterstaatwerken (Wbr) voor het voorgenomen windturbinepark (inclusief inrichtings-MER) aanvragen.

Een ander uitgangspunt van de overheid voor de derde ronde is dat er een transportnetwerk of stopcontact naar het vasteland voor de opgewekte energie komt. Wie dat gaat betalen, is echter nog niet duidelijk (Schrijver 2008).

Infrastructurele inpassing

Om de offshore windparken vanaf de kust uit het zicht te houden, staan ze een flink stuk de zee op (buiten de 12-mijlszone is de norm). Niettemin moet de opgewekte elektriciteit wel weer terug aan land gebracht worden. Dat gaat via kabels die op 2 meter diepte onder de Noordzeebodem liggen. Hoe verder op zee het park gebouwd is, hoe langer die kabels moeten zijn en hoe meer kosten dat met zich meebrengt. Windmolensbouwers moeten nu voor elk nieuw park zelf de kabels aanleggen en betalen. Het Prinses Amaliapark en het windpark NoordzeeWind liggen op nog geen 10 kilometer afstand van elkaar af, maar hebben elk een aparte elektriciteitskabel naar het vasteland. Afgezien van de extra kosten voor de netaansluiting gaat er dus ook twee keer een kabel dwars door de kwetsbare duinen (van Wijk 2009). Ongeveer 20% van de investeringen in een offshore windpark zitten in de kabel. Dit kan handiger en goedkoper door het aanleggen van zogenaamde 'stopcontacten op zee' (EZ 2008; We@Sea 2007). In plaats van kabels tussen elk afzonderlijk project en het vasteland kunnen er aansluitpunten (stopcontacten) op zee komen waarvan meerdere windparken gebruik kunnen maken. Een stopcontact op zee is dus een bundeling van netaansluitingen. Punt van onenigheid is wie voor het stopcontact gaat betalen. Als de kabels tot aan de windparken wettelijk deel gaan uitmaken van het Nederlandse elektriciteitsnetwerk, zouden de kosten niet meer voor rekening van de projectontwikkelaar zijn (zoals nu het geval is op land). Verschillende partijen beargumenteren dat de financiering hiervan een taak van de overheid is (want op land hoeven bijvoorbeeld de kolencentrales ook niet te betalen voor de kosten die gemaakt zijn voor het aanleggen van het net). De overheid zelf heeft hier nog geen toezeggingen over gedaan (Trouw 2008). Als Nederland werkelijk een aanzienlijk deel van haar energie vanaf de zee wil gaan betrekken (die 6.000 MW offshore wind – waarmee alle Nederlandse huishoudens van stroom kunnen worden voorzien en ook de NS op groene stroom kan rijden), is dit vraagstuk van infrastructuur essentieel.

Als de hoeveelheid windturbines op zee nu enorm gaat toenemen, waar gaan we overtollige elektriciteit dan opslaan? Vooral 's nachts waait het flink, terwijl de energievraag dan laag is. De windmolens dan maar

⁸ Waaronder de vergunningverlening in het kader van de Wet beheer rijkswaterstaatswerken (Wbr).

uitzetten is ook verspilde energie. Een idee is om bij een overschot de overtollige stroom van de windmolens te gebruiken om water uit een reservoir omhoog te pompen en kunstmatig meer in. Als er weer vraag is naar elektriciteit kan het water uit het meer omlaaggestort worden in het reservoir. Dit gebeurt dan net als bij een waterkrachtcentrale, waarbij stroom wordt opgewekt (Aan de Brugh 2009). Volgens ingenieur Bart Ummels zijn er geen opslagsystemen nodig, zelfs niet wanneer een derde van de elektriciteit in Nederland opgewekt zou worden met windturbines (van Dijk 2009). Nederlandse energiebedrijven kunnen volgens hem de schommelingen in de vraag naar stroom, en de schommelingen in het aanbod van windstroom met behulp van goede actuele windvoorspellingen prima opvangen. De oplossing is gelegen in de combinatie van een flexibeler internationaal windhandelsklimaat en betere windvoorspellingen. Daardoor kan het bestaande elektriciteitsnetwerk beter benut worden. Als energiebedrijven elk kwartier nieuwe windvoorspellingen voor die dag kunnen bekijken, kan de inzet van de conventionele centrales worden afgestemd op de meest recente windvoorspelling (Aan de Brugh 2009; van Dijk 2009). Hoewel het heel lastig is om conventionele kolen- en gascentrales 'uit' te zetten, kunnen ze wel een tandje lager gezet worden. Als er daarnaast dag en nacht uit windturbines opgewekte elektriciteit verhandeld kan worden, kunnen vraag en aanbod veel beter op elkaar worden afgestemd. Dan kan 's nachts de overtollige elektriciteit verkocht worden aan een regio waar de industrie ook dan veel stroom verbruikt. Op termijn zouden we 's nachts mogelijk ook onze elektrische auto's kunnen opladen met de 'nachtstroom' uit offshore windturbines.

Vraagstukken omtrent elektriciteitsnetten worden steeds meer een Europese aangelegenheid. Een Europees supergrid, grensoverschrijdend elektriciteitsnetwerk, zou in de toekomst de mogelijke nadelen van wind (wisselend aanbod omdat het niet altijd en even hard waait) voor een groot deel wegnemen. Dit elektriciteitsnetwerk dat verschillende parken en landen rond de Noordzee met elkaar verbindt kan immers helpen om pieken en dalen in het energieaanbod beter op te vangen. Het kan het Europese hoogspanningsnetwerk robuuster en betrouwbaarder maken. Hierbij zouden knooppunten ook verder weg van de kustzones kunnen komen te liggen – dus verder weg van beschermde gebieden en overlappende gebruiksclaims en in zones waar nog veel ruimte voor uitbreiding is (Airtricity 2008; SNM 2008). Het bedrijf Airtricity stelde in 2008 voor een supergrid aan te leggen en het voor te financieren, onder voorwaarde dat reguliere netbeheerders op een zeker moment de infrastructuur overkopen (Airtricity 2008).

Maatschappelijke inpassing

Windenergieprojecten op land krijgen nogal eens te maken met lokale weerstand, waardoor veel initiatieven uiteindelijk stranden. Om de turbines 'dan maar' op zee te plaatsen, is geen oplossing gebleken, aangezien wind op zee eveneens te maken heeft met allerlei conflicterende belangen en claims. Naast de medegebruikers zijn er ook verschillende belangenorganisaties. De gezamenlijke natuur- en milieuorganisaties zijn voorstander van offshore windenergie, mits zorgvuldig ontwikkeld. Dit betekent dat het risico op schade aan de natuur minimaal moet zijn, dus dat er alleen buiten vogelroutes en natuurbeschermingszones gebouwd mag worden. Tien milieu- en natuurbeschermingsorganisaties⁹ hebben in een publicatie *Frisse Zeewind* aangegeven welke locaties op de Noordzee wel en niet acceptabel zijn en ook een kaart aangeleverd (Stichting De Noordzee 2005). De Vogelbescherming Nederland ondersteunt wind op zee, zolang de turbines niet geplaatst worden in Vogelrichtlijngebieden of op plaatsen waar aanwijsbare trekroutes liggen. Ook parken dicht bij de kust zijn niet wenselijk omdat daar juist veel trekroutes en voedselgebieden liggen. Huidig onderzoek naar de effecten van bestaande parken lijkt aan te tonen dat vogels weinig last hebben van windmolens. In sommige gevallen vormen ze zelfs een rustpunt tijdens vogeltrek (SNM 2008).

De Vogelbescherming pleit wel voor nader onderzoek en monitoring (www.vogelbescherming.nl). Het geluid dat het heien van de palen onder water veroorzaakt kan dodelijk zijn voor bruinvissen, zeehonden en vislarven. Mogelijkheden om milieuvriendelijker te bouwen zijn er overigens: de palen kunnen ook in de bodem getrild worden of er kunnen betonnen funderingen gebruikt worden (www.waddenzee.nl). Omdat er tussen de windmolens (die circa 500 meter van elkaar af staan) geen vissersschepen door varen die met sleepnetten de bodem omploegen, verwachten wetenschappers voor de visstand een positief effect van offshore windparken – die als toevluchtsoord en kraamkamers zullen fungeren, mede door de intensieve begroeiing met wieren (SNM 2008).

Het initiatief Meewind nodigt burgers uit een belang te nemen in een windpark. Door te beleggen in Meewind kunnen burgers actief bijdragen aan de verduurzaming van de energievoorziening – en rendement ontvangen (www.meewind.nl). Ook als deze investeringen niet substantieel bijdragen aan de ontwikkeling van offshore wind – gezien de enorme bedragen – dan nog zijn deze vormen van participatie een manier om het draagvlak en de betrokkenheid van de burger te vergroten.

Meer wind op zee? Spannende tijden voor de boeg

Ondanks de weidse en schijnbaar lege aanblik die de Noordzee ons biedt, is het er een drukke bedoening. De afstemming van overlappende claims op de ruimte van de Noordzee blijkt lastig en wind offshore heeft het als ‘nieuwkomer’ niet gemakkelijk gehad om zich hierbinnen een positie te verwerven. Het ontbreken van een duidelijk beleidskader om op transparante en inzichtelijke wijze de verschillende overlappende claims op locaties offshore af te stemmen heeft hier parten gespeeld. Daarnaast heeft de financiële ondersteuning aan duidelijkheid en consistentie te wensen overgelaten. Enthousiasme vanuit de markt is niet genoeg. Om het offshore potentieel aan te boren, is heldere en consistente regelgeving voor ondersteuning en (ruimtelijke) inpassing belangrijk, net als samenwerking tussen overheden, industrie, toeleveranciers, onderzoekers, projectontwikkelaars, netbedrijven en andere belanghebbenden.

De huidige doelstelling is 6.000 MW, en dat is niet eens zo heel ambitieus in vergelijking met de doelstelling van 33.000 MW van het Verenigd Koninkrijk (van Wijk 2008). Of we dit getal ook gaan halen en we de komende tijd het aanwezige potentieel van offshore wind weten aan te boren, hangt van verschillende factoren af: de hoogte van de financiële ondersteuning door middel van de SDE (noodzakelijk tot 2020 is de verwachting), de consistentie van het overheidsbeleid, en het vermogen van verschillende (industriële en andere) partijen om in goede samenwerking het potentieel aan te boren. Het is in elk geval van belang dat de risico's en de kosten de komende jaren afnemen en dat er voldoende en steeds betere offshore turbines beschikbaar komen, wil de toepassing van offshore wind succesvol zijn.

9 Stichting De Noordzee, Greenpeace, Stichting Natuur en Milieu, de Waddenvereniging, Stichting Duinbehoud, de Kustvereniging, Stichting Reinwater, Vogelbescherming Nederland, Milieudefensie en Natuurmonumenten.

Hoe het nieuwe ruimtelijke kader voor de Noordzee (het Nationaal Waterplan) gaat uitpakken, zal de nabije toekomst uitwijzen. Een andere vooralsnog onopgeloste kwestie betreft de verbetering van netaansluiting en duidelijkheid ten aanzien van wie er verantwoordelijk wordt voor de kosten hiervan. En dan zijn er nog de technische uitdagingen wat betreft bouw en onderhoud van windparken in barre (weers)omstandigheden. Alsof dit nog niet genoeg uitdagingen zijn, speelt hierdoorheen ook de economische recessie en crisis. Begin 2009 was de verwachting dat de financiële en economische crisis de offshore windsector harder zou treffen dan wind op land. De kosten en risico's van offshore wind zijn hoger en het vinden van financiering is problematischer. Dit gold niet alleen voor Nederland, maar ook voor omliggende landen, waar projecten tot stilstand kwamen doordat financiers zich terugtrokken (WSH 2009).

Toch lijkt het weer aan te trekken. Europese trends laten zien dat een aantal grote projecten vonden bereidwillige financiers in 2010. Er hebben zich zelfs nieuwe investeerders gemeld die interesse in wind offshore hebben in de loop van 2010, een teken van vertrouwen in de toekomst van offshore (EWEA 2011). In Nederland zien we de ontwikkeling van de BOW (Breakbulk en Offshore Wind) Terminal te Vlissingen ten behoeve van de ondersteuning van de bouw van windmolenparken in zee. De terminal zal als uitvalsbasis dienen voor werkzaamheden ten behoeve van offshore windparken. En in het noorden gaat de Eemshaven als basishaven dienen voor het windmolenpark Alpha Ventus dat 45 km voor de kust van Borkum in de Noordzee wordt gebouwd. De Eemshaven heeft een gunstige ligging en heeft terrein beschikbaar voor assemblage en overslag. Beide havens richten zich dus niet alleen op offshore activiteiten die vanuit Nederland worden ingezet havens, maar oriënteren zich regionaal en grensoverschrijdend.

Meer wind op zee? Jazeker, als Nederland erin slaagt de vaart er een beetje in te houden, zijn er ruim kansen om mee te gaan met de Europese trends richting meer offshore.

Referenties

- Aan de Brugh, M. (2009). 'Promovendus. Liever meer handel in windenergie dan opslag ervan.' In: *NRC Handelsblad*, 25 februari 2009, p. 15.
- Airtricity (2008). 'Ontwikkel windparken verder uit de kust.' In: *Energie+* 28, nr. 6, pp. 38-39.
- van Dijk, T. (2009). 'Hoge molens vangen veel wind.' In: *Delta. Weekblad van de Technische Universiteit Delft*, 18 februari 2009.
- Energie Nederland (2008). 'De plannen zijn goed, het probleem ligt bij de uitvoering.' In: *Energie Nederland* 11, nr. 13, 14 oktober 2008.
- Eurobserv'er (2009). *Wind Energy Barometer. February 2009*. <http://www.eurobserv-er.org>
- Eurobserv'er (2010). *Wind Power Barometer. March 2010*. <http://www.eurobserv-er.org>
- EWEA (2007). *Delivering Offshore Wind Power in Europe. Policy Recommendations for Large-Scale Deployment of Offshore Wind Power in Europe by 2020*. Brussel: European Wind Energy Association.
- EWEA (2011). *The European Offshore Wind Industry. Key Trends and Statistics 2010. A Report by the European Wind Energy Association*. Brussel: European Wind Energy Association. Januari 2011.
- EZ (2008). *Energierapport 2008*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.
- Huizinga-Heringa, J.C. (2008). *Besluit houdende wijziging van de Beleidsregels inzake de toepassing van de Wet beheer rijkswaterstaatswerken op installaties in de exclusieve economische zone*. Den Haag: Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

- Kafkabrigade (2008). *Quickscan Zeekracht in opdracht van Stichting Natuur en Milieu*. Delft: Kafkabrigade, augustus 2008.
- Knoppers, R. (2008). 'Blijvend innoveren van levensbelang. Siemens werkt aan direct drive en drijvende turbine'. In: *Energie+* 28, nr. 6, pp. 8-9.
- Trouw (2008). 'Minister wikt over stopcontact op zee'. In: *Trouw*, 6 oktober 2008.
- Rijksoverheid (2009). *Nationaal Waterplan*. Gezamenlijke uitgave van de ministeries van Verkeer en Waterstaat (V&W), Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM) en Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV).
- Schrijver, J. & J. Koot (2008). 'In elk scheurtje kruipt direct het zoute water'. In: *Het Financieele Dagblad*, 9 juni 2008.
- Schrijver, J. (2008). 'Kabinet reserveert twee locaties voor windparken op Noordzee'. In: *Het Financieele Dagblad*, 12 december 2008, p. 4.
- SNM (2008). *Zeekracht. Deltaplan voor duurzame energie van de Noordzee*. Utrecht: Stichting Natuur en Milieu.
- van Soest, J.P. (2008). *Münchhausen op de Noordzee. Een essay over Noordzee-energie, kansen en belangen*. Klarenbeek.
- Stichting De Noordzee (2005). *Frisse Zeewind. Visie van de natuur- en milieuorganisaties op de ontwikkeling van windturbineparken offshore*. Utrecht: Stichting De Noordzee.
- TOW (2007). *Windenergie op Zee. Een transitiepad naar een duurzame elektriciteitsvoorziening*. Strategiegroep Transitie Offshore Wind.
- van Wijk, A. (2009). 'Klein deel Noordzee biedt al genoeg energie'. In: *Het Financieele Dagblad*, 26 januari 2009.
- Verrips, A. et al. (2005). *Windenergie op de Noordzee. Een maatschappelijke kosten-batenanalyse. Gezamenlijk onderzoek van ECN en CBP*. <http://www.ecn.nl>
- V&W (2008). *Ontwerp Beleidsnota Noordzee*. Den Haag: Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- We@Sea (2007). 'Energie van Zee'. In: *Energiekrant* 2, juni 2007.

Geraadpleegde websites (tussen oktober 2008 en mei 2010):

- <http://home.kpn.nl/windsh>
- <http://www.wikipedia.nl>
- <http://www.flow-windpark.nl>
- <http://www.nwea.nl>
- <http://www.poseidonenergyservices.com>
- <http://www.snm.nl>
- <http://www.rijksoverheid.nl>
- <http://www.vogelbescherming.nl>
- <http://www.we-at-sea.org>
- <http://www.waddenzee.nl>
- <http://www.wnf.nl>

ESSAY



Auteurs

Hanneke Pieters en Robert Harmsen

Consultants bij Ecofys

Hanneke Pieters is tegenwoordig werkzaam bij Eneco,

Robert Harmsen bij de Universiteit Utrecht

WARMTE- EN KOUDEOPSLAG

Behoeftte aan regie

Inleiding

De afgelopen 35 jaar heeft ondergrondse warmte- en koudeopslag (WKO) zich ontwikkeld tot een bewezen techniek, die vrijwel overal in Nederland toegepast kan worden. Met een terugverdientijd van drie tot acht jaar is WKO inmiddels de eerste optie voor het verwarmen van de middelgrote en grotere kantoren. Ook in de glastuinbouw en in de nieuwbouw en renovatie van woningen wordt steeds vaker gekozen voor individuele of collectieve WKO-systemen.

Toepassing van WKO leidt tot een forse energiebesparing. Voor een deel door besparing op primaire energie (aardgas) voor het ruimteverwarming. Voor een deel ook door besparing op elektriciteit voor koeling, indien WKO in de plaats van een standaard airco komt. Hierbij is rekening gehouden met de elektriciteit die nodig is voor het verpompen van water en voor de warmtepomp. In principe zou de verwarming- en koelvraag van vrijwel alle nieuwbouw en grootschalige renovatie in Nederland door WKO gedekt kunnen worden.

Het aantal toepassingen van WKO neemt gestaag toe. Deze groei zou nog aanzienlijk toe kunnen nemen als een aantal belemmeringen wordt weggenomen. Een van de belemmeringen is de lange duur van de vergunningsprocedures.

Op de achtergrond spelen de mogelijke risico's van WKO voor de drinkwatervoorziening en de bodemkwaliteit. De kans bestaat dat ondoorlatende lagen worden doorboord, waardoor vermenging optreedt

van water van verschillende kwaliteit. Daarnaast is er – bij gesloten systemen – kans op breuk en lekkage van koelmiddel of antivries. Lokaal kunnen ook veranderingen optreden in het grondwaterpeil. Tenslotte verandert de temperatuur van het grondwater, waardoor effecten kunnen optreden op bodemleven en chemische evenwichten.

Om de potentiële mogelijkheden van WKO maximaal te benutten is er behoefte aan een regisseur die de belemmeringen zoveel mogelijk wegneemt en de risico's minimaliseert. De overheid heeft daartoe een eerste stap gezet met de instelling van de Task Force WKO tijdens de Bestuurdersconferentie Bodem in mei 2008. In 2009 is een tweejarig onderzoeksprogramma van start gegaan onder de titel 'Meer met Bodemenergie', waarin de risico's van WKO in kaart worden gebracht (Drijver et al. 2010). Dit programma wordt gefinancierd door een groot aantal partijen afkomstig uit het bedrijfsleven en overheid (Rijk, provincies en gemeenten).

In de eerste helft van 2011 zal het Besluit Bodemenergie in werking treden, een besluit in het kader van de Wet Bodembescherming (AgentschapNL 2010). Het voorziet in een beleid voor ondergrondse ruimtelijke ordening, inclusief de aanwijzing van interferentiegebieden waar ordening nodig is voor optimaal gebruik van de bodem. Daartoe worden provincies geacht om een Masterplan op te stellen.

Na een korte technische uitweiding ('Hoe werkt WKO?') gaan we in op de 35-jarige geschiedenis van WKO in Nederland. Vervolgens behandelen we de goede basis voor WKO in Nederland en de beloften van deze methode om overtollige warmte te benutten. Daarna behandelen we de belemmeringen die grootschalige toepassing van WKO in de weg staan en we eindigen met een concluderende paragraaf, waarin de nadruk ligt op het belang van een goede regie om het potentieel aan WKO te benutten.

Historie¹

WKO komt eind jaren zeventig in beeld als de voorzitter van de Landelijke Stuurgroep Energie Onderzoek (LSEO), professor Van Gool een programmavoorstel aanbiedt voor onderzoek naar 'Aardwarmte en warmteopslag'. Wat warmteopslag betreft dacht men vooral aan industriële afvalwarmte, zoals restwarmte van elektriciteitscentrales. Seizoensopslag zou het probleem van de discrepantie tussen vraag en aanbod kunnen oplossen.

Twee jaar later in 1979 keurde het toenmalige ministerie van Economische Zaken het voorstel goed en ging het Nationaal Onderzoeksprogramma Aardwarmte en Warmte Opslag (NOA) van start met als doel

1 Gebaseerd op Verbong et al. (2001).

Hoe werkt WKO?

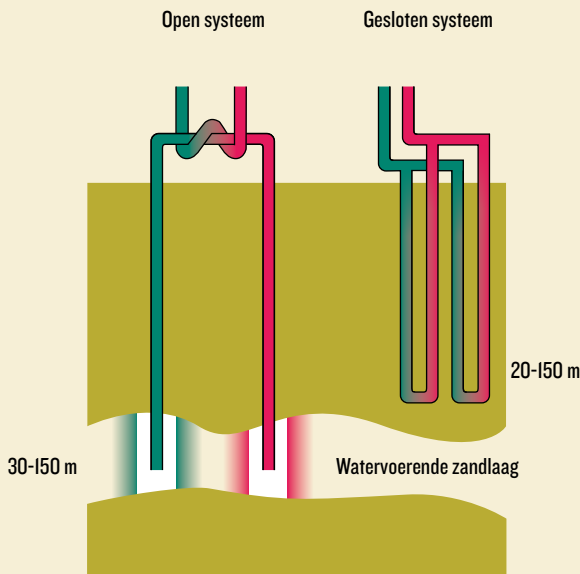
Grofweg kunnen WKO-systemen worden verdeeld in open en gesloten systemen. Bij open systemen worden twee putten geboord tot in een geschikte grondwaterlaag. Meestal ligt die op een diepte tussen de 20 en 200 meter. 's Zomers wordt koud water (7°C) opgepompt en gebruikt voor koeling. Het opgewarmde water wordt via de andere put teruggepompt naar de warme bron ($15 - 25^{\circ}\text{C}$).

's Winters wordt het warme water weer opgepompt voor verwarming. Daarbij wordt gebruik gemaakt van een warmtepomp om de warmte naar een hogere temperatuur te brengen. Het afgekoelde water wordt naar de koude bron gepompt.

Naast een systeem met twee putten bestaat ook een systeem waarbij maar één put wordt geboord, het monobronstelsel. In plaats van horizontaal zijn de warme en koude bron verticaal van elkaar gescheiden door een ondoordringbare (klei-)laag. Een van nadelen is dat verzilting van ondiep zoet grondwater kan optreden door het oppompen van dieper brak tot zout grondwater. Het voordeel is dat het systeem minder ruimte inneemt en goedkoper is.

Na verloop van enkele jaren heen en weer pompen van grondwater, wordt het grondwater rond de warme bron steeds warmer en dat rond de koude bron steeds kouder. Omdat het temperatuurverschil groter wordt, neemt de efficiëntie van het WKO-systeem steeds verder toe. Als de warme en koude bron ver genoeg uit elkaar liggen, is er geen interferentie, waardoor een eindeloze kringloop ontstaat.

Zowel de warme als de koude bron hebben een uitstraling op het omliggende grondwater tot enkele tientallen meters. Meestal worden ondergronds de grenzen van het eigen perceel overschreden, waardoor het risico op interferentie met andere systemen groter wordt, vooral als de toepassing van WKO een vlucht neemt.



Gesloten systemen werken grosso modo hetzelfde als open systemen. Het verschil is dat in deze systemen geen grondwater wordt verpompt. Ze bestaan uit leidingen (lussen) die in de bodem worden ingebracht, waar water doorheen wordt gepompt. Meestal wordt daar antivries aan toegevoegd. Ze hebben veel minder uitstraling naar het omliggende grondwater. Het energetisch rendement is over het algemeen wat lager dan van open systemen.

Van geothermie of diepe aardwarmte wordt gesproken als warmte wordt geoogst uit die de aarde zelf genereert door radioactief verval of door transport vanuit de hete kern (zie het essay over aardwarmte, elders in dit boek).

Figuur 1
Schematische voorstelling WKO-systemen

om de mogelijkheden in kaart te brengen voor de winning van aardwarmte en de grootschalige opslag van warmte in de bodem.

Wat dat laatste betreft leek de uitgangspositie van Nederland gunstig vanwege het voorkomen van uitgestrekte waterhoudende zandlagen in de boden, afgesloten met ondoordringbare kleilagen. Een nadeel was wel, zo constateerde Van Gool al in zijn rapport, dat ons land, anders dan in Zweden of Duitsland, nauwelijks over systemen beschikte voor het distribueren van laagwaardige warmte (stadsverwarming).

Warmtepomp, cruciaal voor WKO

Een vrij cruciaal onderdeel van een WKO-installatie is de warmtepomp. Daarmee kan warmte van een lage temperatuur worden opgepompt tot warmte van een hogere temperatuur. In WKO-systemen wordt de warmtepomp gebruikt om het warme water nog iets verder in temperatuur te verhogen, zodat je het kunt gebruiken voor (vloer-)verwarming. Een warmtepomp – feitelijk een omgekeerde koelkast – wordt aangedreven door elektriciteit of aardgas. Hoe kleiner de temperatuurstijging die de warmtepomp moet overbruggen, hoe minder elektriciteit of gas nodig is. Dit verklaart waarom WKO altijd in combinatie met lage temperatuur afgiftesystemen (zoals vloerverwarming) wordt toegepast waardoor de technologie vooral geschikt is voor energiezuinige nieuwbouw en grootschalige renovatieprojecten.

De warmtepomp was relatief onbekend in Nederland. Vanaf media jaren zeventig wordt hij steeds vaker ingezet voor ruimteverwarming. Daarbij is de warmtebron meestal de bodem. Een praktijkexperiment in Veldhoven, waarbij warmte werd onttrokken aan grondwater, liep in 1981 echter uit op een fiasco als gevolg van lekkages, pompen die dienst weigeren en problemen met het retourwater. Dat leidde tot een negatieve beeldvorming, waardoor de animo bij betrokken partijen sterk afnam.

Gedrag, een onderschatte factor

Die negatieve beeldvorming werd nog versterkt door een project met seizoensopslag van warmte in de Groningse wijk Beijum, dat in 1984 werd opgeleverd. Daarbij waren 96 woningen aangesloten op een gesloten WKO-systeem, bestaande uit slangen die tot een diepte van 20 meter in de bodem waren gebracht en een ondergrondse opslagtank. De warmte was afkomstig van 2500 m² zonnecollectoren, die op de daken waren aangebracht. Uit evaluaties uitgevoerd in 1985 en 1986 bleek dat het rendement de helft lager was dan de onderzoekers hadden berekend. Voor een deel lag dat aan technische onvolkomenheden, zoals verliezen in de opslag door onvoldoende isolatie. De belangrijkste oorzaak was echter het gedrag van de bewoners. In het najaar deden ze de verwarming veel vroeger aan dan verwacht en in het voorjaar gingen ze langer door met stoken. Omdat het een collectief systeem was, was er weinig tot geen stimulans om spaarzaam om te gaan met de warmte.

Naast technische en sociaal-psychologische problemen waren er ook grote twijfels over de economische haalbaarheid van warmtepompen, al dan niet in combinatie met grondwater. Zo schreef De Volkskrant indertijd: 'De warmtepomp bespaart gas, maar wie kan hem betalen?'

Die twijfels werden nog groter toen halverwege de jaren tachtig de prijzen voor energie daalden. Daardoor werd toepassing van warmtepompen en daarmee ook van WKO steeds minder aantrekkelijk. De opkomst

van de Verbeterd Rendement (VR) en de Hoog Rendement (HR) ketels blokkeerde de toepassing van warmtepompen en WKO voor woningverwarming tot ver in de jaren negentig.

Opmars in de utiliteitsbouw

In de utiliteitsbouw lag dat anders. In 1985 kreeg het kantoor van bouwonderneming BAM de beschikking over een systeem voor seizoensopslag van warmte. Water, opgewarmd door de zon en door restwarmte van de computerruimtes werd opgeslagen in het grondwater en naar behoefte weer naar boven gehaald. Een warmtepomp verhoogde de temperatuur van het opgepompte grondwater van 26 tot 40°C. Voor de dagopslag van warmte maakte men gebruik van een opvallende bol, die in de vijver bij het gebouw stond.

Het systeem van de BAM werkte goed, al was ook hier de warmtepomp de zwakste schakel. Door daling van de aardgasprijs halverwege de jaren tachtig werden andere projecten voor seizoensopslag van warmte in de ijskast gezet, omdat ze niet meer rendabel waren. Een van de weinige projecten die nog wel doorging was de opslag van koude bij het gebouw van de Perscombinatie in Amsterdam. Waar verwarming niet meer aantrekkelijk was vanwege de lage aardgasprijzen, leek koeling dat nog wel, omdat daarvoor (duurdere) elektriciteit werd gebruikt. Het grootschalige koudeopslagsysteem, waarbij in de winter een voorraad van 200.000 kubieke meter koud water ondergronds werd opgeslagen, functioneerde ondanks de haast gebruikelijke aanloopproblemen met de warmtepomp technisch naar behoren. Dat bleek echter niet voldoende om andere potentiële gebruikers over de streep te trekken. Het project trok veel aandacht, maar omdat het geschatte financiële voordeel aan de optimistische kant bleek, verslaptte die na verloop van tijd.

Opleving

Begin jaren negentig leefde de belangstelling voor koudeopslag weer op. Diverse projecten kwamen tot stand, zoals het Jaarbeurscomplex in Utrecht, het Groene Hartziekenhuis in Gouda, het IBM-kantoor in Zoetermeer en het winkelcentrum Heuvelgalerij in Eindhoven. Ook het WKO-systeem bij het kantoor van de BAM in Bunnik werd omgebouwd voor 'comfortkoeling'. In 1994 besloot het ministerie van Economische Zaken dat koudeopslag was uitontwikkeld.

De vraag is waar die hernieuwde animo vandaan kwam. Op de eerste plaats bleek dat koudeopslag voor koeling, zelfs bij relatief lage gasprijzen, financieel aantrekkelijk was vergeleken met elektrisch aangedreven koelmachines. Op de tweede plaats werd koudeopslag gebruikt om het betrokken bedrijf of initiatief een wat groener imago te geven. In die periode begon de klimaatdiscussie op gang te komen.

Een derde verklaring is het kleine, maar zeer actieve netwerk van bedrijven dat betrokken was bij koudeopslag met onder meer IF Technology, DWA en Haitjema. Met hun enthousiasme wisten ze grotere bouw- en installatiebedrijven en organisaties zoals de Vereniging Krachtwerktuigen (nu VEMW) en de Technische Vereniging voor Installaties in Gebouwen mee te krijgen.

Vereniging

In 1998 hebben op initiatief van SenterNovem (nu AgentschapNL) vijf grondboorbedrijven de Nederlandse Vereniging voor Ondergrondse Energieopslag (NVOE) opgericht. In 2002 is de vereniging uitge-

breid met installatiebedrijven en advies- en ingenieursbureaus, waarmee de NVOE alle marktpartijen omvat, die energieopslagsystemen ontwerpen, realiseren en exploiteren. De NVOE-richtlijnen voor ontwerp en realisatie van WKO-systemen gelden in Nederland als kwaliteitsstandaard.

In combinatie met de aanzienlijke stijging van de energieprijzen en het volwassen worden van de technologie, is de belangstelling voor WKO-systemen sinds medio jaren negentig alleen maar toegenomen. Telde het opgesteld WKO vermogen in Nederland in 1996 nog 31 MW, in 2008 was dat gestegen tot ruim 968 MW (CBS 2009).

De jaarlijkse groei over de afgelopen vijf jaar bedraagt circa 15 procent. De animo is het grootst in de utiliteitsector. Op dit moment wordt circa 70 procent van de totale duurzame energieproductie door WKO systemen in deze sector gerealiseerd (CBS 2009).

Een goede basis voor WKO

Als aanslibsel van grote rivieren beschikt Nederland over een bijzondere ondergrond. In de loop der millennia hebben zich grote watervoerende zandlagen afgezet afgewisseld met veen en –nog belangrijker – ondoordringbare kleilagen. Dat maakt dat circa 95% van de Nederlandse ondergrond geschikt is voor ‘open’ WKO-systemen, waarbij grondwater wordt gebruikt als opslag- en transportmedium (Pieters, Van Hoegaarden & Hagedoorn 2007).

Open WKO-systemen hebben als voordeel dat ze een beter rendement leveren en bovendien schaalvoordelen kennen. Hoe groter het systeem, hoe lager de investering- en onderhoudskosten per kilowatt opslagcapaciteit. Nederland geldt als koploper als het gaat om de kennis van dit soort systemen, waarbij opgemerkt dat in het buitenland vooral gesloten systemen gebruikt worden.

Gedetailleerd in kaart

Een andere bijzonderheid is dat Nederland zijn ondergrond tot in detail in kaart heeft gebracht. In de loop van tientallen jaren zijn vele proefboringen verricht onder meer voor de olie- en gaswinning, voor grondmechanisch onderzoek en voor de winning van drinkwater. Al die informatie, plus gegevens van seismisch onderzoek zijn opgeslagen in een centraal gegevensbestand dat beheerd wordt door TNO en toegankelijk is via het DINO-loket. DINO staat voor Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond.

Voordat een projectontwikkelaar of ondernemer besluit om ergens een systeem te realiseren, kan hij eerst DINO raadplegen om na te gaan hoe de ondergrond er ter plaatse uitziet en of deze geschikt is voor WKO. Op die manier krijgt hij op relatief eenvoudige wijze een eerste indruk van onder meer bodemopbouw en watercapaciteit. Andere informatie bijvoorbeeld over gebieden waarvoor restricties gelden, over grondwateronttrekkingen en over eventuele bodemverontreiniging kunnen worden opgevraagd bij gemeente of provincie.

Het Ministerie van Infrastructuur en Milieu werkt momenteel aan een geïntegreerde Basisregistratie Ondergrond (BRO) waarin gegevens over de geologische en bodemkundige opbouw, de ondergrondse

infrastructuur en gebruiksrechten worden opgeslagen. Deze databank moet in 2013 operationeel zijn. (Rijksoverheid 2011).

Proefboringen blijven nodig

Hoewel de Nederlandse ondergrond vrij gedetailleerd in kaart is gebracht, is die informatie niet altijd voldoende voor een WKO-systeem. Daarvoor is de ondergrond te gevarieerd. Daarom wordt voorafgaand aan een project vaak een proefboring uitgevoerd. Op basis van de gegevens die dat oplevert, kan de initiatiefnemer vaststellen of en zo ja op welke diepte het grondwater het beste kan worden onttrokken.

Andere gegevens die via een proefboring te achterhalen zijn, zijn de aanwezigheid van afsluitende lagen, de kwaliteit van het grondwater (zout) en de grondwaterdruk in de zandlaag. Deze informatie is van belang voor het ontwerpen van een goed functionerend WKO-systeem, waarbij de risico's, zoals putverstopping, zoute kwel en mengen van grondwater uit verschillende lagen worden geminimaliseerd.

Protocollen, tools, vergunningen

Voor woningeigenaren en initiatiefnemers van bouwprojecten is het makkelijker inzicht te krijgen in de mogelijkheden van warmte- koudeopslag voor een bouwlocatie. Het Ministerie van Infrastructuur en Milieu heeft een digitaal instrument ontwikkeld, de WKO-Tool Nederland, waarmee de kansen, kosten en terugverdientijden van warmte- koudeopslag voor een bouwlocatie op een eenvoudige manier te berekenen zijn.

Vanaf januari 2011 geldt de verplichting dat boringen tot enkele honderden meters diepte alleen mogen worden uitgevoerd door bedrijven die zijn gecertificeerd op basis van het SIKB-protocol 'Mechanisch boren' (NVOE 2010a). SIKB staat voor Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer, een netwerkorganisatie die alle spelers (bedrijven, overheden) bijeen brengt om de kwaliteit van het bodembeheer – inclusief archeologie – te verbeteren.

Voor het daadwerkelijk aanleggen van een open WKO-systeem is een vergunning nodig op grond van de Waterwet. Die vergunning wordt verleend door de Provincie, vooropgesteld dat de milieuhygiënische en hydraulische gevolgen van aanleg van het systeem aanvaardbaar zijn. Doel van de vergunningplicht is het voorkomen van aantasting van de kwaliteit van grondwater en bodem.

Voor gesloten systemen geldt geen vergunningplicht. Wel van toepassing zijn de Wet Bodembescherming en de Wet Milieubeheer. Daarnaast kunnen er provinciale milieuverordeningen zijn waarin bepaalde gebieden zijn uitgesloten voor boringen, zoals waterwingebieden, beschermde gebieden en boringvrije gebieden.

De belofte

In 2007 heeft Ecofys in opdracht van het (toenmalige) Ministerie van Economische Zaken het potentieel voor duurzame warmte- en koudeopslag in kaart gebracht (Harmsen & Harmelink 2007). Het rapport

diende als één van de onderleggers voor “Warmte op Stoom”, het werkprogramma van de overheid voor het stimuleren van duurzame warmte. Uit dit rapport blijkt dat met juiste en tijdige prikkels in 2020 ruim 60 petajoule fossiele energie vermeden zou kunnen worden door toepassing van bodemenergie. Tweederde daarvan komt voor rekening van de gebouwde omgeving en dan vooral toepassing van WKO-systemen kantoren. Een derde deel (20 petajoule) kan gerealiseerd worden in de glastuinbouw.

Potentieel WKO benutten

Belangrijker dan de absolute getallen, is de vaststelling dat WKO een uitontwikkelde technologie is met een groot potentieel voor Nederland met zijn specifieke ondergrond, die veel watervoerende lagen bevat. En net als indertijd met de aardgasbel is het de kunst om dat voordeel optimaal te benutten.

Voor een deel gebeurt dat ook. Voor grotere kantoorgebouwen bijvoorbeeld wordt al bijna standaard voor WKO gekozen. Aan de ene kant wordt dat gestimuleerd door de voortgaande aanscherping van de EPN, de energieprestatie nieuwbouw.

Deze in 1995 ingevoerde norm meet de energiezuinigheid van een gebouw. In de loop der jaren is deze voor bijvoorbeeld woningen verlaagd van 1,0 naar 0,8 en per 1 januari 2011 naar 0,6. Deze aanscherping dwingt projectontwikkelaars en ontwerpers tot een steeds energiezuinigere bouw met meer toepassing van hernieuwbare energie.

Aan de andere kant is WKO ook financieel voordelig in geval van kantoorgebouwen. Daarbij gaat het vooral om de mogelijkheid om het gebouw 's zomers te koelen. In plaats van airco's die relatief veel (en dure) elektriciteit gebruiken, kan dat met veel goedkoper grondwater. Dat vertaalt zich in terugverdientijden van drie tot acht jaar.

Duurzaam bouwen

Ook in de woningbouw groeit de animo voor toepassing van WKO-systemen. Evenals bij kantoorgebouwen is ook hier de aanscherping van de EPN een flinke stimulans. Daarnaast past WKO in de ambities van gemeentes en woningbouwcorporaties op het terrein van duurzaam bouwen. In het Delftse Zuidpoort-complex bijvoorbeeld spraken alle partijen af om de nationale energieprestatienorm met dertig procent te verbeteren. Het resultaat is een ingenieus systeem waarbij de vraag en aanbod van warmte en koeling van winkels, bioscoop en woningen via een WKO-systeem op elkaar wordt afgestemd. Bij terugverdientijden van acht tot vijftien jaar zijn dit soort investeringen rendabel voor gemeentes en corporaties.

Glastuinbouw als zonnecollector

Een belangrijk toepassingsgebied voor WKO-systemen is de glastuinbouw (zie bijvoorbeeld PT/LTO/LNV 2010). Aan de ene kant bieden ze mogelijkheden om overtollige zonnewarmte op te slaan. Een kas oogst per jaar vijf keer meer warmte dan nodig is voor de teelt. Nederland telt circa 10.000 hectare onder glas, dus dat is bij elkaar een enorme zonnecollector. Aan de andere kant biedt het teelttechnisch voordeel om kassen ook in de zomer gesloten te houden. Dat biedt betere mogelijkheden om het kasklimaat af te stemmen op de groeifase van het gewas. Bovendien hou je ziekten en plagen buiten.

Hoewel de voordelen van WKO in de glastuinbouw evident zijn, blijft de toepassing achter bij de verwachtingen. Voor een deel heeft dat te maken met de economische ontwikkelingen. De glastuinbouw heeft een aantal slechte jaren achter de rug, waarin weinig financiële ruimte was voor nieuwe investeringen. Daarnaast hebben zich problemen voorgedaan bij een aantal gezichtsbepalende projecten met de geavanceerde FiwiHex warmtewisselaar (Sleegers 2010).

Een andere reden is dat glastuinders beschikken over concurrerende alternatieven. Vooral de positie van warmte-krachtkoppeling, waarbij een gasmotor elektriciteit en warmte opwekt, is nog altijd sterk in de sector. De warmte wordt benut voor de kas; de elektriciteit wordt gebruikt om de kas te verlichten of verkocht aan het net. Een bijkomend voordeel van de WKK is de productie van CO₂, waarmee de gewassen onder glas worden bemest. In principe kunnen (kleine) WKKs worden gecombineerd met WKO-systemen, maar die combinatie wordt nog weinig toegepast.

Afzet warmte

Een voordeel van WKK ten opzichte van WKO is dat elektriciteit (indien niet gebruikt voor belichting) gemakkelijker kan worden afgezet dan warmte. Om overtollige warmte te benutten in woningen en kantoren moeten die wel in de buurt staan, omdat de warmteverliezen door transport anders te groot worden. In de praktijk blijkt het voor veel tuinbouwbedrijven nog niet zo eenvoudig om hun warmte af te zetten.

Een voorbeeld waar het wel lijkt te lukken is de nieuwbouwwijk Hoogeland in Naaldwijk, waar 800 woningen en een verpleeghuis worden gebouwd en van warmte en koeling worden voorzien uit de nabijgelegen kassen van telersvereniging Prominent. De verwachte CO₂ uitstoot van de wijk ligt volgens zeggen zo'n 40 procent lager ten opzichte van een conventionele nieuwbouwwijk.

De belemmeringen

WKO heeft zich de afgelopen dertig jaar ontwikkeld tot een bewezen techniek, die zich uitstekend leent voor toepassing in het grondwaterrijke Nederland. Het potentieel is groot, maar tussen belofte en inlossing is nog een lange weg te gaan.

Lange vergunningprocedure

Een van de bezwaren is de lange vergunningprocedure. Zoals gezegd is voor een open WKO-systeem een vergunning nodig in het kader van de Waterwet. De provincie is daarvoor het bevoegd gezag. Daarnaast kunnen de Wet Bodembeheer en de Wet Milieubeheer van toepassing zijn en eventuele provinciale verordeningen. Afhankelijk van de hoeveelheid grondwater die wordt onttrokken/geïnfiltreerd kan zelfs een milieueffectrapport nodig zijn.

Als we ons beperken tot de vergunning in het kader van de Waterwet dan wordt de traagheid vooral veroorzaakt door bezwaarprocedures. Eerder hebben we al opgemerkt dat het ondergrondse invloedsg gebied van een WKO vrijwel altijd de bovengrondse perceelgrenzen zal overschrijden. Het huidige vergunningstelsel is gebaseerd op het principe 'wie het eerst komt, die het eerst maalt'. Iemand die een vergunning

heeft, kan bezwaar aantekenen tegen elke nieuwe aanvraag bij hem in de buurt op grond van het risico van mogelijke beïnvloeding. Een WKO-vergunning kan dus een heel gebied op slot zetten.

Zeker voor kleinere systemen vormen proceduretijd en -kosten vaak een reden om niet te kiezen voor WKO. In maart 2009 heeft de Task Force WKO een advies uitgebracht met suggesties om deze en andere belemmeringen weg te nemen (Task Force WKO 2009). Op basis daarvan wordt een Algemene Maatregel van Bestuur (AMvB) Bodemenergie opgesteld die medio 2012 van kracht moet worden (Ons Brabant 2011). Daarmee worden de procedures rondom vergunningen versneld en wordt de locatie van WKO-systemen gedetailleerd in kaart gebracht via een verplichte melding en registratie. Eventuele nadelige effecten van WKO op de bodem- en grondwaterkwaliteit worden ondervangen met algemene regels en certificeringen.

Wie het eerst komt...

Het probleem zit hem echter niet alleen in de procedures. Zoals gezegd geldt voor WKO-vergunningen het principe 'wie het eerst komt, die het eerst maalt'. Dat leidt echter niet automatisch tot een optimaal gebruik van de ondergrond. Vandaar dat gemeentes vaak werken met een 'masterplan' voor gebieden waar interferentie te verwachten is, zowel met andere WKO-systemen als met andere vormen van gebruik van de ondergrond.

Een voorbeeld is de gemeente Gouda, die voor het bedrijventerrein Goudse Poort een masterplan bodemenergie heeft ontwikkeld. Zo'n masterplan kan bindend worden gemaakt als de provincie het verheft tot provinciale beleidsregel bij de vergunningverlening. Een ander voorbeeld is de structuurvisie die de gemeente Arnhem momenteel ontwikkelt (Gemeente Arnhem 2010). Eenmaal vertaald in een bestemmingsplan is de structuurvisie c.q. het masterplan ook een leidraad voor vergunningverlening.

Meervoudig gebruik ondergrond

Een masterplan of structuurvisie is niet alleen nuttig om WKO-projecten op elkaar af te stemmen, maar ook andere vormen van ondergronds ruimtegebruik, zoals drinkwaterwinning, de winning van zand en grind en de bescherming van natte natuur. Tegelijkertijd biedt een masterplan mogelijkheden voor het combineren van bodemenergiewinning met andere functies, zoals het schoonmaken van vervuild grondwater (NVOE 2010b).

De combinatie van bodemenergie en grondwatersanering wordt op diverse plaatsen toegepast. Een voorbeeld is het voormalige industrieterrein Strijp S in Eindhoven, waarbij schoon grondwater wordt onttrokken buiten de contouren van de verontreiniging, dat vervolgens wordt geïnfiltreerd in het vervuilde grondwater. Dit Sanergy-concept is in feite een vorm van geo-hydrologische beheersing die voorkomt dat vuil grondwater zich verspreid. De continue circulatie bevordert bovendien de natuurlijke afbraak van de verontreiniging.

Een ander voorbeeld is de Hoenderparkweg in Apeldoorn waar 36 woningen op een voormalig bedrijfsterrrein worden verwarmd met grondwater dat is verontreinigd met vluchtige organische koolwaterstoffen. Het onttrokken grondwater wordt gereinigd en geloosd op de nabijgelegen sprengbeek De Winkewijert.

Ook in Woerden (Spoorzone) en in het Stationsgebied in Utrecht bestaan plannen om grondwatersanering en bodemenergie te combineren.

WKO leent zich ook voor combinatie met andere functies, zoals het leveren van bluswater voor de brandweer. Met een kleine aanpassing van het bronsysteem kan zo een investering in een bluswaterkelder worden vermeden. Een voorbeeld is het bedrijventerrein Schuttersveld in de gemeente Ede. Voor de collectieve energievoorziening van de bedrijven is gekozen voor een WKO-systeem, dat in een handomdraai kan worden veranderd in een Centrale Blusvoorziening (CBV).

Split incentives

Een andersoortige belemmering, die overigens niet alleen speelt bij WKO, heeft te maken met de aloude vraag 'wie zal dat betalen.' Evenals bij andere duurzame en energiebesparende oplossingen die qua investeringskosten duurder zijn dan de standaard technologie, speelt ook bij veel WKO-projecten het probleem van de 'split incentives', de situatie dat de investeerder niet degene is die de energierekening betaald. Om dit probleem op te lossen is het van belang een modus te vinden waarin de investeerder mee kan profiteren van de baten van het project. Daarbij kan het verder aanscherpen van de energieprestatienorm een flinke steun in de rug zijn.

Drinkwaterwinning

Een laatste belemmering is de terughoudendheid in de hoek van de drinkwaterbedrijven en de bodembescherming vanwege de mogelijke risico's van WKO. Via het vergunningenbeleid wordt – in principe – voorkomen dat de winning van bodemenergie in conflict komt met de winning van grondwater voor drinkwater. Zelfs een vergunning betekent echter niet dat er geen risico's zijn. Zo kan een onoordeelkundig uitgevoerde boring leiden tot vermenging van grondwater uit verschillende lagen, waardoor zout grondwater kan doordringen in de zoetwaterhoudende laag waaruit drinkwater wordt gewonnen. Via de verplichte certificering van boorbedrijven probeert men de kans daarop te minimaliseren.

Milieu-effecten

Uit oogpunt van bodembescherming leven vragen rond het effect van wisselende grondwaterpeilen en wisselende temperaturen op het bodemleven en op de vele subtiele (bio-)chemische evenwichten in de bodem. Daarnaast kan een eventuele lekkage van koelmiddelen uit gesloten systemen effect hebben op het bodemleven. In het programma 'Meer met Bodemenergie', onderdeel van het Samenwerkingsprogramma Bodemenergie wordt op deze en andere vragen een antwoord gezocht. Het eindverslag wordt eind 2011 verwacht.

Tot slot

WKO is een volwassen technologie die zich bij uitstek leent voor toepassing in Nederland. Het potentieel van WKO is groot. Vrijwel alle nieuwbouw en grootschalige renovatie zou verwarmd en gekoeld kunnen worden met WKO. Om het potentieel te benutten, moeten echter de nodige belemmeringen worden overwonnen.

Allereerst is er behoefte aan meer regie over de ondergrond; enerzijds om conflicten over het gebruik ervan te voorkomen, zoals tussen de winning van bodemenergie en van drinkwater. Anderzijds is die regie nodig voor het doorontwikkelen van nieuwe combinaties, zoals de winning van bodemenergie onder gelijktijdige sanering van het grondwater. De AMvB Bodemenergie die in 2012 van kracht wordt, kan een belangrijke stimulans zijn voor het invullen van de regierol door gemeenten en provincies.

Gekoppeld aan de versterking van de regierol kan de overheid ook initiatieven nemen om de winning en afzet van bodemenergie te stimuleren. Onder meer door het aanscherpen van de energieprestatienorm en het vergroten van mogelijkheden om de warmte af te zetten.

Belangrijk tenslotte is dat er meer duidelijkheid komt over de effecten van WKO-systemen, al dan niet in combinatie met andere functies, op de biologische en (bio-)chemische kwaliteit van bodem en grondwater. Kennis alleen is niet voldoende. De resultaten van het onderzoek hiernaar zullen ook vertaald moeten worden in wet- en regelgeving en in protocollen en richtlijnen.

Referenties

- AgentschapNL (2010). 'Wijzigingen in wetten regelgeving in 2011 op het gebied van milieu en ruimtelijke ordening'. In: *InfoMil Nieuws* nr. 60, december 2010.
- CBS (2009). *Duurzame Energie in Nederland*. Voorburg/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- Drijver, B. M. Koenders, E. Van Nieuwkerk, I. Dinkla (2010). 'Meer met Bodemenergie' onderzoekt effecten WKO'. In: *Bodem* nr. 3, juni 2010, pp. 15-17.
- Gemeente Arnhem (2010). *Agenda voor de Structuurvisie Arnhem 2020 met doorkijk 2040*. <http://www.arnhem.nl>
- Harmsen R. & M. Harmelink (2007). *Duurzame warmte en koude 2008-2020: potentiëlen, barrières en beleid*. Utrecht: Ecofys.
- NVOE (2010a). *Protocol Mechanisch Boren*. Nederlandse Vereniging voor Ondergrondse Energieopslag. <http://www.nvoe.nl>
- NVOE (2010b). *Handleiding Bodemenergie en Grondwaterverontreiniging: Het ijs gebroken*. Nederlandse Vereniging voor Ondergrondse Energieopslag. <http://www.nvoe.nl>
- Ons Brabant (2011). 'Bodemkansen, beleid en beleidsmaatregelen'. <http://bodemwijzer.brabant.nl>
- Pieters, H., V. van Hoegaarden & S. Hagedoorn (2007). 'Met z'n allen profiteren van het blauwe goud'. In: *Bodem. Kwartalblad voor informatie-uitwisseling en discussie over bodembescherming en bodemsanering* 17, nr. 2, pp. 51-54.
- PT/LTO/LNV (2010). *Programma Kas als Energiebron. Jaarplan 2010*. Zoetermeer: Productschap Tuinbouw, LTO Glaskracht Nederland, Ministerie van LNV.
- Rijksoverheid (2011). 'Basisregistratie ondergrond'. <http://www.rijksoverheid.nl>
- Slegers, J. (2010). *Wat ging er mis met de Fiwhex?* Vakblad voor de Bloemisterij, 9.
- Task Force WKO (2009). *Groen licht voor bodemenergie*. Den Haag.
- Verbong, G. et al. (2001). *Een kwestie van lange adem. Geschiedenis van Duurzame Energie in Nederland*. Boxtel: Æneas, uitgeverij van vakinformatie bv.

ESSAY



Auteurs

Saskia Hagedoorn en Robert Harmsen

Consultants bij Ecofys

Saskia Hagedoorn is tegenwoordig werkzaam bij Brabant Water,

Robert Harmsen bij de Universiteit Utrecht.

AARDWARMTE

Het alternatief voor de gasketel?

Inleiding

Ondanks eerdere belangstelling in de jaren zeventig en tachtig, is aardwarmte als optie voor duurzame energie in Nederland pas de laatste jaren in een stroomversnelling gekomen. In 2007 stroomde er voor het eerst warm, zout water van 1700 meter diepte uit een winningsput in Bleiswijk. In 2008 was de tweede put gereed en kon de warmte uit de diepte worden gebruikt voor het verwarmen van de tomatenkassen van tuinbouwbedrijf Van den Bosch. Ook in 2008 werd het aardwarmteproject in Heerlen – waar warm water van 800 meter diepte wordt gewonnen uit oude mijngangen – operationeel.

Een jaar later – in 2009 - werd een tweede doublet in gebruik genomen, eveneens voor het tuinbouwbedrijf Van den Bosch, maar nu in Berkel. In 2010 gingen drie boringen van start: één in Den Haag voor de verwarming van 4000 nieuwe en bestaande woningen en 20.000 m² bedrijfsruimte en twee in Pijnacker. Eén voor het verwarmen van de kassen van een plantenkweker plus een zwembad en één voor een tomatenbedrijf. Per 1 januari 2011 zijn naast genoemde projecten voor 80 andere projecten opsporingsvergunningen aangevraagd en/of verleend. Circa de helft van deze vergunningen betreft glastuinbouwgebieden in Zuid-Holland (NLOG 2011).

Het lijkt er op dat de winning van diepe aardwarmte eindelijk begint aan te slaan. Het potentieel is groot. Het Platform Geothermie refereert aan schattingen van TNO in 2010 waaruit zou blijken dat het technisch/economisch potentieel van geothermie in de Nederlandse ondergrond tot 4 kilometer diep 38 exa-

joule (10^{18} joule) bedraagt, rekening houdend met huidige energieprijzen en rentestanden (van Heekeren 2010). Hiermee zou de bestaande woningvoorraad in Nederland 115 jaar verwarmd kunnen worden. Voor 2020 gaat het Platform uit van een jaarlijkse productie van minimaal 3 tot maximaal 15 petajoule (10^{15} joule).

Of de hoge schatting zal worden gerealiseerd hangt niet alleen af van rentestand en gasprijs, maar ook van het overheidsbeleid. Op dit moment is er nog geen heldere overheidsdoelstelling voor diepe geothermie, zoals die er wel is voor bijvoorbeeld windenergie. Daarnaast is de Mijnbouwwet, bestemd voor activiteiten in de diepe ondergrond (meer dan 500 meter), nog onvoldoende ingericht op geothermische initiatieven (van Heekeren 2010).

Het grootste knelpunt vormt echter de financiering. Het boren tot een diepte van 1700 meter kost circa drie miljoen euro. Diepere boringen zijn duurder. Ondanks seismisch onderzoek en gegevens van eerdere boringen bestaat de kans dat er geen warm water uit komt. Omdat er twee putten nodig zijn - een doublet - moet dat bedrag worden verdubbeld. Met de kosten voor pompen en leidingen kom je voor een systeem uit op een bedrag van rond de 7 miljoen euro. Om aan dit probleem tegemoet te komen heeft de regering een garantiefonds opgezet, maar dat functioneert, volgens veel initiatiefnemers, nog niet naar behoren.

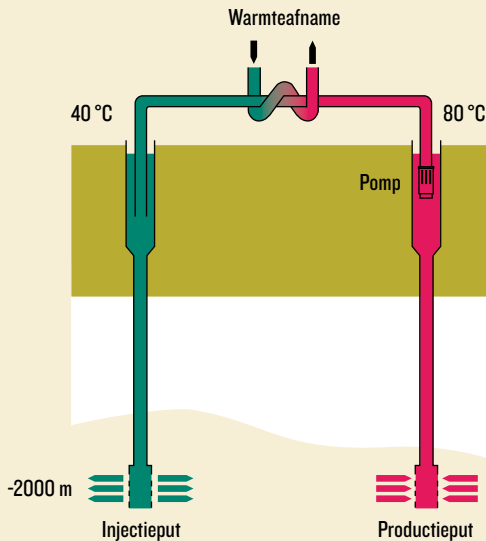
Om deze en andere belemmeringen weg te nemen en er op die manier voor te zorgen dat in 2020 15 petajoule en in 2030 150 petajoule aan aardwarmte wordt gewonnen heeft de Partij van de Arbeid in februari 2011 een 'Aanvalsplan Aardwarmte' (Samsom 2011) gelanceerd met daarin voorstellen voor een uitbreiding van het Garantiefonds, een aansluitplicht voor woningen en gebouwen en de verplichting voor provincies om een structuurvisie voor de ondergrond op te stellen.

Na een korte schets van de technieken voor het winnen van diepe aardwarmte, wordt ingegaan op de voorgeschiedenis in Nederland sinds medio jaren zeventig. In de daaropvolgende paragrafen worden de potentie van diepe aardwarmte in Nederland besproken en de mogelijke belemmeringen. In de slotparagraaf worden de conclusies op een rijtje gezet.

Hoe werkt aardwarmte?

Aardwarmte of geothermie is warmte die in de bodem is opgeslagen. Het ontstaat door natuurlijke radioactiviteit en door warmtegeleiding vanuit de hete kern en de iets minder hete mantel van de aarde. Hoe dieper je boort, hoe warmer het wordt. Gemiddeld stijgt de temperatuur met 3 graden per 100 meter diepte. In geologisch actieve gebieden zoals in IJsland kan de warmte tot veel dichters aan het aardoppervlak komen en uit zich bijvoorbeeld in opspuitende geisers.

In die geologisch actieve gebieden wordt de warmte, die vrijkomt in de vorm van hete stoom, al eeuwenlang gebruikt voor verwarming, koken en geneeskrachtige baden en sinds 1911 ook voor de productie van elektriciteit. Of eigenlijk al in 1904 toen Prins Piero Ginori Conti er in het Italiaanse Lardarello in slaagde om vier gloeilampen te laten branden op elektriciteit, die was opgewekt met stoom uit de grond. In 1911 werd er een echte elektriciteitscentrale gebouwd, die nu nog steeds draait. Hoe lang nog is de vraag, want de laatste jaren is de stoomdruk verminderd met 30 procent. In 2010 stond wereldwijd ruim 10 gigawatt opgesteld aan geothermische elektriciteit, ongeveer een derde van het in Nederland opgestelde vermogen (Geothermal Energy Association 2010). De verwachting is dat in 2015 ruim 18 gigawatt elektrisch vermogen geplaatst is.



Figuur 1
Schematische voorstelling winning diepe aardwarmte

Een aardwarmte doublet bestaat uit twee putten: een winningsput en een put om het afgekoelde water weer terug te voeren (zie figuur 1). Aan de oppervlakte liggen de putmondens meestal dicht bij elkaar, maar in de diepe ondergrond liggen ze ver uit elkaar om te voorkomen dat het koudere water zich mengt met het warme water, voordat het weer voldoende is opgewarmd. Uiteindelijk gebeurt dat toch wel, maar hoe verder de putten uit elkaar liggen, hoe langer het duurt. Bij het doublet in Bleiswijk liggen ze ondergronds op een afstand van twee kilometer en dat zou voldoende moeten zijn voor een periode van 35 – 40 jaar. De snelheid waarmee een afgekoelde bron weer op temperatuur is (natuurlijke regeneratie) is moeilijk te schatten, maar ligt in de orde van enkele tientallen jaren.

Boren is riskant en duur. Mondiaal wordt gewerkt aan methoden om met grotere zekerheid vast te kunnen stellen waar zich een geothermisch reservoir bevindt en hoeveel warm water naar verwachting zal worden geproduceerd. Hierdoor kan het investeringsrisico van een proefboring worden verkleind (Forseo 2008).

In het kader van het Delft Aardwarmte Project werken Nederlandse bedrijven en kennisinstellingen aan de ontwikkeling van goedkopere boortechnieken. Bij een klassieke boring wordt een stuk geboord; vervolgens wordt de behuizing aangebracht en daarna wordt er weer verder geboord. Bij de nieuwe techniek bevindt de boorkop met motor zich aan het uiteinde van een holle, redelijk flexibele pijp van composietmateriaal. Via een kabel wordt de motor van stroom voorzien; de pijp fungeert als casing (Bakker 2008).

De 'klassieke' geothermie is afhankelijk van het natuurlijke transport van water in de diepe ondergrond. Op veel plaatsen in de wereld stroomt het water in de diepe ondergrond niet altijd door. Vandaar dat er wereldwijd onderzoek wordt gedaan naar Enhanced Geothermal Systems (EGS). Kortweg komt de techniek er op neer dat water onder hoge druk in de bodem wordt geïnjecteerd. Bij voorkeur op een 'hot spot' waar de temperatuur van het gesteente enkele honderden graden is. Het koude water en de hoge injectiedruk zorgen ervoor dat er scheuren en breuken in het gesteente ontstaan, waardoor het geïnjecteerde water zijn weg vindt naar de winningsput. Toevoegen van chemicaliën kan de scheurbreedte en daarmee de stroomsnelheid van water verder verbeteren.

EGS kan ook voor Nederland interessant zijn. Hoewel ons land niet erg geologisch actief is, komen er in de ondergrond wel 'hot spots' voor, waar sprake is van een opwaartse geologische stroom, die warmte van hoge temperatuur – enkele honderden graden – tot vrij dicht onder het aardoppervlak brengt, dat wil zeggen op een diepte van vier a vijf kilometer. Een mogelijke kandidaat voor EGS is de Roerdalslenk, een actief breuksysteem dat vanuit Limburg in noordwestelijke richting loopt.

De techniek van EGS is niet geheel zonder risico. De hoge druk van het koude water kan, in combinatie met natuurlijke spanningen in de bodem, leiden tot aardbevingen. In december 2006 bijvoorbeeld vond er een lichte aardbeving plaats in het geologisch actieve Zwitserse Basel, die vermoedelijk veroorzaakt was door proeven met injectie van water onder druk. Het was een beving met een kracht van 3,4 op de Schaal van Richter (niveau rinkelende glazen), maar hij leidde wel tot stopzetting van het experiment (Swissinfo 2006).

Historie¹

De eerste oliecrisis (1973) drukte Nederland met de neus op het feit wat betreft de afhankelijkheid van olie uit het Midden-Oosten. Een van de alternatieve bronnen van energie die indertijd in beeld kwam, was aardwarmte. In 1974 publiceerden twee medewerkers van de NAM een onderzoek waaruit bleek dat zich op een diepte van rond de twee kilometer veel heet water in de bodem zat.

In augustus van hetzelfde jaar vormde zich, op initiatief van TNO, een informele Gespreksgroep Aardwarmte, die een jaar later tot de conclusie kwam dat een nadere evaluatie van de betekenis van geothermische energie voor Nederland zeer gewenst was. Het enthousiasme spatte overigens niet van de pagina's af ("mogelijkheden (...) zijn niet uitgesloten"), maar men vond de potentiële mogelijkheden van deze energiebron aantrekkelijk genoeg om niet helemaal te verwaarlozen.

Twee jaar later, in 1977, vertaalde het advies van de werkgroep zich in een voorstel voor een onderzoeksprogramma 'Aardwarmte en Warmteopslag' als onderdeel van het Nationaal Programma Energie Onderzoek. Naast het in kaart brengen van het geothermisch potentieel van Nederland bevatte het programma de suggestie om onderzoek te doen naar de mogelijkheden van energiewinning op de Mid-Atlantische Rug, een geologisch actieve bergketen die van Noord naar Zuid loopt in de Atlantische Oceaan. IJsland maakt hier deel van uit.

Potentieel blijkt aanzienlijk

Nog eens twee jaar later, in 1979, werd het programma goedgekeurd met dien verstande dat de nadruk kwam te liggen op uitvoering van projecten in Nederland. De ambitie was vóór 1990 drie tot vijf geothermische projecten te realiseren. Om die ambitie waar te maken zou op korte termijn een demonstratieproject gerealiseerd moeten worden om vast te stellen of geothermische energie in Nederland technisch en economisch haalbaar was. Tegelijkertijd zouden bedrijven ervaring op kunnen doen.

In het verslag van het Nationaal Onderzoeksprogramma Aardwarmte en Warmteopslag 1979 – 1984 concludeerde de programmaleider dat er op basis van de hydro-geologische gegevens honderden aardwarmteprojecten uitgevoerd konden worden. De sector die als eerste in beeld kwam was de glastuinbouw, maar op de wat langere termijn zou aardwarmte ook aantrekkelijk kunnen zijn voor ruimteverwarming in de gebouwde omgeving en voor industriële processen met lage temperaturen.

¹ Gebaseerd op Verbong et al. (2001).

Eerste opbrengst valt tegen

In 1986 vond de eerste proefboring plaats. Niet in de glastuinbouwgebieden van Zuid-Holland, wat mischien voor de hand had gelegen, maar in het Brabantse dorp Asten bij Helmond. De boring ging tot 1600 meter diepte en kostte 2,3 miljoen gulden (1,1 miljoen euro). De opbrengst viel tegen. Waar 110 m³ water per uur vooraf werd ingeschat, bleek de put slechts de helft te produceren. Ook de temperatuur van het water was lager dan de verwachte 60 graden.

De tegenvallende resultaten betekenden het voorlopige einde van de diepe aardwarmte in Nederland. Andere projecten werden afgeblazen. Het risico werd te groot geacht, zeker in het licht van de lage gasprijzen in de tweede helft van de jaren tachtig.

Belangstelling groeit weer

Vanaf het begin van de 21ste eeuw nam de belangstelling voor diepe aardwarmte weer toe. Naast stijgende energieprijzen, zijn het vooral de internationale afspraken over de reductie van CO₂-uitstoot die de kentering inluiden. Een andere factor is de succesvolle toepassing van aardwarmte in buurland Duitsland. Daar is de ontwikkeling van vooral geothermische elektriciteit het afgelopen decennium in een stroomversnelling geraakt door overheidssteun in de vorm van risicodekking en exploitatiesteun (Forseo 2008).

In 2002 neemt SenterNovem (tegenwoordig AgentschapNL) het initiatief tot de oprichting van het Platform Geothermie, dat bedrijven, overheden, kennisinstellingen en non-profit organisaties verenigt. Het stimuleert de aandacht voor geothermie, helpt partijen bij het ontwikkelen van projecten en agendeert thema's die de toepassing van geothermie bevorderen dan wel belemmeren. Het Platform speelde en speelt een belangrijke rol bij het vergroten van de bekendheid met aardwarmte, zowel bij overheden als bij potentiële gebruikers.

Hoewel de toepassing van aardwarmte nog steeds in de kinderschoenen staat, neemt de interesse zienderogen toe. Er zijn inmiddels tientallen haalbaarheidsstudies uitgevoerd naar de mogelijke toepassing van aardwarmte op verschillende locaties. Begin 2011 zijn er al meer dan tachtig vergunningen in het kader van de Mijnwet aangevraagd en/of toegekend en zijn er zes projecten tot stand gekomen.

Kleine speler

Op Europees en mondiaal niveau zijn de Nederlandse activiteiten op het gebied van diepe aardwarmte bescheiden. Europa loopt met de helft van het mondiaal opgestelde vermogen voorop in de toepassing van aardwarmte. De ambities zijn groot. The European Geothermal Energy Council (EGEC) heeft voor 2030 als doelstelling geformuleerd om 80 gigawatt aan aardwarmte te gebruiken voor verwarming en 15-30 gigawatt voor het opwekken van elektriciteit (EGEC 2011).

Op mondiaal niveau heeft de International Energy Agency (IEA) aardwarmte op de agenda gezet met haar Geothermal Implementing Agreement. De activiteiten van dit internationale samenwerkingsverband omvatten onderzoek op een viertal deeltereinen: Environmental Impacts of Geothermal Development, Enhanced Geothermal Systems, Advanced Geothermal Drilling Technology and Direct Use of Geothermal Energy. Tot op heden is Nederland geen lid van de groep landen die hierin actief is (IEA-GIA 2011).

De beloften

Groot potentieel

In de diepe ondergrond van Nederland liggen veel 'dikke' watervoerende lagen bestaande uit poreus zandsteen, waarmee ons land beschikt over een groot potentieel voor aardwarmte. Uit schattingen van TNO in 2010 blijkt dat het technisch/economisch potentieel van geothermie in de Nederlandse ondergrond tot 4 kilometer diep 38 exajoule bedraagt. Hiermee zou de bestaande woningvoorraad in Nederland – zonder rekening te houden met verbeteringen in de isolatie - 115 jaar verwarmd kunnen worden.. Voor 2020 gaat het Platform Geothermie uit van 3 tot 15 petajoule energieproductie uit geothermie in eerste instantie vooral de glastuinbouw en de gebouwde omgeving.

Gasprijs speelt grote rol

Doorslaggevend is natuurlijk de vraag of het potentieel aan aardwarmte ook economisch gewonnen kan worden. Dat hangt vooral af van de ontwikkeling van de gasprijs. Het Platform Geothermie schat dat in 2020 bij maximale inspanning van de overheid, een hoge gasprijs en een lage rente maximaal 15 petajoule gewonnen kan worden.

Elektriciteitsproductie

Nederland is geologisch niet actief, behoudens een enkele beving in Limburg door natuurlijke afschuivingen en wat trillingen in Groningen en Noord-Holland als gevolg van de gaswinning. Desondanks beschikken we ook in de diepe ondergrond (meer dan 3,5 kilometer) over hot spots, met name de Roerdalslenk, die van het zuidoosten naar het noordwesten van Nederland loopt. Voor onder andere Texel en Terschelling zijn haalbaarheidsstudies uitgevoerd voor de elektriciteitsproductie op basis van geothermie. De daar aanwezige warmte van hoge temperatuur kan worden benut voor het opwekken van elektriciteit. De technieken die hiervoor worden gebruikt (Rankine-cyclus, Kalina-cyclus) kunnen elektriciteit opwekken met water van 100-200 graden celsius. De economische haalbaarheid is echter wel laag bij temperaturen lager dan 150 graden celsius.

Een groot voordeel voor de ontwikkeling van diepe aardwarmte is dat de Nederlandse ondergrond gedetailleerd in kaart is gebracht dankzij de vele seismische metingen en boringen voor de olie- en gaswinning. Die gegevens behoren na vijf tot tien jaar tot het publieke domein en zijn dus voor iedereen toegankelijk. Met die gedetailleerde gegevens kan het risico van een dure misser worden beperkt.

De belemmeringen

Risico op een misboring

Helemaal nul wordt het risico op een misboring niet; er is altijd een kans dat de put te weinig water of water van te lage temperatuur levert. Dit betekent dat het project een verlies lijdt van minimaal drie miljoen euro. Bij diepere boringen is het verlies groter.

Garantieregeling

Om het risico op misboringen af te dekken, is in november 2009 een garantieregeling, beschikbaar gesteld door de toenmalige ministeries van Economische Zaken en van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselveiligheid. Ook de Rabobank draagt bij aan de regeling door garant te staan voor nog eens 10 procent van het risico. De regeling is herzien in juli 2010.

Ondanks de herziening is de regeling volgens potentiële investeerders nog te weinig aantrekkelijk. Initiatiefnemers moeten een premie betalen van 7 procent van de investeringskosten. Bovendien is het eigen risico 15 procent. Een andere tekortkoming – althans volgens het Platform Geothermie – is dat het plafond (8,5 miljoen euro) te laag is in verhouding tot de kosten van veel projecten. Diepere boringen zijn namelijk duurder dan het huidige verzekeringsbedrag, maar leveren wel veel meer warmte op. In het Aanvalsplan Aardwarmte pleit de PvdA daarom voor een halvering van de premie en een verviervoudiging van het plafondbedrag. Of dat gebeurt, is nog een open vraag. De garantieregeling is een proef. Op basis van de ervaringen in de praktijk en de ontwikkelingen in de verzekeringsbranche wordt op dit moment bekeken of de regeling moet worden aangepast. Wanneer dat gebeurt, is niet bekend.

Hoge gasprijs kan ook belemmerend werken

Eén van de voorwaarden om in 2020 15 petajoule geothermie te realiseren is volgens het Platform Geothermie een hoge gasprijs. Hoewel 15 petajoule op het eerste gezicht een klein getal lijkt (de totale warmtevraag in Nederland bedraagt bijvoorbeeld 1200 petajoule per jaar), gaat het wel om circa 150 geothermie projecten. In minder dan 10 jaar moet het aantal geothermie projecten dus groeien van 6 nu tot circa 150 in 2020. Enige snelheid is dus gewenst. Gegeven het feit dat een succesvolle boring circa 4 maanden in beslag neemt, zou een boorinstallatie (inclusief het gekwalificeerd personeel om de installatie te bedienen) per jaar drie projecten kunnen faciliteren. Dit betekent dat de vraag naar (nieuwe) boorinstallaties (en ervaren personeel) sterk moet groeien. Hier tekent zich een kip-ei probleem af: de boorinstallaties voor diepe geothermie zijn niet anders dan die gebruikt voor *onshore* gas- en oliewinning. Echter, indien de gasprijs (en die van olie) hoog is – en de business case voor geothermie projecten gunstig –, zullen veel van de beschikbare boorinstallaties voor olie- en gaswinning ingezet worden. Andersom geldt dat bij lage gas- en olieprijsen de beschikbaarheid van boorinstallaties relatief groot zal zijn, maar de business case voor een geothermie project juist ongunstig (Mackaaij 2010).

Subsidies

Investeerders in aardwarmte kunnen naast de garantieregeling ook aanspraak maken op verschillende aftrekregelingen, zoals de milieu-investeringsaftrek (MIA), de energie-investeringsaftrek (EIA). Voor glastuinders komt daar nog bij de Marktintroductie Energie-Innovatie (MEI). Daarnaast kan een beroep worden gedaan op de Energie Onderzoek Subsidie (EOS) en de Unieke Kansen Regeling (UKR). Omdat de verschillende regelingen niet structureel zijn, wordt volgens het Platform Geothermie, de animo van investeerders beperkt. Daarin verschilt aardwarmte overigens niet van andere vormen van hernieuwbare energie.

Distributie

Een belangrijk aspect is ook dat de rentabiliteit van veel aardwarmteprojecten afhankelijk is van de mogelijkheden warmte te leveren aan derden. Dat kunnen andere glastuinbouwbedrijven zijn, maar ook gebouwen en woningen. Nu is dat nog vrijwillig. Zo hebben begin 2010 vijf tuinbouwbedrijven in de Vierpolder bij Brielle een afnameovereenkomst getekend voor een nog te ontwikkelen geothermie project. In het Aanvalsplan Aardwarmte pleit de PvdA voor een aansluitplicht voor alle woningen en bedrijven in een aangewezen gebied. De afzetkosten voor aardwarmte zouden al aanzienlijk verminderd kunnen worden als de warmtebron kan worden aangesloten op bestaande warmtenetten.

Een probleem bij de al dan niet verplichte afname van (aard-)warmte is de toepassing van het NMDA-beginsel, een afkorting die staat voor 'Niet Meer Dan Anders'. Het beginsel houdt in dat huishoudens aangesloten op een warmtenet een maandelijks bedrag betalen dat vergelijkbaar is met het bedrag dat een huishouden met een eigen CV-ketel betaalt. Op zich een redelijk beginsel dat is overgenomen in de nieuwe Warmtewet. Echter, de manier waarop deze vormgegeven is, heeft tot veel kritiek geleid, onder andere van de Stichting Warmtenetwerk. Voor aardwarmte projecten zou het erop neer komen dat consumenten nauwelijks invloed op hun energierekening hebben omdat de variabele kosten van aardwarmte laag zijn, terwijl de warmteproducent niet in staat is de hoge kapitaallasten door te vertalen in het vastrecht. In het voorjaar van 2011 wordt het voorstel, samen met het bijbehorende ontwerp Warmtebesluit, aan de Tweede Kamer aangeboden.

Ondergronds ruimtelijk beleid

Een knelpunt voor de ontwikkeling van aardwarmte is ook het ontbreken van een beleid voor ondergrondse ruimtelijke ordening, waardoor initiatieven elkaar in de weg kunnen zitten. Voor de diepe ondergrond is het ministerie van Economie, Landbouw en Innovatie het bevoegd gezag en de Mijnbouwwet het wettelijk kader. Initiatiefnemers moeten allereerst een opsporingsvergunning aanvragen voor de eerste boring. Als die succesvol is moeten ze een winningvergunning aanvragen. Daarnaast hebben ze een mijnbouwmilieuvergunning nodig en een aantal lokale vergunningen. De Mijnbouwwet voldeed prima zolang de overheid te maken had met een klein aantal spelers, in casu de olie- en gasmaatschappijen. Op het terrein van geothermische energiewinning krijgt de overheid echter met veel meer spelers te maken. In verband daarmee wordt de Mijnbouwwet de komende jaren aangepast. Decentralisatie van de vergunningverlening is daarbij bespreekbaar, maar hangt af van de ervaringen met de vergunningverlening voor WKO-projecten (warmte- en koudeopslag) waarvoor de provincie het bevoegd gezag is. Of en wanneer tot decentralisatie wordt besloten is niet bekend. Wel hebben rijk en decentrale overheden in 2009 een Bodemconvenant afgesproken (Cramer 2009). Daarin is afgesproken dat de provincies de eerstverantwoordelijke partij zijn voor het maken van bovenlokale afwegingen tussen gebruiksfuncties. Als gevolg daarvan moeten Provincies een Structuurvisies opstellen voor de ondergrond. In februari 2011 had alleen de provincie Drenthe een dergelijke structuurvisie opgesteld.

Maatschappelijk debat

Anders dan over bijvoorbeeld wind- en kernenergie is aardwarmte tot op heden nauwelijks onderwerp van maatschappelijk debat. Bij inspraakprocedures wordt vooral gevraagd naar eventuele geluidsoverlast als gevolg van de boringen. Andere milieueffecten spelen nauwelijks een rol (KIVI/NIRIA 2006). Volgens

experts bestaat er een kans dat zich tijdens het boren lichte trillingen voordoen. Verder is er een kleine kans op een 'blow out' van zout grondwater. Met technische maatregelen en goed toezicht is het risico verwaarloosbaar. Wel is in november 2010 door toezichthouder Staatstoezicht op de Mijnen een tijdelijk moratorium van drie maanden afgekondigd op aardwarmteboringen. Reden voor het moratorium is onduidelijkheid over de veiligheidsprocedures en de aansprakelijkheid mocht er toch iets mis gaan. Het gevaar van een boring betreft vooral de mogelijkheid dat olie of gas kan worden aangetroffen.

De ervaring leert dat technisch-rationele overwegingen niet altijd doorslaggevend zijn in de publieke discussie en de daarop volgende besluitvorming. Vooral de discussie over ondergrondse opslag van CO₂ heeft het publiek extra gevoelig gemaakt voor mogelijke gevolgen van activiteiten in de ondergrond. Die gevoeligheid kan uitmonden in maatschappelijk verzet als zich ergens een lichte beving voordoet, die - zoals in 2006 in Basel - gekoppeld kan worden aan de winning van geothermische energie. Een optie zou kunnen zijn om niet alleen te beloven om eventuele schade te vergoeden, maar omwonenden te laten delen in de opbrengst van aardwarmte. Iets dergelijks wordt overwogen bij de winning van schaliegas.

Tot slot

Mede dankzij de uitgestrekte voorkomens aan warm water in goed doorlatende zandlagen is de hoeveelheid winbare diepe aardwarmte in Nederland aanzienlijk.

Hoewel de winning van geothermische energie wereldwijd op grote schaal plaatsvindt, lijken er nog wel verbeteringen mogelijk. Zo zou de voorspellende waarde van seismische en andere gegevens over de diepe ondergrond moeten verbeteren om het risico van een misboring verder te verkleinen. Verder lijken er mogelijkheden te zijn om de kosten van boringen te verminderen door gebruik van nieuwe technieken. Op grote diepten tenslotte (4 en meer kilometer) liggen mogelijkheden voor Enhanced Geothermal Systems, waarbij warmte van hoge temperatuur wordt gewonnen.

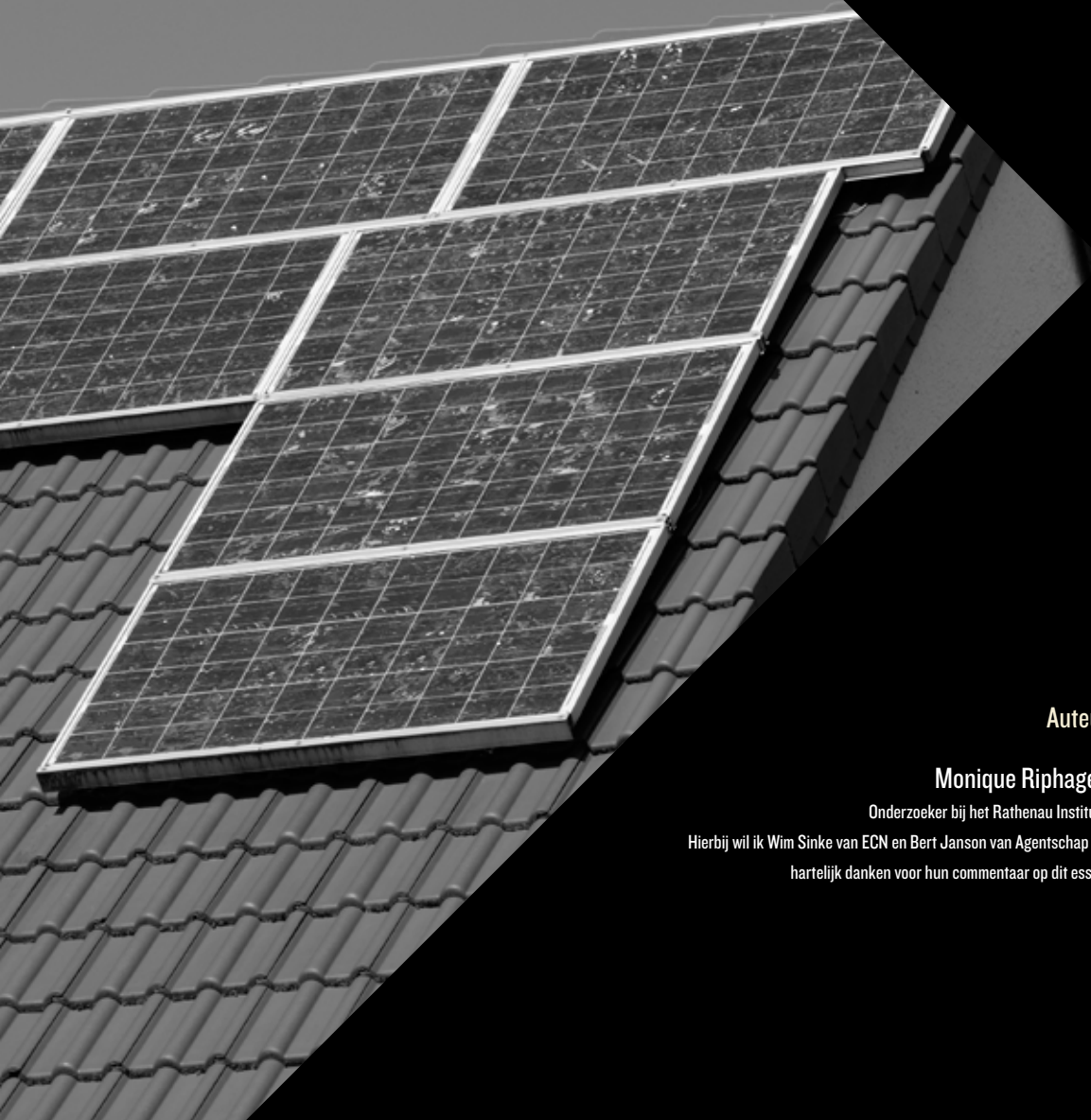
Om de potentie van geothermische energie te benutten moeten er echter nog wel een paar hobbels worden genomen. Zo lijkt het garantiefonds voor misboringen niet afgestemd op de behoeften van investeerders. Hetzelfde geldt voor de subsidieregelingen. Ook is er nog teveel onduidelijkheid over wat waar mag in de ondergrond. Anders gezegd: er is nog geen visie op de ruimtelijke ordening van de ondergrond, een probleem dat ook speelt bij WKO.

Zelfs als de overheden (rijk, provincie, gemeenten) een helder en duidelijk beleid formuleren voor het benutten van geothermische energie, is het nog geen gelopen race. De discussie over de ondergrondse opslag van CO₂ heeft de gevoeligheid van de burger voor hetgeen er gebeurt in de ondergrond duidelijk vergroot. Een uitvloeisel ervan is het verzet tegen de ondergrondse gasopslag in Bergen en het verzet tegen de zoutwinning bij Harlingen. Ook de winning van geothermische energie zal in de toekomst mogelijk kritischer worden bekeken.

Referenties

- Bakker, T. (2008). 'Boren aan een elastiekje'. Delft: Delfts Aardwarmte Project symposium, 10 november 2008.
- Cramer, J.M. et al (2009). *Convenant Bodemontwikkelingsbeleid en aanpak spoedlocaties*. Den Haag: de Minister van VROM. <http://www.agentschapnl.nl>
- EGEC (2011). 'EGEC. The Voice of Geothermal Industry in Europe.' <http://www.egec.org>
- Forseo (2008). *The Investor's Guide to Geothermal Energy. How to Capitalize on the Heat Beneath Your Feet*.
- Geothermal Energy Association (2010). *Geothermal Energy: International Market Update*.
- Heekeren, E.V. van (2010). 'Factsheet diepe geothermie'. Den Haag: Stichting Platform Geothermie. <http://www.geothermie.nl>
- IEA-GIA (2011). 'Supporting and Advancing Worldwide Geothermal Energy Use Through International Cooperation.' <http://www.iea-gia.org>
- KIVI/NIRIA (2006). *Smart Energy Mix*. Congres 12 oktober 2006.
- Lokhorst A. & Th. E. Wong. (2007). 'Geology of the Netherlands. Geothermal Energy Section' In: Th. E. Wong et al. (ed.). *Geology of the Netherlands*. Den Haag: Koninklijke Academie van Kunst en Wetenschappen, pp. 341-346.
- Makaaij, S.R.J. (2010). *Determining Offshore Wind and Deep Geothermal Technology Deployment Potentials in the Netherlands for the Period 2010-2020*. Master Thesis, Utrecht University.
- NLOG (2011). 'Geothermie'. <http://www.nlog.nl>
- Samsom, D. (2011). 'Nieuwe energie aanboren. PvdA Aanvalsplan Aardwarmte'. Amsterdam: PvdA. <http://nu.pvda.nl>
- Swissinfo (2006). 'Manmade tremor shakes Basel'. <http://www.swissinfo.ch>
- Verbong et al. (2001). *Een kwestie van lange adem. De geschiedenis van duurzame energie in Nederland*. Boxtel: Æneas, uitgeverij van vakinformatie bv.

ESSAY



Auteur

Monique Riphagen

Onderzoeker bij het Rathenau Instituut

Hierbij wil ik Wim Sinke van ECN en Bert Janson van Agentschap NL

hartelijk danken voor hun commentaar op dit essay.

ZONNEPANELEN EN ZONNEBOILERS

Kan de zon het dak op?

Inleiding

Elk half uur valt er een hoeveelheid zonlicht op de aarde die de hele wereldbevolking een jaar lang van elektriciteit kan voorzien (IEA 2010). Daarmee is de zon de belangrijkste energiebron op aarde. Via onder meer zonnepanelen en zonneboilers is het mogelijk om zonlicht om te zetten in stroom respectievelijk warmte van de zon; hernieuwbare en relatief schone vormen van energie.

In Nederland zijn zonnepanelen en -boilers nog niet echt populair. In het buitenland – bijvoorbeeld in Duitsland – worden ze op veel grotere schaal toegepast dan bij ons. Opvallend, want de zon schijnt in Duitsland even vaak en even fel als in Nederland. Vanwaar dat verschil? Wat zijn de kansen voor zonnepanelen en zonneboilers in Nederland? En waar liggen de belemmeringen?

Hoewel de techniek van zonnewarmte en zonnestroom verschilt, spelen vergelijkbare uitdagingen en discussiepunten een rol. Beide energievormen worden in Nederland kleinschalig toegepast, voornamelijk in de gebouwde omgeving. Om die reden worden de ontwikkelingen rondom de twee technologieën dan ook in één essay beschreven.

Zonnepanelen komen in deel één aan de orde, gevolgd door de zonneboilers in deel twee. Elk deel beschrijft de historie, de toepassingen, de technische ontwikkelingen en toekomstscenario's en wordt afgesloten met de kwestie van de maatschappelijke inpassing van respectievelijk zonnepanelen en -boilers. Het essay wordt besloten met een algemene conclusie.

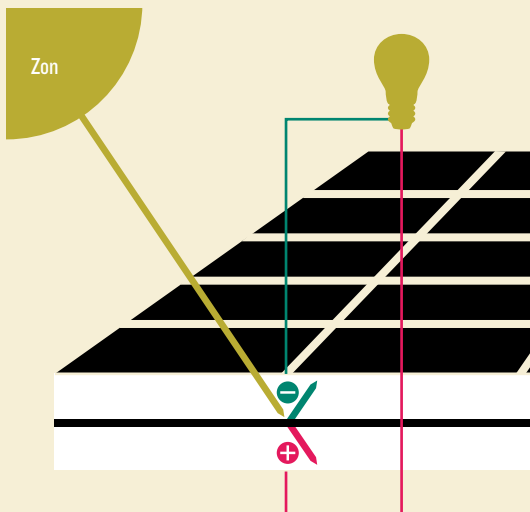
Stroom uit zonnepanelen: een techniek in opkomst

Dat zonlicht omgezet kan worden in elektriciteit, is al bekend sinds de eerste helft van de negentiende eeuw. In 1839 ontdekte Becquerel dit fotonvoltaïsch (in het Engels: photovoltaic, PV) effect. Het duurde vijftig jaar voordat het werd toegepast in een zonnecel met een rendement van 1 procent. Nog later, in 1904, vond Einstein een theoretische verklaring voor het fotonvoltaïsch effect (Sinke 2007, ECN). De maker van de eerste zonnecel Charles Fritts voorzag in 1883 al de enorme mogelijkheden ervan voor de elektriciteitsvoorziening. In de daarop volgende eeuw moesten zonnecellen het echter afleggen tegen (goedkopere) fossiele brandstoffen.

In de eerste helft van de twintigste eeuw is veel onderzoek gedaan naar zonnecellen en naar verschillende soorten materialen voor het opwekken van zonnestroom. Vanwege de dure grondstoffen bleef het echter bij onderzoek; praktische toepassingen bleven later vooralsnog beperkt tot de ruimtevaart.

Als gevolg van het Rapport aan de Club van Rome 'Grenzen aan de groei' (1972) en de energiecrises van de jaren zeventig groeide echter het bewustzijn dat de westerse wereld en welvaart wel erg afhankelijk waren van een ongestoorde aanvoer van goedkope olie. Zowel de Verenigde Staten als Europa stimuleerden het onderzoek naar diverse alternatieve energietechnieken, waaronder PV. In Nederland richtte het onderzoek zich vooral op het verlagen van de productiekosten van zonnecellen. Dat onderzoek was overigens bescheiden van omvang.

Hoe werkt zonnestroom?



Zonlicht, bestaande uit fotonen, valt op een halfgeleidermateriaal, meestal silicium (gemaakt uit zand), dat wordt verontreinigd (gedoteerd) met fosfor en boor. Als er een foton op valt komt er een negatief geladen elektron vrij dat kan gaan bewegen. Het elektron laat een positief geladen 'gat' achter dat ook kan bewegen. De zonnecel scheidt elektronen en gaten van elkaar en zo ontstaat een spanningsverschil tussen voor- en achterkant. Als die twee met elkaar worden verbonden, gaat er een stroom lopen en kan de zonnecel elektrische energie leveren; bijvoorbeeld aan het elektriciteitsnet, een accu of een apparaat (zie figuur 1).

Zonnecellen, in de vorm van een dunne plak of een dunne laag op een drager, worden gebruikt in de vorm van panelen waarin vele cellen met elkaar zijn verbonden en zorgvuldig ingepakt, meestal achter glas.

Figuur 1
Principe van de zonnecel. (Gebaseerd op: <http://www.zonnepanelen-info.nl>)

In de jaren tachtig kwam de micro-elektronica op. Productietechnieken uit die bedrijfstak bleken ook geschikt voor het goedkoper produceren van zonnecellen. Dalende kosten en het vooruitzicht op hogere rendementen deden de aandacht voor zonnestroom wereldwijd toenemen.

In de Verenigde Staten en Japan zette de overheid indertijd financiële regelingen op om de afzet van zonnestroom te ondersteunen. De mogelijkheid om zonnepanelen aan te sluiten op het elektriciteitsnet maakte zonnestroom extra aantrekkelijk.

Toepassing

Hoewel de kostprijs per geleverde kilowattuur al decennialang daalt, dankzij technologische ontwikkeling en schaalvergroting, is het toepassen van zonne-energie op onze breedtegraad nog steeds afhankelijk van overheidsstimulering. Die kan de vorm aannemen van een investeringsbijdrage dan wel een premie op geleverde energie. In Duitsland zijn beide vormen toegepast.

In 1999 startte bij onze Oosterburen Honderdduizend Daken Programma. Het doel was om 100.000 daken te voorzien van zonnepanelen met een totale capaciteit van 300 megawattpiek (MWp). Burgers konden hiervoor goedkope leningen afsluiten. Het programma was een succes. Het eindigde in 2003 met een totale geïnstalleerde capaciteit van 400 MWp, een kwart meer dan beoogd.

In 2000 werd de Erneubare-Energien-Gesetz (EEG) van kracht. Kern van deze wet, die nog altijd geldig is – zij het in gewijzigde vorm – is het zogeheten ‘Feed in Tariff’ (FiT). De teveel opgewekte elektriciteit kan tegen een behoorlijke vergoeding worden teruggeleverd aan het elektriciteitsnet.

De EEG-wet bepaalt verder dat netbeheerders de zonnestroom verplicht moeten afnemen. Zij zijn ook verantwoordelijk zijn voor de aansluiting van zonnestroomproducenten op het net en voor de eventueel noodzakelijke uitbreiding van dat net (VPRO 2008).

Het tarief geldt voor twintig jaar en is ruim voldoende om de investering terug te verdienen. Om technologische vernieuwing en verlaging van de kostprijs van PV-systemen te stimuleren wordt het ‘Feed in Tariff’ elk jaar iets lager voor nieuwe aanvragers. De terugleververgoeding wordt bekostigd door de afnemers van elektriciteit.

De gegarandeerde afname van zonnestroom tegen een vaste (hoge) prijs maakt het voor boeren en andere bedrijven commercieel erg aantrekkelijk om het dak vol te leggen met zonnepanelen. Er zijn zelfs bedrijven die dakruimte huren van particulieren of boerderijen om er zonnepanelen te plaatsen. Ook dat kan blijkbaar nog uit.

De grote stimulator van de feed in-regeling was het in 2010 overleden SPD-Bundestaglid Hermann Scheer. Ongeveer veertig landen en regio's, waaronder Spanje, Frankrijk en Italië, hebben het Duitse voorbeeld gevolgd.

Volgens Scheer kende de Duitse opzet een aantal succesfactoren. Ten eerste de zekerheid, dat wie zonnepanelen installeert, de komende twintig jaar gegarandeerd een vergoeding krijgt voor levering aan het net.

De tweede succesfactor was het 'open einde'. Iedereen die zonnestroom levert krijgt de terugleververgoeding. Volgens Scheer zorgde dat voor vertrouwen bij fabrikanten van zonnecellen en -panelen op een redelijk gegarandeerde afzet.

De derde belangrijke factor is dat het Feed in Tariff niet wordt betaald uit de rijksbegroting, maar via een opslag op de energierekening. Daarmee is de regeling onttrokken aan de politieke waan van de dag en hoeft hij niet elk jaar bevochten te worden. De kans op wegbezuinigen wordt daardoor een stuk kleiner (Volkskrant 2009).

Het Feed in Tariff heeft, zoals gezegd, geleid tot een opmars van zonnepanelen in Duitsland. Het percentage zonnestroom bedroeg in Duitsland eind 2010 ongeveer 2% van de totale elektriciteitsbehoefte. In Nederland droeg zonnestroom in 2009 0,04% bij aan de nationale elektriciteitsvoorziening (Compendium 2010).

Hoewel het Feed in Tariff ook in Nederland als voorbeeld wordt gezien van een succesvolle stimuleringsregeling, groeit de kritiek in Duitsland zelf. Door het succes van de regeling zijn de kosten van elektriciteit sterk gestegen. Mede als gevolg van de financiële crisis is de animo voor de financiering van zonnestroom beduidend minder geworden.

In 2009 bracht het Duitse instituut RWI een studie uit over de regeling (RWI 2009). Daaruit bleek dat de kosten die het Feed in Tariff met zich meebrengt, eind 2010 zouden zijn opgelopen tot 85 miljard euro.

Een bijkomend punt van kritiek is dat de duurste vorm van hernieuwbare energie, zonnestroom, het meest gesubsidieerd wordt. Zonnestroom maakt 6,2% van de hernieuwbare stroomproductie uit, terwijl het 24,6% van de subsidie voor haar rekening neemt (RWI 2009). Op korte termijn niet erg efficiënt als je probeert om zoveel mogelijk megawatts uit hernieuwbare bronnen te produceren realiseren.

Veel van de zonnepanelen die Duitse daken bedekken komen bovendien uit Azië, waar overheden hun eigen industrie sterk stimuleren. Duitsland is dan wel een grote speler in de zonne-industrie met zo'n 70.000 banen in deze industrietak (Volkskrant 2009), maar door het stimulerend beleid in Azië is de groei in werkgelegenheid in Duitsland toch relatief beperkt (Trouw 2010a).

De reacties in Nederland zijn verdeeld. Zo is de VEMW, de belangenbehartiger voor zakelijke energie- en waterverbruikers geen voorstander van het systeem. De onbeperkte subsidie vormt volgens hen geen stimulans voor innovatie en kostprijsverlaging. Een onderzoeker van ECN geeft echter aan dat het Duitse systeem in korte tijd de productie van hernieuwbare energie op gang heeft gebracht en in dit opzicht wel erg effectief is geweest (Trouw 2010b).

Het potentieel van meer zonnestroom

Technische innovaties

De afgelopen dertig jaar is het rendement sterk verbeterd en is de prijs van zonnepanelen en complete systemen gedaald. Door voortdurende technologische ontwikkeling en verdere schaalvergroting zal die ontwikkeling voorlopig nog wel door blijven gaan. De sterk gestegen internationale belangstelling voor zonnecellen zorgde enkele jaren geleden voor schaarste aan gezuiverd silicium. Daardoor waren de prijzen

toen erg hoog. Inmiddels zijn er fabrieken bijgebouwd om het benodigde zuivere silicium te produceren, waardoor de grondstoffenprijzen en de prijzen van cellen en panelen scherp zijn gedaald. Naarmate zonnecellen efficiënter en dunner worden is per zonnecel ook minder silicium nodig.

Diverse technische ontwikkelingen binnen zonnecellen

Kristallijn silicium

De meeste zonnepanelen die je nu op woningen ziet, zijn gemaakt van kristallijn siliciumzonnecellen. Dergelijke cellen zijn er in twee varianten: monokristallijn en multikristallijn. Het bedrijf Solland Solar is de enige Nederlandse fabrikant van (multi) kristallijn siliciumcellen. Men werkt continu om dit type zonnecel te verbeteren en verwacht in 2012 een rendement van 18% te kunnen behalen (interview Hanssen, sitemanager Solland Solar 28 november 2008). In 2009 is Solar Modules Nederland gestart, een fabriek voor de productie van zonnepanelen bestaande uit kristallijn zonnecellen. Zonnepanelen gemaakt van kristallijn siliciumzonnecellen hebben een levensduur van zo'n dertig jaar.

Silicium is de belangrijkste grondstof van deze zonnecellen. Van de momenteel geproduceerde zonnecellen bestaat 87% uit in plakken (wafers) gezaagd kristallijn silicium. Deze cellen hebben een relatief hoog rendement, tussen 16 en 22%, maar ook hoge materiaalkosten. Silicium is wereldwijd in overvloed aanwezig, maar moet een kostbaar zuiveringsproces ondergaan voordat het toegepast kan worden in zonnecellen. Door middel van nieuwe technologie verwacht men zonnecellen te kunnen produceren met een dikte van minder dan 100 μm (0,1 millimeter) in plaats van de huidige 200 μm . Daardoor kunnen de materiaalkosten fors omlaag. Daarnaast verwacht men een rendementsstijging tot zo'n 25% te kunnen realiseren (Sinke 2009). Enkele jaren geleden was er een tekort aan productiecapaciteit waardoor er een schaarste aan zuiver silicium is ontstaan. Daardoor was de prijs ervan erg hoog. Kostte een kilo silicium in 2001 nog 32 dollar, in 2008 was dit gestegen tot 384 dollar. In 2009 daalde de prijs weer tot 79 dollar. Oorzaken hiervan waren de gestegen productiecapaciteit. Omdat veel Europese producenten in tijden van schaarste langjarige leveringscontracten hadden afgesloten, konden zij niet profiteren van de lage prijzen (Trouw 2009).

Dunne filmcellen

Dunne filmzonnecellen zijn gemaakt van een dunne laag halfgeleidermateriaal zoals amorf of microkristallijn silicium, cadmiumtelluride of koper-indium-diselenide. Het paneelrendement varieert van 7 tot 13%. De productiekosten van sommige van deze dunne-filmtechnologieën zijn lager dan van kristallijn-siliciumcellen. Omdat het rendement lager is, is echter meer oppervlak nodig voor dezelfde opbrengst. Met deze dunne-film zonnepanelen is minder lang (praktijk) ervaring opgedaan, waardoor het moeilijk is om preciese uitspraken te doen over de levensduur.

Het bedrijf Nuon Helianthos werkt aan de proefproductie van lange stukken kunststof folie met daarop amorf -silicium zonnecellen van ongeveer ééduizendste millimeter dik. De verwachtingen ten aanzien van de toepassing zijn hoog, aangezien de folie kan worden verwerkt in dakbedekking. De opschaling van deze technologie staat op losse schroeven. Het bedrijf komt oktober 2010 te koop te staan. Daarmee gaat mogelijk ook de know-how voor Nederland verloren. Alternatief voor verkoop zou sluiting zijn. Vattenfall, het Zweedse moederbedrijf van Nuon, wil bezuinigen en heeft ervoor gekozen vooral in te zetten op kernenergie (Volkskrant 2010) en gas.

Een belangrijke speler op het gebied van de toepassing van dunne film zonnepanelen is Scheuten Solar, een fabrikant van zonnepanelen en integrale daktoepassingen met hoofdkantoor in Nederland.

Alle typen hebben hun eigen voor- en nadelen en mogelijkheden om een eigen marktpositie te veroveren. Er is geen type zonnecel die er momenteel uitspringt op basis van laagste kostprijs per opgewekte hoeveelheid energie (Roadmap Zon op Nederland 2011).

Ondertussen wordt er veel geïnvesteerd in onderzoek en ontwikkeling. Solliance is een samenwerkingsverband van TNO, de TU/e, het Holst Centre en ECN op het gebied van onderzoek naar en ontwikkeling van zonnecellen. Het verwacht de komende vijf jaar in totaal zo'n € 70 miljoen te investeren in research en development (www.solliance.eu).

Toekomstscenario's voor Nederland

Volgens het Milieu en Natuurplanbureau (MNP, nu Planbureau voor de Leefomgeving (PBL)) bestaat er in Nederland een theoretisch potentieel van 80-120 gigawattpiek (GWp) aan vermogen voor zonnestroom. Onder ideale omstandigheden kan daarmee circa 60 tot 95% van het huidige elektriciteitsgebruik in Nederland worden gedekt, los van praktische of prijstechnische beperkingen (Montfoort & Ros 2008).

Holland Solar is de branchevereniging van bedrijven die werkzaam zijn in de PV-sector, variërend van onderzoeksinstituten als ECN, energieleveranciers als Eneco, zonnecelfabrieken als Scheuten Solar Systems tot installateurs in het MKB. Deze vereniging heeft een tijd geleden (in 2005) een Roadmap opgesteld voor de verdere implementatie van zonnestroom in Nederland (Holland Solar 2005). Volgens die Roadmap is het mogelijk dat in 2050 25% van ons elektriciteitsverbruik wordt opgewekt door middel van zonnestroom (Holland Solar 2005).

Aangezien de ruimte in Nederland schaars is, zijn er weinig mogelijkheden voor grootschalige parken met zonnepanelen, zoals bijvoorbeeld in Spanje geëxploiteerd worden. De grond is hier te duur en het zou waarschijnlijk ook veel maatschappelijke weerstand opleveren. De grootschalige PV-parken laten we verder dan ook buiten beschouwing. Wel kan PV, naast daken, ook op dijken of bij wegen toegepast worden.

Diverse technische ontwikkelingen binnen zonnecellen (vervolg)

Organische zonnecel

De organische - zonnecel bestaat uit organische moleculen. Door absorptie van fotonen gaat daar een stroompje doorheen lopen. De materiaalkosten van deze cel zijn erg laag, maar het rendement bedraagt momenteel ook slechts 4-6%. Daarnaast zijn er problemen met de stabiliteit van de cel. De organische zonnecellen zijn aan te brengen, bijvoorbeeld door middel van printen of coaten, op vrijwel elk oppervlak, zoals een flexibel folie. Hierdoor zijn veel toepassingen mogelijk.

Om uit de laboratoriumfase te komen, is het nodig dat de efficiëntie en de stabiliteit verbeteren (interview Hereman 2008). ECN en het Holst Centre zijn in Nederland bezig de opgedane kennis over dit type zonnecel te vertalen naar een toepasbare technologie. De combinatie verwacht de efficiency binnen vijf jaar omhoog te kunnen brengen naar 10-12% (onder laboratoriumomstandigheden) (www.holstcentre.com).

Inpassing van zonnepanelen

Zonnestroom is een relatief nieuwe technologie die, zoals uit de bovenstaande paragrafen is gebleken, nog weinig is ingeburgerd. Daarom verdient de maatschappelijke inpassing extra aandacht. Zonder bottlenecks in kaart te brengen en op te lossen, is het lastig nieuwe technologieën van de grond te krijgen. De prijs van zonnestroom is een van die knelpunten. Maar daarnaast zijn er meer aandachtspunten die ervoor zorgen dat zonnestroom nog niet grootschalig wordt toegepast.

De prijs

Voorjaar 2011 bedraagt de kostprijs van zonnestroom ongeveer 28 cent per kWh, inclusief financieringskosten (Infonu 2010). Deze kosten liggen boven het niveau van de consumentenprijs van 2009, die circa € 0,26 per kWh bedroeg (Compendium 2010b).

Als gevolg van technologische ontwikkeling en een groeiende afzetmarkt is de kostprijs van zonnestroom de laatste dertig jaar bij elke verdubbeling van de omzet met 20% gedaald. Als deze ontwikkeling doorzet, wordt *grid parity* – het moment waarop de kostprijs van zonnestroom gelijk is aan het consumententarief van elektriciteit – in Nederland verwacht in 2015 (NRC 2010). Dit betekent dat de kostprijs van zonnestroom gelijk is aan de consumentenprijs van regulier opgewekte stroom. Eerder verwachtte deskundigen dat *grid parity* in Nederland pas tussen 2015 en 2020 op zou treden. In landen met meer zon leveren de zonnepanelen een hogere opbrengst en is *grid parity* dichterbij of al bereikt, zoals in Zuid-Italië.

Subsidies

In landen waar de afzet wordt gestimuleerd door de overheid, zoals in Duitsland, Spanje, Italië en verschillende andere landen, groeit de markt voor zonnecellen. Mede dankzij het gunstige Feed In Tariff heeft Duitsland de grootste markt van Europa met een omvang van in 2009 3,8 tot 3,9 GW geïnstalleerd vermogen (JRC 2010).

In Nederland is van 2001 tot 2003 de EnergiePremieRegeling (EPR) van kracht geweest. Deze regeling subsidieerde de aanschaf van zonnepanelen. In oktober 2003 is de regeling in allerijl afgeschaft, omdat er meer vraag was dan beschikbaar budget. Op het laatste moment vond er nog een run plaats op de subsidie, wat een hoge piek in geïnstalleerd vermogen in 2003 laat zien (Beersma 2006). In 2004 is de markt in Nederland voor zonnestroom door het afschaffen van de EPR ingestort.

Het subsidiebeleid van de Nederlandse overheid heeft de laatste jaren veel kritiek gekregen, omdat het erg wisselend is. Als een subsidieregeling succesvol is en te duur dreigt te worden, wordt deze afgeschaft. Na luid maatschappelijk protest komt hier eventueel een andere subsidieregeling voor in de plaats, maar voor het bedrijfsleven biedt dit weinig zekerheid, waardoor het lastig is grote investeringen te doen.

Vanaf 2008 tot 2010 gold de Stimuleringsregeling Duurzame Energie (SDE). Na aanschaf van zonnepanelen werd vijftien jaar lang de meerprijs van de opgewekte zonnestroom vergoed. De subsidie was aan een maximum gebonden en dus beperkt beschikbaar. De regeling subsidieerde met name kleinschalige installaties voor particulier gebruik. Grootschalige installaties voor bedrijven werden beperkt gesubsidieerd. Overigens te beperkt om grootschalige commerciële exploitatie van zonnestroom rendabel te maken. Daarnaast kwam er een hoop administratieve rompslomp bij kijken.

Met ingang van 2011 is de SDE regeling omgevormd tot de SDE+-regeling. Door middel van deze regeling wil het kabinet zo efficiënt mogelijk de Europese doelstelling van 14% duurzame energie in 2020 halen. Dit betekent dat de goedkoopste technieken op de hoogste bijdrage kunnen rekenen. Innovatieve technieken die nog onvoldoende zijn uitontwikkeld om grootschalig toe te passen, zullen op een andere manier worden gestimuleerd. Voor zonnepanelen geldt dat alleen wat grootschaliger projecten (> 15 kWp) in aanmerking komen voor subsidie (Verhagen 2010). Particulieren kunnen dus geen subsidie meer krijgen op zonnepanelen.

Inmiddels ontstaan verschillende particuliere initiatieven om zonnepanelen aan te schaffen zonder subsidie. De organisatie Urgenda bijvoorbeeld startte in 2010 met de actie “Wij willen zon”. Doel was de particuliere aanschaf van 10 Megawatt aan zonnepanelen, ongeveer evenveel als de totale hoeveelheid geïnstalleerd vermogen in 2009 (10,5 MW) (SenterNovem 2010).

Gezamenlijk bestellen betekent volgens Urgenda een korting van 35 procent op de aanschaf van een zonnepaneel. De terugverdientijd bedraagt – nog steeds volgens Urgenda – ruim 11 jaar. Te lang voor commerciële exploitatie, maar – zo blijkt uit het succes van de actie – wel aantrekkelijk voor maatschappelijk bewogen particulieren. Het lijkt erop dat dergelijke initiatieven de implementatie van zonnestroom wel enigszins kunnen bevorderen, maar overheidssteun nog niet vervangen.

Inpassing in bestaande bouw en nieuwbouw

Het gebruik van zonnestroom bij bestaande bebouwing is vooral een zaak van particuliere huiseigenaren, woningbouwcorporaties en bedrijven. Bij nieuwbouw is de toepassing afhankelijk van de samenwerking tussen projectontwikkelaar, energiebedrijf en gemeente.

Bij bestaande bouw is het vooral een kwestie van bestellen en installeren van zonnepanelen. De meeste particulieren doen dat voor het eerst. Praktische problemen kunnen daardoor de aanschaf van zonnepanelen soms belemmeren. De plaatsing kan problemen opleveren wanneer installateurs onvoldoende praktijkervaring hebben, zoals in het verleden wel plaatsvond.

Bij nieuwbouw is het van belang om de zonnepanelen te integreren in het ruimtelijke en bouwkundige traject. Wat het ruimtelijke traject betreft, moet er vanzelfsprekend voor gezorgd worden dat er zoveel mogelijk zonlicht op de panelen valt. Ook na de installatie. Dat betekent dat bouwpercelen zodanig verkaveld zijn dat de daken voldoende zonlicht opvangen. De gemeente kan daartoe een bepaling opnemen in het bestemmingsplan, maar dat gebeurt nog niet op grote schaal.

Ook moet er bij de plannen op worden gelet worden dat de panelen na installatie zoveel mogelijk zonlicht blijven vangen. In het rapport Monitoring en lessen PV-projecten Amersfoort en HAL-gebied (Westerhuis et al. 2008) wordt geadviseerd om in voorkomende gevallen notarieel vast te leggen dat uitbouw of beplanting, die schaduw kan geven op omliggende PV-systemen, niet is toegestaan.

Wat betreft het bouwkundige traject, zijn er verschillende partijen betrokken bij de inpassing van zonnestroom: projectontwikkelaars, architecten, het energiebedrijf, leveranciers en installateurs van zonnepanelen en gemeenten. In Nederland is al een groot aantal proefprojecten uitgevoerd met diverse partijen. Toch heeft nog niet elke bouwpartij in Nederland ervaring met de toepassing van zonnepanelen. Dat betekent dat een goede afstemming en communicatie noodzakelijk is.

In de studie Kiem van maatschappelijke verandering heeft Van Mierlo (2002) onderzocht welke aspecten van belang zijn bij de integratie van PV aan de hand van vier pilotprojecten. Daaruit bleek onder meer hoe belangrijk het is om het installatietechnische en bouwtechnische proces op elkaar af te stemmen. Zo is een goede installatie essentieel om de zonnepanelen voldoende waterdicht te maken, terwijl ventilatie belangrijk is voor een optimale opbrengst. Wat elektrotechnische aspecten betreft, bleken de kosten en de plaatsing van de omvormers van belang, evenals de complexiteit van de bekabeling. Belangrijk is verder dat vooraf wordt nagedacht wie eventuele klachten achteraf van de bewoners afhandelt.

Inpassing in het net

Zonnestroom die wordt opgewekt, moet ingepast kunnen worden in het elektriciteitsnet. Als er namelijk veel meer stroom wordt aangeboden dan gevraagd, kan het net dat niet verwerken. Ook moet de capaciteit van het netwerk groot genoeg zijn om de aangeboden stroom te transporteren.

Voorlopig is aanpassing van het net niet nodig als het gaat om zonnestroom. Naar schatting kan ongeveer 10% van het totaal opgesteld vermogen zonder problemen door zonnestroom worden geleverd (interview Sinke, 6 januari 2009). Waarschijnlijk is er in Nederland pas na 2020 behoefte aan een systeem voor energiemangement of een vorm van opslag.

Aanpassen van het elektriciteitsnet is echter een zaak van lange adem. Dat betekent dat er nu al moet worden begonnen met de ontwikkeling van slimme elektriciteitsnetten, die een wisselend aanbod van decentrale elektriciteit en een wisselende vraag optimaal op elkaar kunnen afstemmen.

De Werkgroep PV vindt dat bedrijfsleven en overheid samen het onderzoek naar en de daadwerkelijke ontwikkeling van systemen voor energieopslag moeten bevorderen (Sinke et al. 2006). Volgens de Wet Voorrang Duurzaam moet elektriciteit uit hernieuwbare energiebronnen (en warmtekrachtkoppeling) vanaf 2010 voorrang krijgen op het elektriciteitsnet.

Maatschappelijke inpassing

Vooralsnog lijkt de maatschappelijke inbedding van zonnestroom niet op fundamentele problemen of bezwaren te stuiten. Uit onderzoek blijkt dat de maatschappelijke acceptatie van zonnestroom hoog is (Van Mierlo 2002, Jablonska 2004). Recent onderzoek ontbreekt echter, zodat we niet weten of dit ook zo blijft als zonnepanelen echt grootschalig toegepast gaan worden.

Die hoge acceptatiegraad is overigens wel begrijpelijk. Zonnepanelen in Nederland worden vooral geplaatst op daken van woningen en bedrijven en leggen dus geen beslag op de schaarse ruimte. Bovendien veroorzaken ze, anders dan windmolens, geen geluid- of lichthinder. Er is dan ook geen uitgebreide vergunningenprocedure voor nodig om ze te laten plaatsen.

Esthetische overwegingen blijken tot op heden ook niet of nauwelijks een rol te spelen. Hoewel bewoners andere kleuren zouden waarderen, blijken ze de huidige zonnepanelen niet lelijk te vinden. Integendeel. Uit het onderzoek van Van Mierlo (2002) blijkt dat betrokkenen de panelen juist een prominent zichtbare plaats willen geven.

Uit het onderzoek van Van Mierlo blijkt verder dat, ook al zijn de potentiële bewoners er niet vooraf bij betrokken, geïntegreerde daksystemen de verkoop van woningen niet belemmeren. Kopers stonden positief tegenover zonnestroom ten tijde van de koop (Van Mierlo, 2002). Zonnestroom is echter geen extra verkoopargument. Bijna 80% van de bewoners geeft aan dat de zonnepanelen geen rol speelden bij de keuze voor een woning. Wel zijn ze bereid wat extra te betalen voor de panelen (Kets et al. 2005).

Uit onderzoek naar de mening van bewoners over zonnestroom in het gebied Heerhugowaard-Alkmaar (HAL-gebied) blijkt dat ongeveer de helft van de bewoners hun woning en wijk meer waarderen door de toepassing van zonnestroom. Deze waardering komt vooral door de groene stroom en de lagere energierekening. Ook als individuele burgers zonnepanelen op hun dak plaatsen, blijken burens daar geen probleem mee te hebben (Jablonska, PV-privéproject bij ECN 2004). Het blijft echter afwachten hoe het maatschappelijk draagvlak zich ontwikkelt als zonnestroom grootschalig wordt toegepast.

Ondanks het maatschappelijk draagvlak voor zonnepanelen in de nieuwbouw, worden ze nog niet standaard toegepast. Zonnepanelen zijn relatief duur vergeleken met maatregelen voor energiebesparing en dat maakt het voor projectontwikkelaars niet erg aantrekkelijk om er in te investeren.

Een mogelijke stimulans is de aanscherping van de Energieprestatienorm (EPN) voor nieuwbouw. Per 1 januari 2011 is deze bijgesteld tot 0,6 (Staatscourant 2010). Afgesproken met de sector is dat deze verlaagingen resulteren in een energieneutrale woning in 2020 (Schoon en Zuinig 2007). Omdat de EPN steeds verder wordt verlaagd, wordt het ook steeds lastiger om er aan te voldoen door maatregelen te treffen in de schil van de woning, zoals dikke isolatie en extra isolerend dubbel glas. Dat maakt zonnepanelen aantrekkelijker.

Energieterugverdientijd

Zonnepanelen hebben de naam dat ze niet per definitie erg duurzaam te zijn. In het verleden vergde het productieproces van de zonnecellen veel energie. Zoveel dat in 1976 energierterugverdientijd op twintig jaar werd geschat. Dat houdt in dat het twintig jaar duurde voordat de energie die nodig was om een zonnepaneel te fabriceren door datzelfde paneel was opgebracht (NRC Handelsblad 2008). Bij een levensduur van dertig jaar is de winst aan duurzame energie dus tamelijk bescheiden.

Dunnere plakken silicium, een hogere efficiëntie en een energiezuiniger productieproces hebben de energierterugverdientijd fors gereduceerd. Op een Nederlands dak was die voor complete systemen in 2006 al gedaald tot 3,4 jaar (NRC 2008) en voor een dak in Zuid-Europa tot zo'n 1 tot 2,7 jaar (Fthenakis & Alsema 2006). Inmiddels is de energierterugverdientijd in Nederland nog verder gedaald tot 2 à 3 jaar (mondelinge mededeling Alsema 2 maart 2011). Voor systemen met dunne film cadmiumtelluride (CdTe) zonnepanelen is de energierterugverdientijd in Zuid-Europa nog maar 1 jaar (mondelinge mededeling Alsema 2 maart 2011).

Gifige stoffen

Bij de productie van silicium zonnecellen wordt een chloor-siliciumverbinding gevormd, die giftig en gasvormig is. Dit hoeft geen problemen op te leveren als het gas opgevangen wordt. Ook komen er zuren vrij. Die kunnen worden geneutraliseerd worden met natronloog (mondelinge mededeling Alsema 2 maart 2011).

Dunne filmcellen, met name cadmiumtelluride (CdTe) cellen, hebben een slechtere naam dan siliciumcellen wat betreft milieubelasting. De productie van CdTe- cellen brengt echter niet per definitie de hoogste milieubelasting met zich mee (Alsema, 2 maart 2011). Cadmium is een giftige stof, maar CdTe zit in zonnepanelen ingesloten tussen glas. Een eerdere studie liet zien dat het onwaarschijnlijk is dat bij normaal gebruik en bij te voorziene ongelukken, zoals breuk of brand, cadmium vrijkomt uit de zonnepanelen (Fthenakis (2004).

First Solar, de grootste producent van Cd-Te cellen, is in 2009 onder de loep gelegd door vijf experts van verschillende Europese instituten (Lincot 2009). Er bleek bij het bedrijf geen schadelijke uitstoot van cadmium voor te komen. Ook bleek de productie van de zonnecellen in vergelijking tot siliciumcellen heel weinig CO₂ te kosten.

Bij de dunne filmcellen gebaseerd op silicium, zoals Helianthos ontwikkelt, spelen milieueffecten (net als schaarste) een minder grote rol, aangezien de laag silicium heel dun is en er dus weinig materiaal wordt gebruikt.

Als het productieproces goed ingericht wordt, levert de productie van zonnecellen en -panelen dus geen milieuschade op. In Europa en de VS is dit door middel van regelgeving goed geregeld. Ook bij de Nederlandse industrie zit goed tussen de oren dat de milieuaspecten van zonnecellen en panelen belangrijke aspecten zijn (Roadmap Zon op Nederland 2011).

Steeds vaker komen er echter (goedkopere) zonnepanelen uit China. Omdat de Chinese zonnecelindustrie zich razendsnel uitbreidt, is er onvoldoende zicht op de zorgvuldigheid en milieuvriendelijkheid waarmee dit gepaard gaat. Er zijn ook meldingen van incidenten waarbij giftige stoffen vrijkomen (Nath 2010).

Overigens betekent dat niet dat zonnepanelen uit China per definitie milieu-onvriendelijk zijn. Adviseurs van de Stichting Urgenda hebben verschillende bezoeken gebracht aan de fabrieken waar de zonnecellen voor de actie 'Wij willen zon' geproduceerd worden. Volgens hen gebeurt dat onder goede arbeids- en milieumomstandigheden en zijn de producenten voor milieu (ISO14001) en kwaliteitsborging (ISO 9001) gecertificeerd (www.wijwillenzon.nl). Er gaat ook veel Nederlandse kennis en kunde naar China (www.ecn.nl; www.agentschapnl.nl). Milieu- en arbeidsomstandigheden in de Chinese PV-industrie blijven echter een aandachtspunt.

Schaarste

Silicium zonnecellen wordt voornamelijk uit zand gemaakt, één van de meest voorkomende stoffen op aarde. In absolute zin is er dus geen schaarste aan silicium, maar wel in relatieve zin. De productie van zuiver silicium vergt grote investeringen. Naarmate er meer onzekerheid is over prijs en afzetmogelijkheden zal de animo van potentiële investeerders afnemen.

Zonnepanelen bevatten ook zilver voor de elektrische contacten. Als er op zeer grote schaal silicium zonnecellen worden gemaakt, kan zilver schaarser en dus duurder worden. Het wordt dan echter wel lucratief om het te recyclen. Daarnaast wordt er gewerkt aan alternatieven, zoals koper.

Een groter probleem doet zich voor bij de dunne filmcellen. Die bevatten, of zijn gebaseerd op, onder meer indium, cadmium, tellurium en/of gallium. Met name indium, tellurium en gallium zijn relatief zeldzaam. Ze worden gewonnen als bijproduct bij de winning andere metalen. Als de zeldzame metalen alleen om

zichzelf gewonnen worden, stijgt de prijs met een factor 100 à 1000 en worden de zonnecellen dus een stuk duurder. De komende tien jaar lijkt er nog geen probleem, hoewel indium op de lijst met 'critical raw materials' van de EU is te vinden (EC 2010). Daarom wordt ook daar gewerkt aan alternatieven, zoals zink en tin ter vervanging van indium (Roadmap Zon op Nederland 2011).

Recycling

Op dit moment is de urgentie voor recycling van zonnepanelen nog niet zo groot. Zonnecellen hebben een levensduur van zo'n 25 à 30 jaar, dus zoveel zonnepanelen zitten er nog niet in de afvalfase. De regelgeving is er ook nog niet heel duidelijk over. Omdat zonnepanelen toch vooral bestemd zijn voor consumenten, vallen ze niet onder de Europese afvalrichtlijnen.

Omdat de concentratie aan metalen relatief laag is, vallen ze ook niet onder de Europese richtlijn voor de inzameling en recycling van afgedankte elektronica (mondelinge mededeling Alsema 2 maart 2011). Wel kunnen zonnepanelen bij de plaatselijke milieustraat worden ingeleverd zodat onderdelen gerecycled kunnen worden (www.milieucentraal.nl).

Toch loont het de moeite om op een verantwoorde manier om te gaan met zonnepanelen als ze aan het eind van hun levensduur zijn. Hoewel de zonne-industrie lang terughoudend is geweest, komt de recycling nu op gang. Verschillende bedrijven hebben een recyclingsysteem opgezet. Het bedrijf First Solar was het eerste bedrijf dat een recycling systeem opzette. Volgens eigen zeggen wordt 90% van elk First Solar zonnepaneel gebruikt om nieuwe modules van te maken (www.firstsolar.com).

In 2007 is de wereldwijde branchevereniging PV Cycle opgericht. Doel van PV Cycle is het opzetten van een vrijwillig recyclingsprogramma en het sluiten van milieukkoord met de Europese Unie. 70% van de Europese PV markt is vertegenwoordigd in PV Cycle. Zoals de New York Times schreef: "the solar industry in Europe is not taking any chances with its reputation as a clean business" (in: Nath 2010). Daarnaast zijn ook veel Amerikaanse en Aziatische bedrijven lid.

Om ervoor te zorgen dat producenten niet inleveren op arbo- en milieuveiligheid en zo goedkoper kunnen produceren, zou een internationaal PV-keurmerk een level-playing field kunnen creëren.

Warmte uit zonneboilers: techniek met geschiedenis ¹

Een zonneboiler gebruikt de warmte van de zon. Daarin verschilt hij van een zonnepaneel (PV-systeem) dat de straling van de zon omzet in elektriciteit. De overeenkomst tussen beiden is dat zowel zonneboilers als zonnepanelen decentraal worden toegepast. Meestal op daken van woningen en bedrijfspanden. Ondanks de technische verschillen, zijn er ook overeenkomsten als het gaat om het toepassen van beide typen installatie. Daarom staan ze bij elkaar in dit essay.

Zonnewarmte: een lange geschiedenis

De eerste belangstelling voor de toepassing van zonnewarmte bestond al sinds de klassieke oudheid. Toen bouwde men huizen al gericht op het zuiden, zodat de zon naar binnen scheen en het huis verwarmde.

Wat zijn zonneboilers?

Een zonneboiler bestaat uit twee systemen die samen de boiler vormen: een collector en een opslagvat (www.sollandsolar.nl). De collector bestaat uit een 'absorber', een metalen plaat die bedekt is met een speciale verf, die vrijwel alle zonnewarmte absorbeert. In de eenvoudige variant bestaat de absorber uit alleen een glasplaat. Aan de onderzijde van de absorber lopen buizen, waar een vloeistof doorheen loopt. De temperatuur van de vloeistof kan oplopen tot 90°C. De vloeistof verwarmt een voorraadvat met leidingwater. In Nederland wordt een zonneboiler meestal gebruikt in combinatie met een gasgestookte cv-ketel, zodat bij slecht weer het water toch verwarmd wordt.

In het voorraadvat en op de collector zijn sensoren aangebracht. Als de vloeistof in de collector warmer is dan die in het voorraadvat geven ze een signaal af, waarna de vloeistof wordt rondgepompt om zijn warmte af te geven. Als de vloeistof in de collector te heet of te koud wordt, wordt een beveiliging ingeschakeld en loopt het systeem leeg. Vaak wordt overigens antivries toegevoegd aan de vloeistof in de collector om bevriezen te voorkomen.

Er zijn verschillende typen zonneboilers, de standaard zonneboiler, de cv-zonneboiler, de zonneboilercombi en de compacte zonneboiler. Het verschil zit voornamelijk in het leveren van alleen warm tapwater of warm tapwater en warmte voor centrale verwarming. De meest voorkomende systemen zijn de standaard zonneboiler en de zonneboilercombi.

Standaard zonneboiler

De standaard zonneboiler wordt gebruikt voor het verwarmen van tapwater en niet voor het verwarmen van het huis of de bedrijfsruimte zelf. Een standaardstelsel bestaat uit een collector van ca. 3 m², een voorraadvat van 80 tot 120 liter en een naverwarmer, meestal een combiketel.

Zonneboilercombi

Een zonneboilercombi levert zowel warm tapwater als warm water voor ruimteverwarming. In een grote cv-zonneboiler worden voorraadvat en naverwarmer gecombineerd.

Meestal wordt een standaard zonneboiler geïnstalleerd. Bij gebrek aan zonlicht 's avonds of 's nachts, moet er in de winter worden bijgestookt om aan de behoefte aan verwarming te voldoen. Dat maakt zonneboilercombi's minder rendabel dan standaardboilers.

Zonneboilers kunnen ook grootschaliger worden toegepast in hoogbouw of bijvoorbeeld in verpleegtehuizen of sportaccommodaties. Een grote collector wordt op het dak geplaatst en gekoppeld aan een voorraadvat voor de warmwatervoorziening. In hoogbouw kunnen vier of vijf woonlagen van warm tapwater worden voorzien door een collectieve collector en een voorraadvat in de afzonderlijke appartementen (www.sollandsolar.nl).

Hoewel zonneboilers nog verder te verbeteren zijn, vooral wat betreft efficiëntie, heeft de techniek zich inmiddels bewezen. Vanuit de gebruikers worden weinig problemen gemeld. De Stichting Energie Prestatie Keur geeft een kwaliteitskeurmerk uit voor zonneboilersystemen, het Zonnekeur (www.epk.nl). Dit is louter een kwaliteitskeurmerk en richt zich dus niet op bijvoorbeeld de milieuvriendelijkheid van zonneboilers.

1 Gebaseerd op Knoppers & Verbong et al. (2001).

's Avonds gaven de muren de warmte weer af (Sharp 2008). Deze manier van het passief toepassen van de warmte van de zon wordt nog steeds gebruikt.

Vanaf het begin van de negentiende eeuw nam de belangstelling voor het benutten van zonnewarmte toe. Allerlei installaties werden ontworpen, variërend van een installatie voor het aandrijven van machines tot complete ovens die gebruik maken van de warmte van de zon.

Na de Tweede Wereldoorlog werd er vooral in de Verenigde Staten veel onderzoek gedaan naar gebruik van zonnewarmte, ook voor de verwarming van woningen. In 1956 werd een kantoor in Albuquerque zowel verwarmd als gekoeld door een installatie, waarbij een zonnecollector werd gecombineerd met warmtepomp en opslagtank.

In Nederland heeft het vrij lang geduurd voordat het gebruik van zonnewarmte serieus in de belangstelling kwam. Pas ten tijde van de eerste oliecrisis (1973) groeide de interesse ook buiten de kring van adepten van 'alternatieve energie'. Omdat in het buitenland al veel ervaring was opgedaan, werd er vooral geïnvesteerd in het verbeteren van het rendement. Daarnaast wees C.W.J. van Koppen, hoogleraar Warmtetechniek aan de toenmalige Technische Hogeschool Eindhoven op de noodzaak om praktijkervaring op te doen met zonneboilers in de bouw.

Diezelfde Van Koppen – en meer mensen met hem - verwachtte, vanwege de stijging van de olieprijs, een snelle opkomst van de zonneboiler. In de jaren tachtig echter daalden de prijzen van olie en aardgas, waardoor de opkomst van de zonneboiler (en andere vormen van duurzame energie) stagneerde. In die jaren richtte het onderzoek zich daarom op het verlagen van de kosten van zonneboilers en het stroomlijnen van de productie.

Eind jaren tachtig, begin jaren negentig zette een nieuwe trend in. De bouwers van zonneboilers richtten zich nadrukkelijker dan daarvoor op de integratie van zonneboilers met gasgestookte systemen voor warm tapwater en ruimteverwarming. Een voorbeeld is de HOTTOP zonneboiler van de firma Luigjes met geïntegreerde naverwarming via de cv-ketel.

De verwachtingen waren hooggespannen toen in 1991 de Zonneboiler Campagne van start ging. Die actie was speciaal gericht op het overhalen van energiebedrijven om zonneboilers op te nemen in hun Milieu Actie Plan (MAP). De eerste paar jaar nam het aantal zonneboilers inderdaad toe, maar vanaf halverwege de jaren negentig stagneerde de groei - opnieuw.

Voor een deel had de stagnatie te maken met onzekerheid over de subsidie. Voor een deel ook met het feit dat de zonneboiler altijd complementair is. In het Nederlandse klimaat is het niet mogelijk om alleen met een zonneboiler te voorzien in de behoefte aan warm tapwater. Er is altijd een ander systeem nodig, bijvoorbeeld een gasgestookte combiketel. Het rendement daarvan is de laatste decennia zo sterk verbeterd, dat de aanschaf van een (extra) zonneboiler nauwelijks loont.

Afgezien daarvan kwamen nieuwe systemen op, zoals de warmtepompboiler en microwarmtekracht, waardoor het rendement van een gasgestookte installatie nog verder steeg. Daar komt bij dat volgens de sector de zonneboiler altijd in de schaduw heeft gestaan van de meer sexy zonnepanelen (Knoppers en Verbong 2001).

Zonneboilers vormen inmiddels een bewezen technologie, die wereldwijd op grote schaal wordt toegepast voor ruimteverwarming en de productie van warm tapwater. In Europa stond in 2005 voor 11.000 megawatt aan thermisch vermogen opgesteld. Sinds 1990 groeit de markt met 14% per jaar. In 2005 was de groei zelfs 26%. Vrijwel alle Europese landen droegen daaraan bij. Slechts drie landen vertoonden een krimp, waarvan Nederland er een was (Holland Solar 2007).

Het potentieel van meer zonnewarmte

Technische innovaties

Na een snelle groei in de jaren tachtig stagneerde de kennisontwikkeling op het gebied van zonneboilers en daarmee ook de technische ontwikkeling. De zonneboiler leek 'af'. Onder druk van de marktontwikkelingen groeide echter het besef dat de zonneboiler goedkoper en efficiënter moest worden om de concurrentie met andere vormen van duurzame energie en energiebesparing aan te kunnen. Daarvoor zijn verschillende mogelijkheden. Naast het ontwikkelen van systemen met een hoger rendement, kan de collector zelf nog verder worden gestandaardiseerd. Dat vereenvoudigt het installeren. Op termijn zou de collector zelfs in het dak geïntegreerd kunnen worden. Omdat de ruimte beperkt is, zouden collectoren ook compacter moeten worden. Een andere mogelijkheid is de ontwikkeling van hybride systemen, waarin de winning van zonnewarmte en zonnestraling (PV) is gecombineerd.

Op de iets langere termijn is, volgens de Road Map van Holland Solar (2007) de combinatie van warmte- en koudelevering een aantrekkelijke optie. Het klinkt wat paradoxaal, maar koelsystemen kunnen worden aangedreven door zonnewarmte door verdamping en condensatie (Helden 2007). Vooral in het zuiden van Europa is hier grote belangstelling voor, want de klassieke airconditioning zorgt 's zomers voor een hoog elektriciteitsverbruik. Koeling met zonneboilers zou hier uitkomst bieden. Het probleem is dat veel koelsystemen te groot zijn om toe te passen woningbouw (Holland Solar 2007; ECN 2008). De vraag is of het lukt om systemen te ontwikkelen voor de Nederlandse markt. Die systemen zullen moeten concurreren met warmte-koudeopslag, een bewezen techniek die op dit moment rendabeler lijkt te zijn.

Zoals eerder vermeld is de zonneboiler 'complementair', zeker in Nederland. Er is altijd een vorm van 'bijstook' nodig om de winter door te komen. Seizoensopslag zou het rendement van zonneboilers flink kunnen verhogen. De vraag is of daar een geschikt opslagsysteem voor is te ontwikkelen (Holland Solar 2007). Een mogelijkheid is om de gewonnen warmte ondergronds op te slaan (zie essay WKO), maar dat lijkt alleen rendabel voor grootschalige systemen. Een andere mogelijkheid is de ontwikkeling van compacte

Tabel I Toekomstbeeld van de potentie van zonneboilers. (Bron: Holland Solar 2007)

Totaal geplaatst	Collectoroppervlak [km ²]	Opgewekte warmte [PJ/jr]	Besparing [Mton/jr]	Werkgelegenheid [banen]	Afzet [MW/jr]	Omzet [MEuro/jr]
2015	1	2	0,1	2.000	100	100
2030	10	13	1,1	13.000	700	700
2050	57	74	6,3	47.000	2.500	2.500

opslagsystemen. Die maken gebruik gemaakt van zogeheten thermochemische materialen, die warmte opslaan via een omkeerbare chemische reactie (Bakker et al, 2007).

Toekomstscenario's

In de Roadmap Thermische Zonne-energie (Holland Solar 2007) wordt een aantal toekomstbeelden geschetst voor achtereenvolgens 2015, 2030 en 2050 (zie tabel 1). Daaruit blijkt dat afzet van zonneboilers flink zou stijgen als de gasprijs in 2015 is verdubbeld ten opzichte van 2007. In dat geval zou 25 tot 40% van de nieuwbouwwoningen worden voorzien van een zonneboiler. Ook bij eigenaren van bestaande woningen zou de animo flink toenemen, evenals in andere sectoren, zoals de landbouw. In het laatste geval gaat het vooral om koeling van bijvoorbeeld melktanks. Wel zouden in 2015 nog steeds subsidies en informatiecampagnes nodig zijn om mensen over de streep te trekken.

Vijftien jaar later, in 2030 worden, nog steeds volgens de Roadmap, zonneboilers steeds vaker toegepast – ook in de bestaande bouw. Dat gebeurt vooral dankzij de groeiende beschikbaarheid van nieuwe technologie, zoals compacte installaties, seizoensopslag en het gebruik van zonnewarmte voor koeling, nu ook in woningen en bedrijfspanden. Er worden meer zonneboilers verkocht dan gasgestookte cv-ketels. Zeker een vijfde van alle gebouwen in Nederland zal zijn uitgerust met een systeem voor de winning van zonnewarmte. Ook groeit de belangstelling voor industriële toepassing van zonnewarmte, onder meer in de chemische industrie.

Weer twintig jaar later, in 2050 zullen zonneboilers in nieuw gebouwde woningen en bedrijfspanden de voornaamste bron van warmte en koeling zijn. In de bestaande gebouwen worden steeds meer zonneboilers gebruikt. Van het potentieel aan te oogsten zonnewarmte wordt meer dan 90% daadwerkelijk is benut. Ook voor bedrijven is thermische zonne-energie de standaard geworden voor verwarmen en koelen. Daarnaast wordt zonnewarmte ook gebruikt in industriële processen.

Er zijn wel wat kanttekeningen te maken bij de Roadmap. Zo wordt uitgegaan van een verdubbeling van de gasprijs tussen 2007 en 2015. Als deze sterke stijging zich niet voordoet, zien de cijfers er ineens heel anders uit. Onduidelijk is verder hoe groot de concurrentie is van andere technieken voor energiebesparing of toepassen van hernieuwbare energie in de gebouwde omgeving, zoals microwarmtekrachtkoppeling, het gebruik van restwarmte uit industrie of glastuinbouw en de inzet van warmtepompen. Woningeigenaren, inclusief woningcorporaties, kunnen hun geld immers maar één keer uitgeven. Zonneboilers verkeren daarbij in een nadelige positie omdat ze – vooralsnog - zonder aanvullend (gasgestookt) systeem te weinig warmte leveren.

Inpassing

Subsidies

Om een substantiële bijdrage te kunnen leveren aan de warmtevoorziening in de gebouwde omgeving moeten zonneboilers technologisch verder ontwikkeld worden, zodat de prijzen dalen en de afzet wordt verhoogd. Overheidssteun is nodig om het prijsverschil met warmte uit fossiele energie te overbruggen. De laatste jaren is het beleid op dat vlak nogal wisselend geweest. Subsidies als de Energie Premie Regeling (EPR, 2003) en de Milieukwaliteit Elektriciteitsproductie (MEP, 2006) zijn verdwenen en het verplichte energiecertificaat voor woningen is nooit goed van de grond gekomen.

In 2008 is de subsidieregeling Duurzame Warmte van start gegaan. Tot 2012 is er een bedrag van in totaal € 66 miljoen ter beschikking als subsidie bij het aanschaffen van zonneboilers, warmtepompen en micro-warmtekracht. Hiervan kunnen in totaal tussen de 50.000 en 60.000 boilers worden aangeschaft. Voor een particulier bedraagt de subsidie voor een gangbare zonneboiler rond de 750 euro (www.senternovem.nl). In verhouding tot de totale kosten van de zonneboiler is dat blijkbaar niet voldoende, want anders dan bij PV-systemen is er nog budget beschikbaar. Het gebrek aan animo kan overigens ook voor een deel worden veroorzaakt door de relatieve onbekendheid van de technologie (www.milieucentraal.nl).

Inpassing in de bouw

Hoewel zonneboilers al enkele decennia op de markt zijn, blijkt in de praktijk dat aannemers en installatiebedrijven er weinig ervaring mee hebben. Dat wreekt zich op de eerste plaats bij het plaatsen van zonneboilers bij bestaande woningen en bedrijfspanden. Om te beginnen wordt klanten niet altijd verteld dat ze ook een zonneboiler kunnen laten installeren. Ook het installatieproces verloopt niet altijd vlekkeloos of tegen hoge kosten. Om deze problemen op te lossen werkt de sector aan een systeem voor kwaliteitsborging, zoals het Zonnekeur-label (Holland Solar 2007). Daarnaast zijn er initiatieven genomen voor het scholen van installateurs.

De meeste zonneboilers worden momenteel geplaatst in de nieuwbouw. Dat is ook makkelijker, omdat het gaat om grote projecten met vele woningen, waarbij de installatie van de zonneboiler wordt opgenomen in de bouwstroom. Meer standaardisatie, onder andere wat betreft de bevestigings systemen op of zelfs geïntegreerd in het dak kan die ontwikkeling stimuleren. De geplande aanscherping van de eisen voor de energieprestatie van woningen en gebouwen zou de animo voor zonneboilers kunnen vergroten.

Voor een optimale benutting van zonneboilers is het belangrijk dat de woningen zo zijn gebouwd dat de schuine zijde van het dak naar het zuiden is gericht en dat er bomen of andere objecten geen schaduw op de collectoren werpen. Door het vastleggen van dergelijke eisen in het bestemmingsplan en/of stedenbouwkundig plan kunnen gemeenten het gebruik van zonneboilers stimuleren.

Gezondheid

Omdat er altijd warm water in het systeem zit, bestaat de mogelijkheid van besmetting van de boiler en zijn aan- en afvoerbuizen met de Legionella-bacterie. Uit onderzoek van TNO blijkt echter dat de temperatuur van het water hoog genoeg is om de bacterie onschadelijk te maken. De materialen van het opslagvat lenen zich bovendien niet voor een uitbundige groei van bacteriën. De conclusie is dan ook dat het besmettingsgevaar bij gebruik van zonneboilers nagenoeg nihil is (TNO 2003).

Milieubelasting

In een gesloten circuit bevat de collector van de zonneboiler vaak een mengsel van water en PG (propyleenglycol) om bevriezing tegen te gaan. Het kan nodig zijn om PG te vervangen wegens veroudering. Ook bij breuk of bij afdanken van de installatie kan antivries vrijkomen. Hoewel PG biologisch afbreekbaar is, moet er zorgvuldig mee worden om gegaan om belasting van het milieu te voorkomen. Om het duurzame imago van zonneboilers in stand te houden is er de sector veel aan gelegen om de milieubelasting te minimaliseren. Nochtans richt het keurmerk Zonnekeur zich alleen op de kwaliteit van zonneboilers en de installatie ervan en (nog) niet op de milieuaspecten.

Maatschappelijke inpassing

Voor zover bekend zijn er geen klachten over het uiterlijk van de collectoren, de glasplaten op het dak. Dat kan te maken hebben met het feit dat zonneboilers nog niet of nauwelijks op grote schaal worden toegepast. De combinatie van collectoren en zonnepanelen leidt niet altijd tot een fraai uiterlijk. Integratie van collectoren en panelen (hybride systemen) en integratie ervan in het dak is een interessante optie om – in de toekomst – te voorkomen dat mensen hun bureaus voor de rechter slepen voor het plaatsen van zonnecollectoren.

Vergeleken met PV-systemen hebben zonnecollectoren als voordeel dat opwekker en gebruiker volledig samenvallen. De warmte wordt volledig gebruikt voor warmwater of ruimteverwarming van de woning of het bedrijfspand waar die wordt opgewekt. Dat heeft als voordeel dat de opwekker/gebruiker niet afhankelijk is van energie- en distributiebedrijf en de bijbehorende administratieve rompslomp. Nadeel is wel dat bij systemen zonder seizoensopslag niet alle geogste warmte kan worden benut.

Tot slot: doorpakken of afwachten

Het potentieel voor de benutting van zowel de warmte als de straling van de zon is groot, ook in Nederland. Decentrale systemen als PV en zonneboilers zijn relatief gemakkelijk te installeren en in te passen in de bestaande systemen. Ook is er voldoende dakoppervlak beschikbaar om de doelstellingen van Holland Solar in 2050 te realiseren en lijkt de maatschappelijke weerstand tegen decentrale benutting van zonne-energie tot nu toe gering.

Zonnepanelen vormen in potentie een duurzame energiebron. Ze stoten tijdens het gebruik geen CO₂ uit, leveren hernieuwbare elektriciteit en worden steeds goedkoper. Wel is het belangrijk dat er aandacht is en blijft voor het gebruik van milieuschadelijke stoffen in het productieproces. Voorkomen moet worden dat deze stoffen vrijkomen in het milieu. Ook kan een incident met grootschalige milieuvervuiling imago-schade opleveren voor de hele zonnecelbranche. Om ervoor te zorgen dat producenten niet inleveren op arbo- en milieuveiligheid en zo goedkoper kunnen produceren, zou een internationaal PV-keurmerk een level-playing field kunnen creëren.

Het voornaamste probleem bij de afzet van PV-systemen en zonneboilers is de prijs. Op termijn zal die waarschijnlijk wel dalen – voor PV-systemen gebeurt dat al – maar voorlopig zijn ze nog te duur om zonder subsidie rendabel te zijn. Tegelijkertijd is een behoorlijke afzet nodig voor het doorlopen van de leercurve. Meer afzet betekent een versnelling van de technologische ontwikkeling. Daardoor gaan de materiaalkosten omlaag en verbetert de efficiëntie van de systemen. Uiteindelijk resulteert dat in een lagere kostprijs.

Het succes van het Duitse Feed in Tariff heeft laten zien dat langdurige steun voor zonnestroom er voor kan zorgen dat meer zonnepanelen worden geplaatst en zelfs commercieel worden geëxploiteerd. In vergelijking zijn de Nederlandse investeringen in zonnestroom bescheiden, omdat het subsidiebeleid – zacht gezegd – nogal wisselvallig is geweest. Ook nu nog suggereert het plafond in de Subsidieregeling Duurzame Energie Plus dat de Nederlandse regering geen grootschalige invoering van zonnestroom voorstaat.

Gezien het succes van de actie ‘Wij willen zon’ lijkt het alsof benutten van zonne-energie ook wel zonder subsidie kan. Over dat laatste valt te discussiëren. Bij normaal elektriciteitsverbruik duurt het ongeveer 14 jaar voor de investering zichzelf heeft terugverdiend. Korter dan de levensduur van een zonnepaneel of boiler, maar voor commerciële investeerders veel te lang.

Een andere reden om te pleiten voor overheidssteun is dat Nederland anders de doelstellingen voor het aandeel duurzame energie in 2020 c.q. 2050 niet gaat halen. Daarmee breekt ons land met zijn jarenlange ambitie om op duurzaam gebied een voorloper te willen zijn. In plaats daarvan stellen we ons op als volger. Dat heeft voordelen (je maakt gebruik van de kennis en ervaring die anderen door schade en schande opdoen), maar ook nadelen.

Bij een afwachtende houding mist Nederland waarschijnlijk de boot wat betreft de ontwikkeling van een zonne-industrie in Nederland. Een dergelijke bedrijfstak zou nieuwe werkgelegenheid met zich mee kunnen brengen. Niet alleen voor het onderzoek naar en de fabricage van zonnecellen, maar ook voor de vaak middelgrote en kleine installatiebedrijven.

Een andere reden om niet te wachten tot de prijs van zonnepanelen en –collectoren zover is gedaald dat er geen overheidssteun meer nodig is, is dat het invoeren van nieuwe technologie maatschappelijke acceptatie vereist en de ontwikkeling van een maatschappelijke infrastructuur. Geleidelijke groei van het aantal installaties maakt het niet alleen mogelijk om de leercurve te doorlopen bij de productie en installatie van systemen, maar verbetert ook de organisatorische inpassing van systemen in het net. Daarnaast spelen esthetische overwegingen een rol. Zo kunnen stedenbouwers en architecten ervaring opdoen met het verantwoord inpassen van systemen in de gebouwde omgeving.

Als de Nederlandse overheid wacht tot prijs van zonnepanelen en –boilers gaat dalen, bestaat de kans dat de maatschappelijke implementatie chaotisch verloopt en daardoor weerstanden oproept. Om dat te voorkomen en de ambities op het gebied van duurzame energie waar te maken, lijkt overheidssteun vooralsnog noodzakelijk.

Referenties

- Bakker M. et al. (2007). ‘Woningen als energieleverend systeem’. In: *VV+*. *Vakblad voor de Installatietechniek*, oktober 2007.
- Compendium (2010). ‘Verbruik van hernieuwbare energie, 1990–2009’. <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl>
- Compendium (2010b). ‘Energieprijzen kleinverbruikers, invoerprijs steenkool en wereldolieprijs, 1990–2010’. <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl>
- ECN. ‘Geschiedenis van de zonnecel. De vroege dagen’. <http://www.ecn.nl>
- EC (2010). *Critical Raw Materials for the EU. Report of the Ad-hoc Working Group on Defining Critical Raw Materials*. Brussel: Europese Commissie, juni 2010.
- Fthenakis, V. & Alsema, E. (2006). ‘Photovoltaics Energy Payback Times, Greenhouse Gas Emissions and External Costs: 2004-early 2005 Status.’ In: *Progress in Photovoltaics: Research and Applications* 2006, 14: 275-280.

- Fthenakis, V. (2004). 'Life Cycle Impact Analysis of Cadmium in CdTe PV Production.' In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2004, 8: 303-334.
- Holland Solar (2005). *Transitiepad zonnestroom. De roadmap van Holland Solar*. Utrecht; Holland Solar.
- Holland Solar (2007). *Transitiepad Thermische zonne-energie. De Roadmap van Holland Solar*. Utrecht: Holland Solar.
- IEA (2010). *Technology Roadmap. Solar Photovoltaic energy*. Paris: OECD/ IEA.
- Infonu (2010). 'Wat kost zonnestroom per kWh'. <http://financieel.infonu.nl>, 20 april 2010.
- JRC (2010). *PV Status Report 2010. Research, Solar Cell Production and Market Implementation of Photovoltaics*. Joint Research Centre, Institute for Energy. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Union.
- Kets A., M. Menkveld & W.G. van Arkel (2005). *Zon op de daken, zonnige gezichten? Onderzoek naar meningen over toepassingen van PV in Vroonermeer in Alkmaar en Stad van de Zon in Heerhugowaard*. Petten: ECN.
- Knoppers, R. & Verbong, G. (2001). 'PV in Nederland'. In: *Een kwestie van lange adem*. Boxtel: Æneas, uitgeverij van vakinformatie bv.
- Lincot, D. (2009). 'Summary Report Environmental, Health and Safety (EHS) Aspects of First Solar Cadmium Telluride (CdTe) Photovoltaic (PV) Systems.' <http://www.firstsolar.com>, 6-7 July 2009.
- Leidsch Dagblad (2006). 'Met zonne-energie in de kou.' In: *Leidsch Dagblad*, 7 oktober 2006.
- van Mierlo, B. (2002). *Kiem van maatschappelijke verandering, verspreiding van zonnecelssystemen in de woningbouw met behulp van pilotprojecten*. Amsterdam: Aksant.
- Montfoort, J. & Ros, J. (2008). *Zonne-energie in woningen. Evaluaties van transitie op basis van systeemopties, Milieu en Natuurplanbureau*, Bilthoven: Milieu- en Natuurplanbureau.
- Nath, I. (2010). 'Cleaning Up After Clean Energy: Hazardous Waste in the Solar Energy'. In: *Stanford Journal of International Relations*, vol. XI, No 2.
- NRC Handelsblad (2008). 'Zonnepaneel veel zuiniger'. In: *NRC Handelsblad*, 26 februari 2008.
- NRC Handelsblad (2010). 'Zonnepanelen in 2015 al fors goedkoper'. In: *NRC Handelsblad*, 10 april 2010.
- PDE (2007). *Naar een duurzame elektriciteitsvoorziening, Transitiepad fotovoltaïsche zonne-energie. Platform duurzame elektriciteitsvoorziening*. Utrecht: SenterNovem.
- RIVM (1988). *Zorgen voor morgen. Nationale milieuverkenningen 1985-2010*. Bilthoven: RIVM.
- RWI (2009). *Economic Impacts from the Promotion of Renewable Energy Technologies*. The German Experience. Essen: RWI.
- SenterNovem (2010). 'Bouw productiemachines PV sterke groeimarkt.' <http://www.senternovem.nl>
- Sharp (2008). 'Wat is zonne-energie?' <http://www.sharp.nl>
- Sinke, W.C., T.P. Bokhoven, R. Schalijs, R.J. van Zolingen, C.J. van der Leun, G. Boxhoorn & B. Janson (2006). *Zonnestroom en de Transitie naar een Duurzame Elektriciteitsvoorziening, PV-Notitie*, 15 september 2006. Utrecht: SenterNovem.
- Sinke, W. (2007). 'Onderzoek en ontwikkeling van zonnecellen. Bloed, zweet en tranen of een doorbraak?' In: *Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde*, juli 2007.
- Staatscourant (2010). 'Aanpassing Bouwbesluit met betrekking tot de EPC'. In: *Staatscourant*, 11 november 2010.
- TNO (2003). *Microbiologische veiligheid van zonneboilers*. Delft: TNO.
- Trouw (2009). 'Zware concurrentie voor makers zonnecellen'. In: *Trouw*, 24 augustus 2009.
- Trouw (2010a). 'Duitsers tobben met zonne-energie'. In: *Trouw*, 31 augustus 2010.

- Trouw (2010b). 'Wat gaan we in Nederland doen? Het is de bedoeling dat bedrijven iets leren van subsidie'.
In: *Trouw*, 31 augustus 2010.
- Verhagen, M. (2010). *Brief aan de Tweede Kamer. Betreft: SDE+*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, 30 november 2010.
- Volkskrant (2009). 'Duitsland maakt wél gebruik van de zon'. In: *De Volkskrant*, 28 maart 2009.
- Volkskrant (2010). 'Nuon komt garanties duurzame energie niet na'. In: *De Volkskrant*, 21 oktober 2010.
- VPRO (2008). *Tegenlicht: Here comes the sun*, 20 oktober 2008.
- VROM (1989). *Nationaal Milieubeleidsplan. Kiezen of verliezen*. Den Haag: SDU Uitgeverij
- Westerhuis, R., L. Verhoef & W. van Sark (2005). *Monitoring en lessen PV-projecten Amersfoort en HAL-gebied samenvatting*. Utrecht: SenterNovem.

Geraadpleegde websites

- <http://www.agentschapnl.nl>
- <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl>
- <http://www.ecn.nl>
- <http://www.epk.nl>
- <http://www.firstsolar.com>
- <http://www.hollandsolar.nl>
- <http://www.senternovem.nl>
- <http://www.solliance.eu>
- <http://www.thesiliconmine.com>
- <http://www.urgenda.nl>
- <http://www.wijwillenzon.nl>

Interviews

- Erik Alsema, senior consultant W/E–adviseurs, daarvoor senior onderzoeker Universiteit Utrecht, 2 maart 2011.
- Bert Janson, coördinator Innovatie Programma Zonnestroom Gebouwde Omgeving. Agentschap NL, 21 november 2008.
- Gert Jan Jongerden (directeur) en Jérôme Dangerman (projectleider), Nuon Helianthos, 20 februari 2009.
- Jac Hanssen, directeur Solland Solar, 28 november 2008.
- Wim Sinke, programmamanager Zonne-energie Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN), 6 januari 2009.

ESSAY



Auteur

Monique Riphagen

Onderzoeker bij het Rathenau Instituut

Hierbij wil ik Rijkert Knoppers hartelijk danken voor zijn commentaar op dit essay.

SPIEGELCENTRALES

Zonnestroom uit de Sahara: de vergeten optie

Inleiding

Wie heeft er als kind niet een loep of ander stuk glas gebruikt om gaatjes te branden in papier of het zelfs in brand te steken? Een primitieve vorm van CSP, oftewel Concentrated Solar Power, zou je dit kinderspel kunnen noemen. Het principe van CSP is namelijk dat door zonlicht te concentreren veel warmte kan worden opgewekt. Opwekking van CSP vindt momenteel met name plaats in Noord-Afrika, Spanje en de Verenigde Staten in de zogeheten zonthermische krachtcentrales.

Ook de zonneboilers uit het vorige essay maken gebruik van warmte van de zon. De zonneboiler wordt echter decentraal toegepast op daken van huizen en wordt gebruikt voor het verwarmen van tapwater, terwijl CSP grootschalig wordt toegepast en de opgewekte warmte, waarbij het gaat om hoge temperaturen, wordt omgezet in elektriciteit. Een verschil met PV is dat deze vorm van elektriciteitsopwekking elektriciteit produceert door de straling van de zon direct om te zetten, terwijl CSP hier een extra stap voor nodig heeft door gebruik te maken van de warmte. Een ander belangrijk verschil is dat CSP alleen werkt met direct zonlicht, dit is de zonnestraling die de aarde zonder omweg bereikt. Zonlicht dat door verstrooiing op het aardoppervlakke komt, heet diffuse straling, en deze valt niet te concentreren. Hoe een CSP centrale precies werkt, staat beschreven in kader 'Wat is CSP?'

Het International Energy Agency (IEA) ziet grote potentie voor deze vorm van hernieuwbare energiewinning. Volgens de Technology Roadmap. Concentrating Solar Power (IEA 2010) kan het potentieel in het

Midden-Oosten en Noord-Afrika honderd keer voldoen aan de elektriciteitsconsumptie in deze regio's en de Europese Unie gezamenlijk. De EU heeft dan ook in de afgelopen jaren geïnvesteerd in verschillende CSP-centrales, plannen die passen in de doelstelling van de EU om in 2020 20% van de energie hernieuwbaar op te wekken.

Nederland speelt op het moment nauwelijks een rol in het hele CSP-verhaal. We hebben geen industrie op dit gebied en doen nauwelijks (wetenschappelijk) onderzoek naar CSP. Mogelijk heeft dat te maken met het feit dat CSP niet in Nederland zelf toegepast kan worden. Daarvoor is hier te weinig direct zonlicht. Hierdoor is CSP niet opgenomen in energietransitiepaden en is de politieke belangstelling vrijwel nihil. Voormalig minister Van der Hoeven heeft aangegeven best bilateraal gesprekken aan te willen gaan over CSP, maar verder lijkt de ministeriële steun niet te gaan.

Hoe zien de kansen en het potentieel voor Concentrated Solar Power eruit? Welke ontwikkelingen zijn er op wereldschaal en Europees niveau? En biedt dat, ondanks de huidige geringe belangstelling, ook mogelijkheden voor Nederland? Dit essay verkent die kansen. Na een historische terugblik en een overzicht van de ontwikkelingen binnen de techniek van Concentrated Solar Power worden de trends en het potentieel van CSP zichtbaar gemaakt. Vervolgens wordt gefocust op de discussiepunten rondom CSP, waarna wordt ingezoomd op de rol van Nederland binnen CSP. Het essay wordt afgesloten met conclusies.

Groeiende aandacht voor CSP

Hoewel de aandacht voor Concentrated Solar Power de laatste jaren sterk opkomt, heeft het al een lange geschiedenis. Auguste Mouchot, Frans hoogleraar wiskunde, maakte zich in 1860 al zorgen over het opraken van de kolenvoorraad. In de jaren hierna ontwikkelde hij als eerste een zonthermische installatie waarmee hij met behulp van spiegels die het zonlicht concentreerden, stoom opwekte. Hiermee kon hij een machine laten draaien. Mouchot realiseerde zich dat de mogelijkheden van zonthermische centrales in Frankrijk beperkt waren en vervolgde zijn experimenten in de Franse kolonie Algerije. Hij bouwde samen met zijn assistent een parabolische spiegel die op de Wereldtentoonstelling in Parijs in 1878 te zien was. Verschillende opvolgers ontwikkelden diverse typen installaties. Deze hadden alle gemeen dat met de opgewekte stoom direct machines werden aangedreven, bijvoorbeeld om irrigatiewater op te pompen. De opwekking van elektriciteit was in die periode nog niet aan de orde.

De Amerikaan Frank Shuman richtte in 1908 de Sun Power Company op. Nadat hij de bestaande zonthermische concepten flink had verbeterd, verplaatste hij zijn activiteiten naar Egypte en bouwde de eerste trogspiegelinstallatie (zie kader 'Wat is CSP?') die de standaard zou worden voor veel moderne CSP-installaties. Hij had grootse plannen om 40.000 km² aan spiegels in de Sahara te plaatsen, maar de Eerste Wereldoorlog gooide roet in het eten. Door de ontdekking van grote olievelden en de snelle opkomst van olie- en steenkool met bijbehorende infrastructuur, kwam er vervolgens voorlopig een einde aan de pogingen energie op te wekken met behulp van zonthermische centrales.

Hoewel de wetenschappelijke belangstelling voor zonthermische krachtinstallaties bleef bestaan en er diverse proefinstallaties werden gebouwd, bleef de toepassing van CSP beperkt. Pas in de jaren zeventig van de vorige eeuw nam de politieke belangstelling voor CSP weer toe. Door de hoge olieprijs was er ook in

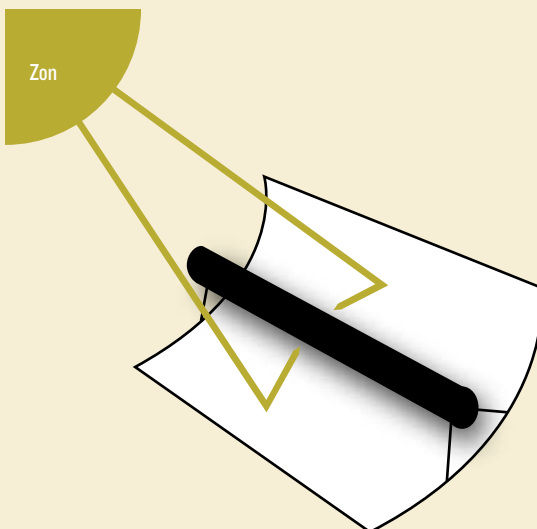
Wat is CSP?

Het principe van alle CSP-installaties is relatief eenvoudig. Zonnestraling wordt door middel van zogeheten heliostatische spiegels die met de zon meedraaien, geconcentreerd op een brandlijn of brandpunt. Afhankelijk van het type installatie is dit een buis of een vast punt gevuld met vloeistof. Dit wordt de absorber genoemd. Door middel van deze warmte wordt elektriciteit opgewekt. Deze elektriciteit wordt vervolgens getransporteerd naar het elektriciteitsnet of kan direct worden toegepast in bijvoorbeeld een fabriek. Momenteel zijn er drie typen installaties in gebruik, die hieronder kort worden beschreven.

Parabolische trog

De parabolische troginstallatie is de eerste zonthermische krachtinstallatie die commercieel is toegepast in de VS bij het plaatsje Kramer Junction in de Mojave woestijn in Californië (zie verderop in deze paragraaf). De installatie leent zich voor grootschalige toepassing (50 MW of hoger) en is gekoppeld aan het elektriciteitsnet. De parabolische trog bestaat uit lange spiegels in een U-vorm die lineair worden opgesteld en tweedimensionaal verstelbaar zijn. Een buis met minerale olie vormt de brandlijn. De olie wordt verhit tot een relatief lage temperatuur van 400°C, waardoor het rendement van de troginstallatie vrij laag is, 10-15%. Op basis van onderzoek wordt verwacht dat het rendement van een parabolische troginstallatie nog kan groeien tot een rendement van 17-18% (Molenbroek & de Visser 2006). De hitte van de olie zet via een warmtewisselaar water om in stoom, waarmee een stoomturbine wordt aangedreven. Door de vorm van de spiegels is de installatie relatief duur. Wetenschappelijk onderzoek richt zich op het verlagen van de kosten van de spiegels zelf en de kosten van de ondersteuningsconstructie. Ook vindt verder onderzoek plaats naar de nu al toegepaste thermische opslag (Molenbroek & de Visser 2006).

Een variant van de parabolische trog is de lineaire Fresnel-installatie. Deze bestaat uit platte in plaats van parabolische spiegels. Het water wordt door de spiegels direct verhit tot stoom zonder gebruik te maken van olie en warmtewisselaar. Het rendement van de Fresnel-installatie is weliswaar relatief laag, maar de investeringskosten zijn ook lager. Hierdoor kan het concept aantrekkelijker uitvallen dan de trog (Molenbroek & de Visser 2006; Lako & de Vries 2006).



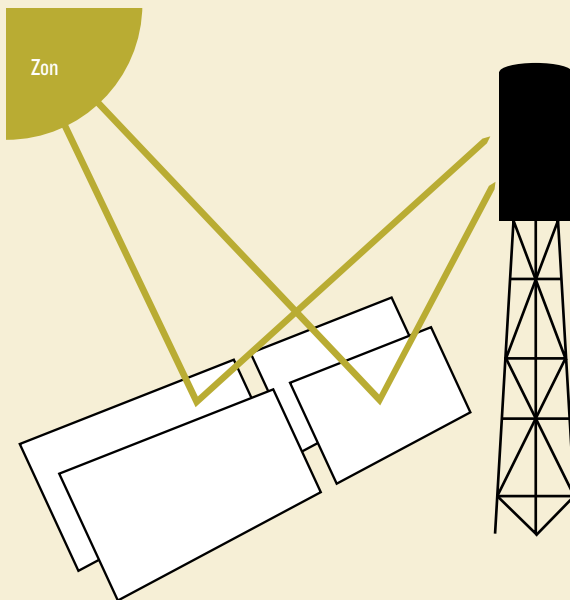
Figuur 1
Parabolische troginstallatie. (Gebaseerd op:
<http://www.zonnepanelen-info.nl>)

de VS veel belangstelling voor goedkope energie. In 1979 bouwde men in Arizona de eerste zonthermische krachtinstallatie die elektriciteit produceerde. De opbrengst van deze installatie viel echter tegen en men had te kampen met hoge kosten. Desondanks startte in 1981, mede door de tweede oliecrisis in 1979, de bouw van verschillende zonthermische krachtinstallaties. Op Sicilië werd door de Europese Gemeenschap voor het eerst een zonnetoren gebouwd met een beperkte warmtebuffer met gesmolten zout. In geval van storing of iets minder zon, kon toch voor een korte tijd stroom geleverd blijven worden. Ook in Japan, Spanje en Koeweit werden zonneprojecten ontwikkeld. Ondanks de steeds toenemende efficiëntieverbetering en het leereffect, werden de meeste centrales na een paar jaar weer gesloten door een tegenvallende opbrengst, technische problemen en hoge onderhoudskosten (Knoppers 2008).

Kramer Junction

Door gunstige fiscale maatregelen stimuleerde de Amerikaanse overheid de toepassing van hernieuwbare energie, wat het investeringsklimaat erg gunstig maakte. In 1983 begon het Israëlische bedrijf Luz bij de plaats Kramer Junction in Californië dan ook met de bouw van de eerste commerciële zonthermische

Wat is CSP? (vervolg)



Zonnetoren

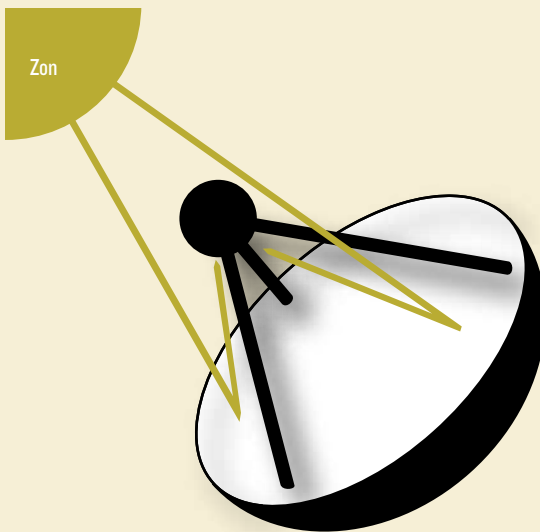
De zonnetoren is vooral toegepast in demonstratieprojecten. In 2007 is een eerste commerciële toren gebouwd in Spanje, met een capaciteit van 11 MW. De zonnetoren bestaat uit een veld van spiegels die concentrisch staan opgesteld rondom een toren. De spiegels draaien rond twee assen mee met de beweging van de zon. De straling wordt zeer geconcentreerd naar de ontvanger bovenin de toren gestuurd waarin lucht of een ander medium wordt verwarmd. De hete lucht drijft turbines aan waardoor elektriciteit geproduceerd wordt. De temperatuur kan oplopen tot 1.000°C, waardoor de centrale heter is dan de trog en meer stroom opwekt. De kosten zijn echter ook hoger. Tot nu toe is het rendement 8-10%, maar verwacht wordt dat dit kan groeien naar 15-25%. Door de hoge temperatuur is het gemakkelijker warmte op te slaan, waardoor de installatie ook weer rendabeler wordt. Wetenschappelijk onderzoek richt zich vooral op het verbeteren van de spiegels en de absorber (Molenbroek & de Visser 2006; Lako & de Vries 2006).

Figuur 2

Zonnetoren. (Gebaseerd op: <http://www.zonnepanelen-info.nl>)

Parabolische schotel

De parabolische schotel werkt meestal met een (hete lucht) Stirlingmotor, andere principes (Brayton) zijn in ontwikkeling. Een ronde, gekromde schotel met spiegels concentreert het zonlicht op een ontvanger. Door de zeer sterke concentratie is tot nu toe een rendement van 16-18% gedemonstreerd. Verwacht wordt dat dit kan oplopen tot 18-23%. Voordeel van de parabolische schotel is dat hij zelfstandig en niet per se in een veld met meerdere schotels kan worden toegepast, waardoor de initiële investeringskosten beperkt kunnen blijven. Hierdoor leent de schotel zich ook voor decentrale toepassing, bijvoorbeeld in rurale gebieden en in de tropen. De kosten per Watt zijn wel hoger dan bij de andere systemen. De parabolische schotel wordt nog niet commercieel toegepast. Onderzoek richt zich voornamelijk op de ontwikkeling van hybride systemen, waarbij zonnecentrales worden bijgestookt met gas en thermische opslag (Molenbroek & de Visser 2006; Lako & de Vries 2006). De verwachting is dat een hybride systeem meer rendement oplevert., waardoor een commerciële toepassing dichterbij komt.



Figuur 3
Parabolische schotel.
(Gebaseerd op: <http://www.energie-technologie.nl>)

Opslag

's Nachts, als de zon niet schijnt, leveren de centrales ook geen elektriciteit. Dit kan ondervangen worden door een gedeelte van de capaciteit van de centrale te reserveren voor de opslag van warmte in gesmolten zouten. Overdag wordt een deel van de opgewekte warmte gebruikt om de zouten te verhitten. 's Nachts wordt de opgeslagen warmte gebruikt voor de productie van elektriciteit. In principe kan zo 24 uur per dag elektriciteit worden geleverd. Er moet dan wel genoeg capaciteit worden gereserveerd voor de verhitte van de zouten, waardoor meer spiegels nodig zijn wat de geproduceerde elektriciteit weer duurder maakt.

Ontzilting zeewater

Bij de productie van elektriciteit, blijft een hoeveelheid restwarmte achter. Deze restwarmte kan worden gebruikt voor de ontzilting van zeewater. Veel landen met veel zon kampen met een tekort aan drinkwater. Als langs de kust CSP-installaties worden gebouwd, kan zeewater eenvoudig worden omgezet in zoet water, wat drinkwater oplevert voor de lokale bevolking. Na verhitting condenseert het zeewater als zoet water en blijft zout achter. Belangrijk is dat dit zout niet eenvoudigweg weer in zee wordt geloosd, aangezien dit plaatselijk de samenstelling van het zeewater verandert en effect kan hebben op het ecosysteem (www.gezen.nl). In plaats daarvan kan het bijv. dienen als consumptiezout.

krachtcentrale. In de Mojavewoestijn werden in de periode 1984–1990 in totaal negen Solar Electric Generation Systems (SEGS) gebouwd, allemaal parabolische troginstallaties met een totaal vermogen van 354 MW. Dit is niet veel meer dan een kleine kolencentrale, maar in de geschiedenis van zonnestroom al een hele stap. De eerste zeven centrales hadden een vermogen van maximaal 30 MW, omdat de Amerikaanse overheid in eerste instantie tot dit vermogen financierde. De laatste twee centrales hadden een vermogen van 80 MW, en dat maakte ze direct rendabeler.

De installaties hadden wel te kampen met talloze praktische problemen. Zo had men in het begin veel last van glasbreuk door bijvoorbeeld een slechte afstelling van de spiegels of de harde wind. Storm bleek sowieso een probleem. Om schade aan de spiegels te voorkomen, moesten de spiegels bij harde wind met de holle kant naar beneden worden gezet. Dat kon echter ook weer niet te vroeg, want dan leverde de installatie geen stroom, en dat zorgde voor inkomstenderving. Een ander probleem was dat de installatie geregeld thermische olie, de olie die verwarmd wordt in de absorber, lekte, wat kon leiden tot milieuvervuiling. Ook is er tweemaal een installatie in brand gevlogen. Daarnaast viel de rendabiliteit tegen, omdat de installaties alleen volledig werken bij volledig zonlicht. Om de installaties rendabeler te maken, werden de SEGS op bewolkte dagen beperkt (tot een maximum van 25%) bijgestookt met gas. Doordat de centrales na elkaar zijn gebouwd, kon men echter profiteren van de eerdere ervaringen, werden veel kinderziekten overwonnen en trad een groot leereffect op. Elke nieuwe SEGS was 10% efficiënter dan de vorige (Knoppers 2008).

In 1991 ging de bouwer en exploitant van de SEGS, de firma Luz, failliet door een dalende olieprijs en een beperking van de subsidies. De installaties werden overgenomen door andere elektriciteitsmaatschappijen en zijn tot op de dag van vandaag in werking (Knoppers 2008).

Ondanks het succes van Kramer Junction lag de ontwikkeling van nieuwe centrales in de jaren negentig grotendeels stil, hoewel er wel genoeg plannen waren. De lage olieprijzen maakten dat er weinig investeringsbereidheid was. Andere duurzame energietechnologieën hadden hier minder van te lijden, waarschijnlijk omdat CSP een technologie is die veel investeringen vergt alleen al vanwege de grootschaligheid ervan (Knoppers 2008).

Hernieuwde belangstelling

Vanaf 2006 neemt de belangstelling voor CSP weer toe, met name in Spanje en de VS. Deze landen kennen een stimuleringsbeleid voor hernieuwbare energie, waaronder CSP. De VS willen na de terroristische aanslagen van 9/11 minder afhankelijk zijn van olie-exporterende landen en willen in eigen land de productie van hernieuwbare energie stimuleren. Spanje kent een *feed in*-tarief voor hernieuwbare elektriciteit (een vergoeding van de overheid voor het leveren van groene stroom aan het elektriciteitsnet voor een hogere prijs dan die van grijze stroom, die wordt betaald uit een kleine opslag op de prijs voor grijze stroom), en kent daarmee een aantrekkelijk investeringsklimaat.

De hoeveelheid CSP-centrales neemt snel toe. Als alle projecten die op stapel stonden in twaalf landen (waaronder China, Mexico, Spanje en de VS) zijn uitgevoerd, betekent dit een vervijftienvoudiging (van 1 GW begin 2010 tot 15 GW eind 2010) van het opgestelde vermogen (IEA 2010).

Europa

Ook op Europees niveau zijn er de afgelopen jaren de nodige plannen ontwikkeld en wordt er geïnvesteerd in verschillende CSP-centrales. Deze plannen passen in de doelstelling van de EU om in 2010 20% van het energieverbruik op hernieuwbare wijze op te wekken. De EU heeft in totaal 15 miljoen euro geïnvesteerd in drie verschillende CSP-demonstratieprogramma's. Doel hiervan is om de mogelijkheid van commerciële toepassing van de drie verschillende soorten technologieën te bevestigen en om de Europese industrie en onderzoeksinstituten een prominente rol te geven in de ontwikkeling van CSP (EC 2007).

Het eerste project is de PS10, een zonnetoren van 11 MW, de eerste commerciële zonnetoren met 624 spiegels en een beperkt wateropslagsysteem. Het project kostte in totaal 16,7 miljoen euro, 5 miljoen afkomstig was van de EU. Daarnaast profiteerde het project van de Spaanse feed-in-regeling van 0,18/kWh. Het tweede project is ANDASOL, een parabolische troginstallatie van 50 MW met een thermische zoutopslag van 7,5 uur, waardoor de centrale bijna dag en nacht elektriciteit levert. Van de totale kosten van 14,3 miljoen euro is 5 miljoen gefinancierd door de EU. Het derde project is SOLAR TRES, een zonnetoren van 15 MW met een zoutopslag voor 15 uur. Doel van dit project was vooral de kosten naar beneden te krijgen naar € 0,04/ kWh. Alle projecten zijn uitgevoerd in Spanje vanwege de grote hoeveelheid zonlicht en de hoge sterkte van de zon. Naast deze drie projecten, financiert de EU ook onderzoek naar CSP (EC 2007).

DESERTEC

De Trans-Mediterranean Renewable Energy Cooperation (TREC) is een organisatie die in 2003 is opgericht door de Club van Rome, de Hamburg Climate Protection Foundation en de National Energy Research Center of Jordan (NERC) (<http://www.desertec.org>). Volgens deze organisatie kunnen mediterrane landen een grote rol spelen in het leveren van duurzame elektriciteit aan de eigen regio en Europa. Samen met het German Aerospace Center heeft TREC het initiatief genomen tot DESERTEC, een internationaal project dat tot doel heeft om in 2050 te voorzien in 15% van de elektriciteitsbehoefte van Europa. Door middel van CSP-centrales en grootschalige windparken wil DESERTEC elektriciteit opwekken in Noord-Afrika en het Midden-Oosten (MENA-regio) en die via High Voltage Direct Current (HVDC)-elektriciteitsleidingen naar Europa transporteren. Met behulp van de restwarmte van de CSP-centrales kan tegelijkertijd zeewater worden ontzilt, wat weer te gebruiken is als drinkwater.

Er is binnen DESERTEC gekozen voor CSP en niet voor grootschalige PV-parken, omdat CSP goedkoper is en bij CSP de mogelijkheid bestaat tot de opslag van elektriciteit, waardoor er continu geleverd kan worden aan het net. Om aan deze doelstelling van 15% te kunnen voldoen, moet in 2050 100 GW worden opgewekt voor de export naar Europa, dus boven op de productie voor de MENA-regio zelf.

Om dit te helpen realiseren, is in 2009 het DESERTEC Industrial Initiative (DII) gestart, bestaande uit de DESERTEC Foundation, als de coördinerende instantie, en twaalf grote, uiteenlopende bedrijven, waaronder energiebedrijven, een verzekeringsmaatschappij, banken en bedrijven die actief zijn op het gebied van CSP. Het merendeel van de bedrijven is Duits. Het doel van DII is om DESERTEC te realiseren door middel van het uitvoeren van haalbaarheidsstudies, proefprojecten en het ontwikkelen van een langetermijnplanning tot 2050. Binnen enkele jaren moet er een investeringsplan liggen. Er is gerekend op tien jaar tussen de eerste start van de bouw in 2012 en de eerste oplevering (www.dii-eumena.com; www.wikipedia.org).

Naast veel enthousiaste zijn er ook kritische geluiden te horen. Een van die geluiden is afkomstig van de inmiddels overleden Hermann Scheer, Bundestaglid voor de Duitse SPD, ontwerper van de Duitse feed in-regeling en promotor van duurzame energie. Hij waarschuwt voor te hooggespannen verwachtingen. Volgens hem worden de kosten, evenals de investeringsbereidheid van bedrijven, overschat. Ook kunnen er logistieke problemen ontstaan, bijvoorbeeld vanwege zandstormen, en is het volgens hem niet eenvoudig om verschillende landen op één lijn te krijgen om het project goed te kunnen uitvoeren. Daarnaast heeft hij meer ideologische bezwaren. Hij ziet meer in kleinschaliger vormen van duurzame energie, zodat de huidige machtsstructuren van de grote elektriciteitsmaatschappijen doorbroken worden (Guardian 2009).

Potentieel van CSP

CSP-projecten zitten in de lift en de kritische geluiden die er zijn, lijken zich te beperken tot een enkeling, maar wat is nu eigenlijk het potentieel van zonthermische stroom? Daarvoor kijken we eerst naar de meest bepalende factoren, zoals de locatie en de prijs. Vervolgens wordt ook het toekomstig potentieel verkend en komen diverse innovaties met betrekking tot CSP aan de orde.

Locatie en prijs

De locatie van de zonthermische krachtcentrales is essentieel voor de opbrengst ervan. Zonlicht bereikt de aarde zowel direct als indirect. CSP heeft direct zonlicht nodig, zonder verstrooiing door bijvoorbeeld bewolking, omdat alleen direct zonlicht met behulp van spiegels of lenzen geconcentreerd kan worden op een klein oppervlak. Op bewolkte of regenachtige dagen is er praktisch geen direct zonlicht. Daardoor is Nederland, evenals het grootste deel van Europa, niet geschikt voor de bouw van CSP-centrales (IEA 2010).

De maat voor de sterkte van de zonnestraling is de *Direct Normal Irradiance* (DNI). Dit is de hoeveelheid instraling die loodrecht op een vlak valt dat met twee assen (noord-zuid en oost-west) de zon volgt (Mollenbroek & de Visser 2006). Pas bij een DNI vanaf 2.000 kWh/m² is de toepassing van CSP mogelijk. Binnen Europa is dit alleen het geval in Zuid-Spanje. Andere plaatsen zijn de kustgebieden in Noord-Afrika waar de DNI vergelijkbaar is met die in Zuid-Spanje. Ook woestijngebieden, waar de DNI kan oplopen tot wel 2.800 kWh/m², zijn geschikt voor de toepassing van CSP.

Er zijn echter ook beperkende factoren, met name in woestijngebieden. CSP heeft namelijk aardig wat koelwater nodig, waardoor er ook water in de buurt van de locatie moet zijn. Elke 1000 kWh vergt 3 m³ water (www.milieucentraal.nl). Luchtkoeling is eveneens mogelijk, maar is weer een stuk duurder. Ook moeten de spiegels regelmatig gewassen worden. Door het stof en zand in de woestijn worden de spiegels vies, wat de efficiëntie verlaagt. Zo zijn er nog meer beperkende factoren als het voorkomen van heuvels en bergen, zandstormen en mogelijke schaduwvorming (Knoppers 2008).

Ondanks deze beperkende factoren is het technische potentieel van CSP gigantisch. Volgens de *Technology Roadmap. Concentrating Solar Power* (IEA 2010) zou het potentieel in het Midden-Oosten en Noord-Afrika honderd keer kunnen voldoen aan de elektriciteitsconsumptie in deze regio's en aan die in de Europese Unie.

Op korte termijn lijken in de regio Zuid-Europa–Noord-Afrika landen als Spanje, Algerije, Egypte, Libië, Marokko en Tunesië het meest geschikt voor CSP (Molenbroek & de Visser 2006). In Marokko, Algerije, Tunesië en Egypte is er voldoende potentieel voor circa 75.000 GW aan centrales (Molenbroek & de Visser 2006). Op de meest ideale locatie, 90 kilometer ten zuiden van Caïro in Egypte, zouden de productiekosten dan uitkomen op 0,15 €/kWh. Hier moeten de transportkosten en overige kosten dan nog bij worden opgeteld. Ter vergelijking: de huidige elektriciteitsprijs voor consumenten in Nederland is € 0,22/kWh. De prijs kan echter nog verder naar beneden. Bij een marktgroei van 25% per jaar kan volgens verschillende studies die door adviesbureau Ecofys op een rijtje zijn gezet, de prijs van zonthermische elektriciteit dalen tot een prijs tussen € 0,05 en 0,08 €/kWh in 2020 à 2026 (Molenbroek & de Visser 2006). Dit is de prijs van de elektriciteit zoals die ter plekke wordt opgewekt, dus zonder transportkosten en zonder de kosten die eventueel gemaakt moeten worden om de technologie maatschappelijk in te passen. Later in dit essay komt dit punt verder aan de orde.

De investeringskosten voor CSP zijn wel behoorlijk hoog. Een CSP-installatie met een productiecapaciteit van 250 MW met luchtkoeling kost volgens de scenario's van DESERTEC 1 miljard euro. De *Technology Roadmap* van de IEA ziet het bij elkaar brengen van deze hoge investeringskosten dan ook als een probleem waar initiatieven op stuk kunnen lopen. Onderling verschil in fiscaal beleid tussen landen kunnen de uiteindelijke kosten van de centrale dan ook beïnvloeden (IEA 2010).

Toekomstscenario

En wat is het potentieel voor CSP in de toekomst? Ondanks de lange geschiedenis van CSP en het succes van Kramer Junction, het bewijs dat CSP commercieel geëxploiteerd kan worden, zijn er nog weinig commerciële centrales. Blijft CSP een veelbelovende technologie die commercieel langzaam van de grond komt, of levert CSP in 2030 een daadwerkelijke bijdrage aan onze elektriciteitsvoorziening? Een studie van de IEA uit 2008 (*Energy Technology Perspective*) noemt CSP als een van de kosteneffectieve technologieën die bijdragen aan de reductie van CO₂. Volgens dit rapport draagt CSP in 2050 5% bij aan de elektriciteitsproductie wereldwijd, mits het in de eigen regio wordt toegepast. In het rapport *Technology Roadmap. Concentrating Solar Power* (IEA 2010) zet de IEA verschillende toekomstscenario's voor CSP wereldwijd op een rijtje.

Het scenario van de IEA zelf voorziet een snelle groei van CSP in regio's met een hoge DNI. In regio's met een lagere DNI, zoals Zuid-Spanje, zal de groei beperkter zijn. Tot 2020 zullen de centrales vooral een bijdrage leveren aan de midden- en piekbelasting.¹ CSP kan nog niet concurreren met kolencentrales in het leveren van een basislast. De eerste HVDC-(gelijkstroom)kabels zullen worden gelegd om de centrales in zonnige gebieden te verbinden met gebieden waar een grote vraag is naar elektriciteit.

1 In tegenstelling tot de basislast. Een piekbelasting van het net treedt op bepaalde uren van de dag op als er massaal elektriciteit wordt gebruikt. De basislast is de hoeveelheid elektriciteit die gedurende de hele dag geleverd moet worden aan het net.

Tussen 2020 en 2030 wordt de opwekking van elektriciteit door middel van CSP volgens het rapport concurrerend met kolengestookte basislastcentrales als de prijzen voor CO₂ omhooggaan en de kosten voor de opwekking en opslag van zonnewarmte omlaag zullen gaan doordat de centrales hogere temperaturen kunnen verwerken. In Europa zullen investeerders vooral investeren in CSP-centrales in Noord-Afrika, en aan de zuidkust van de Middellandse Zee. Gezien de beschikbaarheid van land en de hogere opbrengst is dit aantrekkelijker dan zoeken naar investeringen in Europa. Er zullen dus ook langere HVDC-kabels aangelegd worden en bestaande kabels zullen uitgebreid of vernieuwd moeten worden, omdat ze te weinig capaciteit hebben.

In 2030 zal de totale capaciteit ruim 300 GW bedragen. Dit betekent dat alle CSP-centrales jaarlijks ruim 1.000 TWh bijdragen aan de mondiale elektriciteitsproductie, in totaal zo'n 3,8%. De zon zorgt voor 85% van deze hoeveelheid, de rest wordt bijgestookt (zie hieronder). Hiervoor is het wel nodig dat de technologie voor de spiegelcentrales zich blijft doorontwikkelen en dat ze zo rendabel mogelijk worden geëxploiteerd.

In het IEA-scenario blijft de markt voor CSP na 2030 groeien, aangezien de prijs gelijk is aan die van stroom, opgewekt door fossiele brandstoffen. In 2050 zal er zo'n 1.089 GW geïnstalleerd vermogen zijn, dat jaarlijks 4.770 TWh produceert, 11,3% van de geschatte mondiale elektriciteitsproductie. Biogas en zonnebrandstoffen zullen worden gebruikt als bijstook van CSP en back-up (zie hieronder).

Volgens de IEA is CSP dus een kansrijke techniek. Er is voldoende potentieel om meer centrales te ontwikkelen. De prijs van CSP en de noodzaak tot het doen van grootschalige investeringen maken commerciële initiatieven nog lastig.

Inpassingsvraagstukken

De technische mogelijkheden van CSP zijn groot. Maar CSP roept ook inpassingsvragen op, die de implementatie ervan kunnen belemmeren. Wat doet een CSP-installatie met de ruimte van een bepaald gebied? Kunnen we als Europa zomaar CSP-installaties neerzetten in Afrikaanse landen en daar gebruik van maken? Hoe zit het met de belasting voor het milieu of de lokale arbeidsomstandigheden?

Warmte-opslag, bijstoken met fossiel en waterstof

Voor alle typen centrales geldt dat ze één groot nadeel hebben: als de zon niet schijnt, bijvoorbeeld bij bewolking en na zonsondergang, produceren ze geen elektriciteit. Hoe langer een elektriciteitscentrale op een dag draait, hoe rendabeler hij is. Een centrale die de halve dag stilstaat, is dus commercieel niet aantrekkelijk. Voor zonthermische centrales zijn er twee mogelijkheden om de centrales langer te laten draaien en zo rendabeler te maken: opslag van warmte en bijstook met gas.

Om de efficiëntie van zonthermische centrales te verhogen, is het mogelijk om overdag, als de zon op zijn felst schijnt, warmte naar een opslagmateriaal als gesmolten zout te leiden. Als de zon 's avonds weg is, wordt de warmte van dit gesmolten zout gebruikt om stoom te produceren en kan de centrale gewoon verdergaan met de productie van elektriciteit. Deze opslag wordt al volop toegepast. Sommige troginstal-

laties in Spanje slaan al genoeg warmte op om zeven extra uur elektriciteit te leveren. Opslag kost echter geld, dus kan niet tot in het oneindige worden uitgebreid. De ontwikkeling is er momenteel op gericht om de temperatuur van de centrales te verhogen, zodat het zout tot een hogere temperatuur kan worden verhit en met minder zout meer elektriciteit kan worden geproduceerd en de opslag goedkoper wordt (IEA 2010).

Om de kosten te beperken en de capaciteit te verhogen, vooral in gebieden waar de DNI relatief laag is, kunnen de centrales in piekperiodes bijgestookt worden, meestal met gas. Op deze manier wordt een productiecapaciteit van 100% gegarandeerd zonder dat grote investeringen hoeven te worden gedaan in reservecapaciteit en opslag. De centrales in Kramer Junction stoken het hele jaar rond na zonsondergang tot 22.00 uur bij met gas. Ook in de winterperiode als de zon minder fel schijnt, wordt een beetje bijgestookt. De bijstook is in de VS wettelijk beperkt tot maximaal 25% (IEA 2010).

In de toekomst, vanaf 2030, kunnen CSP-centrales volgens de IEA naast elektriciteit ook Concentrated Solar brandstof produceren, oftewel waterstof (IEA 2010). Waterstof kan worden bijgemengd in bestaande gasleidingen en geëxporteerd worden naar Europa en gebruikt worden in huishoudens of de industrie ter vervanging van aardgas. In eerste instantie is deze bijmenging beperkt tot 12% om geen aanpassingen in het leidingensysteem te hoeven maken. In de jaren erna kan dit volume met wat aanpassingen in het transportsysteem en bij de eindgebruiker stijgen tot 25%. Dit gebruik van waterstof kan het totale gebruik van aardgas met 6% beperken. Hierdoor kan CSP op termijn ook een bijdrage leveren aan een duurzame warmtevoorziening in Europa.

Transport en inpassing in het net

De meeste rapporten over CSP houden op bij de productie van de elektriciteit. Maar de elektriciteit zal ook moeten worden getransporteerd naar de plek waar het nodig is. In eerste instantie moet de elektriciteit worden getransporteerd naar het elektriciteitsnet, dus moet er een elektriciteitsnet op niet al te grote afstand zijn. Om stroom te exporteren naar bijvoorbeeld West-Europa, moet een dikke kabel worden gelegd waardoor hoogspanningsgelijkstroom (HVDC) wordt getransporteerd. Transmissie van elektriciteit over grote afstanden leidt echter tot verliezen en hiermee tot hogere kosten. Volgens het rapport 'Stand van de techniek van elektriciteitsopwekking op basis van zonthermische centrales' van ECN (Lako & de Vries 2006) nemen zowel de investeringskosten als de onderhoudskosten met ten minste 10% toe als een vermogen van 2.000 MW over 2.000 kilometer moet worden getransporteerd. Hierbij is nog geen rekening gehouden met de overbrugging van de Middellandse Zee. Ook zal in Europa het elektriciteitsnet moeten worden aangepast en voor een groot deel vernieuwd, aangezien de capaciteit van het huidige net te klein zal zijn. Waarschijnlijk zal het transport van elektriciteit naar Noordwest-Europa pas echt op gang kunnen komen als de kosten van CSP zijn gedaald en ook het transport goedkoper is geworden, en dat is naar alle waarschijnlijkheid niet voor 2020 (Lako & de Vries 2006).

Dit hoeft echter geen probleem te zijn. Ook in Afrika is een grote behoefte aan (duurzaam opgewekte) elektriciteit. Het Afrikaanse elektriciteitsnet is nog lang niet verzadigd, dus hier kan men de opgewekte stroom zeker tot 2020 zonder problemen op kwijt. In de tussentijd kan er gewerkt worden aan het technologisch verbeteren van het transport van elektriciteit over lange afstanden. Vraag is wel wie de implementatie van CSP in Afrika moet gaan betalen als de stroom afkomstig van CSP nog duurder is dan afkom-

stig van fossiele brandstoffen. Het Clean Development Mechanism² (CDM) zou hiervoor een oplossing kunnen bieden (Lako & de Vries 2006). In het kader van het CDM is het mogelijk te investeren in CSP in Afrika en andere regio's. In Abu Dhabi is een CSP centrale gepland, Shams 1, met een capaciteit van 100 MW die in de tweede helft van 2012 klaar zou moeten zijn. Deze centrale is de eerste die onder het CDM geregistreerd wordt en waarvoor de zogeheten carbon credits beschikbaar zijn. Door de realisatie van Shams 1 wordt ongeveer 175.000 ton CO₂ vermeden (www.stichtingmilieunet.nl; www.pv-tech.org).

Materiaalgebruik

De vraag naar metalen en andere grondstoffen die nodig zijn voor de productie van hernieuwbare energie neemt toe. Dit dreigt de kosten voor hernieuwbare energiewinning weer op te stuwten. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de grote hoeveelheid staal die nodig is voor de productie van windmolens of de relatieve schaarste aan silicium voor de productie van zonnecellen. CSP is een relatieve low-tech vorm van energiewinning. Het basisprincipe – zonlicht wordt geconcentreerd door grote spiegels en de warmte hiervan drijft een motor aan die vervolgens weer elektriciteit opwekt – is tamelijk eenvoudig en vergt geen bijzondere grondstoffen. Er moet op tijd geïnvesteerd worden in de productie van de spiegels, maar de benodigde hoeveelheid is, ondanks de gigantische omvang, slechts een paar procent van de totale productiecapaciteit van glas. Ook kan dit glas makkelijk worden gerecycled. Verder bestaan de spiegels uit een dun laagje aluminium, een metaal dat relatief ruim voorradig is. Er moet wel op tijd worden geïnvesteerd in de productie van collectoren, zodat de productie van met name troginstallaties niet wordt geremd door een gebrek hieraan. Het materiaal waar wel een tekort aan zou kunnen ontstaan, is het gesmolten zout voor de warmte-opslag. Deze zouten worden in grote hoeveelheden gebruikt als meststof in de landbouw. Voor het gebruik als opslagmedium moeten de zouten echter heel zuiver zijn (IEA 2010). Of een schaarste aan zouten daadwerkelijk voor problemen zal zorgen, moet de toekomst uitwijzen. Het is wel iets om rekening mee te houden in het onderzoek naar alternatieven.

Ruimtegebruik

Voor CSP is een relatief groot oppervlak nodig. Voor een trogspiegelinstallatie is per MW een landoppervlak nodig van ongeveer 2 hectare (Knoppers 2008). Niet altijd is dit een braakliggend stuk woestijn zonder functie of betekenis. Zo kan een bepaald stuk grond voor inheemse stammen een heilige betekenis hebben, zoals het geval was bij de bouw van een kolencentrale in New Mexico. Navajo-indianen wilden de bouw stoppen, aangezien dit plaatsvond op voor hen heilige grond (Knoppers 2008). Een ander bekend voorbeeld is de bouw van de Chinese Drieklovdendam, waarvoor 1,3 miljoen mensen moesten verhuizen. Het wrange is dat de opbrengsten van de centrales meestal niet bij de bevolking terecht komen. Omdat CSP nog weinig is toegepast, speelt dit probleem nu nog nauwelijks. Alleen in Marokko moesten 48 mensen

2 Projecten waarbij ontwikkelde landen in het kader van hun CO₂-reductieprogramma's investeren in CO₂-besparende technologieën in zich ontwikkelende landen.

verhuizen voor een gecombineerde gas- en zonthermische centrale, vooral door de aanleg van een gasleiding (Knoppers 2008). Dit is wel een punt waar bij de bouw van toekomstige centrales, vooraf rekening mee moet worden gehouden. Gedwongen volksverhuizingen zullen het maatschappelijk draagvlak voor nieuwe CSP-centrales waarschijnlijk behoorlijk ondermijnen.

Arbeidsomstandigheden

Het draagvlak voor CSP kan ook sterk verminderen als blijkt dat dit onder sociaal onwenselijke omstandigheden tot stand is gekomen. Bijvoorbeeld als het gaat om de arbeidsomstandigheden. In Afrikaanse landen worden over het algemeen niet dezelfde arbeidsomstandigheden toegepast als in westerse landen. Dit geldt ook voor andere vormen van (hernieuwbare) energiewinning in ontwikkelingslanden. Zo krijgt Shell regelmatig te maken met kritiek op de sociale omstandigheden en de gevolgen voor het milieu van de oliewinning van het bedrijf in Nigeria. Nieuwe technologieën komen vaak extra in de schijnwerpers te staan. Dit kan des te meer gelden voor duurzame elektriciteit, aangezien het begrip ‘duurzaamheid’ ook sociale duurzaamheid met respect voor de menselijke factor impliceert. Landen die willen investeren in CSP in bijvoorbeeld Afrika, zullen zich dan ook rekenschap moeten geven van de lokale arbeidsomstandigheden en de implicaties daarvan op de techniek waarin geïnvesteerd wordt.

Milieu

De bouw en exploitatie van een zonthermische krachtcentrale kan impact hebben op de plaatselijke ecologie en het milieu. Door de ingebruikname van de grond kan bijvoorbeeld het leefgebied van zeldzame diersoorten verstoord worden. Ook kan er sprake zijn van vogelsterfte door de centrales. Vogels kunnen tegen spiegels aanvliegen of, in een enkel geval, verbranden doordat ze in het geconcentreerde zonlicht vliegen. In de praktijk blijkt het aantal sterfgevallen ten gevolge van de centrales erg mee te vallen (Knoppers 2008).

Een CSP kan ook milieuschade veroorzaken. Voor de overdracht van warmte wordt zoals eerder in kader ‘Wat is CSP?’ beschreven in de absorber meestal een thermische olie gebruikt die onder druk wordt rondgepompt. Net als gewone minerale olie, is deze olie brandbaar en giftig als het vrijkomt in het milieu. Dit kan voorkomen bij lekkage of verdamping van olie, zoals we in het voorbeeld van Kramer Junction hebben gezien. In zonnetorens wordt daarom ook wel gesmolten zout in plaats van olie gebruikt en ook stoom wordt wel toegepast (Knoppers 2008). Bij de bouw van nieuwe installaties kan een afweging worden gemaakt welk warmteoverdrachtmiddel het meest geschikt is, en als voor olie wordt gekozen, moet de installatie zo ontworpen worden dat er zo min mogelijk olie in het milieu terecht komt.

Een laatste milieuprobleem dat kan optreden is de lozing van verontreinigd afvalwater. Dit speelde bij de SEGS VII en IX in Kramer Junction. Het opgewarmde koelwater zou worden geloosd in een nabijgelegen uitgedroogd moeras. Dit leek een goede oplossing voor zowel de centrale als het moeras, een habitat van verschillende soorten vogels totdat bleek dat het afvalwater verontreinigd was met selenium.

Afhankelijkheid en neokolonialisme

Zoals de bovenstaande tekst laat zien, kan CSP het best worden toegepast in zonnrijke regio's met een hoge DNI. Voor transport naar Europa betekent dit dan Noord-Afrika de meest interessante regio is om mee

samen te werken. Zoals de gebeurtenissen begin 2011 hebben laten zien, is dit niet de meest stabiele regio. Als de ontwikkelingen in een dusdanig stadium zouden komen dat stroom naar Europa wordt getransporteerd, moet rekening worden gehouden met de stabiliteit en veiligheid van stroomkabels naar Europa. Een te grote afhankelijkheid van instabiele regio's moet daarin vermeden worden. Bij de opwekking van stroom is het niet waarschijnlijk dat dit een probleem gaat vormen. Er zullen meerdere centrales in verschillende landen worden gebouwd, zodat een grote afhankelijkheid van één land of regime niet aan de orde zal zijn.

Naast alle bovengenoemde mogelijke aspecten die van belang zijn voor de bevordering van de maatschappelijke acceptatie van CSP, geldt als laatste ten slotte een meer fundamenteel ethisch punt. CSP is alleen toepasbaar in landen met veel zon, waardoor voor Europa met name Afrika het meest geschikt is. Het idee om rijke westerse landen te laten investeren in CSP-projecten in armere Afrikaanse landen met als doel om de opgewekte elektriciteit via een dikke kabel naar het Noord-Westen te exporteren, roept neokoloniale associaties op. Dit beeld kan voorkomen worden door projecten op te zetten in samenwerking met nationale overheden of bedrijven, en de gebieden te laten profiteren van de bedrijvigheid. Grootschalige CSP-projecten kunnen voor (beperkte) werkgelegenheid zorgen en kunnen de regio's economisch voordeel bezorgen. Om het draagvlak in de regio's te behouden, is het belangrijk dat de lokale bevolking kan meeprofiten. Daarnaast kan, zoals eerder genoemd, eerst worden geïnvesteerd in de productie van elektriciteit voor Afrika zelf, waarna, als deze markt verzadigd is, het overschot kan worden geëxporteerd naar Europa. Zo draagt CSP weliswaar niet onmiddellijk bij aan de verduurzaming van de elektriciteitsvoorziening van Europa, maar wel aan het behalen van de CO₂-reductiedoelstelling. Zoals eerder genoemd, zouden deze investeringen, al dan niet gedeeltelijk, met steun van het Clean Development Mechanism moeten worden gefinancierd, aangezien energieopwekking met bestaande grondstoffen in deze regio minder kostbaar – en dus aantrekkelijker – is dan de opwekking van energie met de CSP-techniek.

De belofte van CSP voor Nederland

Ondanks de groeiende belangstelling voor de toepassing van CSP, EU-subsidies, en diverse Europese projecten, krijgt CSP maar weinig steun van de Nederlandse overheid en het bedrijfsleven. CSP is niet opgenomen in de energietransitieplannen van de overheid. Ook speelt het Nederlandse bedrijfsleven geen rol van betekenis op de markt van zonthermische krachtinstallaties en vindt er weinig wetenschappelijk onderzoek plaats naar CSP. Alleen het bedrijf NEM Hengelo, het voormalige Stork-Ketels, is actief op de markt voor stoomgeneratoren (PM Europa 2008).

Een adviesorgaan als de Algemene Energieraad (AER) ziet wel mogelijkheden voor CSP. In 2006 heeft de AER een brief gestuurd aan de toenmalige minister van Economische Zaken Brinkhorst met de conclusie dat de CSP-techniek “als een veelbelovende optie voor elektriciteitsopwekking in zonnrijke gebieden – zoals Noord-Afrika en het Midden-Oosten – kan worden beschouwd”. De AER adviseert de minister op Europees niveau te overleggen over de samenwerking met de landen in met name Noord-Afrika die elektriciteit zouden kunnen gaan transporteren naar Europa. Ook ziet de AER een rol voor Nederland in het bevorderen van de potentie van CSP in Europees verband. Daarnaast concludeert de Energieraad dat de technologie nog amper ondersteund wordt, enkele uitzonderingen in Spanje en Duitsland daargelaten, maar dat dit wel nodig is voor de opschaling naar een grootschalige toepassing (AER 2006).

Desondanks loopt het Nederlandse bedrijfsleven niet warm voor CSP. In het blad PM van september 2008 laat Rein Willems, ex-voorzitter van de Taskforce Energietransitie en ex-president van Shell zich uit over CSP. Volgens hem is er met CSP geen economisch belang gediend en is de techniek bovendien te duur om elektriciteit voor concurrerende prijzen te leveren. “Door het transport van elektriciteit uit zonne-energie van Afrika naar Europa treedt teveel energieverlies op en daar gaan voorstanders van CSP te gemakkelijk aan voorbij” (PM Europa 2008, p. 14). Volgens deskundigen leidt het transport van elektriciteit over een afstand van 3.000 km echter tot een verlies van zo’n 10 tot 15% en kan CSP desondanks vanaf 2020 rendabel worden.

Voorstanders van CSP proberen deze volgens hen onterechte negatieve houding ten opzichte van CSP te ontcrachten. De Stichting GEZEN (Stichting ter bevordering van Grootschalige Exploitatie van Zonne-energie) is al jaren een groot pleitbezorger. Ook oud-D66-politicus Jan Terlouw probeert CSP onder de aandacht te brengen, maar deze boodschap komt volgens hem niet over (PM Europa 2008).

In de periode 2008–2010 stelt met name het Kamerlid Van der Ham (D66) verschillende Kamervragen over de Nederlandse inspanningen op het gebied van CSP. Volgens Van der Ham is CSP volgens nationale en internationale rapporten kansrijk en kunnen Nederlandse investeringen in CSP ervoor zorgen dat de elektriciteit uit CSP kan worden benut voor de Europese markt (Tweede Kamer 2007-2008c). Uit de antwoorden van minister Van der Hoeven blijkt dat ze CSP een interessante technologie vindt voor toepassing in zonnrijke woestijngebieden. Ze is echter niet van plan hier als overheid in te investeren. Ten eerste zijn de kosten van het transport van de elektriciteit hoog, te hoog voor een land alleen om te financieren. De stimulering van CSP moet volgens de minister vooral in het kader van de Europese en Mediterrane Unie plaatsvinden. Ook zijn er geen Nederlandse marktpartijen en kennisinstellingen actief op het gebied van CSP, waardoor er geen economisch voordeel te behalen valt voor Nederland in de stimulans van CSP. Daarnaast wil de minister geen voorkeur uitspreken voor een bepaalde technologie, en daarom niet als overheid investeren in CSP-projecten, bijvoorbeeld bilaterale projecten in samenwerking met Algerije. Wel juicht ze initiatieven vanuit het bedrijfsleven toe. Hoewel de minister CSP bespreekt tijdens dienstreizen naar bijvoorbeeld Algerije, houdt de Nederlandse overheid de boot af als het gaat om de stimulering van CSP. Ook aan de motie Van der Ham–Duyvendak (GroenLinks) uit 2008, waarin de regering wordt verzocht te praten met de landen rond het Middellandse Zeegebied en Noord-Afrika over CSP, en om in Europees verband te proberen gezamenlijk CSP van de grond te krijgen, wordt slechts beperkt invulling gegeven (Tweede Kamer 2007–2008a; Tweede Kamer 2007–2008b; Tweede Kamer 2008–2009a; Tweede Kamer 2008–2009b; Tweede Kamer 2009–2010). Vooralsnog gebeurt er in Nederland dus weinig met Concentrated Solar Power.

Tot slot

Het is in Nederland geen optie om spiegelcentrales te bouwen voor de opwekking van elektriciteit. De zon schijnt te weinig en is niet sterk genoeg. Als we elektriciteit uit Concentrated Solar Power (CSP) willen benutten, is import de enige optie. Met name in Noord-Afrika is de potentie groot, hoewel rekening moet worden gehouden met plaatselijk landgebruik en arbo- en milieuomstandigheden. Een voordeel van CSP is de mogelijkheid tot opslag van de opgewekte energie in gesmolten zouten. Hierdoor kan dag en nacht elektriciteit worden geleverd waardoor, CSP een interessante aanvulling op de Europese hernieuwbare energievoorziening, zoals wind en zonnepanelen, kan zijn.

Verscheidende Europese landen tonen belangstelling om te investeren in zuidelijke CSP-projecten. Aangezien Nederland geen CSP-industrie heeft en de investeringen hoog zijn, doet Nederland niet mee. Toch kan participatie voor Nederland op termijn een reële optie zijn. In de toekomst lijkt CSP een relatief goedkope vorm van hernieuwbare energie te gaan leveren. In de Verenigde Arabische Emiraten, een olieproducerend land, is een CSP-centrale in aanbouw en gaat men zonnestroom produceren.

In ons land worden de toepassingen van CSP en fotovoltaïsche (PV) panelen vaak tegenover elkaar gezet als directe concurrent. De discussie over decentrale versus centrale levering van elektriciteit is ideologisch geladen. Het duurzaamheidsideaal wordt hierin gelijkgesteld met het ideaal van kleinschaligheid, zelfvoorzienendheid en democratisering van de energievoorziening. PV-panelen op daken passen beter in dit plaatje dan CSP. In de praktijk kunnen de opties prima naast elkaar bestaan.

Door de uitbouw van CSP in een breder verband te bekijken, kan een uitweg worden geboden uit deze discussie. Laat CSP eerst ten gunste te komen van Afrika zelf, waar een grote behoefte is aan hernieuwbare stroom. Westerse investeringen kunnen de techniek verder helpen ontwikkelen en de kostprijs laten dalen. Tegelijkertijd kunnen voorbereidingen worden getroffen voor grootschalig elektriciteitstransport naar Europa. Een dergelijke aanpak, die grootschalige CO₂-arme energieopwekking dichterbij brengt, is in het welbegrepen eigenbelang van beide continenten. Wil Nederland op de wat langere termijn profiteren van zo'n scenario, dan is het zaak om nu op zijn minst de vinger aan de pols te houden.

Referenties

- AER (2006). *Briefadvies Concentrating Solar Power (CSP)*. Den Haag: Algemene Energieraad, 3 maart 2006.
- EC (2007). *Concentrating Solar Power: From Research to Implementation*. Europese Commissie. Luxemburg: Office for the Official Publications of the European Communities.
- IEA (2010). *Technology Roadmap. Concentrating Solar Power*. Parijs: OECD/IEA.
- Knoppers, R. (2008). *Woestijnstroom. De belofte van Kramer Junction*. Boxtel: Æneas, uitgeverij van vak-informatie bv.
- Lako, P. & de Vries, H. (2006). *Stand der techniek van elektriciteitsopwekking op basis van zonthermische centrales*. Petten: ECN.
- Molenbroek E. & de Visser, E. (2006). *Elektriciteit uit geconcentreerde zonne-energie op korte termijn*. Utrecht: Ecofys.
- Guardian (2008). 'Solar Power from Sahara sun could provide Europe's electricity, says EU'. In: *The Guardian*, 23 juli 2008.
- Tweede Kamer (2007–2008a). *Aanhangsel van de Handelingen nr. 1384*. Den Haag: SDU Uitgevers.
- Tweede Kamer (2007–2008b). *Aanhangsel van de Handelingen nr. 2892*. Den Haag: SDU Uitgevers.
- Tweede Kamer (2007–2008c), 31 239, nummer 20. Den Haag: SDU Uitgevers.
- Tweede Kamer (2008–2009a). *Aanhangsel van de Handelingen nr. 1493*. Den Haag: SDU Uitgevers.
- Tweede Kamer (2008–2009b). *Aanhangsel van de Handelingen nr. 3684*. Den Haag: SDU Uitgevers.
- Tweede Kamer (2009–2010). *Aanhangsel van de Handelingen nr. 1694*. Den Haag: SDU Uitgevers.
- PM Europa (2008). 'CSP kan heel Europa van stroom voorzien'. In: *PM Europa Special Energie in 2050*, september 2008.

Geraadpleegde websites

<http://www.desertec.org>

<http://www.dii-eumena.com>

<http://www.energie-technologie.nl>

<http://www.gezen.nl>

<http://www.milieucentraal.nl>

<http://www.stichtingmilieunet.nl>

<http://www.pv-tech.org>

<http://www.wikipedia.nl>

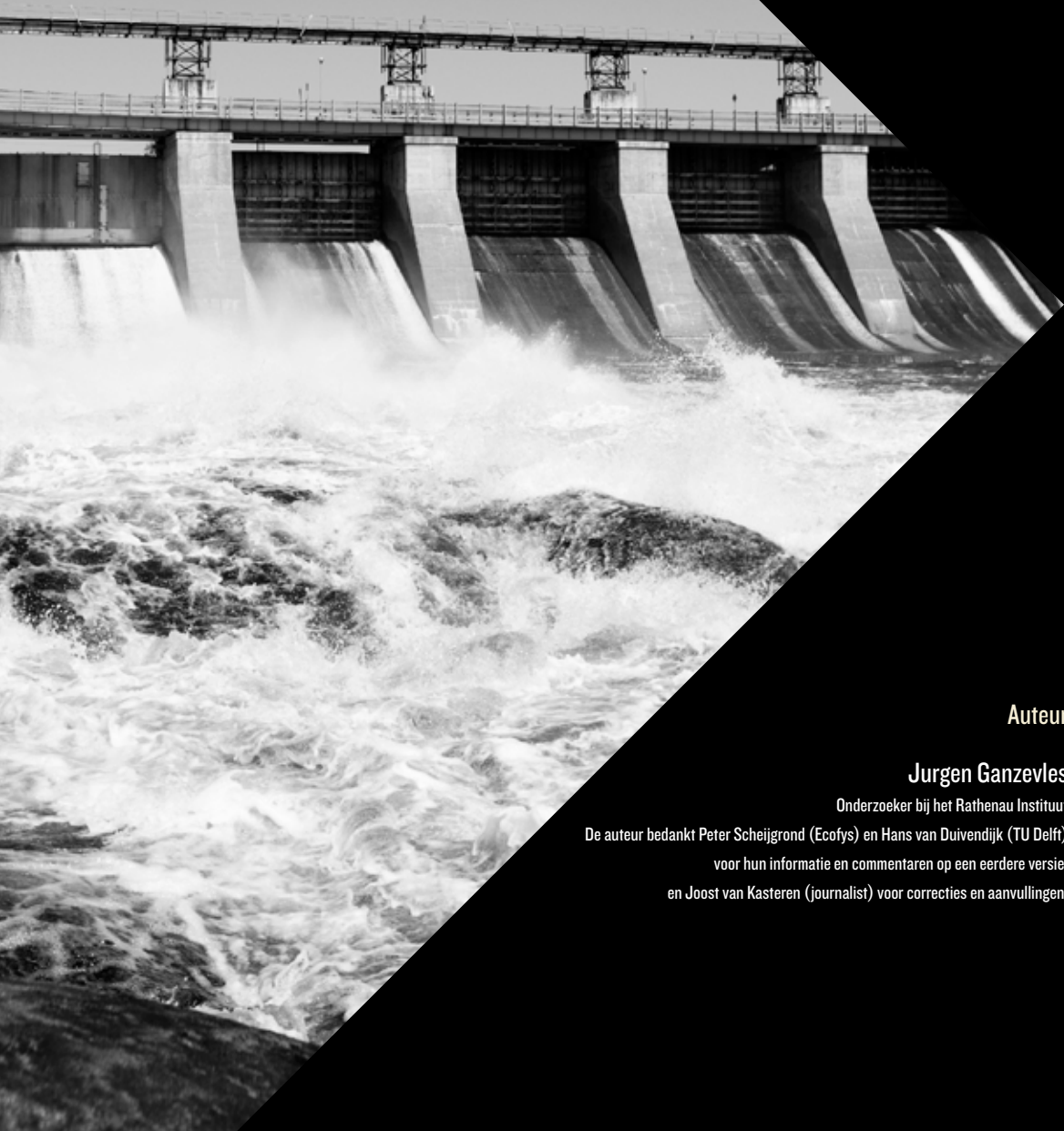
<http://www.zonnepanelen-info.nl>

<http://www.zonnekrachtcentrales.nl>

Interview

Evert du Marchie van Voorthuysen, stichting GEZEN, december 2008

ESSAY



Auteur

Jurgen Ganzevles

Onderzoeker bij het Rathenau Instituut

De auteur bedankt Peter Scheijgrond (Ecofys) en Hans van Duivendijk (TU Delft)

voor hun informatie en commentaren op een eerdere versie,

en Joost van Kasteren (journalist) voor correcties en aanvullingen.

WATER

Waagt Nederland de sprong naar zee?

Nederland is erg nat, maar ook erg plat. Energiewinning uit vallend of stromend water is daarom nooit grootschalig van de grond gekomen. In natte, bergachtige streken zoals Noorwegen ligt de ‘witte steenkool’ (waterkracht) voor het oprapen. In Nederland zijn de hoogteverschillen slechts enkele meters, zoals bij stuwen in de Maas en de Rijn. Weinig hoogteverschil is goed voor de scheepvaart, maar slecht voor de opwekking van energie. Want hoe kleiner het hoogteverschil, hoe minder stroom een generator met water kan opwekken. Waar Noorwegen bijna 700 waterkrachtcentrales telt (SSB 2010), heeft Nederland er zes.

Een sterk netwerk van partijen dat zich bezighoudt met mogelijkheden voor energiewinning uit de Nederlandse wateren, ontbreekt dan ook. Het onderwerp staat evenmin op de agenda van de nationale Energietransitie. Wel hebben het ministerie van Economische Zaken (EZ) en Rijkswaterstaat zich ingespannen om relevante spelers dichterbij elkaar te brengen. Zo is er een branchevereniging opgericht, de EWA (Energy from Water Association).

In het kader van de Meerjarenaafsprak Energie-efficiency onderzoeken waterschappen de mogelijkheden van kleinschalige waterkracht. In dat kader is recentelijk een kleine waterkrachtcentrale in de Hezenbergerstuw (bij Hattum) in gebruik genomen, die 150.000 kilowattuur per jaar moet leveren, genoeg voor ruim 40 huishoudens. De centrale is gebouwd met subsidie uit de Stimuleringsregeling Duurzame Energie (SDE).

De kansen voor een plat land als Nederland om energie uit water te winnen stijgen, nu er meer technieken beschikbaar komen die zich meer op zee richten: ‘ocean energy’. Nieuwe turbines, zoals de ultralaagver-

valturbines en de vrijestromingsturbines bieden perspectieven voor het oogsten van getijdenenergie, ook bij geringe hoogteverschillen en lage snelheden van de getijdenstroom. Andere mogelijkheden zijn het benutten van golfenergie en van het verschil in zoutgehalte tussen zoet en zout water ('blue energy').

In dit essay verkennen we de economische kansen en maatschappelijke belemmeringen voor energiewinning uit water in Nederland. Om grip te krijgen op deze materie duiken we eerst de historie in. Daarna richten we ons op de toekomst met diverse toepassingsmogelijkheden. Vervolgens wordt de maatschappelijke discussie over dit onderwerp beschreven, waarna de conclusies volgen.

Waterkracht in Nederland: een marginale aangelegenheid¹

De geschiedenis van waterkracht in Nederland is een verhaal in de marge, vergeleken met andere energiebronnen. Toch is waterkracht op kleine schaal wel degelijk serieus toegepast. Vanaf de Middeleeuwen leverden watermolens mechanische energie. De eerste vermelding dateert al uit het jaar 704, maar de meeste watermolens dateerden uit de 12^e en 13^e eeuw. Uiteindelijk telde Nederland er honderden, vooral op de hoge gronden van Oost-Nederland. Niet alleen voor het malen van graan, maar voor allerlei takken van nijverheid, zoals de productie van ijzer, papier, leer en voor het zagen van hout.

Vanaf de dertiende eeuw werden getijdenmolens in Zeeland en het zuiden van Zuid-Holland in gebruik genomen. De oudste stond in Zierikzee en wordt in 1220 genoemd. Alleen ten zuiden van de lijn Rotterdam-Gouda waren de getijdenverschillen groot genoeg. Bij vloed liet men een bassin vollopen en bij eb weer leeg. In beide gevallen kan een waterrad worden aangedreven. In totaal zijn er 42 van dergelijke getijdenmolens geweest. Negen daarvan zijn meer dan driehonderd jaar gebruikt; die van Tholen zelfs 550 jaar.

Een typische Nederlandse tussenvorm tussen watermolens en getijdenmolens waren de zogeheten 'inlaatmolens': molens, die werden aangedreven door de kracht van water dat van een buitenwater een lager gelegen polder werd ingelaten. Waterstaatkundig niet ideaal. Er zijn er dan ook maar drie geweest in Culemborg, Gouda en Vreeswijk en ze hebben maar kort bestaan.

Elektriciteit uit water

In die voorbije eeuwen werd de kracht van stromend water gebruikt voor de productie van mechanische energie. De draaiende as van het waterrad werd via tandwielen en riemen gebruikt om te zagen, te malen of te roeren. Vanaf het eind van de negentiende eeuw werd de draaiende beweging van de as ook gebruikt om een generator aan te drijven voor de productie van elektriciteit.

¹ Grotendeels gebaseerd op Knoppers & Verbong (2001).

In Nederland gebeurde dat vrijwel alleen in Limburg, vooral door zogeheten zelfopwekkers, bedrijven die hun eigen elektriciteit produceren. Een voorbeeld is de waterkrachtcentrale in de Roer, bij Roermond, die tussen 1918 en 1920 is gebouwd. In 1970 werd hij buiten gebruik gesteld, maar sinds 2000 levert hij – na een ingrijpende renovatie – weer stroom.

Waterkracht stond diverse malen op de maatschappelijke agenda. Daarbij werd niet alleen gekeken naar Limburg, maar ook naar de kust. Zo werd begin twintigste eeuw een concreet plan ontwikkeld voor een getijdencentrale in Hansweert (Zeeland). De Eerste Wereldoorlog gooide echter roet in het eten, want de bestelde waterturbine moest uit Duitsland komen en bleek niet meer leverbaar.

In 1930 werd nog het plan opgevat voor de bouw van een getijdencentrale bij het ‘Verdronken land van Saeftinge’, dat evenmin is uitgevoerd. De oprukkende openbare elektriciteitsvoorziening op basis van steenkool en olie maakte waterkracht onrendabel. Afgezien van in de Tweede Wereldoorlog werd er nauwelijks meer gebruik van gemaakt.

Suez-crisis en aardgasbel

In de jaren vijftig – met de Suez-crisis en het begin van de Koude Oorlog – kwam het onderwerp weer op de agenda. En meer dan dat. In 1954 werd een plan gemaakt voor de bouw van een stuw in de Neder-Rijn, ter hoogte van Hagestein. Daarin was ook voorzien in de aanleg van een waterkrachtcentrale.

Na de oplevering van de stuw en de centrale in 1960 veranderde de situatie op de energiemarkt. Olie was ruimer beschikbaar en in Nederland werd een enorme aardgasbel ontdekt. Hagestein werd daarmee (vooralsnog) de eerste en laatste stuw waarin een waterkrachtcentrale was ingebouwd. Plannen voor een getijdencentrale in de Oosterschelde was hetzelfde lot beschoren. In 1954 liet de Deltacommissie de mogelijkheden onderzoek voor energiewinning in het kader van het Deltaplan. Dertien jaar later - in 1967 - keek de Zeeuwse elektriciteitsmaatschappij nog een keer naar mogelijkheden voor energiewinning in de Oosterschelde.

In 1975 onderzocht Rijkswaterstaat de mogelijkheden voor het winnen van energie uit de getijdenstroom die viermaal daags door de halfopen dam zou gaan stromen. Het potentieel bedroeg meer dan 700 MW, ruim tweemaal het vermogen van de kernreactor in Borssele. In het compromis van Rijkswater en milieubeweging, dat zou resulteren in de Oosterschelde stormvloedkering, was voor waterkracht echter geen plaats.

Groeiende belangstelling

Afgezien van de discussie over een getijdencentrale in de Oosterschelde, speelde waterkracht nauwelijks een rol in de speurtocht naar alternatieven die ontstond tijdens de eerste oliecrisis (1973). Vermoedelijk omdat het potentieel in ons land als te marginaal werd gezien. Pas eind jaren zeventig – toen de olieprijs weer begonnen te stijgen – ontstond weer enige belangstelling.

Een belangrijke aanjager was Jip Lenstra van de Stichting Energie Anders. In reactie op een eerder rapport van het Energieonderzoekscentrum (ECN), waarin het economisch winbare potentieel van waterkracht

als nihil werd gezien, stelde hij dat bij de bestaande stuwen in Maas en Rijn 130 MW aan waterkracht kon worden geïnstalleerd. In de daaropvolgende discussie, waarin ook de elektriciteitsbedrijven zich meldden, vlogen de getallen over mogelijke opbrengsten weliswaar flink heen en weer, maar ontstond wel een beeld van waterkracht als interessante optie.

Het gevolg was dat waterkracht ook een – zij het bescheiden – rol speelde in de ‘Brede Maatschappelijke Discussie’ over energie. Naast kansen waren er ook bezwaren. De Algemene Energie Raad (AER) wees er op dat waterkrachtcentrales problemen zouden kunnen veroorzaken voor scheepvaart en waterbeheer. De Stichting Natuur en Milieu maakte zich zorgen over mogelijke gevolgen van getijdencentrales op het lokale ecosysteem. Beide organisaties zagen overigens wel mogelijkheden voor waterkracht.

In de daaropvolgende jaren werden die mogelijkheden ook voor een deel benut. De waterkrachtcentrale in de stuw bij Hagestein (1,8MW) werd in 1986 weer in gebruik genomen. In datzelfde jaar werd begonnen met de bouw van een 10MW-centrale in de Neder-Rijn en twee centrales in de Maas van 12,4 en 14 MW. Ook een aantal oude watermolens werd gerestaureerd en omgebouwd voor de productie van elektriciteit.

Riskante investering

Inmiddels waren de prijzen van gas en olie weer gedaald, waardoor stroom uit water, volgens de elektriciteitsmaatschappijen weer te duur werd. Een bijkomend probleem waren de hoge investeringskosten, die een lange levensduur vereisten. Dat maakte de investering ook riskant, omdat je niet weet hoe de energieprijzen en de rentevoet zich ontwikkelen.

In de jaren negentig liet het ministerie van Economische Zaken onderzoek doen naar de oorzaken van het achterblijven van waterkracht in Nederland en naar mogelijke oplossingen. Een van de conclusies van het programma Waterkracht was dat uitbreiding van het opgestelde vermogen alleen rendabel was bij toerekening van de net ingevoerde Regulerende Energie Belasting (REB).

Struikelblok

Een andere conclusie was dat niet zozeer de haalbaarheid als wel de opstelling van Rijkswaterstaat een struikelblok vormde. Nieuwe waterkrachtcentrales in de Maas zouden leiden tot hogere stroomsnelheden met gevolgen voor de scheepvaart en voor de oeverbescherming. Hogere waterstand zouden de doorvaart onder vaste bruggen kunnen belemmeren.

Zowel de aarzeling over de terugverdientijd van investeringen, als de zorg over mogelijke problemen voor scheepvaart en waterbeheer leidden ertoe dat de ontwikkeling van waterkracht in Nederland in de jaren negentig stagneerde. Een impasse die werd doorbroken door initiatieven van uitvinders en technici om de mogelijkheden van stromend water te benutten.

Doorlatende kribben

Van recente datum is de suggestie om kribben in de rivier aan te passen voor het winnen van elektriciteit uit stromend water (Van Duivendijk 2008; Deltares 2008). Kribben zijn korte stenen dammetjes loodrecht

op de oever. Vanouds worden ze aangelegd om meanderen te voorkomen en de vaargeul op zijn plaats en zo diep mogelijk te houden.

Een nadeel van kribben is dat ze bij hoge afvoeren de doorstroming van het water belemmeren en de kans op overstroming verhogen. Door ze half doorlatend te maken, wordt dat nadeel ondervangen. Een bijkomend voordeel is dat er onder normale omstandigheden turbines in de opening geplaatst kunnen worden, die de stroomsnelheid van het water omzetten in elektriciteit. De opbrengst is echter bescheiden (Deltares 2008).

Kleinschalige waterkracht

Ook buiten de grote rivieren valt nog wel wat energie uit water te halen. Zo onderzoeken waterschappen in het kader van het meerjarenplan energiebesparing de haalbaarheid van kleinschalige waterkrachtcentrales op geëigende plekken zoals de inlaat van Lemmer en Rutten, die de Noordoostpolder in droge tijden van IJsselmeerwater voorziet. Een andere mogelijkheid is het benutten van oude watermolens. Die hebben echter vaak een toeristische en historische waarde, waardoor die mogelijkheden beperkt zijn (Van Duivendijk 2008).

Blik op zee

In 1998 lanceerde Kees Hulsbergen van het toenmalige Waterloopkundig Laboratorium (nu Deltares) het idee om een dam aan te leggen van dertig kilometer dwars op de Nederlandse kust, waardoor een verschil in waterhoogte ontstaat van anderhalve meter. Turbines in openingen in de dam zouden de potentiële energie van het hoogteverschil oogsten en omzetten in elektriciteit. Een vermogen van 1000 tot 1500 MW, evenveel als twee flinke kolen- of kerncentrales, zou haalbaar zijn.

Rond die tijd wordt ook het plan opgevat om een getijdencentrale aan te leggen in het Marsdiep tussen Den Helder en Texel waar de getijdenstroom behoorlijk sterk is. Een ander idee voor benutten van de getijdenstroom is de 'Swingcat'. Dat is een soort catamaran, die haaks op de getijdenstroom vaart tussen Vlieland en Terschelling. Aan de catamaran hangt een kabel van twee kilometer met generatoren, die elektriciteit opwekken.

Daarnaast worden plannen opgevat om golfenergie te oogsten. Een voorbeeld is de Archimedes Waterschommel, een Nederlandse vinding van Fred Gardner. Het principe is gebaseerd op het verschil in druk tussen golftop en golfdal. Het drukverschil brengt het bovenste deel van en uit twee delen bestaande cilinder in beweging. Een lineaire generator zet de op- en neergaande beweging direct om in elektriciteit. Een prototype is gebouwd voor de kust van Portugal. Inmiddels wordt de technologie verder ontwikkeld door AWS Ocean Energy in Inverness, Schotland.

Golfbeweging

Kenmerkend voor de vorige eeuw is dat onderzoek naar en plannen voor het benutten van de energie van stromend water opkomen en weer verdwijnen, maar dat ze niet vaak leiden tot concrete bouwprojecten. Een golfbeweging die verband houdt met de prijs en/of leveringszekerheid van fossiele brandstoffen.

In de jaren vijftig bijvoorbeeld, groeit de aandacht voor waterkracht (weer), als gevolg van de Suez-crisis en de stijgende brandstofprijzen. In de jaren zestig neemt hij weer af als gevolg van lage energieprijzen en de ontdekking van grote hoeveelheden aardgas in de Nederlandse bodem. Hetzelfde gebeurt in de jaren tachtig. Er worden legio plannen gemaakt voor waterkrachtcentrales, maar in de jaren negentig verslapt de aandacht weer.

In de jaren 10 van de 21ste eeuw neemt de belangstelling weer toe. Enerzijds wordt gekeken naar kleinschalige waterkracht in beken en rivieren; anderzijds worden nieuwe technieken ontwikkeld om getijden- en golfenergie te benutten en gebruik te maken van het verschil tussen zoet en zout water. Het effect van de golfbewegingen van de laatste honderd jaar is, dat het tot nu toe bij zes waterkrachtcentrales gebleven (tabel 1).

Waterkracht uit het buitenland²

Vergeleken met ons vlakke land ligt waterkracht voor het oprapen in IJsland en Scandinavië. Vanaf de jaren negentig kijken marktpartijen, beleidsmakers en milieubeweging dan ook naar mogelijkheden om elektriciteit uit waterkracht te importeren via een lange onderzeese stroomkabel.

In 1993 werd een consortium opgericht, Icenet genaamd, om te kijken of het mogelijk was om elektriciteit uit IJsland te halen. Daarin zaten onder meer een aantal Nederlandse elektriciteitsbedrijven, de stad Reykjavik en de NKF (Nederlandse Kabel Fabrieken). Uit de door het consortium gepubliceerde haalbaarheidsstudie bleek dat het transport over een zo grote afstand (1800 km) technisch mogelijk was. Economisch waren de risico's (te) groot vanwege onzekerheid over brandstofprijzen en rentevoet.

Dichter bij en daardoor economisch aantrekkelijker was Noorwegen, dat ook over veel waterkrachtvermogen beschikt. In 1995 kwam het ministerie van Economische Zaken met een startnotitie voor een milieu-

Tabel 1 Waterkrachtcentrales in Nederland (MilieuCentraal 2010).
Een jaaropbrengst van 1 GWh kan circa 300 huishoudens een jaar lang van elektriciteit voorzien.

	Elektrisch vermogen	Jaaropbrengst
Maas, Alphen/Lith	14 MW	45 GWh
Maas, Linne	11 MW	32 GWh
Neder-Rijn, Maurik	10 MW	24 GWh
Lek, Hagestein	1,8 MW	5 GWh
Roer, Roermond	0,2 MW	1,3 GWh
Vecht, Gramsbergen	0,1 MW	0,3 GWh

² Grotendeels gebaseerd op Knoppers & Verbong (2001).

effectrapportage van een 450 kV-verbinding tussen Noorwegen en Nederland. De m.e.r. was noodzakelijk omdat de energiekabel door de Waddenzee zou lopen.

Protesten

De plannen leidden tot flinke protesten van de Waddenvereniging en acht andere milieuorganisaties. Bij deze vorm van elektriciteitstransport (HVDC: high voltage, direct current) geeft de kabel warmte, elektromagnetische straling en chloor af. Dat zou van invloed zijn op het kwetsbare ecosysteem van de Waddenzee. Kon de kabel niet beter in Noord-Holland aanlanden? De SEP (Samenwerkende Elektriciteit Productiebedrijven) stelde daartegenover dat de Waddenvereniging best wat meer oog zou mogen hebben voor de milieuvoordelen van waterkracht (AD 1995).

Naast het maatschappelijk verzet was ook de economische haalbaarheid van de energiekabel een punt van zorg. Het was niet duidelijk wie voor de investeringskosten moest opdraaien. Vroeger konden de elektriciteitsbedrijven de kosten één-op-één doorberekenen aan hun afnemers, maar dankzij de liberalisering konden die afnemers van de ene dag op de andere besluiten om een andere leverancier te zoeken. Een ander gevolg van de liberalisering was dat concurrenten de toegang tot de kabel niet meer geweigerd worden.

Kabel komt er toch

Diezelfde liberalisering leidde er uiteindelijk toe dat de energiekabel toch werd aangelegd. In 2004 werden de productie en distributie van elektriciteit ontkoppeld en kwam de verantwoordelijkheid voor het hoogspanningsnet te liggen bij Tennet, een onderneming waarvan de aandelen in handen zijn van de Nederlandse staat.

Om de zekerheid van levering te garanderen - zeker als het gaat om een netwerk met veel fluctuerend aanbod, zoals wind- en zonne-energie – biedt koppeling met het enorme reservoir aan waterkracht in Noorwegen vele voordelen. Zo kan Nederland overdag profiteren van goedkope stroom uit Noorwegen, terwijl het overschot aan elektriciteit 's nachts of bij een te hoog aanbod van bijvoorbeeld windvermogen kan worden gebruikt om het waterpeil in de stuwmeren van Noorwegen te verhogen (NRC 2004). Op 23 december 2004 keurde de Dienst uitvoering en Toezicht energie (DTe) de plannen voor de 'NorNed'-kabel goed. Ondanks eerdere protesten van de milieubeweging liep het geplande traject door de Waddenzee. Nog geen vier jaar later op 5 mei 2008 werd de beschikbare transportcapaciteit van 700 MW voor het eerst geveild (Wiki 2010).

Blik op de einder

De mogelijkheden voor het winnen van energie uit stromend water zijn in Nederland beperkt. Op plaatsen waar het hoogteverschil – en dus de stroomsnelheid – voldoende hoog is, ligt vaak al een centrale. Extra stuwen aanbrengen in de grote rivieren is geen optie, omdat daardoor de scheepvaart wordt belemmerd, het waterbeheer wordt bemoeilijkt en/of kwetsbare natuur verloren gaat.

Ocean energy benutten

Een alternatief voor de (bescheiden) opbrengsten van waterkracht van traag stromende rivieren door het oneindige laagland is de zee: 'ocean energy'. Het IEA-OES, het onderdeel van het Internationaal energie-agentschap (IEA) dat zich bezig houdt met de implementatie van Ocean Energy Systems (OES) schrijft in zijn jaarrapport 2009 (IEA-OES 2009) dat er veel energie beschikbaar is in oceanen en zeeën. Daarbij wordt een onderscheid gemaakt naar energie uit getijden, golven, getijdenstromen en uit temperatuur- en zoutverschillen.

In Nederland speelt Rijkswaterstaat een belangrijke rol bij de ontwikkeling van nieuwe mogelijkheden voor het winnen van energie uit zee. Dat gebeurt in het kader van het (bredere) programma WINN, een afkorting van Water INNovations. Daarnaast lanceerde het Nederlandse Econcern (inmiddels overgenomen door Eneco) in 2009 het Poseidon-programma, gericht op combinatie van technieken (wind, golf etc) op de Noordzee.

Dynamic Tidal Power

Zelfs al zijn de getijdenverschillen niet heel groot – zoals voor de Nederlandse kust – toch kan er heel wat energie uit worden gehaald. Een ambitieus voorbeeld is Dynamic Tidal Power (DTP) in het Nederlands omgedoopt tot Actieve Getijden Centrale. Het is het oude idee van Kees Hulsbergen in een nieuw jasje, waarbij een kilometerslange dam loodrecht op de kust in zee steekt.

Het getij trekt vanaf het zuiden noordwaarts langs de Nederlandse kust. Als er een dam in zee ligt, ontstaat een stuwung. Daardoor krijg je een hoogteverschil tussen de zuid- en noordzijde van de dam. Turbines in de openingen in de dam zouden in theorie een vermogen leveren van 10.000 MW (IEA-EOS 2007), ongeveer de helft van het totaal opgestelde vermogen in Nederland.

Het idee van de Actieve Getijden Centrale wordt ontwikkeld door het wereldwijd opererende Alkyon Hydraulic Consultancy & Research uit Emmeloord en het eenmansbedrijf van Kees Hulsbergen (H2iD). Daarbij richten ze zich niet zozeer op Nederland als wel op Zuid-Korea, China en Engeland. Niet alleen zijn daar minder ruimteclaims dan in het Nederlandse deel van het Continentaal Plat, ook de getijverschillen zijn groter. De vraag blijft voorlopig of de kosten van de bouw van een dergelijke dam opwegen tegen de opbrengsten aan energie (Van Duivendijk 2008).

Ultralaag verval turbines

Hoewel de verschillen tussen eb en vloed in Nederland niet groot zijn, dienen zich recentelijk nieuwe mogelijkheden aan om ook kleine getijdenverschillen te benutten. Het gaat om de zogeheten *ultralow head* turbines.

Turbines die normaliter in waterkrachtcentrales worden gebruikt, zijn niet zo geschikt voor een getijdencentrale, omdat ze ontworpen zijn voor grotere valhoogten. De enige commerciële getijdencentrale staat in het Franse La Rance, waar het verschil tussen eb en vloed zo'n 13 meter bedraagt. Daar zijn de turbines nog wel bruikbaar, maar voor Nederland met getijdenverschillen uiteenlopend van 3,8 meter bij Vlissingen tot 1,4 meter bij Den Helder is dat niet het geval.

Voor de moderne uitvoering van de getijdencentrale wordt gewerkt aan de ontwikkeling van een turbine die wel geschikt is voor getijverschillen van enkele meters. Ze zouden geplaatst moeten worden in de stroomgaten van bassins die bij vloed vollopen en bij eb weer leeglopen. Mogelijke locaties voor een groot bassin Haringvliet, Grevelingenmeer, Oosterschelde, Westerschelde, IJsselmeer en Lauwersmeer (Deltares 2008, Ecofys 2000).

In opdracht van energiebedrijf Delta heeft de TU Delft de mogelijkheden onderzocht van het Grevelingenmeer. Daaruit bleek dat een getijdencentrale haalbaar is. Hij zou voldoende stroom kunnen leveren voor 65 duizend huishoudens (Sprangers 2008). Ook de plannen voor ontpoldering bieden kansen voor het creëren van een bassin (Van Duivendijk 2008).

Windmolens onder water

Waar het water voldoende diep is, is het mogelijk om vrijestromingsturbines in te zetten. In feite zijn dat windmolens, maar in plaats van de langsstromende lucht, zetten ze de kinetische energie van langsstromend water om in elektriciteit. In principe kunnen vrijestromingsturbines langs de hele Nederlandse kust worden gebruikt (Deltares 2008). Het meest efficiënt is om ze in te zetten op locaties met een sterke getijdenstroom, zoals rond de Waddeneilanden, in de openingen van de Afsluitdijk en in de monding van de Oosterschelde.

In de Westerschelde ter hoogte van Borssele loopt een experiment van C-Energy, een consortium van bedrijven, een milieuorganisatie en Rijkswaterstaat. De 'wave rotor' is in Nederland ontwikkeld. Daarnaast loopt een driejarige studie (gestart in 2009) naar het benutten van getijdenenergie in de Oosterschelde. Bij de Afsluitdijk loopt een proef met getijdenenergie, uitgevoerd door Tocado en ondersteund door regionale fondsen. In een van de openingen in de dam is een turbine geplaatst met een vermogen van 45 kW, voldoende voor circa 100 huishoudens.

Hoewel de vrijestromingsturbines als innovatie al enkele decennia oud zijn is toepassing in de praktijk een zaak van lange adem. Het installeren van de turbines brengt – evenals het installeren van windturbines op zee – grote technische uitdagingen met zich mee. Ingenieurs piekeren over een beter ontwerp dat gemakkelijk te installeren is, ook onder de ruige omstandigheden die zich op de Noordzee voordoen.

Zelfs dicht onder de wal is het al meermalen voorgekomen dat de turbine een of meer rotorbladen verloor, zoals bij Verdant Power in de East River in New York en bij Marine Current Turbines in Noord-Ierland (Scheijgrond 2008). Diezelfde omstandigheden maken het bovendien noodzakelijk dat de turbines genoeg onderhoudsvrij zijn. Het aantal werkbare dagen op de Noordzee is immers beperkt. Dat stelt hoge eisen aan zowel de constructie als aan het gebruikte materiaal.

Energiewinning uit de golfslag

Door de wrijving tussen wind en zeoppervlak ontstaan er golven. De potentiële energie daarvan kan onder andere via drijvers, rotoren en luchtdrukkamers gewonnen worden. Met de term Wave Energy Converter (WEC) wordt een scala aan technieken aangeduid voor het winnen van energie uit golven.

In de afgelopen decennia zijn diverse pogingen ondernomen om energie uit golven te oogsten, onder andere in Japan, de Verenigde Staten en Frankrijk (Van Duivendijk 2008). Daaruit is gebleken dat we de kracht van golven niet moeten onderschatten. Zo is de Tapchan (tapered channel, een steeds nauwer wordend kanaal waarin de golf steeds hoger wordt) die in Noorwegen was gebouwd kapotgeslagen.

De Osprey ('ocean swell powered renewable energy') in Schotland, waarbij de luchtverplaatsing door de in- en uitstromende golf een turbine aandrijft, is losgeraakt en gezonken. Hetzelfde lot trof de Aquabouy in de Verenigde Staten, een drijvende boei, waarin de verticale component van de golfbeweging wordt gebruikt om zeewater samen te persen, dat op zijn beurt een generator aandrijft.

Het afzinken van de eerdergenoemde waterschommel (Archimedes Wave Swing) voor de kust van Portugal is drie maal mislukt. De Wave Dragon, een constructie waarbij golven over de rand van een reservoir slaan, dat vervolgens leegloopt is losgeslagen en op de Portugese kust terechtgekomen (Scheijgrond 2008).

Afgezien van de technische problemen is het de vraag of golfenergie iets kan betekenen voor de Nederlandse energievoorziening. De golven voor de Nederlandse kust bevatten mede door de geleidelijk oplopende overgang van zee naar kust, maar weinig energie. Illustratief is dat de waterschommel (Archimedes Wave Swing) sinds enkele jaren in het buitenland verder wordt ontwikkeld. De precommerciële testen vinden plaats aan de kust van Schotland, waar de golven veel energie bevatten.

'Blue Energy'

Bij getijden-, stromings- of golfenergie wordt gebruik gemaakt van de kinetische energie van bewegend water. Bij 'blue energy' gaat het om een elektrochemisch proces, gebaseerd op het verschil in zoutgehalte tussen zeewater en rivierwater. Een 'blue energy'-centrale bevindt zich dan ook vrijwel altijd aan de kust.

Voor Nederland valt te denken aan riviermondingen, zoals het Noordzeekanaal bij IJmuiden en de Nieuwe Waterweg bij Hoek van Holland. Ook openingen in de Afsluitdijk waar het zoete water van het IJsselmeer het zoute water van de Waddenzee ontmoet is een interessante plek voor een centrale (Deltares 2008). Een andere mogelijkheid is om gebruik te maken van gezuiverd rioolwater dat in zee geloosd wordt (Van Duivendijk 2008).

De drijvende kracht is, zoals gezegd, het verschil tussen zoet en zout water. Van nature mengen die met elkaar totdat het zoete en zoute water beide even zoet of zout zijn. In plaats van ze te laten mengen, kun je er ook een speciaal membraan (een moleculaire zeef) die wel negatieve zoutionen doorlaat maar niet de positieve. Of omgekeerd.

Als alleen negatief geladen deeltjes worden doorgelaten, wordt de zoetwaterkant steeds negatiever geladen. Er ontstaat een potentiaalverschil, dat – net als bij een accu of batterij – waarmee je elektrische stroom kunt produceren. Theoretisch levert een kubieke meter zoet water per seconde gemengd met zeewater een vermogen op van 1MW. Wat overblijft is brak water, dat zonder verdere verplichtingen op zee kan worden geloosd.

Diverse partijen in Nederland zien brood in toepassing van deze techniek die bekend staat als *Reversed Electro Dialysis* (RED). Sinds 2001 doet KEMA onderzoek naar geschikte –goedkope -kunststoffen voor

de membramen. Volgens het bedrijf is het ‘realistisch en concreet’ dat Blue Energy in Nederland tien keer zoveel energie kan leveren als nu gebeurt met windmolens (KEMA 2005).

De membraantechnologie van KEMA is opgepikt door het bedrijf Redstack, een ‘spin off’ van onderzoeksinstituut Wetsus, waarin verschillende partijen samenwerken om de RED-technologie verder te ontwikkelen. Medio 2010 heeft Redstack alle vergunningen verworven die nodig zijn voor een proefcentrale in de Afsluitdijk.

De verwachtingen zijn hooggespannen: “Theoretisch kan er in Nederland 3000 MW worden gewonnen. In de praktijk zou dit betekenen dat er ongeveer 10% van het nationale elektriciteitsverbruik met de RED-technologie opgewekt kan worden” (Redstack 2008). De ambitie is om over een jaar of tien een centrale staan van 200 MW in de Afsluitdijk (Elsevier 2008).

Voor het zover is moeten er nog wel de nodige technische problemen worden opgelost. Een daarvan is de vraag hoe je het membraan schoon kunt houden op een manier die niet alleen milieuvriendelijk is, maar bijvoorbeeld ook automatisch (Ecofys 2007, p. 48).

Een ander probleem is dat het verschil tussen zoet en zout water bij de Afsluitdijk niet al te groot is. De Waddenzee is niet erg zout (Scheijgrond 2008) en het IJsselmeer niet erg zoet. Wel wordt er voortdurend zoet water aangevoerd in het IJsselmeer. Via spuisluizen in de Afsluitdijk wordt het geloosd op de Waddenzee in een hoeveelheid van 200 m³ per seconde. Vanwege het geringe verschil in zoutgehalte aan weerszijden van de Afsluitdijk, is het de vraag of dat voldoende is. Bij de huidige stand van de membraantechnologie is misschien wel 600 m³ per seconde nodig.

Ook het afvoeren van het brakke water – het restproduct van Blue Energy-centrale – levert nog de nodige hoofdbrekens op. Als het te dicht achter de centrale blijft liggen, neemt het verschil in zoutgehalte af en daarmee ook de efficiëntie van het Blue Energy-proces. Via de getijdenwerking wordt het vanzelf afgevoerd naar zee (Scheijgrond 2008), maar dat kan betekenen dat de centrale alleen gebruikt kan worden bij afgaand tij.

Waar de RED-technologie in de fase van praktische beproeving zit, wordt er op laboratoriumniveau ook onderzoek gedaan naar een andere techniek: *Pressure Retarded Osmosis* (PRO). Daarbij wordt gebruik gemaakt van een membraan dat alleen vloeistof doorlaat en alle geladen deeltjes tegenhoudt. Als gevolg van osmose stroomt het zoete water naar het zoute compartiment. Daar wordt een osmotische druk opgebouwd tot ongeveer 24 bar, waarmee een generator wordt aangedreven. In Nederland doet onder meer KEMA onderzoek aan deze techniek. Ook in Noorwegen wordt er veel onderzoek aan gedaan (Van Duivendijk 2008; BNEF 2007).

De thermometer in het zeewater

Niet alleen een verschil in zoutgehalte, ook een verschil in temperatuur biedt mogelijkheden voor de productie van energie. Sinds de jaren zeventig van de vorige eeuw wordt onderzoek gedaan naar *Ocean Thermal Energy Conversion*, ofwel OTEC (Elsevier 2008). Inmiddels staat er een proefopstelling in Japan (IEA-EOS 2007).

Bij OTEC wordt gebruik gemaakt van het verschil in temperatuur tussen het warme water aan de oppervlakte en de koude lagen op een kilometer diepte in de oceaan. Met het warme water wordt ammoniak verdampt, waarbij de damp een generator aandrijft die elektriciteit produceert. Het koude water uit de diepte van de oceaan koelt de ammoniak weer af tot zijn vloeibare fase, waarna deze weer kan verdampen dankzij het warme water aan het oceaanoppervlak.

Toepassing van een OTEC op de Noordzee of een andere ondiepe kustzee is niet interessant, omdat de temperatuurverschillen niet groot genoeg zijn en/of omdat ze niet diep genoeg zijn. Het gaat dus om een techniek die alleen op de oceaan kan worden toegepast. Het idee is om de geproduceerde elektriciteit te gebruiken voor de productie van waterstof en die geschikte schepen aan land te brengen.

Overigens zijn er ook in Nederland wel mogelijkheden om zeewater te gebruiken voor verwarmen of koelen, maar dan niet via een OTEC. In de Scheveningse wijk Duindorp bijvoorbeeld wordt de warmte uit zeewater gewonnen via een warmtewisselaar en vervolgens met een warmtepomp op een temperatuur gebracht waarmee een woning kan worden verwarmd. Volgens ingenieursbureau Deerns, dat het concept ontwikkelde, is de CO₂-uitstoot van het systeem de helft lager dan bij gebruik van aardgas voor verwarming (Ingenieur 2005).

Koelen van gebouwen met zeewater is een andere optie. Indertijd werkte Evelop – inmiddels onderdeel van energiebedrijf Eneco, aan de ontwikkeling van SWAC: *Sea Water Air Conditioning* (Econcern 2008) in Nederland. In principe is de techniek alleen interessant voor hotels en kantoren dicht aan de kust. Verder landinwaarts worden de transportverliezen te groot (Deltares 2008). Momenteel wordt SWAC op een vijftal plaatsen in de wereld toegepast, waaronder Stockholm, Toronto (Meer van Ontario) en Hawaï. In de meeste gevallen in combinatie met een al bestaand distributienet voor warmte.

Maatschappelijk debat

Het politieke en maatschappelijke debat over energie uit water richt zich hoofdzakelijk op de mogelijke effecten van energiewinning op planten, dieren en ecosystemen. De omvang van die effecten bepaalt in hoge mate of er sprake is van een duurzame energiebron. Illustratief is de discussie over de import van elektriciteit uit Noorwegen in de jaren '90.

Indertijd verdedigde de SEP de aanleg van de energiekabel door de Waddenzee met het argument dat elektriciteit uit waterkracht milieuvriendelijk was. Dat argument leidde een paar jaar later tot heftige discussie over de vraag of stroom uit waterkracht in de categorie 'groene stroom' (met belastingvoordeel) viel. Voor de productie van waterkracht in Noorwegen moeten namelijk valleien onder water worden gezet om er een stuwmeer van te maken. Vaak gaat dat ten koste van de natuur.

Desondanks geldt elektriciteit uit waterkracht als groene stroom. In 2008 was bijna driekwart van de afgegeven garanties voor groene stroom bestemd voor waterkracht uit Scandinavië. In Nederland is de verhouding tweederde/een derde (Compendium 2008, gebaseerd op gegevens van het CBS). De consument kan overigens wel kiezen tussen groene stroom uit waterkracht of uit andere bronnen (zon, wind biomassa). Leveranciers van groene stroom zijn namelijk verplicht om op hun 'stroometiket' aan te geven hoe de elektriciteit die ze leveren wordt opgewekt.

Een extra argument voor veel mensen is dat met de extra opbrengsten van groene stroom voor waterkracht geen nieuwe bronnen van hernieuwbare energie worden aangeboord. De stuwmeren in Scandinavië liggen er vaak al decennia. “Nederland importeert (...) heel veel groene stroom uit buitenlandse installaties die niet nieuw zijn, maar alleen hun afzetmarkt hebben verlegd naar Nederland omdat hier zo’n gunstige [subsidie-]regeling is. Voor het milieu treedt geen enkele verbetering op”, aldus GroenLinks-kamerlid Wijnand Duyvendak (Duyvendak 2002).

Het voorbeeld van waterkracht uit het buitenland laat zien dat energie uit water meer of minder hinder kan opleveren voor dieren, planten en ook voor mensen. Een voorbeeld van het laatste is de winning van energie via doorlatende kribben. Bij laag water is de onderliggende constructie van de krib, inclusief turbine zichtbaar en dat zal niet iedereen mooi vinden. Bovendien kan het uitnodigen tot vandalisme (Van Duivendijk 2008).

Een ander aspect is het beslag op de ruimte, waardoor energiewinning in conflict kan komen met andere vormen van ruimtegebruik. Zo zijn de milieu-effecten van een OTEC waarschijnlijk betrekkelijk gering – afgezien dan van de verstoring van de temperatuurkolom in de oceaan en het risico van vrijkomende ammoniak (IEA-OES 2009). Maar zelfs ver uit de kust spelen er andere belangen, zoals scheepvaart, visserij, defensie en de winning van olie en gas.

Hetzelfde geldt in nog sterkere mate voor de kustzone. De vele belangen in het Nederlandse deel van de Noordzee hebben ervoor gezorgd dat de plannen voor een Actieve Getijdencentrale (DTP: dynamic tidal power) voorlopig op de lange baan zijn geschoven. Een dam die kilometers ver te zee in steekt gaat ten koste van andere belangen (Alkyon 2008).

Bij een Blue Energy-centrale speelt de vraag naar de beschikbaarheid van zoet water. In droge zomer bijvoorbeeld moet het peil in het IJsselmeer hoog blijven om te voorkomen dat er via de ondergrond (zoute kwel) of via riviermondingen teveel zout water Noord- en Zuid-Holland binnenkomt. Ook drinkwaterwinning en scheepvaart vereisen peilbehoud in IJsselmeer en grote rivieren. Echter, als er minder rivierwater wordt gespuid, is er ook minder ‘grondstof’ voor de Blue Energy-centrale.

Bij getijdencentrales in bijvoorbeeld Oosterschelde of Haringvliet doet de vraag zich voor of en zo ja waar een bassin moet komen (Ecofys 2000). Afsluiting van de Oosterschelde is strijdig met de ecologische doelstellingen en met de belangen van de visserij (oesters, mosselen). Niet voor niets is in het verleden gekozen voor een stormvloedkering in plaats van een dichte dam. Daarnaast spelen scheepvaartbelangen, met name op de Westerschelde. Aanleg in een voormalige polder is een optie, maar de geplande ontpolderingen in Zeeland (o.a. Hedwigepolder) roepen van zichzelf al veel weerstand op (PZC 2008; AGD 2008). Illustratief voor de botsing van belangen is het gebruik van de Grevelingen als getijdencentrale. Bij de aanleg ervan (1971) is de getijdenwerking verloren gegaan met alle gevolgen van dien voor de waterkwaliteit en in het verlengde daarvan de ecologische kwaliteit van het nieuwe meer (AD 2008). Het werd een zout, stagnerend bekken, dat regelmatig wordt geplaagd door zuurstoftekort. Herintroduceren van getijdenwerking biedt mogelijkheden voor energiewinning, terwijl tegelijkertijd de waterkwaliteit zal verbeteren. Voor het herstellen van de ecologie is een getijverschil van een halve meter voldoende; voor een getijdencentrale moet het verschil een meter zijn.

Van verschillende kanten wordt bezwaar gemaakt tegen een eventuele getijdencentrale. Beroepsvisserij zijn bang dat vissen vermalen zullen worden in de turbines. Recreatieondernemingen vrezen dat stranden gedeeltelijk verloren gaan. Ook de steigers in de vele jachthavens zouden bij te hoog water onderlopen (Van Duivendijk 2008).

In januari 2010 is een MIRT Verkenning Grevelingen van start gegaan. De afkorting staat voor Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport. In het kader daarvan is een onderzoek gedaan naar verschillende varianten van een getijdencentrale (Royal Haskoning 2010). Daaruit blijkt dat bij een variatie in de waterstand van een halve meter een getijdencentrale met 60 MW vermogen kan worden aangelegd bijgebruik van klassieke 'bulb turbines'. Een bijkomend voordeel van dat type turbines is dat ze ook als gemaal kunnen worden gebruikt om eventuele hoge afvoeren van Rijn en Maas ook bij hoog water weg te pompen.

Het voorbeeld van de Grevelingen laat zien dat zelfs als de milieu-effecten gering zijn, energiewinning uit water in botsing kan komen met andere belangen. In dit geval kunnen die conflicten worden opgelost met een gebiedsgerichte benadering, waarin alle aspecten die voor de toekomstige ontwikkeling van belang zijn worden meegewogen. Waarbij het een open vraag is hoe sterk het belang van de energiewinning overeind blijft in dit krachtenspel.

Tot slot

Nederland is erg nat, maar ook erg plat. En Nederland is 'drukbezet'. Twee oorzaken waarom de potentie van energie uit water in Nederland laag is. Weliswaar zijn er veel innovatieve Nederlandse partijen die zich bezighouden met de ontwikkeling van energie uit water, maar zij zien toepassingen vooral elders in de wereld. Daar zijn de geografische omstandigheden beter en is het (soms) gemakkelijker om subsidies en vergunningen te krijgen. Illustratief genoeg overstijgt de import van waterkrachtstroom de binnenlandse energiewinning uit water al vele jaren.

Nederland is dus 'veroordeeld' tot relatief kleinschalige toepassingen van energiewinning uit water, zowel in rivieren en inlaten als aan de kust (getijden). De enige grootschalige toepassing die enig perspectief biedt is een Actieve Getijdencentrale in de vorm van een kilometerslange dam, haaks op de kust. Of dat te realiseren is, is de vraag. Naast economische belangen (scheepvaart, visserij, olie- en gaswinning en recreatie) is nog niet duidelijk wat zo'n dam betekent voor het natuurlijke zandtransport langs de Nederlandse kust en daarmee ook voor de Waddenzee.

De grote uitdaging bij kleinschalige toepassingen is om ze rendabel te maken, ook bij fluctuerende olie- en gasprijzen. Dat vraagt om geduldig 'piecemeal' ingenieurswerk, gericht op het stap-voor-stap efficiënter en goedkoper maken van de installaties. 'Een Ferrari bouwen is geen kunst', zoals Henk Tennekes (Van Kasteren 2010) opmerkte in een interview. Daarvoor zijn vrijwel onbeperkte middelen beschikbaar. De kunst is om een veilige en betrouwbare auto te ontwikkelen en te bouwen die minder dan 7000 euro kost.

Toegepast op energie uit water betekent dat een consequent volgehouden beleid over een reeks van jaren, waarbij installatiebedrijven, ingenieursbureaus en waterbeheerders samenwerken bij de ontwikkeling van

steeds goedkopere, efficiëntere en meer betrouwbare, onderhoudsarme centrales. Inclusief een vorm van financiering die de betrokkenen uitdaagt om het steeds beter te doen.

Referenties

- AD (1995). 'Verzet tegen aanleg van stroomkabel in de Waddenzee'. In: *Algemeen Dagblad*, 28 augustus 1995.
- AD (2008). 'Brouwersdam kan tienduizenden van stroom voorzien'. In: *Algemeen Dagblad*, 27 juni 2008.
- AGD (2008). 'Nijpels geeft drogredenen voor ontpoldering Hedwige'. <http://www.agd.nl>, 23 oktober 2008.
- Alkyon (2008). Telefonisch interview met de heer Rob Steijn, Alkyon Hydraulic Consultancy & Research, Director Coastal & Marine Systems, op 28 november 2008.
- BNEF (2007). 'Project teams hope brine plus fresh water equals energy'. In: *Bloomberg New Energy Finance Monthly Briefing*, volume V, issue 7, november 2007, p. 11-12.
- Compendium (2008). 'Duurzame elektriciteit, 1990 – 2008'. <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl>, geraadpleegd op 12 februari 2010.
- Deltares (2008). *Water als bron van duurzame energie. Inspiratieatlas van mogelijkheden*. Delft/Utrecht: Deltares, augustus 2008.
- Duyvendak, W. (2002). 'Kabinet laat markt voor groene stroom inzakken'. In: *NRC Handelsblad*, 10 oktober 2002.
- Ecofys (2000). *Kansen voor energiewinning uit getijden in de Oosterschelde*. Utrecht: Ecofys, 25 mei 2000.
- Ecofys (2007). *Energie uit zout en zoet water met osmose*. Utrecht: Ecofys, 17 oktober 2007.
- Econcern (2008). Flyer Econcern; Juni 2008 .
- Elsevier (2008). 'Allemaal op zoek naar de heilige energiegraal'. In: *Elsevier*, 15 november 2008, pp. 60 – 64.
- Energieia (2007). 'Groen Eneco gaat in blue energy samen met Redstack'. <http://www.enraedt.nl>, 1 november 2007.
- IEA-OES (2009). *IEA-OES International Energy Agency Implementing Agreement on Ocean Energy Systems*. Annual report 2009.
- Ingenieur (2005). 'Kachel op zeewater. Warmtepompen in serie geschakeld bij project in Duindorp'. In: *De Ingenieur*, 10 juni 2005, pag. 44 – 45.
- Kasteren, Joost van (2010). 'De echte oplossingen komen van ingenieurs'. Interview met Henk Tennekkes. In: *De Ingenieur* 26 maart 2010.
- KEMA (2005). *Energie uit water. Elektrische modificatie van kunststoffen*. Flyer.
- Knoppers, R. & Verbong, G. (2001). 'Waterkracht'. In: *Een kwestie van lange adem. De geschiedenis van duurzame energie in Nederland*, Boxtel: Aeneas, uitgeverij van vakinformatie bv, pp. 277 - 294.
- MilieuCentraal (2010). 'Waterkracht'. <http://www.milieucentraal.nl>, bekeken op 9 november 2010.
- NRC (2002). 'Stroom duur door staatsubsidie'. In: *NRC Handelsblad*, 13 november 2002.
- NRC (2004). 'Stroomkabel naar Noren'. In: *NRC Handelsblad*, 19 januari 2004.
- PZC (2008). 'Nijpels: ontpolderen Hedwigepolder beste oplossing'. <http://www.pzc.nl>, 21 oktober 2008.
- Redstack (2008). <http://www.redstack.nl>, bekeken op 26 november 2008.
- Royal Haskoning (2010). *Getijcentrale in de Brouwersdam. Variantenstudie. MIRT Verkenning Grevelingen. Projectnummer 9V9366.A0* <http://www.toekomstgrevelingen.nl>
- Scheijgrond, P. (2008). Interview ir. P. Scheijgrond, Ecofys, op 25 november 2008.
- Sprangers, C. (2008). 'Stroom uit water door getijdencentrale'. In: *Intermediair*, 18 juli 2008.

- SSB (2010). 'Annual Electricity Statistics. Main Figures 1989-2000'. <http://www.ssb.no>, bekeken op 9 november 2010.
- Tweede Kamer (2009). *Brief van de Minister van Economische Zaken*. TK 31239, nr. 43, 20 februari 2009.
- Van Duivendijk, J. (2008). Interview ir. Hans van Duivendijk, TU Delft, 12 november 2008.
- Verhagen, M. (2010). *Brief aan de Tweede Kamer. Betreft: SDE+*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, 30 november 2010.
- Vrijling et al. (2008). *Getijcentrale in de Brouwersdam. Een verkennende studie*. Delft: TU Delft, juni 2008.
- Wiki (2010). 'NorNed-kabel'. <http://nl.wikipedia.org>, geraadpleegd op 12 februari 2010.
- WISE (2008), 'Betalen voor groene stroom burens'. <http://www.groenestroomjagraag.nl>, geraadpleegd op 20 januari 2010.
- WitteveenBos (2009). *Verkenning Grevelingen water en getij*. Deventer: Witteveen en Bos, 23 januari 2009.

ESSAY



Auteur

Sylvia Breukers

Onderzoeker bij het Energieonderzoek Centrum Nederland

BIOMASSA

Wat is mogelijk, wat is wenselijk?

Inleiding

Biomassa is een veelzijdig concept, maar voor velen ook een veelkoppig monster. Het streven naar een flinke groei in de toepassing van biomassa als duurzame en milieuvriendelijke energiebron, roept nieuwe vraagstukken en problemen op. Daarom blijft het belangrijk af te vragen waar we de biomassa voor nodig hebben, hoeveel energie we uit biomassa willen halen, welke soort biomassa we willen, waar de biomassa vandaan komt, wanneer dat het label 'duurzaam' mag dragen en in hoeverre we deze duurzaamheid kunnen meten.

Dit essay verkent de kansen en belemmeringen voor de toepassing van biomassa voor onze energievoorziening. Eerst worden de historische ontwikkelingen weergegeven. Daarna komt de huidige situatie van biomassatoepassingen ter sprake. Vervolgens wordt een toekomstperspectief geschetst, waarin zowel nationale als internationale ontwikkelingen aan bod komen. De uitdagingen om veel meer biomassa ook daadwerkelijk in te passen in de samenleving worden daarna besproken. Daarbij ligt de nadruk op de duurzaamheidsdiscussie – hoe duurzaam is biomassa eigenlijk en hoe maak je die duurzaamheid inzichtelijk? Tot slot worden de kansen van biomassa voor Nederland besproken, die niet los te zien zijn van de internationale ontwikkelingen.

De geschiedenis van energie uit biomassa

Energie uit biomassa wordt opgewekt uit organisch materiaal zoals groente-, fruit- en tuinafval (gft); mest; oliën en vetten afkomstig van gewassen als koolzaad en oliepalm; afvalvetten uit snackbars en restaurants; en zetmeel uit mais en suikerriet. De energie wordt gewonnen door de biomassa te verbranden, te vergassen of te vergisten (nader toegelicht met voorbeelden in bijlage 1 van dit essay).

Met de opwarming van de aarde en het slinken van de fossiele energievoorraden groeit de belangstelling voor biomassa. Lang voor de ontdekking van de mogelijkheden van fossiele brandstoffen zoals steenkool en olie, maakten we al gebruik van biomassa. Om te koken of ruimtes te verwarmen werden hout, houtskool, gedroogde mest, plantaardige of dierlijke oliën en vetten gebruikt. Ook biobrandstoffen zijn niet nieuw. Eind negentiende eeuw liet Rudolf Diesel zijn dieselmotor al op puur plantaardige olie (PPO) draaien. Toch werd fossiele diesel de standaard. Eind twintigste eeuw startte het Nederlandse bedrijf Solar Oil Systems een initiatief om auto's wederom op PPO te laten rijden. Het bedrijf werkte hierin samen met verschillende agrariërs in Nederland die het benodigde koolzaad teelden en persten tot olie.

Om de achtergronden helder te schetsen wordt in dit essay een onderscheid gemaakt tussen stationaire biomassatoepassingen (elektriciteit- en warmteopwekking) en biobrandstoftoepassingen voor transport en vervoer.

Biomassa stationair

De ontwikkeling van biomassa voor stationaire toepassingen is in Nederland tot dusverre beperkt gebleven tot een paar biomassaverbrandingsinstallaties, een enkele vergasser en een paar vergistingsinstallaties. Biomassa wordt daarnaast bij-en meegestookt¹ in bestaande afvalverbrandingsinstallaties (AVI's), in kolencentrales en gascentrales. Onderzoek laat twee belangrijke redenen zien voor de beperkte ontwikkeling van biomassatoepassingen in Nederland tot nog toe: ten eerste heeft het wispelturige overheidsbeleid het vertrouwen van ondernemers en investeerders ondermijnd en ten tweede is er nooit een krachtige lobby voor biomassa opgekomen (Negro 2007).

In Nederland was het op een gegeven moment financieel aantrekkelijker om duurzaam geproduceerde elektriciteit te importeren dan om nieuwe installaties te bouwen en de energie zelf op te wekken. In 2003 werd dit euvel gerepareerd met een nieuw ondersteuningsbeleid dat direct tot heel veel ondernemersactiviteiten leidde. In 2005 en 2006 besloot de overheid echter dat nieuwe biomassa-installaties niet meer in aanmerking zouden komen voor deze ondersteuning. Hierdoor werd alle prille bedrijvigheid afgeremd en bleven nieuwe initiatieven uit (Negro 2007). Juist voor nieuwe toepassingen, die nog niet direct concu-

1 Meestook van biomassa betekent dat de biomassa direct wordt meegestookt (in bijvoorbeeld kolencentrales). Bijstook betekent dat de biomassa eerst vergast wordt en dan wordt het gas toegevoegd in gasgestookte centrales of in kolencentrales.

rerend zijn met conventionele energieopwekking, is helder en consistent ondersteuningsbeleid essentieel. De tweede reden, de afwezigheid van een krachtige lobby, maakte dat het eensgezind eisen stellen ten aanzien van het ondersteuningsbeleid onvoldoende plaatsvond. Onder Nederlandse ondernemers en biomassa-adepten ontbrak het aan saamhorigheid – in tegenstelling tot bijvoorbeeld de Duitse ondernemers op biomassagebied (van der Eijk 2007).

Eigenlijk is de minst innovatieve toepassing, namelijk het mee-en bijstoken van biomassa in bestaande kolen- en afvalverbrandingcentrales, het gemakkelijkst gebleken. De betrokken partijen, de centrales en de infrastructuur waren er al en maakten deel uit van de conventionele energiewereld (Negro 2007). Een groot deel van de overheidssubsidie is dan ook hiernaartoe gegaan. Het gebruik van geïmporteerde biomassa zoals palmolie voor elektriciteitsopwekking heeft echter maatschappelijke discussie teweeggebracht vanwege twijfels over de duurzaamheid ervan (Zie kader ‘Terugkerende vragen in het debat over duurzame biomassa’).

Biobrandstof voor transport

Ook de Nederlandse ontwikkelingen op het gebied van biobrandstoffen voor transport en vervoer laat een aantal opmerkelijke trends zien. Terwijl verschillende Europese landen, Frankrijk en Duitsland voorop, begin jaren negentig, kansen zagen om de malaise in de agrarische sector (overproductie en de subsidielast) aan te pakken door deels over te schakelen naar de productie van biobrandstoffen, kwamen de eerste prikkels in Nederland vanuit een andere hoek: provinciale vervoersbedrijven experimenteerden met bio-ethanol en biodiesel voor hun buswagenpark. Biobrandstoffen waren echter (nog) niet concurrerend met fossiele brandstoffen – en dus duurder. Bovendien vielen ze onder dezelfde accijnsregeling als fossiele brandstoffen. Voorstanders pleitten daarom voor een accijnsvrijstelling, om zo de productie van biobrandstoffen te ondersteunen. Ze verwezen naar de succesvolle ontwikkelingen in Duitsland, waar biobrandstoffen waren vrijgesteld van accijnzen. De Nederlandse overheid kende soms een accijnsvrijstelling toe, maar altijd op projectbasis en niet als generieke maatregel. Doorontwikkeling naar de markt van de vaak nog kleinschalige biobrandstoftoepassingen vond daarom onvoldoende plaats.

Enthousiasme voor de ontwikkeling van biobrandstoffen in de jaren negentig was dus voornamelijk zichtbaar bij provinciale overheden en de EU, en niet zozeer bij de nationale overheid (Suurs & Hekkert 2007). Daarnaast zagen ondernemers en agrariërs, die de (verbeter)mogelijkheden, kansen voor economische groei en milieuwinst benadrukten, zich geconfronteerd met de kritiek van sommige wetenschappers, milieuorganisaties en oliemaatschappijen op de mogelijke negatieve gevolgen van deze zogenoemde ‘1^e generatie’ biobrandstoffen.

Generatieconflicten

De termen 1^e en 2^e generatie biobrandstoffen werden voor het eerst gebezigd in het overheidsprogramma GAVE in 1998, om onderscheid te maken tussen biobrandstoffen met een CO₂-reductiepotentieel van meer (2^e generatie) of minder (1^e generatie) dan 80%.

Ook in de maatschappelijke discussie wordt het onderscheid tussen 1^e, 2^e en soms zelfs 3^e generatie biobrandstoffen gemaakt. De zogenaamde 1^e generatie biobrandstoffen zijn gebaseerd op conventionele tech-

nologieën die in de jaren negentig door ondernemers, agrariërs en agrarische organisaties werden toegepast voor de productie van biodiesel, bio-ethanol en PPO uit bijvoorbeeld koolzaad of suikerbieten. Met 2^e generatie biomassa wordt meestal verwezen naar technologieën uit de chemie en biotechnologie, waarbij houtachtige (rest)materialen worden omgezet in synthetische brandstoffen. Onderzoekinstellingen, olie-maatschappijen, de biotechindustrie en een aantal ondernemers zijn actief in dit veld. Deze nieuwe technologische toepassingen zijn nog niet commercieel toepasbaar. De productie van biobrandstof uit algen wordt door sommigen 3^e generatie biomassatechnologie genoemd.

Bij het onderscheid tussen verschillende generaties is de impliciete boodschap meestal dat de latere generaties beter, duurzamer en innovatiever zouden zijn. Maar voor een aantal zogenaamde 1^e generatie technologieën zijn ook nog best verbeteringen mogelijk. Zo is het denkbaar dat uit koolzaad (of een ander oliehoudend gewas) een gedeelte van de geperste olie (bijvoorbeeld de onverzadigde vetten) voor voedingsmiddelen wordt bestemd, dat de verzadigde vetten worden omgezet in brandstof, de perskoek als veevoer wordt gebruikt en overige restproducten terug naar het land worden gebracht om zo de nutriëntenkringloop enigszins in stand te houden (voorbeeld uit Eindrapport Biomassadialoog, Hisschemöller et al. 2009). Het optimaal benutten van het gewas voor uiteenlopende toepassingen leidt dus tot een ander duurzaamheidsplaatje dan wanneer de oogst louter wordt ingezet voor de productie van biobrandstoffen.

Dit soort organisatorische innovaties van ketens zijn minstens zo belangrijk als technische innovaties om tot verbeteringen te komen. Bovendien draagt het inzetten van alle kaarten op louter toekomstige generaties ook risico's in zich. Voordat de nieuwe technologieën commercieel beschikbaar komen, zijn we misschien wel tien jaar verder (PGG 2008). En ten slotte moet de praktijk nog uitwijzen in hoeverre deze technologieën alle beloftes waarmaken.

De huidige situatie van energie uit biomassa

Wereldwijd draagt biomassa circa 15% bij aan de energievoorziening. Dit varieert van enkele procenten in de meeste geïndustrialiseerde landen, tot meer dan 90% in sommige Afrikaanse landen. Vooral in landen zonder fossiele energievoorraden, zijn traditionele toepassingen van biomassa (hout, houtskool, et cetera) nog wijdverbreid. Deze methoden zijn meestal niet efficiënt en vaak ook niet gezond (denk aan vrijkomende rook).

In 2008 nam de bijdrage van biomassa aan de energievoorziening in Nederland toe van 1,8% naar 2,1%. Dit had te maken met de toename van meegestookte biomassa in elektriciteitscentrales. Ook zijn er in 2008 een aantal middelgrote installaties gestart met het omzetten van afvalhout en mest in elektriciteit. Het gebruik van biobrandstoffen in het wegverkeer nam eveneens toe (CBS 2009). In 2009 kwam steeg het aandeel naar 2,5% – ook weer grotendeels toe te schrijven aan het meestoken van biomassa in grote elektriciteitscentrales en de biobrandstoffen in het wegverkeer (CBS 2010).

Huidige situatie biomassa stationair

Energieopwekking uit biomassa in Nederland vindt grotendeels plaats door middel van verbranding, in AVI's, kolencentrales en gascentrales. Het huishoudelijk afval dat in AVI's wordt verbrand, bestaat voor

circa 50% uit biomassa. Zeven van de vijftientig Nederlandse kolen- en gascentrales stoken biomassa mee in hun centrales. Dat gedeelte van energieopwekking wordt 'groene stroom' genoemd. De biomassa die hiervoor gebruikt wordt, komt zowel uit het eigen land of wordt geïmporteerd. Ook houtverwerkende bedrijven verbranden biomassa, met houtverbrandingsinstallaties die warmte via een zogeheten warmtekrachtkoppelingmotor (WKK) in elektriciteit omzetten.

Door middel van vergisting kan eveneens groene stroom opgewekt worden. Met methaangas uit gft, rioolslib of mest kan in een WKK-motor elektriciteit opgewekt worden. Zo kunnen rioolwaterzuiveringbedrijven hun eigen methaangas gebruiken en staat er in Lelystad een vergistingsinstallatie die volledig draait op gft uit bedrijven (www.milieucentraal.nl).

Huidige situatie biobrandstoffen

Bij biobrandstoffen kun je onderscheid maken tussen verschillende soorten vervangers van benzine, diesel of gas (zie bijlage 2). Bio-ethanol vervangt benzine (volledig of gedeeltelijk door bijmenging) en diesel. Biodiesel kan fossiele diesel vervangen en er zijn verschillende gasvormige biobrandstoffen ter vervanging van lpg of aardgas. Soms vraagt het gebruik van biobrandstoffen om aanpassing van het voertuig. Bij zogeheten blends (mengsels) vervangt de biobrandstof slechts een percentage van de benzine of diesel, en dan kan de brandstof technisch gezien zonder aanpassingen de tank in. E10 is bijvoorbeeld een mengsel van benzine en 10% bio-ethanol. Bij biodiesel bevatten de blends 2 tot 20% biodiesel. Om Puur Plantaardige Olie te gebruiken moet de dieselmotor wel worden aangepast – en dan rijdt het voertuig op 100% PPO.

Overheidsmaatregelen ter stimulering van biomassa

Voor de productie van energie uit biomassa bestaan in Nederland verschillende ondersteuningsmaatregelen (Rijksoverheid 2010). Een belangrijk subsidie-instrument is de Stimuleringsregeling Duurzame Energie (SDE), de opvolger van de MEP (regeling Milieukwaliteit Elektriciteitsproductie) die in 2006 is afgeschaft. Bedrijven kunnen voor een SDE subsidie in aanmerking komen voor uiteenlopende toepassingen. In het jaar 2010 is er vanuit de SDE voor de productie van elektriciteit uit biomassa² € 651 miljoen beschikbaar en voor de productie van gas uit biomassa³ € 214 miljoen (www.senternovem.nl). Het regeerakkoord van het kabinet-Rutte dat in oktober 2010 is aangetreden, geeft aan dat de SDE regeling plaats zal maken voor de zogeheten SDE+ regeling die medio 2011 in werking treedt. Nieuwe subsidiebedragen worden vastgesteld voor verschillende toepassingen. Daarnaast heeft de minister van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie aangegeven te streven naar een grotere bijdrage van bij-en meestook van biomassa in kolencentrales.

2 Door afvalverbranding; co-vergisting van dierlijke mest; vergisting gft; overige vergisting (met name van reststoffen uit de voedings- en genotsmiddelenindustrie; thermische conversie van vaste of vloeibare biomassastromen; stortgas; afvalwaterzuiveringsinstallaties; rioolwaterzuiveringsinstallaties.

3 Door co-vergisting van dierlijke mest; vergisting gft; overige vergisting; stortgas; afvalwaterzuiveringsinstallaties; rioolwaterzuiveringsinstallaties.

Vanuit Europa is er de bijmengverplichting uit 2003, die stelt dat in 2010 5,75% van de energie-inhoud van de verkochte fossiele brandstoffen uit biobrandstoffen moet bestaan. In Nederland is dit vertaald in een bijmengverplichting van 2% in 2007, en dit percentage zou jaarlijks oplopen tot 5,75% in 2010. In oktober 2008 zijn deze doelstellingen echter naar beneden toe bijgesteld tot 3,75% voor 2009 en 4,0% voor 2010. Het ministerie van VROM heeft hiertoe besloten vanwege twijfel over de effectiviteit wat betreft de reductie van broeikasgasemissies, twijfel aan de duurzaamheid van biobrandstoffen, en zorgen over mogelijke concurrentie met voedsel (www.vrom.nl). Voor meer informatie hierover zie de kaders in dit essay.

Na 2010 is niet meer de Europese bijmengverplichting, maar de Europese Richtlijn Hernieuwbare Energie relevant. Voor 2020 moet er 10% hernieuwbare energie in de transportsector gerealiseerd zijn – dit kan worden ingevuld met biobrandstoffen, maar ook door waterstof, groen gas of elektrisch vervoer.

De belofte van meer biomassa

Onderzoek en toepassing nieuwe technologieën en concepten

Verschillende Nederlandse onderzoeksinstituten en universiteiten doen onderzoek op het gebied van biomassa, al dan niet in samenwerking met bedrijven zoals bijvoorbeeld Shell. Zo wordt er gekeken naar de mogelijkheden om uit biomassa waterstof te maken, waarmee met een brandstofcel stroom opgewekt kan worden voor de aandrijving van elektrische auto's. Ook wordt er veel onderzoek gedaan naar de mogelijkheid om uit lignocellulose (vooral in houtachtige gewassen en grassen) brandstof te maken. Dit kan door de biomassa te vergassen middels het Fischer Tropsch (FT)-procedé en het vervolgens om te zetten in een vloeibare energiedrager (zie Bijlage 2). Voordelen van FT-synthese is dat verschillende soorten niet-eetbare biomassa kunnen worden gebruikt – bijvoorbeeld houtachtig (rest)materiaal. Bovendien is de resulterende brandstof gemakkelijk te gebruiken in bestaande voertuigen en inpasbaar in de huidige infrastructuur voor transportbrandstoffen.

Om op grote schaal biobrandstoffen met het FT-procedé te produceren is een omvangrijke aanvoer van biomassa nodig. Onderzoek heeft laten zien dat er in Centraal- en Oost-Europa, evenals in Oekraïne veel land is dat in principe geschikt is voor de productie van biomassa. De conventionele biobrandstof-industrie is in deze regio's echter al volop in ontwikkeling. Nieuwe technologieën die andere gewassen vragen (bijvoorbeeld meer houtachtige materialen en/of meerjarige gewassen) vereisen veranderingen in de huidige landbouwsystemen aldaar (ECN 2008; de Wit en Faaij 2008). Nationaal en internationaal staat de kweek van algen bijvoorbeeld volop in de belangstelling. Algenbiomassa is een veelzijdige grondstof waaruit voedingsstoffen (voedingssupplementen en visvoer), energiedragers en chemicaliën gewonnen kunnen worden (Hisschemöller et al., 2009).

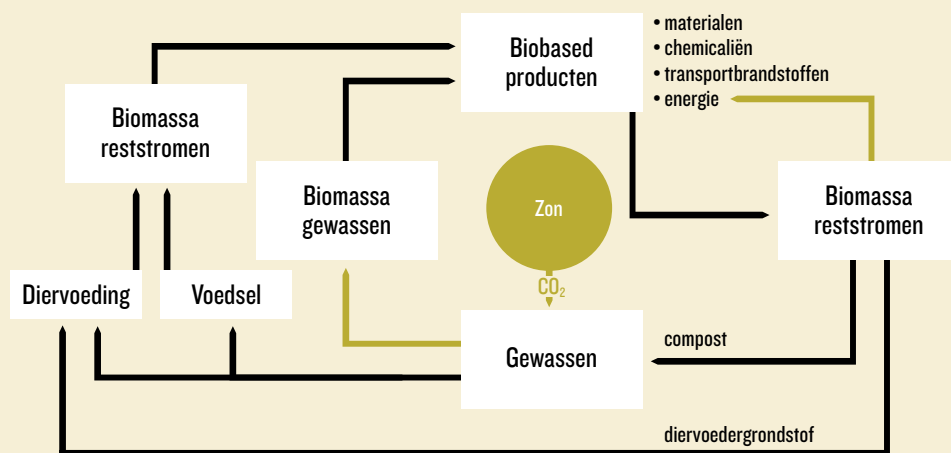
Naast de ontwikkeling van nieuwe conversietechnologieën wordt er ook nagedacht over nieuwe combinaties van ketens en toepassingen. De overheidsvisie op de zogenaamde bio-based economy, verwoord in het rapport 'De keten sluiten', gaat hierover (LNV 2007). In de bio-based economy wordt biomassa ingezet als alternatief voor fossiele grondstoffen ten behoeve van verschillende sectoren (chemie, voedsel, energie, farmacie). Hierbij wordt de gehele keten – van oorspronkelijk product tot en met het uiteindelijk gebruik – benut. De bio-based economy heeft raakvlakken met thema's als klimaat, energie, handel, landbouw-

beleid, voedselvoorziening, kennisontwikkeling, biodiversiteit, logistiek en transport(brandstoffen). De benodigde kennis om dit mogelijk te maken staat echter nog in de kinderschoenen.

Onderzoek naar een goede balans tussen de productie van voedsel, materialen (zoals bioplastics), chemicaliën en bio-energie is eveneens van belang. Sleutelbegrippen hierbij zijn bioraffinage en biocascadering. Bioraffinage gaat over efficiëntieverbeteringen: de oogst wordt gescheiden in een deel voor voeding en een deel voor andere toepassingen, waaronder energie. Het streven is om zoveel mogelijk gebruik te maken van bestaande componenten in de biomassa en hun functionaliteit. Biocascadering is een term die vaak in één adem met bioraffinage wordt genoemd. Bij biocascadering wordt biomassa gescheiden in verschillende componenten, waarbij de hoogwaardige toepassing voorrang heeft. De resterende componenten worden vervolgens gebruikt voor minder hoogwaardige toepassingen. Doel is om de economische waarde en energie-inhoud van biomassa maximaal te benutten (PGG 2008). Bioraffinage moet uiteindelijk resulteren in duurzame coproductie van voedsel, veevoer, energie, brandstof en chemicaliën – efficiënt, economisch rendabel en met minimale afvalproductie (LNV 2007).

Ook in de landbouw speelt de efficiëntie van deze gebruiksketen een belangrijke rol. Het is dan ook niet verwonderlijk dat er aan de universiteit in Wageningen – de oorspronkelijke landbouwuniversiteit – veel onderzoek wordt verricht naar bioraffinage en cascadering, in samenwerking met andere onderzoeksinstellingen, universiteiten, bedrijven en maatschappelijke organisaties.

De keten sluiten



Figuur 1

Overheidsvisie op de bio-based economy in de energietransitie (gebaseerd op: LNV (2007))

Het concept van de Bioport weerspiegelt eveneens het idee van een transitie naar een op biomassa geënte logistieke en verwerkingsinfrastructuur. De Rotterdamse haven (Mainport Rotterdam) is momenteel één van de grote aanvoer-, verwerkings- en doorvoerpunten van olie in Europa. In de Bioport-visie blijft deze positie behouden, maar op basis van biomassa als belangrijke toekomstige energiedrager naast olie en in samenhang met verschillende toekomstige op biomassa gebaseerde industrieën, zoals de chemie (bijvoorbeeld verf, cosmetica, farmacie). Hier ligt nog een taak voor de Nederlandse industrie, maar ook voor kenniscentra, bijvoorbeeld in de ontwikkeling van deze op biomassa gebaseerde eindproducten (Boosten & De Wilt 2007). Begin 2011 bood de Sociaal-Economische Raad (SER) in dit kader een advies aan minister Verhagen van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie. Het advies roept het kabinet op om stevig in te zetten op de biobased economy, om zo kansen voor economische groei en verduurzaming te creëren (SER 2010).

Verschillende partijen en posities in het biomassaveld

Er zijn veel verschillende partijen betrokken bij de ontwikkeling en toepassing van biomassa. Zowel agrariërs als biotechnologiebedrijven, bestaande industrieën en nieuwkomers, lokale zowel als internationaal opererende partijen en initiatieven. Scheidslijnen lopen tussen de bestaande biomassatoepassingen (vaak 1^e generatie genoemd) en nieuwere technologische toepassingen (2^e generatie). Daarnaast verschillen de ideeën van verschillende partijen ten aanzien van de mate waarin bepaalde biomassatoepassingen als duurzaam gelden. Ook de meningen over de wenselijkheid van verschillende biomassatoepassingen lopen behoorlijk uiteen.

Van wetenschappers wordt vaak verwacht dat zij uitsluitsel kunnen geven: draagt energie uit biomassa nu bij aan een duurzame energievoorziening of niet? Maar ook wetenschappers zijn onderling verdeeld over de wenselijkheid van verschillende toepassingen, evenals over de wijze waarop duurzaamheid kan worden vastgesteld. Er zijn wetenschappers die grote kansen voor biomassa zien, zonder dat dit ten koste hoeft te gaan van duurzaamheid of voedselvoorziening. Volgens hen zijn er marginale gronden die nu braak liggen geschikt voor de teelt van houtachtige biomassa die niet veel voedingsstoffen nodig hebben. Aan de andere kant van het spectrum zijn er wetenschappers die uiterst kritisch zijn. Zij vrezen dat de voedselvoorziening op termijn in gevaar komt. Met de toenemende wereldbevolking neemt ook de vraag naar voedsel toe. Als de productie van biomassa steeds meer land vraagt, kan dit ten koste gaan van beschikbaarheid van land voor voedselproductie. Zie bijvoorbeeld de Tortilla-crisis (zie p. 286). Een ander bezwaar is dat energieproductie uit biomassa wordt gezien als een beroerd alternatief voor bijvoorbeeld zonnepanelen, omdat planten in vergelijking met zonnepanelen maar een heel klein percentage van de zonne-energie weten vast te leggen. Bovendien kost het een heleboel energie om dit kleine percentage zonne-energie vast te kunnen leggen in deze planten: denk aan kunstmest en water en de brandstof voor landbouwvoertuigen en transport die hiervoor nodig zijn (Bindraban 2008). Meningsverschillen zijn er ook tussen verschillende overheidsniveaus, tussen ministeries en zelfs binnen ministeries. Dat is niet verwonderlijk als we bedenken hoe complex de discussie over biomassa is en hoeveel (wetenschappelijke) onzekerheden er zijn.

Milieu- en ontwikkelingsorganisaties nemen eveneens uiteenlopende posities in. Stichting Natuur en Milieu (SNM) en Milieudefensie zijn uiterst kritisch en pleiten ervoor om eerst zekerheid te krijgen over de duurzaamheid van biomassaketens voordat verder gebruik wordt toegestaan. Andere milieu- en ontwikkelingsorganisaties (zoals het Wereldnatuurfonds en Solidaridad) kiezen er juist voor om zelf verbetermo-

gelijkheden te onderzoeken door bijvoorbeeld kleinschalige biomassaprojecten in ontwikkelingslanden te starten.

Inpassing van biomassa

Inpassing in de markt

Wat de gevolgen zijn van inpassing van meer biomassa in de markt, hangt af van verschillende trends en ontwikkelingen. In elk geval moet de aanvoer van grondstoffen gegarandeerd en betaalbaar zijn. Wanneer de gebruikte biomassa behalve voor energie ook voor voedsel en andere doeleinden gebruikt wordt, kan er schaarste ontstaan waardoor de prijzen van de biomassa stijgen. Bij biomassa die bestaat uit niet-eetbare restproducten speelt dit probleem minder – hoewel ook dan concurrentie om grond nog steeds een kwestie is, want het is immers denkbaar dat grond waarop voorheen voedsel werd verbouwd, nu wordt aangewend voor de productie van biomassa voor energieopwekking. Een verzekerde aanvoer van biomassa blijft niettemin belangrijk. Om een Fischer Tropsch-centrale te bouwen en rendabel te laten draaien, is een continue aanvoer van biomassa nodig, zodat de productie niet stil hoeft te vallen. Als er import nodig is, speelt de vraag of de biomassa van ver moet komen (transportkosten en extra emissies hierdoor) of regionaal aangeleverd kan worden. Ook de vraag of er ruwe biomassa vervoerd wordt of tussen- of eindproducten, is relevant, aangezien ruwe biomassa een groter volume en dus hogere transportkosten heeft.

Schommelingen in de olieprijs zijn ook van invloed op de prijzen van biobrandstoffen. In Brazilië zijn ze dertig jaar geleden al begonnen met de productie van bio-ethanol vanuit de wens minder afhankelijk te worden van olie-import. De Braziliaanse bio-ethanol is al concurrerend. Ook de prijs van CO₂ kan van invloed zijn op de aantrekkelijkheid van biomassaopties, maar dan moet er wel duidelijkheid zijn over de CO₂-balans van de verschillende biomassatoepassingen (zie kader 'Criteria en indicatoren voor duurzame biomassaproductie, criterium 1). En die hangt niet alleen af van de technologie, maar ook van de omstandigheden waaronder de technologie wordt toegepast.

Wat betreft de schaal van biomassatoepassingen en -ketens zijn er veel mogelijkheden. Denk bijvoorbeeld aan lokaal gebruik van reststromen voor de productie van energie, lokaal gebruik van geteelde grondstoffen voor de productie van voedsel, veevoer en energie, waarbij de eindproducten al dan niet voor lokaal gebruik, lokale markten of regionale markten bestemd zijn. Aan de andere kant van het spectrum zien we grootschalige productieketens, waarbij grote hoeveelheden biomassa over de wereld worden vervoerd, en waarbij de verdere verwerking en distributie centraal georganiseerd is. Allerlei tussenvormen zijn denkbaar, maar het zal van de ontwikkeling van de markten, regelgeving en ondersteuning afhangen of en welk type ketens gaan domineren.

Planologische inpassing

Wat betreft planologische inpassing zijn er weinig problemen bekend in Nederland, maar er staan ook nog niet veel biomassa-installaties. In vergelijking met windturbines hebben biomassa-installaties – vooral op kleine schaal, zoals op boerenerven – het voordeel dat ze een minder sterke visuele impact op het landschapsbeeld hebben.

Infrastructurele inpassing

Kleinschalige toepassingen kunnen lokaal elektriciteit en warmte leveren – de mogelijkheden hangen onder meer af van beschikbare lokale infrastructuur en van afspraken met energieleveranciers. De kleinschalige biomassacentrale in Sittard bijvoorbeeld verwerkt 30.000 tot 34.000 ton groenafval per jaar uit de gemeente Sittard-Geleen, wat elektriciteit en warmte oplevert. De elektriciteit wordt verkocht aan energiebedrijf Delta. Het grootste deel van de warmte wordt verkocht aan Essent, het andere aan een sociale werkvoorziening (waar 3.000 mensen werken). Essent en Delta leveren de warmte en elektriciteit aan een nieuwbouwwijk. In totaal wordt er voor 3.000 woningen elektriciteit geproduceerd en warmte voor 1.100 woningen, de sociale werkvoorziening en een verzorgingshuis (Hisschemöller et al. 2009).⁴

Daar waar bestaande centrales biomassa meestoken, is de infrastructurele inpassing gemakkelijk, want dat gaat op dezelfde manier als voor conventionele energie geldt. En biobrandstoffen die op dezelfde wijze als conventionele brandstoffen aangeleverd en gebruikt kunnen worden, zoals Fischer Tropsch-brandstof, hebben eveneens het voordeel van een gemakkelijke infrastructurele inpassing.

Maatschappelijke inpassing: de duurzaamheidsdiscussie

De hernieuwde belangstelling voor biomassa heeft alles te maken met de mogelijke bijdrage die het kan leveren aan de verduurzaming van onze energievoorziening. Waar energie en brandstoffen uit biomassa gebruikt worden, vermindert dit het beslag op fossiele brandstoffen en de bijbehorende CO₂-uitstoot. Biomassa is in principe klimaatneutraal: het brengt niet meer CO₂ in de lucht dan dat het bij de groei in zich opneemt. De CO₂ die bij omzetting vrijkomt, draagt zo niet bij aan het versterkte broeikaseffect.

Biomassabronnen kunnen zowel geteelde gewassen zijn als rest- of afvalproducten. En de technologieën om energie te winnen variëren van een eenvoudige oliepers tot complexe chemische processen waarmee uit houtachtige materialen brandstoffen gewonnen worden. Biomassatoepassingen kunnen groot-schalig zijn, denk aan de import en het meestoken van energiegewassen zoals palmolie. Een kleinschalig voorbeeld is de opwekking van energie uit gft en de levering van de resulterende stroom en warmte op wijkniveau. Biomassa kan worden omgezet in elektriciteit, warmte of transportbrandstof. Los van welke optie het meest efficiënt en kosteneffectief is, hangt de keuze hier ook af van de beschikbare alternatieven voor elektriciteitsopwekking, warmte en voor transportbrandstoffen. Een belangrijke indicator van de duurzaamheid van biomassa is de broeikasgasbalans: een berekening van het klimaateffect van de productie en het gebruik van biomassa waarbij naast de uitstoot van CO₂ ook N₂O en CH₄ gemeten wordt. De broeikasgasbalans verschilt niet alleen per technologie, maar varieert bij dezelfde technologische toepassing al naargelang de omstandigheden waaronder de technologie wordt toegepast. Zo heeft ethanol

⁴ De Biomassa Energiecentrale Sittard is in 2007 afgebrand en inmiddels weer opnieuw opgebouwd en van start gegaan.

uit mais een ongunstiger broeikasgasbalans dan ethanol uit suikerriet en zal de broeikasgasbalans ook negatiever uitslaan wanneer de gewassen zijn geteeld met kunstmest.

Zelfs als de broeikasgasbalans over de hele keten in orde is, dan zijn er nog tal van andere aspecten waarop de toepassing beter of slechter kan scoren. Het duurzaamheidsplaatje hangt af van het soort biomassa, de technologie, de schaalgrootte en de organisatie van de keten. Tussen begin- en eindproduct kan er gekeken worden naar CO₂-uitstoot, efficiëntie (in energie-, materiaal- en watergebruik), ecologische gevolgen voor bodem, water of lucht, sociaal-economische effecten, politieke en ethische kwesties (bijvoorbeeld arbeids- en mensenrechten; biodiversiteit – zie kader ‘Criteria en indicatoren voor duurzame biomassaproductie’). Het is lastig om al deze aspecten in hun samenhang goed in kaart te brengen. Met name internationale grootschalige ketens zijn vaak weinig transparant. Ook is er sprake van effecten die lastig te meten zijn, omdat ze bijvoorbeeld pas in de toekomst zichtbaar worden en/of het niet zeker is wat de effecten precies zullen zijn.

Het Nederlandse debat

Onderstaand kader vat een aantal vragen samen die in het Nederlandse debat over de duurzaamheid van biomassa regelmatig te horen zijn. De eerste vier gaan over (mogelijke) biomassaproductie in Nederland en kunnen lokale, Europese en internationale ketens betreffen. De laatste drie punten zijn sterk verbonden met de internationale discussie.

Terugkerende vragen in het debat over duurzame biomassa

- Welke toepassingen zijn duurzaam, gezien de hoeveelheid land, input, energie en water die nodig zijn om van de biomassa energie te maken? (efficiëntie)
- Wanneer bij biomassaverwerking schadelijke stoffen vrijkomen, is de opgewekte energie dan nog wel duurzaam te noemen? (Bij verbranding van mest, rioolslib en sloophout kunnen zware metalen, chloor, zwaveloxide en fijn stof, maar ook broeikasgassen zoals methaan, lachgas en fluorgas vrijkomen.)
- Concurrereet bio-energie met duurzaam hergebruik van materialen (vooral hout, en gft uit huishoudafval)?
- Is verbranding en vergisting van mest in Nederland duurzaam als die mest een product is van een niet-duurzame manier van vleesproductie?
- Er is vaak onduidelijkheid over de herkomst van de biomassa: hoe kun je de duurzaamheid vaststellen als je geen inzicht hebt in de productie, het vervoer en de verwerking?
- Voor de teelt van biomassa voor bio-energie (met name biobrandstof) moet in sommige gevallen tropisch regenwoud wijken. Is bijvoorbeeld palmolie duurzaam als deze geteeld wordt op akkers waar eerst tropisch regenwoud stond?
- Er zijn mogelijk negatieve sociale gevolgen van bio-energie. Bijvoorbeeld voor ontwikkelingslanden, waar massale teelt van bio-energiegewassen kleinschalige landbouw mogelijk wegconcurrereet, of natuurgebieden bedreigt. Is ethanol (uit suikerriet) duurzaam, als de productie ervan gepaard gaat met mensenrechtenschendingen en slechte arbeidsomstandigheden?

Het internationale debat

De internationale discussie over de duurzaamheid van biomassa richt zich vooral op de gebrekkige transparantie van biomassaketens, de ontbossing van land en de negatieve sociale gevolgen van bio-energie.

In 2006 diende Stichting Milieudefensie een klacht in bij de Reclame Code Commissie, omdat Essent haar klanten zou misleiden door met palmolie opgewekte stroom als 'duurzaam' aan te prijzen. Volgens Milieudefensie klopte dit niet, omdat er sprake was van negatieve gevolgen voor de lokale milieu- en leefomstandigheden. Zo werden bossen gekapt om plaats te maken voor plantages. Daarnaast tastte het de biodiversiteit aan, en droeg de verwijdering van bos bij aan de uitstoot aan CO₂. De Reclame Code Commissie stelde Milieudefensie in het gelijk en Essent moest de bewering terugtrekken dat ze een controlesysteem hanteerde om de duurzaamheid te bewaken.

In Europa en de VS kwam de productie van biobrandstoffen pas na 2000 van de grond. Naarmate de omvang toenam, werd een sterke stijging van voedselprijzen zichtbaar, wat leidde tot de food-versus-fuel-discussies. Wereldwijd waren er protesten tegen stijgende prijzen van basisvoedsel, met de Tortillademonstraties in Mexico (januari 2007) als illustratief voorbeeld (Fresco 2007). In enkele maanden tijd waren Mexicaanse tortilla's (maispannenkoeken) 60% in prijs gestegen – wat vooral de armsten trof. Als oorzaken werden genoemd: de directe schaarste van mais op de wereldmarkt en in het bijzonder in de VS, omdat daar steeds meer mais in bio-ethanol werd omgezet. De afhankelijkheid in Mexico van Amerikaanse maïs was al eerder een kwestie, die door sommigen werd toegeschreven aan een vrijhandelsverdrag tussen Mexico en de VS dat Amerikaanse boeren vrij toegang tot de Mexicaanse markt verschafte. Amerikaanse gesubsidieerde maïs overspoelde de Mexicaanse markt en de Mexicaanse boeren werden zo weggeconcurrerd (Zoon 2007).

Sommigen zien de productie van biobrandstoffen als belangrijkste oorzaak van de stijging van voedselprijzen. Anderen wijzen op een complex van oorzaken dat debet is aan de prijsstijging van basisvoedselproducten. Zo is productiviteitsverhoging in de landbouw vele jaren lang genegeerd waardoor de voedselproductie is achtergebleven. Ook de huidige landbouwsubsidies en handelsbarrières in Westerse landen worden als oorzaak genoemd voor de achterblijvende innovaties in de voedselproductie in armere landen. Verder zijn er de afgelopen jaren misoogsten geweest door droogten en watertekorten. De prijsopdrijving is verder versterkt door speculanten en doordat voedselexporterende landen de export aan banden hebben gelegd (Rusland, Oekraïne, Argentinië, Vietnam, Cambodja, Egypte) (PGG 2008). In hoeverre en in welke mate deze aspecten een rol spelen in de prijsopdrijving van grondstoffen voor voedselvoorziening, is en blijft onderwerp van discussie. Maar het geeft aan hoe complex de grondstoffenmarkten in elkaar zitten.

Een stijgende vraag naar biomassa en stijgende prijzen kan ook kansen scheppen voor boeren en lokale economieën in ontwikkelingslanden. Deze boeren kunnen bijvoorbeeld gewassen telen die gedeeltelijk voor de eigen voedselproductie bestemd zijn, maar waarbij uit het restmateriaal half- of eindproducten worden gemaakt die als energiebron dienen. Deze energieproducten kunnen voor eigen gebruik zijn, of verkocht worden op de lokale, regionale of internationale markt. Behalve geld kunnen hiermee in de toekomst wellicht ook CO₂-rechten verdiend worden. De daadwerkelijke kansen en mogelijkheden voor lokale ondernemers en markten om een goede positie te verwerven met behulp van biomassa-activiteiten hangt wel sterk af van de specifieke context. Hoe is het bijvoorbeeld gesteld met landrechten? Hebben boeren toegang tot overheidssteun, tot krediet, tot kennis? Wat is hun positie ten opzichte van multinationale bedrijven?

Duurzaamheidscriteria

Om onduurzame praktijken te ontmoedigen heeft de Nederlandse overheid opdracht gegeven aan een commissie van experts – de Commissie Cramer – om duurzaamheidscriteria te ontwikkelen. De projectgroep heeft criteria geformuleerd voor de productie en de bewerking van biomassa in energie, brandstoffen en chemie (zie kader hieronder). Zo moeten broeikasemissies aantoonbaar gereduceerd worden, mag biomassaproductie niet concurreren met voedselproductie of andere lokale toepassingen, mag het beschermde gebieden of waardevolle ecosystemen niet aantasten, geen negatieve lokale effecten hebben op bodem, water en lucht, mag de lokale en regionale economie er niet onder lijden en moet het welzijn van de werknemers en lokale bevolking gegarandeerd blijven.

Criteria en indicatoren voor duurzame biomassaproductie

(Bron: Projectgroep Duurzame productie van biomassa (2006, 2007))

1 Broeikasgasemissies

Hoeveel minder uitstoot levert het gebruik van biomassa op, voor een specifieke producent berekend van bron tot en met gebruik en ten opzichte van het gemiddelde gebruik van fossiele brandstoffen? De uitkomst (de broeikasgasbalans) is dat de netto emissiereductie ten opzichte van de fossiele referentie, inclusief toepassing, minstens 30% moet zijn. Betere prestaties dienen gestimuleerd te worden door bijvoorbeeld meer financiële ondersteuning te verlenen.

Indicator/procedure:

- Toetsing met behulp van rekenmethodiek.
- Gebruik van standaardwaarden voor verschillende stappen in standaardketens.

2 Concurrentie met voedsel en andere lokale toepassingen

Verdringt grootschalige productie van biomassa voor de energievoorziening ander gebruik van het land, bijvoorbeeld voor het verbouwen van voedsel of hout als bouw materiaal, en wat zijn daarvan de consequenties? Dit betekent dat er inzicht moet zijn in de beschikbaarheid van biomassa voor voedsel, lokale energievoorziening, bouwmaterialen of medicijnen. De beschikbaarheid van biomassa voor deze doeleinden mag niet afnemen als gevolg van de biomassaproductie.

Indicator/procedure:

- Rapportageverplichting over de beschikbaarheid van biomassa voor voedsel, lokale energievoorziening, bouwmaterialen of medicijnen. Minimumeisen worden ontwikkeld die dan toetsbaar zijn d.m.v. prestatie-indicatoren, die worden ontwikkeld op basis van de verplichte rapportages uit de periode 2007-2010.

3 Biodiversiteit

Verliest het lokale natuurlijke ecologische systeem van land en water aan variatie van levensvormen door het grootschalig verbouwen van energiegewassen? Biomassaproductie mag niet resulteren in aantasting van beschermde gebieden of waardevolle ecosystemen.

Indicator/procedure:

- Er mogen geen plantages komen in of in de directe nabijheid van beschermde gebieden of waardevolle ecosystemen.
- Rapportageverplichting waarin andere aspecten aan de orde komen van biodiversiteit. Minimumeisen worden ontwikkeld die dan toetsbaar zijn dmv prestatie-indicatoren, die worden ontwikkeld op basis van de verplichte rapportages uit de periode 2007-2010.

4 Welvaart

Draagt de productie van biomassa bij aan de plaatselijke economie? Er mogen geen negatieve effecten op de lokale en regionale economie zijn.

Indicator/procedure:

- Er worden minimumeisen ontwikkeld die toetsbaar zijn d.m.v. prestatie-indicatoren, ontwikkeld op basis van de verplichte rapportages uit de periode 2007-2010 (met aandacht voor indirecte meso- en macro-economische effecten).
- De mate waarin een biomassa-project actief bijdraagt aan de verhoging van de lokale welvaart. Ook hier geldt een rapportageverplichting op basis van open en transparante communicatie met de lokale bevolking.

5 Welzijn

Komt de productie ten goede aan de sociale leefomstandigheden van de plaatselijke bevolking en werknemers? Belangrijk is dat de biomassa-productie geen negatieve effecten heeft op het welzijn van de werknemers en lokale bevolking.

Indicator/procedure:

- Arbeidsomstandigheden moeten voldoen aan de Social Accountability 8000 en aan de Tripartite Declaration of Principles concerning Multinational Enterprises and Social Policy, opgesteld door de International Labour Organisation.
- Mensenrechten moeten voldoen aan de Universal Declaration of Human Rights (betreffende: non-discrimination; freedom of association; child labor; forced and compulsory labor; disciplinary practices; security practices and indigenous rights).
- Eigendoms- en gebruiksrechten:
 - geen landgebruik zonder instemming van voldoende geïnformeerde oorspronkelijke gebruiker;
 - landgebruik is nauwkeurig omschreven en officieel vastgelegd;
 - officieel eigendom en gebruik, en gewoonterecht van inheemse bevolking wordt erkend en gerespecteerd.
- Er worden minimumeisen ontwikkeld als het gaat om de sociale omstandigheden van de lokale bevolking die toetsbaar zijn d.m.v. prestatie-indicatoren, ontwikkeld op basis van de verplichte rapportages over de sociale effecten van biomassateelt voor lokale bevolking uit de periode 2007-2010.
- Er wordt, op basis van open en transparante communicatie met de lokale bevolking, ook gekeken hoe er een actieve bijdrage aan de verbetering van de lokale bevolking wordt geleverd..
- Bedrijven in de aanvoerketen bewijzen hun integriteit door te voldoen aan de Business Principles for Countering Bribery.

6 Milieu

Zijn er effecten van het gebruik van pesticiden en kunstmest, of zijn er andere lokale effecten op bodem, water en lucht door de grootschalige productie van biomassa?

Indicator/procedure:

- Afvalmanagement:
- voldoen aan lokale en nationale wet- en regelgeving;
- Good Agricultural Practice guidelines on integrated crop management.
- Het gebruik van agro-chemicalien moet voldoen aan de strengste lokale, internationale en EU regelgeving.
- Het voorkomen van erosie en uitputting van de bodem door te voldoen aan minimumeisen die toetsbaar zijn d.m.v. prestatie-indicatoren op basis van verplichte rapportages opgesteld tussen 2007-2010 (aandacht voor erosiemanagement; het vermijden van uitgebreide teelt op steile hellingen, marginale of kwetsbare grond; monitoring van de bodemgesteldheid; nutriëntenbalans).
- Actieve verbetering van kwaliteit en kwantiteit van oppervlakte- en grondwater door te voldoen aan minimumeisen die toetsbaar zijn d.m.v. prestatie-indicatoren op basis van verplichte rapportages opgesteld tussen 2007-2010
- Emissie naar lucht moet voldoen aan EU-regelgeving

Zowel individuele bedrijven als overheden vervullen hierbij een rol, aldus de Commissie Cramer. Het bedrijfsleven moet uiteindelijk voldoen aan de criteria op het gebied van duurzaamheid bij de productie van biomassa. Overheden moeten de indirecte macro-effecten van biomassaproductie monitoren. Als biomassaproductie bijvoorbeeld indirect tot ontbossing leidt, dan moet de overheid ervoor kiezen om deze productie niet te stimuleren en zelfs te ontmoedigen, aldus de Commissie Cramer (Projectgroep Duurzame productie van biomassa 2006, 2007). Voortbouwend op het werk van de Commissie Cramer, is in juni 2009 de Commissie Duurzaamheidsvraagstukken Biomassa (CDB) ingesteld met als belangrijkste taak “de regering gevraagd en ongevraagd te adviseren over duurzaamheid bij de productie en gebruik van biomassa en het bieden van een forum voor maatschappelijke discussie” (www.corbey.nl).

Lastige kwesties bij de duurzaamheidscriteria

De Europese bijmengverplichting stelde tot 2010 oplopende percentages biobrandstoffen verplicht. Voor deze periode golden nog geen duurzaamheidseisen, noch waren er breed dekkende certificeringssystemen waarmee bedrijven konden aantonen dat de biobrandstof duurzaam was geproduceerd. Dus aan de ene kant stimuleerde de overheid biomassatoepassingen maar anderzijds slaagde ze er niet in randvoorwaarden aan de productie, import en gebruik van biomassa te stellen om zo de duurzaamheid te kunnen garanderen. Aangezien Nederland zelf niet voldoende biomassa produceert om aan de bijmengverplichting te voldoen, is import nodig en juist deze import is de afgelopen jaren de voornaamste reden van zorg en kritiek – van onder meer instellingen als het IMF, de Wereldbank en de Organisatie van Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OESO).

Vanwege kritiek op de bijmengverplichting, die geen eisen stelde ten aanzien van de duurzaamheid van de biomassaproductie over de gehele keten, besloot Nederland in oktober 2008 de percentages voor de bijmengverplichting te verlagen (Cramer 2008). Voor verschillende milieuorganisaties was dit echter volstrekt onvoldoende. De Provinciale Milieufederaties en Stichting Natuur en Milieu (SNM) publiceerden een lijst van ‘goede’ en ‘foute’ biomassastromen (en twijfelgevallen) en riepen een halt toe aan alle ‘foute’ toepassingen (SNM 2008). Ook Stichting Milieudefensie publiceerde een lijst van criteria die onderscheid maakt tussen acceptabele en niet-acceptabele toepassingen. Net als SNM vindt ook Milieudefensie dat duurzame biomassa bij voorkeur voor stationaire toepassingen (dus vooral energieopwekking en warmte) moet worden ingezet en niet voor transportbrandstof, omdat omzetting van biomassa naar elektriciteit efficiënter is dan omzetting naar biobrandstof (www.milieudefensie.nl).

De door de Commissie Cramer ontwikkelde duurzaamheidscriteria hebben in Nederland inmiddels gedeeltelijk een vertaling gevonden in een geaccrediteerde vrijwillige standaard⁵, waarvan nog moet blijken

5 Zie www.duurzame-biomassa.org.

hoe het in de praktijk gaat uitpakken. Ook zijn er op Europees niveau duurzaamheidscriteria vastgesteld, en wel de volgende (CDB 2011:5-7):

- Biobrandstoffen moeten minstens 35% minder broeikasgassen uitstoten dan gewone benzine of diesel (deze eis wordt opgeschroefd tot 60% in 2018).
- Er mag geen oerbos worden gekapt en graslanden met hoge biodiversiteit krijgen een bepaalde mate van bescherming.
- Gebieden met een hoge koolstofvoorraad, zoals bossen en veengebieden, mogen niet worden aangetast.
- Sociale omstandigheden en milieu: rapportageplicht voor lidstaten over sociale omstandigheden, lokaal milieubeheer (water, afval etc.) en effecten op voedselprijzen.

Met behulp van certificeringssystemen moet worden aangetoond dat voldaan is aan duurzaamheidseisen. Bedrijven moeten met certificaten bewijzen dat ze voldoen aan het toetsingskader. Op dit moment bestaan er tientallen certificeringssystemen en zijn er verschillende in ontwikkeling, zowel voor bijv. palmolie maar ook generieke systemen voor transportbrandstoffen. De Europese Commissie zal in de loop van 2011 aangeven welke systemen voldoen aan de kwaliteitseisen van de Europese richtlijnen (CDB 2011).

De duurzaamheidscriteria in de Europese richtlijnen gelden overigens alleen voor biotransportbrandstoffen en vloeibare biobrandstoffen, niet voor vaste biomassa voor bijvoorbeeld elektriciteitsproductie. Daarom stelt de Commissie Duurzaamheidsvraagstukken Biomassa (CDB): “Zolang er geen duurzaamheidseisen voor vaste biomassa zijn is er ongelijke concurrentie tussen sectoren. Niet-duurzame biomassa kan immers in bijvoorbeeld de chemie of de elektriciteitssector wèl, maar in de transportsector niet ingezet worden” (CDB 2011: 6). Ook wijst de CDB erop dat de indirecte effecten nog niet meegenomen in de Europese duurzaamheidscriteria, bijvoorbeeld verschuivingen in landgebruik doordat landbouwgrond voor voedselgewassen benut wordt voor bio-energie. Als tegelijkertijd de voedselvraag gelijk blijft of stijgt, dan kan het zijn dat er elders bossen gekapt worden of grasland in gebruik wordt genomen voor voedselproductie. Dit draagt weer bij tot nieuwe uitstoot van broeikasgassen (CDB 2011; SER 2010).

Een belangrijke resterende vraag betreft de transparantie. Certificering hoeft niet te leiden tot transparantie van biomassaketens. Zolang herkomst en productieomstandigheden van biobrandstoffen onduidelijk zijn, wordt het lastig om vast te stellen in hoeverre deze duurzaam zijn. Oliemaatschappijen geven uit zichzelf geen openheid over de herkomst van de biobrandstoffen die worden bijgemengd (Milieudefensie en Stichting Natuur en Milieu 2008). Het publiekelijk beschikbaar stellen van informatie omtrent de aard, herkomst en duurzaamheid van biobrandstoffen die op de markt zijn gebracht, zou volgens de CDB en de SER wettelijk geregeld moeten worden (SER 2010:39).

Meer biomassa: de kansen voor Nederland

Ideaalplaatjes ten aanzien van biomassa als een duurzame energievoorziening zijn onderhevig aan verandering door discussies, voortschrijdend inzicht en politieke keuzes. In plaats van het schetsen van een rooskleurig toekomstbeeld, is het zinniger om bij wijze van conclusie nog even de grote vraagstukken en keuzeopties aan te stippen.

Bij de belangrijke afwegingen die gemaakt moeten worden, spelen de volgende vragen een grote rol: hoeveel biomassa denken we nodig te hebben en waarvoor precies? Hebben we biomassa nodig voor het opwekken van elektriciteit, voor warmte of voor transportbrandstoffen? Milieuorganisaties vinden dat biomassa gebruikt moet worden voor warmte en elektriciteit, en niet voor de productie van transportbrandstoffen, omdat omzetting van biomassa naar elektriciteit en warmte efficiënter is dan omzetting naar biobrandstof. Behalve naar efficiëntie kun je echter ook kijken naar beschikbare alternatieven. Voor elektriciteitsopwekking en warmte in de gebouwde omgeving zijn er ook andere duurzame energietoepassingen beschikbaar (zon, wind). Ook valt daar nog veel te besparen. Voor transport en vervoer zijn er minder alternatieve toepassingen die al op grote schaal beschikbaar zijn (denk aan elektrische auto's en waterstofauto's en bijbehorende infrastructurele eisen). Om die reden zou je ervoor kunnen kiezen om juist wel op biobrandstoffen in te zetten. Zo'n keuze betekent dat er import nodig is, aangezien we niet voldoende biomassa in Nederland hebben.

Als we besluiten hoeveel biomassa we nodig hebben en we weten in hoeverre we aan die vraag kunnen voldoen met de beschikbare biomassa binnen Nederland, is dus de vervolgvraag: willen we importeren? Zo ja, uit welke landen of regio's? Is het wellicht verstandiger om te kiezen voor Europese landen dan voor import van landen buiten Europa, omdat Europese biomassaketens transparanter en beter op duurzaamheid te controleren zijn? En welke eisen stellen we precies aan de duurzaamheid van die geïmporteerde biomassa? Of besluiten we toch niet te importeren, maar wat betekent dat dan voor de verduurzaming van de Nederlandse energievoorziening – inclusief vervoer en transportsector? Kunnen we snel genoeg resultaten boeken met andere duurzame energieopties in combinatie met besparingen en efficiëntieverhoging?

De discussie over het gebruik van milieuruimte elders in de wereld ten behoeve van onze behoeften betreft natuurlijk niet alleen energie, maar moet ook gezien worden in het licht van het beslag dat de Nederlanders nu al leggen op gronden elders in de wereld om te voorzien in hun voedsel, kleding, veevoer en andere (bestanddelen van) materialen zoals cosmetica, medicijnen en plastic (Hisschemöller et al. 2009).

De toepassing van biomassa voor energiegebruik past dus feitelijk binnen het vraagstuk van de verduurzaming van productie en consumptie van voedsel, energie en andere materialen. Het in stukjes knippen van problemen in afzonderlijke deelgebieden volstaat niet meer, nu blijkt dat oplossingen voor het ene deelgebied tot problemen in een aanverwant deelgebied kunnen leiden. Beslissingen die van invloed zijn op biomassaproductie hebben niet alleen gevolgen voor de energiesector, maar ook voor het milieu, de agrarische sector en de voedselvoorziening.

Het formuleren van duurzaamheidscriteria en het opzetten van een certificeringssysteem is één ding, maar succes hangt natuurlijk in belangrijke mate af van de vraag of we het internationaal eens kunnen worden over deze criteria en erin slagen om goed toezicht hierop te realiseren. Tegelijkertijd hangt het af van ons vermogen om niet alleen over mondiale vraagstukken te praten in abstracte termen, maar tegelijkertijd op lokaal en regionaal niveau – dicht bij huis en in de eigen gft-bak – te bekijken wat er aan goede initiatieven mogelijk is, wat er te verbeteren valt en hoe dit ondersteund kan worden. Een te gemakkelijke indeling in goed en fout gaat voorbij aan mogelijkheden tot verbetering van bestaande opties. Verbeteringen in de praktijk (learning-by-doing) zijn cruciaal om ons verder op weg te helpen richting een duurzame energievoorziening. Daar kunnen we nu al mee beginnen.

Referenties

- Bindraban, P. (2008). 'Agro-energy. Global Perspectives and the Impacts on Agriculture and Food Supply'. In: Bindraban, P. & R. Pistorius, (eds.). (2008). *Biofuels and Food Security. Dialogue Among Stakeholders on Dilemmas About Biomass for Food and/or Fuel*. Wageningen: Plant Research International B.V., pp. 29-32.
- Boosten, G. & J. de Wilt (2007). *Bioport: Nederland als mainport voor biomassa*. Utrecht: InnovatieNetwerk.
- CBS (2009). 'Verbruik duurzame energie groeit'. In: *Webmagazine*, maandag 27 april 2009. <http://www.cbs.nl>
- CBS (2010). 'Verbruik duurzame energie groeit'. *Webmagazine*, maandag 26 april 2010. <http://www.cbs.nl>
- CDB (2011). *Duurzaamheid en Daadkracht. Advies over een duurzame bio-economie*. Commissie Duurzaamheidsvraagstukken Biomassa (CDB).
- Cramer, J. (2008). *Brief aan de Kamer*. Directoraat Generaal Milieu, 13 oktober 2008.
- ECN (2008). *Eyes on the Track, Mind on the Horizon. From Inconvenient Rapeseed to Clean Wood: A European Road Map for Biofuels*. Petten: Energy Research Centre of the Netherlands.
- van der Eijk, A. (2007). 'Innovatie biomassa stokt door sociale factoren'. In: *Afval!* 3, p. 33.
- Fresco, L.O. (2007). *Biomass, Food & Sustainability. Is There a Dilemma?* Amsterdam: University of Amsterdam, Updated version.
- Hisschemöller, M. et al. (2009). *Een dialoog over de duurzaamheid van energie uit biomassa. Visies, ketens en perspectieven*. Eindrapport Biomassadialoog. Amsterdam: IVM VU.
- LNv (2007). *Overheidsvisie op de bio-based economie in de energietransitie. 'De keten sluiten'*. Den Haag: Ministerie van Landbouw, Natuur en Visserij.
- Milieudefensie en Stichting Natuur en Milieu (2008). *Monsters aan de pomp. Oliebedrijven zijn niet transparant over herkomst en duurzaamheid biobrandstoffen*. Amsterdam/Utrecht: Milieudefensie en Stichting Natuur en Milieu.
- Negro, S. (2007). *Dynamics of Technological Innovation Systems*. Utrecht: KNAG/Copernicus Institute.
- PGG (2008). *Biomassa, Hot Issue. Slimme keuzes in moeilijke tijden*. Sittard: Platform Groene Grondstoffen.
- Projectgroep Duurzame productie van biomassa (2006). *Criteria voor duurzame biomassa productie. Eindrapport van de projectgroep "Duurzame productie van biomassa"*. Taskforce Energietransitie.
- Projectgroep Duurzame productie van biomassa. (2007). *Toetsingskader voor duurzame biomassa. Eindrapport van de projectgroep "Duurzame productie van biomassa"*. In opdracht van de Interdepartementale Programma Directie Energietransitie.
- Rijksoverheid (2010). *Nationaal actieplan voor energie uit hernieuwbare bronnen*. Richtlijn 2009/28/EG. <http://www.rijksoverheid.nl>
- SER (2010). *Meer chemie tussen groen en groei. De kansen en dilemma's van een biobased economy*. Advies uitgebracht aan de Minister van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie. Sociaal-Economische Raad (SER), december 2010.
- SNM (2008). *Heldergroene biomassa*. Utrecht: De Provinciale Milieufederaties en Stichting Natuur en Milieu.
- Suurs, R.A.A. & M.P. Hekkert (2009). 'Patterns of Cumulative Causation in the Formation of a Technological Innovation System. The Case of Biofuels in the Netherlands'. In: *Technological Forecasting and Social Change* 76, nr. 8, pp. 1003-1020.

de Wit, M.P. & A.P.C. Faaij (2008). *Biomass Resources. Potential and Related Costs. Assessment of the EU-27, Switzerland, Norway and Ukraine*. Utrecht: Copernicus Institute, Utrecht University.

Zoon, C. (2007). 'Mexico kan zichzelf niet meer te eten geven'. In: *de Volkskrant*, 1 februari 2007.

Geraadpleegde websites

<http://www.bio-energy.nl>

<http://www.corbey.nl>

<http://www.duurzame-biomassa.org>

<http://www.milieucentraal.nl>

<http://www.milieudedefensie.nl>

<http://www.ecn.nl>

<http://www.ez.nl>

<http://www.senternovem.nl>

<http://www.snm.nl>

<http://www.vrom.nl>

Bijlage I Verbranding, vergassing, vergisting en pyrolyse van biomassa

(Bronnen: www.ecn.nl; www.vergassing.nl; www.pyrolyse.nl; www.milieucentraal.nl)

Uitleg type proces	Voorbeelden	Belangrijkste biomassa	Product(en)
<p>Verbranding Biomassa wordt met een overmaat aan zuurstof verhit waarbij biomassa omgezet wordt in CO₂ (kooldioxide) en H₂O (water). Het hete gas dat hierbij ontstaat, wordt gebruikt om elektriciteit op te wekken met een stoomturbine of motor die via een generator elektriciteit maakt. Biomassa wordt meestal verbrand bij temperaturen van 800-1.000°C. Door chemische reacties wordt voldoende warmte geproduceerd om de verbranding te onderhouden en wordt extra warmte geproduceerd om energie op te wekken.</p>	Afvalverbrandingsinstallatie (AVI)	Gft van huisvuil (50%)	Warmte en elektriciteit (levering aan net)
	Bio-energiecentrale	Hout, palmpitten	Elektriciteit (levering aan net) en warmte
	Elektriciteits centrales (mee- en bijstook van biomassa)	Beenmeel	Elektriciteit (levering aan net) en warmte
	Houtverbrandings installaties	Hout	Elektriciteit (levering aan net) en warmte
<p>Vergassing Biomassa wordt met een geringe hoeveelheid zuurstof (onvoldoende voor volledige verbranding) in contact gebracht. Hierbij wordt een gasmengsel van voornamelijk CO en H₂ gemaakt: stookgas of syngas. Na reiniging is dit gas bruikbaar als brandstof voor gasmotoren, gasturbines of brandstofcellen. Temperaturen voor vergassing van biomassa liggen tussen de 800-1.000°C. Het voordeel van vergassen boven verbranding is onder meer dat het uiteindelijke rendement van de omzetting van biomassa in elektriciteit bij vergassen hoger is dan bij verbranding.</p>	Weinig toepassing in Nederland. Twee gasgestookte elektriciteitscentrales en een kolencentrale vergassen biomassa.	Palmolie en olijfpulp; kippenmest en rioolslib	Elektriciteit

Uitleg type proces	Voorbeelden	Belangrijkste biomassa	Product(en)
<p>Vergisting</p> <p>Het afbreken van biomassa zonder zuurstof met behulp van methaanvormende micro-organismen</p>	Gft-vergistingsinstallaties	Gft	Biogas, daaruit elektriciteit (levering aan net) en warmte. Ook kan het worden opgewaardeerd tot aardgasvervanger (groen gas)
	Co-vergistingsinstallaties	Mest van boerderijdieren (en daaraan toegevoegd bijvoorbeeld mais)	Elektriciteit via biogas / warmte (levering aan net en eigen gebruik)
	Rioolwaterzuiveringinstallaties (RWZI)	Zuiveringslib	Elektriciteit (eigen gebruik)
	Vuilstortplaatsen	Huishoudelijk- en bedrijfsafval	Stortgas
<p>Pyrolyse</p> <p>Biomassa wordt ontleed zonder zuurstof. Het materiaal valt uiteen door de temperatuur van het proces – vaak tussen 400 en 800°C. De reacties die zorgen voor het uiteenvallen, hebben energie nodig en daarom wordt er extra warmte aan het systeem toegevoegd. Pyrolyse levert een brandbaar gas en een vast restmateriaal dat voornamelijk uit koolstof bestaat. De verhouding van beide producten hangt af van de temperatuur bij de pyrolyse en de verblijftijd in de reactor. Een deel van het gas wordt bij afkoeling pyrolyseolie. Uit het productgas van pyrolyse kan elektriciteit gemaakt worden. Het restmateriaal kan worden verbrand om stoom te maken voor de productie van elektriciteit of in een reactie met zuurstof worden omgezet in een productgas overeenkomstig met het gas van een vergasser.</p>	Plannen om in Delfzijl een pyrolysefabriek te realiseren.	Plan: lokaal beschikbare energiehoudende biomassa-, rest-, en huishoudelijke afvalstromen	Elektriciteit

Bijlage 2 Typen biobrandstoffen en hoe ze gemaakt worden

(Bron: <http://www.agentschapnl.nl>)

Bio-ethanol (commercieel verkrijgbaar)

Meest gebruikte biobrandstof wereldwijd, wordt gemaakt uit plantaardige grondstoffen, zoals suikerriet (Brazilië), mais (Verenigde Staten), tarwe of suikerbiet. Ook andere granen, zoals gerst, en bijproducten uit de voedselverwerkende industrie (bijvoorbeeld melasse) zijn geschikt. Ethanol ontstaat door fermentatie van de plantaardige grondstof, waarbij gisten de suikers omzetten in alcohol. Vervolgens wordt deze gedestilleerd en opgewerkt door rectificatie en zuivering. Er worden nieuwe technieken onderzocht om bio-ethanol uit cellulose te maken – de houtachtige delen van de plant die niet voor voedselproductie geschikt zijn (cellulose-ethanol – dat bovendien beter scoort door een lagere CO₂-uitstoot, 50% minder dan bij gewone bio-ethanol). In Europa is ethanol tot nu toe in benzine bijgemengd in de vorm van ETBE (Ethyl Tertiair Butyl Ether), dat ongeveer 50% bio-ethanol bevat. Bij een bijmenging van 5% ETBE in benzine, zoals bijvoorbeeld in Frankrijk gebeurt, is het aandeel biobrandstof dus zo'n 2,5%. Spanje is de grootste producent in Europa van ethanol uit graan, met een opbrengst van ongeveer 140.000 m³/jaar. In Nederland heeft Nedalco plannen om een fabriek op te starten die bio-ethanol produceert uit reststromen, onder andere uit de voedingsmiddelenindustrie.

PPO (commercieel verkrijgbaar)

Pure Plantaardige Olie is net als biodiesel gemaakt van plantaardige oliën. Het verschil met biodiesel (zie hierna) is dat PPO niet de stap van verestering (chemisch proces waarbij methanol wordt toegevoegd aan plantaardige olie) doorloopt. De warme of koudgeperste olie is ook als biobrandstof te gebruiken, maar de dieselmotor moet voor het gebruik van PPO worden aangepast. Het bedrijf SolarOilSystems heeft zich gespecialiseerd in het ombouwen van motoren voor PPO. Bovendien leveren zij de brandstof.

Biodiesel (commercieel verkrijgbaar)

Dieselbrandstof die wat eigenschappen betreft sterk overeenkomt met gewone diesel en onder andere uit plantaardige olie gemaakt kan worden. In Europa wordt meestal koolzaadolie gebruikt, maar andere oliën als zonnebloemolie en sojaolie zijn ook te gebruiken. Ook hergebruikt frituurvet en dierlijke vetten kunnen als grondstof dienen. Na persing van de olie uit het zaad ondergaat de olie een zuiveringsproces; na een veresteringsproces ontstaat daaruit biodiesel.

Pyrolyseolie

Ontstaat na pyrolyse van biomassa. Door het houtachtige materiaal bij een beperkte toevoer van zuurstof te verhitten vindt afbraak van de houtachtige moleculen plaats. Het pyrolyseproces is minder ver ontwikkeld dan de verbrandings- of vergassingstechnologieën, maar er zijn enkele bedrijven, waaronder het Canadese Dynamotive en het Amerikaanse Ensyn, die al enkele jaren het proces commercieel toepassen. In Nederland is BTG (Biomass Technology Group) actief in onderzoek naar en ontwikkeling van pyrolysetechnieken.

Bio-FT-diesel

Ook wel GtL (Gas to Liquid) genoemd, ontstaat door vergassing van biomassa met behulp van het zogenaamde Fischer Tropsch (FT)-proces. Het FT-proces is in 1923 ontwikkeld door de Duitse onderzoekers Franz Fischer en Hans Tropsch. Na een voorbehandeling komt de biomassa in een vergasser. Hierin ontstaat een synthesegas (biosyngas), dat na reiniging en een modificatieproces in de FT-reactor terecht komt. Het vrijkomende FT-afvalgas is bijvoorbeeld te gebruiken voor het produceren van elektriciteit, de vloeibare FT-producten kunnen na een verdere behandeling benzine of diesel opleveren. In Duitsland heeft CHOREN een proeffabriek voor FT-diesel op biomassa.

DME

Dimethyl ether, is een organische verbinding die veel waterstof bevat. DME is als transportbrandstof nog maar relatief kort in beeld, tot nu toe vindt het vooral toepassing als drijfgas voor spuitbussen. De chemische industrie maakt DME uit methanol, dat weer onttrokken wordt uit kolen, aardgas of biomassa. DME is vooral geschikt als dieselbrandstof. Het aanpassen van de dieselmotoren is relatief eenvoudig. Nadeel van DME is dat het agressief is voor de meeste kunststoffen en rubbers, zodat er andere afdichtingen moeten komen. Transport, opslag en distributie van DME gebeuren op dezelfde wijze als LPG. De energie-inhoud van DME is bijna de helft van die van diesel, en dat betekent of vaker tanken of een grotere brandstoftank aan boord.

Biomethanol

Stond vroeger bekend onder de naam houtalcohol. Het is een vloeibare brandstof die onder meer te fabriceren is uit synthesesgas, een mengsel van koolmonoxide (CO) en waterstof (H₂) dat vrijkomt bij de vergassing van biomassa. Door het gasmengsel te reformeren ontstaat methanol. Deze methanol is ook te maken uit fossiele brandstoffen, vooral uit aardgas. In Delfzijl staat sinds kort een biomethanolfabriek (Bio MCN BV).

Biobutanol

Ontstaat door fermentatie van plantaardige grondstof (o.a. mais, graan, suikerriet of lignocellulose). Butanol is breed toepasbaar in de energie-, transport- en chemiesector en heeft een aantal voordelen t.o.v. ethanol. Butanol is eenvoudiger bij te mengen in benzine, kan in bestaande distributienetwerken getransporteerd worden en heeft een volumetrische energie-inhoud die dicht bij de energie-inhoud van benzine ligt. De butanolopbrengst uit glucose met conventionele fermentatiemethoden is echter laag.

Biowaterstof

Waterstof is een energiedrager voor het gebruik in brandstofcellen om warmte en elektriciteit op te wekken. Er zijn verschillende technieken om waterstof uit biomassa te maken.

Biogas

Ontstaat door het zonder zuurstof (anaëroob) vergisten van biomassa of van de biologisch afbreekbare fractie van afval. Het ruwe gas bestaat voornamelijk uit methaan (CH₄) en koolstofdioxide (CO₂). Na het verwijderen van de koolstofdioxide vindt samenpersing van het methaan plaats en kan het als brandstof voor aardgasauto's dienen. De meeste ontstekingsautomotoren behoeven enige aanpassing om biogas te kunnen gebruiken. Momenteel is veel van het commercieel verkrijgbare biogas in Europa afkomstig van stortplaatsen. Door het ontbreken van voldoende tankstations voor biogas blijft de toepassing vooralsnog beperkt.

SNG – Synthetic natural gas Synthesegas

Bevat voornamelijk waterstof (H₂) en koolmonoxide (CO) en ontstaat door biomassa met een ondermaat zuurstof te vergassen. Na reiniging valt dit synthesegas op te waarden tot synthetisch aardgas, ofwel Synthetic Natural Gas (SNG). Auto's die al geschikt zijn om op gas te rijden kunnen ook SNG gebruiken.

HTU

Een Hydro Thermal Upgrading (HTU)-installatie kan bij een temperatuur van 300 tot 350°C en hoge druk een zwaar organische vloeistof produceren, die na bewerking onder meer fossiele diesel kan vervangen. Een van de voordelen van het HTU-proces is dat hiermee juist natte biomassa verwerkt kan worden. Het zal waarschijnlijk nog enige jaren duren voordat het procedé voldoende getest en ontwikkeld is om commerciële biodiesel voort te kunnen brengen. Bij TNO-MEP in Apeldoorn staat een HTU-proefinstallatie.

4

Auteurs

Jurgen Ganzevles en Rinie van Est

Onderzoekers bij het Rathenau Instituut

De auteurs bedanken Kris De Decker (freelance journalist) voor aanvullend onderzoek en Geert Verbong (TU/e) voor zijn commentaar op een eerdere versie. Ook danken we de deelnemers van de expertbijeenkomst over fossiele brandstoffen en uranium voor hun inbreng.

Essays

- AARDOLIE** _ Economisch en maatschappelijk smeermiddel voor Nederland _ Jochem Meijknecht en Lucia van Geuns, Clingendael International Energy Programma 318
- AARDGAS** _ Eén verleden en vele toekomstscenario's _ Aad Correljé, TU Delft en Clingendael International Energy Programma 338
- STEENKOOL** _ Ongemak over het scenario van Nederland als kolenstroomexporteur _ Jurgen Ganzevles, Rathenau Instituut en Kris De Decker, oprichter Lowtechmagazine.com 358
- KERNENERGIE** _ Schuivende posities _ Joost van Kasteren, freelance wetenschapsjournalist 376

FOSSIEL EN URANIUM

Bronnen van (on)gemak

Aardolie, aardgas, steenkool en uranium leveren al meer dan een eeuw het overgrote deel van de energie in Nederland. Nog decennialang zullen ze het merendeel van ons energieverbruik voor hun rekening zullen nemen. Maar er zijn zorgen over hun beschikbaarheid, de veiligheidsrisico's en de milieu- en klimaateffecten.

In 2009 waren de conventionele energiebronnen goed voor iets meer dan 96% van de primaire energieproductie (Compendium 2010a). Aardolie (met name voor transport) en aardgas (met name voor verwarming en de productie van elektriciteit) zijn de belangrijkste conventionele energiebronnen. Op ruime afstand volgen steenkool en uranium, die beide worden aangewend voor de productie van elektriciteit. Deze conventionele energiebronnen liggen aan de basis van onze huidige welvaart.

Fossiele brandstoffen zijn afkomstig uit lagen plantaardig en dierlijk materiaal die in de loop van de geschiedenis zijn samengedrukt en onder de aard- en zeebodem zijn verdwenen. In essentie zijn fossiele brandstoffen producten van zonne-energie en dus in principe 'hernieuwbaar'. Het produceren ervan duurt echter miljoenen jaren en behelst natuurlijke processen die niet door mensen te sturen zijn. Vanuit menselijk perspectief en tijdsbesef zijn fossiele bronnen dus niet-hernieuwbaar. Als de voorraden uitgeput zijn, verliezen we onherroepelijk die energiebronnen waarvan we vandaag de dag zeer sterk afhankelijk zijn. Aardolie en aardgas zijn bovendien ook essentiële grondstoffen voor tal van chemische producten, zoals plastics, medicijnen en kunstmest. Uranium is een chemisch element en in feite een product van de vorming van het zonnestelsel en de aarde. Ook de voorraad van uranium is beperkt en kan niet worden aangevuld.

Uit bezorgdheid over hun eindigheid en vanwege klimaatverandering – met name de verbranding van fossiele brandstoffen produceert erg veel CO₂ – willen het Europese en Nederlandse beleid de grote afhankelijkheid van conventionele energiebronnen verminderen. Erg hard gaat dat nog niet. Hoofdstuk 3 liet

zien dat het zelfs niet zeker is dat de Europese verplichting voor de Nederlandse overheid om 14% van het energieverbruik uit hernieuwbare energiebronnen te halen, in 2020 behaald wordt. De absolute inzet van fossiele brandstoffen in Nederland stijgt zelfs nog steeds. Terwijl het percentage door fossiele brandstoffen opgewekte stroom in Nederland van 1998 tot 2008 daalde van 90,5 tot 85,5%, nam de absolute hoeveelheid toe van 83 miljoen megawattuur in 1998 tot bijna 90 miljoen megawattuur in 2008 (CBS 2009a; CBS 2009b). Die groei van 7 miljoen megawattuur is ongeveer even groot als de groei van elektriciteit die door hernieuwbaar wordt opgewekt, in diezelfde periode (7,2 miljoen megawattuur). Ondanks de verhoogde inzet van biobrandstoffen stijgt ook het gebruik van fossiele brandstoffen voor transportdoeleinden nog steeds. Het olieverbbruik van het wegverkeer groeide van 325 petajoule in 1990 naar 426 petajoule in 2009 (Compendium 2010b).

In dit hoofdstuk worden de maatschappelijke vragen en uitdagingen geanalyseerd die een rol spelen bij de huidige en toekomstige inzet van fossiele brandstoffen en uranium. Deze analyse is gebaseerd op de vier essays over de rol van deze energiedragers in onze samenleving. De auteurs zijn in die essays ingegaan op de historische en internationale context, de meer recente ontwikkelingen en de maatschappelijke discussiepunten omtrent aardolie, aardgas, steenkool en kernenergie in Nederland. Dit hoofdstuk brengt die inzichten samen, aan de hand van vijf thema's: Betaalbaar (paragraaf 4.1), Betrouwbaar (paragraaf 4.2), Schoon (paragraaf 4.3), Ruimtelijk inpasbaar (paragraaf 4.4) en Draagvlak (paragraaf 4.5). De slotparagraaf betreft deze thema's op elkaar en definieert enkele aandachtspunten voor beleid en debat.

4.1 Onzekere economische en maatschappelijke kosten

Stijgende vraag, maar geldt dat ook voor het aanbod?

Op de lange termijn – na 2030 – dreigen de wereldwijde kosten van conventionele energiebronnen flink op te lopen. Hoewel niemand weet hoeveel conventionele energiebronnen er nog in de aarde verscholen zitten, is het duidelijk dat de relatief makkelijk en dus goedkoop te ontginnen voorraden stilaan uitgeput raken. Er moet steeds dieper geboord en gegraven worden. Daarnaast worden steeds vaker minder geconcentreerde voorraden aangesproken, zoals schaliegas of teerzanden. Het aanboren van grote voorraden schaliegas heeft van de Verenigde Staten een gasexporteur gemaakt. Op de wereldmarkt zijn de gasprijzen er in 2010 door gedaald (NRC 2010a). Maar op de langere termijn bezien verhogen deze trends stelselmatig de kosten van de energiewinning en het energieverbruik dat daarvoor nodig is, en leiden tot meer CO₂-uitstoot.

Experts vrezen de 'peak oil' en 'peak gas', het tijdstip waarop een piek wordt bereikt in respectievelijk de wereldwijde conventionele olieproductie en gasproductie. Volgens het International Energy Agency (IEA) vond die piek voor conventionele oliebronnen reeds in 2006 plaats (IEA 2010). Dat betekent dat de wereldwijde olieproductie, in termen van het aantal vaten dat per dag omhoog kan worden gehaald, niet verder kan stijgen. Er wordt door sommige experts ook gewaarschuwd voor een 'peak uranium' en 'peak coal', al liggen die gebeurtenissen wellicht verder in de toekomst en blijft het bepalen daarvan zeer moeilijk. Daarnaast liggen de reguliere olievoorraden steeds meer geconcentreerd in een beperkt aantal landen met een dubieuze democratische traditie (zie het essay over aardolie), waardoor de kans toeneemt dat de olie-aanvoer naar de Westerse wereld tijdelijk hapert. De voorraden van steenkool en uranium zijn

veel ruimer verspreid (Compendium 2008). Wel is het aantal landen met grote uraniumvoorraden beperkt tot met name Canada, Kazachstan en Australië (CIEP 2006). Op termijn kan het veel wijder verspreide thorium een alternatief vormen voor uranium, maar daar is meer onderzoek voor nodig.

De bezorgdheid om de evolutie van het aanbod gaat gepaard met een stijgende vraag naar energie. Volgens de prognoses van het IEA zal de wereldwijde vraag naar primaire energie in 2035 volgens de meest voorzichtige schatting bijna 36% hoger liggen dan in 2008 (IEA 2010). Deze combinatie van een gelijkblijvend of dalend aanbod en een stijging van de vraag vergroot de kans op langdurig hogere energieprijzen.

Achterblijvende investeringen

Om de winning en verwerking van conventionele energiebronnen op de langere termijn te verzekeren zijn gigantische investeringen nodig. Het International Energy Agency is bang dat de investeringen voor winning, omzetting en distributie van fossiele brandstoffen en uranium de gestegen vraag, die vooral veroorzaakt wordt door China, India, Rusland en Brazilië, niet kunnen bijhouden, vanwege de moeizame terugkeer uit de economische recessie (IEA 2009; IEA 2010).

Maar ook het energiebeleid in de westerse wereld zorgt voor onzekerheid. Neem bijvoorbeeld de discussie over de toekomstige rol van fossiele brandstoffen en uranium in onze energievoorziening. Dienen deze conventionele bronnen van energie als 'springplank' of 'overbrugging' naar een volledig op hernieuwbare energie draaiende maatschappij? Voorstanders van kernenergie en fossiel vinden het verstandig te blijven investeren in conventionele energiebronnen, omdat dat de samenleving meer tijd geeft om hernieuwbare energiebronnen te ontwikkelen (zie het essay over kernenergie). Tegenstanders stellen dat dergelijke investeringen de marktpositie van conventionele energie alleen maar verstevigt, waardoor hernieuwbare energiebronnen het nog moeilijker krijgen om door te breken. Ze menen dat het geld beter direct aan de verdere ontwikkeling van hernieuwbare energie besteed kan worden.

Door dit complex aan onzekerheden is de kans reëel dat marktinvesteringen voor zowel conventionele als hernieuwbare bronnen worden opgeschoven, waardoor het risico op schaarsere en dus duurdere energie steeds groter wordt.

Meer aandacht voor externe maatschappelijke kosten

Conventionele energiebronnen dreigen daarnaast fors duurder te worden vanwege de toenemende aandacht voor de nadelige ecologische en maatschappelijke effecten van steenkool, aardolie en uranium. Ten eerste is er de toenemende bezorgdheid over de opwarming van het klimaat. Deze bezorgdheid is in de politiek ondervangen met het Europese emissiehandelssysteem (ETS). Als het 'recht' om een ton CO₂ uit te stoten duurder wordt, dan zijn vooral steenkoolcentrales in het nadeel. Die stoten namelijk twee keer zoveel CO₂ uit dan aardgascentrales – 740 tegenover 350 gram per kWh (ECN 2007). Die emissierechten kunnen mogelijk omzeild worden door CO₂ af te vangen en ondergronds op te slaan. Maar dat drijft de kostprijs van een kolencentrale flink op. Er zijn grote investeringen nodig in installaties om CO₂ af te vangen, af te voeren, op te slaan en in het oog te houden. Bovendien doet de afvang van CO₂ het rendement van een bestaande steenkoolcentrale met ongeveer 12% dalen, zodat er 20 tot 30% meer steenkool nodig is om evenveel elektriciteit te produceren (OECD/IEA 2010).

Daarnaast komt er steeds meer aandacht voor de ecologische en sociale neveneffecten die gepaard gaan met de winning, het transport, de verwerking en de verbranding van conventionele energiebronnen. Voor een deel worden die maatschappelijke kosten doorberekend in de energieprijzen, bijvoorbeeld doordat elektriciteitscentrales CO₂-emissierechten moeten kopen, maar voor een groot deel ook niet. Financieel onderzoeksbureau Bloomberg heeft becijferd dat de wereldwijde subsidies op fossiele brandstoffen, die het gebruik ervan juist stimuleren in plaats van de neveneffecten door te berekenen, meer dan tien keer hoger zijn dan voor hernieuwbare energie (Bloomberg 2010). Om die reden vraagt het International Energy Agency aandacht voor het uitfasen van wereldwijde subsidies op fossiele brandstoffen (IEA 2010). Volgens het Energierapport 2011 wordt het gebruik van fossiele brandstoffen in Nederland financieel niet gestimuleerd (EL&I 2011, p. 39). Toch lijkt in ook Nederland de subsidiepraktijk op diverse wijzen scheef te zijn (zie bijvoorbeeld van Beers et al. 2007; van Beers & van de Bergh 2009; de Volkskrant 2010b).

Overigens is het berekenen van de externe kosten van energieproductie een bijzonder complexe taak (EU 2003) en dus voor discussie vatbaar. Desalniettemin kwam ExternE, een onderzoeksproject van de Europese Unie, tot de conclusie dat de externe kosten van elektriciteit uit een steenkoolcentrale in de EU tussen de 3 en 4 eurocent per kWh bedragen (EU 2003), terwijl de kostprijs in Nederland tussen de 2 en 5,6 eurocent per kWh ligt (ECN 2007b). Het doorberekenen van de externe kosten van steenkoolcentrales zou de elektriciteitsprijs dus ongeveer verdubbelen. Voor aardgas en kernenergie liggen de externe kosten lager, respectievelijk op 1 tot 2 eurocent en op 0,7 eurocent per kWh.

De verwachting voor Nederland op middellange en lange termijn

Wat zijn de verwachtingen voor Nederland in dit geheel aan ontwikkelingen? Voor de korte en middellange termijn bieden conventionele energiebronnen een goede kans om de Nederlandse energievoorziening betaalbaar te houden. Zo zit er in de Nederlandse bodem nog genoeg aardgas voor twintig jaar binnenlands verbruik bij het huidige consumptieniveau (EZ 2004). Nederland is een van de weinige Europese landen met eigen aardgasreserves en profiteert daardoor zelfs mee van hoge energieprijzen. Sinds haar ontdekking heeft het Groningse aardgas in 1959 de Nederlandse schatkist meer dan 200 miljard euro opgeleverd (NRC 2009a). In 2008 incasseerde de Staat een recordopbrengst van bijna 15 miljard euro aan 'aardgasbaten' (Rijksoverheid 2009). In 2000 leverde de gaswinning, die vooral in het noorden plaatsvindt, 8 miljard euro aan toegevoegde waarde op – 2,1% van het Nationaal Bruto Product – en werk voor 11.000 mensen (EZ 2004).

Dankzij de haven van Rotterdam – de grootste oliehaven ter wereld – verdient Nederland ook flink aan aardolie. Het grootste gedeelte van de olie die de haven binnenkomt, gaat, vaak na bewerking, weer het land uit. De toegevoegde waarde van het Rijn- en Maasmondgebied (dat meer betreft dan alleen olie-activiteiten) wordt geraamd op 14,5 miljard euro per jaar en geeft werk aan meer dan 100.000 mensen (Rijksoverheid 2009b).

Steenkool is de goedkoopste conventionele energiebron, waarvan bovendien de grootste voorraden bekend zijn. Vanwege de havens is Nederland ook uitermate geschikt voor de aanvoer – het transport per schip is het goedkoopst – en verwerking van steenkool. Eind 2010 draaien zes elektriciteitscentrales in Nederland op steenkool (WSS 2010), die samen ongeveer een kwart van de elektriciteitsproductie voor hun rekening nemen (CBS 2008). Voorjaar 2011 zijn er drie nieuwe steenkoolcentrales in aanbouw, waardoor de betaalbaarheid van de elektriciteitsproductie ook in de toekomst gegarandeerd lijkt.

Nederland beschikt over één kerncentrale, die, nu hij er eenmaal staat, relatief goedkope energie levert. De belangrijkste kostenpost (70 tot 80%) van een kerncentrale is de bouw ervan (ECN 2007b; Citigroup Global Markets 2009; World Nuclear Association 2010). De beslissing om de kerncentrale in Borssele langer open te houden, is dus economisch gezien zeer interessant. Daarnaast bestaat 10% van het elektriciteitsverbruik in Nederland uit kernenergie die is geïmporteerd uit de ons omringende landen (Kuiper 2006). Deze kernstroom is omwille van dezelfde reden – het langer openhouden van al bestaande kerncentrales – ook erg goedkoop. Daarnaast is het Almeloë bedrijf Urenco een belangrijke internationale speler als het gaat om uraniumverrijking.

De welvaart van Nederland is op korte en middellange termijn, meer nog dan in de ons omringende landen, gebaseerd op conventionele energie. Voor de lange termijn is de toekomst onzekerder. Want uiteraard is ook de Nederlandse gasvoorraad eindig: volgens de prognoses is de gasproductie in 2030 ingezakt tot ongeveer een kwart van die in 2010 (EZ 2009). Nederland verliest zodoende reeds op de middellange termijn een belangrijke bron van energie én inkomsten, en komt tevens voor extra kosten te staan. Die kosten lijken, mede gezien de hierboven beschreven internationale ontwikkelingen, alleen maar op te lopen.

4.2 Over de houdbaarheid van betrouwbaarheid

Hoeveel voorraad is er nog?

Door nieuwe zoek- en wintechnieken blijven de winbare voorraden al decennia min op meer op hetzelfde niveau: de winningshorizon schuift telkens op. Bij het huidige consumptieniveau is er nog voor ongeveer 40 jaar aardolie, 60 jaar aardgas, 70 jaar uranium en 150 jaar steenkool (BP 2010; IEA 2010). Op korte en middellange termijn lijkt de wereldwijde aanvoer van fossiele brandstoffen en uranium dus gegarandeerd.

In principe onderscheiden geologen conventionele en onconventionele voorraden steenkool, aardgas, aardolie en uranium. De conventionele voorraden kunnen met bestaande technologie worden gedolven. De onconventionele bronnen kunnen met de bestaande technologie niet rendabel op de markt worden gebracht. Maar door onderzoek, technologische ontwikkelingen en hogere energieprijzen verschuift de grens tussen conventionele en onconventionele voorraden. Wat eerst moeilijk winbaar was, wordt steeds gewoner om naar boven te halen. De winning van olie uit Canadese teerzanden en de winning van gas dat in diepe leesteenlagen verpakt zit (schaliegas) zijn hier voorbeelden van.

Hoe ver valt de winningshorizon op te rekken? Er worden nog steeds nieuwe voorraden gevonden, al is dat sinds de jaren tachtig verminderd (BP 2010; IEA 2010). De laatste twintig jaar is de uitbreiding van de conventionele voorraad in toenemende mate te danken aan krachtiger technologie, waarmee moeilijker toegankelijke en/of minder geconcentreerde voorraden kunnen worden aangesproken. Toch is er ook een keerzijde. Weliswaar verschuift de winningshorizon steeds, maar uiteindelijk kost het steeds meer energie om conventionele energiebronnen te ontginnen. Sommige experts noemen dat de 'Energy Returned On Energy Invested' (EROEI), oftewel de energie die de investering in energie oplevert. Die waarde daalt gestaag voor alle conventionele energiebronnen. Zo daalde het EROEI van olie van 35 in 1999 tot 18 in 2005 (Hall 2009; Cleveland 2005). Terwijl de inzet van één vat olie dus 35 vaten opleverde in 1999, waren dat er in 2005 nog maar 18. Als die trend doorzet, komt er onherroepelijk een moment waarop het ontgin-

nen van dergelijke grondstoffen evenveel of meer energie kost dan ze oplevert. Fossiele brandstoffen en uranium houden dan op een energiebron te zijn, ook al zitten er nog enorme voorraden onder de grond.

Ook de stijgende wereldvraag naar energie en dus naar centrales zet de betrouwbaarheid van conventionele energiebronnen onder druk. Het is bijvoorbeeld onzeker of de bouwers van energiecentrales die sterk stijgende vraag kunnen bijbenen (IEA 2009). Dat leek met name te gelden voor de sterke renaissance die kernenergie, in ieder geval vóór het ongeval met de kerncentrale in Fukushima, doormaakte (CIEP 2010). Na het ongeval heeft Duitsland besloten oude kerncentrales stil te zetten en de nieuwere op termijn uit te faseren (NRC 2011a). Het ligt voor de hand dat een groot deel van het opwekkingsvermogen dat anders met kernenergie ingevuld zou worden nu van fossiele brandstoffen moet komen. De wachlijsten voor energiecentrales en de bijbehorende infrastructuur zouden daardoor wel eens flink kunnen oplopen.

Verhogen van betrouwbaarheid

Er zijn diverse manieren om de betrouwbaarheid van conventionele energiebronnen te verhogen. Een klassieke manier is diversificatie, oftewel: risicospreiding. Nederland wil niet alleen afhankelijk zijn van aardolie en aardgas, maar zet evenzeer in op andere energiebronnen. De toegenomen belangstelling voor steenkool en uranium past in dit plaatje.

Machtsvertoon en internationale samenwerking zijn aanvullende strategieën om de toevoer zeker te stellen. Olie is het waarom van vele hedendaagse oorlogen. De Verenigde Staten zetten al decennialang hun strijdkrachten in om de toevoer van conventionele energiebronnen veilig te stellen. De Europese Unie opereert op militair gebied veel terughoudender en richt zich meer op samenwerking. Qua Europese samenwerking liggen er voor Nederland mogelijkheden, maar ook op eigen houtje voert Nederland beleid. Dit gebeurt door het aanhalen van de 'bilaterale contacten' en het voeren van energiediplomatie met olie- en gasproducerende landen (EL&I 2011).

Aan het verhogen van de betrouwbaarheid van de energievoorziening kleven echter ook nadelen. Zo betekent meer steenkool inzetten: meer luchtvervuiling en meer uitstoot van CO₂. Een mogelijke oplossing hiervoor, het ondergronds opslaan van CO₂, stuit echter op maatschappelijk verzet en drijft de kosten op. Voor kernenergie speelt het afval- en veiligheidsvraagstuk. En het aanhalen van politieke banden met olie- en gasproducerende landen stuit op morele bezwaren, wanneer het gaat om dictatoriale regimes.

Nederland als distributieland voor olie, gas, uranium en kolen(-stroom)

Als het conventioneel gewonnen aardgas opraakt, welke voorraden heeft Nederland dan zelf nog? De olievoorraden zijn zeer beperkt (EZ 2009). Wel is er nog steenkool en mogelijk ook uranium.¹ De resterende steenkoolvoorraad in Nederland lijkt relatief groot, en zou bovendien economisch rendabel kunnen zijn bij hogere energieprijzen (De Jong 2005).

Ook kunnen er in Nederland in theorie grote hoeveelheden schaliegas gewonnen worden (TNO 2009; AER 2011). De ecologische en maatschappelijke kosten van schaliegasproductie – evenals van steenkool- en uraniumproductie – zijn echter veel hoger dan die van reguliere aardgasproductie, zodat de ontginning van deze voorraden verre van vanzelfsprekend is. Maar als we onze steenkool, uranium en schaliegas om

die reden in de bodem laten zitten, moet Nederland op de lange termijn alle conventionele energiebronnen importeren. Dat maakt de energievoorziening van ons land kwetsbaarder voor internationale conflicten.

Voor alle conventionele energiebronnen geldt wel dat Nederland goede kaarten heeft voor een strategische positie als spin in het web. Rotterdam is al jaren een wereldhaven met een bevoorrechte positie op het gebied van de verwerking en distributie van olie. Ook de uraniumverrijking in Almelo vervult een spilfunctie op de internationale grondstoffenmarkt. De aanwezige gasindustrie lijkt eveneens mogelijkheden te bieden voor Nederland om op het gebied van gasdistributie een centrale strategische positie in Europa in te nemen. Met spreekt van een 'aardgasrotonde' (zie het essay over aardgas), Nederland als 'hub' voor gas (NRC 2009b). Als de gasvelden straks leeg zijn, kan een deel ervan als buffer worden ingezet. Gas uit Rusland of Algerije kan dan tijdens de zomer worden aangekocht en opgeslagen, en tijdens de winter weer worden doorverkocht aan afnemers in eigen land en in de buurlanden. Omdat pijpleidingen een vast traject volgen, is de aanvoer van gas wel kwetsbaar in het geval van een internationaal conflict. De opkomst van vloeibaar gas (dat per tanker kan worden vervoerd) kan die kwetsbaarheid ondervangen en vergroot de mogelijkheden voor import en export. Helaas kost het vloeibaar maken van aardgas veel energie, waardoor het CO₂-voordeel van aardgas ten opzichte van steenkool en aardolie grotendeels verloren gaat (JRC 2009). De opbrengsten van de aardgasrotonde zijn bovendien nog onzeker (Brattle Group 2010). Voor energie uit kolen ten slotte geldt dat Nederland voor de aanvoer per schip en de inzet van koelwater dat bij de centrales nodig is gunstig gelegen is. Dat trekt Europees opererende energiebedrijven naar Nederland.

Samenvattend kan gesteld worden dat Nederland in de toekomst mogelijk voor alle conventionele energiebronnen afhankelijk is van import. Dat maakt Nederland ook kwetsbaar. Tegelijk liggen er de komende decennia kansen voor Nederland om een spilfunctie te vervullen. De geschiedenis leert echter dat toekomstvisies en strategieën van de overheid en de sector steeds moeten worden bijgesteld, vanwege ontwikkelingen binnen en buiten de energiemarkt (zie het essay over aardgas). Beleid ontwikkelen om de komende decennia kansen te pakken is dus niet eenvoudig: er zullen veranderingen en trendbreuken optreden die we nu nog niet voorzien.

4.3 Van schoon imago naar duurzaamheidscertificaat

In een tijd waarin de opwarming van het klimaat in het middelpunt van de belangstelling staat, is de inzet van fossiele brandstoffen onderwerp van debat. Dat vraagstuk wordt alleen maar urgenter, omdat de totale CO₂-uitstoot van conventionele energiebronnen nog steeds toeneemt. Enerzijds vanwege een stijgend gebruik, anderzijds ook omdat het steeds meer energie kost om fossiele brandstoffen en uranium te delven: de 'Energy Returned On Energy Invested' daalt (zie hiervoor). Volgens Bullis (2010) gaat er bijvoorbeeld

1 Volgens overzichten van de Nuclear Energy Agency (onderdeel van de Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) heeft Nederland geen winbare uranium (IAEA/NEA 2009). Volgens stichting WISE, die tegen kernenergie is, zit er wel degelijk uranium van relevante kwaliteit in de bodem van Zeeland. De organisatie roept energiebedrijf Delta, de beheerder van de kerncentrale in Borssele, op om het winnen daarvan te onderzoeken als alternatief voor uraniumimport, zodat eventuele negatieve effecten van de winning niet worden afgewenteld op andere landen (WISE 2011).

bij de winning en het transport van schaliegas zelfs meer broeikasgas de lucht in dan bij de verbranding van het gas zelf. Soortgelijke kritiek is er te horen op de ontginning van olie uit teerzanden (Schneider 2010). Tegelijkertijd doet de energie-industrie inspanningen om de CO₂-uitstoot van conventionele energiebronnen te verlagen.

Hoe schoon is schoon?

Kernenergie heeft garen gesponnen bij de klimaatproblematiek door zich als een CO₂-vrije energiebron te presenteren. Op deze claim valt echter wel het een en ander af te dingen. Zolang fossiele brandstoffen nodig zijn om uranium te winnen en te bewerken, kan kernenergie nooit klimaatneutraal zijn. De bouw van een kerncentrale kost zelfs nog meer energie. Maar dit betekent wel dat de CO₂-uitstoot van kernenergie per opgewekte eenheid energie vermindert naarmate een kerncentrale langer blijft functioneren. De klimaatcrisis is daarmee dus een legitimatiebron geworden voor het langer openhouden van bestaande kerncentrales (CGM 2009; WNA 2010).

Ook aardgas wordt (met succes) aan de man gebracht als een 'schone' of duurzame brandstof, omdat het schoner en CO₂-armer is dan steenkool en olieproducten (zie het essay over aardgas). Daarnaast is aardgas zeer geschikt voor warmtekraftkoppeling, een techniek waarbij de restwarmte van het verbrandingsproces wordt aangewend voor verwarmingsdoeleinden.

Het CO₂-voordeel van aardgas is echter niet altijd even groot als wordt voorgesteld. Zo treden transportverliezen op. Het transport van alle fossiele brandstoffen kost energie, maar bij aardgas komt daar over lange afstanden een probleem bij: lekken in de pijpleidingen. Het IEA schat dat 2 tot 5% van het gasvolume van het Russische gas weglekt bij het transport naar Europa (IEA 2006). Aangezien onverbrand methaan een bijzonder krachtig broeikasgas is, is de invloed op de opwarming van het klimaat als gevolg van het verbruik van aardgas groter dan de cijfers doen vermoeden. Tegelijkertijd is methaan wel een minder hardnekkig broeikasgas dan CO₂, omdat het sneller wordt afgebroken en daarmee minder lang in de atmosfeer blijft hangen. Als aardgas in vloeibare vorm (LNG) wordt vervoerd, gaat de broeikasemissies eveneens omhoog, omdat het vloeibaar maken van het gas erg energie-intensief is. Dat leidt tot een transportverlies van 25% tegenover 10 tot 15% voor het transport via pijpleidingen (JRC 2009). Met een 'shift' van conventionele gaswinning naar schaliegaswinning neemt de CO₂-uitstoot per geleverde eenheid energie verder toe.

De industrie onderzoekt eveneens de mogelijkheid van 'schoon fossiel'. Door het afvangen en ondergronds opslaan van CO₂ kan het gebruik van fossiele brandstoffen op den duur min of meer CO₂-neutraal gemaakt worden. De CO₂ die vrijkomt bij verbranding of bewerking van steenkool, aardgas of aardolie zou bij ontginning, elektriciteitsproductie of raffinage kunnen worden afgevangen en bijvoorbeeld in lege aardgasvelden worden opgeslagen. De onderzoekswereld wenst hierin een voortrekkersrol te vervullen. Het gaat voorsnog om proefprojecten op kleine schaal. Daarnaast kan het rendement van steenkoolcentrales verder omhoog door het toepassen van een kolenvergassingstechniek, waarbij de warmte die anders weggegooid zou worden, gebruikt wordt om alsnog een tweede turbine aan te drijven die extra elektriciteit opwekt (zie het essay over steenkool).

Hoewel deze strategie in theorie erg veel potentie biedt, zijn er ook praktische bezwaren. Zolang de Europees verstrekte emissierechten voor steenkoolcentrales goedkoop blijven, loont het voor de industrie niet om te investeren in CO₂-opslag. De afvang en opslag van CO₂ is erg duur, de proefprojecten stuiten op maatschappelijk verzet, en de afvang van CO₂ heeft een negatieve invloed op het rendement van een elektriciteitscentrale. De technologie kan efficiënter worden, maar dat kost tijd. Ook is er dan nog het bezwaar van de infrastructuur die energie, geld en ruimte kost. Omdat elektriciteitscentrales en raffinaderijen zelden vlak boven een leeg aardgasveld liggen, is er een netwerk van pijpleidingen nodig om het CO₂ te transporteren. Als CO₂-opslag verder weg plaatsvindt, onder de zeebodem, nemen de transportkosten alleen maar toe. Het aankopen van emissierechten is goedkoper.

Schoon is meer dan CO₂-neutraal

Het beleid om conventionele energiebronnen 'schoner' te maken, is voornamelijk gericht op het verminderen van de CO₂-uitstoot. 'Schoon' omvat echter meer. Ecologische en maatschappelijke effecten spelen eveneens een rol.

De ontginning van steenkool verminkt landschappen, levert tonnen afval op, veroorzaakt fijnstof en vergiftigt de ondergrond en de watervoorraden. Elk jaar sterven duizenden mijnwerkers van steenkoolmijnen door ongevallen of longschade (Greenpeace 2008). Het afgelopen decennium zijn mensen met harde hand uit hun dorp verdreven of mogelijk zelfs vermoord, omwille van de mijnbouw. Men spreekt in dergelijke gevallen van 'bloedkolen' (Netwerk 2010). Een ander punt is de uitstoot van giftige stoffen bij steenkoolcentrales. Het Europese Hof van Justitie buigt zich over de vraag of de nieuwe Nederlandse kolencentrales aan de minimumeisen voldoen (GroenLinks 2010).

De ontginning van uranium levert soortgelijke nadelige sociale en ecologische neveneffecten op: conflicten met lokale gemeenschappen, vergiftiging van het grondwater, verspreiding van radioactiviteit, toenemende waterschaarste en gezondheidsgevolgen voor de mijnwerkers (Friends of the Earth 2007; Diehl 2010). Ook levert kernenergie een vooralsnog onoplosbaar kernafvalprobleem en een verhoogd risico op het gebruik van atoomwapens.

Het boren naar conventionele voorraden van gas en olie, evenals het transport ervan, leidt geregeld tot grote milieurampen. Elk jaar lopen er olietankers op de klippen (ITOPF 2010). De ontploffing in april 2010 van het boorplatform Deepwater Horizon in de Golf van Mexico zorgde voor wat wel de grootste natuurramp in de Amerikaanse geschiedenis wordt genoemd. In totaal werd er vijf miljoen vaten ruwe olie en een onbekende hoeveelheid gas in het zeewater geloosd (NYT 2010). In Nigeria, een van de belangrijkste olieproducerende landen ter wereld, komt er door een gebrekkige infrastructuur en sociale onrust (sabotage van pijpleidingen, illegaal aftappen van olie) elk jaar zo'n grote hoeveelheid olie in de natuur terecht (Vidal 2010). Bij het ontginnen van onconventionele olie- en gasvoorraden, zoals schaliegas en teerzanden, worden de ecologische en sociale gevolgen bovendien aanzienlijk groter: zo moeten er voor het afgraven van teerzand op grote schaal bossen worden gekapt (IEA 2010) en levert de ontginning van schaliegas risico's op voor de kwaliteit en het peil van het grondwater (Schneider 2010).

Naar grijze Max Havelaarstroom

De sociale en ecologische neveneffecten treden vaak ver buiten de Nederlandse grenzen op. Zo komt 85% van de steenkool die we in Nederland verbruiken uit Colombia, Zuid-Afrika en Indonesië (Greenpeace 2008).

Wat de gevolgen van de winning van fossiele brandstoffen en uranium elders zijn, is voor de Nederlandse consument onbekend. Dat is in het huidige tijdsgewricht toch wel opmerkelijk. Zo zijn op de voedselmarkt ketentransparantie en consumentenlabelling sterk in opkomst. Daarbij wordt gekeken naar zowel ecologische als sociale leefomstandigheden voor mens én dier. Voor de winning van diamanten is gecertificeerd conflictvrij bijvoorbeeld een insteek (GlobalWitNESS 2010). Daarnaast wordt er sinds een aantal jaren gewerkt aan het opstellen en implementeren van duurzaamheidscriteria met betrekking tot biobrandstoffen (zie hoofdstuk 3).

Duurzaamheids certificering voor fossiele brandstoffen en uranium ligt zodoende voor de hand. Het is bijvoorbeeld goed mogelijk om na te gaan uit welke mijn steenkool afkomstig is. De industrie heeft hier veel bij te winnen. Gecertificeerde steenkool in combinatie met CO₂-opslag zou vanuit ecologisch en sociaal perspectief zelfs beter kunnen scoren dan sommige toepassingen van biomassa. Voor uraniumwinning hanteren veel grote bedrijven inmiddels een controleerbaar milieuzorgsysteem, via het ISO 14001 certificaat. Het nadeel van dit certificaat is echter dat bedrijven voldoen aan de minimale eisen die door de overheid aan winning gesteld worden, maar verder vrij zijn om de inhoud van hun zorgsysteem te bepalen. Absolute garanties voor verantwoorde winning zijn daarmee dus niet te geven (ECN 2007b; SER 2008).

In hoofdstuk 3, over hernieuwbare energie, concludeerden we al dat duurzaamheid een *moving target* is. Inzichten over wat duurzaamheid inhoudt en hoe je dit zichtbaar kunt maken verschuiven in de loop van de tijd. Dat geldt natuurlijk evengoed voor de ecologische en sociale duurzaamheid van conventionele energiebronnen. Certificering van deze aspecten is niet zaligmakend voor maatschappelijk aanvaardbare energie, maar een stap die continu bijgesteld en afgestemd moet worden – in internationaal verband.

4.4 Ruimtegebruik als opkomend knelpunt

Stijgend ruimtebeslag buiten Nederland

Internationaal gezien neemt het ruimtegebruik voor winning toe. De energieconsumptie stijgt, waardoor er meer gewonnen moet worden. Tegelijkertijd worden er vaker voorraden aangesproken die meer verspreid zitten in de bodem. Dit extra ruimtegebruik komt boven op het plaatsbeslag dat ook nu al aanzienlijk te noemen is. Ongeveer 25% van het uranium (World Nuclear Association 2010b) en 40% van de steenkool (WCA 2010) wordt in dagbouw gewonnen. De grondstoffen zitten dicht onder het aardoppervlak en worden met enorme machines afgegraven. Die methode vergt veel ruimte. De totale vergunde oppervlakte voor dagbouw van steenkool in de Verenigde Staten bedroeg 6.300 vierkante kilometer over de periode van 1996 tot 2008 (OSM 2008) (CMD 2010). Dat is ruim 15% van de oppervlakte van Nederland. De Verenigde Staten zijn goed voor 15% van de globale steenkoolproductie en winnen 67% daarvan in dagbouw (WCA 2010). Er zijn geen betrouwbare cijfers over het ruimtebeslag van uraniumproductie, maar fragmentarische gegevens wijzen eveneens op een aanzienlijk landgebruik. De gemiddelde landop-

pervlakte van een uraniummijn in Canada, de tweede grootste producent ter wereld na Kazachstan, bedraagt 17 vierkante kilometer – ruwweg 2.000 voetbalvelden (CCAMU 2009). Bij de winning van olie en gas uit diepe aardlagen valt het bovengrondse ruimtegebruik in verhouding mee, al is er in dit geval ook veel plaats nodig voor het transport (voornamelijk via pijpleidingen) en de verwerking in raffinaderijen.

Ruimtebeslag in Nederland wordt controversiëler

In Nederland is het ruimtebeslag veel beperkter. Kern-, steenkool- en aardgascentrales nemen, zeker als je het vergelijkt met hernieuwbare energiebronnen, relatief weinig plaats in voor de hoeveelheid energie die ze leveren (MacKay 2009). Ook het ruimtegebruik van de opslag van de brandstoffen valt mee. Alles welbeschouwd is het ruimtegebruik van conventionele energiebronnen in Nederland beperkt, ook als de veiligheidszones rond energiecentrales, raffinaderijen en pijpleidingen in rekening worden gebracht. Toch neemt de discussie over het ruimtegebruik toe.

De bouw van kolencentrales, plannen voor ondergrondse opslag van aardgas en CO₂, evenals de eventuele schaliegaswinning onder de Nederlandse bodem en, niet te vergeten, het plan voor een tweede kerncentrale maakt het ruimtebeslag, na jaren van relatieve rust, weer controversiëler. Daarbij gaat het niet alleen over het ruimtebeslag zelf, ook ecologische gevolgen of veiligheidsrisico's spelen daarbij een rol. Zo wordt de komst van extra steenkoolcentrales juridisch bestreden door de milieubeweging, wat voor de nodige vertragingen zorgt. De ondergrondse opslag van CO₂ of (in mindere mate) aardgas leidt vervolgens tot protest van omwonenden, die vrezen voor hun veiligheid. Extra kerncentrales stuiten op vergelijkbare problemen: verzet van milieuoorganisaties, niet alleen tegen de kerncentrales zelf maar ook tegen het transport en de (tijdelijke) opslag van kernafval. In Nederland bestaat tevens de kans op een toekomstige strijd om de ruimte onder de grond (zie ook de essays over aardwarmte en warmte- en koudeopslag in Deel 2 van dit boek).

Weinig grip op ruimtebeslag

Het is niet eenvoudig beleid te ontwikkelen voor energiegerelateerd ruimtebeslag. Een ingewikkeld samenspel van geopolitiek, internationale handel en mondiale klimaatafspraken stuurt het ruimtebeslag voor conventionele energiebronnen. Die krachten bepalen welk beslag andere landen leggen op de Nederlandse bodem – en andersom. Grote industrieën strijken het liefst dáár ter aarde neer waar de omstandigheden het gunstigst zijn. Zo wordt aardolie over lange afstanden getransporteerd om in een Nederlandse raffinaderij bewerkt te worden, wat natuurlijk gevolgen heeft voor het ruimtebeslag in ons land, in de vorm van extra pijpleidingen en chemische installaties. Andersom leidt de olie en steenkool die in Nederland geïmporteerd wordt, in landen elders tot ruimtebeslag, vanwege boorputten en mijnbouw. Ook voor aardgas en CO₂-opslag speelt die internationale wederkerigheid.

Binnen Europa wordt het ruimtebeslag deels bepaald door het emissiehandelssysteem, wat het extra moeilijk maakt om er nationaal beleid op te voeren. Fabrieken of elektriciteitscentrales die niet genoeg uitstootrechten hebben om fossiele brandstoffen in te zetten, kunnen die bijkopen op de Europese CO₂-markt. Emissierechten die de ene industrie overhoudt komen weer beschikbaar voor andere bedrijven. Zo wordt CO₂-emissieruimte verhandeld – en daarmee in feite ook het landgebruik voor de fossiele industrie. De afgelopen jaren is gebleken dat diverse Nederlandse parlementariërs ontevreden zijn met dit Europese

systeem, omdat het de industrie stimuleert om in Nederland kolencentrales te bouwen. De rechten zijn namelijk zo goedkoop dat steenkool interessant blijft en dan vooral in Nederland, vanwege de genoemde geografische voordelen. Zij hebben daarom een nationale kolenwet voorgesteld om de bouw van kolencentrales in Nederland moeilijker te maken (zie het essay over steenkool).

4.5 Tegenstrijdige signalen

Realpolitiek

In Nederland zijn beleid en politiek verdeeld over de inzet van conventionele energiebronnen. Links wil het gebruik daarvan veel sneller afbouwen dan rechts. Werkgeversorganisatie VNO-NCW omarmt conventionele bronnen omwille van de concurrentiepositie van het Nederlandse bedrijfsleven. De conventionele energiesector en de zware industrie zijn sterk vertegenwoordigd in het Haagse lobbycircuit getuige bijvoorbeeld het succesvolle verzet tegen de splitsingswet die energiebedrijven zou dwingen het eigendom over de energienetten over te dragen aan de overheid (NRC 2010b). Het kabinet-Rutte lijkt een verdere uitbouw van conventionele energiebronnen te steunen. Nederland is echter ook gehouden aan de Europese doelstellingen voor hernieuwbare energie. Andere toekomstige Europese maatregelen omvatten mogelijk een belasting op CO₂, duurdere emissierechten of soortgelijke maatregelen, waardoor de steun van het bedrijfsleven voor fossiele brandstoffen zou afkalven. Want daarmee zou immers een van de belangrijkste voordelen – lage kosten – minder groot worden. Kernenergie, waar het kabinet-Rutte prominent aandacht voor heeft, lijkt die dans te ontspringen, omdat bij de kernreacties zélf geen CO₂ vrijkomt.

Grote scepsis bij milieuorganisaties

Milieuorganisaties staan zeer sceptisch tegenover de uitbreiding van conventionele energiebronnen. Greenpeace is fel gekant tegen steenkoolcentrales, vanwege de hoge CO₂-uitstoot. De organisatie heeft de centrales tot icoon van de strijd tegen klimaatverandering gemaakt. Ook CO₂-opslag wordt resoluut afgewezen. Stichting Natuur & Milieu, WNF en Milieudefensie nemen een pragmatische houding aan en oordelen dat ‘schone’ steenkoolcentrales minder slecht zijn dan ‘vuile’ (IMSA 2007). Kerncentrales bieden daarentegen het voordeel van een lagere CO₂-uitstoot. Maar vanwege andere nadelen, zoals het onopgeloste vraagstuk van het radioactieve afval (zie het essay over kernenergie), staat de milieubeweging niet achter deze oplossing (AEF 2010).

Vanwege aanvullende maatschappelijke problemen zullen milieuorganisaties de doorgroei van conventionele energiebronnen, zelfs bij flinke CO₂-reducties, niet snel omarmen. Want CO₂-reductie leidt niet vanzelf tot sociale rechtvaardigheid of minder milieulast bij inheemse volkeren die vaak weinig kunnen inbrengen tegen de macht van de mijnbouwindustrie (zie ook paragraaf 4.3). CO₂-opslag vergroot deze maatschappelijke problemen zelfs, omdat het de efficiëntie van kolencentrales sterk vermindert en dus meer kolen vraagt. Het invoeren van een duurzaamheidscertificaat voor de ontginning van uranium en steenkool kan eraan bijdragen dat het draagvlak onder milieuorganisaties positief beïnvloed wordt. Mijnwinning levert immers ook sociale voordelen op. Vooral de kolenwinning is een arbeidsintensief proces, dat voor de nodige lokale werkgelegenheid zorgt.

'Mixed signals' bij burgers

Burgers krijgen tegenstrijdige signalen over conventionele energiebronnen. Enerzijds is er de sterk gestegen media-aandacht voor klimaatverandering en misstanden in de aanvoerketens van conventionele brandstoffen. Anderzijds zijn er de imagocampagnes van de energie-industrie, die kernenergie, aardgas en 'clean coal' als een (relatief) schone brandstof voorstellen. Vóór het ongeval met de Japanse kerncentrale in Fukushima kende kernenergie meer aanhangers onder de bevolking dan steenkool (CIEP 2010). Thans blijft nucleaire energie omstreden. De Zwitserse en Italiaanse bevolking hebben via een referendum gestemd voor respectievelijk de uitfasering van kernenergie binnen twintig jaar en tegen herinstructie van kernenergie (Bogtstra 2011).

Maar zelfs als de burger eerder afwijzend staat tegenover conventionele energiebronnen – opinieonderzoek van het NIPO wijst in die richting (Eurobarometer 2007) – is hij of zij lang niet altijd bereid om daar het nodige voor op te offeren. De milieuramp met het Deep Horizon olieplatform in de Golf van Mexico is breed uitgemeten, maar niemand liet daarvoor zijn auto aan de kant staan. In de jaren negentig keerde slechts een deel van de consumenten Shell de rug toe, vanwege het afzinken van boorplatform Brent Spar. Massademonstraties tegen kernenergie vonden voor het laatst in de jaren zeventig plaats. Pas wanneer de locatie van een project concreet wordt, komen gemeentes en omwonenden soms wel in verzet. Het plan voor ondergrondse gasopslag stuit op verzet in het Noord-Hollandse Bergen. En het proefproject in Barendrecht is uitgegroeid tot icoon van de weerzin tegen de ondergrondse opslag van CO₂. Ook de bestuurders van de noordelijke provincies staan vooralsnog niet te springen om CO₂-opslag – al weten we niet precies hoe de burgers er zelf over denken.

De initiatiefnemers van schone steenkoolcentrales, kerncentrales of aardgasopslag lijken zich vooral te richten op het verwerven van draagvlak op korte termijn. Draagvlak lijkt echter meer een kwestie van de lange adem te zijn. Het verhogen (en vooral vervroegen) van de inspraak voor omwonenden, meer transparantie over de risico's en de financiering, en openheid geven over de onzekerheden wat betreft nut en noodzaak, zijn mogelijke pistes om langzaam de nodige steun te verwerven. In het geval van CO₂-opslag kan het ook helpen om de eerste proefprojecten niet onder een woonwijk te plannen.

4.6 Tot slot: bronnen van (on)gemak

Wereldwijd neemt de vraag naar fossiele brandstoffen en uranium flink toe. Ook in Nederland stijgt jaar na jaar het gebruik daarvan, in absolute termen. Voor fossiele brandstoffen en kernenergie lijken betrouwbaarheid en betaalbaarheid op de korte en middellange termijn gegarandeerd. De gemakkelijk winbare grondstoffen worden echter schaarser. De theoretische voorraden fossiele brandstoffen en uranium in de aardbodem zijn nog steeds enorm, maar het afleveren van een eenheid energie bij de klant kost wel steeds meer energie, CO₂-uitstoot en komt ook met grotere milieurisico's.

Economische onzekerheden, zoals kortetermijn prijsfluctuaties, zetten langetermijninvesteringen onder druk. De mondiale investeringen in capaciteit voor winning, transport en verwerking lijken de wereldwijde honger naar energie niet bij te houden. Als gevolg zijn prijsstijgingen en internationale wachttijden voor levering van energiedragers, grondstoffen of elektriciteitscentrales realistische risico's.

Tegelijk zal de reguliere Nederlandse aardgasvoorraad de komende decennia opraken. Dat betekent een grote aderlating: minder gasinkomsten, meer uitgaven en (waarschijnlijk) een grotere afhankelijkheid van import van fossiele energiebronnen.

De bronnen van gemak die fossiele brandstoffen en uranium tot nog toe vormden, zijn dus meer en meer ook bronnen van ongemak geworden. In deze paragraaf worden twee aandachtspunten genoemd die inspelend op de uitdagingen voor de toekomst.

Houd het verdienmodel voor de energie-economie overeind

Nederland vervult op dit moment een internationale spilfunctie als het gaat om de winning, aanvoer, verwerking, doorvoer en omzetting van conventionele brandstoffen. Kortom: onze welvaart is er voor een groot deel op gebaseerd.

Dit nationale verdienmodel staat echter onder druk. De aardgasindustrie kan de opbrengsten uit slinkende reguliere gasvoorraden alleen compenseren door flink te innoveren. Daar liggen diverse kansen – maar die zijn stuk voor stuk uitdagend. Het gaat om miljardeninvesteringen, waarvan de opbrengsten onzeker zijn. Het plan om van Nederland een ‘aardgasrotonde’ te maken vergroot bijvoorbeeld de afhankelijkheid van buitenlandse partijen. Vergaande samenwerking met omringende landen is nodig om de rotonde tot een succes te maken, nog afgezien van het zekerstellen van de gastoevoer over grotere afstanden, zoals uit Rusland of Algerije. Het tijdelijk ondergronds opslaan van dat geïmporteerde aardgas in de bodem, met als doel het later weer door te verkopen, leidt tot zorgen omtrent bodemverzakkingen en aardbevingen bij gemeentes en omwonenden.

Onconventionele gaswinning (schaliegaswinning) in de Nederlandse ondergrond kan een belangrijke aanvulling zijn op de import van aardgas. Het gaat om grote voorraden. Deskundigen zetten echter vraagtekens bij de milieuvriendelijkheid van de winning, en de broeikasgassen die er bij vrij komen. Het inzetten van groen gas (zie het essay over biomassa in deel 2 van dit boek) is nog in ontwikkeling.

Ook de oliegerelateerde activiteiten in de Rotterdamse haven komen onder maatschappelijke druk te staan. Conventionele olievoorraden zitten steeds meer geconcentreerd in politiek instabiele regio's (zie het essay over aardolie). Het risico dat de toevoer van olie richting Europa tijdelijk hapert bij internationale conflicten neemt hiermee toe. Onconventionele oliewinning is in opkomst, maar kost meer energie, CO₂-uitstoot en brengt grotere milieurisico's met zich mee. Via het Rotterdam Climate Initiative heeft de stad zich gecommitted aan doelen voor vergaande CO₂-reductie. Het halen van die doelen is alleen mogelijk met grootschalige afvang en opslag van CO₂. Maar het gaat om een dure technologie waarvan veiligheid, nut en noodzaak onderwerp zijn van debat. Deels overstappen op biobrandstoffen is een optie, maar brengt grote uitdagingen op het gebied van duurzaamheid met zich mee (zie het essay over biomassa in deel 2 van dit boek). Voor de biobrandstoffen is een proces van duurzaamheidscertificering ingezet, dat voor aardolie vooralsnog ontbreekt.

Certificeren van ecologische en sociale duurzaamheid wenselijk

Omdat fossiele brandstoffen en uranium grosso modo onder steeds extremere omstandigheden gewonnen worden, wordt de winning en inzet daarvan controversiëler. De milieu- en klimaatrisico's nemen toe, terwijl het ambitieniveau voor duurzaamheid juist verder stijgt. De maatschappelijke eisen en wensen ten aanzien van CO₂-reductie, bescherming van het milieu en andere sociale aspecten nemen toe. Omdat we nog vele decennia afhankelijk zullen zijn van deze energiebronnen, is het van belang dat de industrie en overheid inspelen op deze vraag om transparantie. Te gemakkelijk geclaimde begrippen als 'schoon fossiel', 'schoon gas' en duurzaamheid worden in onze kritische samenleving doorgeprikt.

Het is van belang dat de industrie niet alleen naar CO₂-reductie kijkt, maar ook bredere ecologische en maatschappelijke criteria binnenboord haalt. Een dergelijk breed perspectief op duurzaamheid kan helpen bij het losmaken van investeringen en het behouden of verwerven van maatschappelijk draagvlak. Dergelijke inspanningen zullen verder moeten gaan dan vrijblijvende afspraken over Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen (MVO). De certificering zoals ingezet voor biobrandstoffen, de voedingssector (EKO, Max Havelaar, UTZ) en het 'Kimberley Proces'-certificaat voor conflictvrije diamanten kunnen hierbij als voorbeeld dienen. Er worden momenteel wel degelijk stappen gezet in die richting, maar harde certificering lijkt nog ver weg.

In het hoofdstuk over hernieuwbare energie concludeerden we al dat duurzaamheid een *moving target* is. Dat geldt natuurlijk evengoed voor de ecologische en sociale duurzaamheid van conventionele energiebronnen. Certificering is hiervoor niet zaligmakend, maar een stap die continu bijgesteld en afgestemd moet worden – in internationaal verband.

Referenties

- AEF (2010). *Overeenkomsten en verschillen in het debat rondom kernenergie*. Utrecht: Andersson Elffers Felix, 29 maart 2010.
- AER (2011). *Briefadvies opkomst onconventioneel gas*. Den Haag: Algemene Energieraad, 8 februari 2011.
- Bloomberg (2010). 'Fossil Fuel Subsidies Are Twelve Times Renewables Support'. <http://www.bloomberg.com>, 29 juli 2010.
- Bogtstra, F. (2011). 'Ook Italië wil geen kernenergie'. <http://kernenergiehoezitdat.nl>, 14 juni 2011.
- BP (2010). 'Statistical Review of World Energy'. British Aardolie, <http://www.bp.com>, juni 2010.
- van Beers, C. et al. (2007). 'Determining the Environmental Effects of Indirect Subsidies: Integrated Method and Applications to the Netherlands.' In: *Applied Economics*, vol. 39, pp. 2465-2482.
- van Beers, C. & van den Bergh, J. (2009). 'Environmental Harm of Hidden Subsidies: Global Warming and Acidification.' In: *Ambio*, vol. 38, no. 6.
- Brattle Group (2010). *Economic Impact of the Dutch Gas Hub Strategy on the Netherlands*. Londen: The Brattle Group, december 2010.
- Bullis, K. (2010). 'Natural Gas May Be Worse For the Planet than Coal'. In: *Technology Review*, 16 april 2010.
- CBS (2008). 'Steenkool voor elektriciteitsproductie 40 procent duurder'. <http://www.cbs.nl>, 21 juli 2008.
- CBS (2009a). 'Elektriciteit; productie per energiebron'. <http://statline.cbs.nl>, laatst gewijzigd op 20 november 2009.

- CBS (2009b). 'Productie fossiele stroom onverminderd hoog'. <http://www.cbs.nl>, 22 april 2009.
- CGM (2009). 'New Nuclear. The Economics Say No', <http://www.citigroupgeo.com>, 9 november 2009.
- CIEP (2006). *Uraniumwinning. Voorzieningszekerheid, milieu- en gezondheidseffecten en relevantie voor Nederland*. Den Haag: Clingendael International Energy Programme, oktober 2006.
- CIEP (2010). *Kernenergie. Een internationale beleidsverkenning*. Den Haag: Clingendael International Energy Programme.
- Cleveland, C. (2005). 'Net Energy from the Extraction of Oil and Gas in the United States'. In: *Energy* 30, no. 5, pp. 769-782.
- CMD (2010). 'The Footprint of Coal'. The Center for Media and Democracy, <http://www.sourcewatch.org>, laatste update 30 november 2010.
- Compendium (2008). 'Mondiale voorraden energiedragers'. <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl>, laatst gewijzigd op 8 februari 2008.
- Compendium (2010a). 'Aanvoer en verbruik van energiedragers in Nederland, 2009'. <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl>, laatst gewijzigd op 24 november 2010.
- Compendium (2010b). 'Energieverbruik door verkeer en vervoer, 1990-2009'. <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl>, laatst gewijzigd op 14 september 2010.
- Diehl, P. (2010). 'Environmental Impacts of Current Uranium Mine Projects'. <http://www.wise-uranium.org>, 27 september 2010.
- ECN (2007a). 'Vragen over nieuwe kolencentrales in Nederland'. <http://www.ecn.nl>, 13 december 2007.
- ECN (2007b). 'Fact Finding Kernenergie'. <http://www.ecn.nl>, 2 oktober 2007.
- EL&I (2011). *Energierapport 2011*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken, Landbouw & Innovatie, juni 2011.
- EU (2003). 'External Costs. Research Results on Socio-Environmental Damages Due to Electricity and Transport'. <http://www.externe.info>
- EU (2009). *Richtlijn 2009/28/EG van het Europees Parlement en de Raad ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen*. Brussel: Publicatieblad van de Europese Unie, 5 juni 2009.
- EZ (2004). *Gaswinning in Nederland. Belang en beleid*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.
- EZ (2009). *Delfstoffen en aardwarmte in Nederland. Jaarverslag 2009*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.
- Eurobarometer (2007). *Energy Technologies: Knowledge, Perception. Special Eurobarometer 262*. Brussel: EU.
- Friends of the Earth (2007). 'Uraniumontginning voor de Belgische kerncentrales. Impact op mens en milieu'. <http://www.motherearth.org>.
- Global Witness (2010). 'The Kimberley Process'. <http://www.globalwitness.org>, bekeken op 20 december 2010.
- Greenpeace (2008). 'De wereld achter kolenstroom. De dubieuze herkomst van steenkool voor Nederlandse kolencentrales'. <http://www.greenpeace.nl>
- Greenpeace (2010). 'Zes nieuwe kolencentrales in Nederland'. <http://www.greenpeace.nl>, maart 2010.
- GroenLinks (2010). 'GroenLinks wil onmiddellijke bouwstop kolencentrales'. <http://tweedekamer.groenlinks.nl>, 16 december 2010.
- Hall, C., Balogh, S. & Murphy, D. (2009). 'What Is the Minimum EROI That a Sustainable Society Must Have?' In: *Energies*, no. 2, pp. 25-47, januari 2009.
- IAEA/NEA (2009). 'Uranium 2009: Resources, Production and Demand'. International Atomic Energy Association & OECD Nuclear Agency, <http://www.oecd-nea.org>, januari 2009.

- IEA (2006). 'Optimising Russian Natural Gas'. International Energy Association, <http://www.iea.org>.
- IEA (2009). 'World Energy Outlook 2009', International Energy Association, <http://www.iea.org>, december 2009.
- IEA (2010). 'World Energy Outlook 2010'. International Energy Association, <http://www.iea.org>, november 2010.
- IMSA (2007). 'Zwart, grijs of groen? Analyse van het maatschappelijk krachtenveld rond de bouw van nieuwe kolencentrales in Nederland'. IMSA Amsterdam, <http://www.imsa.nl>, december 2007.
- IPCC (2005). 'Carbon Dioxide Capture and Storage'. International Panel on Climate Change, <http://www.ipcc.ch>.
- ITOPF (2010). 'Oil Tanker Spill Statistics: 2009'. The International Tanker Owners Pollution Federation Limited, <http://www.itopf.com>.
- JRC (2009). 'Liquefied Natural Gas for Europe. Some Important Issues for Consideration'. European Commission Joint Resource Centre, <http://ec.europa.eu>.
- Kuiper, J. (2006). *Duurzame kernenergie. Geavanceerde splijstofcycli en materialen. Presentatie KNAW*. Petten: NRG, 13 oktober 2006.
- MacKay, D. (2009). *Sustainable Energy. Without the Hot Air*. Cambridge: UIT Cambridge.
- Netwerk (2010). 'Import bloedkolen moet transparant'. Netwerk, 8 juli 2010.
- NYT (2010). 'Gulf of Mexico Spill'. <http://nytimes.com>, laatste update op 24 november 2010.
- NRC (2009a). 'Feest: 50 jaar boven onze stand geleefd dankzij Slochteren'. In: *NRC Handelsblad*, 12 juni 2009.
- NRC (2009b). 'Als het gas op is moet rotonde het van elders aanvoeren'. In: *NRC Handelsblad*, 3 juli 2009.
- NRC (2010a). 'Na dreigend tekort nu overschot aardgas'. In: *NRC Handelsblad*, 14 juli 2010.
- NRC (2010b). 'Energielobby winst'. In: *NRC Handelsblad*, 13 december 2010.
- NRC (2011). 'Duitsland stopt met kernenergie, politieke reactie op ramp Fukushima'. In: *NRC Handelsblad*, 30 mei 2011.
- OECD/IEA (2010). *Power Generation from Coal: Measuring and Reporting Efficiency Performance and CO₂ Emissions*. Parijs: Organisation for Economic Co-operation and Development/International Energy Agency/Coal Industry Advisory Board.
- OSM (2008). 'Annual Reports'. The Office of Surface Mining, <http://www.osmre.gov>, laatste update 2008.
- Rijksoverheid (2009a). 'Tabel 2.12 Aardgasbaten'. Online Miljoenennota 2010, Bijlage 2. <http://2009.miljoenennota.facetbase.nl>
- Rijksoverheid (2009b). 'Economische visie op de langetermijntwikkeling van Mainport Rotterdam'. Ministerie van Economische Zaken. <http://www.rijksoverheid.nl>, juni 2009.
- Schneider, K. (2010). 'A High-Risk Energy Boom Sweeps across North America'. *Yale Environment* 360, <http://e360.yale.edu>, 30 september 2010.
- SER (2008). *Kernenergie en een duurzame energievoorziening. Advies 08/02*. Den Haag: Sociaal Economische Raad, 14 maart 2008.
- TNO (2009). *Inventory Non-conventional Gas*. Utrecht: TNO, 3 september 2009.
- Tverberg, G. (2010). 'IEA World Energy Outlook 2010. Questionable Assumptions and Major Omissions'. <http://www.theoil Drum.com>, 11 november 2010.
- Vidal, J. (2010). 'Nigeria's Agony Dwarfs the Gulf Oil Spill. The US and Europe Ignore It'. In: *The Guardian*, 30 mei 2010.
- Volkskrant (2010). 'Fiscus ontziet fossiele subsidies'. In: *de Volkskrant*, 16 oktober 2010.
- WCA (2010). 'Coal'. World Coal Association, <http://www.worldcoal.org>, geraadpleegd op 13 december 2010.

- WISE (2011). 'Winbare voorraden uranium in Zeeland al decennia bekend. Delta kan kiezen voor Nederlands uranium'. Stichting WISE, persbericht 16 januari 2011.
- WNA (2010). 'The Economics of Nuclear Power'. World Nuclear Association, <http://www.world-nuclear.org>, laatste update juli 2010.
- WNA (2010b). 'World Uranium Mining'. World Nuclear Association, <http://www.world-nuclear.org>, laatste update mei 2010.
- WSS (2010). 'Bestaande Kolencentrales in Nederland'. <http://www.wijstoppensteenkol.nl>, november 2010.

ESSAY



Auteurs

Jochem Meijknecht en Lucia van Geuns

Onderzoekers voor het Clingendael International Energy Programma, Clingendael Instituut

AARDOLIE

Economisch en maatschappelijk smeermiddel voor Nederland

Inleiding

Olie staat dichterbij dan je denkt. Grote kans dat je in de vroege ochtend met een klap de plastic wekker tot stilte dwingt, daarna onder de douche tandpasta op je plastic tandenborstel smeert, shampoo gebruikt en na afloop probeert contactlenzen in te doen.¹ We zijn ons er nauwelijks van bewust, maar olie speelt al een grote rol in talloze onderdelen van een dagelijkse ochtendroutine. Vanaf het moment dat ‘Kolonel’ E.L. Drake in 1859 in Titusville, Verenigde Staten, olie aanboorde, heeft deze koolwaterstofverbinding in het dagelijks leven een belangrijke plaats ingenomen (Yergin 1991, p. 50).

Naast een maatschappelijke rol vervult olie ook een grote economische rol. Zeker ook in Nederland. Royal Dutch Shell, hierna Shell, is veruit het grootste bedrijf dat genoteerd staat op de Amsterdamse Beurs (AEX). Het Zuid-Drentse olieveld bij Schoonebeek is het grootste *onshore* olieveld in Noordwest-Europa.

¹ Gebaseerd op Yeomans (2006), p. 5.

Rotterdam is met een raffinagecapaciteit van 1,2 miljoen vaten per dag de grootste oliehaven van de wereld, en de Nederlandse mobiliteitsdrang is grotendeels afhankelijk van een kleine 6 miljoen auto's die op benzine, diesel en LPG rijden (IEA 2008b, p. 74).

De centrale rol van olie in het maatschappelijk en economisch leven van Nederland – en zo ook in de wereld – kan echter op nogal wat kritiek rekenen (o.a. Metz et al. 2007). Het imago van olie als energiebron is de afgelopen decennia door vervuiling geschaad. Een olieramp met een tanker, uitlaatgassen of CO₂-uitstoot overtuigen mensen er in toenemende mate van dat olie meer kwaad doet dan goed, en als zodanig een verouderde grondstof is voor economische ontwikkeling. Daarnaast lopen ook de verwachte economische kosten van het gebruik van olie steeds hoger op, vanwege een verwachte stijgende vraag naar olie van 40% in 2035, voorspelt het International Energy Agency in hun meest recente energie toekomstvoorspelling (Current Policies Scenario, World Energy Outlook 2010). Tegelijk wordt het steeds moeilijker om oliereserves te winnen. Met deze stijgende maatschappelijke en economische kosten roept dit de vraag op: verliest olie zijn centrale rol als economisch en maatschappelijk smeermiddel?

In dit essay bekijken we de rol van olie in Nederland binnen de context van de huidige veranderingen op de wereldenergiemarkt. Beargumenteerd wordt dat olie nog niet aan het einde van zijn Latijn is, maar wel wordt betwist in zijn positie als meest gebruikte energiebron. Vanwege het feit dat olie een aantal fasen – van het olieveld via de raffinaderij naar de benzinepomp – doorloopt om bij de consument te komen, kan de wereldoliemarkt vanuit de waardeketen (zie kader 'De oliewaardeketen') bekeken worden. Inzoomend op Nederland blijkt dat ons land altijd al een belangrijke logistieke- en raffinagefunctie heeft vervuld, en dat nog steeds doet. Vragen die hierdoor worden opgeroepen, zijn: welke ontwikkelingen zijn er momenteel gaande in de oliemarkt die impact hebben op Nederland? Kan Nederland haar positie in een sterk veranderende oliemarkt, zoekend naar alternatieven, vasthouden en verder uitbuiten? Ook komt de fundamentele vraag aan de orde welke belofte olie heeft voor de toekomst en voor welke economische en maatschappelijke uitdagingen olie dan staat, waarna conclusies worden getrokken ten aanzien van de toekomstige rol van olie in Nederland.

Dynamische oliewereldmarkt

De wereldoliemarkt is dynamisch en verandert constant van vorm en grootte. In deze paragraaf worden de ontwikkelingen van het afgelopen decennium geschetst. Na de forse prijsstijgingen in de periode 2004–2008 en sterke prijsveranderingen in 2008–2010, lijkt de olieprijs in 2011 te stabiliseren. Een vat ruwe olie (169 liter) kost over geheel 2011 mede door succesvol prijsbeleid van de Organisation of Petroleum Exporting Countries (OPEC)² en een sterk stijgende vraag naar olie in opkomende economieën, in het

2 De Organisation for Petroleum Exporting Countries (OPEC) – Islamic Republic of Iran, Iraq, Kuwait, Saudi Arabia, Venezuela, Qatar, Socialist People's Libyan Arab Jamahiriya, the United Arab Emirates, Algeria, Nigeria and Angola – kent als doel het maximaliseren van de inkomsten uit de verkoop van olie voor haar lidstaten door het voeren van een actief aanbodbeleid. OPEC-lidstaten krijgen een exportquotum opgelegd, die OPEC in staat stelt de aanbod van olie op de wereldmarkt, en zodoende ook de prijs, te sturen. In essentie legt OPEC met haar aanbodbeleid een vloer in de olieprijs.

bijzonder China en India, en onrust in het Midden-Oosten rond de 100 Amerikaanse dollars. Echter, door dynamiek en onzekerheid in de globale economie en de oliewereldmarkt verschuiven de verhoudingen tussen marktdeelnemers continue en zodoende ook de olieprijs.

Vanaf 1945 heeft, onder invloed van sterke economische groei, de vraag naar ruwe olie fors kunnen stijgen, waarbij de laatste jaren de groei naar olie(-producten) hoofdzakelijk afkomstig is uit non-OESO-landen.³ Doordat de toenemende vraag echter niet vergezeld is gegaan van een meegroeiend aanbod, is van 2004 tot 2008 de overcapaciteit van olieproductie – spare capacity – in snel tempo verdampt. Zonder deze buffer reageren olieprijsen namelijk meer volatiel op vraag- en aanbodwisselingen (Jesse & Van der Linde 2008). Normaliter vangt OPEC – het olie-exportkartel met een aandeel van 44% in de wereldolieproductie (IEA 2009, p. 56) – en met name Saoedi-Arabië als swing supplier vraagveranderingen in de oliemarkt op, maar begin 2008 zat Saoedi-Arabië aan de top van haar olieproductie. Daardoor bereikte de olieprijs in juli 2008 een recordhoogte van 147 Amerikaanse dollars (USD) per vat.⁴

Tot september 2008. Door de financiële en economische crisis zakt de vraag naar olie in en kelderen de prijzen in snel tempo. De olieopslagtanks in Rotterdam, met een capaciteit van 179 miljoen vaten – twee dagen wereldwijde olieconsumptie –, zijn door de lagere vraag tot de nok toe gevuld (Van 't Wel 2009). De wereldmarkt, in 2008 als gevolg van het snel slinken van de spare capacity in de oliemarkt gewaarschuwd voor een fysiek tekort van olie, een zogenaamde energy crunch, zwemt halverwege 2009 in de olie (Van Geuns & Ten Kate 2009, p. 192). In anderhalf jaar tijd is de oliemarkt van een verkopersmarkt, waarbij olieproducenten verhoudingsgewijs de meeste invloed hadden en het meeste geld verdienden, veranderd in een kopersmarkt, met de olieconsumenten *downstream* op de oliewaardeketen in de *drivers seat*. Het kader 'De oliewaardeketen' geeft een overzicht van de oliewaardeketen.

Upstream

Drie ontwikkelingen staan momenteel centraal bij de exploratie en productie van ruwe olie in de wereld. Ten eerste zijn nieuwe olie- en gasvelden zeldzamer, kleiner en moeilijker te winnen dan halverwege de twintigste eeuw. Zo bevindt het Braziliaanse Tupi-veld – met 5 tot 7 miljard vaten oliereserves een van de meest recente (2006) grote olievondsten – zich 150 kilometer voor de kust, op 2.000 meter waterdiepte en 6.000 meter onder de zeebodem, bedekt door een dikke zoutlaag. De investeringen voor de winning van de olievoorraden in het Tupi-veld worden geschat op 50-100 miljard USD.⁵

Ten tweede zijn conventionele oliereserves in toenemende mate geconcentreerd in een beperkt aantal landen met een dubieuze democratische traditie, waar private oliebedrijven niet tot nauwelijks toegang hebben tot de oliereserves.⁶ Hierbij moet een onderscheid gemaakt worden tussen de lidstaten van OPEC

3 OESO staat voor Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling. Lidstaten van deze organisatie zijn voornamelijk geïndustrialiseerde landen.

4 Op 11 juli 2008 registreerde één vat Brent Noordzeeolie – 159 liter – de recordprijs van 147,25 USD.

5 Net Resources International, Data Tupi Oil Field, <http://www.offshore-technology.com/projects/tupi/>.

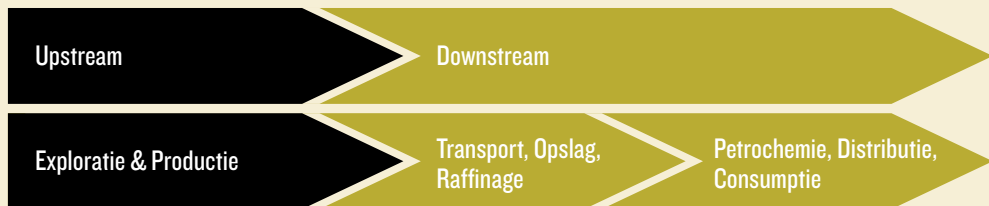
6 Niet-conventionele oliereserves zijn: zware olie, natuurlijke bitumen, oliezanden en 'oil shales' zoals gedefinieerd in het World Energy Outlook 2008 van het IEA.

en zogenaamde niet-OPEC-producenten. In OPEC-landen wordt de olieproductie gecontroleerd door staatsoliebedrijven (National Oil Companies (NOC)), zoals Saudi Aramco en Petróleos de Venezuela, die rekening moeten houden met de belangen van nationale beleidsmakers en OPEC-besluitvorming (Correljé & Van Geuns 2006, p. 172). Landen rond de Perzische golf, met 60% van de wereldwijze bewezen reserves (BP 2011), die makkelijk en tegen lage kosten winbaar zijn, leveren het schoolvoorbeeld van een staatsgereguleerde olie-industrie. In non-OPEC-gebieden werken private oliebedrijven (International Oil Companies (IOC)), zoals ExxonMobil en Shell, onder concessies (o.a. via product sharing agreements (PSA's) of joint ventures) samen met staatsoliebedrijven om toegang te krijgen tot olieproductiegebieden (IEA 2009, p. 333). De moeilijkheden van Shell met de Russische staat in 2007 betreffende haar Sakhalin II PSA (waarin uiteindelijk het Russische staatsgasbedrijf Gazprom een 51% aandeel in het project kreeg) is een voorbeeld van de moeilijkheden die IOC hebben met concessies in niet-OESO-landen. Private oliebedrijven zijn vanwege de beperkte toegang tot makkelijk winbare olie vaker genoodzaakt hun technische expertise aan te wenden voor het produceren van non-conventionele olie, maar deze is veel moeilijker en tegen hogere kosten te winnen.

Ten derde gebruiken veel olieproducerende landen, met OPEC voorop, hun oliereserves internationaal als machtsmiddel voor niet-energie gerelateerde onderwerpen om de belangen van de nationale staat te behartigen. De nationalisering van Venezolaanse olievelden onder leiding van president Hugo Chávez is een klassiek voorbeeld van deze vorm van *resource nationalism*. In 2007 hebben ExxonMobil, Conoco-Phillips, Chevron, Statoil, Total en BP belangen in Venezolaanse olievelden ter waarde van 17 miljard dollar

De oliewaardeketen

(Bron: CE Delft/CIEP 2007)



'Upstream' bevindt zich het exploratie- en productiegedeelte van ruwe olie. Deze fase omvat het geologisch onderzoek van aardlagen naar aanwijzingen voor olievoorkomens. Na verdere geologische en economische analyse wordt besloten tot exploratieboringen. Als dat oordeel positief uitvalt, worden er productieputten geboord en andere faciliteiten, om bijvoorbeeld olie en gas te scheiden. Dan kan het winnen van olie beginnen.

'Downstream' omvat de rest van de handelingen die verricht moeten worden om ruwe olie in olieproducten bij de consument te krijgen. Om ruwe olie klaar te maken voor consumptie moet naast het vervoer naar consumentenmarkten, olie opgeslagen en geraffineerd worden tot olieproducten zoals benzine, kerosine, stookolie en basisproducten voor de petrochemische industrie. Aan het einde van de waardeketen bevindt zich de distributie van olieproducten naar de benzinepomp en petrochemische industrie alwaar het door eindgebruikers in allerlei vormen gebruikt wordt.

moeten overdragen aan het staatsbedrijf PDVSA (Jesse & Van der Linde 2008, p. 51). Vaak ontbreken echter goede checks and balances tussen overheden en staatsoliebedrijven, waardoor staatsoliebedrijven en private oliebedrijven geen duidelijk onafhankelijk regulatief kader hebben, en deze laatste, vanwege de belangenverstrengeling tussen staatsoliebedrijven en de staat, minder of geen toegang hebben tot olierijke gebieden. De ontoegankelijkheid van makkelijk winbare oliereserves voor private oliebedrijven zorgt voor een traag reagerend aanbod op een snel stijgende vraag, met een toenemende prijsvolatiliteit tot gevolg. De tijd van easy oil is voorbij (National Petroleum Council 2007; IEA 2009, p. 3).

Downstream

Downstream in de waardeketen van olie doen zich andere ontwikkelingen voor. Zo neemt de geografische afstand tussen olieproducerende en consumerende gebieden bijvoorbeeld toe. Enerzijds daalt de olieproductie bij grote (OESO)-consumentenmarkten – Europa en de Verenigde Staten – en anderzijds neemt de concentratie van oliereserves bij de OPEC en Rusland toe. Een groot deel van Europa is in de jaren tachtig en negentig van de twintigste eeuw door de Noordzee voorzien van olie, maar wordt nu in toenemende mate vanuit Rusland, West-Afrika en het Midden-Oosten bevoorrad. Door de grotere afstand tussen productie en majeure olieconsumentenmarkten zijn grotere investeringen nodig om olie door middel van olietankers en oliepijpleidingen van producent naar consument te krijgen.

Een andere ontwikkeling is de kwaliteitsafname van geproduceerde ruwe olie, waardoor deze zwaarder, stoperiger en zuurder wordt, en dat betekent meer vervuilende stoffen erin (Pieterse & Correljé 2008, p. 36). Om licht-vloeibare olieproducten zoals benzine, diesel en kerosine uit ruwe olie te produceren die voldoen aan steeds strengere milieuvorschriften zijn daarom complexere en duurdere raffinaderijen nodig met een hogere conversiecapaciteit van schone brandstoffen (Pieterse & Correljé 2008, p. 49). Als gevolg van een dalende olievraag, door de financiële en economische crisis vanaf 2008, is de bezettingsgraad van raffinaderijen dramatisch gedaald. Herstructurering en nieuwe investeringen in raffinagecapaciteit zijn hierdoor moeilijker geworden, mede vanwege het feit dat raffinaderijen gebruikelijk voor een groot gedeelte met vreemd vermogen worden gefinancierd, wat niet in overvloed beschikbaar is tijdens de financiële en economische crisis. Europa staat zodoende de komende jaren met haar relatief grote en verouderde raffinagesector voor een zware opgave.

Downstream bestaat ook onzekerheid aan de vraagzijde van de oliewaardeketen. Als gevolg van de in medio 2008 uitgebroken financiële en economische crisis verbruiken consumenten minder olieproducten. Teruggelopen economische activiteit is de voornaamste reden voor een verminderde olievraag. Met een lagere benuttingsgraad van wereldwijde industriële productie, loopt de vraag naar olie ook terug. Daarnaast zorgt het ontbreken van het Amerikaanse *driving season* vanwege stijgende benzineprijzen en

economische recessie niet meer voor de traditionele stijging van benzineverbruik in de VS (IEA 2009b). In Europa reageert de automobilist minder op de stijgende prijzen aan de pomp, omdat belastingen en accijnzen daar een buffer vormen op procentuele stijgingen van de kale prijs van olieproducten. Met een belastingdruk van bijna 60% op benzine is Nederland een van de koplopers wereldwijd (IEA 2008b, p. 77).

Hoewel consumenten in ontwikkelde economieën – OESO-landen – op de korte termijn lijken te reageren op de prijsstijging van olieproducten, blijken vraagvooruitzichten voor de middellange termijn – ietwat afgezwakt – toch groei te voorzien. Deze voorspellingen zijn voornamelijk ingegeven door de voortschrijdende economische groei van ontwikkelingslanden zoals China en India (IEA 2010). Afgezien van kortetermijnfluctuaties van de olievraag als gevolg van geopolitieke spanningen, natuurrampen of handel van speculanten in oliehandelsproducten veranderen vraag- en aanbodverhoudingen op de lange termijn nauwelijks (Jesse & Van der Linde 2008, p. 42).

De daling van de vraag naar olie vanaf medio 2008 zorgt op de korte termijn voor overcapaciteit in de markt. Daarnaast heeft de financiële en economische crisis tot gevolg dat financiële instituties, zoals banken en pensioenfondsen, minder krediet en vermogen ter beschikking kunnen stellen, waardoor investeringsbeslissingen onder druk komen te staan en het risico bestaat op een mogelijke vernieuwde aanbodkrapte op de middellange termijn (Stevens 2008). Investeringsbeslissingen voor minder toegankelijke *upstream* oliereserves en toenemende raffinage- en transportcapaciteit zijn echter hard nodig om aan de stijgende vraag op de middellange termijn te voldoen. Korte en middellangetermijn- investeringsbelangen bijten elkaar dus, en daardoor bestaat het gevaar dat de balans binnen de oliewaardeketen verstoord raakt. Aangezien de activiteiten van de oliemarkt in de oliewaardeketen wereldwijd geïntegreerd zijn, is het de vraag welke gevolgen de turbulentie in de oliemarkt heeft voor Nederland.

Nederland als radertje in het geheel

Dat energievoorziening een wereldwijde en geen nationale aangelegenheid is, wordt tijdens de oliecrisis in het najaar van 1973 pijnlijk duidelijk. Nederland en de Verenigde Staten worden door hun pro-Israëliëse houding en het heimelijk leveren van wapenonderdelen aan Israël tijdens de Oktoberoorlog in 1973 getroffen door een olieboycot van de Arabische OPEC-leden (De Jong et al. 2005, p. 244). Wachtrijen voor de pomp en autoloze zondagen zijn het gevolg (Hellema 1998, p. 9). Dat de olietoevoer naar Nederland niet geheel tot stilstand komt, is te danken aan de grote Westerse oliemaatschappijen, die voor een evenwichtige herverdeling van de beschikbare oliestromen zorgen. “Shell seemed to take care of the Netherlands” (FEA 1974).

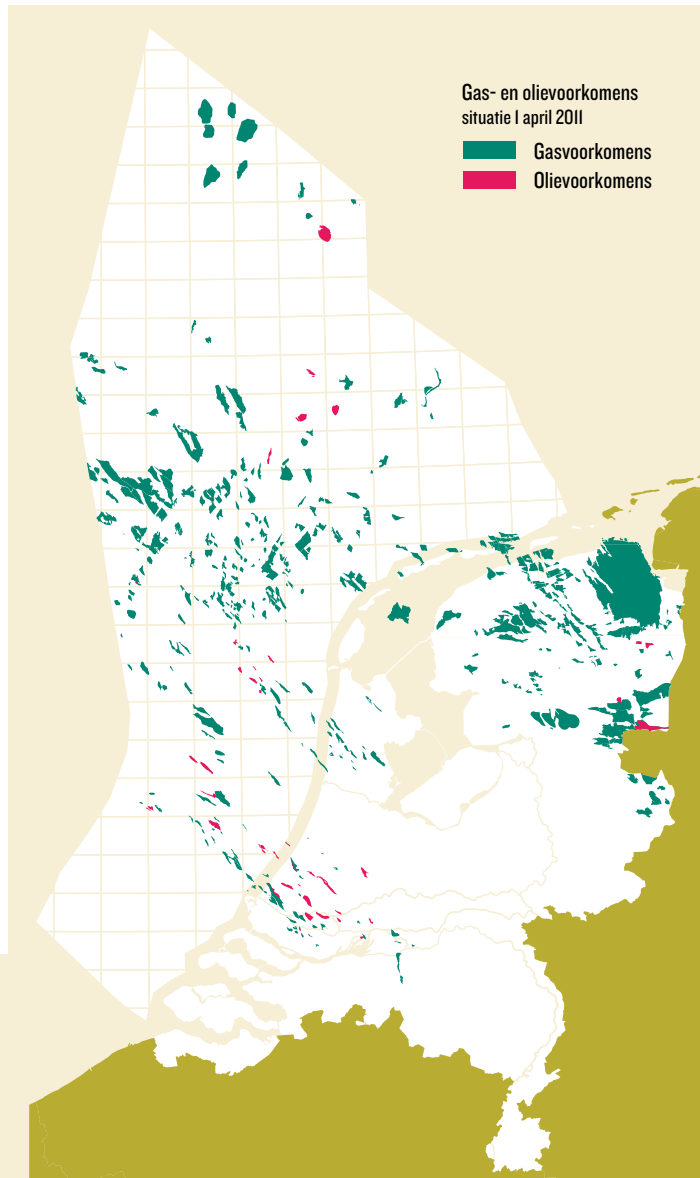
Nederland als olie-importeur

De Nederlandse olie-economie komt na de Tweede Wereldoorlog pas echt op gang. Door de toenemende economische activiteiten en het snel groeiende automobielpark raakt Nederland in toenemende mate afhankelijk van olie-import, mede omdat de inkomsten uit de vooroorlogse Nederlands-Indische *upstream* olievoorraden met het onafhankelijk worden van Indonesië eind 1949 verloren gaan. Wel komt de nationale olieproductie in het Zuid-Drentse Schoonebeek en kleine olievelden in Zuid-Holland, zoals in Berkel, van de grond. Dit gebeurt onder leiding van de in 1947 gestichte Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM), een joint venture van Shell en ExxonMobil (50%-50%). In West-Nederland verloopt eind jaren

vijftig de olie-exploitatie crescendo, waarbij vanaf 1961 de productie in de Randstedelijke velden die van Schoonebeek overtreft (NAM 2007, p. 10).

Niet lang na de snelle ontwikkeling van olievelden in het westen van het land begint de NAM naar olie te zoeken op de Noordzee. Kijkduin Zee-1 is de eerste exploratieboring in West-Europese kustwateren ooit, maar helaas is het een droge put en bevat het geen olie (NAM 2007, p. 12). In figuur 1 zijn de olie- en gasvelden onder het Nederlands grondoppervlak te zien. De NAM is in de jaren vijftig de enige speler in het Nederlandse exploratie- en productiespel.

Door het vinden van grote hoeveelheden gas in Noord-Nederland in 1959 opereren vanaf 1962 internationale oliemaatschappijen in Nederland (EZ 1975, p. 7). Hoge olieprijsen en zorgen omtrent energievoorziening stimuleren na 1973 en 1979 olie-exploratie *offshore* op de Nederlandse, Britse en Noorse gedeeltes van het continentale plat. Met een toenemende vraag naar olieproducten voor transport en petrochemie in binnen- en buitenland, kan de binnenlandse olieproductie in Schoonebeek, West-Nederland en de Noordzee echter bij lange na niet voorzien in de Nederlandse olieconsumptie. Nederland wordt daarom sterk afhankelijk van olie-import. De hedendaagse economische ontwikkeling leunt op een importafhankelijkheid van 92%, waarvan ruim 60% afkomstig is uit slechts drie landen: Rusland, Saoedi-Arabië en Noorwegen (IEA (2010)).



Figuur 1
Locatie olie- en gasvelden in Nederland
op 1 april 2011
(gebaseerd op: TNO
Geological Survey of the Netherlands)

Rotterdam als Poort naar Europa

In de jaren vijftig en zestig van de twintigste eeuw wordt Rotterdam dé olie-import, -opslag, -verwerking en -overslaghaven van Noordwest-Europa. Naast een bescheiden upstream-positie krijgt Nederland daarmee met haar logistieke functie een belangrijke plaats op de oliewereldmarkt. Dit is het gevolg van twee ontwikkelingen.

Ten eerste krijgt Nederland door het succes van het Marshallplan en het Duitse Wirtschaftswunder een sterk economisch achterland. Tegelijkertijd schakelen grote Duitse industriële gebieden zoals het Ruhrgebied over van kolen naar olie, waardoor hun importvraag naar olie snel stijgt. De Nederlandse geografische positie met uitstekende logistieke exportkanalen maakt van Rotterdam zodoende een overslaghaven en Europese oliehub bij uitstek.

Schoonebeek full circle

(Bron: NAM. 60 jaar NAM: NAMens. NAM, Mogelijke ontwikkeling olieveld Schoonebeek)

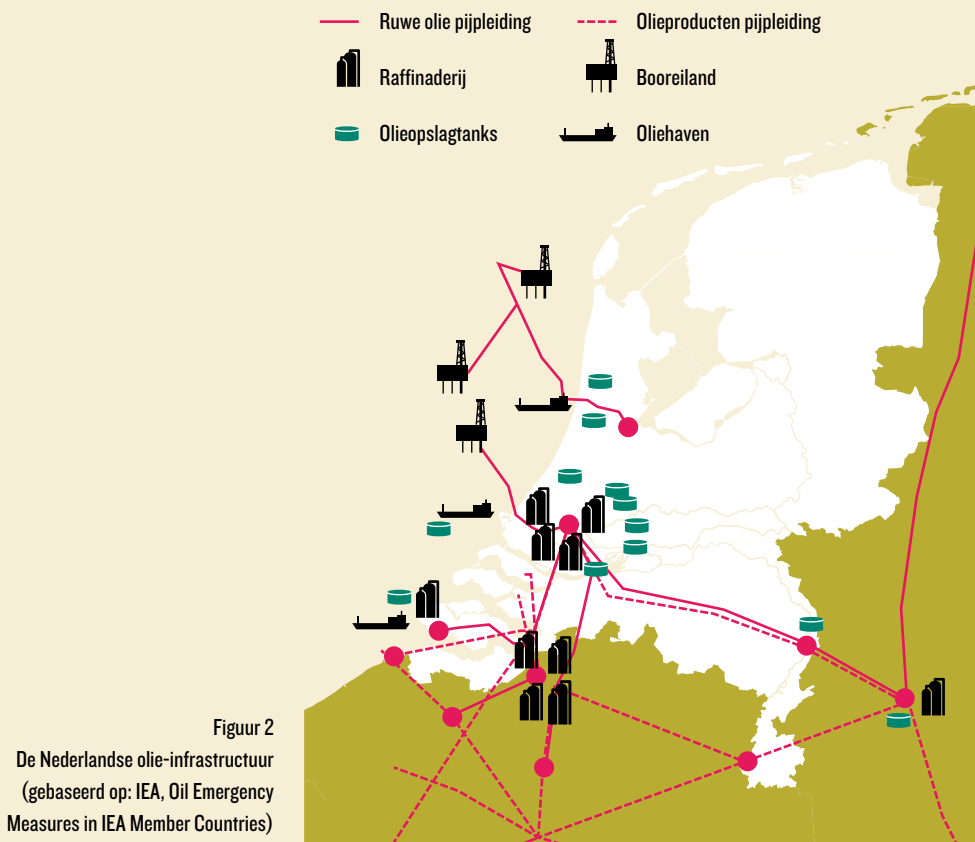
Nederland staat tot begin jaren veertig van de vorige eeuw bekend als een olie- en gasarm land. De steenkolenproductie in Limburg en Twente vormt het hart van de delfstoffenproductie in Nederland. Dat verandert als tijdens de Tweede Wereldoorlog eind 1943 in Zuid-Drenthe door Shell-dochter Bataafse Petroleum Maatschappij (BPM) op 800 meter diepte olie wordt gevonden. Na diverse seismische metingen en proefboringen wordt geconcludeerd dat Schoonebeek, met 1 miljard vaten, het grootste 'onshore' olieveld in Noordwest-Europa is. Om deze 'onverwachte meevaller' niet in handen van de Duitse bezetter te laten vallen, wordt de ontwikkeling van Schoonebeek door de BPM getraineed.

Na de oprichting van de NAM in 1947 komt de productie van Schoonebeek flink op gang. In 1946 worden in totaal 375.000 vaten olie geproduceerd en per trein naar de Shell-raffinaderij in Pernis vervoerd, terwijl dit een jaar later al 1,25 miljoen vaten per jaar is geworden. Jaknikkers vormen een vast onderdeel van het Zuid-Drentse landschap. De taaie, stroperige Schoonebeekse olie bevat veel paraffine, een soort kaarsvet, waardoor deze verwarmd moet worden om naar de oppervlakte gepompt te kunnen worden. Daarna wordt de olie per spoor naar Pernis vervoerd voor raffinage. Kortom, oliewinning in Schoonebeek is een kostbare aangelegenheid.

Hoge winningskosten in combinatie met lage olieprijzen doet de NAM in 1996, na het produceren van 250 miljoen van de 1 miljard vaten, besluiten de oliewinning in Schoonebeek te staken. Tegelijkertijd sluit de NAM toekomstige oliewinning met behulp van technologische vooruitgang niet uit. In 2004 brengt de NAM dan ook het voornemen naar buiten dat het herontwikkeling van Schoonebeek aan het onderzoeken is. Hoge olieprijzen en lagere kosten door nieuwe technieken maken oliewinning in Schoonebeek weer economisch rendabel. Met een combinatie van horizontale putten en lagedrukstoominjectie, denkt de NAM vanaf 2010 de komende circa 25 jaar in totaal nog eens 100 à 120 miljoen vaten uit Schoonebeek te kunnen produceren. De gewonnen vaten worden niet meer met de trein naar Rotterdam vervoerd, maar vlak over de grens bij de BP-raffinaderij in het Duitse Lingen verwerkt.

Schoonebeek vormt vanaf 2010 na jarenlange afwezigheid weer het middelpunt van de Nederlandse olieproductie. De vertrouwde jaknikkers zullen echter niet meer terugkeren in het Zuid-Drentse landschap.

Ten tweede verplaatsen Westerse oliemaatschappijen de raffinage van ruwe olie vanaf halverwege de jaren vijftig van olieproducerende naar consumerende regio's. Dat komt doordat consumentenlanden locatievoordelen ontdekken in hun eigen land en toenemende risico's waarnemen in producerende landen, zoals nationalisatie. Met de stijgende naoorlogse Europese vraag naar een grotere diversiteit aan olieproducten wordt het efficiënter om raffinaderijen dicht bij consumerende regio's te bouwen. In plaats van kleine olietankers met alleen benzine, kerosine, stookolie of bunkerolie vanuit het Midden-Oosten te laten varen, is het kostenefficiënter en veiliger om één keer een supertanker met ruwe olie te laten varen en de verscheidene olieproducten vanuit de raffinaderij dicht bij huis een klein stuk te laten afleggen. Daarnaast wordt de Derde Wereld zich na de Tweede Wereldoorlog door de naoorlogse dekolonisatiegolf bewuster van haar positie in de wereld en de invloed die hun oliereserves spelen.⁷ Olieproducerende landen uit het



⁷ De Suez-Crisis in 1954 en Bandung-Conferentie in 1955 zijn exemplarisch voor de hervonden assertiviteit van de Derde Wereld na de Tweede Wereldoorlog. Daarbij werd voor het eerst openlijk oorlog gevoerd door een derdewereldland – Egypte – tegen Europese oud-koloniale machten – Engeland en Frankrijk – en organiseerden de nieuwe onafhankelijken zich voor het eerst in het nieuwe machtsevenwicht van de Koude Oorlog.

Midden-Oosten zijn ontevreden over de verhouding van royalties en belastingafdrachten die de voornamelijk Westerse oliemaatschappijen zoals Shell betalen aan de regeringen in het Midden-Oosten. Doel van de olieproducerende landen is het vangen van meer opbrengsten van de Westerse oliebedrijven en de belastingdiensten (Yergin 1991, p. 431). Verhoogde politieke en financiële risico's bij oliewinning in het Midden-Oosten gaan een rol spelen in de allocatie van investeringen van de Westerse verticaal geïntegreerde multinationale oliemaatschappijen, de zogenaamde *Seven Sisters*.⁸

Rotterdam en Amsterdam zetten samen met de Franse havenstad Marseille, het Italiaanse Genua en het Britse Fawley vol in op deze ontwikkeling. Rotterdam wordt in de jaren zestig van een kolen- naar een oliehaven omgebouwd. Uniek is daarbij dat de bouw van olieraffinaderijen, olieopslagtanks en petrochemische fabrieken een geïntegreerd complex heeft gecreëerd die de gehele downstream-kant van de olie-waardeketen behelst, zoals te zien is in figuur 2. De Shell-raffinaderijen Pernis en Moerdijk, met een raffinagecapaciteit van 400.000 vaten per dag, en de grootste Europese olieopslagterminal, de Maasvlakte Olie Terminal (MOT), capaciteit 27 miljoen vaten per dag, zijn exemplarisch voor de naoorlogse ontwikkeling van geïntegreerde downstream-capaciteit in Nederland (IEA 2007, p. 203). Amsterdam blijft bij deze bovengenoemde ontwikkeling achter. Wel wordt daar in de jaren zestig een raffinaderij van Mobil – later ExxonMobil – gebouwd, maar deze wordt in 1975 weer gesloten. Vanaf eind jaren zeventig ontwikkelt zich in Rotterdam ook de eerste 'oliespotmarkt' van de wereld. Het olieblad Platt's Oilgram belt elke dag Rotterdamse oliehandelaren om hen te vragen wat ze op dat moment – de spotprijs – voor olie en toekomstige oliecontracten – *forwards* – betalen en publiceert dit in hun oliemarktoverzichten (De Jong et al. 2005, p. 256). Hiermee is de Rotterdam-markt de geboortegrond van de hedendaagse oliehandelsplatformen in Londen (ICE) en New York (NYMEX).

Door een groeiende vraag naar olie(-producten) in Noordwest-Europa en Nederland, en door de verplaatsing van raffinagecapaciteit wordt Rotterdam dé oliehaven voor Noordwest-Europa, 'Poort naar Europa'. In figuur 3 is deze ontwikkeling terug te zien. Raffinage, import en export zijn groter dan de Nederlandse productie en consumptie van ruwe olie en olieproducten.

Nederland transportland

Nederland heeft binnen Europa een uniek consumptiepatroon. Vanwege de grote hoeveelheden aardgas in de Nederlandse ondergrond speelt olie – in tegenstelling tot in veel andere landen – voor de verwarming van huizen en elektriciteitsopwekking nauwelijks een rol (De Jong et al. 2005, p. 103). Zodoende wordt nagenoeg de complete Nederlandse olieconsumptie van 530.000 vaten olie per dag gebruikt voor transportgerelateerde activiteiten en energie-intensieve industrie (zie figuur 4) (IEA 2008b, p. 73).

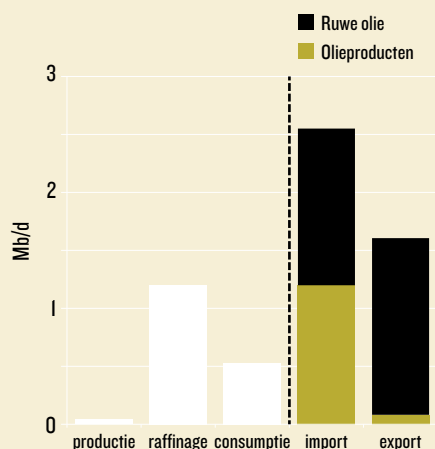
8 De Seven Sisters – Standard Oil of New Jersey, Socony, Texaco, Gulf, Socal, BP en Shell – beheersen vanaf 1930 tot eind jaren zestig 80% van de totale wereldoliereserves en controleren zodoende de gehele oliesector en het leeuwendeel van zijn inkomsten.

Onder de noemer 'Nederland transportland' is de logistieke sector in de naoorlogse periode een van de drijvende krachten van de Nederlandse economie geworden. De zes miljoen auto's op het wegendeck vormen een substantiële markt voor de afzet van olieproducten. Zelfs het raffinagegas LPG wordt in Nederland door de grote hoeveelheid aanwezige gas in het vervoer gebruikt en niet om op te koken!

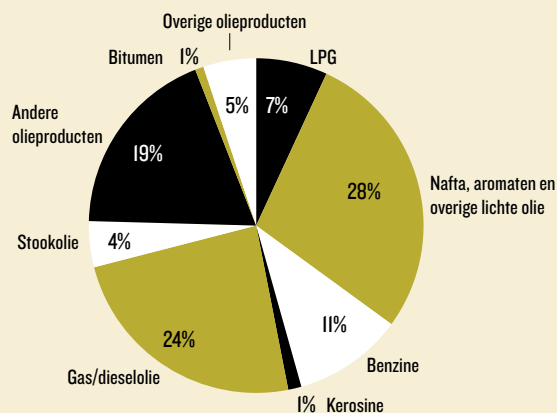
Ook de Nederlandse regering is zich bewust van de centrale rol van de transportsector bij olieconsumptie. Binnen autominnend Nederland zijn de geheven belastingen en accijnzen op benzine en diesel een heikel punt, waarbij vooral begin jaren negentig een storm van kritiek losbarstte rond het 'kwartje van Kok' en begin 21^e eeuw rondom het rekeningrijden. Begin 2008 kost een liter ongelode benzine 1,71 euro, waarbij Nederland met een belastingdruk van 59,1% de drie na hoogste belastingdruk van de EU op ongelode benzine heeft (IEA 2008). De Nederlandse afhankelijkheid van olie-import is daarmee hoofdzakelijk het gevolg van een sterk ontwikkelde transportmarkt en de daarmee samenhangende energie-intensieve industrie.

Petrochemie

Naast de raffinage van ruwe olie tot olieproducten voor de transportsector kent Nederland ook een uitgebreide petrochemische industrie. De petrochemische industrie gebruikt het gedeelte van de olieproducten na raffinage die niet voor de transportsector worden gebruikt. Ruwe olie wordt hierbij verwerkt tot half-fabricaten voor consumentenproducten, waarbij plastics de hoofdmoot vormen. De aanwezigheid van een grote raffinagecapaciteit voor transportgerelateerde olieproducten, betekent dat Rotterdam ook een uitgebreide petrochemische industrie heeft.



Figuur 3
Kerncijfers olie in Nederland 2008
(gebaseerd op: IEA, Netherlands 2008
Review, Centraal Bureau voor de Statistiek)



Figuur 4
Olieconsumptie in Nederland 2008
(gebaseerd op: Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS))

Shell als Nederlands-Brits smeermiddel in de wereldwijde oliewaardeketen

(Bron: Royal Dutch Shell. Geschiedenis van Shell)

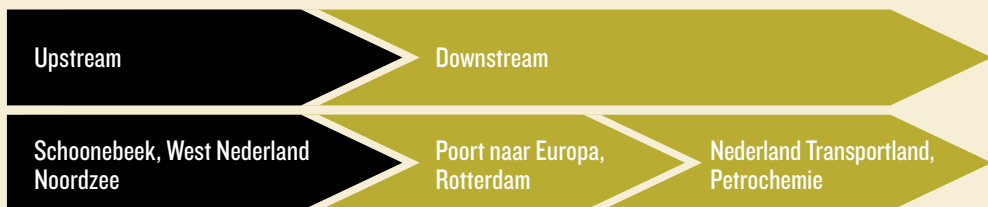
De N.V. Koninklijke Nederlandse Petroleum Maatschappij begint vanaf 1890 met Exploratie en Productie (E&P) van Sumatraanse olievelden in Nederlands Indië. Als logistieke partner voor het transport en distributie van de geproduceerde olie gaat N.V. Koninklijke Nederlandse Petroleum Maatschappij in 1907 samen met het Britse olietransportbedrijf Shell Transport & Trading verder als de joint venture Koninklijke / Shell (60%-40%).

Onder leiding van Henri Deterding en Marcus Samuel groeit Shell in de eerste helft van de twintigste eeuw uit tot een verticaal geïntegreerde marktleider in de olie-industrie met activiteiten – met name E&P – over de gehele wereld, zoals Venezuela en de Verenigde Staten. Toenemende overheidsdruk uit o.a. de Sovjet-Unie heeft tot gevolg dat oliemaatschappijen intensiever gaan samenwerken, culminerend in Achnacarry kartelafspraken over Irak in 1928. De grote oliemaatschappijen komen overeen hun marktaandelen te bevriezen en prijzen te stabiliseren. De Seven Sisters zijn geboren.

Standard Oil of New Jersey, Socony, Texaco, Gulf, Socal, BP en Shell – de Seven Sisters – beheersen tot eind jaren zestig 80% van de totale wereldoliereserves, maar moeten deze onder druk van naoorlogs economisch nationalisme in het Midden-Oosten en het ontstaan van OPEC in 1960 steeds meer afgeven. Shell verschuift haar ‘upstream’ investeringen buiten het OPEC-gebied, o.a. naar de Niger delta en ontplooit activiteiten buiten de oliewaardeketen, zoals gaswinning in Slochteren. Tijdens de oliecrisis in 1973 breekt OPEC de macht van de Seven Sisters definitief.

Vanaf 1973 voert Shell onder druk van teruglopende olieproductie, raffinagevolumes en transportcapaciteit een geografisch – o.a. Noordzee, Golf van Mexico, Alaska – en productmatig – metalen, kernenergie en steenkool - diversificatiebeleid. Door toenemende druk van aandeelhouders, lagere olieprijsen in de jaren negentig en complexe kapitaalintensievere E&P projecten snijdt Shell echter vanaf eind jaren negentig in de kosten en niet-kernactiviteiten. Terug naar de core business.

Als vanaf 1998 de olie-industrie met een consolidatieproces begint en de commotie over te hoog geboekte reserves in 2005 de complexiteit van de joint venture Koninklijke / Shell nogmaals aan het licht brengt, worden definitieve fusiestappen ondernomen. Met de oprichting van Royal Dutch Shell plc. in 2005 komt na 98 jaar de unieke Nederlands / Britse nationaliteit te einde. Is Shell klaar voor haar tweede eeuw?



Figuur 5
Nederlandse Oliewaardeketen. (Gebaseerd op: CIEP Analyse)

Nederlands energiebeleid en olie

In het energiebeleid van de Nederlandse overheid neemt specifiek oliebeleid geen prominente plaats in. Binnen het adagium dat energie beschikbaar, betaalbaar en schoon moet zijn, is de Nederlandse overheid van mening dat deze drie facetten door de wereldwijde oliemarkt verzorgd moeten worden (EZ 2008). Het heersende idee lijkt te zijn dat als gevolg van de aanwezigheid van de Rotterdamse haven en Shell het Nederlandse energiebeleid geen uitgebreid regulatief kader behoeft. Dit vindt zijn weerslag in de liberaliserings- en privatiseringsagenda van het Ministerie van Economische Zaken. Immers, Rotterdam en Shell zijn twee krachtige marktspelers die beide een aanzienlijke hoeveelheid olie behandelen. Door de uitstekende positie op de oliewaardeketen kan Nederland haar transportsector zonder al te veel regulering laten voorzien door de wereldwijde oliemarkt.

Uitzondering op deze *laizzes-faire* houding vormt de beheersing van fysieke olietekorten tijdens uitzonderlijke gebeurtenissen, zoals de genoemde OPEC-boycot van 1973. Nederland is dan ook een van de oprichters van het door olieconsumenten in 1974 gestichte IEA. Binnen het IEA staan crisisbeheersingsmaatregelen, informatiedeling en mitigeren van excessen van oliecrises – prijsvolatiliteit – centraal (IEA 2007, p. 206). Een belangrijke maatregel om de impact van oliecrises te verminderen is de aanwezigheid van minstens negentig dagen strategische olieopslag.⁹ Naast deze negentig dagen vereist de EU een extra verplichting van 30 dagen strategische olieopslag. De Stichting Centraal Orgaan Voorraadvoering Aardolieproducten (COVA) is de onafhankelijke organisatie die in opdracht van het ministerie van Economische Zaken strategische olievoorraden voor Nederland aanhoudt.

Optimaal gebruikmakend van de gunstige geografische positie als ‘Poort naar Europa’ heeft Nederland zich met de Rotterdamse haven als belangrijkste instrument in de naoorlogse periode als oliehub stevig op de oliewaardeketen weten te vestigen, zoals te zien is in figuur 5. Ondanks geringe olievoorraden – met uitzondering van Schoonebeek – worden de risico’s van een land dat voor 92% van olie-import afhankelijk is, door de sterke positie van de raffinage- opslag- en petrochemische industrie verkleind. Ten eerste zal de toevoer van ruwe olie en olieproducten naar Nederland niet snel opdrogen als Rotterdam een belangrijke Europese oliehub blijft. Ten tweede zorgt Rotterdam ook voor significante inkomsten voor de Nederlandse Staat. Grote import- en exportvolumes in combinatie met de bewerking en opslag van ruwe olie in de Rotterdamse haven zorgen voor een flinke hoeveelheid inkomsten en werkgelegenheid in de Nederlandse downstream-positie van de wereldwijde oliewaardeketen. Olie blijft daarmee een belangrijke economische pijler voor Nederland.

De Nederlandse overheid is van mening dat marktwerking in de oliewaardeketen de Nederlandse olievoorzieningszekerheid grotendeels kan verzorgen. De centrale positie van Nederland is echter afhanke-

⁹ Hierbij gaat het om de aanwezigheid van minstens negentig dagen netto-importen van het voorafgaande jaar.

lijk van de ketenintegriteit van de oliewaardeketen. Om deze ketenintegriteit onder de turbulente oliemarktomstandigheden in stand te houden is een goede dialoog tussen olieproducenten en consumenten van het grootste belang. Vandaar dat Nederland als olieconsument actief participeert in het IEA en het International Energy Forum (IEF), een multilateral forum voor energiedialogen tussen producenten- en consumentenlanden (Fattouh & Van der Linde 2010).

Olie een verouderde energiebron?

Vanaf de jaren zeventig van de vorige eeuw is de kritiek op het gebruik van fossiele brandstoffen en specifiek olie in alle hevigheid losgebarsten. Het Brundtland-rapport uit 1972 van de Club van Rome genaamd 'Grenzen aan de groei' heeft een omslag in het denken over de maatschappelijke gevolgen van economische ontwikkeling veroorzaakt. De mate van vervuiling en uitputting van het gebruik van fossiele brandstoffen staan hierbij centraal. De problemen die BP in 2010 in de Golf van Mexico met de Macondo boorput kent, tonen de enorme risico's en de vervuilende kracht van het gebruik van olie als energiebron. Ook het verlies van 100.000 liter ruwe olie door de olietanker Exxon Valdez in 1989 voor de kust van Alaska en het afzinken van olie-opslagboei Brent Spar door Shell in 1995 waren in het oog springende incidenten.

Meer aandacht voor alternatieven

Mede als gevolg van deze problemen neemt de aandacht voor duurzame alternatieven de laatste jaren een grote vlucht. Het toekennen van de Nobelprijs voor de Vrede 2007 aan het Intergouvernementele Panel on Climate Change (IPCC) en oud-vicepresident van de VS Al Gore geeft blijk van maatschappelijke aandacht voor het klimaatvraagstuk.¹⁰ De documentaire van Al Gore, *An Inconvenient Truth* uit 2006, lijkt de discussie omtrent energiegebruik, fossiele brandstoffen, klimaatverandering en duurzame alternatieven met een nieuwe impuls weer stevig op de wereldwijde agenda gezet te hebben.

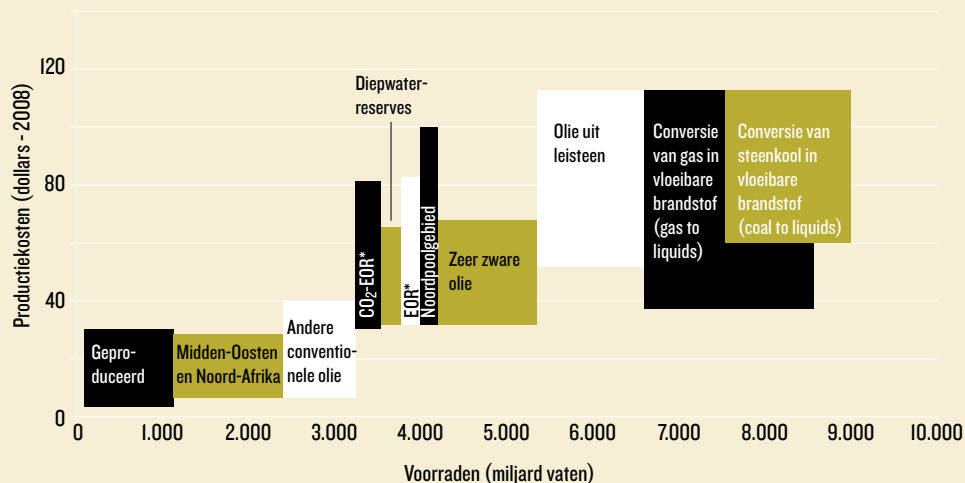
In Europa tracht de Europese Commissie met haar 20-20-20 (20% alternatieven, 20% minder CO₂-uitstoot, in 2020) en Nederland onder andere met de campagne Schoon en Zuinig klimaatverandering tegen te gaan in een zoektocht naar duurzame alternatieven. Schoon en Zuinig rust op drie doelen. Allereerst wordt er gestreefd naar een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen, met name CO₂, met 30% in 2020 in vergelijking met 1990. Ten tweede moet het tempo van energiebesparing de komende jaren verdubbeld worden, van 1% nu naar 2% per jaar. Als laatste moet het aandeel hernieuwbare energie in 2020 verhoogd zijn van ongeveer 2% nu naar 20% van het totale energiegebruik.¹¹ Een ambitieuze agenda waarbij actief gestreefd wordt naar het vervangen van olie als energiebron. Raakt de rol van olie hiermee uitgespeeld? En is dat ook noodzakelijk?

10 Nobelprijs van de Vrede 2007, http://nobelprize.org/nobel_prizes/peace/laureates/2007.

11 Zie <http://www.wweni.nl/pagina.html?id=32950#a1>.

Blijvende vraag

Fossiele brandstoffen en olie in het bijzonder blijven in vraagvoorspellingen van energiegebruik een centrale rol spelen. Het IEA voorspelt in hun Current Policies Scenario¹² dat in 2030, vooral als gevolg van de economische en demografische ontwikkelingen in ontwikkelingslanden, iets minder dan 100 miljoen vaten per dag worden geconsumeerd, in plaats van de huidige 85 miljoen (IEA 2010). Door de afname van productieniveaus in bestaande olievelden moet daarom tot 2030 63 miljoen vaten olie, zes keer de huidige olieproductiecapaciteit van Saoedi-Arabië, in productie worden genomen. In het Reference Scenario van het IEA nemen duurzame alternatieven in 2030 slechts 10% van het totale energiegebruik voor hun rekening (IEA 2010). Het IEA gaat ervan uit dat de vraag naar olie zich na de prijsstijging in de periode 2004–2008 en de economische crisis vanaf 2008 herstelt. Olie-expert Edward Morse beargumenteert echter dat de groei in de vraag naar olie na elke prijspiek aanzienlijk afneemt, als gevolg van toegenomen efficiëntie en een zoektocht naar alternatieven voor olie (Morse 2008). Morse wijst erop dat na de prijspieken als gevolg van de oliecrises in 1973 en 1979 de groei van de olievraag van 7,5% tussen 1965 en 1973 jaar na jaar is gedaald, naar respectievelijk 3,1% tussen 1973 tot 1979 en 1,7% tussen 1983 en 1990 (Morse 2008).¹³



* Enhanced Oil Recovery is een paraplueterm voor technieken waarmee extra ruwe olie uit een veld gewonnen kan worden. Eén optie is het ondergronds injecteren van CO₂, wat de druk in het veld opvoert en de olie bovendien vloeibaarder maakt, doordat het mengt met de olie. Hierdoor zijn resten olie gemakkelijker naar boven te halen.

Figuur 6

Langetermijnkosten olieproductie (gebaseerd op: IEA 2008c)

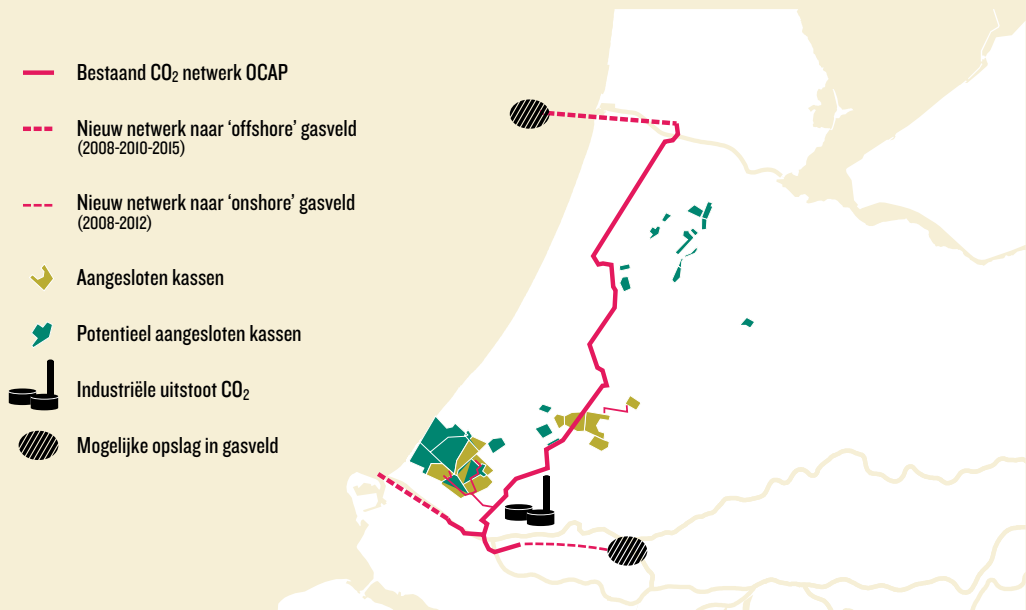
¹² Het Reference Scenario in het IEA World Energy Outlook is een projectie van vraag en aanbodverhoudingen bij onveranderd beleid – business as usual – van publieke en private marktdeelnemers in de oliemarkt.

¹³ Ook gebaseerd op CIEP Analyse met cijfers van BP Statistical Review.

Aanbod, gericht op de toekomst

Kan de olieproductie in de toekomst in de vraag naar olie voorzien? Deze vraag ligt aan de aanbodzijde. Centraal hierin staan prijsontwikkeling en voortschrijdend technologisch inzicht. Met een hoger prijspeil – zoals te zien is in figuur 6 – worden moeilijk toegankelijke en winbare olievoorraden zoals ultradiepe olievelden in Brazilië en teerzanden in Canada economisch winbaar. De totaal winbare olievoorraden worden op 9 triljoen vaten geschat – inclusief 2,5 triljoen vaten GTL/CTL¹⁴ –, waarvan er op dit moment sinds eind negentiende eeuw 1,1 triljoen verbruikt zijn (USGS 2010; IEA 2010). De toekomstige uitputting van fossiele brandstoffen – onder de naam Peak Oil – wordt door een groep in de oliewereld aangegrepen om te concluderen dat vanwege aflopende reserves wereldwijde olieproductie gepiekt heeft en nooit meer terug zal komen op oude productieniveaus. Technologische ontwikkeling maakt winning van olievoorraden echter goedkoper en zorgt zo voor een toename van economisch winbare olievoorraden. Aan de olieproductiezijde hebben technieken zoals horizontaal boren, 4D-seismisch onderzoek en modulaire boorplatforms gezorgd voor betere toegang tot moeilijk winbare olievoorraden en een daling in de prijs van exploratie en productie. Bij consumenten hebben zuiniger motoren, hybride auto's en nieuwe petrochemische toepassingen mede gezorgd voor een ruimere toepasbaarheid van (olie-)producten.

Toenemende aandacht voor de maatschappelijke kosten van het gebruik van fossiele brandstoffen maakt dat ook oliegebruik zich in de toekomst moet blijven richten op het verminderen van schadelijke milieuf-



Figuur 7

CO₂ Infrastructuur Rotterdam (gebaseerd op: Rotterdam Climate Initiative, Rotterdam. CO₂hub of Europe)

¹⁴ GTL – Gas to Liquids (om gas in vloeibare vorm als brandstof in de transportsector in te zetten).

fecten. Een van de speerpunten om de klimatologische gevolgen van het gebruik van fossiele brandstoffen tegen te gaan in Nederland, en specifiek in de Rotterdamse haven, vormt Carbon Capture and Storage (CCS). Met behulp van deze techniek wordt CO₂ afgevangen bij elektriciteitscentrales, de petrochemische industrie en raffinaderijen en opgeslagen onder de grond. Figuur 7 biedt een overzicht van CCS-activiteiten rondom Rotterdam. De overheid onderzocht en onderzoekt tevens, in samenwerking met industriële partijen zoals Shell, de mogelijkheden om CCS toe te passen op een leeg gasveld in Barendrecht, een leeg *offshore* gasveld op de Noordzee en kassen in het Westland.

Differentiatie en specialisatie

In de toekomst zal het gebruik van olie(-producten) een voortschrijdende evolutie kennen van differentiatie en specialisatie. De vraag daarbij is of olie door technologische ontwikkeling een alternatief krijgt en wat toekomstige nichemarkten voor olie zullen zijn. Het gebruik van een energiebron wordt altijd afgezet tegen de prijs en bruikbaarheid van zijn alternatieven. Onder druk van het einde van makkelijk winbare olie en de ontwikkeling van hernieuwbare energiebronnen is het de vraag wanneer alternatieven voor olie(-producten) goedkoper zullen worden. Hierbij speelt bijvoorbeeld het moment van volledige doorberekening van milieukosten voor olieproducten, schaalvergroting van en dalende kostencurven voor alternatieven een rol.

Als alternatief voor olieproducten in de transportsector maken biobrandstoffen momenteel een grote ontwikkeling door. De eerste generatie biobrandstoffen – waarvan Braziliaanse ethanol het bekendste voorbeeld is – worden momenteel al vermengd met olieproducten. In de Rotterdamse haven spelen biobrandstoffen een steeds grotere rol, waarvan ethanol – als bijmenging van olieproducten – en biodiesel veruit de grootste bijdrage leveren. In 2008 werd 2,4 miljoen liter aan ethanol en 2,7 miljoen liter aan biodiesel in de Rotterdamse haven verwerkt (Havenbedrijf Rotterdam 2009). Centraal in het debat over biobrandstoffen staat de concurrentie van eerste generatie biobrandstoffen, zoals ethanol uit maïs, met voedselproductie (Zoethout 2009, p. 59). Deze concurrentie zorgt voor een beperkt aanbod en gebruik van eerste generatie biobrandstoffen (zie hiervoor ook het essay over biomassa). De tweede generatie, meer duurzame – omdat het niet met voedselproductie concurreert – biobrandstoffen bevindt zich nog in een onderzoeksstadium, waardoor deze tweede generatie wellicht pas na 2020 een concurrent kan worden voor olie. Elektrische of hybride auto's maken een snelle technologische ontwikkeling door, maar aangezien elektriciteitsopwekking voornamelijk door fossiele grondstoffen plaatsvindt, is ook dit geen *silver bullet*.

Naast het ontbreken van een volwaardig alternatief voor olie nu en in de nabije toekomst, kent olie daarnaast nog ruime mogelijkheden tot sectorspecialisering en ontwikkeling van nichemarkten. Discussie over het gebruik van olie heeft een sterke focus op transport, maar olie speelt ook een onmisbare rol als grondstof voor een groot aantal petrochemische toepassingen. Plastics, coatings, make-up, kunstmest, synthetische stoffen, asfalt, bestrijdingsmiddelen, verf, rubber en polymeren zijn maar enkele van de schier eindeloze lijst producten waarvan olie de grondstof vormt. Traditioneel gebruikt de petrochemische industrie in Nederland niet meer dan 10% van de totale olieconsumptie, terwijl haar toepassingen wijdverbreid zijn.

Rotterdam heeft veel potentie om haar sterke positie in de oliewaardeketen te behouden. Er is kennisexpertise opgebouwd met hoogwaardige verwerking van olieproducten in raffinaderijen inclusief de petrochemische industrie en er is een groot logistiek systeem aanwezig. Daarnaast kunnen eerste of tweede ge-

neratie biobrandstoffen door hun makkelijke vermenging met benzine en diesel uitstekend als aanvulling gebruikt worden voor de huidige functie van Rotterdam als oliehub.

Een blijvend smeermiddel

Olie is en zal in de toekomst een economisch en maatschappelijk smeermiddel in de wereld en Nederland blijven. Sectorspecialisering en technologische ontwikkeling in onder andere de petrochemische industrie en alternatieven zoals biobrandstoffen blijven olie een rol geven in de wereldwijde en Nederlandse energievoorziening.

In deze transitie liggen voor Nederland *downstream* op de oliewaardeketen veel economische kansen in de internationale oliemarkt. Rotterdam zal vanwege haar geografische positie en op de waardeketen en haar alternatieven een centrale Europese logistieke oliehub blijven. De mogelijkheden van kennis-, expertise- en infrastructuurcomplementariteit – zoals in de Nederlandse havens, DSM verffabrieken in Brabant en NACAP's oliepijplijnen in Groningen – zijn ook elders goed mogelijk, maar worden grotendeels vergeten in de verhitte maatschappelijke discussie omtrent olie. Nederland en wij als Nederlanders moeten ons niet blindstaren op de eindigheid en het vervuilende aspect van olie, maar gebruikmaken van de mogelijkheden die de veranderende oliewereld Nederland biedt.

Het karakteriseren van olie als verouderde brandstof is dus een misvatting. Olie kan met specialisering en in nichemarkten een belangrijke rol blijven vervullen in het Nederlandse economische en maatschappelijke leven.

Referenties

- Aissaoui, A. (2010). 'On Being Fair, Beautiful and Nearly Perfect. A Reflection on the Ethics, Economics and Politics of Oil Prices'. In: *APICORP Economic Commentary* 5, no. 4.
- BP (2011). *Statistical Review of World Energy 2011*. Londen: BP.
- CE Delft/CIEP (2007). *Rol van de fossiele bronnen en uranium bij de energievoorzieningszekerheid. Studie in opdracht van viWTA – Samenleving en technologie*. Delft/Den Haag: CE Delft/Clingendael International Energy Programme.
- Correljé, A. & Van Geuns, L. (2006). 'Signalen uit de oliemarkt. De juiste strategie op het juiste moment'. In: *Internationale Spectator* 60, nr. 4., p. 171-174.
- EZ (1975). *Aardgas en Ruwe olie in Nederland en op de Noordzee*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.
- EZ (2008). *Energierapport 2008*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.
- Fattouh, B. & Van der Linde, C. (2010). *IEF: twenty years of producer - consumer dialogue in a changing world*. Riyadh: IEF.
- FEA (1974). *US Oil Companies and the Arab Oil Embargo*. Washington: Federal Energy Administration.

- van Geuns, L. & Ten Kate, W. (2009). 'Turmoil on the International Oil Markets. Getting Used to Production Capacity Constraints'. In: Zwaan, J.W. de, E. Bakker & S. van der Meer (eds.). *Challenges in a Changing World. Clingendael Views on Global and Regional Issues*. Den Haag: T.M.C. Asser Press, p. 191-208.
- Havenbedrijf Rotterdam (2009). 'Sterke groei Rotterdam in Biobrandstoffen'. Persbericht, 17 maart 2009. <http://www.portofrotterdam.com>
- Hellema, D., Wiebes, C. & Witte, T. (1998). *Doelwit Rotterdam. Nederland en de Oliecrisis 1973-1974*. Den Haag: Sdu Uitgevers.
- IEA (2007). *Oil Supply Security. Emergency Response of IEA Countries*. Parijs: International Energy Agency.
- IEA (2008). *Energy Prices and Taxes*. Parijs: International Energy Agency.
- IEA (2008b). *Energy Policies of the Netherlands 2008 Review*. Parijs: International Energy Agency.
- IEA (2009). *World Energy Outlook 2009*. Parijs: International Energy Agency.
- IEA (2010). *World Energy Outlook 2010*. Parijs: International Energy Agency.
- IEA (2011). *Mid-Term Oil Market Report Juni 2011*. Parijs: International Energy Agency.
- Jesse, J-H & Van der Linde, C. (2008). 'Oil Turbulence in the Next Decade. An Essay on High Oil Prices in a Supply-constrained World'. In: *CIEP Energy Paper 3*. Den Haag: Clingendael International Energy Programme.
- de Jong, J.J. et al. (2005). *Dertig jaar energiebeleid: van bonzen en polders via markten naar Brussel zonder koolstof*. Den Haag: Clingendael International Energy Programme.
- Metz, B. et al. (eds.) (2007). *Climate Change 2007. Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Morse, E.L. (2009). 'Low and Behold. Making the Most of Cheap Oil'. In: *Foreign Affairs* 88, no. 5.
- National Petroleum Council (2007). *Hard Truths. Facing the Hard Truths about Energy. A Comprehensive View to 2030 of Global Oil and Natural Gas*. Washington: National Petroleum Council.
- NAM (2007). *60 jaar NAM namens medewerkers, oud-medewerkers en betrokkenen. Schilders, schrijvers en dichters*. Assen: Nederlandse Aardolie Maatschappij.
- Pieterse, W. & Correljé, A. (2008). 'Crude Oil Demand, Refinery Capacity and the Product Market. Refining as a Bottleneck in the Petroleum Industry'. In: *Clingendael Energy Paper*. Den Haag: Clingendael International Energy Programme.
- Stevens, P. (2008). *The Coming Oil Supply Crunch. A Chatham House Report*. Londen: Chatham House.
- USGS (2010). *World Petroleum Assessment*. Reston: US Geological Survey. <http://pubs.usgs.gov/dds/dds-060>
- van 't Wel, R.P. (2009). 'Drukte op de ankerplaatsen voor de Rotterdamse haven'. In: *Het Financieele Dagblad*, 2 mei 2009.
- Yeomans, M. (2006). *Oil. A Concise Guide to the Most Important Product on Earth*. New York: The New Press.
- Yergin, D. (1991). *The Prize: The Epic Quest for Oil, Money and Power*. New York: Free Press.
- Zoethout, T. (2009). 'A Kick-Start for Biodiesel'. In: *European Energy Review* 2, no. 5, p. 59.

ESSAY

Auteur

Aad Correljé

Universitair Hoofddocent Economie van Infrastructuren,
Technische Universiteit Delft en Associate Fellow Clingendael International Energy Programme

AARDGAS

Eén verleden en vele toekomstscenario's

Inleiding

Aardgas speelt een cruciale rol in de Nederlandse energievoorziening en draagt in belangrijke mate bij aan de welvaart en het welzijn van de Nederlandse burger. Juist om deze reden wordt er veel gespeculeerd over de toekomst van het aardgas. Voor hoe lang hebben we nog gas? Wat gebeurt er als het op is? Waar komt het gas vandaan als het op is in Nederland? Zal gas betaalbaar blijven? Hoe kan gas duurzaam worden ingezet?

Begin jaren zestig van de twintigste eeuw veranderde het Nederlandse perspectief op de energievoorziening radicaal. Toen werd er aardgas gevonden, heel veel aardgas. Het aanboren van het Slochterenveld en de vaststelling dat zich in dat veld gigantische hoeveelheden aardgas bevonden, betekende dat Nederland de beschikking kreeg over een nieuwe bron van energie die op vele manieren ingezet zou kunnen worden in de sterk groeiende economie. Sindsdien heeft het gebruik van aardgas vooral in Nederland, maar ook in de omliggende landen, een grote vlucht genomen en is het een van de belangrijkste peilers van de energiehuishouding geworden (zie figuur 1). In 2008 voorzag aardgas in 38% van de totale Nederlandse energiebehoefte. Voor de EU bedroeg dat aandeel 26% en voor heel Europa 35% (BP 2009, p. 41; Correljé, Van der Linde & Westerwoudt 2003).

Maar als de geschiedenis van het Nederlandse gas één ding duidelijk maakt, is het dat toekomstvisies en daarop gebaseerde strategieën van de overheid en de bedrijven in de sector een aantal malen stevig moesten worden bijgesteld als gevolg van economische en andere ontwikkelingen binnen en buiten de

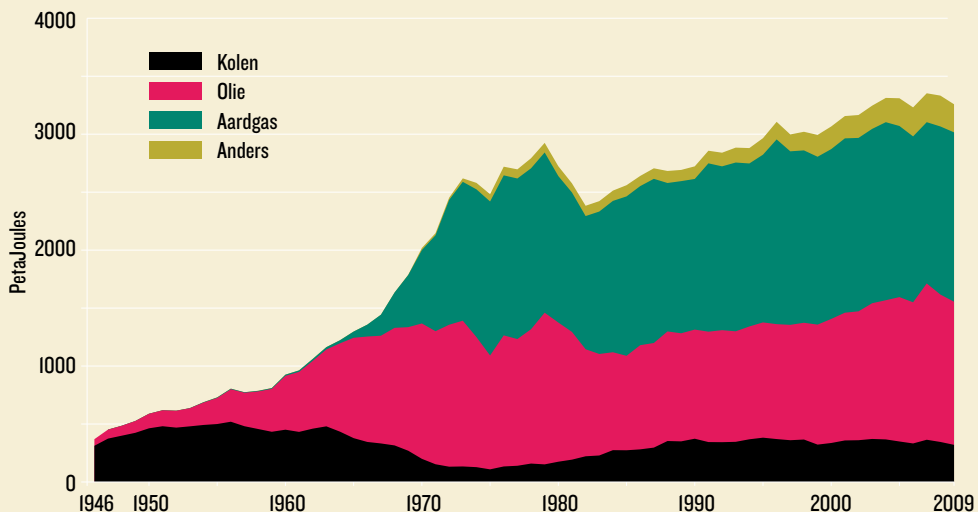
energiemarkt. Dit zal in de toekomst niet anders zijn, alleen is de vraag welke ontwikkelingen dan van invloed zullen zijn.

Dit essay kijkt eerst terug op de rol van aardgas in de Nederlandse energievoorziening en de factoren die daarbij van belang zijn geweest. Dit historische perspectief geeft aan dat de Nederlandse strategie met betrekking tot aardgas en de energievoorziening als geheel een aantal malen drastisch is gewijzigd onder invloed van onvoorziene en niet-stuurbare nationale en internationale ontwikkelingen (De Jong et al. 2005). Dit suggereert dat het lastig – zo niet onmogelijk – is om een robuuste langetermijnstrategie voor de energievoorziening te ontwikkelen. Vervolgens kijken we vooruit, waarbij een aantal forse onzekerheden geïdentificeerd worden die van grote invloed zullen zijn op de toekomstige energievoorziening. Dit leidt tot de conclusie dat er een grote variatie mogelijk is in de rol en het belang van aardgas in Nederland. Daarom is het belangrijk om adaptieve strategieën te ontwikkelen die rekening kunnen houden met veranderingen en trendbreuken.

Overvloed

Van klein naar groot

De opmars van aardgas in de Nederlandse energievoorziening begon zo'n vijftig jaar geleden. Voordat er sprake was van aardgas in Nederland werd er in veel huishoudens zogenaamd 'stadsgas' gebruikt in de geiser en om op te koken. Stadsgas werd gemaakt door kolen te destilleren in plaatselijke gasfabrieken,

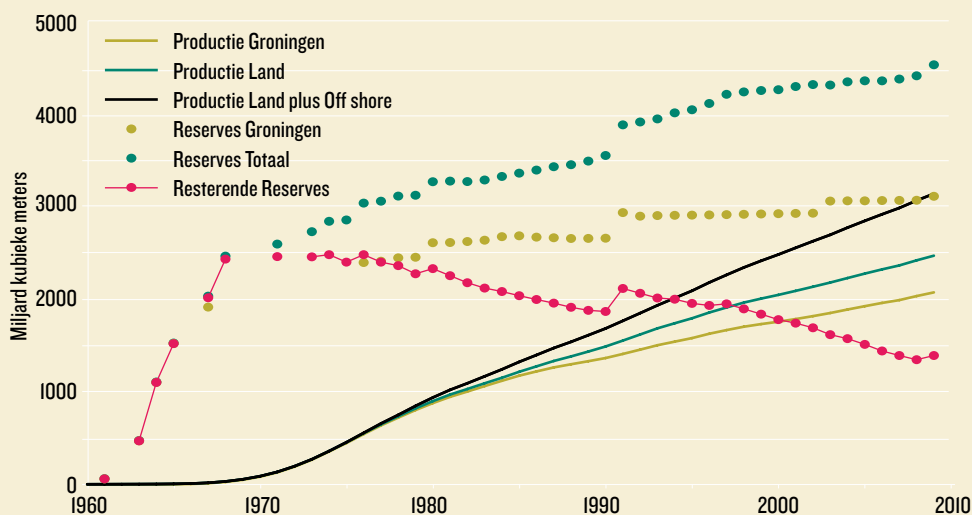


Figuur 1

Verbruik van primaire energiebronnen in Nederland (inclusief gebruik als grondstof) (gebaseerd op: CBS Statline Energiebalans)

waarna het gas door de gemeentelijke distributienetten naar de afnemers werd gevoerd. Na 1950 werd dit stadsgas in toenemende mate gemaakt in grote cokesovens bij bedrijven als Hoogovens in IJmuiden en de Staatsmijnen (later DSM) in Limburg die het gas via de regionale pijpleidingsystemen van het Staats Gas Bedrijf (SGB) naar de nabijgelegen steden transporteerden. In de Rijnmond werd raffinaderijgas gebruikt, een restproduct van de destillatie van ruwe olie in Pernis. Het aanvankelijke streven van het SGB was om al deze stadsgasnetten met elkaar te verbinden tot één landelijk gasnet.

In Nederland werd voor het eerst aardgas gebruikt in de gemeente Coevorden. Daar was in juli 1948 gas aangetroffen. Drie jaar later kookte men er op aardgas. In de jaren dertig had de Bataafse Petroleum Maatschappij (BPM) het exclusieve recht verkregen om naar olie en gas te zoeken in Groningen, Friesland, Drenthe, Overijssel en Gelderland, en gedurende de oorlog was er bij Schoonebeek, in de buurt van Coevorden, een groot olieveld aangetroffen. In 1947 zetten BPM, een dochteronderneming van Shell, en de Standard Oil Company of New Jersey, (Esso, later Exxon/Mobil) een joint venture op om olie en gas te zoeken en winnen in Nederland. Dit bedrijf, de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM), bracht de oliewinning in Schoonebeek op gang. Het succes daarvan zette de NAM aan tot verder geologisch onderzoek van de Nederlandse bodem, inclusief het IJsselmeer en de Waddenzee. Daar werden in de jaren vijftig inderdaad een aantal olie- en gasveldjes aangetroffen. Het zoeken naar olie had daarbij prioriteit want, zoals Bloemgarten, de eerste Shell-directeur in Den Haag, het stelde: “Blijf uit het gas, daar valt niets te verdienen. De Staat beschouwt het als een public utility, een openbare nutsvoorziening” (Kielich 1988, p. 19). Het SGB betaalde inderdaad slechts 1 tot 2 eurocent aan de NAM voor het aan hen geleverde aardgas en verkocht het gas voor 15 eurocent aan de consumenten. Toch werd er vrijwel geen winst gemaakt vanwege de hoge kosten van de levering. Aardgas zou bovendien moeten concurreren met brandstoffen als



Figuur 2

Ontwikkeling van gasreserves en cumulatieve gasproductie van Slochteren, andere velden op land en offshore (gebaseerd op: Olie en gas in Nederland, Ministerie van Economische Zaken (1975–2008))

huisbrandolie en petroleum, maar de winstmarge van deze brandstoffen was voor de oliemaatschappijen, waaronder Shell en Esso, veel groter dan die van aardgas vanwege de veel lagere kosten ten opzichte van de verkoopprijs.

Ondanks het gebrek aan belangstelling voor gas bij Shell, zette de NAM de exploratie voort en op 22 juli 1959 werd er gas aangetroffen bij Slochteren, in de provincie Groningen. Doordat de samenstelling van dit gas en de druk in het reservoir overeenkwamen met een eerdere vondst die op enige afstand van Slochteren was gedaan, in 1955, bleek dat er sprake was van één gigantisch veld met een geschatte omvang van 60 miljard kubieke meter (Bcm). De NAM informeerde slechts de minister van Economische Zaken, De Pous, en deed er verder het zwijgen toe. Het bedrijf beriep zich op de grote onzekerheden in de schatting van de omvang van het veld, maar wilde feitelijk andere oliemaatschappijen graag buiten Nederland houden, omdat het nog geen exclusieve winningsvergunning, of concessie, had verkregen. Er gebeurde dus niet zoveel dat eerste jaar. Maar in oktober 1960 berichtten de kranten toch over de ontdekking van een enorm gasveld in Groningen. Vervolgens, naar aanleiding van nieuwe boringen, werd de omvang van het veld bijgesteld; van 60 Bcm naar 150 Bcm tot 470 Bcm in 1962, tot 1.100 Bcm in 1963, en tot 1.900 Bcm in 1967. Daarmee werd al snel duidelijk dat zich onder de Nederlandse bodem een van de grootste gasvelden ter wereld bevond (zie figuur 2).

Economische gevolgen: een nieuw gasbeleid

De omvang van het Slochterenveld betekende enorme mogelijkheden voor de Nederlandse economie. Dat was wel duidelijk bij zowel de NAM als bij het ministerie van Economische Zaken. Tegelijkertijd was het ook duidelijk dat de betrokken partijen geconfronteerd werden met grote problemen. De NAM vond het bestaande winningsregime niet geschikt voor de exploitatie van een veld van deze omvang. Zij zou namelijk gedwongen zijn om al het gas voor een lage prijs aan het SGB te verkopen. Daarnaast beperkten de geringe omvang van de bestaande markt voor gas en het gebrek aan transport en distributieinfrastructuur de mogelijkheden voor efficiënte ontwikkeling van het enorme veld. Bovendien achtte De Pous voor een dergelijk omvangrijk project een veel grotere rol van de Staat noodzakelijk. Vanaf 1960 vonden onderhandelingen plaats over de manier waarop het Slochterenveld ingezet zou kunnen worden in de energievoorziening.

Pas drie jaar na de ontdekking van het enorme veld slaagde De Pous erin de uitgangspunten voor een nieuw gasbeleid vast te leggen in de *Nota inzake het aardgas*.¹ Het voornaamste uitgangspunt was dat de verkoop van het gas maximale baten zou opleveren aan de Staat en de eigenaar van de concessie, de NAM. Daartoe werd het 'marktwardeprincipe' geïntroduceerd als uitgangspunt voor de prijs waartegen het gas aan de verschillende soorten afnemers zou worden verkocht. De gasprijs werd gekoppeld aan de prijs

1 Kamerstukken II, 1961-1962, nr. 6767

van alternatieve brandstoffen waartussen de verschillende afnemers konden kiezen; dat wil zeggen dat de gasprijs gelijk zou zijn aan die van huisbrandolie voor huishoudelijke en klein-zakelijke verbruikers, terwijl de prijs van stookolie bepalend zou zijn voor de gasprijs van de grootschalige industriële verbruikers. Zodoende zouden de afnemers nooit méér betalen voor gas dan ze voor andere brandstoffen zouden moeten betalen, maar ook niet minder. De toepassing van dit principe had tot gevolg dat de prijs van het gas – en de inkomsten van de concessiehouders, de NAM en de Nederlandse Staat – op een veel hoger niveau kwamen te liggen dan wanneer zij gebaseerd waren geweest op de lage productiekosten van rond de één eurocent van het Slochterenveld plus de kosten van het transport.²

Een uiterst belangrijke voorwaarde voor de toepassing van het marktwaardeprincipe was natuurlijk dat er geen concurrerend, lager geprijsd gas de markt kon bereiken (Odell 1969). Vandaar dat De Pous in de nota ook vastlegde dat de winning van het Nederlandse gas gelijk op zou moeten gaan met de verkoop van het gas. De controle op het aanbod van gas werd een overheidstaak. Daarnaast werd in de nota ook vastgelegd dat de private concessiehouders Shell en Esso verantwoordelijk waren voor de winning en verkoop van het gas, omdat op deze manier van hun marktkennis en commerciële ervaring gebruikgemaakt kon worden. Uiteindelijk, in 1963, kwamen de Staat, Shell en Esso een structuur overeen die al deze uitgangspunten verenigde: Het Gasgebouw (zie kader).

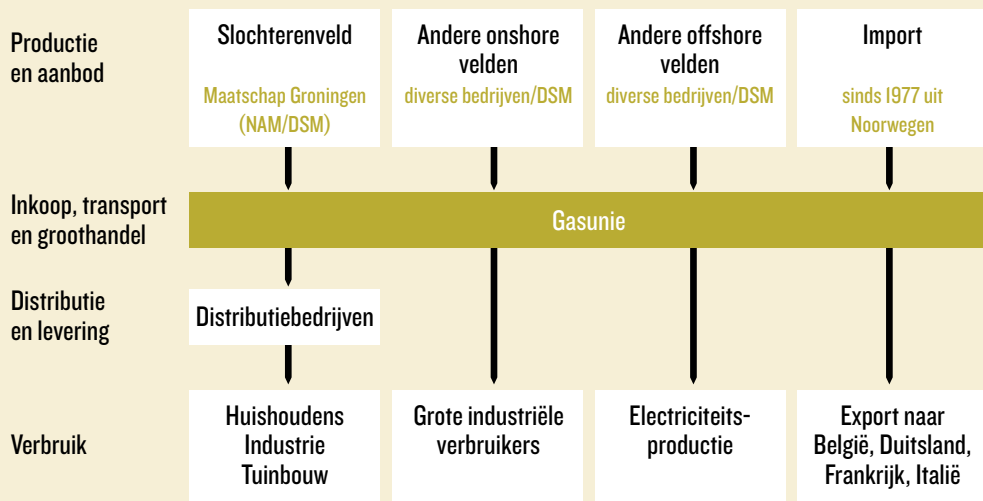
De inkomsten van de Staat kwamen ten eerste voort uit de vennootschapsbelasting (48%) over de winsten van de Maatschap, Gasunie en DSM; ten tweede uit een extra 10% staatsaandeel in de winst van de Maatschap; en ten derde uit de dividenden en het staatsaandeel in de winsten van Gasunie en DSM. Vanaf begin jaren zeventig werd het staatsaandeel in de winst ook toegepast op de winsten van de Maatschap. De kosten van het nationale transportnet en de lokale distributie werden uit de inkomsten vergoed aan Gasunie en aan de gemeentelijke gasbedrijven. De resterende winst, na dekking van de winningskosten, werd verdeeld tussen de staat (70%) en de oliemaatschappijen (30%). Het was de taak van het ministerie van Economische Zaken om voorstellen van DSM en Gasunie wat betreft prijzen, productievolumes, de nationale verkoop en export, de bouw van het transportnetwerk en opslagfaciliteiten te accorderen. Dit was niet alleen een formele verantwoordelijkheid, want de Staat was ook aandeelhouder in Gasunie – het orgaan waar deze zaken beslist werden – en zat dus als redelijk geïnformeerde partij aan tafel bij de beslissingen.

Gasunie bouwde vervolgens het hogedruknetwerk waarmee het gas naar de gemeenten kon worden getransporteerd. In veel grotere gemeenten kon ook gebruikgemaakt worden van het reeds bestaande stadsgasnet, maar anders werden nieuwe netten aangelegd. Deze strategie heeft ervoor gezorgd dat alle huishoudens aardgas kregen, zodat iedereen kon beschikken over overvloedig en onmiddellijk beschikbaar warm water en centrale verwarming. Deze voordelen bleven niet beperkt tot de stedelijke omgeving. Ook op het dunbevolkte platteland kon een aardgasnet worden aangelegd. Dit werd ook gestimuleerd door-

2 Deze principes werden aangegeven door Exxon, op basis van haar ervaring in de Verenigde Staten. Zie Correljé (1998) en Stewart & Madsen (2006).

dat er in deze periode veel nieuwe woningen werden gebouwd en doordat het inkomen van de meeste Nederlanders snel steeg. In andere landen is de industrie vaak de grootste afnemer en worden daarom alleen nabijgelegen steden van gas voorzien. Door deze strategie werd uiteindelijk een groot deel van de energiebehoefte in huishoudens en bedrijven door aardgas verzorgd. Olieproducten, als benzine en diesel, werden uiteindelijk vrijwel alleen nog gebruikt voor transportdoeleinden, kolen voor de hoogovens en in mindere mate voor het opwekken van elektriciteit (Zie figuur 1).

De structuur van het Nederlandse Gasgebouw (1963–2004)

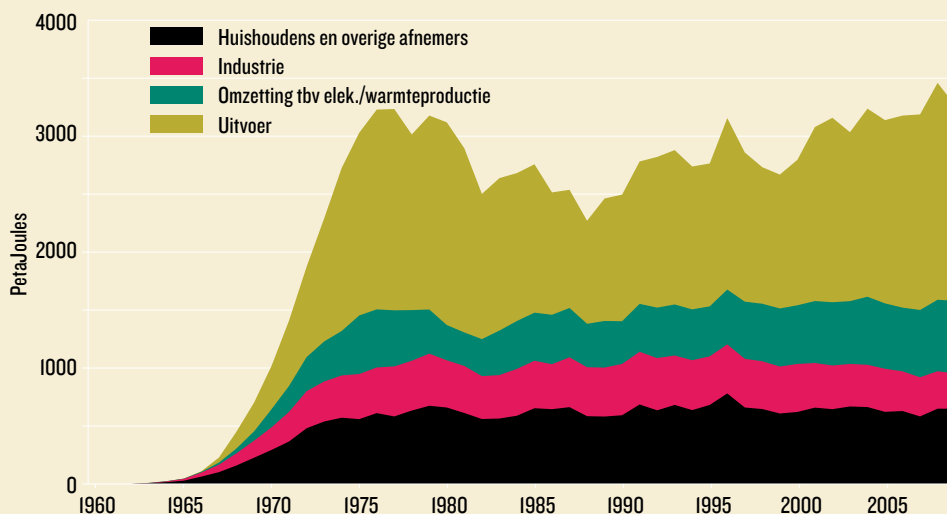


- Het SGB werd opgeheven en ging op in Gasunie. Gasunie werd opgericht als joint venture, eigendom van DSM (40%), de Staat (10%), Exxon/Mobil (25%) en Shell (25%). Gasunie was verantwoordelijk voor de coördinatie van de winning en de verkoop van het gas en de aanleg en het beheer van het Nederlandse nationale transportnet.
- De Nederlandse Aardolie Maatschappij BV (NAM), een 50/50 joint venture van Shell en Exxon/Mobil, was verantwoordelijk voor de productie van gas in Groningen en later andere concessies.
- De Staat deelde via Staatsmijnen (later DSM) mee in de exploitatiekosten van het Slochterenveld en in de inkomsten via de Maatschap Groningen (40% DSM, 60% NAM).
- Gasunie had het eerste recht van aankoop voor alle gas dat op de 'onshore' en 'offshore' velden geproduceerd werd. Deze velden werden geëxploiteerd onder een ander royaltyregime dan Slochteren.
- NAM Gas Export was tot 1975 verantwoordelijk voor de export van gas naar Duitsland, België, Frankrijk en Italië. Daarna nam Gasunie deze taak over.
- In 1972 werd als gevolg van het toenemende aantal bedrijven, dat van de Staat concessies verkreeg voor de exploratie en winning op nieuwe velden, DSM Aardgas BV opgericht, als publieke partner in de joint ventures met deze bedrijven. Op deze wijze incasseerde de Staat ook op deze velden haar aandeel in de winst. In 1989 werd DSM geprivatiseerd en werd de naam DSM vervangen door Energie Beheer Nederland BV (EBN).
- Lokale, veelal gemeentelijke gasbedrijven zorgden voor de distributie van het gas door lagedruknetten naar de kleinverbruikers.

Economische gevolgen: gasexport

Gedurende de periode 1962–1974 werd het Nederlandse gasbeleid gedreven door de voortdurend toenemende schattingen van de omvang van het Slochterenveld en de veronderstelling dat het gas gewonnen zou moeten zijn voordat het gebruik van kernenergie een grote vlucht zou nemen, rond de eeuwwisseling. Want dan zou het aardgas in de grond blijven. Deze doelstellingen werden niet alleen gereflecteerd in het marktwaardeprincipe, ook de snelle aanleg van een nationaal transportnet en de lokale distributienetten, en de afzet van gas in het buitenland hadden tot doel het gas op tijd uit te verkopen.

In Nederland werd gas verkocht aan alle mogelijke verbruikers, zoals de huishoudens, de kleine zakelijke verbruikers, het midden- en kleinbedrijf, de glastuinbouw, de electriciteitsopwekking en de energie-intensieve industrie. In exportmarkten echter werd het verbruik beperkt tot de hoogwaardige markten, zodat gas daar niet hoefde te concurreren met laaggeprijsde stookolie en kolen in de bulkmarkten. De transportkosten naar de buitenlandse afnemers kwamen voor rekening van Gasunie, waardoor Nederlands gas een relatief voordelige brandstof werd voor de buitenlandse markt, en afzet gegarandeerd was. En voor de NAM en de Nederlandse Staat stonden er, ondanks de veel hogere transportkosten in vergelijking met de gaslevering in Nederland, toch nog redelijke inkomsten tegenover, met name vanwege de lage productiekosten in Groningen. Deze gebalanceerde contractstructuur spreidde de commerciële risico's over de producenten en de afnemers en legde daarmee een solide basis voor de ontwikkeling van het pan-Europese gasnetwerk, waarmee vanaf de jaren zeventig ook gas geïmporteerd werd uit Noorwegen, Rusland en Algerije. Hierdoor werd aardgas een energiebron van belang in grote delen van Europa. Als gevolg van deze aanpak namen de binnenlandse verkoop en de export van Nederlands gas snel toe, zoals te zien is in de figuren 1 en 3. In deze periode was het leeuwendeel van het gas afkomstig uit het Slochterenveld.



Figuur 3

Aardgasafzet naar verbruiksgroep 1960–2008

(gebaseerd op: Gasunie, Jaarverslag 1962–1999. Geconverteerd van de CBS Statline Energiebalans 1960–1974)

Schaarste

Voorzieningszekerheid

De oliecrisis in 1973–1974 vormde aanleiding om het Nederlandse gasbeleid aan te passen. De Eerste Energienota³ beruiste op de breedgedragen overtuiging dat energie een schaars goed geworden was waarmee zuinig omgesprongen moest worden. De overheid streefde daarom naar ‘Voorzieningszekerheid’ van gas: de garantie dat Gasunie de Nederlandse afnemers nog 25 jaar aardgas zou kunnen leveren. Om dat doel te bereiken werd het gebruik van gas ontmoedigd. De verkoop van gas voor het opwekken van elektriciteit en voor gebruik in de grote industrie werd beperkt. In plaats daarvan werd een beroep gedaan op kolen. Er werden ook geen nieuwe exportcontracten meer afgesloten. Stap voor stap groeiden de gasprijzen mee met de sterk stijgende olieprijs. In combinatie met de economische recessie leidde dit tot een aanzienlijke afname van het binnenlandse gasverbruik en van de export (zie figuur 4).

Exploratie kleinere gasvelden

Het succesvolle Slochterenveld had bedrijven aangemoedigd exploratieactiviteiten te ontplooiën en vanaf eind jaren zestig had de Gasunie al kleine volumes gas uit nieuwe velden aangekocht. Er was dus meer gas te vinden in Nederland. Vanaf 1974 werden de oliemaatschappijen vanwege de oliecrisis door middel van het kleineveldenbeleid door de overheid gestimuleerd om meer gas te zoeken, op land en op de Noordzee. Van groot belang was dat de overheid de maatschappijen de garantie gaf dat Gasunie alle nieuw gevonden gasvoorraden zou afnemen tegen acceptabele prijzen en in een geschikt tempo. Ze hoefden dus niet te wachten totdat het grote Slochterenveld leeg was. Daardoor werden er vanaf halverwege de jaren zeventig aanzienlijke reserves in kleine velden bij gevonden en waren steeds grotere hoeveelheden gas afkomstig uit kleinere velden op het vasteland en op de Noordzee (figuur 2). Na de tweede oliecrisis in 1979–1980 werd dit beleid verder versterkt in de Tweede Energienota.⁴

De veranderde ideeën over de beschikbaarheid van energie hadden dus belangrijke koerswijzigingen in het gasbeleid tot gevolg. Vanaf 1974 functioneerde de Nederlandse gasindustrie onder twee verschillende regimes, met hun eigen regelingen en bepalingen: het regime voor het grote Slochterenveld van de NAM en het regime voor de andere *on-* en *offshore* velden die door verschillende consortia geëxploiteerd werden. Ook hier trad DSM (later EBN) op als overheidsaandeelhouder. Het Slochterenveld – dat tegen zeer lage kosten gas produceert – werd daarmee de marginale producent. Als zogenaamde *swing*producent leverde het de hoeveelheden gas die nodig waren om aan de vraag te voldoen als alle andere velden in productie waren. Op deze laatste velden zijn de productiekosten veel hoger, omdat ze kleiner waren en vaak *offshore* lagen. De gestegen gasprijzen en de afnamegarantie maakten het echter zonder meer rendabel

3 Tweede Kamer, 1974–1975, 13 122.

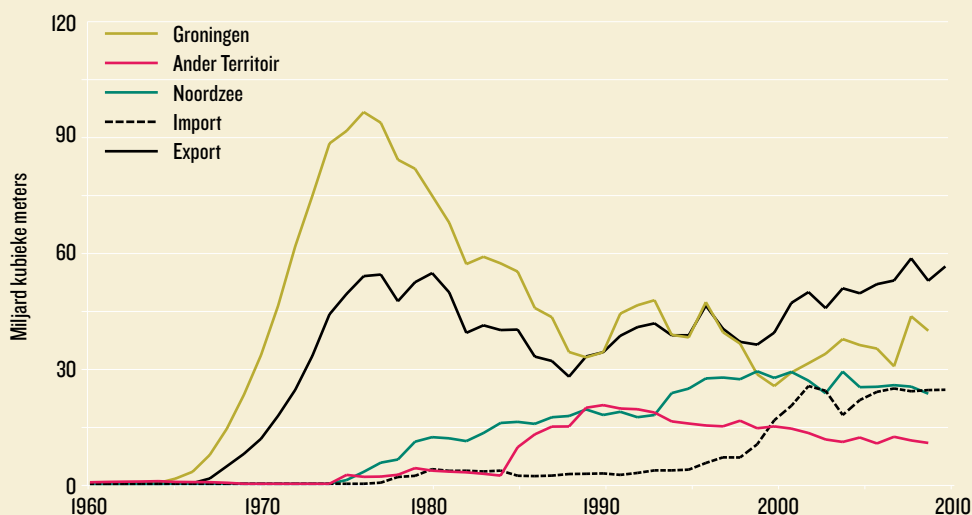
4 Tweede Kamer, 1979–80, 15 802, nrs 1–2.

5 Tweede Kamer, 1974–1975, 13109, nr.1.

deze velden te exploiteren. Van een volume van rond de 85 Bcm in 1976 daalde de productie in Slochteren naar 45 Bcm in het begin van de jaren tachtig tot slechts 30 Bcm begin jaren negentig (zie figuur 4). Een ander belangrijk gevolg van de ontwikkeling van de kleinere velden was dat er twee kwaliteiten gas geleverd werden. Als gevolg van de geologische structuur bevatte het gas in Groningen zo'n tien procent onbrandbaar stikstof, terwijl dat bij de andere velden niet het geval was. Het laagcalorische gas uit Slochteren werd aan de kleinverbruikers verkocht, terwijl het hoogcalorische gas uit de nieuwe velden werd verkocht aan de grote industrie en de electriciteitsproductie. Daartoe werd een tweede pijpleidingsysteem aangelegd dat het hoogcalorische gas naar de grote verbruikers transporteerde. Feitelijk werd hiermee de kleinverbruikersmarkt in Nederland, België en een deel van Duitsland afgesplitst van de Europese gasmarkt, waar hoog calorisch gas verhandeld werd.

Minder export, meer winst

De koppeling van de gasprijs aan de hoge olieprijs legden bedrijven en overheid geen windeieren. Na de tweede oliecrisis (1979–1980) slaagde de Nederlandse overheid er ook in om in onderhandelingen met de buitenlandse afnemers de exportprijzen te verhogen. Dit leidde tot lagere afzetvolumes, maar wel tegen een hogere prijs, waardoor de omzet van Gasunie enorm toenam, evenals de inkomsten van de NAM. Dit zette de overheid aan tot een wijziging in de verdeling van de winsten tussen de Staat en de oliemaatschappijen, in het voordeel van de Staat.⁵ Shell en Exxon/Mobil sloten bovendien het 'Herenakkoord' met de Staat, waarin werd bepaald dat de hoge winsten van de oliemaatschappijen voor een deel geherinvesteerd zouden worden in Nederlandse projecten. Voorbeelden daarvan zijn de modernisering van de olieraffinaderijen van Shell, met de Hycon, en van Exxon, met de Flexicoker, in de Rijnmond. Gedurende de eerste helft van de jaren tachtig vormden de gasbaten zo'n 15 à 16% van het totale overheidsbudget.



Figuur 4

Aanbod van aardgas (gebaseerd op: Olie en gas in Nederland, Ministerie van Economische Zaken (1975–2008). Import geconverteerd van CBS Statline Energiebalans 1960–2008)

Concurrerend aanbod in Europa

Vanaf 1983 werden de doelstellingen van het energie- en gasbeleid wederom aangepast. Energie bleek toch minder schaars dan aanvankelijk gedacht, want de hoge olieprijs hadden een sterke toename van exploratieve activiteiten tot gevolg gehad waardoor er veel olie en gas was gevonden, bijvoorbeeld op de Noordzee. Bovendien leidden de economische crisis en de terugval van de industriële sector, in combinatie met energiebesparingen, tot een afname van de vraag naar energie en aardgas in de meeste westerse landen. De daling van de gasafzet had grote negatieve gevolgen voor de Nederlandse overheidsinkomsten, die juist hard nodig waren in een periode van recessie, industriële achteruitgang en hoge werkloosheid. Het aandeel van de gasbaten liep terug tot zo'n 5% van het overheidsbudget. Om de afzet van gas op peil te houden verruimde de minister van Economische Zaken, Van Aardenne, daarom de levering van gas aan de industrie en de electriciteitssector en de mogelijkheden voor export.⁶

Tegen het einde van de jaren tachtig, na de ineenstorting van de olieprijs en geconfronteerd met een groeiend aanbod van gas uit Noorwegen en de Sovjet-Unie op de Europese markt, gaf minister De Korte aan dat het van groot belang was de exportpositie van Gasunie te handhaven. Wel bleef de 'Voorzieningszekerheid' van belang; Gasunie moest aan de hand van haar inkoopportfolio en de geschatte vraagontwikkeling kunnen aantonen dat de gasvoorziening voor 25 jaar gegarandeerd was. Deze termijn werd redelijk geacht voor een overgang naar alternatieven voor gas. Vanwege de voortdurende exploitatie, waardoor gasreserves regelmatig werden aangevuld, was het mogelijk om nieuwe exportcontracten af te sluiten, vooral na 1989 (figuur 2). Nederland kreeg hierdoor een steeds belangrijker rol als de swingproducent die de buitenlandse afnemers vooral gas levert in de winter, als de vraag het hoogst is. Daardoor konden Noorwegen en de Sovjet-Unie op een relatief constant volume gas blijven leveren, waarmee ze ook hun kostbare langeafstandsinfrastructuur continu konden gebruiken.

Liberalisering van de gasmarkt

Eind 1995 publiceerde minister Wijers de Derde Energienota (EZ 1995) die – tot enige verbazing van het Europese energie-establishment – een radicale verandering voorzag in de organisatie van de Nederlandse gasindustrie. Tot dan toe gold Nederland namelijk als een van de felste tegenstanders van liberalisering van de gasmarkt (Correljé 1997). Met deze nota beantwoordde de overheid echter aan de eisen die door de Europese Commissie werden gesteld aan de organisatie van de nationale gasmarkten in de Europese Unie. Vanaf het begin van de jaren negentig had de Europese Unie, in haar streven naar het totstandbrengen van één gemeenschappelijke Europese markt, het initiatief genomen ook de energiemarkt te liberaliseren en tot één markt om te vormen. De liberalisering van de Europese gasmarkt zou, volgens de Europese Com-

⁶ Tweede Kamer, 1983-1984, 18 100, hoofdstuk XIII, nr. 2.

missie, een groot aantal producenten uit verschillende landen aantrekken, die in concurrentie met elkaar gas zouden gaan aanbieden, waardoor de gasprijzen zouden kunnen dalen. Daarmee zou het bestaande systeem van oliegerelateerde prijzen en langetermijnleveringscontracten plaatsmaken voor zogenaamde 'gas-to-gas competition' (CIEP 2008).

Gedurende de tweede helft van de jaren negentig werden in Nederland de contouren geschetst voor de regulering en herstructurering van de electriciteits- en gasector, uitmondend in de Electriciteitswet (1998) en de Gaswet (2000). Ook werd de Dienst Toezicht Energie (DTe, de latere Energiekamer van de Nederlandse Mededingingsautoriteit (NMa)) opgericht om erop toe te zien dat de bedrijven in de energiesector hun bedrijfsvoering aanpasten, zodanig dat er een concurrerende energiemarkt ontstond (zie De Jong et al. 2005). De nieuwe Gaswet handhaafde de structuur van de sector en de sleutelrol van Gasunie en de Maatschap/NAM, omdat op die manier de coördinatie van de gasinkoop en de afzet van het Slochterenveld en de kleinere velden behouden werd (EZ 1999). Gasunie en de lokale gasbedrijven zouden echter wel moeten gaan concurreren met andere binnen- en buitenlandse gasleveranciers. De nieuwe Gaswet voorzag dan ook in een geleidelijke liberalisering van de verschillende groepen verbruikers. Grootverbruikers waren vanaf 1 januari 1998 vrij om te onderhandelen met andere leveranciers dan Gasunie. Vanaf 1 januari 2002 kregen de middelgrote verbruikers het recht om buiten de lokale gasbedrijven te gaan winkelen, gevolgd door de kleinverbruikers in 2004.

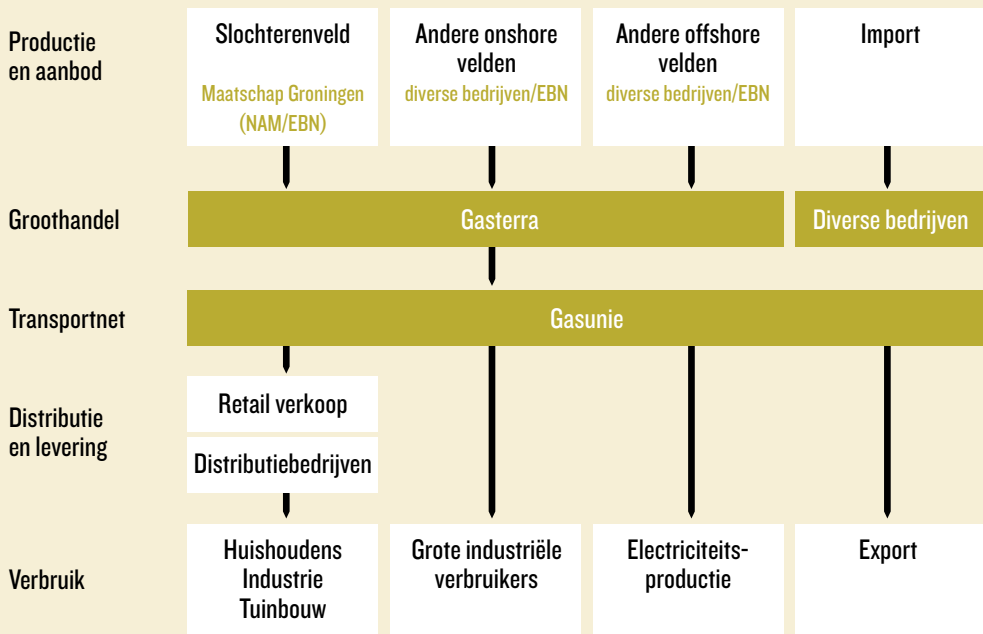
Het zogenaamde *Third Party Access* moest nieuwe Nederlandse en buitenlandse gashandelaren toegang bieden tot de hoge- en lagedruktransportsystemen, zodat ze hun gas in concurrentie met de bestaande bedrijven aan hun afnemers zouden kunnen leveren. Om een non-discriminatoire voorziening van gas-transport en regulerend toezicht mogelijk te maken, diende Gasunie haar hogedruktransportnet 'administratief' af te scheiden van haar handelsactiviteiten. Ook de lokale distributiebedrijven moesten hun netten afscheiden. DTe voerde een systeem van tariefregulering in voor de gastransportnetten, waarmee alle leveranciers tegen gelijke tarieven toegang kregen tot de netwerken. Bovendien moesten de geleidelijk dalende tarieven de netwerkbedrijven aanzetten tot een hogere efficiëntie en lagere kosten. Voor investeringen in de netwerken was goedkeuring van DTe vereist.

Door de toegang tot het transportnet voor derden is er een dagelijkse gasmarkt ontstaan, de *Title Transfer Facility* (TTF). Het gas werd niet meer, zoals voor de liberalisering, door middel van langetermijncontracten tussen de producenten en Gasunie en met distributiebedrijven aan de consumenten geleverd, waarbij de prijzen gerelateerd waren aan de olieprijs. Op de TTF konden de leveranciers en afnemers kleinere hoeveelheden op kortere termijn verhandelen. Daarbij weerspiegelden de prijzen de dagelijkse balans van vraag en aanbod in de 'vrije' markt in plaats van de prijzen van olieproducten; een zogenaamde spotmarkt (Correljé 2005). Het aandeel van deze kortetermijncontracten bedraagt inmiddels rond de 10% van het totale verbruik in Nederland. Dat betekent dat er langzamerhand concurrentie ontstaat op de Nederlandse gasmarkt.

In 2004 werd Gasunie echt opgedeeld in twee verschillende bedrijven: Gasterra en Gasunie. Gasterra bleef eigendom van Shell, Exxon/Mobil en de Staat, als in- en verkoper van het in Nederland gewonnen aardgas. Een 'nieuwe' Gasunie werd voor 100% een staatsonderneming voor het beheer van het nationale hogedruktransmissiesysteem. Ook de lokale distributiebedrijven zouden gesplitst moeten worden indien zij geprivatiseerd zouden worden. De pijpleidingsystemen moesten in eigendom van overheden blijven, om de zekerheid van levering te garanderen.

Het liberaliseringsproces heeft belangrijke consequenties gehad voor het functioneren van het Nederlandse Gasgebouw. Doordat een groot aantal nieuwe Nederlandse en buitenlandse leveranciers toegang tot de markt kregen, heeft Gasunie, later Gasterra, ongeveer een kwart van haar marktaandeel met Nederlands gas verloren aan voornamelijk – goedkoper – geïmporteerd gas. Gasterra heeft dit afzetverlies van Nederlands gas gecompenseerd door meer gas te exporteren. Daarnaast is met de liberalisering ook een einde gekomen aan de Voorzieningszekerheid van de gasvoorziening. Waar Gasunie in het verleden altijd moest zorgen om voor de komende 25 jaar voldoende gas gecontracteerd te hebben, kan Gasterra nu wet-

De structuur van het Nederlandse Gasgebouw (Post 2004)



- De Nederlandse Aardolie Maatschappij BV (NAM), een 50/50 joint venture van Shell en Exxon/Mobil, is verantwoordelijk voor de productie van gas in Groningen en andere concessies.
- De Staat deelt via EBN mee in de exploitatiekosten en de inkomsten van het Slochterenveld via de Maatschap Groningen (40% EBN, 60% NAM) en via de joint ventures met oliemaatschappijen op andere velden.
- Gasterra werd als handelsbedrijf afgesplitst van Gasunie. Gasterra is eigendom van de Staat (10% direct en 40% via EBN), Exxon/Mobil (25%) en Shell (25%) en verantwoordelijk voor de inkoop en de verkoop van in Nederland geproduceerd gas.
- Gasterra is verantwoordelijk voor de export van Nederlands gas naar Duitsland, België, Frankrijk, Groot Brittannië en Italië.
- Derden hebben het recht gas in Nederland te importeren of van Gasunie te kopen en te verkopen aan groot- en kleinverbruikers.
- Gasunie is als netbeheerder verantwoordelijk voor het beheer van het Nederlandse nationale transportnet dat toegang geeft aan ieder die gas wil transporteren.
- De retailverkoop is vrijtoegankelijk voor handelsbedrijven.
- De lokale gasdistributienetten geven toegang geeft aan ieder die gas wil transporteren voor de levering aan kleinverbruikers.

telijk niet meer verantwoordelijk gehouden worden voor de langetermijnvoorziening, omdat Nederlands gas niet langer gereserveerd mag worden voor puur Nederlandse gebruikers. De Voorzieningszekerheid moet nu via de markt ingevuld worden en is de verantwoordelijke van de verbruikers en leveranciers. Wel is er – om de leveringsflexibiliteit voor langere tijd te garanderen – door de overheid een limiet gesteld op de productie van het Slochterenveld van 42,5 miljard m³ over de periode 2006–2015.

De toekomst

Zoals hierboven gezegd voert de Europese Commissie een intensief beleid waarbij de lidstaten gedwongen worden de organisatie van hun gasmarkten en de industrie zodanig aan te passen dat marktwerking mogelijk is. Om verschillende redenen is het echter de vraag in hoeverre dit scenario werkelijkheid zal worden.

Te weinig concurrerende aanbieders

Om tot een daadwerkelijk concurrerende markt te komen is het noodzakelijk dat er een groot aantal aanbieders actief is. Die zijn er misschien wel als we kijken naar de zogenaamde ‘midstream’-handelaren in de verschillende landen, zoals Eon-RuhrGas en RWE in Duitsland, Eni uit Italië en Centrica in Groot-Brittannië. Deze bedrijven kopen echter het grootste deel van hun gas in bij een viertal grote producenten: Rusland, Noorwegen, Algerije en Nederland. Het valt te betwijfelen of deze aanbieders zich door de Commissie tot echte concurrentie zullen laten dwingen, die hun inkomsten zal doen dalen. Zeker aangezien de hele Europese Unie op termijn nog afhankelijker lijkt te worden van producenten buiten Europa, die evenmin genoeg zullen nemen met lage inkomsten.

Alleen in Groot-Brittannië bestaat er een situatie waarin een aantal aanbieders met elkaar concurreert om de klanten, en waar inderdaad (lage) marktprijzen tot stand kwamen. Maar de uitputting van de Britse gasvelden maakt ook dat land weer afhankelijk van de import van Noors en Russisch gas.

Grotere afhankelijkheid van import

Nederland exporteert nu nog gas naar omliggende landen, maar op de middellange termijn, als de Nederlandse velden uitgeput raken, zal daar een einde aan komen. Ook elders in Europa loopt de gasproductie terug. De verwachting is dat in eerste instantie de productie van de *offshore* en de kleinere *onshore* velden zal afnemen. Later zullen de flexibiliteit en de piekproductiecapaciteit van het Slochterenveld afnemen, en uiteindelijk ook de basislastcapaciteit, ondanks de recente investeringen in compressoren die het gas makkelijker uit het veld moeten halen. Hierdoor zal er in toenemende mate gas geïmporteerd moeten worden om aan de vraag te voldoen, en dat geldt eveneens voor andere landen in Europa. Dat gas kan aangevoerd worden via nieuwe langeafstandspijpleidingen uit Noorwegen, Rusland, Algerije en Libië, en mogelijk ook uit landen rond de Kaspische Zee, zoals Iran en Azerbeidzjan. Gazprom gaat nog meer Russisch gas aanvoeren door de Nordstreamleiding via de Oostzee en Noord-Duitsland, waar geen ‘lastige’ doorvoerlanden, zoals Oekraïne en Wit-Rusland, bij betrokken zijn.

Daarnaast zal er in Europa meer gas in vloeibare vorm (Liquified Natural Gas of LNG) worden geïmporteerd uit verafgelegen gebieden als Qatar, Nigeria en Trinidad en Tobago. LNG is gas dat, nadat het uit

de grond is gehaald onder hoge druk en bij lage temperatuur vloeibaar gemaakt wordt, en makkelijk in tankers getransporteerd kan worden, net als olie. Het grote voordeel van LNG is dat het gas beschikbaar maakt uit gebieden die ver van de verbruikers liggen en niet door middel van pijpleidingen vervoerd hoeft te worden. Daarmee wordt de afhankelijkheid van specifieke leveranciers, zoals Rusland en Algerije, minder groot. Ook kan LNG makkelijker verhandeld worden tussen partijen; de tankers kunnen alle kanten op nadat ze geladen zijn. Wel wordt het transport per schip en de aanlanding van LNG soms als risicovol beschouwd vanwege het gevaar van aanvaringen en explosies wat problemen kan opleveren met de locatie van de terminals. In ieder geval vergroot de LNG-optie de totale hoeveelheid winstgevend te produceren gas op de wereld, waarmee mogelijke uitputting nog lange tijd uitgesteld wordt.

Nederland als gasrotonde

Er liggen mogelijkheden voor Nederland om een rol te blijven spelen in de gasmarkt, namelijk als leverancier van flexibiliteit en verdeelcentrum van Noordwest-Europa: de zogenaamde 'gasrotonde'. Binnen Europa moet het geïmporteerde gas worden verdeeld over verschillende landen, waarvoor nieuwe pijpleidingen moeten worden aangelegd. Nederland heeft nu al een uitgebreide gasinfrastructuur die verschillende landen met elkaar verbindt en Gasunie legt meer pijpleidingen aan. Het gas door die leidingen wordt het hele jaar door onafgebroken aangevoerd. Als ook de huidige Russische velden leegraken, waarvan Europa voor zijn import in grote mate afhankelijk is, zal er verder weg in Rusland geproduceerd moeten gaan worden, en hoe groter de afstanden, hoe duurder het wordt om productie en transport af te stemmen op het seizoensafhankelijke verbruik van gas. Daarom moet er zo dicht mogelijk bij de verbruikers meer flexibiliteit worden gecreëerd. Dat kan door gas tijdelijk op te slaan, bijvoorbeeld in lege gasvelden en zoutcavernes, ook al levert dat grote maatschappelijke discussies op. Verder wordt er een LNG-terminal gebouwd in Rotterdam. Al deze maatregelen bieden kansen voor Nederland om deel uit te maken van de gasrotonde van Noordwest-Europa. Hierdoor blijft de Nederlandse gasindustrie van economisch belang, al zullen de handel, de opslag en het transport een grotere rol gaan spelen dan de productie van gas. Dit is echter maar één visie op de toekomst van Nederland als gasland.

Of meer toekomstscenario's?

Aardgas als duurzame energiebron

Er zijn legio andere mogelijkheden voor de rol van aardgas in Nederland. Een belangrijke variabele is het milieu- en klimaatbeleid. Er bestaat inmiddels een stevige wetenschappelijke consensus over de relatie tussen het verbranden van fossiele brandstoffen en het broeikaseffect. Aardgas is schoner dan kolen en olieproducten en geeft minder CO₂-uitstoot. Ook kan aardgas zeer efficiënt worden ingezet, bijvoorbeeld via warmtekrachtkoppeling in de industrie en door tuinders. Hierbij wordt elektriciteit opgewekt door middel van een gasmotor of -turbine, terwijl de hete verbrandingsgassen voor de verwarming van water of lucht gebruikt worden. Dit soort systemen kan op steeds kleinere schaal gebouwd worden, waardoor ze ingezet kunnen worden door steeds meer energieverbruikers. Andere technologieën maken direct gebruik van gas of heet water, waar traditioneel elektriciteit voor de verwarming zorgde, zoals boilers, wasmachines en -drogers, ovens en hogedrukreinigers. Ook worden in zogenaamde zonnegascombiboilers centrale verwarming en warmwatervoorziening gecombineerd, waarbij wordt verhit met zonnewarmte en, als er

geen zon is, met gas. In brandstofcellen – een technologie die nog in ontwikkeling is – wordt gas direct omgezet in elektriciteit. De elektriciteit die op deze manier geproduceerd wordt, hoeft dan niet meer centraal te worden opgewekt. In dit geval vervangt aardgas dus andere ‘vuile’ primaire brandstoffen, zoals kolen. Daarnaast wordt gas ook beschouwd als een ideale back-up brandstof, naast zon en wind, die niet op afroep beschikbaar zijn. Gas wordt daarom ook vaak beschouwd als de meest geschikte energiebron voor de overgang naar een duurzame energievoorziening.

Duurzame alternatieven voor aardgas

Maar er lijkt ook een toenemende politieke bereidheid te bestaan tot het nemen van veel verdergaande maatregelen om de CO₂-uitstoot te reduceren. Energie kan veel efficiënter gebruikt worden en ook kunnen andere energiebronnen worden ingezet, die nog minder of helemaal geen CO₂-uitstoot veroorzaken, bijvoorbeeld windenergie op land en op zee, zonne-energie voor warmte en elektriciteitsopwekking, electriciteitsopwekking door middel van kolen met ondergrondse CO₂-opslag, aardwarmte, warmte- en koudeopslag in de diepe ondergrond, warmtepompen, warmtekracht en energiewinning uit afval en biomassa. Gas uit biomassa, industrieel- en huisafval en slib van waterbodems behoort ook tot de mogelijkheden. Dit geldt als een oplossing voor het afvalprobleem, terwijl er tegelijk meer energie beschikbaar komt. Waterstof is een andere alternatieve CO₂-neutrale energiedrager, die aardgas kan vervangen bij toepassingen waar elektriciteit geen optie is. Het voordeel van waterstof is dat het op vele manieren, al dan niet duurzaam, gemaakt kan worden. Al deze maatregelen kunnen belangrijke gevolgen hebben voor het verbruik van aardgas en de manier waarop het ingezet wordt. Duurzaam opgewekte electriciteit zou weleens een veel belangrijker rol kunnen gaan spelen, vooral in de energievoorziening aan huishoudens, waarmee het gebruik van aardgas daar terugloopt. Als alle electriciteit echt CO₂-vrij moet worden opgewekt, zal het gebruik van gas in de electriciteitssector mogelijk verdwijnen. Als er CO₂ afgevangen en ondergronds opgeslagen gaat worden op grote schaal, zijn kolen misschien weer te verkiezen boven gas, want kolen zijn veel goedkoper. Maar kolen kennen natuurlijk nog andere milieu- en andere nadelen, met name in de winning, het transport en de opslag. Bovendien blijft de hoeveelheid uitgestoten en op te slaan CO₂ bij het gebruik van aardgas toch altijd lager. Dus ook hier zou gas een rol van belang kunnen blijven spelen.

Onzekerheid

Of, op welke manier, en wanneer bovenstaande veranderingen zich zullen voordoen, is vooralsnog niet duidelijk. Wat wel duidelijk is, is dat de beschikbaarheid van gas in belangrijke mate afhankelijk is van verwachtingen over de ontwikkeling van de afzetmarkt, en dat hangt deels af van het Europese en Nederlandse beleid, maar ook van externe omstandigheden, zoals energieprijzen en geopolitieke factoren.

Ten eerste bestaat er onzekerheid over de invloed van het duurzaamheidsstreven op de totale vraag naar aardgas in de toekomst. Die onzekerheid is van invloed op de bereidheid van de gasproducenten om te investeren in de ontwikkeling van nieuwe gasvelden en LNG-faciliteiten, en in transportinfrastructuur. Bovendien lijken er ook in Europa mogelijkheden te bestaan voor de winning van niet-conventioneel gas uit andere geologische structuren dan de gebruikelijke, net als dat sinds enige tijd in de VS gebeurt (EBN 2009). Daarmee zou er mogelijk nog lange tijd gas gewonnen kunnen worden in Europa, maar dat vereist wel dat er zicht moet bestaan op voldoende vraag naar gas. Hier komt bij dat de investeringen in de gaswinning een lange aanlooptijd hebben vanwege de enorme infrastructuur die ervoor nodig is. Tegelij-

kertijd zou dit de afzetmarkt voor Russisch en ander geïmporteerd gas verminderen. De beschikbaarheid van voldoende gas in de toekomst is dus in sterke mate gerelateerd aan de verwachtingen die de mogelijke producenten hebben van de omvang van hun toekomstige afzetmarkt, en de investeringen die men op basis daarvan bereid is te doen.

Een tweede onzekere factor is de manier waarop gas gebruikt zal worden in de toekomst. Tot nu toe werd het gasverbruik voor de verwarming van ruimtes en water door huishoudens en klein-zakelijke verbruikers als hoogwaardig beschouwd, vanwege de relatief hoge prijs waartegen dit gas geleverd werd. Als deze markt wegvalt, omdat er voornamelijk rest- en omgevingswarmte en (deels) duurzaam opgewekte stroom gebruikt zal worden in het kleinverbruikerssegment, blijft er voor gas mogelijk slechts een markt over in de prijsgevoelige industrie en centrale electriciteitsopwekking, waar geconcurrereerd moet worden met laaggeprijsde kolen en kernenergie. Er bestaat echter ook een kans dat gas wél steeds meer ingezet wordt voor decentrale, kleinschalige electriciteitsopwekking en warmteproductie. Dan verschuift de inzet van gas van de laagwaardige centrale electriciteitsopwekking in grote centrales waar geconcurrereerd wordt met kolen en kernenergie naar het hoogwaardiger marktsegment van de kleinverbruikers. Zoals hierboven beschreven zijn de afzetmarkten en daarbij behorende prijsniveaus van groot belang voor de winstgevendheid van mogelijke investeringen in productie en transportinfrastructuur, en daarmee voor de toekomstige beschikbaarheid van gas.

Een derde aspect met betrekking tot de toekomstige rol van gas in de energievoorziening betreft de behoefte aan een goede, op de nieuwe toepassingen aangepaste infrastructuur waarmee gas naar de verbruikers getransporteerd kan worden. De mate van decentralisatie van de elektriciteitsproductie, het gasverbruik in huishoudens, de seizoensafhankelijkheid van het verbruik, de behoefte aan ondergrondse opslag van gas en CO₂, de aanvoer van gas als LNG, de rol van biogassen en, niet te vergeten, de positie van Nederland in de internationale gasmarkt, zijn allemaal aspecten die bepalend zijn voor de behoefte aan infrastructuur. Het gaat dan vooral om nationale en lokale transportleidingen, mogelijkheden voor gas- en CO₂-opslag en het mengen van verschillende kwaliteiten gas, en LNG-terminals. Duidelijk is dat de relatief kleine capaciteit die nodig is voor gasopslag geen beperking vormt voor het construeren van CO₂-opslag. Toch is de aanwezigheid van bepaalde infrastructuren altijd een randvoorwaarde voor specifieke opties voor de aanvoer en inzet van gas en andere vormen van energie. Maar aangezien hier nog weinig zekerheid over bestaat, is het moeilijk voor de beheerders van de infrastructuren daarop te anticiperen. Anticipatie is echter wel van belang, omdat het aanleggen van bepaalde infrastructuren sommige vormen van energieopwekking en -verbruik faciliteert, terwijl het andere opties nadrukkelijk uitsluit. Dat geldt natuurlijk ook voor de op dit moment al aanwezige infrastructuur, waardoor een padafhankelijkheid is gecreëerd in de ontwikkeling van het energiesysteem; in het verleden gemaakte keuzes blijven het systeem voor lange tijd bepalen. Hieruit volgt dat er altijd een zekere mate van coördinatie noodzakelijk is tussen de ontwikkeling van het gebruik van energiesoorten en de daarvoor benodigde infrastructuren.

Nawoord

Terugkijkend zijn verschillende fases zichtbaar in de rol van aardgas in de energievoorziening. Dit historische perspectief geeft aan dat de Nederlandse strategie met betrekking tot aardgas en de energievoorziening als geheel een aantal malen drastisch is gewijzigd onder invloed van onvoorziene en niet-stuurbare

ationale en internationale ontwikkelingen. Door de structuur van de Nederlandse gassector konden de uiteenlopende belangen van de Nederlandse gemeenschap en overheid en die van de oliemaatschappijen echter op gebalanceerde wijze met elkaar verenigd en aangepast worden. Belangrijk was dat het gedeelde eigendom van het Nederlandse Gasgebouw de verschillende partijen een gelijkwaardige toegang tot informatie en inzichten verschafte. Dat versoepelde de mogelijkheden tot coördinatie en compensatie en het afruilen van belangen, ook over langere termijn. Het belangrijkste voorbeeld hiervan is het kleineveldenbeleid, waarbij voorrang werd gegeven aan het langetermijnbelang van het vinden van meer gas in kleinere velden, boven het leegproduceren van het winstgevende Groningenveld.

De grote onzekerheden suggereren dat het lastig – zo niet onmogelijk – is om een robuuste langetermijnstrategie voor de energievoorziening te ontwikkelen. Vooruitkijkend kunnen een aantal forse onzekerheden geïdentificeerd worden die van grote invloed zullen zijn op de toekomstige energievoorziening. Er blijkt daarin een grote variatie mogelijk in de rol en het belang van aardgas en andere energievormen. Het is daarom van belang om adaptieve strategieën te ontwikkelen die rekening houden met veranderingen en trendbreuken (Correljé & Van Geuns 2006).

Gas heeft een goede kans om in ieder geval nog geruime tijd als belangrijke brandstof te blijven fungeren. Er is nog veel gas te winnen, het is veel schoner dan kolen en olie, zowel in het gebruik als in de winning, en het is een handige en efficiënte brandstof. Transport en andere infrastructuur zijn aanwezig en kunnen naar wens aangepast en uitgebouwd worden. Nederland beschikt over een grote gasindustrie, met veel kennis, goede commerciële contacten met het buitenland en een sterke reputatie. Op langere termijn zou het een verspilling zijn om niet te zoeken naar een alternatieve aanwending van de bestaande infrastructuur wanneer de Nederlandse velden leeg raken; dat zou verlies aan werkgelegenheid en inkomsten betekenen.

Als het gas steeds meer vanuit verre streken aangevoerd moet worden, zal de prijs zeker stijgen, wat ongetwijfeld de inzet van alternatieve vormen van energie zal stimuleren, in toepassingen waar dat het meest voor de hand ligt. Het is dan ook noodzakelijk om te investeren in de verbetering van de aanwending en productie van (alle) andere energievormen; traditionele én nieuwe. Dit biedt de grootste kans dat de wetenschappelijke en maatschappelijke doorbraken plaatsvinden die noodzakelijk zijn voor het introduceren van een energievoorziening nieuwe stijl.

Een belangrijke vraag daarbij is hoe de vele actoren op de huidige energie- en gasmarkt deze ontwikkelingen mogelijk zullen gaan maken. Anders dan in het verleden opereren de betrokken bedrijven nu 'standalone' in een marktgedreven of in een gereguleerde omgeving, waarbij de afruil van belangen en compensatie lastig vorm te geven zijn. Informatie is een strategisch goed geworden en wordt dus niet meer gedeeld. Het consumentenbelang lijkt vooral op het kortetermijnbelang van lage prijzen gericht te zijn. En de overheid is gebonden aan Europese regels, die heen en weer gaan tussen het energiebeleid, beperking van de uitstoot van CO₂ en het streven naar marktwerking. Maatregelen die nu genomen moeten worden om op langere termijn de gewenste effecten te hebben op de energievoorziening, zullen hierdoor niet zo maar door de 'markt' genomen worden. Daar zijn sturing en samenwerking voor nodig.

Wat van cruciaal belang is voor de toekomstige energievoorziening en voor de rol van gas daarbinnen, is een duidelijke en breed uitgedragen visie van de overheid op de positie van Nederland als gasproducerend

en consumerend land in de Europese energiemarkt. Een dergelijke visie ondersteunt het bedrijfsleven bij het doen van de meest geschikte investeringen, en verschaft overheden steun bij de lokale aspecten van het energiebeleid, zoals het verlenen van vergunningen, de volkshuisvesting en in de ruimtelijke ordening. Daarnaast geeft een visie energieverbruikers en burgers richting in hun gedrag als koper en gebruiker van energieconsumerende apparaten en diensten.

Referenties

- BP (2009). *BP Statistical Review of World Energy June 2009*. London: BP.
- CIEP (2008). *The Future of European Gas Pricing*. Clingendael International Energy Programme. <http://www.clingendael.nl>
- Correljé, A. & L. van Geuns (2006). 'Signalen uit de oliemarkt. De juiste strategie op het juiste moment. In: *Internationale Spectator* 60, nr. 4, pp. 171-174. <http://www.internationalespectator.nl>
- Correljé, A. (2005). 'Dilemmas in Network Regulation. The Dutch Gas Industry'. In: Künneke R., J. Groenewegen & A. Correljé (eds.). (2005). *Innovations in Liberalized Network Industries. Between Private Initiatives and Public Interest*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Correljé, A.F., J.C. van der Linde & T. Westerwoudt (2003). *Natural Gas in the Netherlands. From Cooperation to Competition?* The Hague: Clingendael International Energy Programme/Oranje Nassau, CIEP.
- Correljé, A.F. (1998). *Hollands Welvaren. De geschiedenis van een Nederlandse bodemschat*. Hilversum: TeleacNOT.
- Correljé, A.F. (1997). 'Naar nieuwe verhoudingen in het energiebeleid'. In: Hout W. & M. Shie Dhian Ho (red.). *Nederland en de gevolgen van de internationalisering. Aanpassing onder druk*. Assen: Van Gorcum, pp. 165-178.
- EBN (2009). *Focus on Dutch Gas*. Utrecht: Energie Beheer Nederland, <http://www.ebn.nl>
- EZ (1999). *Regels omtrent het transport en de levering van gas (Gaswet): MEMORIE VAN TOELICHTING en VOORSTEL VAN WET. Energierapport*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.
- EZ (1995). *Derde Energienota 1996*. Den Haag: Sdu Uitgeverij / Ministerie van Economische Zaken.
- de Jong, J. et al. (2005). *Dertig jaar energiebeleid: van bonzen en polders via markten naar Brussel zonder koolstof*. The Hague: Clingendael International Energy Programme / Ministry of Economic Affairs. Kamerstukken II, 1961-1962, nr. 6767.
- Kielich, W. (1988). *Ondergronds Rijk*. Amsterdam: Uniepers/Gasunie, p. 19.
- Odell, P.R. (1969). *Natural Gas in Western Europe. A Case Study in the Economic Geography of Resources*. Haarlem: De Erven F. Bohn.
- Stewart, D. & E. Madsen (2006). *The Texan and Dutch Gas. Kicking off the European Energy Revolution*. Oxford: Trafford Publishing.
- Tweede Kamer, 1974-1975, 13 122.
- Tweede Kamer, 1979-80, 15 802, nrs. 1-2.
- Tweede Kamer, 1974-1975, 13 109, nr.1.
- Tweede Kamer, 1983-1984, 18 100, hoofdstuk XIII, nr. 2.

ESSAY



Auteurs

Jurgen Ganzevles

Onderzoeker bij het Rathenau Instituut

Kris De Decker

Freelance journalist

De auteurs bedanken Jaco Koek (Essent) en Henk Moll (Rijksuniversiteit Groningen) voor hun feedback op een eerdere versie van deze tekst.

STEENKOOL

Ongemak over het scenario van Nederland als kolenstroomexporteur

Inleiding

Steenkool staat bekend als de fossiele brandstof die de Industriële Revolutie op gang heeft gebracht. Meer en meer lijkt het er op dat steenkool ook de brandstof van de 21ste eeuw zal zijn. De opmars ervan in de wereldwijde energievoorziening is niet te stuiten. Groeicijfers moeten bijna jaarlijks naar boven worden bijgesteld. Vooral China haalt steeds meer steenkool uit de bodem. Dat het land elke week een kolencentrale bijbouwt is een vuistregel geworden onder energiedeskundigen. Steenkool lijkt onontkoombaar om de mondiale energiehonger te stillen.

Nederland lijkt mee te gaan in de wereldwijde trend van meer steenkoolgebruik. De afgelopen jaren zijn plannen gemaakt voor de bouw van zes nieuwe kolencentrales, bovenop de zes centrales die er nu al staan en samen ongeveer 50 procent van de Nederlandse elektriciteit leveren. Deze extra capaciteit is niet alleen bedoeld voor de binnenlandse markt. Dankzij de ideale ligging van Nederland kan steenkool goedkoop worden geïmporteerd (via schip), ter plaatse worden omgezet in elektriciteit (aan koelwater geen gebrek), en vervolgens via koppelingen tussen nationale elektriciteitsnetten aan de omringende landen verder worden verkocht.

Steenkool is de olifant in de porseleinenkast. Het is de goedkoopste, betrouwbaarste en meest voorradige conventionele energiebron. Ze biedt goede kansen om zelfs op wat langere termijn aan de verwachte stijging van het energieverbruik te voldoen. Maar steenkool is tegelijk ook de meest vervuilende energiebron

en de CO₂-uitstoot is het hoogst van alle fossiele brandstoffen. Het grootste obstakel voor de bouw van nieuwe steenkoolcentrales is dan ook de onzekerheid over de politieke aanpak van de opwarming van het klimaat. Een forse CO₂-taks of een strengere Europese emissiehandel zou steenkool in één klap onrendabel kunnen maken.

Het groeiende aandeel van steenkool in de nationale energievoorziening is omstreden, maar niet alleen omwille van de hoge CO₂-uitstoot en luchtvervuiling. Milieuorganisaties wijzen al jaren op de neven-effecten die bij wereldwijde steenkoolwinning optreden. De winning heeft een grote impact op het landschap en het lokale milieu. Een ander belangrijk aandachtspunt vormen de arbeidsomstandigheden en schending van mensenrechten in landen waar steenkool gewonnen wordt.

Dit essay diept de maatschappelijke kwesties die spelen rondom de inzet van steenkool verder uit. Daarvoor duiken we eerst de historie in van steenkool en van de kolenwinning en –toepassing in Nederland. Daarna wordt de groeiende rol van steenkool en de positie van Nederland daarbinnen beschreven. Vervolgens komen de aantrekkelijke eigenschappen van steenkool aan bod, waarna de nadelen en de manier waarop het beleid daarop reageert worden besproken. Daarna worden de technische mogelijkheden onderzocht om de verbranding van steenkool schoner te maken. Tot slot concluderen we dat het scenario van Nederland als kolenstroomexporteur voor ongemak zorgt bij overheid, politiek en milieuorganisaties, maar dat de beleidsmatige speelruimte om deze opmars te stuiten beperkt is omdat het gaat om een Europese liberale energiemarkt en internationale klimaatafspraken.

Historisch perspectief: steenkool vroeger en nu

Geologische geschiedenis

Steenkool is, zoals de meeste andere energiebronnen, een product van zonne-energie. Het is ontstaan uit plantenresten die in moerasgebieden onder verschillende omstandigheden werden samengeperst. De vorming van steenkool begon ongeveer 300 miljoen jaar geleden en ging zo'n 60 miljoen jaar door – een tijdperk dat het “Carboon” wordt genoemd. Nieuwe plantenresten die in het water vielen, kwamen telkens boven op de oude te liggen. De diepere lagen ondergingen een proces van inkoling. Plantenresten werden veen, later turf, toen bruinkool en nog eens miljoenen jaren later was het samengeperst tot steenkool. Dieper weg in de bodem is de koollaag steeds harder geworden – tot het zeer harde anthraciet aan toe (TUDelft 2010). De geologische leeftijd bepaalt de energetische inhoud en andere eigenschappen van de brandstof.

Steenkool van de middeleeuwen tot de Industriële Revolutie

Het grootschalige gebruik van vaste fossiele brandstoffen is veel ouder dan veelal wordt gedacht. Tot aan de 12^e eeuw was hout nagenoeg de enige bron van warmte-energie. Maar vanaf dan groeide de behoefte aan brandstoffen en werd met name in landen en regio's die niet (meer) over nabijgelegen bossen beschikten steeds vaker op alternatieven overgestapt (Cornelisse 2008). Engeland en Wallonië begonnen al in de 13^e eeuw met de ontginning van steenkool voor een aantal industriële toepassingen. Vanaf de 16^e eeuw werd steenkool in Londen op grote schaal ingezet in de industrie en in de huishoudens, met ernstige

luchtvervuiling als gevolg (Perlin 2005). Begin 17^e eeuw was steenkool goed voor driekwart van het brandstofverbruik in Londen (Cornelisse 2008).

In Nederland (en Vlaanderen) werd vanaf de 12^e eeuw overgestapt van hout op turf, een relatief makkelijk toegankelijke delfstof die, zoals eerder beschreven, een intermediaire stap is in de vorming van steenkool. Turf werd in Nederland vanaf de 14^e eeuw op zeer grote schaal gebruikt (Cornelisse 2008). De brandstof werd vrijwel algemeen ingezet in zowel de nijverheid (denk aan bierbrouwerijen, zeepziederijen of tegelbakkerijen) als in de huishoudens voor de haard en het fornuis. Steenkool werd alleen voor specifieke industriële toepassingen gebruikt, voornamelijk in ijzersmederijen en kalkbranderijen. Er werd nauwelijks turf gestoken in Engeland, terwijl de ontginning van steenkool in Nederland pas in de 19^e eeuw op gang kwam. Wel werden beide brandstoffen internationaal verhandeld. In Duitsland en Frankrijk, waar veel meer bossen aanwezig waren, kwam de omslag van hout naar het grootschalig gebruik van vaste fossiele brandstoffen veel later, in de 18^e en 19^e eeuw (Cornelisse 2008).

Winning en toepassing van steenkool in Nederland

De Industriële Revolutie en het algemene gebruik van steenkool kwamen in vergelijking met de ons omringende landen laat op gang in Nederland. Dat had onder andere te maken met het relatief grote belang van de landbouw (Lintsen 1992). In 1890 was slechts 2 procent van het energieverbruik in Nederland afkomstig van steenkool. De steenkoolproductie was nauwelijks gemechaniseerd. De buurlanden beleefden ondertussen een periode van versnelde economische groei. Het gevolg was een toenemende vraag naar steenkool en steenkoolproducten voor de productie van goederen, en voor het vervoer van goederen en personen over het spoor en over water. Daarnaast steeg het welvaartsniveau, en kwam het gebruik van steenkool voor verwarming en andere huishoudelijke doelen binnen het bereik van meer mensen (Peet & Rutten 2009).

De grote vraag naar steenkool in de buurlanden was voor Nederland de aanleiding om de winning van steenkool op een grootschalige, industriële leest te schoeien. Met de aanleg van de eerste Oranje-Nassau mijn vanaf 1893 bij Heerlen begon in Nederland de periode van de ‘moderne’ steenkolenmijnbouw. Er zouden nog drie Oranje-Nassau mijnzetels volgen. Ook een vijftal andere particuliere mijnondernemingen en – zeer ongebruikelijk in die tijd – een staatsmijnbedrijf gingen in Zuid-Limburg steenkool ontginnen (Peet & Rutten 2009; TUDelft 2010b; Gales & Smits 2000). In de Limburgse staatsmijnen werd veel vette steenkool gevonden. Deze steenkoolsoort, die de nodige vluchtige bestanddelen bevat, was niet geschikt voor huishoudelijk gebruik. Er waren fabrieken nodig om deze vette steenkool om te zetten in ‘cokes’, de grondstof voor de metaalindustrie. Bij het omwerken tot cokes komt gas vrij. Dit gas werd aan stedelijke kleinverbruikers geleverd om huizen te verwarmen, te koken en om water te verwarmen (Schipers, Verbong & Small 2000). De particuliere mijnen in Limburg hadden minder mogelijkheden voor het bewerken van de delfstoffen, omdat zij vooral magere – gasarme – en halfvette steenkool produceerden. Deze steenkool werd ingezet voor gebouwenverwarming. Door zelf steenkolen te verstoken, ontwikkelden de mijnen zich bovendien tot leveranciers van elektriciteit (Peet & Rutten 2009). In totaal werd uit de Nederlandse mijnen 568 miljoen ton steenkool gedolven, waarvan de vier Staatsmijnen ongeveer zestig procent voor hun rekening namen (TUDelft 2010b).

Sluiting van de steenkoolmijnen in Nederland

De Limburgse mijnindustrie droeg bij aan de Nederlandse energievoorziening tot in 1974, toen de laatste mijn de productie staakte. Er waren verschillende redenen voor het stopzetten van de mijnbouw, eerst en vooral de opmars van aardolie en aardgas. In 1957 en 1958 zakte de afzetmarkt voor steenkool in Europa in als gevolg van het toenemend gebruik van steeds goedkopere olieproducten. In 1965 besloot de Nederlandse regering tot een omschakeling van de economie en de samenleving van steenkool naar aardgas, dat in grote hoeveelheden in Nederland ontdekt was. Het plan bestond uit de uitfasering van het verbruik van steenkool en uit de sluiting van alle steenkoolmijnen. Begin jaren zestig was de productie van steenkool in Nederland bovendien onrendabel geworden, onder meer door gestegen loonkosten. De Limburgse steenkool kon niet meer concurreren met de geïmporteerde steenkool, die veel goedkoper was (Peet & Rutten 2009; Gales, Smits & Bisscheroux 2000).

Een ander element was de weerzin tegen het zware en ongezonde werk in de mijnen. De industrie had het niet makkelijk om voldoende arbeidskrachten aan te trekken (Peet & Rutten 2009). Boren, beitelen en scheppen, soms liggend in de nattigheid, vroegen veel van het menselijk lichaam. De arbeid was zwaar, vies en gevaarlijk, instortingsgevaar lag altijd op de loer, en de beroepsziekte 'silicose' (vanwege stofontwikkeling) was het lot van vele mijnwerkers. Maar omdat de Nederlandse steenkool zacht was en de lagen onregelmatig, bleven ondanks de voortschrijdende mechanisering van de kolenwinning veel mensenhanden nodig (Gales, Smits & Bisscheroux 2000; Andere Tijden 2005).

Revival van steenkool in de jaren tachtig

Onder druk van de toenemende aardgasconsumptie daalde het binnenlands verbruik tussen 1969 en 1974 sterk. In 1975 bedroeg de nationale steenkoolconsumptie slechts 4 miljoen ton, ruim een miljoen ton minder dan in 1900 (CBS 2010). Maar de terugval van steenkool was van korte duur. Na de oliecrisis in 1973, die duidelijk maakte dat de aanvoer van de moderne alternatieven voor steenkool niet zo betrouwbaar was als gedacht, werd het gebruik van steenkool opnieuw aangemoedigd. De brandstof werd in ere hersteld als een onmisbaar element voor het uitbouwen van een gediversifieerde en betrouwbare energievoorziening. Begin 1980 verscheen een "Kolennota" met een heldere doelstelling: rond 2000 diende elektriciteit voor ten minste 40 procent uit kolen te komen (CIEP 2005). Daarnaast diende ook de industrie een deel van haar verbruik op kolen te baseren. Dat laatste lukte niet echt, maar tijdens de jaren tachtig werden wel opnieuw steenkoolcentrales voor elektriciteitsopwekking gebouwd in Nederland - vier stuks in totaal, en die staan er nog steeds. Tijdens de jaren negentig kwamen er nog eens twee bij.

Het beleid was niet alleen gericht op voorzieningszekerheid en brandstofdiversificatie. Herintroductie van steenkool zou ook bijdragen aan een gematigde prijsontwikkeling van olie en gas. Ook werd er veel aandacht besteed aan technologie om de milieu-effecten te beperken - toen nog hoofdzakelijk gericht op luchtvervuiling. Die technologie zou vooral renderen bij grootschalige elektriciteitsopwekking. Er werd een meerjarig Nationaal Onderzoeksprogramma voor Kolen opgezet, het NOK (CIEP 2005). Dit kreeg een budget mee van circa 350 miljoen euro en was daarmee het grootste onderzoekprogramma ooit door de overheid op touw gezet. Speerpunten op het gebied van verbrandingstechnologie waren de nieuwe wervelbedtechnieken en de kolenvergassing. Veel aandacht was er ook voor de nieuwe mogelijkheden om kolen in industriële warmtekraftkoppeling toe te passen (dus zowel elektriciteit opwekken als de vrijkomende warmte benutten), voor het hergebruik van kolenreststoffen en voor het reinigen van de

rookgassen (CIEP 2005). Het streefdoel van het NOK – 40 procent elektriciteit uit steenkool – werd al halverwege de jaren negentig bereikt (CBS 2010). Anno 2010 komt ongeveer 50 procent van de Nederlandse elektriciteit uit steenkool.

De groeiende rol van steenkool

Belang steenkool groeit op wereldschaal

Hoewel het grootschalige gebruik van steenkool sterk wordt geassocieerd met de begindagen van de Industriële Revolutie, is het verbruik ervan doorheen de twintigste eeuw steeds groter geworden. Dat is opmerkelijk, want steeds meer toepassingen van steenkool werden overgenomen door andere fossiele brandstoffen. Steenkool was aanvankelijk ook een transportbrandstof (voor stoomboten, stoomtreinen en stoomauto's), maar die rol werd ingepikt door aardolie. Steenkool was aanvankelijk ook de brandstof voor verwarmingsdoeleinden, maar die rol werd overgenomen door aardgas. Voor de opwekking van elektriciteit werd steenkool dan weer gedeeltelijk vervangen door opnieuw aardgas, alsook kernenergie en (een klein deel) hernieuwbare energiebronnen.

Maar ondanks het teruglopende aandeel van steenkool in de totale energiemix, wordt er vandaag de dag in absolute hoeveelheden veel meer steenkool verbruikt dan een eeuw geleden - toen er van aardgas, aardolie en kernenergie nog geen sprake was. Dat geldt zowel op nationaal als op internationaal niveau. De verklaring daarvoor is de forse stijging van het totale energieverbruik over die periode. Sinds het begin van de 21ste eeuw is die trend nog sterker geworden. Ook relatief gezien wordt steenkool opnieuw belangrijker in de energievoorziening. De groei sinds het jaar 2000 is voornamelijk het gevolg van de opkomst van de Chinese economie. Maar ook in Nederland is de belangstelling voor steenkool opnieuw toegenomen.

Verwacht wordt dat de rol van steenkool in de toekomst verder zal toenemen. Het International Energy Agency (IEA) gaat ervan uit dat het jaarlijkse wereldwijde kolenverbruik bij ongewijzigd beleid tussen 2004 en 2030 met 74% zal stijgen (IEA 2007). Het is opvallend dat het Internationaal Energie Agentschap sinds 2000 de verwachtingen voor de opmars van steenkool vrijwel jaarlijks naar boven heeft moeten bijstellen, omdat de groei sneller verliep dan gedacht (zie de opeenvolgende versies van de World Energy Outlook 2000 – 2010). Zo voorspelde het Agentschap slechts drie jaar geleden dat het aandeel steenkool zou stijgen van 26% in 2006 naar 29% in 2025 – maar daar zijn we nu met 29,4 procent al voorbij (IEA 2008). De verrassend sterke opmars van steenkool is hoofdzakelijk toe te schrijven aan de opkomst van de Chinese en Indiase economie. Daar is veel extra elektriciteit nodig, die met kolen kan worden opgewekt. Beide landen zijn nu al goed voor de helft van het globale steenkoolverbruik en China neemt maar liefst 90 procent van de extra vraag in de periode 2008 – 2035 voor haar rekening (CIAB 2010; IEA 2008).

Steenkool is ook goed op weg om wereldwijd de meest gebruikte energiebron te worden. Het aandeel van steenkool in de wereldwijde primaire energieconsumptie bedroeg 29,4 procent in 2009, het hoogste percentage dat sinds 1970 werd opgetekend (BP 2010). Steenkool is daarmee een stuk belangrijker dan aardgas en bijna even belangrijk als aardolie: de globale olieconsumptie bedroeg 3.882 miljoen ton, de globale steenkoolconsumptie 3.278 miljoen ton olie-equivalenten en de globale gasconsumptie 2.653 miljoen ton olie-equivalenten (BP 2010). Slechts tien jaar geleden was de rol van steenkool veel kleiner. In 2000 be-

droeg de globale consumptie van steenkool “slechts” 2.338 miljoen ton olie-equivalenten, tegenover 2.176 miljoen ton olie-equivalenten voor aardgas. Olie was toen met voorsprong de belangrijkste energiebron met 3.562 miljoen ton (BP 2010). Kijken we alleen naar de productie van elektriciteit, dan is steenkool verhoudingsgewijs een nog belangrijker energiebron: in 2009 werd 42 procent van alle elektriciteit wereldwijd opgewekt in een steenkoolcentrale (OECD/IEA 2010). In 1973 was dat 38,3 procent (IEA 2010). Hoewel het aandeel steenkool in de elektriciteitsproductie slechts lichtjes steeg, nam de absolute hoeveelheid door steenkool opgewekte elektriciteit op 35 jaar (ongeveer) 3,5 keer toe (IEA 2010).

Steeds meer steenkool in Nederland

Historisch gezien verliep de opmars van steenkool in Nederland grilliger. Het binnenlands verbruik van steenkool verdubbelde tussen 1899 en 1913 van 4,8 miljoen ton naar 10 miljoen ton per jaar (CBS 2010; Peet & Rutten 2009). De consumptie steeg verder naar 10,3 miljoen ton in 1925 en tot 12,5 miljoen ton in 1929. De piek van het binnenlandse kolenverbruik werd bereikt in de periode tussen 1951 en 1965, toen er jaarlijks 17 tot 19 miljoen ton steenkool werd geconsumeerd. Na een terugval tot 4 miljoen ton in 1975 (zie paragraaf ‘Sluiting van de steenkoolmijnen in Nederland’) ging de consumptie weer omhoog, tot 14 miljoen ton in 1995 (CBS 2010; Peet & Rutten 2009). Sindsdien is er opnieuw sprake van een lichte terugloop, tot 11,9 miljoen ton in 2009 (CBS 2010). De daling van de laatste vijftien jaar is voornamelijk het gevolg van minder steenkoolverbruik in de industrie. De hoeveelheid steenkool gebruikt in elektriciteitscentrales daalde slechts licht, van 9 miljoen ton in 1995 tot 8,4 miljoen ton in 2009 (CBS 2011). Als er effectief nieuwe steenkoolcentrales worden gebouwd, dan gaat dit cijfer uiteraard omhoog.

Thans importeert Nederland steenkool uit de Verenigde Staten, Zuid-Afrika, Australië, Polen, Indonesië en Colombia (CE Delft 2007). Een derde hiervan is voor de metaalindustrie, de rest gaat naar zes elektriciteitscentrales op de Maasvlakte en in Nijmegen, Geertruidenberg, Borssele, Buggenum en Amsterdam (EnergieNed 2008). Daar wordt de steenkool, die eerst vermalen wordt tot poeder, verbrand voor stroomproductie. E.ON, Electrabel, Essent, Delta en Nuon produceren daarmee bijna de helft van de Nederlandse elektriciteit.

Naar de toekomst toe lijkt Nederland mee te gaan in de internationale trend van meer steenkool. Beleidswereld, energiebedrijven en kennisinstututen zien nieuwe kolencentrales als een realistische weg om de elektriciteitsvoorziening van Nederland veilig te stellen, zo blijkt uit diverse studies (AER 2008b; CIEP 2007; ECN 2007; EnergieNed 2007; EZ 2008). Met kolen heb je een betrouwbare en goedkope brandstof in huis die nog volop verkrijgbaar is op de wereldmarkt. In Nederland zijn de afgelopen jaren plannen gemaakt voor de bouw van in totaal zes nieuwe steenkoolcentrales voor de opwekking van elektriciteit. Hoeveel daarvan effectief zullen worden gebouwd en in hoeverre ze in de plaats komen van oudere, inefficiëntere centrales, is momenteel onzeker. Het gaat om politiek gevoelige en marktgevoelige informatie, waarover geen uitsluitsel te krijgen is.

Waarom is steenkool zo populair?

Diverse oorzaken

De opmars van steenkool heeft verschillende redenen. Het is de goedkoopste fossiele brandstof, het is de fossiele brandstof waarvan er de grootste voorraden bestaan, en het wordt in meer dan honderd landen ontgonnen, waardoor de geopolitieke risico's veel kleiner zijn dan die van andere fossiele brandstoffen. Tegenover hernieuwbare energiebronnen biedt steenkool het voordeel dat het – net als andere fossiele brandstoffen – op afroep beschikbaar is. Dit alles maakt dat steenkoolcentrales het makkelijkste antwoord zijn op het nog steeds stijgende energieverbruik. De betaalbare aanvoer ervan lijkt nog voor lange tijd gegarandeerd. Het doorvoeren van geïmporteerde steenkool naar andere landen en het omzetten van steenkool in elektriciteit betekent bovendien handel en winst, waarvan ons land gezien de ideale ligging en infrastructuur volop kan meeprofiteren.

De rol van steenkool kan bovendien nog groter worden. Een belangrijk speerpunt van het klimaat- en energiebeleid is het afbouwen van de afhankelijkheid van olie en aardgas. Daarin past bijvoorbeeld de introductie van de elektrische auto en de warmtepomp. Het idee is om olie voor transport en aardgas voor verwarming te vervangen door elektriciteit, die met allerlei energiebronnen kan worden opgewekt. Maar dan moeten er wel elektriciteitscentrales worden bijgebouwd. Volgens het ideale scenario wordt die extra elektriciteit geleverd door hernieuwbare energiebronnen. Ze opwekken via steenkool zou niet of nauwelijks voordelen opleveren op het vlak van CO₂-uitstoot. Maar het zou ons wel minder afhankelijk maken van aardolie en dus de betrouwbaarheid van de energievoorziening een stuk verbeteren. Steenkool kan ook worden omgezet in een vloeibare brandstof via de zogenaamde “Fischer Tropsch”-synthese, waardoor de toepassingen verder toenemen, bijvoorbeeld als vliegtuigbrandstof. De methode is al vijfenzeventig jaar bekend maar wordt zeer beperkt toegepast en dan vooral in Zuid-Afrika, dat veel steenkool bezit maar weinig olievoorraden (van der Laan 1999).

Voorraden steenkool: geen schaarste op korte termijn

Hoewel steenkool de fossiele brandstof met de langste gebruiksgeschiedenis is, zijn de nog resterende bekende voorraden een stuk groter dan die van andere fossiele brandstoffen. Het World Coal Institute, waar belangrijke internationale steenkoolproducenten en belanghebbenden bij zijn aangesloten, stelt dat steenkool met het huidige tempo van binnenlands verbruik en export nog voor 119 jaar in de vraag kan voorzien (WCI 2010). Ter vergelijking: voor olie is dat bij het huidige verbruikstempo slechts 40 jaar en voor aardgas 60 jaar (BP 2010). De bewezen voorraad steenkool bedraagt 700 tot meer dan 800 miljard ton (VKI 2009; BP 2010).

Het is belangrijk op te merken dat de voorraden steenkool in realiteit nog een stuk groter zijn. De “bewezen” of “conventionele” voorraden steenkool zijn die voorraden die aan het huidige prijspeil en met de huidige stand van de techniek rendabel kunnen worden opgehaald. Naarmate de techniek vordert en/of de prijs van steenkool stijgt, zal de grens tussen conventionele en onconventionele voorraden steeds verder opschuiven. De totale omvang van de niet-bewezen voorraad lijkt erg groot te zijn, al lopen de schattingen te ver uit elkaar om er een enigszins betrouwbaar cijfer op te plakken. Ook het verbruikstempo heeft uiteraard een invloed op de resterende voorraden. Door de forse stijging van de vraag naar steenkool sinds

2000 zijn de bewezen voorraden dan ook flink teruggelopen: van 188 jaar in 2002 tot 119 jaar vandaag (IEA 2008). Verwacht wordt dat die bewezen voorraad opnieuw zal stijgen als geplande, nieuwe mijnbouwprojecten van start gaan.

Een beloftevolle techniek voor de uitbreiding van de bewezen voorraden is “Underground Coal Gasification” of UCG, waarmee steenkoolvoorraden op grote diepte als energiebron kunnen worden ingezet. Dat gebeurt niet door de steenkool zelf op te halen, maar door ze ter plaatse te vergassen en vervolgens het gas op te pompen. Met gewone mijnbouwtechnieken is het delven van steenkool op dieptes beneden de 1000 meter meestal niet rendabel – terwijl bijvoorbeeld 60 procent van China’s steenkoolvoorraden dieper dan 1 kilometer ligt. Ook zou de techniek de voorraden steenkool onder de zeebodem rendabel kunnen maken, die met gewone mijnbouwtechnieken niet te ontginnen zijn (IEA 2008). Zowel TNO als TU/Delft hebben kennis op dit gebied. Er zijn ook kritische geluiden te horen: net als bij andere fossiele brandstoffen bestaat de kans dat nieuwe steenkoolvoorraden steeds moeilijker te ontginnen zullen zijn of een mindere kwaliteit hebben, wat de kostprijs en het energieverbruik van de steenkoolproductie zou kunnen doen oplopen.

Voorraden steenkool: verspreid over heel de wereld

Niet alleen de omvang maar ook de verspreiding van de resterende voorraden steenkool is een belangrijk pluspunt. Terwijl de voorraden van olie en gas geconcentreerd zijn in het woelige Midden-Oosten, komt steenkool zowat overal op aarde voor (BP 2010). Een derde van de steenkoolvoorraad ligt in Noord-Amerika, iets minder dan een kwart in China en zo’n 18% in voormalig Rusland (VKI 2009). De keuze van China en India voor steenkool wordt ongetwijfeld mede veroorzaakt door het feit dat deze landen grote steenkoolvoorraden bezitten.

Steenkool wordt op vijf continenten en in meer dan honderd landen ontgonnen. De belangrijkste producenten van steenkool zijn – in die volgorde – China, de Verenigde Staten, India, Australië, Indonesië, Zuid-Afrika, de voormalige Sovjet-Unie, Kazachstan, Polen en Colombia. China produceerde een kwart van de steenkool wereldwijd in 2008 (IEA 2010). Verreweg het grootste deel van de wereldkolenproductie, zo’n 85%, is voor binnenlands gebruik, zo blijkt uit cijfers van de Duitse vereniging voor kolenimporteurs en de Amerikaanse Energy Information Administration (VKI 2009; EIA 2007). De rest wordt geëxporteerd en mondiaal verhandeld. Australië, Indonesië, China, Zuid Afrika en Colombia zijn de grootste kolenexporteurs.

Ook Nederland beschikt over steenkoolreserves. Het is niet zo dat de steenkoolmijnen in Nederland werden gesloten omdat ze uitgeput waren (zie paragraaf ‘Sluiting van de steenkoolmijnen in Nederland’). DSM, het chemiebedrijf uit Limburg dat zich oorspronkelijk met kolenwinning bezighield, heeft nog steeds concessies voor het delven van minstens 1.500 miljoen ton steenkool in de Nederlandse bodem (C2W 2008). Ook onder de Achterhoek, de Peel en Zeeland bevinden zich steenkoollagen (Novem 2001). De resterende steenkoolvoorraad lijkt relatief groot te zijn, al is het bij de huidige steenkoolprijzen en winningskosten niet rendabel om die voorkomens te ontginnen (de Jong 2004).

Steenkool is de goedkoopste fossiele brandstof

De grote en ruim verspreide voorraden van steenkool – alsook het feit dat de arbeidsintensieve ontginning in lageloonlanden plaatsvindt – maken dat de brandstof ook met voorsprong de goedkoopste conventionele energiebron is. In 2010 bedroeg de invoerprijs van steenkool in Nederland iets meer dan 2 euro per gigajoule, terwijl gas op de Europese markt ongeveer 8 euro per gigajoule kostte en de wereldolieprijs ongeveer 13 euro per gigajoule bedroeg (Compendium 2010; World Bank 2010). Steenkool levert meer energie voor hetzelfde geld. Bovendien is het de brandstof met het meest stabiele prijsverloop, al heeft dat imago een deuk gekregen. Sinds het begin van de 21ste eeuw verliep de evolutie van de steenkoolprijs grillig. Tussen 1990 en 2003 bleef de invoerprijs van steenkool in Nederland dicht in de buurt van de 1,5 euro per gigajoule. Maar daarna liep de prijs op, tot een piek van ongeveer 4,5 euro per gigajoule in 2008 (Compendium 2010). Sindsdien zakte de invoerprijs voor steenkool wel wat terug, maar steenkool is niet zo goedkoop meer als het is geweest.

De forse stijging van de steenkoolprijs heeft verschillende redenen. Eerst en vooral was er de sterker dan verwachte vraag naar steenkool vanuit China en India, een vraag die de markt heeft verrast. Daardoor bleef de nodige uitbreiding van de productiecapaciteit uit. Steenkoolontginning vraagt hoge investeringen, die in veel gevallen pas op een termijn van vele jaren rendement opleveren en dus zorgvuldig moeten worden overwogen (Peet & Rutten 2009). Het achterblijven van de ontginningscapaciteit is een tijdelijk probleem: de sterkere vraag zal met enige vertraging tot een uitbreiding van de mijn- en transportcapaciteit leiden (het laatste komt vaak neer op het aanleggen van spoorlijnen). Op termijn zou de steenkoolprijs dus terug moeten dalen (IEA 2008). Een tweede oorzaak voor de hogere steenkoolprijzen zijn de recordprijzen van olie en gas in 2008. De prijs van steenkool wordt op verschillende manieren beïnvloed door de prijs van andere fossiele brandstoffen. Elektriciteitsbedrijven zijn steeds op zoek naar de goedkoopste energiebronnen op de markt, en zullen voor zoverre hun productiepark dat toelaat overschakelen van dure naar goedkopere fossiele brandstoffen. Een soortgelijk effect speelt ook in de industrie. De hoge gasprijzen in 2008 hebben er dus mede voor gezorgd dat er wereldwijd meer steenkool werd verbruikt, en als de vraag stijgt dan gaat de prijs omhoog. Een ander punt is dat de ontginning en het transport van steenkool in grote mate afhankelijk zijn van fossiele brandstoffen, voornamelijk dieselolie en stookolie. De steenkool die in dagbouw gewonnen wordt, vraagt enorme machines die op dieselolie draaien. Bovendien maken transportkosten – via schip of trein – in het geval van steenkool een groot deel van de kostprijs uit. Dat is bij gas en olie – die vaak via pijpleiding wordt vervoerd – niet zo. De energiedensiteit van steenkool is relatief laag, zodat het meer plaats en gewicht inneemt dan andere fossiele brandstoffen.

Hoewel steenkool wellicht altijd de goedkoopste fossiele brandstof zal blijven, ontsnapt ze dus niet aan de effecten van hogere olie- en gasprijzen. In het extreme geval dat de bevoorrading van zowel gas en olie in het gedrang zou komen, met erg hoge prijzen als gevolg, zal ook steenkool vele malen duurder worden: enerzijds door een stijging van de vraag naar steenkool, anderzijds door de afhankelijkheid van olie voor de ontginning en het transport van steenkool. En dit alles wellicht versneld door marktspeculatie – een relatief recent fenomeen voor deze brandstof. De grootste onzekerheid over de prijs van steenkool is evenwel een eventuele CO₂-tax of een verstrenging van de Europese emissiehandel. Zo'n maatregel zou voornamelijk steenkool treffen omdat het in verhouding met andere brandstoffen erg veel CO₂ produceert (zie paragraaf 'CO₂-uitstoot en luchtvervuiling').

Nederland als 'Powerhouse van Europa'

Steenkool is voor Nederland méér dan een goedkope en betrouwbare fossiele brandstof. Ons land zou er ook geld mee kunnen verdienen. Nu al voert Nederland meer dan vijf miljoen ton steenkool door naar andere landen (CBS 2011). Zowel in Amsterdam als Rotterdam en Delfzijl zijn havenkades gereserveerd voor de kolenoverslag. De West-Europese stroommarkt vraagt om goedkope kolenstroom, en Nederland heeft gunstige geografische omstandigheden om die te leveren. Doordat Nederland aan zee ligt en sterk ontwikkelde havenfaciliteiten heeft, is de bulkaanvoer en -doorvoer van kolen per schip makkelijk en is er voldoende koelwater voor de centrales voorhanden. Ook andere fossiele energiebronnen kunnen van de geografische ligging en infrastructuur van Nederland profiteren, en er zijn ook mogelijkheden voor export van windenergie uit de Noordzee. In het Energierapport uit 2008 heeft het ministerie van Economische Zaken dit scenario ook wel het 'Powerhouse van Europa' genoemd (EZ 2008). In het geval van steenkool gaat het dan niet alleen om de toevoer van de brandstof voor centrales elders, maar ook om het exporteren van elektriciteit die in Nederlandse steenkoolcentrales wordt opgewekt. De Noord-West-Europese stroommarkt groeit steeds meer naar elkaar toe (CIEP 2009) door een toename van de interconnecties. Sinds 2008 ligt er een verbinding van Nederland met Noorwegen, in 2011 wordt de verbinding met het Verenigd Koninkrijk operationeel en voor 2013 staat uitbreiding van de verbinding met Duitsland gepland (ECN 2010).

Nederland is dus aantrekkelijk voor grote Europese energiebedrijven met een flink aandeel steenkool in hun portfolio. Het Belgische Electrabel en Duitse E.ON zijn actief geworden op de Nederlandse markt. Het Zweedse Vattenfall is het moederbedrijf van Nuon geworden. Het Duitse RWE heeft Essent overgenomen. Vanuit Nederland willen zij de hier opgewekte elektriciteit verder verkopen in West-Europa. Voorlopig is Nederland nog een netto importeur van elektriciteit, maar het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) noemt de omslag naar exportland "robuust" (ECN 2010). De onderzoekers gaan uit van een uitbreiding van het opgestelde vermogen van 25 GigaWatt (GW), eind 2008, naar circa 35 GW in 2020. Dat is meer dan we in Nederland op kunnen maken. Een deel van de extra capaciteit moet van steenkool komen.

Nadelen van steenkool wekken tegenstand op

CO₂-uitstoot en luchtvervuiling

Steenkool is goedkoop, overal te verkrijgen en ruim genoeg aanwezig om de industriële samenleving nog een tijdje aan te vuren. Het is daarom een oplossing voor de bezorgdheid over het "opraken" van andere fossiele brandstoffen: de winning van olie en gas kost steeds meer moeite, geld en energie. Maar tegenover de vele voordelen van steenkool staat een reusachtig nadeel: de hoge CO₂-uitstoot. Per kilowattuur elektriciteit stoot een state-of-the-art kolencentrale ruim twee keer zoveel CO₂ uit dan een aardgascentrale: 740 tegenover 350 gram (ECN 2007b). Oudere steenkoolcentrales of nieuwe steenkoolcentrales gebouwd volgens de oude designs stoten gemiddeld 900 gram CO₂ per kilowattuur uit (OECD/IEA 2010). Wereldwijd veroorzaken steenkoolcentrales voor elektriciteitsopwekking 42 procent van de CO₂-uitstoot in de energiesector en meer dan 28 procent van de totale door mensen veroorzaakte CO₂-uitstoot (OECD/IEA 2010; IEA 2008). De kolengestookte Maasvlaktecentrale van E.ON, de Amercentrale van Essent en Corus Staal, die steenkool als grondstof gebruiken, staan in de top drie van Nederlandse CO₂-uitstoot. Op de Europese lijst staat de Maasvlaktecentrale op plek 35 (Energieia 2010b).

Nu de opwarming van het klimaat in het middelpunt van de belangstelling staat – dat was niet zo bij de eerste steenkoolrevival in de jaren tachtig – is de enorme CO₂-uitstoot van steenkool een fundamenteel probleem. De bijdrage van deze fossiele brandstof aan de uitstoot van broeikasgassen is zo enorm dat een klimaatbeleid de steenkoolcentrales niet kan negeren. Steenkool produceert bovendien ook relatief veel luchtvervuiling, die de landsgrenzen voorbij gaat (zie bijvoorbeeld (TNO 2010)). Actievoerders en milieuoorganisaties doen er dan ook alles aan om de bouw van nieuwe steenkoolcentrales tegen te houden. Het kabinet-Balkenende-IV formuleerde vergaande klimaatdoelen, maar bracht de boodschap dat het geen vergunningen kon weigeren voor de bouw van drie nieuwe kolengestookte elektriciteitscentrales. Regels daarvoor waren namelijk al vastgelegd door eerdere kabinetten, en dat beleid was toen vooral gericht op liberalisering van de energiemarkt. Oftewel: het creëren van een gunstig vestigingsklimaat in Nederland voor grote buitenlandse investeerders. Bovendien gaat het om een probleem met een internationale dimensie. Er zijn politieke voorstellen geformuleerd om het de bouwers van steenkoolcentrales moeilijk te maken, zoals het invoeren van een “kolentaks” - een wetsinitiatief van Wijnand Duyvendak (GroenLinks) (Tweede Kamer 2008). Zulke voorstellen zijn evenwel moeilijk te verzoenen met de internationale handelsverdragen, ingesteld om vrij verkeer van goederen mogelijk te maken. De uitstoot van steenkoolcentrales wordt bovendien geregeld via het Europese emissiehandelssysteem, waar grote industrieën en elektriciteitscentrales een emissieplafond krijgen opgelegd. Dat systeem is nogal vrijblijvend, omdat de emissierechten, in ieder geval volgens klimaatactivisten, vrij ruim uitgegeven zijn (zie bijvoorbeeld Sandbag 2009). Nederland heeft opties om strenger op te treden, maar een besluit daarvoor komt nauw, omdat het, in de woorden van PvdA-kamerlid Diederik Samsom, gaat om een Europees “waterbed” (Tweede Kamer 2010). Zowel CO₂-uitstoot als werkgelegenheid kunnen naar het buitenland weglekken.

Sociale omstandigheden bij kolenwinning

Een ander punt van bezorgdheid zijn de sociale omstandigheden bij kolenwinning. In 2008 kwam Greenpeace met het rapport ‘De wereld achter kolenstroom’. De dubieuze herkomst van steenkool voor Nederlandse kolencentrales (Greenpeace 2008). Dat onderzoek is tendentieus, omdat het de nadelen van steenkool opsomt zonder aandacht te besteden aan de voordelen, zoals lokale werkgelegenheid. Toch zijn de aangedragen bewijzen dat er zaken grondig mis zijn, overtuigend. Het gaat zowel om mensenrechtenschendingen van omwonenden die helemaal niet van de mijnen profiteren als de arbeidsomstandigheden van arbeiders die er wel een inkomen aan overhouden, maar hun werk onder ongezonde omstandigheden moeten doen. Ook speelt aantasting van het landschap en lokale milieuvuiling een rol. In 2010 besteedde actualiteitenrubriek Netwerk uitgebreid aandacht aan de schending van mensenrechten die veroorzaakt wordt door steenkoolwinning in Colombia en Zuid-Afrika (Netwerk 2010; 2010b; 2010c). Het is onduidelijk hoe de situatie intussen is geëvolueerd, want de bewijsstukken van Netwerk dateren al van enkele jaren geleden. Maar het leidt geen twijfel dat de industrie reactief in plaats van pro-actief optreedt. Via een “steenkolendialoog” werken energiebedrijven en maatschappelijke organisaties ondertussen aan onderling begrip en verbeteringen (NSD 2011).

Een mogelijkheid om de winning van steenkool in het buitenland “properder” te maken is het invoeren van een certificeringssysteem. Zelfs met anonieme tussenhandel is de herkomst eenvoudig na te gaan. Een schip met steenkool dat in Rotterdam aankomt, heeft een vrachtbrief bij zich waar de haven van vertrek in staat – ook al is de lading steenkool op weg naar Europa tijdens de reis al doorverkocht. Bovendien produceert elke mijn steenkool met hele specifieke eigenschappen die in principe in een laboratorium

zijn na te gaan. De demissionair minister van VROM, mevrouw Huizinga-Heringa, wees er op dat zaken niet eenvoudig te veranderen zijn. Je hebt te maken met regelgeving vanuit de WTO, de wereldhandelsorganisatie. Extra eisen aan steenkoolimport zijn strijdig met het idee van vrije wereldhandel. Toch wordt diezelfde route wel gevolgd als het gaat om het transparant maken van ketens voor biomassa. Volgens de minister kan die route ook ingezet worden voor steenkool, al moet men zich realiseren dat daarvoor nog een lange weg te gaan is (Tweede Kamer 2010b).

Brandschoon in plaats van roetzwart – de belofte van schone steenkool

Diverse opties voor schone steenkool

De energiesector probeert het zwarte imago van steenkool om te keren, vooral wat betreft CO₂-uitstoot. Dat gebeurt met imagocampagnes, maar ook met technologie. De industrie past een meersporenbeleid toe om steenkool schoner in te zetten. De basis wordt gevormd door continue innovatie om de efficiëntie te verbeteren en de uitstoot van schadelijke stoffen te beperken. Daarbovenop zijn er twee opties: het bijstoken van biomassa en het afvangen en opslaan van CO₂.

Hogere efficiëntie

Door de jaren heen is het omzettingsrendement van kolen naar elektriciteit bij nieuwe, state-of-the-art steenkoolcentrales gestegen tot boven de 40% (VKI 2009). Restwarmtelevering, zoals bij de Amercentrale gebeurt, kan het rendement verder opkrikken. Door technieken verder te verfijnen is een rendement van 50% te halen tegen 2015 (OECD/IEA 2010). De verbeteringen op het vlak van efficiëntie zouden de CO₂-uitstoot verder kunnen terugbrengen tot ongeveer 600 gram CO₂ per kWh (OECD/IEA 2010). Ook kolenvergassing, een techniek waarbij kolen niet rechtstreeks worden verbrand maar eerst worden omgewerkt tot 'synthesegas', kan de CO₂-uitstoot per kWh van een steenkoolcentrale verlagen (AER 2008). Er zijn echter grote investeringen voor nodig, wat voor partijen een reden is om plannen op te schorten of af te blazen (ECN 2010; Greenpeace 2010; Energiegids 2010; Energieia 2010). De efficiëntie van de nieuwste technologie zegt niets over de efficiëntie van de doorsnee steenkoolcentrale. Een steenkoolcentrale gaat 40 jaar mee, dus het duurt wel even eer de verbeteringen op het vlak van efficiëntie een globaal effect hebben. Het gemiddelde rendement van een steenkoolcentrale bedroeg 35,1 procent in 2007, tegenover 33,5 procent in 1971 (OECD/IEA 2010).

Vergroenen van steenkoolcentrales met biomassa

Het bijstoken van biomassa is een manier om de CO₂-uitstoot van een steenkoolcentrale (maar niet van steenkool zelf) naar beneden te krijgen. De CO₂ die bij plant verbranding vrijkomt is kort daarvoor uit de lucht gehaald door dezelfde plant. Wel zijn er extra emissies voor het bewerken van de landbouwgrond of boomplantage, en voor het gebruik van kunstmest. Ook het transport introduceert energieverbruik en dus CO₂-emissies: de biomassa die in Nederlandse steenkoolcentrales wordt bijgestookt, komt vaak van ver. Biomassa kan met de juiste aanpassingen van de steenkoolcentrale samen met steenkool worden verbrand.

Voor de centrales die gepland of in aanbouw zijn, schermen producenten met verschillende percentages biomassabijstook. RWE/Essent houden het op 10%, onder meer (afval-)hout, houtsnippers en papierpulp (RWE 2010). Wel heeft het bedrijf succesvolle testen uitgevoerd voor een bijstook, gedurende korte termijn, van meer dan 50% biomassa, in de Amercentrale (Essent 2010). E.ON verwacht dat bijstook van 20% op de Maasvlakte realistisch is (E.ON 2010) en Electrabel publiceert een percentage van maximaal 50% bijstook (Electrabel 2010). Factoren die het percentage beïnvloeden zijn technische beperkingen, voldoende aanvoer van biomassa, (on-)zekerheden over langjarige subsidiëring vanuit de Stimuleringsregeling Duurzame Energie plus (SDE+) en een eventuele bij- en meestookverplichting van biomassa.

Samen met energiebedrijven bekijken onderzoekers de mogelijkheden om het bijstookpercentage op te krikken. Zo werkt ECN samen met Vattenfall, het bedrijf dat Nuon overgenomen heeft, aan 'torrefractie' (ECN 2010b). Dit houdt in dat biomassa een warmtebehandeling ondergaat. Daarna wordt het omgezet tot pellets of briketten, waarmee een uniforme, droge brandstof ontstaat die ook buiten opgeslagen kan worden, omdat broei en rotting nauwelijks meer optreden. Bij dergelijke producten spreekt men ook wel over 'biocoal'. Het percentage biomassa zou kan nog hoger kunnen uitvallen met de inzet van een kolenvergasser, waarin biomassa wordt meeergast. Belangrijk is wel dat de biomassa op een duurzame manier wordt geteeld. Als dat niet zo is, kunnen de CO₂-emissies zelfs stijgen in plaats van dalen. Voor de voor- en nadelen van het gebruik van biomassa voor elektriciteitsproductie verwijzen we naar het essay over biomassa, elders in dit boek.

Afvangen en opslaan van CO₂

Het meestoken van biomassa en het verhogen van het rendement doen niets af aan het feit dat de CO₂-uitstoot door steenkool stijgt. Per kilogram gezien wordt steenkool steeds schoner ingezet, maar die winst wordt teniet gedaan als er in de wereld, of in Nederland, steeds meer steenkoolcentrales bijkomen om in de energievraag te blijven voorzien. Dat is anders bij het afvangen en opslaan van de CO₂, het meest ambitieuze plan om steenkoolcentrales "schoon" te krijgen. Deze technologie staat bekend als Carbon Capture and Storage (CCS). 'Capture' houdt in dat er bij een elektriciteitscentrale of een fabriek een installatie komt te staan waarmee de CO₂ uit het bedrijfsproces afgevangen kan worden. Het afgevangen CO₂-gas kan via transportbuizen vervoerd worden naar de opslagplek. 'Storage' betekent dat het CO₂-gas in aardlagen diep onder de grond gepompt wordt (typisch meer dan anderhalve kilometer diep) – bijvoorbeeld in aardgasvelden die al eerder leeggehaald zijn. Er zijn momenteel wereldwijd diverse proefprojecten gepland of in opbouw. CCS kan ook worden toegepast op aardgascentrales (of industriële processen), maar vanwege de hoge CO₂-uitstoot ligt de toepassing ervan op steenkoolcentrales meer voor de hand.

De technologie voor afvang en opslag van CO₂ is nog volop in ontwikkeling en erg duur, maar de potentie voor het terugdringen van de CO₂-uitstoot is in theorie erg groot. De CO₂-uitstoot van een steenkoolcentrale zou met 90 procent kunnen worden teruggebracht, tot ongeveer 60 tot 70 gram CO₂ per kWh (OECD/IEA 2010). Door CO₂-opslag en biomassabijstook te combineren, zijn emissies in theorie zelfs negatief te krijgen. Als vrijwel alle CO₂ bij de centrale wordt afgevangen en opgeslagen, verdwijnt ook de CO₂ in de grond die de planten kort daarvoor aan de lucht hebben onttrokken. De kolen-annex-biomassa-centrale-met-opslag fungeert dan als stofzuiger die de atmosfeer verlost van overtollig CO₂.

De technologie kent heel wat supporters. De Nederlandse overheid, kennisinstellingen en industrie hebben elkaar gevonden in het streven om hierin internationaal voorop te lopen (CATO 2010). Ook een

aantal milieuorganisaties steunt het uitrusten van steenkoolcentrales met CCS (IMSA 2007). Voor het afvangedeelte is in 2009 een demonstratieproject uitgevoerd in Buggenum. Voor proeven met de opslag zijn Barendrecht lange tijd in beeld en ook Drentse en Groningse locaties zijn in principe geschikt. Voor nieuwe kolencentrales eist de overheid dat ze alvast ‘capture-ready’ zijn ingericht (S&Z 2007, p. 27). Er moet dus een plek naast de centrale gereserveerd worden om de afvanginstallatie op een later moment bij te bouwen.

Ondanks het enorme theoretische potentieel, kent het afvangen en opslaan van CO₂ een aantal bezwaren. Ten eerste heeft het afvangen van CO₂ een negatieve invloed op het rendement van de centrale; dat zakt bij een retrofit van een bestaande centrale in met ongeveer 12 procent, zodat er 20 tot 30 procent meer steenkool nodig is om evenveel elektriciteit te produceren (OECD/IEA, 2010). Met andere woorden: het afvangen van CO₂ zou de toegenomen efficiëntie van de afgelopen decennia – en de winsten behaald door de bijstook van biomassa – teniet doen. Wordt CCS toegepast op centrales met een efficiëntie kleiner dan 40 procent, dan levert de technologie zelfs nauwelijks een voordeel op (OECD/IEA 2010). Dat betekent dat momenteel slechts 10 procent van de steenkoolcentrales wereldwijd voor een CCS-retrofit in aanmerking komt (OECD/IEA 2010). Ook rookgasreiniging – een methode om de luchtvervuiling van steenkoolcentrales te verminderen – heeft een negatief effect op het rendement van een centrale.

Een tweede probleem zijn de opslaglocaties. Die zijn er in principe voldoende, ook in Nederland. Veel aardgasvelden zullen leeg zijn als Carbon Capture & Storage op gang zou kunnen komen (AER 2008b; CIEP 2008). Maar die kunnen geen onbeperkte hoeveelheid CO₂-uitstoot opslaan (CIEP 2008). Een steenkoolcentrale produceert elk jaar ongeveer 5 miljoen ton CO₂. Met een gemiddelde levensduur van 40 jaar moet er dan 200 miljoen ton CO₂ worden weggeborgen. De geschatte effectieve opslagcapaciteit voor Nederland bedraagt 800 miljoen ton *offshore* en 600 tot 800 miljoen *onshore* (CIEP 2008). Dat betekent dat in het allerbeste geval de CO₂-uitstoot van 8 steenkoolcentrales onder de grond kan worden gestopt. Maar dat is bijzonder optimistisch, aangezien de berekening van de effectieve opslagcapaciteit geen rekening houdt met lokale omstandigheden zoals de aanwezigheid van een waardevol ecosysteem of protesterende burgers. De opslag op land – die nog in de kinderschoenen staat – lijkt inherent problematisch omdat het draagvlak ontbreekt. Dat bleek onder meer bij het aangekondigde proefproject in Barendrecht, dat intussen door het nieuwe kabinet is stopgezet. Mogelijk ontstaat er ook een competitie op internationaal niveau omdat er niet genoeg opslagplaatsen zijn – dat zou de prijs voor CO₂-opslag verder opdrijven (CIEP 2008). Transport van CO₂ over langere afstanden (zoals naar het enorme Utsira reservoir in Noorwegen) drijft de kosten sowieso op. Ook knabbelt het opnieuw aan de efficiëntie van het hele systeem: niet alleen de installatie van het netwerk kost energie, maar ook het gebruik ervan.

Tot slot

De Europese liberale energiemarktlogica leidt tot nationaal ongenoegen. Vanuit economisch perspectief geredeneerd ligt het voor de hand dat er kolencentrales komen in Nederland. Ons land ligt centraal in de Noord-West Europese elektriciteitsmarkt, heeft goede havenfaciliteiten voor de aanvoer van steenkool per schip en koelwater is ruim voorhanden. Deskundigen verwachten dat we in 2020 meer elektriciteit opwekken dan we zelf gebruiken, nu grote internationale energiebedrijven in ons land centrales, waaronder kolencentrales, willen bijbouwen. Hoe dit uitpakt is nog onzeker. Wel leiden de plannen tot veel

maatschappelijke discussie. Het scenario dat Nederland uitgroeit tot kolenstroomexporteur leidt tot ongemak bij overheid, politiek en milieuorganisaties. Exploitanten van kolencentrales bewandelen meerdere paden om de centrales schoner te krijgen (minder schadelijke emissies; verhogen van het rendement; bijstook van biomassa; proeven met afvang en opslag van CO₂) maar voor de criticasters is dit allemaal onvoldoende. We lijken mee te gaan in de wereldwijde trend van meer steenkool, terwijl de inperking van nadelige effecten geenszins gegarandeerd is.

Bovendien leiden ook de sociale omstandigheden in de keten – van mijnwinning totaan de elektriciteitscentrale – tot discussie. Bij de aankondiging van de sluiting van de Limburgse steenkoolmijnen op 14 december 1965 noemde premier Den Uyl het mijnwerk nog “mensonwaardig”. Ironisch genoeg heeft Nederland zich sinds die tijd nooit echt bekommerd om de arbeidsomstandigheden bij de kolenwinning elders, die de eigen winning verdreef. De laatste jaren lijkt daar verandering in te komen, mede door druk vanuit de media, die de herkomst van steenkool ter discussie stelt.

Daarbij moet wel opgemerkt worden dat de speelruimte voor de Nederlandse overheid ook beperkt is. Nederland is maar een kleine speler op het internationale energie- en klimaatpodium. Een vorm van duurzaamheids certificering, waarbij ook naar sociale omstandigheden gekeken wordt, is een realistische route – zie de vorderingen op dit gebied voor de certificering van biomassa – maar moet ook vooral in internationaal verband gerealiseerd worden. Hetzelfde geldt voor het verlagen van een plafond voor de CO₂ uitstoot van kolencentrales. De CO₂-rechten die Nederlandse kolencentrales niet nodig hebben kunnen zij immers verkopen aan buitenlandse bedrijven, waar de uitstoot alsnog plaatsvindt: alleen een Europese verlaging van het totale plafond zal werkelijk effect sorteren.

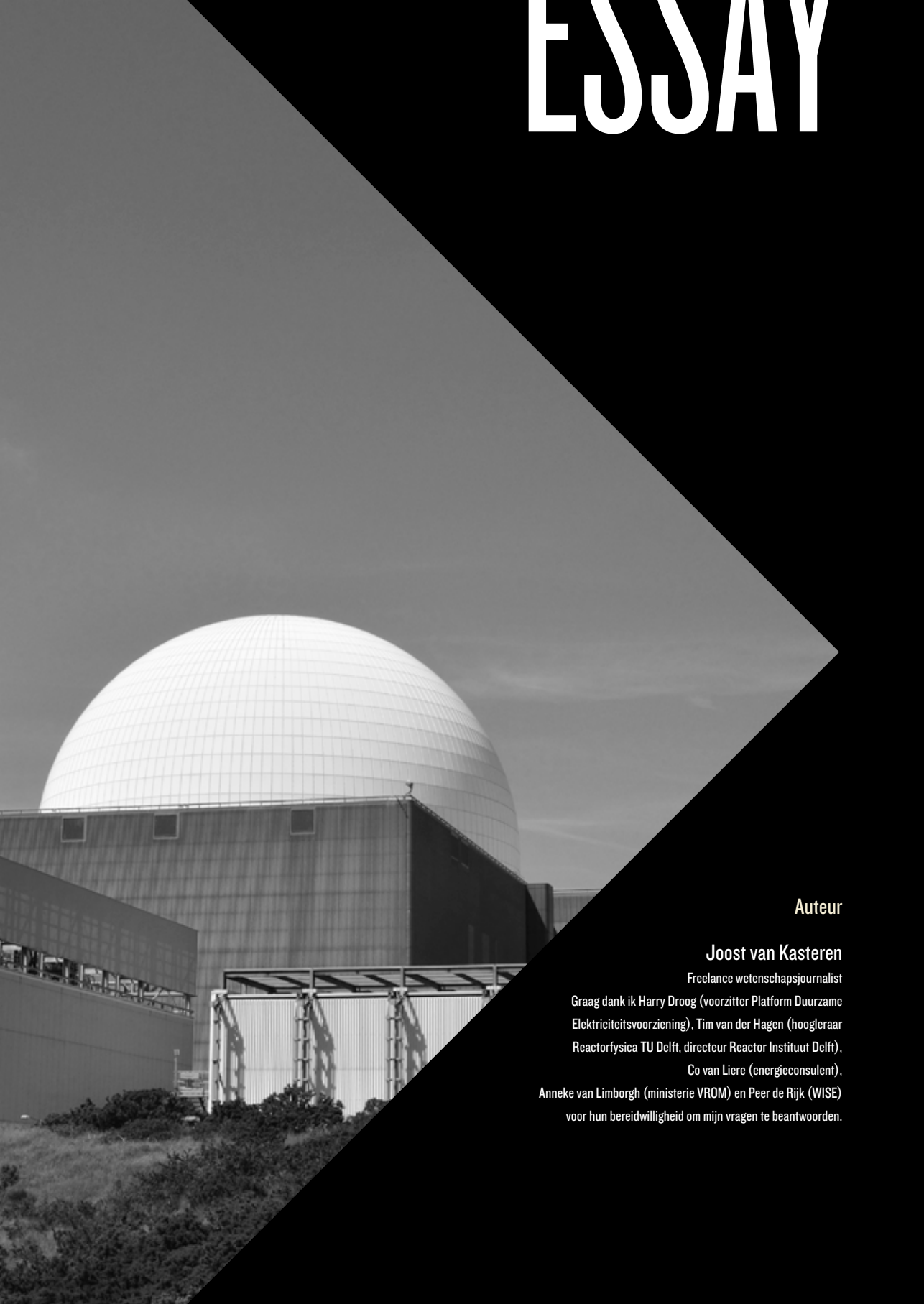
Referenties

- AER (2008). *Brandstofmix in beweging. Op zoek naar een goede balans*. Den Haag: Algemene Energieraad, januari 2008.
- AER (2008b). *Briefadvies. Waterstof uit kolen*. Den Haag: Algemene Energieraad, 2 september 2008.
- Andere Tijden (2005). ‘Mijnsluiting’. In: *Andere Tijden*, VPRO/NPS, uitzending op 13 december 2005.
- BP (2010). ‘BP Statistical Review of World Energy 2010’. <http://www.bp.com>
- C2W (2008). ‘Zwart goud uit Nederland’. In: *Chemisch2Weekblad*, 15 maart 2008 p. 13.
- CATO (2010). ‘CO₂ Capture, Transport and Storage in the Netherlands’. <http://www.co2-cato.nl>
- CBS (2010). ‘Kolen en kolenproducten; historie winning, invoer, uitvoer en productie’. Laatste wijziging op 4/11/2010. <http://statline.cbs.nl>
- CBS (2011). ‘Steenkoolbalans; aanbod en verbruik’. <http://statline.cbs.nl>
- CE Delft (2007). *Nieuwe elektriciteitscentrales in Nederland. De ‘vergeten’ kosten in beeld*. Delft: CE Delft, april 2007.
- CIAB (2010). *International Coal Market & Policy Developments in 2009*, Coal Industry Advisory Board.
- CIEP (2005). *Dertig jaar energiebeleid: van bonzen en polders via markten naar Brussel zonder koolstof*. Den Haag: Clingendael International Energy Programme, februari 2005.
- CIEP (2007). *Putting Coal to the Test: Is Coal Fired Generation Clean, Competitive and Secure?* Den Haag: Clingendael International Energy Programme, december 2007.

- CIEP (2008). *Carbon Capture and Storage: A Reality Check for the Netherlands*. Den Haag: Clingendael International Energy Programme, september 2008
- CIEP (2009). *Energiebeleid en de Noordwest-Europese markt. Brandstofmix en infrastructuur*. Den Haag: Clingendael International Energy Programme, februari 2010
- Compendium (2010). 'Energieprijzen kleinverbruikers, invoerprijs steenkool en wereldolieprijs, 1990-2010'. <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl>
- Cornelisse, C. (2008). *Energiemarkten en energiehandel in Holland in de late middeleeuwen*. Historische Vereniging Holland, 2008.
- de Jong, T. (2004). 'Coal Mining in the Netherlands; the Need for a Proper Assessment'. In: *Geologica Belgica*, 2004, 7/3-4: pp. 231-243.
- ECN (2007). *Beoordeling nieuwbouwplannen elektriciteitscentrales in relatie tot de WLO SE- en GE-scenario's: een quickscan*. Petten: Energieonderzoek Centrum Nederland, februari 2007.
- ECN (2007b). *Vragen over nieuwe kolencentrales in Nederland*. Energieonderzoek Centrum Nederland, 13 december 2007.
- ECN (2010). *Referentieramingen energie en emissies 2010 – 2020*. Petten: Energieonderzoek Centrum Nederland, april 2010.
- ECN (2010b). 'Vattenfall ondersteunt ECN in opschaling torrefactie technologie. Biomassa wordt hoogwaardige brandstof met nieuwe technologie'. <http://www.ecn.nl>, 4 juni 2010.
- EIA (2007). 'International Coal Imports and Exports', <http://www.eia.doe.gov>
- Electrabel (2010). 'Investeren in de toekomst'. <http://www.electrabel.nl>, bekeken op 15 juli 2010.
- Energiea (2010). 'Te weinig subsidie factor bij afblazen kolenvergasser', <http://www.energiea.nl>, 25 maart 2010.
- Energiea (2010b) 'Amercentrale stoot veel meer CO₂ uit, Gelderlandcentrale veel minder', <http://www.energiea.nl>, 26 mei 2010.
- EnergieNed (2007). *Energieagenda Energie 2007 – 2020. Ambities op energiegebied en benodigde overheidsacties voor het project 'Schoner en zuiniger'*. Arnhem: Energiened.
- EnergieNed (2008). 'Fact Sheet kolen'. <http://www.energiened.nl>, 6 mei 2008.
- EnergieGids (2010). 'Geplande kolenvergasser Shell en Essent financieel onhaalbaar'. <http://www.energiegids.nl>, 19 maart 2010.
- Essent (2010). 'Amercentrale Essent zet historische stap richting biomassacentrale'. Persbericht Essent, 28 juni 2010.
- E.ON (2010). 'Nieuwe centrale'. <http://www.eon-benelux.com>, bekeken op 15 juli 2010.
- EZ (2008). *Energierapport 2008*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.
- Gales, B. & Smits, J. (2000). 'Een Nederlands scheppingsverhaal'. In: Schot et al. (red.). *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw. Deel II: Delfstoffen, energie, chemie*. Eindhoven: Stichting Historie der Techniek/Walburg Pers, pp. 28 – 43.
- Gales, B., Smits, J. & Bisscheroux, R. (2000). 'Steenkolen'. In: Schot et al. (red.). *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw. Deel II: Delfstoffen, energie, chemie*. Eindhoven: Stichting Historie der Techniek/Walburg Pers, pp. 44 – 65.
- Greenpeace (2008). *De wereld achter kolenstroom. De dubieuze herkomst van steenkool voor Nederlandse kolencentrales*. Amsterdam: Greenpeace Nederland.
- Greenpeace (2010). 'Kolencentrale van Essent en Shell van de baan'. <http://www.greenpeace.nl>, 18 maart 2010.
- IEA (2007). *World Energy Outlook 2007*. Parijs: International Energy Agency.

- IEA (2008). *World Energy Outlook 2008*. Parijs: International Energy Agency.
- IEA (2010). '2010 Key World Energy Statistics'. <http://www.iea.org>
- IMSA (2007). *Zwart, grijs of groen? Analyse van het maatschappelijk krachtenveld rond de bouw van nieuwe kolencentrales in Nederland*. IMSA Amsterdam, december 2007.
- Laan, G. van der (1999). *Kinetics, Selectivity and Scale Up of the Fischer-Tropsch Synthesis*. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen, 9 april 1999.
- Lintsen, H. (1992). *Geschiedenis van de techniek in Nederland. De wording van een moderne samenleving 1800 - 1890. Deel I*. Walburg Pers, Zutphen.
- Netwerk (2010). 'Energiebedrijven medeplichtig aan moord'. In: *Netwerk*, uitzending 29 juni 2010.
- Netwerk (2010b). 'Energiebedrijven medeplichtig aan moord – deel 2'. In: *Netwerk*, uitzending 1 juli 2010.
- Netwerk (2010c). "'Import 'bloedkolens' moet transparant'". In: *Netwerk*, uitzending 8 juli 2010.
- Novem (2001). *Potential for CO₂ Sequestration and Enhanced Coaled Methane Production in the Netherlands*. Novem: Utrecht, maart 2001.
- NSD (2011). 'Nederlandse Steenkool Dialoog: Werken aan onderling begrip en bijdragen aan verbeteringen. Bespreking van de eerste fase en aanbevelingen voor de tweede fase'. 4 februari 2011. <http://www.peopleplanetprofit.be>
- OECD/IEA (2010). *Power Generation from Coal: Measuring and Reporting Efficiency Performance and CO₂ Emissions*. Parijs: Organisation for Economic Co-operation and Development/International Energy Agency/Coal Industry Advisory Board.
- Peet, J. & Rutten, W. (2009). *Oranje-Nassau Mijnen: een pionier in de Nederlandse steenkolenmijnbouw 1893-1974*. Zwolle: Oranje-Nassau Groep / Waanders Uitgevers.
- Perlin, J. (2005). *A Forest Journey: the Story of Wood and Civilization*. Woodstock: The Countryman Press.
- RWE (2010). 'Energiecentrale Eemshaven', <http://www.rwe.nl>, bekeken op 15 juli 2010.
- Sandbag (2009). *ETS S.O.S: Why the flagship 'EU emissions trading policy' needs rescuing*. Sandbag (UK). Juli 2009.
- Schippers, J., Verbong, G. & Small, J. (2000). 'Schaalvergroting in de gasvoorziening'. In: Schot et al. (red.). *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw. Deel II: Delfstoffen, energie, chemie*. Eindhoven: Stichting Historie der Techniek/Walburg Pers, pp. 160 – 173.
- S&Z (2007). *Werkprogramma Schoon en Zuinig*. Den Haag: diverse ministeries.
- TNO (2010). *Contribution of Power Plant Emissions in the UK and the Netherlands to Air Quality and Deposition in the Netherlands*. Utrecht: TNO, 12 april 2010.
- TU Delft (2010). 'Geologie en steenkool'. <http://www.citg.tudelft.nl>
- TU Delft (2010b). 'Steenkolenwinning in Nederland: inleiding'. <http://www.citg.tudelft.nl>
- Tweede Kamer (2008). *Voorstel van wet van het lid Duyvendak tot wijziging van de Wet belastingen op milieugrondslag in verband met het beperken van de emissies van broeikasgassen door kolengestookte elektriciteitscentrales (beperking emissies kolencentrales)*. TK 31 362.
- Tweede Kamer (2010). *Handelingen Tweede Kamer 2009 – 2010. Beperking emissies kolencentrales*. TK 85-7155.
- Tweede Kamer (2010b). *Vragen van het lid Koopmans aan de minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer over het bericht "Energiebedrijven kopen besmette steenkool"*. TK 92-7594.
- VKI (2009). *Annual report 2009, Facts and trends 2008/2009*. Hamburg: Verein der Kohlenimporteure.
- WCI (2010). 'Coal Will Last Us for At Least the Next 119 Years'. World Coal Institute, <http://www.world-coal.org>, 4 november 2010.
- World Bank (2010). 'Commodity Price Data'. <http://worldbank.org>

ESSAY



Auteur

Joost van Kasteren

Freelance wetenschapsjournalist

Graag dank ik Harry Droog (voorzitter Platform Duurzame Elektriciteitsvoorziening), Tim van der Hagen (hoogleraar Reactorfysica TU Delft, directeur Reactor Instituut Delft),

Co van Liere (energieconsulent),

Anneke van Limborgh (ministerie VROM) en Peer de Rijk (WISE)

voor hun bereidwilligheid om mijn vragen te beantwoorden.

Inleiding

Als je het tien jaar geleden aan de experts had gevraagd, zou het antwoord tamelijk eensluidend zijn geweest: kernenergie is een gepasseerd station voor Nederland. Maar onzekerheid over de aanvoer van fossiele brandstoffen, angst voor klimaatverandering en hoge kosten voor hernieuwbare energie leiden vandaag de dag tot een minder eensluidend antwoord. Het benutten van de energie die vrijkomt bij kernsplijting is daarmee weer bespreekbaar geworden.

Opvallend is dat de huidige discussie over kernenergie veel zakelijker wordt gevoerd dan tien, vijftien jaar geleden. De visies verschillen nog steeds hemelsbreed, maar kernenergie wordt niet meer gezien als het ultieme kwaad of de ultieme oplossing. Meer als een mogelijke optie voor de elektriciteitsvoorziening met voor- en nadelen. Waarbij voor de een de voordelen zwaarder wegen dan de nadelen, terwijl dat voor de ander net andersom is.

Sinds energiebedrijf Delta in juni 2009 begonnen is met de procedure voor een milieu-effectrapportage (MER) voor een tweede kernenergiecentrale in Borssele, vindt er een stevige discussie plaats. Weliswaar heeft het kabinet-Balkenende IV geen besluit genomen over de vergunningverlening voor nieuwe kerncentrales, maar de voorbereidingen voor zo'n besluit waren wel in gang gezet. In het regeerakkoord van het kabinet-Rutte is afgesproken dat vergunningen voor de bouw van een of meer nieuwe kerncentrales die voldoen aan de eisen worden ingewilligd (Anonymous 2010). Anders dan indertijd na het kernonge-

val in Tsjernobyl in 1986, waardoor kernenergie volstrekt uit den boze raakte, lijken de perikelen rond de kerncentrales in het Japanse Fukushima in maart 2011, nauwelijks effect te hebben op de publieke opinie over kernenergie en de plannen van de Nederlandse regering.

In dit essay gaan we in op de maatschappelijke discussiepunten rondom kernenergie. Na een korte geschiedenis van kernenergie in Nederland, wordt een overzicht van de huidige discussiepunten gegeven die spelen rond de toepassing van kernenergie. Daarna worden de verschillende posities in het debat over kernenergie verkend, waarmee tegelijk een richting wordt gewezen voor het voeren van een vruchtbare dialoog over kernenergie in de toekomst.

Korte geschiedenis van kernenergie in Nederland

Voorgeschiedenis 1945–1955

Nederlandse natuurkundigen waren er als de kippen bij toen Hahn, Strassmann en Meitner eind jaren dertig ontdekten dat uranium zich liet splijten door een bombardement van neutronen, een kettingreactie waarbij enorme hoeveelheden energie vrijkomen. Al in 1939 werden 200 vaatjes uraniumoxide aangeschaft in het toenmalige Belgische Congo voor een eventuele experimentele reactor (Lagaaij & Verbong 1998).

Het uitbreken van de oorlog gooide roet in het eten, maar een half jaar na het einde van de oorlog werd het Comité voor Kernfysica opgericht met als doel het ontwikkelen en bouwen van een experimentele reactor. Weer een half jaar later – in april 1946 – werd de Stichting Fundamenteel Onderzoek der Materie opgericht voor het doen van wetenschappelijk onderzoek op het gebied van de kernfysica. De belangstelling was vooral wetenschappelijk, maar wel met een open oog voor het mogelijke belang van kernsplijting voor de energievoorziening van Nederland.

Opvallend genoeg speelde de vrees voor atoomwapens indertijd nog vrijwel geen rol, hoewel er minder dan een jaar daarvoor twee atombommen waren ontploft boven Hiroshima en Nagasaki. Misschien dat de impact daarvan pas later doordrong, toen het gevaar dichterbij kwam op het moment dat de Sovjet-Unie in 1949 haar eerste kernwapen beproefde. Toch zou het ook daarna nog een jaar of tien duren voor de ‘Ban de Bom’-beweging ontstond.

Wisselende perspectieven 1955–1965

Nadat de Amerikaanse president Eisenhower in 1953 zijn programma voor het vreedzaam gebruik van kernenergie ontvouwde in zijn beroemde lezing ‘Atoms for Peace’ voor de Verenigde Naties (Eisenhower 1953), zette ook de Nederlandse regering stappen om de belofte van kernenergie in te lossen. Mede op aandringen van FOM kwamen de ministers van Onderwijs, Kunsten en Wetenschappen en van Economische Zaken in 1955 met hun ‘Nota inzake het in Nederland te verrichten onderzoek op het gebied van kernreactoren en hun toepassingen’ (Cals & Zijlstra 1955). In de nota werden plannen ontvouwd om te komen tot de ontwikkeling van een Nederlandse reactor, waarvoor onder meer het Reactor Centrum Nederland werd opgericht, de nucleaire voorloper van het huidige ECN in Petten. Het ontwerpprogramma kreeg de naam NERO (Nederlands Eerste Reactor Ontwerp).

Het streven naar een eigen Nederlandse kernreactor kreeg in 1956 een flinke stimulans toen de president van Egypte – Nasser – het Suezkanaal afsloot, waardoor de toevoer van aardolie stagneerde. Deze eerste oliecrisis was voor de regering aanleiding om in 1957 de Nota inzake de Kernenergie uit te brengen (Zijlstra 1957). Daarin werd een duidelijk pad uitgestippeld voor het inzetten van kernenergie tot 1975. In dat jaar zou, zo was de verwachting van de regering, meer dan een derde van het dan opgestelde elektrisch vermogen (3.000 van de bijna 9.000 MW) worden geleverd door kernenergie. Om dat te realiseren moest er in 1964 al 300 MW zijn opgesteld.

Vrij concrete plannen dus, die de industrie verleidden tot het oprichten van een consortium – Neratoom – voor het ‘vrijmaken van kernenergie’ (Lagaaij & Verbong 1998). Daarnaast werd in de Nota een ontwerp Kernenergiewet aangekondigd met daarin onder meer aandacht voor de veiligheid van centrales en het gevaar van proliferatie.

Ook het maatschappelijk draagvlak voor kernenergie was groot. De tentoonstelling ‘Het Atoom’ die in 1957 in de RAI in Amsterdam werd gehouden trok duizenden bezoekers. Het enige tegengeluid kwam in die tijd van de Communistische Partij Nederland. Die verzette zich niet tegen kernenergie als zodanig, maar wel tegen het onderzoek naar verrijking van uranium, omdat dat de atoombom in handen van Duitse ‘revanchisten’ zou brengen (Waarheid 1960).

De inkt van de Nota inzake Kernenergie uit 1957 was nog nauwelijks droog – de nota was zelfs nog niet eens in het parlement besproken – toen de situatie drastisch veranderde. Nadat de Suez-crisis was bezworen, vloeide de olie weer in grote hoeveelheden van het Midden-Oosten naar West-Europa.

In 1959 werd bovendien vastgesteld dat Nederland beschikte over enorme voorraden, makkelijk winbaar aardgas. Zoveel zelfs dat men zich zorgen maakte of het aardgas wel kon worden afgezet, als kernenergie zijn beloften op korte termijn zou waarmaken. In de bijgestelde Nota inzake Kernenergie, die in 1961 verscheen, werd kernenergie daarom van noodzakelijke optie voor de korte termijn tot een interessante oplossing voor de lange termijn (De Pous 1961).

Droom in duigen 1965–1970

In die bijgestelde nota nam het project om een Nederlandse kerncentrale te ontwikkelen en te bouwen, NERO, nog steeds een belangrijke plaats in. Die droom viel echter in duigen toen de samenwerkende elektriciteitsbedrijven besloten om hun Gemeenschappelijke Kerncentrale Nederland (GKN) in Dodewaard te laten bouwen door het Amerikaanse General Electric. En in 1969 besloot de Provinciale Zeeuwse Elektriciteitsmaatschappij (PZEM, de voorloper van het huidige Delta) om een kerncentrale van 300 MW te laten bouwen door Kraftwerk Union, een samenwerkingsverband van de Duitse bedrijven Siemens en AEG (Lagaaij & Verbong 1998). De keuze voor buitenlandse bedrijven werd voor een deel ingegeven door de economie, met name de prijs per kWh, en voor een deel doordat het ontwerp van deze centrales zich al had bewezen.

De Nederlandse industrie was niet gelukkig met de acties van de elektriciteitsbedrijven. In 1970 drong de Industriële Raad voor de Kernenergie er bij de minister van Economische Zaken op aan dat voor een derde kerncentrale alleen een offerte zou worden gevraagd bij Nederlandse bedrijven of consortia. Het probleem was echter dat de Nederlandse industrie niet beschikte over de ontwerpcapaciteiten om een

kerncentrale te bouwen. Ondanks alle inspanningen bleef men daarvoor afhankelijk van samenwerking met buitenlandse bedrijven (Lagaaij & Verbong 1998).

Eind jaren zestig begon ook het maatschappelijk draagvlak voor kernenergie scheuren te vertonen. Ongevallen en bijna-ongevallen leidden binnen de opkomende milieubeweging tot discussies over de gevaren van kernenergie en de mogelijke gevolgen van radioactieve straling (Laka 2007). In vervolg op de eerdere acties van de CPN begonnen daarnaast ook andere groepen zich te roeren over het gevaar dat kennis over het verrijken van uranium met ultracentrifuges (een in Nederland ontwikkeld proces) kan leiden tot de verdere verspreiding van atoomwapens. Achteraf hebben ze gelijk gekregen. De ontwikkeling van de Pakistaanse atombom is mogelijk gemaakt doordat de Pakistaanse metaalkundige Abdul Qadeer Khan als onderzoeker toegang had tot geheime informatie over uraniumverrijking in Nederland (Anonymous 2009).

De omslag 1970–1980

De voorgenomen bouw van de kerncentrale in Borssele leidde tot vele bezwaarschriften, waaronder die van vrijwel alle bewoners van de drie dorpen in de buurt (Laka 2007). Ook werd enkele jaren later gedemonstreerd tegen de voorgenomen bouw van een tweede kerncentrale, Borssele II. Het waren maar speldeprikjes, zelfs in combinatie met acties in Almelo tegen de ultracentrifugefabriek daar, maar ze zorgden er wel voor dat het zaad van de twijfel wortel kon schieten.

Een belangrijke impuls voor het maatschappelijk verzet tegen kernenergie was de zogeheten Kalkarheffing, een verhoging van de elektriciteitsprijs met 3% om de Nederlandse deelname aan een snelle kweekreactor te financieren. Deze ‘Schnelle Brüter’, een gezamenlijk project van Duitsland, België en Nederland, werd net over de grens bij Nijmegen, in Kalkar, gebouwd. De bedoeling was dat de kweekreactor meer brandstof kweekte dan hij nodig had.

Omdat er mensen waren die de Kalkarheffing weigerden te betalen en deze weigeraars werden afgesloten van het elektriciteitsnet, kreeg de actie veel publiciteit. Daardoor werden de al bestaande aarzelingen over kernenergie ook bij niet-weigeraars versterkt. Het pas aangetreden kabinet-Den Uyl kon weinig anders dan de duur van de heffingsperiode inkorten. Daarnaast werd weigeraars de gelegenheid geboden om hun heffing in een fonds voor alternatieve energie te storten. Hiermee werd de angel uit de weigeractie gehaald, maar de aarzeling bleef bestaan.

De regering zat in een lastig parket. Aan de ene kant was men zich wel bewust van de aarzelingen bij de bevolking. Aan de andere kant had de oliecrisis van 1973 duidelijk gemaakt waartoe een al te grote afhankelijkheid van de landen in het Midden-Oosten kon leiden. Als reactie op de energiecrisis werd in de Energienota, die in 1974 verscheen (Lubbers 1974), fors ingezet op besparing – een wereldbol als opbrandende kaars sierde de omslag – en diversificatie, oftewel de spreiding van energiebronnen.

Hoewel het thema politiek gevoelig lag, vormde de bouw van drie kerncentrales van elk 1.000 MW een speerpunt in het diversificatiebeleid. Die centrales zouden voor 1985 gebouwd moeten worden, wat in hield dat in 1976, uiterlijk 1979, met de voorbereidingen moest worden begonnen. Vanwege de politieke gevoeligheid werd echter eerst nog een studiefase ingelast, inclusief een risicoanalyse van de splijtstofcyclus, de milieu- en gezondheidseffecten en de vestigingsplaats.

In de tweede helft van de jaren zeventig was het maatschappelijk verzet tegen kernenergie alleen maar toegenomen. Actievoerders blokkeerden toegangswegen naar de kerncentrales in Dodewaard en Borssele en de ultracentrifugefabriek in Almelo (Laka 2007). De kweekreactor in aanbouw in Kalkar is meerdere malen doelwit van acties en demonstraties geweest, en de boortorens waarmee proefboringen werden uitgevoerd naar de mogelijke opslag van radioactief afval in ondergrondse zoutkoepels, werden bezet.

De acties vonden breed weerklank, niet alleen onder de bevolking, maar ook bij de (progressieve) politieke partijen, vakbonden, kerken en onder wetenschappers. Naast de dreiging van proliferatie was er in de media veel aandacht voor ongevallen en bijna-ongevallen. Met name het ongeval in de kerncentrale op Three Miles Island (Harrisburg) in de Verenigde Staten (1979) sloeg een deuk in het vertrouwen in de veiligheid van kernenergie (NRC 2009).

Einde van de nucleaire optie 1980–1990

In de sfeer van onzekerheid over de veiligheid van kernenergie die er heerste, kwam de regering in '79/'80 met de tweede Nota Energiebeleid. Deel III, dat begin 1980 verscheen (Van Aardenne 1979), had de brandstofinzet van centrales als onderwerp. Volgens de regering was het ondanks besparing en diversificatie noodzakelijk dat er de komende tien jaar drie kerncentrales van 1.000 MW moesten worden gebouwd. Voor het jaar 2000 zouden er nog eens drie gebouwd moeten worden.

De nota vormde de inzet van de Brede Maatschappelijke Discussie Energiebeleid, die tussen 1981 (instellen van de Stuurgroep) en 1984 (publicatie van het Eindrapport) werd gevoerd. Het was inderdaad een 'brede' discussie met honderden lokale bijeenkomsten (20.000 deelnemers), vragenlijsten (26.000 ingevuld retour) en ruim 200 reacties uit het maatschappelijk middenveld.

De uitkomst van de BMD was dat slechts een vijfde van de individueel bevroegde Nederlanders voorstander was van uitbreiding van kernenergie. Van een krappe meerderheid mogen de bestaande centrales in Dodewaard en Borssele openblijven. Een duidelijke meerderheid van de deelnemers aan de BMD vond dat het gebruik van duurzame bronnen zo snel mogelijk moest worden onderzocht en toegepast (Stuurgroep 1984).

Ondanks die uitkomst van de BMD besloot het toenmalige kabinet-Lubbers in januari 1985 tot de bouw van minimaal twee kerncentrales (Anonymous 1985/1986). Terwijl de voorbereidingen voor de Planologische Kernbeslissing in gang waren gezet, vond op 26 april 1986 een ernstig ongeval plaats in een van de vier kernreactoren in Tsjernobyl (tegenwoordig Oekraïne), waarna een radioactieve wolk richting West-Europa dreef.

Hoewel de gevolgen voor Nederland achteraf meevielen, betekende het ongeval wel het einde van de bouwplannen van de regering en van de transitie naar een nucleaire elektriciteitsvoorziening. In 1989 liet de toenmalige minister De Korte van Economische Zaken weten dat hoewel nieuwe kerncentrales niet zouden worden uitgesloten, een besluit over de bouw van kerncentrales werd uitgesteld (de Korte 1989). De kerncentrales in Borssele en Dodewaard bleven nog wel open, maar dat was het dan.

Nucleaire stilte 1990–2000

Uitstel van het besluit tot het bouwen van een of meer kerncentrales betekende niet dat er niets gebeurde. In 1992 berichtte de toenmalige minister van Economische Zaken, Andriessen, de Kamer over de voortgang van een aantal onderzoeksprogramma's (Andriessen 1992), zoals het programma Instandhouding Nucleaire Competentie en het programma Opberging te Land, over de opslag van radioactief afval. Bij de behandeling van de brief van Andriessen bleek dat CDA en VVD uiterlijk in 1996 een beslissing wilden nemen over de bouw. De PvdA wilde de beslissing uitstellen tot 2010 als er inherent veilige kerncentrales (zie kader 'Generaties') zouden zijn ontwikkeld.

Een paar jaar later verscheen de Derde Energienota van het kabinet-Kok 1 (Wijers 1995), waarin voor het eerst een aanzet werd gegeven tot liberalisering van de elektriciteitsvoorziening. Ook werden hierin concrete doelen gesteld voor hernieuwbare energie (10% in 2020) en energiebesparing (30%). Aan de sluitingsdatum van Borssele werd niet getornd; die blijft 1 januari 2004. Een besluit over de bouw van kerncentrales wordt niet genomen, ondanks aandringen van CDA en VVD die vinden dat het verbod op nadenken over kernenergie moet worden opgeheven.

Kernenergie weer bespreekbaar 2000–2011

In het licht van de onheilspellende berichten over klimaatverandering door antropogeen CO₂ en de vermoede onbetrouwbaarheid van de leveranciers van aardgas en olie komt in het begin van dit decennium de discussie over kernenergie weer op gang. Aanleiding vormt de discussie over het openhouden van de kerncentrale in Borssele na de afgesproken datum van 1 januari 2004. Eigenaar EPZ wil de kerncentrale tot minimaal 2007 openhouden en wordt in het gelijk gesteld door de Raad van State (EPZ 2008). In eerste instantie mag Borssele openblijven tot 2013, maar als blijkt dat de regering sluiting niet kan afdwingen, wordt dat zelfs 2033.

Uit een peiling van Maurice de Hond (N = 600) blijkt dat 66% van de deelnemers voor openblijven van Borssele is. Diezelfde peiling laat zien dat 47% van de deelnemers wel voelt voor de bouw van nieuwe kerncentrales; 43% is tegen (de Hond 2005).

Hoewel in het regeerakkoord van het kabinet-Balkenende IV is vastgelegd dat de regering tot 2011 geen besluit zal nemen, wordt er stevig gediscussieerd over de bouw van een of twee nieuwe kerncentrales. Het energiebedrijf Delta laat in 2008 weten een tweede kerncentrale te willen bouwen (Weel 2008) en dient in juni 2009 een startnotitie in voor het verkrijgen van een vergunning voor een centrale van 2.500 MW (VROM 2009).

Bij zijn aanvang laat het kabinet Rutte weten dat er nog in de regeerperiode (tot 2015) een vergunning zal worden afgeleverd voor de bouw van een à twee kerncentrales. Even lijkt de ramp in het Japanse Fukushima die plannen te dwarsbomen. Daar raakten op 11 maart 2011 als gevolg van een aardbeving en een tsunami vier kernreactoren in het ongereede en werden grote hoeveelheden radioactiviteit. Desondanks zet het kabinet de plannen door om voor het eind van de kabinetsperiode een vergunning te verlenen voor de bouw van een kerncentrale.

Generaties

In de nucleaire industrie worden verschillende generaties reactoren onderscheiden. De eerste generatie, ontwikkeld in de jaren vijftig en zestig van de vorige eeuw, omvat onder andere de Magnox, die nu alleen nog in Engeland operationeel is. De remstof is grafiet en het koelmiddel is CO_2 . Ook de Canadese zwaarwaterreactor (remstof en koelmiddel: zwaar water) behoort daartoe, evenals de Russische kanaalreactor. Wereldwijd zijn er 29 in gebruik, waarvan meer dan de helft in Canada zelf. De Russische kanaalreactor kan bij het inbrengen van regelstaven op hol slaan, wat geleid heeft tot de ramp bij Tsjernobyl.

Van die eerste generatie uit de jaren vijftig en zestig zijn eigenlijk alleen de twee lichtwaterreactoren overgebleven: de drukwaterreactor (PWR, Pressurized Water Reactor) en de kokend waterreactor (BWR, Boiling Water Reactor). Met alle technische verbeteringen die ondertussen zijn doorgevoerd, vormen zij de tweede generatie reactoren. De kerncentrale bij Borssele bijvoorbeeld is een PWR. Wereldwijd zijn er circa 270 reactoren van dit type gebouwd. Van de BWR zijn er een kleine 100 in bedrijf.

Inmiddels zijn en worden kerncentrales van de derde generatie gebouwd, onder meer in Japan, Finland en Frankrijk. Kenmerkend voor deze generatie is een robuust ontwerp met een langere levensduur (zestig jaar) en een efficiënter gebruik van uranium. Een opvallende eigenschap is dat deze generatie, anders dan de vorige generaties, beter in staat is tot 'load following', het volgen van de elektriciteitsvraag.

Een bezwaar van de reactorconcepten tot en met de derde generatie is dat ze energetisch gezien nogal verspillend zijn, gezien vanuit de Tweede Hoofdwet. In gewone kerncentrales wordt hoogwaardige energie opgewekt met een temperatuur van 800 a 900°C. Die hoogwaardige energie wordt vervolgens gebruikt om er relatief laagwaardige stoom van te maken, waarmee een stoomturbine wordt aangedreven. Het energetische rendement is bijgevolg niet hoger dan ongeveer 33%; de rest moet worden afgevoerd als laagwaardige warmte.

Op papier is ook al sprake van de vierde generatie kerncentrales. Deze kenmerkt zich door zijn inherente veiligheid. Dat wil zeggen dat er geen actieve systemen noch menselijke handelingen nodig zijn om een 'core melt' te voorkomen. Als om een of andere reden de koeling wegvalt, stopt de splijtingsreactie vanzelf. Een ander kenmerk van de vierde generatie is dat het uranium vrijwel volledig benut wordt en dat het plutonium voor 100% versplijt. Dat zou deze reactoren geschikt maken om het hoogradioactieve afval van de tweede en derde generatie te benutten, waardoor er niet alleen veel minder afval maar ook minder langlevend afval hoeft te worden opgeborgen. Omdat de vierde generatie werkt bij zeer hoge temperaturen en omdat het koelmiddel helium rechtstreeks de turbine aandrijft, is het rendement bovendien een stuk hoger dan bij de derde generatie (DoE 2007).

Internationaal lopen er twee initiatieven om de reactor van de toekomst te definiëren. Een is het Generation IV International Forum (GIF), een groep die door de Verenigde Staten geleid wordt en inmiddels zes reactorconcepten heeft geïdentificeerd die mogelijk interessant zijn (DoE 2007). Hierbij zijn ook Nederlandse onderzoekers van onder meer de TU Delft en van de adviesgroep NRG betrokken. Het tweede initiatief is gelanceerd door het IAEA (International Atomic Energy Agency) onder de afkorting INPRO, Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles, en richt zich meer op de behoefte van ontwikkelingslanden. De algemene verwachting is dat de vierde generatie reactoren niet voor 2030 operationeel zullen zijn.

Internationaal

Ook internationaal is sinds het begin van deze eeuw sprake van een 'nuclear renaissance'. In de Verenigde Staten werd die ingeluid door een studie van een aantal hoogleraren van het MIT, 'The Future of Nuclear Power', die in 2003 verscheen (Beckjord 2003). De betrokken hoogleraren pleitten voor de bouw van 300 GWe (300 centrales van 1.000 MWe) in de Verenigde Staten en 1.000 GWe wereldwijd tot halverwege de eeuw om enerzijds te voorzien in de groeiende behoefte aan elektriciteit, en anderzijds te komen tot een forse reductie van de CO₂-uitstoot.

Uit regelmatig gehouden enquêtes van het gerenommeerde Amerikaanse onderzoeksbureau Gallup blijkt dat het maatschappelijk draagvlak voor kernenergie tijdens de 'nucleaire renaissance' van begin deze eeuw is gestegen (Jones 2009). Was in 2001 nog 46% van de Amerikanen voor kernenergie, in 2004 was dat percentage gestegen tot 56% en in 2009 tot 59%. Een iets minder groot, maar nog altijd aanzienlijk percentage van de ondervraagde Amerikanen (56%) is er bovendien van overtuigd dat kerncentrales veilig zijn.

In Europa vertaalt de kentering in het denken over kernenergie zich in een herwaardering van de besluiten die na Tsjernobyl werden genomen om kernenergie af te bouwen. Italië en Zweden zijn op hun schreden teruggekeerd en hebben het verbod op de bouw van nieuwe kerncentrales opgeheven. Groot-Brittannië heeft plannen om zijn nucleaire vermogen uit te breiden, terwijl in Finland en Frankrijk al gebouwd wordt. Ook na het kernongeval in Fukushima blijven de meeste regeringen bij hun plannen. In Duitsland worden centrales gesloten en komt de optie kernenergie op losse schroeven te staan.

Kwesties rond kernenergie

Nu de inzet van kernsplijting voor de energievoorziening opnieuw onderwerp van discussie is geworden, komen ook de argumenten voor en tegen weer op tafel. Niet allemaal overigens. Het argument van de Atoomstaat (kernenergie kan alleen maar gedijen in een centralistisch geleide politiestaat, omdat de veiligheid anders niet gegarandeerd kan worden) wordt nog maar weinig gehoord. Veel van de andere argumenten die in de jaren zeventig tegen kernenergie werden aangevoerd, worden genuanceerd. In deze paragraaf zetten we een aantal huidige kwesties rond kernenergie op een rij.

Beschikbaarheid uranium

Op de vraag naar de hoeveelheid uranium die beschikbaar is, blijken vele antwoorden mogelijk. De verschillen worden enerzijds veroorzaakt door verschil van mening over de beschikbare voorraden winbaar uranium, anderzijds door verschil van mening over de mogelijkheden om brandstof voor kerncentrales op te werken c.q. te kweken.

Wat betreft de voorraden, is een vrij algemeen gedeelde veronderstelling dat de makkelijk winbare voorraden (kostprijs minder dan 80 euro per ton) wereldwijd 4 tot 5 miljoen ton bedragen. Ongeveer de helft daarvan bevindt zich in politiek stabiele landen die ons gunstig gezind zijn, zoals Australië en Canada (Depuydt 2009). Het jaarlijks verbruik ligt momenteel met 440 kerncentrales op 66.500 ton. Bij het huidige gebruik is er dus voldoende makkelijk winbaar uranium beschikbaar voor zestig jaar (ibid).

Wereldwijd zijn er echter ruim veertig nieuwe centrales in aanbouw en bestaan er (serieuze) plannen voor nog eens circa 300 centrales (Brugh 2009). Met name landen als India en China hebben veel uranium nodig om hun snelgroeïende economie van (kern-)energie te voorzien. Volgens sommigen betekent dat dat de wereldwijde voorraad aan uranium geen zestig jaar meegaat, maar dertig jaar. Rond halverwege deze eeuw zou het dus op zijn.

Volgens mijnbouwers kan dat niet; grondstoffen raken niet op. Als voorraden schaarser worden, stijgt de prijs en wordt het voor mijnbouwers interessant om minder makkelijke voorraden te exploiteren. Ertsen die geen 10, maar slechts 2% uraniumoxide bevatten. Of nog minder, als de prijs maar hoog genoeg is. De voorraden die dan in beeld komen, zijn astronomisch. De minder makkelijk winbare voorraden bedragen naar schatting 17 miljoen ton, genoeg voor 250 jaar bij het huidige verbruik. Lastig winbare voorraden bedragen naar schatting 68 miljoen ton, voldoende voor een millennium bij het huidige verbruik (Depuydt & Garschagen 2009).

'Kweken' van brandstof

Vrijwel vanaf het begin van de ontwikkeling van kerncentrales in de jaren vijftig is gekeken naar mogelijkheden om brandstof te 'kweken'. Daarbij worden de snelle neutronen die vrijkomen bij het uiteenvallen van uranium niet afgeremd (gemodereerd) door bijvoorbeeld grafiet, maar juist gebruikt om het overvloedig aanwezige, niet-splijtbaar uranium-238 om te zetten in plutonium-239, een synthetisch element dat op dezelfde manier splijtbaar is als uranium-235. Een kweekreactor produceert dus niet alleen elektriciteit, maar maakt ook nog eens zijn eigen brandstof. Dat wil zeggen tot alle uranium, splijtbaar en niet-splijtbaar, is opgebruikt. In feite betekent dat dus dat de beschikbare voorraden voor duizenden jaren voldoende zijn, omdat 100% van het beschikbare uranium gebruikt kan worden als brandstof in plaats van het 0,7% splijtbaar uranium-235.

De huidige generatie snelle kweekreactoren is voor het merendeel geen succes gebleken. De 'Schnelle Brüter' in Kalkar heeft vanwege de grote maatschappelijke weerstand nooit gedraaid en fungeert nu als pretpark. De Franse Super Phenix in Creys Mailville kende vele aanloopproblemen nadat hij in 1986 in bedrijf kwam, waaronder lekkage van het primair op vloeibaar natrium gebaseerde koelsysteem. Hoewel de reactor vanaf 1996 naar behoren functioneerde, werd in 1997 de stekker eruit getrokken vanwege het ontbreken van politiek draagvlak (Können 2006). Ook de Japanse Monju kweekreactor werd kort na de inbedrijfname in 1995 geplaagd door problemen en is pas in de loop van 2010 in gebruik genomen.

Van de zes kweekcentrales die vanaf de jaren zeventig zijn gebouwd, zijn er nog twee in bedrijf: de Phenix (voorloper van de Super Phenix) in Frankrijk en de BN-600 in Rusland. Laatstgenoemde reactor moet in principe in 2010 worden gesloten. Omdat zijn opvolger, de BN-800, dan nog niet in bedrijf is, blijft hij waarschijnlijk langer open.

Hergebruik brandstof

Kweekreactoren zijn één manier om uranium efficiënter te gebruiken. En andere manier is het opwerken van reststromen uit kerncentrales. In Europa gebeurt dat op twee plekken: Beaumont-La Hague aan de Frans-Atlantische kust – waar ook de brandstof uit Borssele wordt opgewerkt – en Sellafield in Engeland.

Opwerking was ooit bedoeld om plutonium te winnen voor het maken van kernbommen, maar wordt nu vooral gebruikt voor het recyclen van gebruikte brandstof uit kerncentrales. Volgens zegsliden van het Franse bedrijf Areva (Hensen & Moerland 2009) wordt circa 95% teruggewonnen, dat als MOX (Mixed Oxide Fuel) kan worden benut in een kerncentrale. De resterende 5% hoogradioactief afval moet op een veilige plek worden opgeborgen.

Duurzaamheid uraniumwinning

De winning van uraniumerts is geen schoolvoorbeeld van duurzaamheid. Het erts wordt voor het grootste deel bovengronds gewonnen, waarbij hectares land worden afgegraven. Dat vergt behoorlijk wat – fossiele – energie en betekent een forse aantasting van natuur en landschap. In landen als Canada en Australië, samen goed voor bijna de helft van alle uraniumerts die wereldwijd wordt gewonnen, zijn mijnbouwbedrijven verplicht om de schade aan het landschap zo goed mogelijk te herstellen. De vraag is of dat elders ook het geval is.

Na winning wordt het erts tot poeder gemalen en uitgeloozd met zuur. Na nog een aantal processtappen resteert ‘yellow cake’, dat 75% uranium bevat. Zowel bij winning als verwerking lopen de werkers het risico op een verhoogde stralingsbelasting. In principe zijn er maatregelen en voorschriften om die belasting te beperken, maar of daar altijd en overal strikt de hand aan wordt gehouden is niet bekend.

Risico van proliferatie

Het werken met brandstof voor kerncentrales, of het nu gaat om het verrijken of opwerken van afgewerkte staven, zou proliferatie – de verspreiding van kernwapens – in de hand werken. Mede om die reden heeft president Jimmy Carter in de jaren tachtig het Amerikaanse programma voor snelle kweekreactoren afgeblazen (Ruiter & Sijde 1985). Recent nog pleitten twee emeriti hoogleraren natuurkunde (Boeker & Andriessse 2008) voor een verbod op opwerking, met name vanwege het gevaar van proliferatie. De ironie van de geschiedenis wil overigens dat de Verenigde Staten inmiddels zijn begonnen met de bouw van een opwerkingsfabriek. Deze MOX Fuel Fabrication Facility in South Carolina moet het ‘weapon grade’ plutonium, dat overtuollig is geworden door het einde van de Koude Oorlog, omzetten in brandstof voor kerncentrales.

De vrees voor proliferatie komt niet uit de lucht vallen. De Pakistaanse atoomgeleerde Abdul Qadeer Khan gebruikte zijn in Nederland opgedane kennis over het verrijken van uranium met ultracentrifuges voor het ontwikkelen van een atoombom. Die kennis heeft hij naar eigen zeggen – later heeft hij dat weer ontkend – ook doorgesluisd naar andere landen, waaronder Noord-Korea, Iran en Libië (Anonymous 2009). Inmiddels kunnen we gevoeglijk aannemen dat heel wat meer landen dan de huidige ‘kernwapenlanden’ beschikken over de technologie en de grondstoffen om een kernbom te maken, mede dankzij de kennisverspreiding over verrijkingstechnologie.

De andere optie, het maken van een kernbom met afgewerkte of opgewerkte brandstof uit kerncentrales, blijkt niet zo eenvoudig, omdat de mix van isotopen in gebruikte kernbrandstof een forse stralingsbelasting oplevert. Dat neemt niet weg dat het risico blijft bestaan dat kwaadwillende lieden een opwerkingsfabriek kunnen binnendringen of een wagon met opgewerkt afval kunnen kapen en eventueel opblazen: een zogeheten ‘vuile bom’.

Afvalproblematiek

Om ons tot Nederland te beperken: jaarlijks komt er ongeveer anderhalve kubieke meter hoog radioactief afval retour uit de opwerkingsfabriek van Areva in Beaumont – La Hague, ongeveer het volume van een wasdroger. Zonder opwerken zou dat ongeveer twintig maal zoveel zijn. Komt er een tweede centrale van 2.500 MW dan komen daar nog eens 5 à 6 kubieke meter hoogradioactief afval bij.

Zowel het volume van het afval als de radiotoxiciteit loopt sneller terug na opwerken. Zonder opwerken blijft het afval 100.000 jaar lang radio-actiever dan het oorspronkelijke uraniumerts. Met opwerken wordt die periode gereduceerd tot circa 10.000 jaar. Als het zou lukken om de langlevende actiniden af te breken door het afval te bestralen met neutronen, zou de opbergperiode ingekort kunnen worden tot 2.000 jaar. Bij hergebruik van het hoogradioactieve afval in kerncentrales van de vierde generatie zouden zowel het volume als de opbergperiode nog verder gereduceerd kunnen worden (WNA 2009).

Naast hoogradioactief afval in de vorm van afgewerkte splijtstof levert de exploitatie van een kerncentrale ook laag- en middelradioactief afval op. Laagradioactief afval omvat 90% van het volume radioactief afval, maar slechts 1% van de radio-activiteit. Het wordt meestal verbrand of gestort. Middenradioactief afval bevat materialen met een hogere radioactiviteit en moet meestal wel worden afgeschermd. Sommige delen worden in beton gestort. Daarnaast levert ook de ontmanteling van de kerncentrale een forse hoeveelheid laag- en middenradioactief afval op, waarvan een deel in beton moet worden gestort en langdurig opgeslagen. Daarvoor worden tijdens de exploitatiefase fondsen aangelegd (Slingerland 2004).

Veiligheid opslag

De opslag moet twee millennia veiliggesteld worden om toekomstige generaties niet bloot te stellen aan de radioactiviteit die deze generatie heeft geproduceerd. Of zo'n 'eindberging' er mag komen en hoe die eruit zou moeten zien, is al veertig jaar onderwerp van discussie. In de jaren zeventig circuleerde het voorstel om hoogradioactief afval te verglazen en op te bergen in stabiele geologische formaties, zoals ondergrondse zoutkoepels in Groningen en Drenthe of in de Boomse Klei, een afzetting die loopt van Noord-België tot Midden-Nederland (Damveld 2008). Een bijkomend voordeel van diepe berging is dat terroristen er ook niet bij kunnen.

De vraag is hoe veilig de zoutkoepels zijn. Duitsland heeft een deel van zijn hoogradioactief afval opgeborgen in een voormalige zoutmijn in Asse. Recent is gebleken dat de vaten waarin het afval is opgeslagen, zijn doorgeroest. Volgens tegenstanders van kernenergie een bewijs dat het afval niet veilig kan worden opgeslagen. In antwoord op vragen van GroenLinks Tweede Kamerlid Vendrik, reageert minister Cramer van VROM op basis van een rapport van adviesgroep NRG, dat opslag in een oude zoutmijn niet vergeleken mag worden met opslag in een speciaal ontworpen faciliteit voor eindberging (Cramer 2009). Met andere woorden, de gebeurtenissen in Asse doen niets af aan de veronderstelde veiligheid van steenzoutkoepels.

Of radioactief afval definitief opgeborgen moet worden (eindberging) is nog niet duidelijk. In haar eerdergenoemde antwoord bevestigt minister Cramer nog eens dat het kabinet streeft naar terugneembare ondergrondse berging van het afval. Dat wil zeggen dat het afval weer naar boven gehaald moet kunnen worden als er een techniek beschikbaar komt om het te verwerken. Hoe die berging er precies uit komt te

zien is nog een open vraag, maar het antwoord hoeft pas over een kleine honderd jaar te worden gegeven, omdat het radioactieve afval tot die tijd bovengronds wordt opgeslagen.

In de tussentijd kan Nederland, aldus Cramer, ook leren van de ervaring die andere landen, zoals Zweden en Finland, opdoen met terugneembare ondergrondse berging. Zweden beschikt al over zo'n faciliteit en in Finland wordt die momenteel aangelegd.

Veiligheid kerncentrales zelf

Medio jaren negentig werden in Japan de eerste zogeheten derde generatie reactoren gebouwd, die een stuk veiliger zouden zijn dan de kerncentrales van de eerste en tweede generatie (zie kader 'Generaties'). Derde generatie reactoren zijn weliswaar niet inherent veilig, maar zijn beter bestand tegen externe factoren die de veiligheid aantasten (neerstortende vliegtuigen). Bovendien is de kans op een 'core melt accident' – het op hol slaan van de reactie waardoor een deel van kern smelt – gereduceerd tot eens in de miljoen jaar (WNA 2009).

Mocht zo'n ongeval zich wel voordoen, dan wordt het 'China Syndrome' – het in de bodem zakken van de gloeiend hete kern – verhinderd doordat onder de reactor een betonnen opvangbak gevuld met water is aangelegd. Dat is onder andere het geval bij de reactor die nu in Finland wordt gebouwd. Een andere mogelijkheid is dat bij een 'core melt accident' tonnen water van boven af op de kern worden gestort, waardoor deze voldoende afkoelt om een 'melt down' te voorkomen. In beide gevallen is het risico op het vrijkomen van radioactief materiaal gering.

Nog veiliger – volgens sommigen zelfs 'inherent veilig' – zijn kerncentrales van wat de Generatie 3+ wordt genoemd. In deze 'pebble bedreactor' worden geen brandstofstaven meer gebruikt, maar ballen van het formaat tennisbal. De bal bestaat uit een mantel van grafiet en is gevuld met duizenden uraniumkorrels van een halve millimeter doorsnede, die elk zijn ingepakt in een aantal keramische lagen. Bij het wegvallen van de koeling dooft de kernreactie, maar raakt de reactorkern niet zo oververhit dat hij kan gaan smelten (PBMR 2009).

De vraag is of kerncentrales echt veiliger zijn geworden sinds de jaren tachtig of dat de kernindustrie steeds met nieuwe beloften komt waarvan het maar de vraag is of die waargemaakt kunnen worden. Aan de ene kant lijkt het erop dat er sprake is van een leercurve als het gaat om de veiligheid van kerncentrales. Beschermingsconstructies zijn zwaarder geworden en bij de huidige derde generatie kerncentrales probeert men in ieder geval de gevolgen van een 'core melt accident' te beperken. Aan de andere kant lijkt het teveel gevraagd om te eisen dat kerncentrales honderd procent veilig zijn. Als de geschiedenis van grote ongevallen één ding heeft laten zien, dan is het dat je nooit alle risico's kunt uitsluiten.

Wel is het zo dat vooraf de risico's beter kunnen en moeten worden ingeschat (Kloosterman 2011). Bij het kernongeval in het Japanse Fukushima bijvoorbeeld had men geen rekening gehouden met een aardbeving met een kracht van 9 op de Schaal van Richter. Hooguit een aardbeving met een kracht van 8.2. Ook de vloedgolf was tweemaal zo hoog (tien meter) dan waarmee rekening was gehouden bij het ontwerp van de kerncentrale.

Mocht zich een ongeval voordoen dan is de exploitant aansprakelijk voor de schade tot een bedrag van 340 miljoen euro (wordt 750 miljoen; Jelsma 2008). Komt het schadebedrag daarboven uit, dan stelt de Staat der Nederlanden zich aansprakelijk voor een bedrag tot 3,2 miljard euro. Als het schadebedrag nog hoger is, springen andere landen die de verdragen van Parijs (1960) en Brussel (1963) hebben ondertekend, bij. Dat kan aardig in de papieren lopen. Het grootste nucleaire ongeval tot nu toe – Tsjernobyl – leverde volgens ruwe schattingen een schade op van 350 miljard euro.

Regelgeving rond kerncentrales

Voor een kerncentrale gebouwd kan worden, moet aan een hele reeks vergunningen worden voldaan. De belangrijkste daarvan is een vergunning in het kader van de Kernenergiewet. Daarnaast moet de centrale voldoen aan de eisen die zijn neergelegd in het bestemmingsplan, moet er een bouwvergunning zijn en een vergunning in het kader van de Wet verontreiniging oppervlaktewateren in verband met het lozen van koelwater.

De Kernenergiewet werd uitgevoerd door het ministerie van VROM, mede namens de ministeries van Economische Zaken, Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Verkeer en Waterstaat en Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit. Om het gezag over de vergunningen te vereenvoudigen wordt het ondergebracht bij één ministerie, dat van Infrastructuur en Milieu. Het besluit tot het verlenen van een vergunning wordt dan wel een kabinetsbesluit. Het kabinet-Rutte heeft aangegeven dat nieuwe kerncentrales die aan de eisen voldoen op een vergunning kunnen rekenen (Anonymous 2010).

Omdat er al bijna een kwart eeuw geen kerncentrale is gebouwd, was de Kernenergiewet verouderd en is gestudeerd op de vraag aan welke eisen een kerncentrale in deze tijd moet voldoen. De wet wordt hierop aangepast (Anonymous 2010b). Daarbij gaat het om twee soorten regelgeving, de technische eisen en de abstracte eisen.

De technische eisen hebben vooral betrekking op de uitvoering van de centrale, zoals bijvoorbeeld de maximale druk die er in de leidingen mag staan en de dikte van het beton. De technische eisen vloeien voort uit meer abstracte eisen, die als het ware de vertaling vormen van politieke besluiten en van het algemene principe van de Kernenergiewet dat een kerncentrale veilig moet zijn. Daarbij gaat het onder meer om vragen als: welke type kerncentrale biedt voldoende veiligheid? Wat moet er gebeuren met het afval (opslaan of opwerken)? Hoe groot mag de kans zijn op een ‘core melt’? Wat moet er gebeuren om die kans te reduceren (een verplichte ‘core catcher’ bijvoorbeeld of een ‘pebble bed’-reactor van de generatie 3+)? Wordt de risicocontour (de zone rondom de centrale waarbinnen omwonenden nog een klein risico lopen om te overlijden als gevolg van een ongeval in de centrale) voldoende in acht genomen?

Wat ruimtelijke inpassing betreft vallen ook kerncentrales sinds 1 maart 2009 onder de zogeheten ‘rijkscoördinatierегeling’ van de Wet op de ruimtelijke ordening. Deze regeling is bedoeld om procedures te stroomlijnen door de coördinatie van grote infrastructuurprojecten bij het Rijk te leggen. In het kader van de regeling kunnen streek- en bestemmingsplannen worden vervangen door een Rijksinpassingsplan en worden inspraakprocedures gebundeld. De minister van EL&I heeft wat de vergunningen betreft ook doorzettingsmacht, voor het geval een gemeente weigert mee te werken aan een vergunning.

In het regeerakkoord van Balkenende IV was afgesproken dat tijdens de kabinetsperiode geen kerncentrale zou worden gebouwd. Wel was besloten om de aanvraag voor de bouw van een tweede kerncentrale door Energiebedrijf Delta in behandeling te nemen. Kabinet-Balkenende IV besliste echter niet over het verlenen van de vergunning. Wel zijn bepaalde scenario's uitgewerkt (geen kerncentrale, alleen inherent veilige kerncentrale, alleen huidige kerncentrale Borssele vervangen in 2030, nieuwe kerncentrale in 2020) met daarbijhorende meer abstracte eisen, zodat het nieuwe kabinet een goed onderbouwde beslissing kan nemen over wel of geen nieuwe kernenergie in Nederland.

Naar aanleiding van de verkoop van energiebedrijf Essent aan het Duitse energiebedrijf RWE begin 2009, ontstond er een korte en felle discussie over wie zich (deel-)eigenaar mocht noemen van de kerncentrale in Borssele. Tot dan toe was de kerncentrale gemeenschappelijk eigendom van de energiebedrijven Essent en Delta, van wie de aandelen in handen waren van Nederlandse provinciale en gemeentelijke overheden. Met de verkoop van Essent zou een deel van het economische en juridische eigendom van de kerncentrale in Duitse handen komen.

De andere eigenaar Delta was het daar niet mee eens, stapte naar de rechter voor een kort geding én een bodemprocedure en kreeg – wat betreft het kort geding – gelijk. De aandelen van Borssele mochten niet worden verkocht aan een commerciële buitenlandse partij. Of beter gezegd, het volledige juridische en economische eigendom diende in handen te blijven van publieke aandeelhouders. Op 12 mei 2009 nam de Tweede Kamer een motie aan van kamerlid Van Gent (GroenLinks) waarin de regering werd verzocht om met het oog op de veiligheid alles in het werk te stellen ervoor te zorgen dat zowel het juridisch als economisch eigendom in handen van de overheid blijft.

Eind september 2009 publiceerde de minister van Economische Zaken een Convenant inzake Publieke Belangen Kerncentrale Borssele dat ze gesloten had met betrokken partijen. Daarin is vastgelegd dat de aandeelhouder zich verplicht om de publieke belangen te waarborgen en dat de minister van Economische Zaken het recht heeft om zich te verzetten tegen een eventuele wijziging in de zeggenschap over de kerncentrale. Met andere woorden, als de private aandeelhouder zijn belang wil verkopen aan een 'hedge fund' of aan een partij in een land dat zich niet houdt aan internationale afspraken over veiligheid en proliferatie, dan kan de minister dat verhinderen (Van der Hoeven 2009). In mei 2011 kwamen RWE en Delta tot een schikking, waarbij Delta – eigendom van de provincie en de Zeeuwse gemeenten – 70 procent van de aandelen krijgt en RWE 30 (De Waard 2011).

Inpassing kerncentrales in de Nederlandse elektriciteitsvoorziening

Kerncentrales zijn in principe het meest geschikt voor basislast. Als ze continu hun maximale vermogen kunnen leveren, draaien ze tegen de laagste kosten en slijten ze het minst. In dat opzicht lijken ze op steenkoolcentrales. De Nederlandse elektriciteitsvoorziening heeft behoefte aan opgesteld vermogen dat goedkoop en snel kan inspelen op steeds wisselende belasting: de zogeheten 'load following'. Die behoefte wordt groter naarmate er meer decentraal vermogen wordt ingezet, zoals windmolens. Volgens de producenten zijn kerncentrales van de derde generatie, waarvan er eventueel een in Borssele zal komen, beter in staat tot 'load following' dan hun voorgangers. De EPR bijvoorbeeld, de European Pressurized water Reactor, kan volgens de producent Areva nog efficiënt draaien op 25% van zijn maximaal vermogen. Maar belangrijker misschien nog is dat hij binnen een half uur kan opschakelen van 25% naar vol vermogen.

Dat zou hem geschikt maken als back-up voor windvermogen. De vraag is of dat wellicht leidt tot meer slijtage c.q. hogere onderhoudskosten.

Afnemende aanbieders en toenemende aanvragers

Het aantal aanbieders van een complexe installatie als een kerncentrale neemt steeds verder af. Volgens een overzicht op de website van de World Nuclear Organisation beschikken zes consortia over een gecertificeerd ontwerp voor een derde generatie reactor. Belangrijke spelers zijn (nog steeds) General Electric en Westinghouse en het Franse Areva. In verschillende combinaties werken ze samen met de Japanse bedrijven Toshiba, Hitachi en Mitsubishi, en met het Russische Gidropress (WNA 2009).

Terwijl het aantal aanbieders is afgenomen, neemt het aantal vragers toe. Niet alleen in de westerse landen, maar ook in zich ontwikkelende landen als India, China en Zuid-Korea worden de komende jaren tientallen centrales gebouwd om aan de groeiende vraag naar elektriciteit te voldoen. Momenteel zijn er een kleine vijftig in aanbouw en zitten er driehonderd in de pijplijn.

Potentiële afnemers die het onderste uit de kan willen halen, bijvoorbeeld door een grotere betrokkenheid van de eigen industrie te eisen, zouden weleens het deksel op de neus kunnen krijgen. Uitspreken zullen ze het niet zo gauw, maar in het achterhoofd van de leverancier speelt ongetwijfeld de gedachte 'voor jou tien anderen'. Het lijkt kortom een aanbiedersmarkt te worden, waardoor het voor de koper een kwestie wordt van 'slikken of stikken'.

Kosten kernenergie

In de eerdergenoemde studie van een groep hoogleraren van het MIT (Beckford 2003) staat dat de kosten van kernenergie in 2003 hoger waren dan die van elektriciteit uit steenkool en aardgas. Volgens de auteurs zouden die kosten echter een stuk omlaaggebracht kunnen worden door de geplande levensduur van centrales te verlengen van veertig naar zestig jaar, en door overschrijdingen in tijd en budget tijdens de bouw te voorkomen. Bij een dergelijke aanpak zouden de kosten per kilowattuur minder dan zes dollarcent bedragen. Met een CO₂-heffing voor fossiele brandstoffen zou de prijs per nucleair opgewekte kilowattuur ongeveer gelijk kunnen zijn aan die van aardgas en iets lager dan elektriciteit uit steenkool.

In een 'Update' van maart 2009 (Deutch 2009) schrijven de MIT-hoogleraren dat de investeringskosten voor een kerncentrale inmiddels zijn verdubbeld van 2.000 tot 4.000 dollar per kW opgesteld vermogen. Ook de brandstofkosten zijn toegenomen waardoor de geschatte elektriciteitsprijs is gestegen tot 8,7 cent per kWh. Medio 2010 zijn de brandstofkosten als gevolg van de economische crisis overigens weer scherp gedaald.

In een reactie op het rapport van de MIT-hoogleraren schrijft Mark Cooper, econoom en senior onderzoeker bij het Institute for Energy & Environment van de Vermont Law School (Cooper 2009), dat de kosten van kernenergie wel eens veel hoger zouden kunnen uitvallen dan de hoogleraren suggereren. Als de Amerikaanse overheid in de komende veertig jaar honderd of meer kerncentrales gaat bouwen, gaat dat volgens Cooper de Amerikaanse burgers twee tot vier biljoen dollar extra kosten, vergeleken met een beleid gericht op energiebesparing en alternatieve bronnen.

Kansen voor de BV Nederland

Als Nederland besluit om nog een of twee kerncentrales te bouwen, kan daarvoor dan een beroep worden gedaan op de Nederlandse industrie, en zo ja, hoe groot is die inbreng? Die vragen worden opgeroepen door de huidige trend van schaalvergroting en standaardisatie van het bouwproces. Uit een literatuurstudie van CE Delft, uitgevoerd in opdracht van Greenpeace, blijkt dat het aantal directe arbeidsplaatsen op de bouwplaats gemiddeld over de jaren circa 1.500 bedraagt met een piek van 2.500 a 3.000 (CE Delft 2009). Dat zullen niet allemaal Nederlanders zijn, omdat in ons land niet voldoende mensen met de vereiste kwalificaties zijn.

Veel van het werk dat door Nederlandse bedrijven kan worden gedaan, is civiel van aard. Oneerbiedig gezegd, het storten van beton. Daarnaast hebben Nederlandse bedrijven zich met de renovatie van bestaande kerncentrale Borssele in de kijker geplaatst bij het ontwerpen en bouwen van meet- en regelsystemen. Of de buitenlandse aannemer daarvan gebruik zal maken, is echter de vraag. Zoals gezegd probeert men de bouw zoveel mogelijk te stroomlijnen, onder meer door het werken met vaste toeleveranciers.

Wat betreft directe en indirecte werkgelegenheid komt CE Delft tot de conclusie dat er voor Zeeland ongeveer 150 directe arbeidsplaatsen beschikbaar zijn, zowel tijdens de bouw als tijdens de operationele fase. Voor Nederland als geheel is dat waarschijnlijk meer, als we de vergelijking met Finland doortrekken. De indirecte werkgelegenheid bedraagt respectievelijk 1.800 en 500 plaatsen. Daarnaast zal de bouw van een of meer kerncentrales een forse stimulans zijn voor het nucleaire onderzoek bij instituten en universiteiten, constateren ECN en SER in hun 'Fact Finding Kernenergie uit 2007 (Scheepers 2007).

Maatschappelijke acceptatie

Er is sprake van een kentering in het denken over kernenergie. Van een kostbare en gevaarlijke manier om elektriciteit op te wekken, die zo snel mogelijk uitgefaseerd moest worden, is kernenergie weer een serieuze optie geworden voor de 21^e eeuw. De 'renaissance' is voor een belangrijk deel ingegeven door de gevoelde noodzaak om de uitstoot van CO₂ drastisch te verminderen en zo een klimaatcrisis te vermijden. Tegelijkertijd zijn pleitbezorgers van de nucleaire optie erin geslaagd om het negatieve imago van kernenergie te neutraliseren. Technische voorzieningen zoals een 'core catcher', en de belofte van een nieuwe, schone generatie kerncentrales maken de risico's acceptabel. Kortom, kerncentrales zijn 'gewoon' geworden, althans volgens pleitbezorgers in de onderzoekswereld en het bedrijfsleven.

Tegenstanders wijzen erop dat er sinds de jaren negentig de facto weinig is veranderd. Het overgrote deel van de kernreactoren bestaat nog altijd uit lichtwaterreactoren van de tweede generatie. Ook bij de derde generatie reactoren, zoals nu in Finland en Frankrijk in aanbouw, bestaat er nog steeds een kans op een groot ongeval, waarbij radioactiviteit vrijkomt in de omgeving. De kans op een 'core melt accident' van eens per miljoen jaar is het resultaat van een theoretische exercitie, die minder zegt over de feitelijke kans en meer over de onzekerheden waarmee het opwekken van kernenergie omgeven is.

Volgens de tegenstanders worden ook de uraniumvoorraden overschat, evenals de bijdrage van kernenergie aan het verminderen van de CO₂-uitstoot (Damveld 2008). Zeker bij minder makkelijk winbare voorraden zou de CO₂-winst weleens helemaal teniet gedaan kunnen worden, vanwege de – fossiele – energie die nodig is om uraniumerts te winnen, te zuiveren, te transporteren en op te werken. Ook het afvalprobleem en de dreiging van proliferatie zijn nog lang niet opgelost.

De economische crisis in combinatie met de gepercipieerde dreiging van klimaatverandering door CO₂-uitstoot lijken tot gevolg te hebben dat de burger momenteel minder zwaar tilt aan de 'klassieke' argumenten tegen kernenergie (Van Wier 2009). Enerzijds komt dat omdat het laatste ongeval met dodelijke slachtoffers (Tsjernobyl) alweer bijna een kwart eeuw geleden is. Anderzijds is goedkope elektriciteit een basisbehoefte waarvan de vervulling ruimschoots lijkt op te wegen tegen zorgen over mogelijke risico's.

Opvallend is verder het vrijwel totale gebrek aan discussie over de import van stroom uit kerncentrales uit België, Frankrijk en Duitsland. In totaal gaat het om bijna 10% van de elektriciteitsbehoefte. Inmiddels is er wel een energieleverancier die garandeert 100% Atoomstroom te leveren. Volgens oprichter Sjf Peer-aer heeft ongeveer 30% van de Nederlanders 'warme gevoelens' bij kernenergie, omdat het CO₂-vrij is en, anders dan groene stroom, niet gepaard gaat met subsidies.

Daarmee is niet gezegd dat er nu een stevig maatschappelijk draagvlak is voor kernenergie. Onder de krappe meerderheid van de Amerikanen (Jones 2009) die volgens het Amerikaanse onderzoeksbureau Gallup voor kernenergie is, bevindt zich bovendien een grote groep (geen cijfers beschikbaar helaas) die weinig trek hebben in een kerncentrale in de buurt van hun woonomgeving. Met andere woorden: als er al draagvlak is in de Verenigde Staten, dan is dat wel een gammel draagvlak, dat snel kan instorten als het tegenzit. Voor Nederland is over het draagvlak weinig feitelijk bekend. Er zijn wel aanwijzingen. Zo bleek uit het jaarlijkse onderzoek van de Rijksuniversiteit Groningen en het Dagblad van het Noorden (de Barometer van het Noorden) dat 57% van de bevolking van Noord-Nederland (N = 400) het aanvaardbaar vindt als er een kerncentrale zou worden gebouwd in de Eemshaven (ANP 2009). Een conclusie die op methodische gronden meteen werd aangevochten door de Milieufederatie Groningen (Van Velde 2009).

Op naar een dialoog over (kern-)energie

Globaal kunnen we vier posities onderscheiden in het huidige debat over de rol van kernenergie in de toekomstige energievoorziening: kernenergie als duurzame oplossing, kernenergie als tussenoplossing, kernenergie als overbodige oplossing en kernenergie als te vermijden oplossing. Kernfusie zal, zo is de algemene verwachting, voor 2030 geen rol spelen in de energievoorziening.

Kernenergie als duurzame oplossing

Argumenten voor deze positie zijn dat over de hele keten gezien – van uraniumwinning tot afvalverwerking – de CO₂-uitstoot lager is dan van olie, aardgas en steenkool. In de tweede helft van deze eeuw is de technologische ontwikkeling zover voortgeschreden dat de milieubelasting over de hele keten nog verder is gereduceerd. Inherent veilige kerncentrales van de vierde generatie zullen hun eigen brandstof produceren en wat er nog aan afval resteert, bestaat uit kortlevende isotopen, die geen 10.000 jaar, maar slechts een paar eeuwen moeten worden opgeslagen (Persson 2006). Door nu een of meer kerncentrales te bouwen kan Nederland de CO₂-uitstoot fors reduceren tegen maatschappelijk aanvaardbare kosten. Bovendien is de bouw van kerncentrales een forse stimulans voor onderzoek en ontwikkeling: expertise die ook te gelde kan worden gemaakt.

Kernenergie als tussenoplossing

Een samenleving die geheel draait op hernieuwbare stromingsbronnen (zon, wind, getijden, golven, bodemwarmte en biomassa) is het ideaal, maar kernenergie is noodzakelijk als overbrugging. Immers, ondanks de besparingsdoelstelling stijgt het elektriciteitsverbruik jaarlijks met 2% (Zon & Kupers 2006/2008; Dekker 2008). De groeiende populariteit van elektrische fietsen, brommers en auto's zorgt op termijn voor een nog grotere vraag naar elektriciteit. Tegelijkertijd zal de bijdrage van stromingsbronnen in 2020 pas hooguit tussen de 10 en 12% bedragen (idem). Daar komt bij dat de Nederlands aardgasvoorraad naar schatting nog circa twintig jaar mee zal gaan (idem) en de levering van olie en gas uit andere regio's niet vanzelf spreekt. Hoewel Nederland er niet aan ontkomt om elektriciteit uit kerncentrales te benutten, is de vraag of die gebouwd moeten worden. We kunnen ook meer gaan importeren.

Kernenergie als overbodige oplossing

Of bedrijven willen investeren in kernenergie voor elektriciteitsopwekking (en waar) wordt in een geliberaliseerde elektriciteitsmarkt vooral bepaald door vraag en aanbod. Het aanbod is groot en groeiend. Het bestaande productievermogen in Nederland voor elektriciteit bedraagt 24.000 MW en er is vergunning verleend voor nog eens 15.000 MW in de vorm van kolen- en gascentrales. Daarnaast zijn er plannen voor nog eens 10.000 MW aan decentraal vermogen in de vorm van warmtekrachtinstallaties in landbouw en industrie. Daarbovenop komen nog eens het doel van 8.000 MW opgesteld vermogen aan windenergie. Of al deze plannen gerealiseerd worden is niet duidelijk, maar voorlopig heeft Nederland kernenergie helemaal niet nodig.

Kernenergie als te mijden oplossing

Kernenergie is niet duurzaam en zal dat binnen afzienbare tijd ook niet worden. Met name winning, transport en verrijking van uranium – waarbij vooral gebruik wordt gemaakt van fossiele energie – hebben een forse uitstoot van CO₂ tot gevolg. Ook de uraniumvoorraden zijn niet onuitputtelijk. Volstrekt niet duurzaam is ook de langdurige opslag van radio-actief afval. Suggesties van hergebruik en verregeande reductie van volume en radio-activiteit zijn óf gebaseerd op onveilige technieken als opwerken óf op technische luchtkastelen zoals transmutatie, het omzetten van langdurig radioactieve elementen die veel korter radioactief zijn. Ook de derde generatie kernenergiecentrales is niet veilig. De zogenaamde inherent veilige centrale bestaat alleen nog maar in de hoofden van ingenieurs. Kernenergie ten slotte, vergroot het gevaar van proliferatie van kernwapens.

Verschuiving

De laatste tien jaar zien we een geleidelijke verschuiving optreden in de standpunten van de verschillende partijen – niet alleen politieke partijen, maar ook maatschappelijke organisaties – over kernenergie. Tot vijf jaar geleden had men zich min of meer vast ingegraven in positie 1 en positie 4, maar sinds de discussie over het openhouden van Borssele (2002/2003) groeit de animo voor positie 2 en 3.

Er zijn natuurlijk nog steeds partijen, zoals de anti-kernenergiebeweging, die in het maatschappelijk debat positie 4 innemen (WISE, World Information Service on Energy). Ook de milieubeweging bij monde van

Greenpeace, Milieudefensie en Stichting Natuur en Milieu beschouwt kernenergie nog steeds als ‘een irrationele misstap’ (De Rijk 2007).

Er zijn ook partijen die kernenergie beschouwen als dé oplossing voor de energievoorziening van de 21^e eeuw. Naast eerdergenoemde leverancier van Atoomstroom is er de lobbygroep Nucleair Nederland waarin Urenco, EPZ, NRG, COVRA en het Reactorinstituut Delft de krachten hebben gebundeld om Nederland te voorzien van feitelijke informatie over kernenergie en straling.

De meerderheid van de partijen en organisaties bevindt zich echter op de posities 2 en 3, waarbij kernenergie als noodzakelijke tussenoplossing dan wel als overbodige oplossing wordt gezien. Van de politieke partijen bevinden VVD, CDA, D66 en PVV zich op positie 2, terwijl GroenLinks zich tussen positie 3 en 4 bevindt. Ondanks enkele voordelen wijst de PvdA kernenergie vooralsnog af, omdat er nog geen oplossing is voor een veilige opslag van afval (positie 4), maar dat standpunt wordt niet door iedereen in de partij gedeeld. Ook SP en ChristenUnie zijn om deze reden tegen kernenergie.

Verzakelijking

Op basis van de verschuivingen richting positie 2 en 3 zou je kunnen zeggen dat de voorstanders van kernenergie minder ‘pro’ zijn geworden en de tegenstanders minder ‘anti’. Dat uit zich in een verzakelijking van de maatschappelijke discussie. Een voorbeeld daarvan is het rapport ‘Fact Finding Kernenergie’ van ECN en SER, waaraan zowel fervente voorstanders als even fervente tegenstanders hun bijdrage leverden (Scheepers 2007). Of dat zo blijft als puntje bij paaltje komt en een volgend kabinet daadwerkelijk moet beslissen of het een vergunning zal afgeven voor de bouw van een tweede kerncentrale bij Borssele of elders is de vraag. Een aantal mensen, zoals Stephan Slingerland van het Planbureau voor de Leefomgeving en Hans Harbers, wetenschapsfilosoof aan de Rijksuniversiteit Groningen hebben er een hard hoofd in en vrezen dat de emoties weer de boventoon zullen gaan voeren en het maatschappelijk debat opnieuw zal verstarren (Wagendorp 2008). Tot op heden lijkt de verzakelijking voor de meeste partijen toch vooral een verademing.

Hoe het ook zij, het opschuiven van individuen en organisaties richting positie 2 en 3 schept ook ruimte om energie uit kernsplijting af te wegen tegen andere vormen van energieopwekking. Een voorbeeld daarvan is de al eerder aangehaalde discussie over de uitstoot van CO₂ bij gebruik van uranium, waarmee elektriciteit uit kernenergie impliciet wordt vergeleken met energie uit olie, aardgas of steenkool en/of uit hernieuwbare bronnen. Ook andere afwegingen zijn mogelijk. Weegt bijvoorbeeld het risico op een ‘core melt’ van eens in de miljoen jaar op tegen de landschappelijke effecten van een windmolenpark? Is uraniumwinning meer of minder slecht voor mens en milieu dan oliewinning uit teerzanden?

Ongetwijfeld zullen sommige groepen proberen om dergelijke afwegingen met de rekenmachine te beslechten. Dat schiet echter het doel voorbij. De verschillende afwegingen moeten mensen stimuleren om na te denken over de waarden die ze belangrijk vinden. Daarmee wordt pas een echte maatschappelijke dialoog over de toekomstige energievoorziening mogelijk.

Referenties

- van Aardenne, G. (1979). *Tweede Nota Energiebeleid*. Den Haag: Kamerstukken 1979–1980 15802, deel 3 Brandstofinzet centrales.
- Andriessen, K. (1992). *Studies en onderzoeken op het gebied van de kernenergie*. Den Haag: Kamerstukken 1991–1992 21666.
- Anonymous (2009). ‘Abdul Qadeer Khan’. <http://en.wikipedia.org>
- Anonymous (2010). *Regeerakkoord kabinet-Rutte*. <http://www.rijksoverheid.nl>
- Anonymous (2010b). ‘Wijzigingen in Kernenergiewet’. <http://www.antwoordvoorbedrijven.nl>
- Anonymous (1985/1986). ‘De wraak van jhr. mr. De Brauw. LAKA documentatie en onderzoekscentrum kernenergie’. <http://www.laka.org>
- ANP (2009). ‘Meerderheid in Noorden voor kernenergie’. In: *de Volkskrant*, 25 maart 2009.
- Beckjord, E. (2003). *The Future of Nuclear Power*. Cambridge MA: MIT.
- Boeker, E. & C. Andriess (2008). ‘Je wilt kernenergie en krijgt plutonium’. In: *Trouw*, 24 september 2008.
- Brugh, M.A. (2009). ‘Kernenergie mag weer’. In: *NRC Handelsblad*, 29 januari 2009, p. 15.
- Cals, J. & J. Zijlstra (1955). *Nota inzake het in Nederland te verrichten onderzoek op het gebied van kernreactoren en hun toepassingen*. Den Haag: Kamerstukken 1954–1955 4026.
- CE Delft (2009). *Werkgelegenheid door Kernenergie*. Delft: CE Delft, juni 2009.
- Cooper, M. (2009). *The Economics of Nuclear Power*. Vermont: Vermont Law School.
- Cramer, J. (2009). *Beantwoording Kamervragen lid Vendrik inzake kernafval*. Den Haag: Kamerstukken 2009Z05314.
- Damveld, H. (2008). *Basiskennis Kernafval*. Groningen: Tegenstroom.
- Dekker, B. (2008). ‘Realistisch kabinet kan niet om kernenergie heen’. In: *NRC Handelsblad*, 11 maart 2008.
- Depuydt, P. & M. Garschagen (2009). ‘Beetje uranium al goed voor heel veel stroom’. In: *NRC Handelsblad*, 28 januari 2009, p. 13.
- Deutch, J. (2009). *Update of the 2003 MIT Future of Nuclear Power*. Cambridge MA: MIT.
- DoE (2007). *Next Generation Nuclear Energy*. Washington DC: US Department of Energy Office of Nuclear Energy.
- Eisenhower, D. (1953). Atoms for Peace. Lezing op 8 december 1953. <http://www.atomicarchive.com>
- EPZ (2008). ‘Bedrijfshistorie kerncentrale’. <http://www.epz.nl>
- Folkerts, J. (2008). ‘Kernenergie politiek in opmars’. In: *De Telegraaf*, 3 september 2008.
- Hensen, C. & R. Moerland (2009). ‘Een nieuwe kerncentrale is twee mandjes afval’. In: *NRC Handelsblad*, 30 januari 2009, p. 13.
- van der Hoeven, M. (2009). *Brief aan de voorzitter van de Tweede Kamer. Convenant inzake Publieke Belangen Kerncentrale Borssele*. Den Haag, 29 september 2009.
- de Hond, M. (2005). ‘Borssele mag van Nederland open blijven’. Persbericht 16 februari 2005. <https://www.peil.nl>
- Jelsma, J. (2008). ‘Een kerncentrale is niet te verzekeren’. In: *NRC Handelsblad*, 3 september 2008, p. 6.
- Jones, J. (2009). *Support For Nuclear Energy Inches Up*. Princeton NJ: Gallup.
- Kloosterman, J.L. (2011). Mededeling op de bijeenkomst ‘Verder met kernenergie’. In: *De Balie*, 16 mei 2011.
- Können, T. (2006). ‘Nucleaire nieuwlichterij’. In: *De Ingenieur* 19, 3 november 2006, p. 20 e.v.
- de Korte, R. (1989). *Energiebeleid nader bezien*. Den Haag: Kamerstukken 1988–1989 21061.

- Lagaaij, A. & G. Verbong (1998). *Kerntechniek in Nederland 1945–1974*. Den Haag/Eindhoven: KIVI afd. Kerntechniek.
- Laka (2007). *Acties tegen kernenergie 1960–2006*. Amsterdam: Stichting Laka.
- Lubbers, R. (1974). *Energienota*. Den Haag: Kamerstukken 1974–1975 13122.
- NRC (2009). ‘Backgrounder on the Three Mile Island Accident’. <http://www.nrc.gov>
- PBMR (2009). ‘Pebble Bed Modular Reactor’. <http://www.pbmr.co.za>
- Persson, M. (2006). ‘De eeuwige keerzijde van de kern’. In: *de Volkskrant*, 20 februari 2010.
- Pous, J. de (1961). *Nota inzake de kernenergie*. Den Haag: Kamerstukken 1961–1962 4272 5300 5861.
- de Rijk, M. (2007). ‘Kernenergie irrationele misstap’. In: *de Volkskrant*, 13 augustus 2007.
- Ruiter, W. & B. van Sijde (1985). *De nucleaire erfenis*. Meppel: Boom.
- Scheepers, M. (2007). *Fact Finding Kernenergie*. Den Haag/Petten: ECN SER.
- Schreuder, A. (2009). ‘Duurzaam is ideaal’. In: *NRC Handelsblad*, 14 juli 2009, p. 3.
- Slingerland, S. (2004). *Het nucleaire landschap*. Den Haag: Rathenau Instituut.
- Stuurgroep (1984). *Het Eindrapport Brede Maatschappelijke Discussie Energiebeleid*. Leiden: H.E. Stenfert Kroese BV.
- Velde, S. van (2009) ‘Noorderlingen op het verkeerde been gezet’. In: *Dagblad van het Noorden*, 4 april 2009.
- VROM (2009). *Kennisgeving Kernenergiewet*. Startnotitie milieu-effectrapportage in verband met bouw Tweede Kerncentrale Borssele.
- Waard, P. de (2011). ‘Obstakel nieuwe Borssele weg’. In: *De Volkskrant*, 18 mei 2011.
- Waarheid, D. ‘Duitse revanchisten die in Amsterdam aan hun atoombom werken’. In: *De Waarheid*, 18 oktober 1960.
- Wagendorp, B. ‘Achtergrond Kernenergie’. In: *de Volkskrant*, 6 september 2008, p. 35.
- Weel, I. ‘Politieke spanning over kerncentrales loopt op’. In: *Trouw*, 13 september 2008, p. 4.
- Wier, M. van. ‘Delta geeft aanzet tot tweede Borssele’. In: *Trouw*, 24 september 2009, p. 3.
- Wijers, G. (1995). *Derde Energienota*. Den Haag: Kamerstukken 1995–1996 24525.
- WNA (2009). *Advanced Nuclear Power Reactors*. London: World Nuclear Association.
- Zijlstra, J. (1957). *Nota inzake de kernenergie*. Den Haag: Kamerstukken 1956–1957 4727.
- Zon, G. & Kupers G. (2006/2008). *Elektriciteit-Basislast-Kosten*. Notitie opgesteld ten behoeve van het Smart Energy Mix Concept van KIVI NIRIA. Den Haag: KIVI NIRIA.

5

Auteurs

Jurgen Ganzevles en Rinie van Est

Onderzoekers bij het Rathenau Instituut

CONCLUSIES

Doorbreek de energiemythes

Iedereen is het eens met de hoofddoelstellingen van het energiebeleid: energie moet betaalbaar, betrouwbaar en schoon zijn. Maar in de praktijk leidt dit streven tot weerbarstige verdelingsvraagstukken waarin belangen en waarden voortdurend botsen. Voor wie zijn de lasten – welke burgers krijgen een windpark of kolencentrale naast de deur? Wat zijn de sociale en ecologische gevolgen van zonnepanelen uit China of gasimport uit Rusland? En voor wie zijn de baten? Het rechtvaardig verdelen van lusten en lasten, zowel nationaal als internationaal, is lastig, politiek beladen en vaak maatschappelijk controversieel.

Voor de korte termijn, tot 2020, zijn de betaalbaarheid en de betrouwbaarheid van de Nederlandse energievoorziening vrijwel gegarandeerd. Maar schoon is de energie die wij gebruiken niet. De uitdagingen voor na 2020 lijken alleen maar te groeien. Het ziet er naar uit dat de Nederlandse energievoorziening juist viezer wordt, en op termijn minder geld oplevert. In 2030 is de gangbare productie uit onze gasvelden nog maar een kwart van die in 2009 (EZ 2009). Een aderlating voor de schatkist die in de miljarden loopt. Wereldwijd zitten er nog voldoende delfstoffen in de bodem om de hele wereld voor honderden jaren van energie te voorzien. De grote vraag is hoe betaalbaar het blijft om die grondstoffen naar Europa te krijgen. En hoe de steeds moeilijker winbare grondstoffen naar boven gehaald en omgezet kunnen worden in bruikbare en schone energie.

De uitdagingen voor Nederland zijn niet los te zien van veranderingen op het internationale toneel. Energie hangt nauw samen met economie, financiën, grondstoffen, klimaat, duurzaamheid, internationale samenwerking en veiligheid. De uitdagingen op deze vlakken versterken elkaar. Op mondiaal en Europees niveau zijn diverse instituties actief waarin staten en bedrijven internationaal beleid rondom energie afstemmen. Relevante fora zijn onder meer de Europese Unie, de Wereldhandelsorganisatie (WTO), het International Energy Agency (IEA), het International Energy Foundation (IEF), het Gas Exporting Countries Forum (GECF) en de NAVO. Onderzoekers van het Clingendael International Energy Programme constateren: “[o]p allerlei terreinen is de zekerheid van oude coalities zwakker geworden, terwijl nieuwe zich nog niet scherp genoeg aftekenen” (CIEP 2011).

Hoe wil Nederland navigeren, te midden van deze mondiale onzekerheid? Dat vraagstuk is urgent, ook al komt dat in het huidige generieke energiedebat niet duidelijk naar voren. Maatschappelijke reuring ontstaat wel steeds rondom concrete energieprojecten. Deze publieke weerstand leidt niet tot een breed gevoel van urgentie rondom de energieproblematiek.

Uit de essays in dit boek, de expertmeetings die we hielden, en de gesprekken die we voerden met deskundigen, blijkt dat dit gebrek aan urgentiebesef besloten ligt in zeven hardnekkige mythes die het energiedebat bepalen. Deze energiemythes (zie kader) schotelen ons een zorgeloze overgang naar een duurzame energievoorziening voor. Daardoor ontnemen ze ons het zicht op de grote uitdagingen en de pijnlijke politieke keuzes die nodig zijn om onze energievoorziening betaalbaar en betrouwbaar te houden en schoner te maken.

In dit boek zijn we op zoek gegaan naar maatschappelijk aanvaardbare manieren waarop Nederland zijn energie-economie van 2030 en daarna kan zekerstellen. Hoe kan het draagvlak voor energie-ontwikkelingen groeien? Daarvoor hebben we de drie pijlers van onze energievoorziening onderzocht: conventionele energiebronnen, hernieuwbare energie en energiebesparing. Die hebben we tegen het licht gehouden van de maatschappelijke criteria betaalbaarheid, betrouwbaarheid en schoon.

We concluderen dat het niet duidelijk is in hoeverre onze energievoorziening nu voldoet en in de toekomst zal voldoen aan deze maatschappelijke criteria. Goed zicht daarop ontbreekt. Het is onvoldoende helder welke ontwikkelingen bijdragen aan betaalbaar, betrouwbaar en schoon – en welke ontwikkelingen contraproductief werken. Dit gebrek aan inzicht maakt het lastig om draagvlak voor concrete energieprojecten te verwerven.

Ons onderzoek leidt tot vijf aanbevelingen die tot doel hebben een proces van kennisontwikkeling en beleidsontwikkeling op gang te brengen dat er voor kan zorgen dat we steeds meer zicht krijgen op de manier waarop we de genoemde maatschappelijke energiedoelen kunnen bereiken. Dat inzicht kan tevens helpen bij het vergroten van het gevoel van urgentie en het vormen van maatschappelijk draagvlak op weg naar betrouwbare, betaalbare en schone energie in 2030.

Zeven mythes in het energiedebat

1. De technologie lost het energievraagstuk op.
2. Fossiele energie is op zijn retour.
3. Hernieuwbare energie is oneindig beschikbaar.
4. Hogere energie-efficiënte leidt tot minder energieverbruik.
5. De overheid stelt slechts randvoorwaarden aan een vrije markt.
6. We zijn op weg naar CO₂-neutraal.
7. Nederlandse verduurzaming is duurzaamheid.

5.1 Mythe I: “De technologie lost het op”

Het aantal technologische beloften voor onze energievoorziening groeit. Het Brabantse schaliegas kan Nederland in de toekomst van gas verzekeren, nu het Groningse aardgas dreigt op te raken. Machines worden elk jaar zuiniger. Ingenieurs ontwikkelen nieuwe kerncentrales die ‘inherent veilig’ zijn. Wind-op-zee zal op termijn wind-op-land overvleugelen. Met CO₂-opvang en -opslag wordt steenkool ‘schoon fossiel’. Nog verder in de toekomst kunnen we op grote schaal de zon in de Sahara oogsten voor de Europese markt. En kernfusie lost wellicht tegen die tijd alle overige problemen op. Tot zover het goede nieuws.

De verontrustende boodschap is echter dat alle technologische oplossingsrichtingen maatschappelijk controversieel zijn. De essays in dit boek, waarin *alle* energiebronnen aan bod komen, laten dat nauwgezet zien. Niet alleen kernenergie is controversieel. Hetzelfde geldt voor kolencentrales, CO₂-opslag onder de grond, biobrandstoffen en talloze concrete windenergieprojecten op land. De technologische beloften leiden consequent tot maatschappelijke discussie.

Wanneer er lastige maatschappelijke kwesties opduiken, dan blijft de mythe van de technologische oplosbaarheid in de regel op twee manieren in stand. Ten eerste door het voorstellen van een andere energiemix, oftewel een mix van energietechnologieën. Zo zwakt in vergelijking met kabinet-Balkenende IV, het kabinet-Rutte de ambities voor hernieuwbare energie af, en wil het aandeel kernenergie in de mix laten groeien. Ten tweede zien we dat nieuwe technologische beloften op het toneel verschijnen nog voordat oude beloftes zichzelf hebben kunnen waarmaken. Wind-op-land was zo’n belofte. Terwijl deze optie geleidelijk betaalbaar wordt, groeit hand in hand met de grootschalige implementatie daarvan, de maatschappelijke weerstand. Op dit moment geldt wind-op-zee als de nieuwe belofte, maar deze techniek is nog veel duurder. De trend is: een ‘vlucht vooruit’ naar andere en nieuwere technologische oplossingen. De tweede generatie biobrandstoffen, die de onduurzame misstanden met de eerste generatie moeten doen vergeten, is hiervan een ander voorbeeld (Rathenau Instituut 2011). Maar daarmee behoudt de energiediscussie haar vrijblijvende karakter.

Kloof politiek en burger

De boodschap dat het energievraagstuk zonder al te veel opofferingen technologisch te pareren is, staat op gespannen voet met een ander beeld dat de burger met regelmaat via de media te zien krijgt. Namelijk: de zichtbare publieke weerstand tegen concrete energieprojecten. De mythe van pijnloze technologische oplossingen stelt gerust en vraagt geen enkele betrokkenheid van burgers. De weerstand tegen concrete projecten, daarentegen, toont juist de betrokkenheid van lokale burgers en maatschappelijke organisaties als ze met de nadelen en onzekerheden van die projecten geconfronteerd worden. Dan blijkt dat het niet alleen gaat om technische haalbaarheid, maar vooral om draagvlak.

Het is hierom van belang dat de politiek een ander, realistischer geluid laat horen. Namelijk dat het energievraagstuk ons voor pijnlijke keuzes en kosten stelt, en dat het de echte uitdaging is, om te zorgen voor een maatschappelijk aanvaardbare mix van energietechnologieën. Dat is een lastig vraagstuk omdat iedere energieoptie steeds ingrijpt op minstens vier maatschappelijke thema’s: is het betaalbaar, betrouwbaar, schoon en ruimtelijk inpasbaar?

Innovaties die op alle vier de vlakken goed scoren, zullen op ruim draagvlak in de samenleving kunnen rekenen. Maar in de praktijk staan de vier thema's vaak op gespannen voet met elkaar. Zo is schone energie vooralsnog duurder – denk aan zonnepanelen en aardwarmte. En niet zelden neemt betrouwbare energie meer ruimte in – denk aan de uitbreiding van elektriciteitsnetten. De plannen om van Nederland een 'aardgasrotonde' te maken zet de planologie onder druk: wat is het effect van aardgasopslag op de ondergrond? En betekent 'betaalbaar' een lagere energierekening voor de consument, of gaat het vooral om hogere energiebatan voor de Staat? Beperken we ons bij het begrip 'schoon' tot een lagere CO₂-uitstoot? Of staat een breder besef van maatschappelijk verantwoord ondernemen centraal?

5.2 Mythe 2: "Fossiel is op zijn retour"

De beleidsdoelstellingen voor energiebesparing, het aandeel hernieuwbare energie en CO₂-reductie lijken te suggereren dat fossiele brandstoffen op hun retour zijn. Hetzelfde geldt voor het breed gedragen idee van een Energietransitie, waarbij fossiel en kernenergie hooguit nog een periode nodig zijn ter overbrugging naar een fossielvrije en kernenergieloze wereld. De hoeveelheid energie die jaarlijks met fossiele brandstoffen wordt opgewekt, groeit in absolute zin echter onverstoort door, niet alleen wereldwijd, maar ook in Nederland. En het einde van deze trend is nog niet in zicht.

Stijgende kosten

De gestage doorgroei van fossiele brandstoffen kent grote nadelen. Energiebronnen dreigen niet alleen fors duurder te worden vanwege de toenemende aandacht voor de nadelige ecologische (zie hieronder) en maatschappelijke effecten (zie ook paragraaf 5.7). Ook worden ze moeilijker winbaar.

Het *Energierapport* uit 2008 gaat uit van toenemende schaarste op de wereldenergiemarkt (EZ 2008). Europa moet de strijd aan met opkomende economieën die de wereld afspeuren, op zoek naar energie. Het Internationale Energie Agentschap vreest dat de investeringen voor winning, omzetting en distributie van fossiele brandstoffen en uranium – vooral veroorzaakt door China, India, Rusland en Brazilië – de gestegen vraag niet kunnen bijhouden (IEA 2009; IEA 2010). Op korte termijn kennen de energieprijzen een grillig verloop. De verwachting voor de lange termijn is dat de prijzen van fossiele brandstoffen zullen stijgen, omdat de winning ervan steeds moeilijker gaat. Dit is het directe gevolg van de economische logica van de mijnbouw: de gemakkelijk winbare delfstoffen worden als eerste naar boven gehaald. Met technologische innovatie (verbetering van wintechnieken) wordt dit proces vertraagd, maar niet gekeerd.

De winning van aardolie en aardgas wordt steeds lastiger. Een deel van deze brandstof valt met de gangbare technieken niet meer te winnen, bijvoorbeeld omdat het moeilijker zit ingekapseld in zand of gesteente, of dieper of verder weg gewonnen moet worden. Deze trend geldt ook voor het aardgas in Nederland. De verwachting is dat de conventionele gasproductie in 2025 ongeveer halveert vergeleken met 2009. Rond 2030 leveren onze gasvelden nog maar tussen de twintig en dertig procent (EZ 2009; EL&I 2011:18). Nederland heeft grote hoeveelheden schaliegas in de bodem (TNO 2009) en ook steenkoolreserves, maar voor eventuele grootschalige winning zijn flinke investeringen nodig.

Grotere milieurisico's

Niet alleen de economische kosten, ook de milieurisico's nemen toe. Staten en multinationals brengen de delfstoffen in kaart onder de Noordpool (USGS 2008). Dit illustreert dat ecologisch kwetsbare gebieden niet bij voorbaat ontzien worden. Er is ook steeds meer energie en materiaal nodig om het energie-equivalent van een vat ruwe aardolie bij de klant te brengen. Zolang er fossiele brandstoffen worden ingezet voor de mijnbouw en het transport, betekent dit ook dat de CO₂-uitstoot per eenheid geleverde energie stijgt.

Voor lastige winmethoden zijn de milieurisico's groot. Denk aan de ramp met de diepzeeliewinning door BP, in de Golf van Mexico. En bij oliewinning uit teerzanden zijn chemicaliën nodig, die in het grond- of oppervlaktewater kunnen komen. Ook is voor de winning zelf veel water nodig, wat het grondwaterpeil in de omgeving beïnvloedt. Door middel van een gesloten systeem, waarbij stoffen in een fabriek worden schoongemaakt, worden nadelige milieueffecten zo veel mogelijk voorkomen.

Dergelijke risico's spelen ook bij schaliegaswinning (Veringa 2011; Schneider 2010). Ook daar is water nodig dat met hoge druk, zand en chemicaliën in diepe leisteenlagen geperst wordt om het gas eruit te krijgen. Sommige onderzoekers waarschuwen dat er, diep in de bodem, radioactief materiaal vrij kan komen, dat mogelijk via het afvalwater het hoger gelegen drinkwater kan bereiken. Daarnaast lost een gedeelte van het methaan (het belangrijkste bestanddeel van het te winnen aardgas) op in het afvalwater, en komt zo mee naar boven. Methaan is een sterker broeikasgas dan CO₂ – al wordt het in de atmosfeer wel sneller afgebroken. Deze risico's spelen vooral in Amerika, waar het schaliegas dicht onder het oppervlak te vinden is dan in Europa. Evengoed maken belanghebbenden zich zorgen over winning in Europa.

De wereldwijde opkomst van steenkool versterkt de belasting voor het milieu. Vergeleken met aardolie en uranium zijn er nog veel goed toegankelijke voorraden. Het probleem is echter dat steenkool een hoge uitstoot van CO₂ en schadelijke stoffen kent. Steenkoolcentrales stoten circa twee keer zoveel CO₂ uit dan aardgascentrales – 740 tegenover 350 gram per kWh (ECN 2007). Volgens de Amerikaanse Clean Air Taskforce geeft een steenkoolcentrale in de Verenigde Staten een groter risico voor mens en gezondheid dan enige andere industriële bron van vervuiling (CAT 2010).

Met de bouw van drie nieuwe kolencentrales wordt de Nederlandse energievoorziening voorlopig viezer in plaats van schoner. De techniek om de CO₂ die bij steenkoolverbranding vrijkomt af te vangen en ondergronds op te slaan, is nog pril. Financieel gezien is het goedkoper om dat op land te doen, om zo transportkosten naar zee te vermijden, maar in Nederland gaat het dan vooral om dichtbevolkte gebieden. Lokale belanghebbenden koesteren vaak wantrouwen, omdat er voor hen geen directe voordelen maar vooralsnog wel risico's en ongemak mee gemoeid zijn. Het afzien van proefprojecten voor CO₂-opslag bij Barendrecht en Drenthe illustreert de maatschappelijke onrust hieromtrent.

Kernenergie, ten slotte, heeft een lage CO₂-uitstoot, maar kent felle tegenstanders, vanwege veiligheidsvragen en het onopgeloste kernafvalvraagstuk. Na het ongeval met de Japanse kerncentrales in Fukushima heeft Duitsland besloten oude kerncentrales stil te zetten en de nieuwere op termijn uit te faseren (NRC 2011). De Zwitserse bevolking heeft via een referendum gestemd voor de uitfasering van kernenergie binnen twintig jaar. De Italiaanse bevolking stemde tegen herintroductie van kernenergie (Bogtstra 2011). Het ligt echter voor de hand dat een groot deel van het wegvallende opwekkingsvermogen in Duitsland zal worden ingevuld met stroom die wordt opgewekt met fossiele brandstoffen.

5.3 Mythe 3: “Hernieuwbaar is oneindig beschikbaar”

Partijen die het milieu een warm hart toedragen, willen hernieuwbare energie zo snel mogelijk uitbouwen. Liefst naar 100% hernieuwbare energie in 2050 (Nederland krijgt Nieuwe Energie 2010). Voor hen weegt het hernieuwbare karakter van de energieopwekking zwaar. Het brengt groene werkgelegenheid en biedt evengoed economische kansen (SEO 2010). Maar een dergelijk scenario is niet zo evident als het lijkt. Want hernieuwbare energie is geenszins oneindig beschikbaar.

Op de korte termijn is hiervoor te weinig investeringsbereidheid. Het kabinet-Rutte heeft de nationale ambitie van het vorige kabinet van 20% hernieuwbare energie in 2020 teruggeschroefd naar de Europese minimumverplichting van 14%. Volgens het Planbureau voor de Leefomgeving en de Algemene Energie-raad is het zelfs de vraag of deze verlaagde doelstelling gehaald zal worden (PBL 2010; AER 2011a). Niet in de laatste plaats omdat het kabinet voorstelt om in de nieuwe Stimuleringsregeling Duurzame Energie-productie Plus (SDE+) het subsidiebudget te verlagen van 7,4 miljard euro in 2010 (AgentschapNL 2010) naar 1,5 miljard euro in 2011 (Verhagen 2010a). Het aandeel hernieuwbare energie daalde van 4,2% in 2009 naar 3,8% in 2010 (Compendium 2010).

Schaarste en milieulast

Naast het kostenverhaal is vergaande uitbouw van hernieuwbare energie om een andere reden niet evident. Hernieuwbare energie is namelijk niet vanzelf duurzaam. Net als conventionele energie vreet het grondstoffen en vraagt het om grote investeringen in infrastructuur. De algemene trend is dat energie- en materiaalverbruik elkaar opstuwten, en ook hernieuwbare energie ontkomt daar niet aan (Diederer 2010; OECD 2008; V&J 2010; Kleijn & van der Voet 2010; Kramer 2011). Bulkmaterialen (staal, koper) zijn nodig voor de uitbouw van windparken en elektriciteitsnetten. En met de grootschalige productie van biomassa zijn meststoffen, landbouwgronden, zoet water en pesticiden gemoeid. Wanneer de vraag naar deze grondstoffen toeneemt, wordt het voor fabrikanten, overheden en ontwikkelaars interessanter om er in te investeren. Mijnen en fabrieken zullen worden geopend. Extra landbouwgrond zal beschikbaar komen. Hoe dan ook drukt de productie van al deze grondstoffen op het milieu. Ook veroorzaakt het CO₂-uitstoot, zo lang de productie ervan met fossiele brandstoffen plaatsvindt.

De beschikbaarheid van infrastructuur voor hernieuwbare energie krijgt de nodige aandacht in het energiedebat. Voor de korte termijn is de toegang tot het elektriciteits- en gasnet geregeld door hernieuwbare opwekking voorrang te geven (Rijksoverheid 2011a&b). Voor de langere termijn is nog veel onduidelijk. Een uitbreiding van de warmtenetten in Nederland kan de marktkansen voor aardwarmte en warmte- en koudeopslag vergroten, maar die kant lijkt het vooralsnog niet op te gaan.

Voor elektriciteit loopt de discussie in hoeverre slimme netten of energieopslag op termijn nodig zijn. Slimme netten kunnen bijvoorbeeld wasmachines of drogers zo aansturen dat ze pas aangaan wanneer zonnepanelen en windmolens – afhankelijk van het weer – veel kunnen leveren. Het nadeel is echter dat je deze energiebronnen niet even ‘aan’ kunt zetten op het moment dat je er gebruik van wilt maken. Anderen spreken over de noodzaak om op termijn via een Europees supernet windparken op de Noordzee te verbinden met grote zonnespiegelcentrales in Zuid-Europa en Noord-Afrika. Om een dergelijke toekomstvisie (Desertec 2010; ECF 2010) te verwezenlijken zijn forse investeringen nodig en vergaande

internationale samenwerkingsverbanden tussen netwerkbedrijven die nu nog grotendeels nationaal georganiseerd zijn. Bovendien vergroot zo'n supernet ook de afzetmarkt voor elektriciteitscentrales die draaien op steenkool, aardgas of kernenergie. Het is dus nog maar de vraag of de komst van een dergelijk Europees supernet de marktkansen voor hernieuwbare energie of van fossiel en kernenergie zal vergroten.

Volledig afhankelijk van import

Het gebruik van hernieuwbare energiebronnen brengt, evenals dat van fossiele brandstoffen en uranium, nieuwe geopolitieke afhankelijkheden met zich mee. Op Europees niveau neemt de aandacht voor natuurlijke hulpbronnen toe (EC 2011a). Illustratief is de importafhankelijkheid voor zeldzame aardmetalen waarvan China 97% van de wereldproductie in handen heeft (EC 2011b), waardoor de Europese Unie hiervoor volledig afhankelijk is van import. Het gaat om een relatief kleine markt – vergeleken met de tonnen staal en koper die wereldwijd verhandeld worden. Toch zijn deze grondstoffen van essentieel belang, onder meer voor de productie van bepaalde types windmolens en zonnepanelen, waarin neodinium, of indium, telluur en selenium verwerkt worden. In de Verenigde Staten, Australië en Canada zijn plannen om nieuwe mijnen voor zeldzame aardmetalen te openen, teneinde de afhankelijkheid van China op dit vlak te verminderen (Oakdene Hollins 2010).

Tot slot is het de vraag of fabrieken en landbouwgronden op tijd beschikbaar komen om in de stijgende mondiale vraag naar hernieuwbare energie te voorzien. Op termijn zijn internationale wachtrijen voor hernieuwbare energie een reëel risico. Sommige deskundigen onderkennen het idee van *peak oil*, het gegeven dat wereldwijde olieproductie op een gegeven moment zijn top bereikt. Maar het idee van een eventueel plafond aan de productie van energie uit biomassa, wind of zon leeft nog niet.

5.4 Mythe 4: “Hogere energie-efficiënte leidt tot vermindering energieverbruik”

Sinds de jaren zeventig is energiebesparing onomstreden in het energiebeleid. In april 2011 stelde de Algemene Energieraad (AER) nog dat energiebesparing net zo effectief is voor CO₂-reductie als het stimuleren van hernieuwbare energie (AER 2011a). In de beleidscontext betekent energiebesparing echter niet het terugdringen van het nationale energieverbruik, maar slechts een betere energie-efficiëntie. Dit houdt in: “het uitvoeren van dezelfde activiteiten of vervulling van functies met minder energieverbruik” (ECN 2001). Het *Energierapport 2011* stelt: “Het verbeteren van de energie-efficiëntie is een van de meest kosteneffectieve opties om minder afhankelijk te worden van fossiele brandstoffen. Efficiënt energiegebruik verbetert de concurrentiepositie van bedrijven en leidt tot lagere energiekosten voor de burger” (EL&I 2011:42). Ook de Europese Commissie zet sterk in op verbetering van de energie-efficiëntie (EC 2008). De centrale belofte is dat dit beleid een pijnloze uitruil tussen milieu en economie mogelijk maakt. Namelijk, als we de energie steeds efficiënter gebruiken, nemen het energieverbruik en de CO₂-uitstoot af, terwijl de economie toch kan blijven groeien.

'Rebound effect'

De aanname dat efficiënter omgaan met energie gelijkstaat aan afnemende consumptie wordt door onderzoekers regelmatig bekritiseerd (voor een overzicht zie Owen & Keulemans 2011). Er is gerede bewijs

dat efficiëntiebeleid de economie juist aanjaagt, met meer energie- en materiaalgebruik als gevolg. Dit verschijnsel staat in de literatuur bekend als het rebound effect of de Jevons-paradox (zie bijvoorbeeld Sorrell 2007). Hoe het netto effect uitpakt, hangt sterk van de rekenaannames af. Beperken we ons tot de *directe* rebound effecten, dan zorgt efficiëntie wel degelijk voor besparing. Mensen laten een spaarlamp misschien wat langer aan dan een gloeilamp, maar het elektriciteitsverbruik voor verlichting neemt op jaarbasis toch af. Maar des te meer *indirecte* effecten we meenemen in de beschouwing, des te meer de besparingswinst verdampt. Een indirect effect is dat het met spaarlampen verleidelijk wordt ook de tuin extra te verlichten. Een effect van nog hogere orde is dat energiebesparing geld oplevert. Vroeger of later wordt dat altijd weer in de economie gestoken, met energie- en materiaalgebruik als gevolg.

Het inzicht dat efficiëntiebeleid het nationale energieverbruik evengoed zou kunnen opstuwen in plaats van verminderen krijgt nog maar weinig beleidsaandacht. Energie-efficiëntie betekent slechts dat de hoeveelheid energie per product of dienst in een bepaalde luxe-klasse afneemt. Ondertussen neemt het aantal producten en diensten in de samenleving toe en profiteren we van steeds hogere comfortniveaus. Daarmee laat het efficiëntiebeleid de economische groei niet alleen vrij, maar stimuleert haar juist. Zuiniger energieomzetting maakt het interessanter en mogelijk om grotere televisies, woningen en auto's te maken, of om vaker een vliegreis te boeken. Het besparingsbeleid is een zegen voor de welvaart, maar tegen het gevoel in, een zorg voor de energie- en materiaalproductie.

Het huidige energiebesparingsbeleid leidt dus niet tot een pijnloze uitruil tussen milieu en economie. De economie profiteert en milieubelangen lijken het onderspit te delven. Het efficiëntiebeleid is vanuit breed maatschappelijk en langetermijnperspectief dus geen betrouwbare energieoptie. Een efficiëntieverbetering van 20% betekent namelijk niet dat we straks 20% minder fossiele of hernieuwbare energie nodig zullen hebben.

5.5 Mythe 5: “De overheid stelt slechts randvoorwaarden aan een vrije markt”

Het spel van vraag en aanbod op de markt moet de energielevering zo goedkoop mogelijk maken. Met deze insteek heeft de Europese Unie, sinds 2004, de elektriciteits- en gasmarkten in een aantal stappen vrijgegeven. Sindsdien gaat het energiedebat vooral over de ‘randvoorwaarden’ die overheden stellen aan de markt.

In de praktijk ligt de zaak veel complexer. De invloed van overheden reikt veel verder dan de term ‘randvoorwaarden’ suggereert. Er zijn vergaande regelgeving en subsidies nodig om de Europese ambities voor hernieuwbare energieopwekking en CO₂-reductie waar te maken. Zonder sterk overheidsoptreden worden die doelen niet gehaald.

Grote overheidsinvloed

De invloed van de overheid als aandeelhouder van bedrijven is eveneens zeer groot. Nationale, regionale en lokale overheden zijn nog steeds belangrijke aandeelhouders van energiemaatschappijen. En dan gaat het niet alleen om het eigendom van elektriciteits- en gasnetwerken. Overheden hebben ook stevige percentages in handen van energiebedrijven die, over die netwerken heen, handel drijven in energie. In de

energie discussie krijgt het aandeelhouderschap van overheden en de mogelijkheden en beperkingen voor sturing die dat oplevert, nog maar weinig aandacht.

Een aantal voorbeelden illustreert de vergaande inmenging van andere overheden in de Nederlandse markt. Het energiebedrijf EDF, dat interesse heeft in de bouw van een tweede kerncentrale in Nederland, is voor 84,5% in handen van de Franse staat (Reuters 2011). Vattenfall, dat Nuon overgenomen heeft, behoort volledig toe aan de Zweedse overheid (Vattenfall 2011). Abu Dhabi, één van de Arabische Emiraten, heeft een aandeel van 51% in Taqa Energy (Taqa 2011). Dat bedrijf wil investeren in gasopslag bij Bergen. De Europese spelers Electrabel, E.ON en RWE investeren in nieuwe kolencentrales in Nederland. Electrabel is volledig in handen van GDF Suez, waarin de Franse staat participeert. De aandeelhouderstructuur van het Duitse E.ON en RWE is minder transparant.

Tegelijkertijd is de Nederlandse overheid op haar beurt al decennia actief op de buitenlandse energiemarkten, vooral op het gebied van de gashandel en -export. De structuur van de publiekprivate samenwerking rondom de Nederlandse gaswinning en -levering is sinds het vrijgeven van de energiemarkt veranderd, maar de levering aan andere landen gaat onverminderd door. En meer recent heeft het netwerkbedrijf Tennet, dat volledig in handen is van de Nederlandse staat, grote delen van het Duitse elektriciteitsnetwerk overgenomen (Tennet 2010; 2011).

Belangrijke aandeelhouders

Op regionaal niveau zijn provincies en gemeentes nog steeds belangrijke aandeelhouders. Voor een deel hebben lagere overheden hun aandelen verkocht (Commissie Publiek Aandeelhouderschap Energiebedrijven 2008), maar voor een groot deel ook niet. Diverse gemeentes speelden met het idee om de opbrengst van deze verkoop te investeren in een nieuw op te richten gemeentelijk energiebedrijf, met als doel de verduurzaming van energie te stimuleren (Tensor Energy 2009). Erg hard gaat deze ontwikkeling echter nog niet.

De liberalisering van de Europese energiemarkt heeft de facto geleid tot concentratie van marktmacht in handen van enkele grote internationaal opererende partijen. De Nederlandse energiemarkt kent een beperkt aantal dominante spelers in plaats van een vrije markt met veel concurrentie. In Nederland leveren Nuon, Essent en Eneco ongeveer driekwart van de elektriciteit en het gas (RWE/Essent 2009).

5.6 Mythe 6: “We zijn op weg naar CO₂-neutraal”

De nationale klimaatdoelstellingen wekken de indruk dat we op weg zijn naar een CO₂-neutrale samenleving. Maar internationale klimaatafspraken – en de doorvertaling daarvan voor Nederland – buigen de trend van groeiende CO₂-uitstoot door fossiele brandstoffen nog niet stevig om. Sinds 2004 lijkt de uitstoot van CO₂ licht te dalen, voor een deel veroorzaakt door de economische recessie (ECN 2011; Compendium 2009). Desondanks dreigt Nederland de 2020 doelstelling voor emissiereductie te missen (ECN/PBL 2010). Sowieso vertekenen de jaarcijfers het beeld. De uitstoot, zelfs al is die lager dan het jaar ervoor, komt boven op de uitstoot van de voorgaande jaren, die niet opeens volledig uit onze atmosfeer verdwenen is.

In de praktijk zijn de marktkansen voor CO₂-arme energielevering kleiner dan ze lijken. Van een gelijk speelveld is geen sprake. Nederland blijft aantrekkelijk voor koolstofvrije industrie. Politici, onderzoekers, maatschappelijke organisaties en het groene bedrijfsleven dragen verschillende suggesties aan waarmee de verschillen kleiner kunnen worden, zie bijvoorbeeld het *Position Paper* van de Groene Zaak (2011). Zolang stimuleringsbeleid hiervoor onvoldoende corrigeert, wordt in feite CO₂-rijke energielevering gestimuleerd.

CO₂-rijke industrie

Ons land blijft aantrekkelijk als vestigingsplaats voor internationaal opererende bedrijven die hun geld verdienen met de winning, omzetting en levering van niet-hernieuwbare, CO₂-rijke energiebronnen. Zo heeft onze ligging aan zee de ontwikkeling van Rotterdam tot een wereldoliehaven mogelijk gemaakt. En koelwater voor elektriciteitscentrales stroomt op vele plaatsen. Schepen kunnen in de havens grote hoeveelheden steenkool afleveren. De elektriciteitsmarkten in Noordwest-Europa raken steeds meer met elkaar verbonden – zowel qua netwerkverbindingen als handel (CIEP 2010; ECN/PBL 2010). Ook de gaslevering is internationaal georganiseerd. Via ondergrondse opslag van geïmporteerd aardgas en het distribueren van vloeibaar gas dat per schip wordt aangeleverd kan Nederland de ‘gasrotonde’ van West-Europa worden. Die ambitie heeft Nederland wel, ook al gaat het om grote investeringen met onzekere opbrengsten, hebben buurlanden vergelijkbare ambities (Verhagen 2011a&b; Brattle Group 2010) en is ook het maatschappelijk verzet tegen de ondergrondse opslag van aardgas en de winning van schaliegas een bron van onzekerheid.

Hoewel onzeker heeft de bedrijvigheid rondom fossiele brandstoffen gerede kans van continuïteit of zelfs groei. Voor CO₂-arme industrie zien de kansen er slechter uit. Op dit vlak is er een traditie van afwachten en mondjesmaat, maar vooral wispelturig, subsidiëren van innovatie. De opbouw van een eigen windindustrie, waar Nederland in de jaren tachtig en negentig nog op hoopte, lijkt voorgoed verkeken (zie het essay over windenergie). Dit in tegenstelling tot grotere landen als Duitsland en China die met stevig overheidsingrijpen industrieën opbouwen waardoor innovatieprocessen in een stroomversnelling kunnen raken. Het kabinet-Rutte kiest er bewust en expliciet voor om alleen nog de goedkoopste, meest marktrijpe vormen van hernieuwbare opwekking te stimuleren (Verhagen 2010a). De Stimuleringsregeling Duurzame Energie Plus (SDE+) verdeelt daartoe het jaarlijks budget niet meer vooraf over de verschillende hernieuwbare energietechnologieën, maar laat ze concurreren. Daarbij komen de goedkoopste technologieën het eerst in aanmerking voor budget (EL&I 2011: 23). Dit zijn vuilverbranding, biomassa, groen gas en windmolens. Het gevolg daarvan is dat subsidiegeld voor bijvoorbeeld windmolens vooral ten goede zullen komen aan buitenlandse bedrijven die in Nederland windmolens bouwen. Dat die aanpak relatief weinig innovatie en werkgelegenheid in Nederland oplevert, neemt de overheid, in deze tijden van zware bezuinigingen, op de koop toe. Wel neemt vanuit het ministerie van Economische Zaken, Landbouw & Innovatie de aandacht toe voor groene energiepolicies waar de Nederlandse economie van kan profiteren: een *Green Deal* (Regeerakkoord 2010; Ecorys 2010; Roland Berger 2010; SER 2010; SEO 2010; EL&I 2011:44-45).

‘Please In My BackYard’

Het is niet ongebruikelijk dat marktpartijen omwonenden compenseren voor de winning van fossiele brandstoffen. De ‘goodwill’ onder de inwoners van Schoonebeek voor oliewinning is nog steeds groot, om-

dat de opkoopregelingen van landbouwgrond (voor winlocaties) riant waren, de bedrijvigheid werkgelegenheid met zich meebracht en de blow-out van 8 november 1976 het dorp proactieve en ruime compensatieregelingen opleverde (NRC 2011b). De Energieraad stelt voor om ook bij eventuele schaliegaswinning op Nederlands grondgebied de landeigenaren te laten meedelen in de winst (AER 2011b). Op die manier kan een *Please In My BackYard* (PLIMBY)-effect ontstaan.

Nadeelcompensatie ontbreekt echter voor CO₂-arme energietechnologie. De ratio lijkt dat oplossingen voor een publiek probleem – klimaatverandering – automatisch publieke steun genieten. Voor projecten die financieel toch niet of nauwelijks rendabel zijn, verwachten bedrijven en overheid van lokale belanghebbenden een 'liefdewerk oud papier'-houding. Doe maar mee – het is voor de goede zaak. In de praktijk valt dat vaak vies tegen. Zo is de plaatsingsproblematiek voor windmolens al decennialang een weerbarstig dossier. Ook voor proefprojecten met ondergrondse CO₂-opslag is het 'NIMBY'-vraagstuk (*Not In My BackYard*) hardnekkig.

We hebben de neiging het ruimtebeslag voor CO₂-arme technologie te exporteren. Zo is er veel debat over de veiligheid van een tweede kerncentrale in Zeeland, terwijl de import van de CO₂-arme kernstroom uit Frankrijk en België, die vooral voor burgers dáár risico's oplevert, vrijwel onbesproken blijft. Daarnaast lijken CO₂-opslag en windparken op zee aantrekkelijker dan op land. Maar de transportkosten stijgen en bovendien zijn er op zee evengoed concurrerende ruimteclaims.

Verborgene subsidies

Dat CO₂-rijke energie de boventoon voert, komt ook door zogenaamde verborgen subsidies voor fossiele brandstoffen. Het gaat bijvoorbeeld om belastingvoordelen voor grootverbruik van energie. Voor fossiele brandstoffen draait de samenleving op voor tal van 'externe kosten' van energielevering (CE Delft 2007). Het gaat bijvoorbeeld om gezondheidskosten en aanpassingskosten voor klimaatverandering. Voor een deel worden die kosten doorberekend in de energieprijzen, bijvoorbeeld doordat elektriciteitscentrales CO₂-emissierechten moeten kopen, maar voor een groot deel ook niet. De milieubeweging pleit er daarom consequent voor dat het principe 'de vervuiler betaalt' veel verder wordt doorgevoerd.

Financieel onderzoeksbureau Bloomberg heeft becijferd dat de wereldwijde subsidies die overheden in totaal geven op fossiele brandstoffen tien keer hoger zijn dan voor hernieuwbare energie (Bloomberg 2010). Ook het International Energy Agency vraagt aandacht voor het uitfaseren van wereldwijde subsidies op fossiele brandstoffen (IEA 2010). Volgens het *Energierapport 2011* wordt het gebruik van fossiele brandstoffen in Nederland financieel niet gestimuleerd (EL&I 2011:39). Toch lijkt in Nederland de subsidiepraktijk op diverse wijzen scheef te zijn (van Beers et al. 2007; van Beers & van de Bergh 2009; *de Volkskrant* 2010; Ecofys/CE Delft 2011). Zo geldt er bijvoorbeeld wel importheffing voor bio-ethanol, en niet voor fossiele brandstoffen (WTCBE 2011). Ook past Nederland gunstige financiële en fiscale regelingen toe voor bepaalde gebruikersgroepen, zoals de glastuinbouw. Eind 2010 heeft de staatssecretaris van Financiën een onderzoek over subsidies op het gebruik van fossiele brandstoffen toegezegd in de Eerste Kamer (Verhagen 2010b). Daarnaast wordt in het *Energierapport 2011* ook gewezen op nader onderzoek naar belastingen op energieproducten en CO₂ in de lidstaten om ons heen (EL&I 2011: 40). Dit is onder meer van belang voor de internationale concurrentiepositie van het bedrijfsleven in Nederland.

Zolang consensus ontbreekt over de verborgen subsidies van fossiele brandstoffen en ook kernenergie (UCS 2011; Jelsma 2008) is het niet vreemd dat veel marktpartijen en ook de overheid zelf hernieuwbare energie vooral als kostenpost beschouwen. De SDE+ regeling, die hernieuwbare energieopwekking stimuleert, is een veel zichtbaarder vorm van subsidie. Het kabinet is van plan om deze regeling op termijn te financieren via een opslag op de energierekening, zodat burgers direct zien wat ze betalen voor het stimuleren van hernieuwbare energie.

5.7 Mythe 7: “Nederlandse verduurzaming is duurzaamheid”

Het duurzaamheidsvraagstuk wordt vaak versmald tot streefpercentages die in Nederland gehaald moeten worden. In ons land zijn talrijke initiatieven die groene werkgelegenheid, energiebesparing en hernieuwbare energie zo veel mogelijk op eigen bodem willen bevorderen (Rathenau Instituut 2009). Ook de publiek-private Energietransitie staat voor verduurzaming van de Nederlandse energievoorziening. Deze nationale in-steek ligt ook voor de hand, omdat de Europese Unie Nederland afrekent op 20% CO₂-reductie (ten opzichte van 1990), een aandeel van 14% hernieuwbare energie in het jaar 2020 en 20% energie-efficiëntie in 2020.

Misstanden

Maar hoe ‘schoon’ de energiebronnen zijn wanneer we de internationale productieketens in ogenschouw nemen, blijft daarmee goeddeels onbekend. De beleidsdoelen hiervoor zijn veel vrijblijvender geformuleerd. De energieparagraaf uit het Regeerakkoord geeft aan dat het kabinet-Rutte het Initiatief Duurzame Handel, opgezet door het bedrijfsleven, wil uitbreiden naar CO₂-intensieve sectoren (Regeerakkoord 2010). Zomer 2011 heeft de energiesector zich nog niet bij dit initiatief aangesloten (IDH 2011). De huidige regelgeving voor ecologische en sociale ketenverantwoordelijkheid voor energielevering is nog reactief en selectief. Het vertrekpunt voor beleid is dat er eerst misstanden moeten zijn, alvorens harde duurzaamheidseisen politiek haalbaar worden. Dit uitgangspunt betekent echter niet dat misstanden automatisch leiden tot strenge regelgeving; daarvoor blijken de handelsbelangen te groot.

Toch is de aandacht voor de duurzaamheid van de gehele energieketen de afgelopen jaren flink toegenomen. En ook beleidsmatig zijn er belangrijke stappen gezet. Aanleiding daarvoor is de fikse publieke discussie over het gebruik van biomassa voor het maken van biobrandstoffen. Het is nu politiek aanvaard dat dergelijk gebruik noch de biodiversiteit noch de voedselproductie mag schaden. Daarnaast moet er over de gehele keten genomen daadwerkelijk vermindering van CO₂-uitstoot plaatsvinden (EL&I 2011:23-24). Dit heeft geleid tot duurzaamheidscriteria voor de inzet van biobrandstoffen (Corbey 2011). Op Europees niveau is slechts een deel van de voorgestelde ‘Cramer criteria’ in de regelgeving beland. De harde duurzaamheidscriteria uit de *Renewable Energy Directive* (EC 2009) van de Europese Commissie beperken zich uiteindelijk tot biodiversiteit en CO₂-efficiëntie (Corbey 2009). Daarmee vallen onder meer de arbeidsomstandigheden en het gebruik van pesticiden bij het verbouwen van biomassa buiten de regelgeving.

Lekkende pijpleidingen

Voorlopig zijn alleen duurzaamheidscriteria voor de inzet van biobrandstoffen verwerkt in regelgeving. Toch worden er met betrekking tot verschillende ketens stappen gezet. Het kabinet-Rutte zet er op in

dat de bijstook van biomassa, wat gaandeweg verplicht gesteld wordt, op een duurzame manier gebeurt (Verhagen 2011c). Voor de fabricage van Chinese zonnepanelen bijvoorbeeld bestaat geen duurzaamheidswetgeving. Maar op vrijwillige basis zet de sector hier wel degelijk stappen (zie essay over zonnepanelen en zonneboilers). Ook op het gebied van fossiel en uranium zien we een hoopgevende beweging. Diverse mijnbedrijven hanteren ISO 14001 certificaten waarin de processtappen gedefinieerd zijn om de milieuprestatie te monitoren. Ook worden stappen gezet op het vlak van Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen (MVO), waar ISO 26000 richtlijnen voor bestaan. Deze normen hebben echter een vrijwillig karakter. Over de gehele linie gezien is er echter nog weinig zicht op naleving van duurzaamheidseisen en -claims. Feitelijk hebben we nog weinig zicht op de arbeidsomstandigheden en de gevolgen van fossiele brandstoffen en uranium voor bevolking en milieu elders. Een voorbeeld dat uitvoerig in de media besproken is, is het lekken van olieleidingen in Nigeria, deels vanwege sabotage door bewoners die uit zijn op compensatiegelden voor de lucratieve oliewinning door Westerse bedrijven (UN 2011, NRC 2011c, Trouw 2009). Dergelijke berichtgeving geeft aan dat misstanden voorkomen. Maar het geeft weinig zicht op de neveneffecten elders ter wereld die toe te schrijven zijn aan de dagelijkse inzet, omzetting en doorvoer van olie, gas en elektriciteit in Nederland.

In de discussie over een eventuele tweede kerncentrale in Borssele heeft het kabinet voorgesteld dat de exploitant aandacht moet besteden aan de milieueffecten van de hele uraniumketen – en niet alleen aan de directe milieueffecten rondom de centrale (Commissie MER 2009). Daarnaast debatteerde de Tweede Kamer in 2010 over de sociale omstandigheden bij de winning van de steenkool die in Nederlandse elektriciteitscentrales wordt ingezet (zie het essay over steenkool). Dit heeft bijgedragen aan het oprichten van een Coal Dialogue Group, waarin grote leveranciers en eindverbruikers van steenkool, vakbonden, milieuorganisaties en sociale organisaties werken aan verbeteringen (CDG 2011). En begin 2011 heeft een aantal Kamerleden een motie ingediend om in Europees verband de Cramer criteria, opgesteld voor biomassa, ook toe te passen voor fossiele brandstoffen – al is die eis in latere gewijzigde motie weer ingetrokken (Tweede Kamer 2011a; 2011b).

5.8 Aanbevelingen - Op naar maatschappelijk transparant energiebeleid

De hierboven beschreven energiemythes scheppen de illusie dat we in de toekomst een betaalbare, betrouwbare en schone energievoorziening zullen hebben. In werkelijkheid wordt onze energie eerder vier, duurder en hoogstwaarschijnlijk onbetrouwbaarder.

- *Fossiele energie* is, in tegenstelling tot wat er vaak gedacht wordt, niet op haar retour. De inzet van fossiele brandstoffen groeit juist. We gebruiken er meer van, en het wordt steeds moeilijker te winnen, waardoor zowel de economische - als de milieukosten zullen stijgen.
- *Hernieuwbare energie* is niet oneindig beschikbaar. Ook hernieuwbare bronnen als biomassa, zon en wind, zullen, op lange termijn, in de praktijk niet aan schaarste en milieuproblemen ontkomen. Bovendien is er nog weinig zicht op de werkelijke duurzaamheid van hernieuwbare energie. ‘Onze zonnepanelen’ mogen dan wel schoon lijken, maar hoe behoorlijk worden de Chinese arbeiders die ze maakten eigenlijk behandeld?

- *Energie-efficiëntie* blijkt geen garantie voor de besparing die de uitdaging van een duurzame energievoorziening kleiner zou maken. Want hogere energie-efficiëntie draagt, in tegenstelling tot wat er vaak gedacht wordt, niet vanzelfsprekend bij aan een vermindering van het energieverbruik op nationaal niveau.

In de praktijk dus, groeien de uitdagingen bij fossiele – en kernenergie, bij hernieuwbare energie, en op het vlak van energiebesparing – in weerwil van de mythes.

De overheid staat voor de grote opgave om de Nederlandse energievoorziening van 2030 en daarna, niet alleen betaalbaar en betrouwbaar te houden, maar tegelijkertijd ook schoner te maken. Daarvoor is een maatschappelijk aanvaardbare mix van energietechnologieën nodig.

De verontrustende boodschap uit de essays in dit boek, waarin *alle* energiebronnen aan bod komen, is echter dat alle vormen van energie maatschappelijk controversieel zijn. Niet alleen kernenergie ligt gevoelig. Hetzelfde geldt voor kolencentrales, CO₂-opslag onder de grond, biobrandstoffen en talloze concrete windenergieprojecten op land. Technologische oplossingen voor het energievraagstuk leiden consequent tot maatschappelijke discussie. De trend daarbij is: een ‘vlucht vooruit’ naar andere en nieuwere technologische oplossingen. Denk aan de tweede generatie biobrandstoffen, die de niet duurzame misstanden met de eerste generatie moet doen vergeten.

Vroeger of later, echter, zal de overheid de boodschap moeten gaan uitdragen dat pijnlijke en vergaande ingrepen in het energiebeleid nodig zijn. Ingrepen met hoge kosten, die veel partijen zullen raken.

Gelukkig is de veerkracht in de samenleving om met die uitdagingen om te gaan groot (PBL 2011b). In Nederland en ook elders ter wereld zijn vele regio's bezig de zorgen over de toekomst om te zetten in kansen (Rathenau Instituut 2009; Hopkins 2008; Urgenda 2011). Voorbeelden zijn het Rotterdam Climate Initiative, Duurzaam Texel, Energy Valley en kiEMT. Uit de historie blijkt dat grote veranderingen in de energievoorziening snel kunnen worden doorgevoerd, wanneer de wil er is en het momentum eenmaal ontstaat. Na de vondst van het aardgas, eind jaren '50 van de vorige eeuw, werd een fijnvertakt aardgasnetwerk binnen twee decennia uitgerold en stapten vrijwel alle huishoudens over op aardgas. En de werkgroepen van diverse politieke partijen spannen zich in voor een vervolg op het gezamenlijke plan *Nederland krijgt Nieuwe Energie* uit 2010.

Om het maatschappelijk draagvlak voor verder overheidsingrijpen in de samenleving te verbreden en te laten groeien, is het belangrijk dat er een helder energiebeleid gevoerd wordt. En dat er een transparantere energiemarkt ontstaat. Hoe houden we onze energievoorziening ook na 2030 schoon, betrouwbaar en betaalbaar?

De aanbevelingen die we hieronder doen, om zowel het beleid als de markt maatschappelijk transparanter te maken, zijn niet gemakkelijk uit te voeren. Het gaat om langjarige processen die vaak om internationale afstemming vragen. Dat vereist dus een lastige, langdurige politieke inspanning. Op de korte termijn kan het draagvlak voor concrete energieprojecten er zelfs mee afnemen.

Desondanks zijn dit toch de wegen die bewandeld moeten worden om brede maatschappelijke steun op de langere termijn dichterbij te brengen. Zolang we de hiervoor benodigde kennisinspanning niet verrichten,

zullen de energiemythes het debat blijven domineren. Met onhelderheid over maatschappelijke uitdagingen en politieke stuurloosheid en economische onzekerheid als gevolg.

Aanbeveling I Doorbreek de energiemythes

Collectieve kennis over de urgentie van het energievraagstuk kan het begrip van- en draagvlak voor beleidsmaatregelen vergroten.

“De technologie lost het energievraagstuk op”... “Fossiele energie is op zijn retour”... “Hernieuwbare energie is oneindig beschikbaar”... “Hogere energie-efficiëntie leidt tot minder energieverbruik”... “De overheid stelt slechts randvoorwaarden aan een vrije markt”... “We zijn op weg naar CO₂-neutraal”... En: “De Nederlandse verduurzaming is duurzaam.”

Dit zijn de zeven mythes die ons een zorgeloze overgang naar een duurzame energievoorziening voorschotelen. Geen ervan berust op de werkelijkheid, zoals we hierboven zagen. We geloven ze graag, de mythes, maar ze benemen ons, als een sluier van mist, het zicht op zowel de huidige als toekomstige energievoorziening. Ze belemmeren de werkelijk duurzame hervorming van de Nederlandse energie-economie. Hoe langer we blijven geloven dat het allemaal wel goed komt met het energievraagstuk, door nieuwe of andere technologie, door efficiëntie of door ogenschijnlijk eeuwig beschikbare hernieuwbare energie, hoe groter het gat tussen wensbeeld en werkelijkheid zal worden.

Ook in dit geval geldt de volkswijsheid: zachte heelmeeesters maken stinkende wonden. Of: halve maatregelen verergeren de kwaal. Een scheefgroei tussen energiedoelen en de praktijk, zal de sociale onrust, en daarmee de uitdagingen voor het openbaar bestuur, onnodig laten groeien. Een gebrek aan kennis en aandacht van burgers voor het energieprobleem, zal leiden tot protesten en procedures als de uitdagingen toch groter blijken dan jarenlang verwacht.

Terecht kiest de overheid een pad van nieuw realisme, waarin pijnlijke keuzes niet uit de weg gegaan worden. Zo worden de mogelijkheden voor invoering en vormgeving van een leveranciersverplichting voor hernieuwbare energie besproken met de energiesector (EL&I 2011). Energieleveranciers zouden dan wettelijk verplicht worden om een bepaald percentage hernieuwbare energie te leveren aan hun klanten. Het ligt voor de hand dat de energierekening hiermee stijgt, omdat leveranciers de extra kosten doorberekenen. Toch wordt die lijn ingezet, om de doelen voor hernieuwbare energie dichterbij te brengen.

Een ander voorbeeld is de beleidsinzet om van Nederland de “gasrotonde” van Noord-West Europa te maken. Dit sluit aan bij de bestaande economische en fysieke werkelijkheid. De gasindustrie is een belangrijke werkgever en ons land heeft wereldwijd erkende expertise. Met meer import en export van gas kan een groot deel van de infrastructuur in gebruik blijven – ook wanneer de binnenlandse gaswinning inzakt. In samenwerking met de industrie en in dialoog met de Tweede Kamer zoekt de overheid naar oplossingen voor de zorgen rondom de ondergrondse opslag van dat geïmporteerde gas. Het gaat om risico's op aardbevingen en bodemverzakking (AO Energie 2011).

Het is verstandig deze lijn van realisme verder uit te bouwen. Willen we op lange termijn een energiecrisis vóór blijven, dan is het belangrijk dat er een meer collectieve bewustwording over de urgentie van het energievraagstuk ontstaat, waarmee de betrokkenheid en daadkracht van burgers, gemeentes, de industrie, het MKB, en milieu- of mensenrechtenorganisaties, vergroot kan worden.

Een voorwaarde daarbij is dat de overheid de energiemythes overboord zet. Duidelijk moet worden dat pijnlijke maatregelen onvermijdelijk zullen zijn, en dat het verstandig is om nu al beleidsmaatregelen te gaan voorbereiden.

Als burgers weten dat dit nodig is om ook in de toekomst een betaal- en betrouwbare, en bovendien schonere energie te hebben, dan zal dit, uiteindelijk, het begrip voor - en de acceptatie van ingrepen, vergroten. Ook al omdat er betere garanties zullen zijn dat de investeringen en opofferingen zullen leiden tot verbeteringen.

Aanbeveling 2 Zet in op vermindering van het nationale energieverbruik

Hoe minder energie we verbruiken, hoe gemakkelijker het zal zijn om onze toekomstige energievoorziening betaalbaar, betrouwbaar, schoon en ruimtelijk inpasbaar te houden. Onderzoek nut en noodzaak van het instrument van energieprijsverhoging serieus.

Energiebesparing is al decennia lang een belangrijk beleidsinstrument. Het huidige beleid is gericht op energie-efficiëntie. Maar dit leidt er niet toe dat we in Nederland minder energie zijn gaan gebruiken: onze nationale energieverbruik stijgt nog steeds. Een lagere energierekening door efficiëntere apparaten draagt er aan bij dat we grotere televisies en woningen gebruiken, onze tuin verlichten of een vliegreis boeken.

Het is daarom van belang om te ontdekken hoe we het nationale verbruik werkelijk kunnen terugdringen. Want: hoe minder energie we verbruiken, hoe gemakkelijker het zal zijn om onze toekomstige energievoorziening betaalbaar, betrouwbaar, schoon en ruimtelijk inpasbaar te houden. 'Echte' energiebesparing verkleint niet alleen het energievraagstuk, maar kan ook een enorme stimulans geven aan energie-arme innovatie.

Echte energiebesparing vraagt om duidelijke grenzen aan het groeiend energieverbruik. Zo'n absolute grens aan het energieverbruik lijkt op het eerste gezicht politiek onhaalbaar. Maar overheid en politiek hebben wel degelijk ervaring met het stellen van harde grenzen. Een absolute grens is gesteld voor de nationale CO₂-uitstoot. Opgeteld voor heel Nederland moet die in 2020 twintig procent lager liggen dan in 1990 (EC 2011c). Recentelijk heeft ook de Britse parlementaire werkgroep over *Peak Oil* de mogelijkheden verkend om grenzen te stellen aan het nationale energieverbruik (Fleming & Chamberlin 2011). Manieren om het nationale energieverbruik terug te dringen, zijn het vergroten van het consumentenbewustzijn, wetgeving en hogere energieprijzen.

Wij zouden de overheid willen adviseren het instrument van energieprijsverhoging serieus te onderzoeken (zie ook CE Delft 2000). Het stimuleren van het consumentenbewustzijn is vrijblijvend: je weet nooit

wat het oplevert. En het is ondoenlijk om voor alle apparaten en diensten in alle sectoren normen en energielabels in te stellen. Om de wenselijkheid van een energieprijshoogte te verkennen, is belangrijk om uit te rekenen hoe hoog en hoe lang energieprijzen zouden moeten stijgen om een significante energiereductie in Nederland te bereiken, en welk effect dit heeft op de economie. Daarvoor is actueel onderzoek nodig naar de prijselasticiteit van energie.

Aanbeveling 3 Houd er rekening mee dat de beschikbaarheid van alle energiebronnen problematisch is

De fysieke beschikbaarheid van energiebronnen vormt niet het probleem, ook niet na 2030. Schaarste wordt bepaald door geopolitieke verhoudingen, economische investeringsbereidheid en maatschappelijke randvoorwaarden, met name op het gebied van milieu en sociale omstandigheden. Dit geldt voor fossiele brandstoffen, kernenergie en ook voor hernieuwbare energie.

De wereldwijde energiehonger groeit - per land en per persoon, en vooral in opkomende economieën als India en China. De grote vraag is of er op termijn genoeg geproduceerd kan worden om aan deze honger te voldoen. Er ontstaan nieuwe geopolitieke afhankelijkheden, waarin Nederland zijn belangen zal moeten veiligstellen.

De overheid speelt hier op in. Sinds de oliecrises van de jaren zeventig van de vorige eeuw, is er binnen het Nederlandse beleid aandacht voor de geopolitieke afhankelijkheid van landen die ons olie leveren. Ook in het Energierapport 2011 krijgt olieschaarste, terecht, veel aandacht (EL&I 2011:35-36). De afgelopen veertig jaar is er ingezet op risicospreiding (meer steenkool en kernenergie) en een zuiniger omgang met onze gasvoorraad.

De afnemende Nederlandse gasvoorraden en de uitdagingen rondom schaliegaswinning, zullen er waarschijnlijk voor zorgen dat Nederland ook voor gas afhankelijker wordt van import. Het Nederlandse beleid speelt daarop in, onder meer door Nederland als gasrotonde van (Noordwest) Europa te positioneren. Ook wordt er een actieve energiediplomatie gevoerd om de voorzieningszekerheid te waarborgen (EL&I 2011).

Maar energiediplomatie is niet genoeg. Bij elke energievorm moeten we ons ook afvragen of er voldoende kapitaal en productiecapaciteit voor is. Wie dragen de investeringen voor de Nederlandse gasrotonde? Zijn er, ook als de wereldwijde vraag toeneemt, bijvoorbeeld voldoende fabrieken en schepen om op grote schaal windenergie op zee te ontwikkelen? En is er wel genoeg landbouwgrond beschikbaar voor de productie van biomassa? Het is niet denkbeeldig dat er vanwege kapitaal- en productieschaarste tussen landen een competitiestrijd zal ontstaan rond de realisatie van energieprojecten. Dit perspectief ontbreekt nog vaak in de discussie over schaarste en geopolitieke afhankelijkheden.

Bovendien worden energie en de daarvoor benodigde grondstoffen moeilijker winbaar en inzetbaar, terwijl de eisen en wensen rondom veiligheid, klimaat, milieu en duurzaamheid nu juist strenger worden. De onderliggende gestage trend is dat de mijnbouw moeizamer gaat - innovatieve winmethoden en prijsfluc-

tuaties ten spijt. De winning en inzet van fossiele brandstoffen en uranium komt met stijgende milieu- en klimaatrisico's. Dit zet zowel de leefomgeving als ecologisch kwetsbare gebieden verder onder druk. Hernieuwbare energie ontkomt niet aan deze uitdagingen, omdat daarvoor evengoed grondstoffen, materialen en ruimte nodig zijn. Bovendien is een betrouwbare energielevering ook afhankelijk van voedsel- en waterbehoeftes. In onderzoek en beleid wordt deze zogeheten onderlinge 'interferentie' tussen diverse vormen van schaarste inmiddels meer en meer onderkend (VROM/BuZa 2009; Tweede Kamer 2010; PBL 2011). De genoemde uitdagingen versterken elkaar. Tezamen zorgen ze ervoor dat de beschikbaarheid van energie steeds meer zal gaan hangen van de neveneffecten die de samenleving nog bereid is voor lief te nemen.

Aanbeveling 4 Zet in op duurzaamheids certificering voor alle energieketens

Nederland wil de energievoorziening verduurzamen. Stappen richting internationale duurzaamheids criteria voor alle energiebronnen kunnen hierbij helpen. Ze maken de (on)duurzaamheid van energiebronnen beter zichtbaar en vergelijkbaar. Duurzaamheid wordt een factor van belang in de concurrentie tussen bedrijven.

Om een werkelijk duurzame energievoorziening te bewerkstelligen, moet duidelijk worden wat de ecologische en sociale effecten van alle energiebronnen zijn. In vele landen zien we vanuit de politiek en de maatschappij de vraag groeien naar meer openheid over de (on)duurzame herkomst van producten (Rathenau Instituut 2011). Het pleidooi voor een 'grondstoffenombudsman', die in de gaten houdt waar Nederland zijn grondstoffen vandaan haalt, past in deze trend (GLM 2011). Het Planbureau voor de Leefomgeving pleit voor 'openbare data', naar Amerikaans, Brits of Japans model (PBL 2011b: 67). De Rijksoverheid kan bedrijven en instellingen vragen hun gegevens over bijvoorbeeld emissies te publiceren, om verantwoording af te leggen voor het brede publiek. En de Amerikaanse Dodd-Frank wet, die eind 2011 van kracht zal worden, schrijft onder meer voor dat olie- en gasondernemingen bekend moeten maken hoeveel ze aan regeringen betalen voor olie en gas. Zo wordt duidelijker in hoeverre bedrijven dictatoriale regimes financieren (*de Volkskrant* 2011).

Duurzaamheids criteria, opgenomen in een certificaat of een duurzaamheidskeurmerk - inclusief toezicht op de naleving ervan - maken het mogelijk om effecten te meten en verbetermogelijkheden te bedenken. Het houdt ons bij de les. Certificering voor alle energievormen zal ook de marktcompetitie tussen de verschillende energieopties bevorderen. Duurzaamheid kan zo immers een aantoonbaar verkoopargument worden.

De (inter)nationale politieke verwezenlijking, de implementatie en de controle op certificering zullen zeer lastig zijn en decennia lang duren. Het gaat om een leerproces. Toch is het verstandig om deze weg in te slaan. Zonder stappen op het gebied van certificering voor alle energiebronnen, wordt het lastig aan nemelijk te maken hoe schoon en/of duurzaam een bepaalde vorm van energie is, en blijven we in het duister tasten bij het streven naar verduurzaming.

Bij dit leerproces kunnen we dankbaar gebruik maken van de ervaringen die er al zijn. Stappen in deze richting zijn gezet, onder meer in het kader van het Nationaal Programma Natuurlijke Hulpbronnen

(Huizinga-Heringa 2010) en het Kabinetsbrede Initiatief Duurzame Ontwikkeling (KADO) (Huizinga-Heringa & Verhagen 2010). De certificering van biomassa is ingezet. Leveranciers van zonnepanelen bekommeren zich om het productieproces elders. En in de eerder genoemde Coal Dialogue Group werken leveranciers, eindverbruikers, vakbonden, milieuorganisaties en sociale organisaties aan verbeteringen (CDG 2011). Ook noemden we al dat de exploitant van een eventuele tweede kerncentrale in Borssele gevraagd wordt om aandacht te besteden aan de milieueffecten van de hele uraniumketen. Bovendien zijn er ervaringen in andere domeinen. Denk aan de voedselbranche en andere ketens die zijn aangesloten bij het Initiatief Duurzame Handel (IDH 2011).

Duurzaamheidscertificering voor hernieuwbaar

De fikse publieke discussie over het gebruik van biomassa voor biobrandstof, maakte duidelijk dat hernieuwbare energie niet per se duurzaam is, als we over de Nederlandse grenzen heen kijken. In de toekomst zal ook hernieuwbare energie – net als fossiel en uranium – steeds vaker leiden tot milieulast en kopzorgen over sociale omstandigheden. Dit zal het broze draagvlak voor concrete energieprojecten in Nederland extra onder druk zetten – naast het geruzie over ruimte die de inpassing van hernieuwbare energie in Nederland sowieso al lastig maakt.

Met duurzaamheidscriteria voor hernieuwbare energie kan worden voorkomen dat we onze maatschappelijke problemen slechts doorschuiven naar het buitenland. Met een keurmerk kunnen er bijvoorbeeld eisen gesteld worden aan milieuvriendelijke mijnwinning voor het staal dat terechtkomt in ‘onze’ windmolens. En het zou lokale ‘vergroening’ kunnen verbinden met internationale solidariteit. Veel initiatieven voor schonere energie spelen zich namelijk vooral lokaal af (Rathenau Instituut 2009; Hopkins 2008; Urgenda 2011). Met certificering kunnen Nederlandse regio’s bijvoorbeeld een ‘fair trade’ partnership aangaan met de Chinese regio waar zonnepanelen gemaakt worden, zodat ook daar duurzaam geproduceerd wordt, en bijvoorbeeld de lokale arbeiders behoorlijk bejegend worden.

Duurzaamheidscertificering voor fossiele en kernenergie

De wereld zal nog decennia lang sterk afhankelijk blijven van fossiele brandstoffen en van uranium voor kernenergie, terwijl de milieurisico’s bij de winning ervan groter worden. Juist daarom zou de overheid sterk moeten inzetten op de duurzaamheidscertificering van de ketens voor aardolie, aardgas, steenkool en uranium.

Een duurzaamheidskeurmerk voor fossiele brandstoffen en kernenergie kan ruimte scheppen in de maatschappelijke energiediscussie, omdat het tegemoet komt aan de zorgen en wensen van milieu- en mensenrechtenorganisaties en bewuste consumenten. Het biedt ook mogelijkheden om fossiele energie en kernenergie aantoonbaar te verduurzamen. ‘Fair trade’ grijze stroom, gas en brandstof is misschien nu nog een onbestaande categorie – maar wel een met veel potentieel.

Duurzaamheidskeurmerken zullen ook consumenten duidelijk kunnen maken hoe schoon en of duurzaam een bepaalde energieoptie werkelijk is. Consumenten krijgen dus een onderbouwde keuze. Voor consumenten is het belangrijk dat het aantal keurmerken overzichtelijk blijft. Denk bijvoorbeeld aan de keurmerken in de voedingsbranche, zoals EKO en Max Havelaar.

Aanbeveling 5 Ontwikkel een huishoudboekje voor de energie-economie tot 2030

Om maatschappelijk draagvlak voor onze energie-economie te krijgen, is het belangrijk dat duidelijk wordt wat de kasstromen zijn in het nationale energiehuishoudboekje. Op dit moment ontbreken die gegevens. Wat investeert de overheid in energie, en wat levert dat op? Wat kost het de burger, en wat krijgt hij ervoor terug?

De maatschappelijk gewenste overgang naar een schone energievoorziening betekent vanuit economisch oogpunt een gigantische uitdaging. Een uitdaging die op twee manieren geïnterpreteerd kan worden. Enerzijds moeten de kosten van de opwekking van schone energie betaalbaar blijven. Anderzijds zijn er juist nu grote kansen om zowel op de Nederlandse - als op de wereldmarkt, met energie geld te verdienen.

Terecht stelt het kabinet in het *Energierapport 2011* dat de energietransitie ook goed moet zijn voor de Nederlandse economie. Het gaat om “groen én groei” (ELI 2011:2). Het kabinet wil het toekomstige Nederlandse verdienmodel uitbreiden van fossiele brandstoffen richting hernieuwbare energie, energiebesparing en CO₂-reductie en heeft energie tot economische topsector benoemd. Daarbij richt het zich op zowel conventionele als hernieuwbare energiebronnen (EL&I 2011).

Heet hangijzer blijft hoeveel de energievoorziening de komende twee decennia de overheid en de burger gaat kosten en uiteindelijk zal opleveren. Bestaande studies en verkenningen (zie bijvoorbeeld SEO 2010 en ECN 2006) geven een goede indicatie. Hierop kan voortgebouwd worden om de nationale kasstromen verder te verhelderen.

Miljarden euro's

Juist omdat er met energie vele miljarden euro's gemoeid zijn, is het, met het oog op ‘groen én groei’, van strategisch belang dat de overheid haar huishoudboekje voor de energie-economie op orde brengt. Een noodzakelijke, maar lastige klus. Macro-economische voorspellingen zijn altijd met grote onzekerheden omgeven. Aannames over de ontwikkelingen van energieprijzen en emissierechten, en over toekomstige Europese regels voor verplichte opwekking uit hernieuwbare energiebronnen, werken sterk door in de rekenuitkomsten. Ook het probleem van ‘verborgen’ subsidiëringen zet de uitgangspunten voor economische modellen verder onder druk. Daar komt bij dat een inzet op duurzaamheids certificering gevolgen zal hebben voor de concurrentieverhoudingen tussen energieleveranciers onderling, en voor de concurrentiepositie van Nederland zelf.

Toch is het verstandig om het nationale energiehuishoudboekje voor een aantal scenario's verder uit te diepen, zodat het debat daarover gevoerd kan worden. Daarbij moeten de kasstromen, de kosten en baten, van de Nederlandse energievoorziening voor nu, en voor de periode tot 2030 in kaart worden gebracht.

Hoewel onzeker, heeft de export van CO₂-rijke energiedragers (aardgas; elektriciteit uit aardgas en steenkool; aardolieproducten) gerede kans van continuïteit of zelfs groei. Voor de ontwikkeling van Nederland tot “aardgasrotonde” van Noordwest Europa liggen er kansen. Maar de investeringen voor de benodigde infrastructuur zijn nog zeer onzeker, niet in het minst omdat omringende landen vergelijkbare ambities

hebben. Verder ontbreekt op dit moment breed maatschappelijk draagvlak voor de noodzakelijke gasopslag en (eventueel) schaliegaswinning.

Voor CO₂-arme innovatie, zoals windmolenparken en CO₂-opslag lijken de kansen kleiner. Het Nederlandse track record voor CO₂-arme innovatie is niet florissant, want zeer wispelturig. Bovendien zijn de marktkansen voor CO₂-arme energielevering kleiner dan ze lijken. Van een gelijk speelveld met conventionele energie is geen sprake. Omwonenden of andere belanghebbenden worden niet financieel gecompenseerd voor nadelen, ongemak en risico's van windparken of CO₂-opslag, terwijl dat wel is voorgesteld voor eventuele schaliegaswinning. Ook de verborgen subsidies voor fossiele brandstoffen zetten CO₂-arme energietechnologie op achterstand. Het CO₂-arme kernenergie is omstreven. Zolang stimuleringsbeleid voor deze zaken onvoldoende corrigeert, wordt in feite vooral CO₂-rijke energielevering gestimuleerd.

Helder overzicht

Belangrijk bij het huishoudboekje is ook een helder overzicht van het aandeelhouderschap en de bijbehorende opbrengsten van de Nederlandse overheid bij diverse vormen van energiewinning, energieverwerking en energielevering in de 'vrije' energiemarkt. Niet vergeten moet worden dat de invloed van de overheid als aandeelhouder van energiebedrijven nog zeer groot is. Dat levert mogelijkheden - en beperkingen - op voor sturing, die in de praktijk vaak vergeten worden.

In dat huishoudboekje is het ook nuttig om te laten zien welke kosten en baten burgers, in hun rol als belastingbetaler, consument en wellicht ook als omwonende bij een energieproject, te wachten staan.

Eén ding is zeker: de miljardeninkomsten uit de reguliere aardgaswinning zullen de komende twee decennia geleidelijk wegvallen. Het debat over een aantal toekomstscenario's zal moeten leiden tot een uitgebalanceerd economisch beleid dat ervoor zorgt dat onze energie betaalbaar en betrouwbaar blijft, schoner wordt en tegelijkertijd een bron van inkomsten blijft.

Referenties

- AER (2011a). *Briefadvies beleidsinstrumenten hernieuwbare elektriciteit*. Den Haag: Algemene Energieraad, 6 april 2011.
- AER (2011b). *Briefadvies opkomst onconventioneel gas*. Den Haag: Algemene Energieraad, 8 februari 2011.
- AgentschapNL (2010). 'Stimulering Duurzame Energieproductie (SDE)'. <http://regelingen.agentschapnl.nl>, bekeken op 24 november 2010.
- AO Energie (2011). 'Algemeen Overleg Energie', Tweede Kamer, 22 juni 2011.
- van Beers, C. et al. (2007). 'Determining the Environmental Effects of Indirect Subsidies: Integrated Method and Applications to the Netherlands.' In: *Applied Economics*, vol. 39, pp. 2465-2482.
- van Beers, C. & van den Bergh, J. (2009). 'Environmental Harm of Hidden Subsidies: Global Warming and Acidification.' In: *Ambio*, vol. 38, no. 6.
- Bloomberg (2010). 'Fossil Fuel Subsidies Are Twelve Times Renewables Support'. <http://www.bloomberg.com>, 29 juli 2010.
- Bogtstra, F. (2011). 'Ook Italië wil geen kernenergie'. <http://kernenergiehoezitdat.nl>, 14 juni 2011.

- Brattle Group (2010). *Economic Impact of the Dutch Gas Hub Strategy on the Netherlands*. Londen: The Brattle Group, december 2010.
- CAT (2010). *The Toll from Coal. An Updated Assessment of Death and Disease from America's Dirtiest Energy Source*. Boston: The Clean Air Taskforce, september 2010.
- CBS (2009). *Monitor Duurzaam Nederland 2009*. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CDG (2011). *Nederlandse Steenkool Dialoog: Werken aan onderling begrip en bijdragen aan verbeteringen Bespreking van de eerste fase en aanbevelingen voor de tweede fase*. Coal Dialogue Group, 4 februari 2011.
- CE Delft (2000). *De prijs van groeiend energieverbruik. Prijsmechanismen achter het toenemend gebruik van energie*. Delft: CE Delft, december 2000.
- CE Delft (2007). *Nieuwe elektriciteitscentrales in Nederland. De 'vergeten' kosten in beeld*. Delft: CE Delft, april 2007.
- China Daily (2010). 'China to Reduce Rare Earth Export Quotas.' <http://www.chinadaily.com.cn>. Bijgewerkt op 19 oktober 2010.
- CIEP (2010). *Energiebeleid en de Noordwest-Europese markt. Brandstofmix en infrastructuur*. Den Haag: Clingendael International Energy Programme, februari 2010.
- CIEP (2011). *Het Internationale Energiebestuurssysteem. Hoe navigeert Nederland naar betaalbaar, duurzaam- en voorzieningszekerheid in een onzekere wereld?* Den Haag: Clingendael International Energy Programme, juni 2011.
- Commissie MER (2009). *Realisatie tweede kerncentrale te Borssele. Advies voor richtlijnen voor het milieueffectrapport*. Utrecht: Commissie voor de Milieueffectrapportage, 3 december 2009.
- Commissie Publiek Aandeelhouderschap Energiebedrijven (2008). *Publiek aandeelhouderschap energiebedrijven*, 26 juni 2008.
- Compendium (2009). 'Emissies naar lucht, 1990-2009'. <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl>
- Compendium (2010). 'Verbruik van hernieuwbare energie 1990-2010'. <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl>
- Corbey (2009). 'Opdracht'. Commissie Duurzaamheidsvraagstukken Biomassa (Commissie Corbey). <http://www.corbey.nl>, bekeken op 25 april 2011.
- Corbey (2011). *Duurzaamheid en daadkracht. Advies over een duurzame bio-economie*. Commissie Duurzaamheidsvraagstukken Biomassa.
- Desertec (2010). 'Key Technologies for Desertec'. <http://www.desertec.org>, bekeken op 24 april 2011.
- Diederens, A. (2010). *Global Resource Depletion. Managed Austerity and the Elements of Hope*. Delft: Eburon.
- EC (2008). *Energie-efficiëntie: verwezenlijking van de 20%-doelstelling*. Brussel: Europese Commissie, 13 november 2008.
- EC (2009). *Richtlijn ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen*. Brussel: Europese Commissie, 23 april 2009.
- EC (2011a). *A resource-efficient Europe. Flagship initiative under the Europe 2020 Strategy*. Brussel: Europese Commissie, 26 januari 2011.
- EC (2011b). *Tackling the Challenges in Commodity Markets and on Raw Materials*. Brussel: Europese Commissie, 2 februari 2011.
- EC (2011c). 'Europe 2020 Targets.' <http://ec.europa.eu>
- ECF (2010). *Roadmap 2050*. Den Haag: European Climate Foundation.

- Ecofys/CE Delft (2011). *Overheidsingrepen in de energiemarkt. Onderzoek naar het Nederlandse speelveld voor fossiele brandstoffen, hernieuwbare bronnen, kernenergie en energiebesparing*. Utrecht/Delft: Ecofys/CE Delft, juni 2011.
- Ecorys (2010). *Versterking van de Nederlandse Duurzame Energiesector*. Rotterdam: Ecorys, 7 december 2010.
- ECN (2001). Protocol monitoring energiebesparing. CPB, ECN, Novem en RIVM, december 2001.
- ECN (2006). *Historische analyse van kosten & opbrengsten van de Nederlandse energievoorziening. Vergelijking met EU-lidstaten*. Petten: Energieonderzoek Centrum Nederland, december 2006.
- ECN (2007). 'Vragen over nieuwe kolencentrales in Nederland'. <http://www.ecn.nl>, 13 december 2007.
- ECN (2011). 'Broeikasgasemissies. Alle sectoren – Historie'. <http://monitweb.energie.nl>, ontwikkeld door het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN), bekeken op 22 april 2011.
- ECN/PBL (2010). *Referentieraming Energie en Emissies 2010–2020*. Petten/Den Haag: Energieonderzoek Centrum Nederland/Planbureau voor de Leefomgeving, april 2010.
- EL&I (2011). *Energierapport 2011*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken, Landbouw & Innovatie, juni 2011.
- EZ (2008). *Energierapport 2008*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.
- EZ (2009). *Delfstoffen en aardwarmte in Nederland. Jaarverslag 2009*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.
- Fleming, D. & Chamberlin, S. (2011). *TEQs: Tradable Energy Quotas. A Policy Framework for Peak Oil and Climate Change*. Londen: House of Commons, All Party Parliamentary Group on Peak Oil & The Lean Economy Connection, januari 2011.
- GLM (2011). 'Het energiebeleid van Rutte 1. Kernenergie in de lift?' In: *GroenLinks Magazine*, april 2011.
- Groene Zaak (2011). *Position Paper Green Level Playing Field*. Den Haag: De Groene Zaak, februari 2011.
- de Groot, K. & le Pair, C. (2009). 'De brandstofkosten van windenergie. Een goed bewaard geheim'. In: *Spil* 263-264, nr. 5, pp.15-17.
- Huizinga-Heringa, J. (2010). *Brief aan de Tweede Kamer. Betreft: Aanbiedingsbrief Nationaal Programma Duurzame Hulpbronnen*. Den Haag: Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 11 oktober 2010.
- Huizinga-Heringa, J. & Verhagen, M. (2010). *Brief aan de Tweede Kamer. Betreft: Voortgang Kabinetsbrede aanpak duurzame ontwikkeling (KADO)*, Den Haag: Ministeries van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, en Buitenlandse Zaken, 17 mei 2010.
- Hopkins, R. (2008). *The Transition Handbook. From Oil Dependency to Local Resilience*. Londen: Green Books.
- IDH (2011). *Initiatief Duurzame Handel*. <http://www.duurzamehandel.com>, bekeken op 24 augustus 2011.
- IEA (2009). *World Energy Outlook 2009*. Parijs: OECD/International Energy Agency.
- IEA (2010). *World Energy Outlook 2010*. Parijs: OECD/International Energy Agency.
- Jelsma, J. (2008). 'Een kerncentrale is niet te verzekeren.' In: *NRC Handelsblad*, 3 september 2010.
- Klein, R. & van der Voet, E. (2010). 'Resource Constraints in a Hydrogen Economy Based on Renewable Energy Sources: An Exploration.' In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14, pp. 2784 – 2795.
- Kramer, G.J. (2011). *The Accidental Cathedral. Thoughts on Rebuilding the Energy System*. Oratie uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van hoogleraar op het gebied van Sustainable Energy aan de Universiteit Leiden, 18 maart 2011.
- Nederland krijgt Nieuwe Energie (2010). *Nederland krijgt nieuwe energie voor welvaart en welzijn in de 21e eeuw. Een Partijoverstijgend voorstel voor een Deltaplan nieuwe energie*.

- NRC (2011a). 'Duitsland stopt met kernenergie, politieke reactie op ramp Fukushima'. In: *NRC Handelsblad*, 30 mei 2011.
- NRC (2011b). 'In het land van de ja-knikkers'. In: *NRC Handelsblad*, 5 februari 2011.
- NRC (2011c). 'Dure rekening voor Shell in Nigeria'. In: *NRC Handelsblad*, 4 augustus 2011.
- Oakdene Hollins (2010). *Lanthanide Resources and Alternatives. Sustainable products, clean technologies, resource efficiency*. Aylesbury Buckinghamshire: Oakdene Hollins, 26 mei 2010.
- OECD (2008). *OECD Environmental Outlook to 2030*. Parijs: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Owen, D. & Keulemans, M. (2011). 'Besparen met de kraan open.' In: *NWT Magazine*, april 2011.
- PBL (2010). *Brief aan de Secretaris-generaal van het Ministerie van VROM, ir. J. van der Vlist. Onderwerp: Analyse Regeerakkoord*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving, 12 oktober 2010.
- PBL (2011a). *Scarcity in a Sea of Plenty? Global Resource Scarcities and Policies in the European Union and the Netherlands*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- PBL (2011b). *De energieke samenleving. Op zoek naar een sturingsfilosofie voor een schone economie*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Rathenau Instituut (2009). *Energietransitie begint in de regio. Rotterdam, Texel en Energy Valley onder de loep*. Den Haag/Delft: Rathenau Instituut/CE Delft, 17 juni 2009.
- Rathenau Instituut (2011). *Naar de kern van de bio-economie. De duurzame beloftes van biomassa in perspectief*. Den Haag: Rathenau Instituut.
- Regeerakkoord (2010). *Vrijheid en verantwoordelijkheid*. Regeerakkoord VVD-CDA.
- Reuters (2011). 'France's Sarkozy Backs State as EDF Shareholder'. <http://www.cnn.com>, 3 mei 2011.
- Rijksoverheid (2011a). *Wet van 2 december 2010 tot wijziging van de Gaswet en de Elektriciteitswet 1998*. Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden.
- Rijksoverheid (2011b). *Besluit van 27 december 2010, houdende vaststelling van het tijdstip van inwerking-treding van enkele onderdelen van de wet tot wijziging van de Gaswet en de Elektriciteitswet 1998*. Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden.
- Roland Berger (2010). *Stimulering van de economische potentie van duurzame energie voor Nederland*. Amsterdam: Roland Berger Strategy Consultants, februari 2010.
- RWE/Essent (2009). 'Facts and figures'. <http://www.rwe.com>, 2 juni 2010.
- Schneider, K. (2010). 'A High-Risk Energy Boom Sweeps Across North America'. *Yale Environment* 360, <http://e360.yale.edu>, 30 september 2010
- SEO (2010). *Investeren in een schone toekomst*. Amsterdam: SEO Economisch Onderzoek, juli 2010.
- SER (2010). *Meer chemie tussen groen en groei. De kansen en dilemma's van een biobased economy*. Den Haag: Sociaal Economische Raad, december 2010.
- Sorrel, S. (2007). *The Rebound Effect: an Assessment of the Evidence for Economy-Wide Energy Savings From Improved Energy Efficiency*. Sussex: UK Energy Research Centre, oktober 2007.
- Taq (2011). 'About Us'. <http://www.taqa.ae>, bekeken op 22 april 2011.
- TenneT (2010). *Taking Power Further*. Arnhem: TenneT TSO B.V., november 2010.
- TenneT (2011). 'TenneT Holding B.V.'. <http://www.tennet.org>, bekeken op 19 mei 2011.
- Tensor Energy (2009). *Onderzoek gemeentelijke energiebedrijven*. Rotterdam: Tensor Energy.
- TNO (2009). *Inventory Non-conventional Gas*. Utrecht: TNO, 3 september 2009.
- Trouw (2009). 'Shell laat lekkage olie in Nigeria sloffen'. In: *Trouw*, 19 februari 2009.
- Tweede Kamer (2010). *Brief van de ministers van VROM en EZ. Betreft: aanbieden publicatie 'Schaarste en transitie, kennisvragen voor toekomstig beleid'*. Kamerstuk 31793-39, 30 maart 2010.

- Tweede Kamer (2011a). *Motie van het lid Van den Berge c.s.* Kamerstuk 32357-17, 26 januari 2011.
- Tweede Kamer (2011b). *Gewijzigde motie van het lid Van den Berge c.s. ter vervanging van die gedrukt onder nr. 17*, Kamerstuk 32357-26, 17 februari 2011.
- UCS (2011). *Nuclear Power. Still Not Viable Without Subsidies*. Cambridge: Union of Concerned Scientists/Earth Track Inc.
- UN (2011). *Environmental Assessment of Ogoniland*. Nairobi: United Nations Environment Programme.
- Urgenda (2011). 'Icoonprojecten'. <http://www.urgenda.nl>, bekeken op 4 mei 2011.
- USGS (2008). *Circum-Arctic Resource Appraisal: Estimates of Undiscovered Oil and Gas North of the Arctic Circle. Fact Sheet 2008-3049*. US Geological Survey.
- V&J (2010). *Nationale risicobeoordeling. Bevindingenrapportage 2010*. Den Haag: Ministerie van Veiligheid en Justitie, 30 november 2010.
- Vattenfall (2011). 'Shareholder and Shareholder's Meeting'. <http://www.vattenfall.com>, bekeken op 22 april 2011.
- Verhagen, M. (2010a). *Brief aan de Tweede Kamer. Betreft: SDE+*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, 30 november 2010.
- Verhagen, M. (2010b). *Beantwoording vragen naar aanleiding van het wetgevingsoverleg energie op 6 december 2010*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, 10 december 2010.
- Verhagen, M. (2011a). *Brief aan de Tweede Kamer. Betreft: reactie op het rapport naar de economische effecten van de gasrotondestrategie op de Nederlandse economie*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, 13 januari 2011.
- Verhagen, M. (2011b). *Brief aan de Tweede Kamer. Betreft: schriftelijk overleg gasronde en splijtstoffen*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, 31 januari 2011.
- Verhagen, M. (2011c). Toezegging van de minister over de duurzaamheid van bij- en meestook biomassa tijdens het Algemeen Overleg Energie in de Tweede Kamer op 22 juni 2011.
- Veringa, H. (2011). 'Hoe gevaarlijk is het boren naar Brabants schaliegas?' In: *Cursor. Informatie- en opinieblad van de Technische Universiteit Eindhoven*, 3 maart 2011, p. 7.
- de Volkskrant (2010). 'Fiscus ontziet 'fossiele subsidies''. In: *de Volkskrant*, 16 oktober 2010.
- de Volkskrant (2011). 'Publicatiegebod zit Shell dwars'. In: *de Volkskrant*, 16 augustus 2011.
- VROM/BuZa (2009). *Schaarste en transitie. Kennisvragen voor toekomstig beleid*. Den Haag: Ministeries van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, en Buitenlandse Zaken, november 2009.
- WTCBE (2011). *Naar groene chemie en groene materialen. Kennis- en innovatieagenda voor de Biobased Economy*. Den Haag: Wetenschappelijke en Technische Commissie voor de Biobased Economy, maart 2011.

R

REGISTER

- aansluitplicht 206, 212
aanvaardbaar, maatschappelijk 12, 18
Aanvalsplan Warmte 206
aardelementen, zeldzame 145
Aardenne, G. van 348
acceptatie, maatschappelijke 127, 164
accijnsregeling 142, 277
accijnsvrijstelling 142, 277
actiegroepen, lokale 151
AER: zie Algemene Energieraad
AEX (Amsterdam Exchange index) 319
afhankelijkheid 16, 109
afhankelijkheid, geografische 148
afvalfase 58, 228
afvalrichtlijnen 228
afvalverbrandingsinstallatie 276
afvalwarmte 192
afvalwater 251
AgentschapNL 209
agrariërs 150, 158
airco 89, 117
Algemene Energieraad (AER) 252
alternatieve energie 380
Amsterdam Power Exchange (APX) 165
Andriessen, K. 382
APX: zie Amsterdam Power Exchange
arbeid 60, 80
arbeidsomstandigheden 227
arbeidsomstandigheden, lokale 248
architecten 141, 224
AVI: zie afvalverbrandingsinstallatie
back-up 144, 248
Ballast Nedam 176
BAM 195
Bandung-conferentie 327
Barendrecht 11, 311
basislast 247
basislastcentrales 248
bedrijfsgeheim 147
beheersing van volumes 128
belang, economisch 253, 352
belangen, afruilen van 355
belangen, economische 80, 150
beleid, fiscaal 247
betaalbare energie 15, 20-25
betrokkenheid, lokale 171
betrouwbare energie 16, 26-31
bevolking, lokale 252, 287
bevolkingsgroei 86, 106
bewezen reserves 322
bewustmakingscampagnes 78
bewustwording 127
bezettingsgraad 89, 323
bezwaarprocedures 199
bijstook 230, 248
bilaterale projecten 253
biodiversiteit 147, 281
Bloemgarten, H. 341
bodemgesteldheid 288
bodemkwaliteit 191
Boer, R. de 94
bouwvergunning 389
brandstofcel 280, 253
brandstofdiversificatie 362
brandstoffen, synthetische 146, 278
Brede Maatschappelijke Discussie
Energiebeleid 16, 26
Brinkhorst, L.J. 252
broeikasgas 17, 146
broeikasgasbalans 284

- broeikasprobleem 111
 Business Principles for Countering Bribery 288
 capaciteit, organisatorische 141
 capture-ready 372
 Carbon Capture and Storage (CCS): zie CO₂-opslag
 carbon credits
 CCS (Carbon Capture and Storage): zie CO₂-opslag
 CCS: zie Carbon Capture and Storage
 CDM (Clean Development Mechanism) 250
 certificering 17, 147
 certificeringssysteem 147, 289
 Chávez, H. 322
 checks and balances 323
 chemicaliën 57, 207
 chemie 278, 329
 chemische industrie 15, 231
 Chinese economie 363
 civil society 130
 Club van Rome 16, 93
 CO₂-arme energieopwekking 254
 CO₂-equivalenten 72
 CO₂-opslag 183, 307
 CO₂-reductie 11, 146
 CO₂-reductiedoelstelling 252
 CO₂-reductiepotentieel 277
 CO₂-taks 360
 CO₂-uitstoot 11, 17
 Commissie Duurzaamheidsvraagstukken Bio-massa (Corbey) 289
 composietmateriaal 162, 207
 conditionele voorstanders 150, 169
 consumentenlabel 17, 308
 consuminderen 79, 133
 consumptieniveau 52, 128
 consumptiepatroon 124, 328
 consumptiesamenleving 134
 controverse 11, 171
 credits, carbon 250
 Crisis- en herstelwet 164
 crisis, economische 145
 critical raw materials 228
 culturele veranderingen 86, 103
 culturele waarde 90
 decentraal 166, 228
 decentrale toepassing 166, 243
 decentralisatie 212, 354
 Deerns 268
 delfstoffen 326, 361
 Delta, energiebedrijf 284, 305
 delta, Niger 330
 Deltacommissie 259
 Deltaplan 259
 democratisering van de energievoorziening 254
 Desertec 245
 Deterding, H. 330
 dialoog, maatschappelijke 130, 395
 dicht-bij-huis-consumptie 131
 dierenwelzijn 127
 Diesel, R. 276
 discussie, maatschappelijke 92, 140
 distributiebedrijven, lokale 349
 diversificatie 16, 304
 draagvlak 12
 draagvlak, maatschappelijk 14
 DTe (Dienst uitvoering en Toezicht energie) 263
 Duinbehoud, Stichting 187
 duurzaamheid 14, 17
 duurzaamheid, sociale 251, 308
 duurzaamheidscertificering 147, 308
 duurzaamheidscriteria 147, 287
 duurzaamheidsideaal 254
 duurzame energie 145
 Duurzame Energie Koepel 146
 Duurzame Technologie Ontwikkeling (DTO) 127
 Duurzame Warmte, subsidieregeling 232
 E.ON 364
 EBN: zie Energie Beheer Nederland
 ECN: zie Energieonderzoek Centrum Nederland
 eco-fascisme 77
 Ecofys 197, 247
 ecologie 181, 269
 ecologie, plaatselijke 251
 ecologische gevolgen 285, 309
 ecologische neveneffecten 57, 307
 ecologische schade 57, 130

- ecologische voetafdruk 72
 Econcern 148, 264
 economie, Chinese 363
 economie, Indiase 363
 economie, regionale 287
 economisch belang 253, 352
 economische crisis 145, 164
 economische groei 52, 74
 economische haalbaarheid 194
 economische recessie 110, 178
 economische welvaart 86
 ecosysteem 243, 263
 ecosysteem, mariene 183
 ecotax 111, 160
 ecoteller 97
 EEZ: zie Exclusieve Economische Zone
 effect, rebound 55, 89
 effecten, sociale 288
 eigen risico 211
 Einstein, A. 218
 EKO keurmerk 17
 Electrabel 364
 elektriciteitsnet 14, 108
 elektrische auto 53, 89
 elektrische fiets 58, 394
 elektronica-industrie 150
 emancipatie 110
 emissieplafond 117, 369
 Emission Trading Scheme (ETS) 301
 Eneco 164, 176
 Energie Anders, Stichting 259
 Energie Beheer Nederland (EBN) 344
 Energie Onderzoek Subsidie (EOS) 211
 Energie Premie Regeling 111
 Energie Prestatie Advies 111
 Energie Prestatie Keur (EPK) 229
 Energie Prestatie Norm 62, 198
 energie, alternatieve 380
 energie, hernieuwbare 14, 139
 energiebedrijven, gemeentelijke 150
 Energiebeleid, Nota 381
 energiecertificaat 232
 energieconsumptie 15, 51
 energieconversie 122
 energiediplomatie 145, 304
 energie-economie 12, 15
 energie-investeringsaftrek (EIA) 211
 Energiekamer 349
 energielabel 56, 75
 energiemeters 74
 Energienota 111, 346
 Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN)
 114, 259
 energieopslag 144, 195
 energieopwekking, CO₂-arme 254
 energieprestatienorm 62, 198
 Energieraad: zie Algemene Energieraad
 Energerapport 14, 142
 energieschaarste 16, 89
 energietaks 80
 energierugverdiëntijd 146, 226
 Energietransitie 14, 143
 Energietransitie, Taskforce 253
 energieverbruik 16, 51
 energieverbruik infrastructuur 57
 energieverbruik productiefase 57
 energievoorziening, democratisering van de 254
 energievraag, prijselasticiteit 54
 energiezucht 133
 energy crunch 321
 Energy Returned On Energy Invested (EROEI)
 303
 EOS: zie Energie Onderzoek Subsidie
 EPA: zie Energie Prestatie Advies
 EPK: zie Energie Prestatie Keur
 EPN: zie Energie Prestatie Norm
 EPZ 382, 395
 Erneubare-Energien-Gesetz (EEG) 219
 EROEI: zie Energy Returned On Energy Invested
 Essent 164, 180
 ETS: zie Emission Trading Scheme
 Eurlings, C. 87, 94
 Europese doelstellingen 310
 Europese Richtlijn Hernieuwbare Energie 147
 Evelop 268
 Exclusieve Economische Zone (EEZ) 182
 expert judgment 113
 exploitatiesteun 209

- Exploratie en Productie (E&P) 321
- exploratieactiviteiten 346
- exportmarkt 140, 345
- Feed in Tariff (FiT) 219
- feed-in tarief 142
- fiets, elektrische 58
- fijn stof 17, 285
- financiële crisis 188, 220
- financiering 141, 161
- fiscaal beleid 247
- fiscale maatregelen 242
- Fischer Tropsch (FT)-procédé 280, 365
- FiT: zie Feed in Tariff
- flexibel netwerk 181
- food-versus-fuel discussie 286
- Fortis 161
- Fossiel, Schoon 306
- Fritts, C. 218
- Fukushima 304, 378
- garantiefonds 206
- garantieregeling 211
- Gardner, F. 261
- gasfabrieken 106, 340
- gedrag 52, 55
- gedragsverandering 60, 91
- geluidshinder 168
- gemak 60, 104
- gemeentelijke bestemmingsplan 167
- gemeentelijke energiebedrijven 150
- geografische afhankelijkheid 148
- geopolitiek 12, 141
- gevolgen, ecologische 285, 309
- gevolgen, sociale 147, 285
- gewenning 60, 115
- GEZEN: zie Stichting ter bevordering van Groot-schalige Exploitatie van Zonne-energie
- gezondheidseffecten 380
- gezondheidsgevolgen 127, 307
- glastuinbouw 15, 129
- Green Deal 140
- Green Grid, The 73
- Greenchoice 165
- Greenpeace 73, 169
- Grenzen aan de groei 218, 332
- grid parity 223
- grijze stroom 141, 162
- groei 18, 51
- groeimarkt 140
- groei-reductie 95
- groene stroom 143
- Groene Zaak 408
- groenestroomlevering 147
- groenfondsen 161
- grondstoffen 57, 59
- grondwater 148, 192
- haalbaarheid, economische 194
- haalbaarheidsstudies 209, 245
- Ham, B. van der 253
- Hamburg Climate Protection Foundation 245
- handelingsalternatieven 88
- handelsbarrières 286
- handelsbedrijven 350
- handelsketens 147
- hernieuwbare energie 14, 139
- Hernieuwbare Energie, Europese Richtlijn 147, 280
- High Voltage Direct Current (HVDC) 245, 263
- Hoeven, M. van der 240, 253
- Holst Centre 222
- Hoogovens 341
- huiseigenaren 224
- huishoudelijk energieverbruik 52
- Huizinga-Heringa, T. 370
- HVDC: zie High Voltage Direct Current
- hybride auto 89, 334
- hybride systemen 230
- IDON (Interdepartementale Directeurenoverleg Noordzee) 184
- IEA: zie International Energy Agency
- IMF (Internationaal Monetair Fonds) 289
- import 16, 54
- importafhankelijkheid 325
- Indiase economie 363
- indirect ruimtegebruik 18
- indirecte energie 68
- industrie, energie-intensieve 328, 345
- industriële innovatie 151
- industriële processen 13, 208

- Industriële Revolutie 359
 infrastructuur 18, 56
 ingebedde energie 56, 70
 Initiatief Duurzame Handel 410, 416
 innovatie 59, 74
 inpassing, maatschappelijke 158, 186
 inpassing, planologische 182, 283
 inpassingsvraagstukken 164, 248
 inspraak 169, 212
 installateurs 141, 222
 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 17
 Internationaal Energie Agentschap (IEA) 68, 363
 International Energy Forum (IEF) 332
 International Labour Organisation 288
 Interprovinciaal Overleg (IPO) 167
 investeringen, Westerse 254
 investeringsbereidheid 244
 investeringsklimaat 242
 investeringskosten 160, 201
 investeringsrisico 207
 IPCC: zie Intergovernmental Panel on Climate Change
 IPO: zie Interprovinciaal Overleg
 ISO 14001 308
 ISO 26000 411
 Jevons paradox 55
 Jorritsma, A. 93
 kabel, NorNed- 263
 kabels 73, 142
 KEMA 144, 266
 kennisinstututen 178, 364
 kerken 381
 ketenverantwoordelijkheid 410
 keuzevrijheid 80
 Kleine Aarde, De 127
 kleinschaligheid 254
 klimaatdiscussie 195
 Klimaat-Energieakkoord 167
 klimaatneutraal 17, 90
 klimaatverandering 17, 169
 klimaatwijken 79
 knelpunten, planologische 148
 kolonialisme, neo- 251
 koolstofbelasting 117
 Korte, R. de 348
 kortetermijncontracten 349
 krimp 104
 kunstmatige veroudering 57
 kwesties, maatschappelijke 12
 Kyoto-protocol 17, 131
 landeigenaren 312
 Landelijke Stuurgroep Energie Onderzoek (LSEO) 192
 landschapsarchitecten 169
 landschapsbeeld 166, 283
 langetermijncontracten 349
 langetermijnstrategie 340, 355
 learning-by-doing 147, 159
 leefstijl 114, 128
 leefstijlveranderingen 130
 leereffect 182, 242
 Lenstra, J. 259
 levenscyclus 57, 146
 levenscyclusanalyse 57, 70
 levensduur 53, 146
 leveringsketen 147
 leveringszekerheid 16, 261
 Liander 165
 liberalisering 86, 158
 load following 383, 390
 lock-in 60
 lokale actiegroepen 151
 lokale arbeidsomstandigheden 248
 lokale betrokkenheid 171
 lokale omgevingskwaliteit 166
 lokale verkiezingsstrijd 169
 low-tech 250
 LSEO: zie Landelijke Stuurgroep Energie Onderzoek
 luxe 60, 104
 maatregelen, fiscale 242
 maatschappelijk aanvaardbaar 18, 308
 maatschappelijk draagvlak 15, 44-49, 141
 Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen (MVO) 17, 313
 maatschappelijke acceptatie 127, 164
 maatschappelijke dialoog 130, 395

- maatschappelijke discussie 92, 140
- maatschappelijke inpassing 186, 223
- maatschappelijke weerstand 11, 93
- MAP: zie Milieuactieplan
- Marktintroductie Energie-Innovatie (MEI) 211
- marktwaardeprincipe 342
- marktwerking 93, 331
- Marshallplan 326
- materiaalgebruik 146, 250
- materiaalkosten 221
- mechanisatie 104
- Mediterrane Unie 253
- MEI: zie Marktintroductie Energie-Innovatie
- menselijke behoeftes 13
- mensenrechtenschendingen 285, 369
- MEP: zie Milieukwaliteit Elektriciteitsproductie
- MER: zie milieueffectrapportage
- metalen 144, 250
- metalen, zeldzame 228
- metalen, zware 285
- MIA: zie milieu-investeringsaftrek
- micro-elektronica 76, 219
- middeleeuwen 258, 360
- middenbelasting 247
- mijnbouw 183, 307
- Mijnbouwwet 212
- mijnbouwmilieuvergunning 212
- milieu 16
- Milieu- en NatuurCompendium 89
- Milieu- en Natuurplanbureau (MNP) 222
- milieuactieplan (MAP) 111
- milieubelasting 127, 227
- milieubeleid 111
- Milieubeleidsplan, Nationaal 111
- milieubewustzijn 59, 78
- Milieudefensie 91, 169
- milieueffectrapportage 181, 199
- milieu-investeringsaftrek (MIA) 211
- milieukosten 90, 335
- Milieukwaliteit Elektriciteitsproductie (MEP) 176, 231
- milieuruimte 291
- milieuschade 94, 227
- milieuverordeningen, provinciale 197
- misboring 210
- misoogsten 286
- MIT 384
- MNP: zie Milieu- en Natuurplanbureau
- motie Van der Ham-Duyvendak 253
- MVO: zie Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen
- nachtstroom 186
- nadeelcompensatie 409
- nationaal energieverbruik 51
- Nationaal Milieubeleidsplan 111
- Natura 2000 183
- Natuur en Milieu, Stichting 169, 260
- natuurbeschermingszones 186
- Natuurmonumenten 187
- Nederland krijgt nieuwe energie
- Nederlandse Energie Ontwikkelings Maatschappij (NEOM) 109
- neokolonialisme 251
- netaansluiting 159, 164
- netbeheerders 165, 179
- netinfrastructuur 179
- netinpassing 165
- netpariteit 141
- netstabiliteit 144
- netwerk, flexibel 181
- neveneffecten 57, 143
- New Green Deal 140
- Niet Meer Dan Anders (NMDA) 212
- nieuwbouw 56, 110
- NIMBY: zie Not In My Backyard
- nimby-isme 170
- NKF (Nederlandse Kabel Fabrieken) 262
- NMDA: zie: Niet Meer Dan Anders
- NMP: zie Nationaal Milieubeleidsplan
- Noordzee, Ruimtelijk Perspectief 177
- Nordstreamleiding 351
- NorNed-kabel 263
- Not In My Backyard (NIMBY) 170
- Nota Energiebeleid 381
- Nuon 164, 176
- oerbos 290
- OESO (OECD): zie Organisatie van Economische Samenwerking en Ontwikkeling

- olie-equivalenten 363
- omgevingskwaliteit, lokale 166
- onconventionele voorraden 303, 365
- ondergrondse ruimtelijke ordening 192, 212
- onderhandelingsruimte 169
- onderhoudskosten 182, 196
- onderzeese stroomkabel 262
- onrendabele top 142, 184
- ontbossing 143, 286
- opkomende economieën 320
- oppervlaktewater 288
- opslag, thermische 241
- opslagmedium 250
- opslagvat 229
- opsporingsvergunning 205
- Organisatie van Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OESO) 289
- organisatorische capaciteit 141
- OTEC: zie Ocean Thermal Energy Conversion
- overcapaciteit 321
- overdracht, statistische 143
- overheidssteun 141, 209
- overheidsstimulering 108, 219
- participatie 170, 187
- PBL: Planbureau voor de Leefomgeving 222, 395
- Peijs, C. 94
- piekbelasting 247
- plaatselijke ecologie 251
- plaatsingsproblematiek 157, 166
- plafondbedrag 211
- Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) 222, 395
- planologie 141
- planologische inpassing 182, 283
- Planologische Kernbeslissing 381
- planologische knelpunten 148
- plantaardig dieet 125
- Please In My Backyard (PLIMBY) 408
- Pous, J.W. de 342
- powermanagement 73
- praktijk, alledaagse 88
- prestatie-indicatoren 287
- prijsbeleid 62, 93
- prijselasticiteit energievraag 54
- prijsvolatiliteit 323
- primaire brandstoffen 51, 353
- privatisering 331
- probleemeigenaarschap 94
- productiecapaciteit 221, 333
- productiefase 57
- productieketens 283
- product vernieuwing 80
- proefboringen 196, 326
- proefprojecten 145, 224
- projecten, bilaterale 253
- projectontwikkelaar 158, 177
- Provinciale Milieufederaties 289
- provinciale milieuverordeningen 197
- Provinciale Projecten Procedure 168
- randvoorwaarden 151, 169
- REB: zie Regulerende Energie Belasting
- rebound effect 55, 89
- recessie 110, 178
- recessie, economische 110, 178
- recycling 228
- reductiedoelstellingen 93, 252
- reële energieprijs 16
- referentieverbruik 112
- regionale economie 287
- rekenmodellen (voor energie-efficiëntie) 55
- relatieve ontkoppeling 52
- rendabiliteit 144, 244
- rendement 51, 89
- renovatie 109, 191
- rentabiliteit 212
- reservecapaciteit 249
- resource nationalism 322
- reststromen 281
- restwarmte 192, 231
- restwarmtelevering 370
- Rijksadviseur voor het Landschap 168
- Rijkscoördinatieregeling 389
- Rijksinpassingsplan 389
- rioolslib 279
- rioolwaterzuiveringsbedrijven 279
- rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI) 295
- risico, eigen 211
- risicoanalyse 380
- risicodekking 209

- Rome, Club van 16, 93
- Rotterdam, oliehaven 16
- ruimtebelangen 18
- ruimtebeslag 17, 59
- ruimteclaims 18
- ruimtegebruik 18, 59
- ruimtelijk inpasbare energie 17, 38-43
- Ruimtelijk Perspectief Noordzee 177
- ruimtelijke inpassing 164, 175
- ruimtelijke ordening, ondergrondse 192
- ruimteverwarming 60, 103
- RWE 179
- samenwerking, wereldwijde 80
- Samson, D. 369
- schaalvergroting 129, 168
- schaarste 220, 283
- schade, ecologische 57, 130
- scheepvaartbelangen 269
- Scheer, H. 219, 246
- schone energie 17, 32-37, 147
- Schoon en Zuinig 54, 332
- Schoon Fossiel 118, 306
- SDE: zie Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie
- SDE+: zie Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie Plus
- seizoensoverslag 192, 230
- SenterNovem 195, 209
- SEP (Samenwerkende Elektriciteit Productiebedrijven)
- SER: zie Sociaal-Economische Raad
- Shell Energy Scenarios 14
- Siemens 178
- slimme netten 145, 225
- Small is beautiful 140
- Smart Grids 145, 153
- smog 17
- sociaal dilemma 92
- Sociaal-Economische Raad (SER) 282
- Social Accountability 8000 288
- sociale duurzaamheid 251, 308
- sociale effecten 288
- sociale gevolgen 147, 285
- sociale neveneffecten 58
- sociale rechtvaardigheid 15, 310
- society, civil 130
- split incentive problematiek 53
- split incentives 201
- staal 250
- staatsbedrijven 158, 323
- staatssteun 164
- stadsgas 106, 340
- stadsverwarming 117, 194
- standaardisatie 232, 392
- statistische overdracht 143
- steenkool, vette 106
- Stichting Duinbehoud 187
- Stichting Energie Anders 259
- Stichting Natuur en Milieu 169, 180
- Stichting Reinwater 187
- stimuleringsbeleid 244
- Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie (SDE) 142
- Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie Plus (SDE+) 142
- Stirlingmotor 243
- stopcontact op zee 181
- stop-go beleid 177
- strijdtonel, ruimtelijk 183
- stroom, grijze 141, 162
- stroom, groene 143, 147
- stroometiket 268
- stroomkabel, onderzeese 262
- structureffecten 55, 104
- subsidies 13, 111
- subsidies, verborgen 143
- substitutie-effect 55
- Suez-crisis 259
- Supergrid 145, 186
- Supernet 145
- tarief, feed-in 142
- Taskforce Energietransitie 253
- Technische Universiteit Eindhoven (TU/e) 222
- technologische innovatie 74, 104
- technologische vooruitgang 77, 88
- temperatuurstijging 17, 194
- tenders 180
- TenneT 164, 179

- Terlouw, J. 253
 terugverdiensijd 53, 141
 thermische opslag 241
 Third Party Access 349
 thuismarkt 159
 tijdwinst 90, 108
 TNO 178, 196
 toepassing, commerciële 243
 toepassing, decentrale 160, 243
 top, onrendabele 142, 184
 Tortilla-crisis 286
 Toshiba 391
 traditie, bestuurlijke 168
 Trans-Mediterranean Renewable Energy Coopera-
 tion (TREC) 245
 transportkosten 145, 247
 TU Delft 144, 163
 TU/e: zie Technische Universiteit Eindhoven
 turf 18, 360
 Unieke Kansen Regeling (UKR) 211
 Unilever 127
 Universal Declaration of Human Rights 288
 Urgenda 224
 Utsira reservoir (Noorwegen) 372
 vakbonden 381
 Vattenfall 221, 368
 veiligheid 14, 90
 veiligheidsprocedures 213
 veiligheidszones 183, 309
 VEMW: zie Vereniging voor Energie, Milieu en
 Water
 veranderingen, culturele 86, 103
 verborgen subsidies 143, 409
 verduurzaming 128, 141
 Vereniging Krachtwerktuigen 195
 Vereniging voor Energie, Milieu en Water
 (VEMW) 195, 220
 vergunningenloket 177
 vergunningplicht 197
 vergunningprocedure 181, 199
 vergunningstrajecten 149
 verkiezingsstrijd, lokale 169
 veroudering, kunstmatige 57, 79
 versobering 133
 verstandig gebruik 78, 95
 verzekeringsbranche 211
 verzorgingsstaat 16
 visserij 148, 182
 visuele impact 168, 283
 Vogelbescherming Nederland 186
 Vogelrichtlijn 183
 volksgezondheid 16, 126
 volksverhuizingen, gedwongen 251
 volumebeheersing 130
 volumebeleid 92, 109
 volume-effecten 56, 104
 voordeel, economisch 252
 voorraad, bewezen 365
 voorstanders, conditionele 150, 169
 vooruitgang, technologische 80, 88
 vooruitgangsgeloof 91
 voorzieningszekerheid 331, 346
 waarde, culturele 90
 Waddenvereniging 187, 263
 Warmte op Stoom 198
 Warmtebesluit 212
 warmtebuffer 242
 warmte-krachtkoppeling (WKK) 142, 199
 warmte- en koudelevering 230
 warmtenetten 212
 warmte-opslag 248
 warmtepomp 53, 191
 warmteverliezen 109, 199
 warmtevoorziening, duurzame 249
 Waterplan, Nationaal 149, 184
 waterstof 148, 248
 Waterwet 197
 Wbr (Wet beheer rijkswaterstaatwerken) 176
 wegwerpfase 58
 welvaart 61, 86
 welvaarts groei 55
 welvaartsstijging 118
 welzijn 287, 339
 Wereld Natuur Fonds 180, 310
 Wereldbank 289
 wereldbevolking 125, 139
 werkgelegenheid 55, 109
 Wet Milieubeheer 184

Wet Ruimtelijke Ordening (WRO) 167
Wet verontreiniging oppervlaktewater 389
Wet Voorrang Duurzaam 225
Wijers, G. 348
Willems, R. 253
wkk: zie warmte-krachtkoppeling
WNF: zie Wereld Natuur Fonds
woningbouwcorporaties 149, 198
World Trade Organization (WTO) 370
zeewater, ontzilting 243
zeldzame aardelementen 145
zeldzame metalen 228
zoet water 181, 243
Zorgen voor morgen 93
zoutwinning 213
zuiveringsslib 295
zure regen 17, 93
zware metalen 285

D

Auteurs

Jurgen Ganzevles en Rinie van Est

Onderzoekers bij het Rathenau Instituut



DANKWOORD

Enkele jaren geleden kregen we het euvelde plan om een compleet overzicht te bieden van de maatschappelijke vragen die leven op het gebied van energie. Het uitvoeren van dat plan bleek een echte tour de force. Vele mensen hebben ons gesteund en geholpen om dit boek tot een goed einde te brengen. We willen iedereen bedanken – ook de mensen die we hieronder vergeten te noemen.

Ten eerste bedanken we de auteurs van de essays voor jullie mooie bijdrages. Speciaal dank voor het feit dat jullie aan het einde van de rit jullie werk hebben willen actualiseren. Kris De Decker en Joost van Kasteren bedanken we bovendien voor aanvullend onderzoeks-, denk- en schrijfwerk.

Daarnaast willen we de deskundigen bedanken die deel hebben genomen aan de auteursbijeenkomsten over energiebesparing (25 november 2009), hernieuwbare energie (13 januari 2010) en fossiel en uranium (27 april 2010). Het gaat om Cees Bakker (Stad van de Zon), Thijs Bauer (4RAE Investments), Jos Benner (CE Delft), Jérôme Dangerman (Helianthos), André Diederer (TNO), Arjan Dikmans (Ministerie van Infrastructuur & Milieu), Harry Droog (Platform Duurzame Elektriciteitsvoorziening), Foppe de Haan (Ministerie van Economische Zaken, Landbouw & Innovatie), Alexander Hablé (Ministerie van Infrastructuur & Milieu), Rien Herber (Rijksuniversiteit Groningen), Gert van Ingen (Akzo Nobel Energy), Simon Kalf (Stichting Peak Oil Nederland), Martin Liebregts (Bouwhulp Advies en Architectuur), Robert Metzke (Philips), Michiel Rexwinkel (Greenchoice), Marco Schraever (Ministerie van Infrastructuur & Milieu), Anne Sypkens Smit (EnergieNed) en Gerrit van Werven (Energy Valley). Tijs Heesterbeek (freelance journalist) zij bedankt voor de verslaglegging van de bijeenkomsten.

Voor verdere commentaren, suggesties, achtergrondgegevens en interviews mogen Erik Alsema (Universiteit Utrecht), Lex Bosselaar (AgentschapNL), Aad Correljé (TU Delft/Clingendael International Energy Programme), Hans van Duivendijk (TU Delft), Jan van der Eijk (Shell), Lucia van Geuns (Clingendael International Energy Programme), Jac Hanssen (Solland Solar), Cor Hofstee (TNO), Bert Janson (AgentschapNL), Gert Jan Jongerden (Helianthos), Rijkert Knoppers (freelance journalist), Jaco Koek (Essent), Henk Moll (Rijksuniversiteit Groningen), Pier Nabuurs (KEMA), Marjolein Roggen (KEMA), Peter Scheijgrond (Ecofys), Wim Sinke (ECN), Evert du Marchie van Voorthuysen (GEZEN) en Remko Ybema (ECN) niet onvermeld blijven. We bedanken Wietze Spijkerman en Olaf Keijsers (Universiteit Twente) voor het transcriberen van interviews en discussies.

Een speciaal woord van dank gaat richting Geert Verbong (TU Eindhoven). Dank voor het kritisch en constructief meedenken in het begin, en je feedback op onze hoofdstukken in de eindfase. Je brede maatschappelijke en technische kennis over het energieveld is een ongeëvenaarde inspiratiebron voor ons geweest. Tevens een speciaal dankwoord aan Peter Kwant, die de begeleiding verzorgde vanuit het bestuur

van het Rathenau Instituut. Je houdt van sociale experimenten. Volgens ons was dit een experiment pur sang. Dank dat je het hebt aangedurfd.

De totstandkoming van het boek vereist veel andersoortig vakmanschap. Voor haar scherpe maar geduldige tekstredactie danken we Marleen Schoonderwoerd (Redactie Dynamiek). Een enorme klus! We waren blij dat Thomas Drucker en zijn collega's van Moker Ontwerp meegingen in onze zoektocht naar de verbeelding van de 'maatschappelijke kant' van de energievoorziening. De thema-platen zijn werkelijk prachtig geworden. Thomas van Ardenne (communicatie): bedankt voor het voorwerk. Marian van Lieshout en Ellen van Brummelen van Uitgeverij Æneas. Bedankt voor jullie enthousiasme en geduld. Mariëtte Jongen (vormgeving) bedanken we voor de ongelooflijke hoeveelheid werk die ze in korte tijd heeft verzet.

Tot slot een woord van dank aan onze collega's bij het Rathenau Instituut. Anne Kets (oud-collega, voor al haar voorwerk), Lotte Asveld, Frans Brom, Claartje Doorenbos, Quirine van der Klooster, Pascal Messer, Barend van der Meulen, Antoinette Thijssen, Monique Riphagen, Jan Staman en Janneke Visser. Dank voor jullie tips en steun op lastige momenten. Maar vooral dat jullie bleven doorvragen: wat maakt het boek aantrekkelijk voor samenleving en beleid? Jullie hebben het ons niet gemakkelijk gemaakt! Maar het boek wel beter.

Colofon

Redactie

Jurgen Ganzevles en Rinie van Est, Rathenau Instituut

Tekstredactie

Marleen Schoonderwoerd, Redactie Dynamiek
Pascal Messer, Rathenau Instituut (slothoofdstuk)

Auteurs en onderzoekers

dr. H.C.M. de Bakker, LEI, onderdeel van Wageningen UR
mw. dr. S.C. Breukers, Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN)
dr. A.F. Correljé, TU Delft en Clingendael International Energy Programme (CIEP)
dr. J.C. Dagevos, LEI, onderdeel van Wageningen UR
K. De Decker, freelance journalist, oprichter Lowtechmagazine.com
dr. ir. Q.C. van Est, Rathenau Instituut
dr. ir. J.H. Ganzevles, Rathenau Instituut
mw. drs. L. van Geuns, Clingendael International Energy Programme (CIEP)
mw. drs. S. Hagedoorn, Ecofys
dr. R. Harmsen, Ecofys
dr. J. Jelsma, adviseur klimaat en technologie
ir. J. van Kasteren, freelance wetenschapsjournalist
J. Meijknecht MA, Clingendael International Energy Programme (CIEP)
dr. P. Peters, Universiteit Maastricht
mw. ir. H. Pieters, Ecofys
mw. drs. ir. M. Riphagen, Rathenau Instituut

Vormgeving, beeldredactie en figuren

mariëtte jongen vormgeving

Illustraties omslag en thema's

Moker Ontwerp

ISBN 978-94-6104-018-3

Uitgever

Uitgeverij Aeneas, uitgeverij van vakinformatie bv
Postbus 101
5280 AC BOXTEL
www.aeneas.nl



Rathenau Instituut

© 2011, Rathenau Instituut

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of op enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Redactie en uitgever zijn zich volledig bewust van hun taak een zo betrouwbaar mogelijke uitgave te verzorgen. Niettemin kunnen zij geen enkele aansprakelijkheid aanvaarden, van welke aard ook, gebaseerd op de informatie uit deze uitgave.



ENERGIE IN 2030

Maatschappelijke keuzes van nu

Iedereen is het erover eens: onze energie moet betaalbaar, betrouwbaar en schoon zijn. Maar het rechtvaardig verdelen van de lusten en lasten van onze energievoorziening, zowel nationaal als internationaal, is lastig, politiek beladen en vaak maatschappelijk controversieel.

Welke burgers krijgen een windpark of kolencentrale naast de deur? Wat zijn de sociale en ecologische gevolgen van zonnepanelen uit China of gasimport uit Rusland? En voor wie zijn eigenlijk de baten?

Energie in 2030 laat zien dat alle energiebronnen maatschappelijk controversieel zijn. Denk aan kernenergie of schaliegaswinning. Maar ook biobrandstoffen, CO₂-opslag onder de grond, en talloze windenergieprojecten op land ervaren stevig maatschappelijk verzet.

Daarmee groeien de uitdagingen voor de lange termijn. Want niet alleen vallen de komende twintig jaar de miljardeninkomsten uit de reguliere aardgaswinning geleidelijk weg. Ook wordt de Nederlandse energievoorziening viezer, en wellicht onbetrouwbaarder. Vroeger of later zal de overheid dan ook de boodschap moeten uitdragen dat pijnlijke en vergaande ingrepen nodig zijn. Ingrepen met hoge kosten, die veel partijen zullen raken.

Jurgen Ganzevles en Rinie van Est, onderzoekers bij het Rathenau Instituut, pleiten voor een helder energiebeleid en een transparante energiemarkt. Alleen daarmee zal het maatschappelijk draagvlak voor pijnlijke ingrepen kunnen groeien. Duidelijk moet worden hoe duurzaam en sociaal de Nederlandse energie werkelijk is. En: wat geven we eigenlijk uit aan energie? Wat verdienen we eraan? Om onderbouwde keuzes te kunnen maken, moeten we per energiebron weten hoe betaalbaar, betrouwbaar en duurzaam die optie is. Want dat is nu onduidelijk.

In Energie in 2030 vindt u naast essays ook praktische aanbevelingen. Deze zullen beleidsmakers, maatschappelijke organisaties, energieadviseurs en burgers uitdagen om een antwoord vinden op de vraag hoe Nederland op lange termijn betaalbare, schone en betrouwbare energie zal hebben.