

Vernieuwbare energie

Maarten Wolsink

in: Van Natuurlandschap tot Risicomaatschappij - Aardrijkskunde in het Groot.
Ton Dietz, Frank den Hertog, Herman van der Wusten (red.).
Amsterdam University Press, 2008. p.111-118

Drie fundamentele problemen zijn verbonden aan de explosieve groei van het mondiale energiegebruik. Het eerste is de uitputting van voorraden. Ten tweede zorgen de meeste vormen van energieomzetting voor verstoring van natuurlijke evenwichten, zoals de versterking van het broeikas-effect, en wordt het regeneratievermogen van de natuur aangetast door vervuiling of door de vernietiging van ecosystemen. Het derde probleem is dat fossiele brandstoffen zeer ongelijk over de aarde zijn verdeeld. De enorme energiebehoefte levert een sterke afhankelijkheid op van instabiele regio's waardoor vaak grote geopolitieke spanningen ontstaan.

Hoewel er nog grote mogelijkheden zijn voor noodzakelijke energiebesparing, zal effectivering daarvan hoogstens voor een afgezwakte mondiale groei van de vraag naar energie zorgen, omdat er een explosieve groei van de vraag is in enkele grote zich snel ontwikkelende economieën. Deze fundamentele problemen vragen daarom om het gebruik van andere energiedragers, zoals mogelijk waterstof, maar vooral om energiebronnen die op de menselijke tijdschaal onuitputtelijk zijn. Vernieuwbare bronnen putten uit een constante toevoer van energie, met name van de zon, of ze worden door natuurlijke processen op korte termijn aangevuld. Niet alle vormen van vernieuwbare energie kunnen echter duurzaam worden genoemd, omdat sommige vormen de genoemde problemen niet oplossen.

Directe en indirecte energie van de zon

Vernieuwbare energie is bijna altijd afgeleid van zonne-energie. Alleen aardwarmte en getijdenenergie hebben een andere fysische oorsprong. De zon levert direct energie in de vorm van straling. De eenvoudigste omzetting vindt plaats als het invallende licht direct voor verlichting wordt gebruikt of als de invallende straling bruikbare warmte levert, bijvoorbeeld voor ruimteverwarming of opwarming van water. De straling kan ook direct in bruikbare elektriciteit worden omgezet, maar daarvoor zijn wel geavanceerde PV (PhotoVoltaïsche) panelen nodig. De straling wordt ook als energie opgeslagen in biomassa bij het proces van fotosynthese. Omdat daarbij koolstofdioxide uit de atmosfeer in het gewas wordt opgeslagen en zuurstof vrijkomt, is verbranding van biomassa in principe broeikasneutraal. Voorts is de straling van de zon de motor van atmosferische turbulenties en zeestromen. Aan het aardoppervlak hebben we daardoor windkracht en wordt uit zee verdampt water naar hoger gelegen gebieden gevoerd, waar in de vorm van

de neerslag water valt waaruit energie kan worden gehaald als het weer naar zee stroomt. Stromingsbronnen als wind- en waterkracht, maar ook mariene bronnen als zeestromen en golf-energie en energie die uit biomassa wordt gehaald, zijn allemaal indirecte vormen van zonne-energie.

Net als kolen, olie, gas en uranium zijn vernieuwbare energiebronnen niet overal in gelijke mate voorhanden. De geografische spreiding ervan is wel veel groter, maar bijvoorbeeld waterkracht concentreert zich toch vooral in stroomgebieden van rivieren met flinke hoogteverschillen én met voldoende neerslag. Windenergie is zeer sterk afhankelijk van het regionale klimaat (Ackerman & Söder, 2002). De energiehoeveelheid kent een derdemachtsrelatie met de windsnelheid, dus een twee keer zo hoge windsnelheid levert acht maal zoveel energie op. De effectieve toepassing concentreert zich daardoor vooral in kustgebieden en op plaatsen met een gunstige combinatie van reliëf en overheersende windrichting. Een voorbeeld van het laatste is een dal met een soort trechterwerking, dat gunstig ligt ten opzichte van de overheersende windrichting, zoals het Rhônedal in Frankrijk. De mogelijkheden voor directe zonne-energie en voor biomassa zijn natuurlijk ook afhankelijk van klimatologische omstandigheden, vooral van de klimaatzone.

Ondanks de afhankelijkheid van klimaat en van geografische kenmerken, kennen vernieuwbare bronnen een relatief grote spreiding waardoor ze kunnen bijdragen aan de vermindering van de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen uit politiek instabiele regio's als het Midden-Oosten (olie) en Rusland (gas). Helaas is de wereldwijd meest gebruikte vorm van stroomopwekking met vernieuwbare energie echter waterkracht, wat in sommige regio's weer voor politieke conflicten over dammen in grensoverschrijdende rivieren zorgt.

Ook wat betreft de twee fundamentele problemen die met ecologische duurzaamheid te maken hebben, is het gebruik van waterkracht vaak problematisch. De ecologische kwaliteit van rivieren wordt er op vele manieren erg door aangetast (Graf, 2001). Omvangrijke sedimentatie in de stuwmeren waardoor de energieopbrengst gaandeweg afneemt, gaat juist gepaard met verminderde sedimentatie stroomafwaarts. Lokale ecosystemen, bestaande vruchtbare gebieden en zelfs woongebieden worden door stuwmeren vernietigd, er treedt waterverlies op door verdamping, en het wateraanbod stroomafwaarts wordt vaak zeer negatief beïnvloed. Dat heeft grote gevolgen voor de watervoorziening, voor de waterkwaliteit, voor de vegetatie en voor de kwaliteit van de ecosystemen die van het wateraanbod én de natuurlijke fluctuaties daarin afhankelijk zijn.

Biomassa

Niet iedere toepassing van vernieuwbare energie is dus ecologisch verantwoord. Vooral waterkracht niet, maar ook intensief gebruik van biomassa kan problemen geven. Het grote



Jatropha curcas. Struik met oliehoudende vruchten, geschikt voor teelt in droge warme klimaatzones. Sterk in opkomst in India en Zuidelijk Afrika.

voordeel van biomassa is dat het naast energiebron ook energiedrager is. Dat wil zeggen dat de energie zit opgeslagen in een (brand)stof die kan worden opgeslagen en meegenomen. Hét voorbeeld van een energiedrager zonder koolstof is waterstof. Dat moet echter eerst geproduceerd worden en daar is de duurzaamheid dus afhankelijk van de oorsprong van de energie die gebruikt wordt om de waterstof te produceren.

Er zijn vele soorten bio-brandstoffen (Demirbas, 2007). Er zijn vaste

vormen, zoals hout, riet en stro, die bijvoorbeeld als brandstof voor koken en verwarming worden gebruikt, of grootschalig voor elektriciteitsopwekking. Vloeibare vormen, met name oliën, worden veelal gewonnen uit de vruchten van éénjarige of langjarig geteelde gewassen. Voorbeelden zijn koolzaadolie, palmolie en jatropha, een struik waarvan uit de zaden olie wordt gewonnen. Uit vaste vormen kunnen ook gassen worden gewonnen, zoals methaan uit organisch restmateriaal, of ze kunnen in vloeibare brandstoffen worden omgezet, zoals ethanol (vooral op basis van suikerriet en maïs).

Over het algemeen zijn biobrandstoffen, vanwege de omslachtige omzetting van zonlicht in chemische energie en vanwege de relatief grote hoeveelheden energie en materialen die nodig zijn in het productieproces, niet bepaald energie-efficiënt. Toch zijn sommige biobrandstoffen populair, vooral de vloeibare vormen, omdat het feit dat het ook energiedragers zijn ze tot een gemakkelijk alternatief voor olieproducten in de transportsector maakt. Bio-ethanol en organisch geproduceerde oliën zijn als vervangers van olie vaak zonder veel aanpassingen direct te gebruiken. Ethanol uit rietsuiker wordt vooral in Brazilië al op grote schaal gebruikt in de transportsector. Voor gemotoriseerd vervoer



Zaden van de *Jatropha curcas*. Hieruit wordt olie gewonnen die gebruikt kan worden als alternatief voor bijvoorbeeld dieselolie. *Jatropha* is geschikt voor teelt in droge warme klimaatzones. Sterk in opkomst in India en Zuidelijk Afrika. De zaden op deze foto komen uit Zambia.

wordt daar naar schatting 40% van de brandstof uit biomassa geproduceerd en daarnaast exporteert Brazilië ongeveer een derde van zijn ethanolproductie. Geen enkel ander land in de wereld is zover met het gebruik van biomassa, maar het is twijfelachtig of grootschalige inzet van biomassa zoals die in Brazilië plaatsvindt, de fundamentele problemen van de groeiende mondiale energieconsumptie oplost:

- Wanneer de energievraag voor transport voor een groot deel met biobrandstoffen wordt gedekt vereist dat een enorm areaal aan landbouwgrond. Hierdoor ontstaat een concurrentieprobleem met de voedselvoorziening. In de VS is daardoor de prijs van maïs als veevoer recent al enorm gestegen. Dit leidt waarschijnlijk tot sterke uitbreiding van de verbouw van maïs, die een relatief grote milieudruk veroorzaakt.
- Het gevaar bestaat dat vooral in arme landen voedselproductie wordt opgeofferd aan winstgevender energieproductie voor export naar rijke landen. Dat zal ten koste gaan van de lokale voedselvoorziening en zal een prijsopdrijvend effect hebben voor voedsel (goed voor voedselboeren, maar slecht voor arme consumenten).
- Uitbreiding van het landbouwareaal levert vele ecologische problemen op. Ontbossing vindt al plaats voor de verbouw van suikerriet in Brazilië, maar ook de productie van palmolie op Sumatra en Borneo heeft al regenwoud gekost.
- De verbouw van gewassen voor biobrandstoffen en de economische druk om opbrengsten te maximaliseren kunnen leiden tot ernstige uitputting van de bodem en tot intensieve verbouw in ecologisch problematische monoculturen (Reijnders, 2006). Voorbeelden daarvan zijn weer suikerriet in Brazilië, en palmen en jatropha in Indonesië, India en Zuidelijk Afrika voor de vervanging van dieselolie.
- Er zal bij energiegewassen veel minder terughoudendheid worden betracht bij het gebruik van ecologisch risicovolle technieken dan bij voedselproductie, aangezien de voedselveiligheid niet in het geding is (Burton et al., 2004). Overmatig kunstmestgebruik en onzorgvuldiger pesticidengebruik liggen voor de hand, maar er dreigt ook een veel minder prudente inzet van genetische manipulatie van gewassen ten behoeve van opbrengstvergroting (Gavrilescu & Chisti, 2005).

Biomassa wordt veel gebruikt in ontwikkelingslanden, echter niet als nieuwe energietechniek, maar als vaak enige bron voor huishoudelijk energiegebruik. De natuurlijke aanwas van de vegetatie staat soms al onder sterke druk van de bevolkingsgroei en het gebrek aan betaalbare en efficiënte alternatieven voor hout als brandstof. In westerse landen levert biomassa de grootste bijdrage van de ‘vernieuwbare’ bronnen aan de elektriciteitsopwekking, met uitzondering van een aantal landen met veel waterkracht, zoals Zwitserland en Noorwegen. Daarbij gaat het echter voor een groot deel om afvalverbranding, waarbij organisch materiaal zoals houtsnippers, wordt gebruikt om centrales te stoken.

Uit organisch afval wordt ook methaangas gewonnen, dat als energiebron gebruikt kan worden terwijl bovendien het methaan uit de biologische afbraak van het organisch afval niet als broeikasgas in de atmosfeer terecht komt. Dit biogas kan werkelijk vernieuwbare

energie genoemd worden, maar van de afvalverbranding kan hoogstens worden gesteld dat het een ecologisch iets acceptabeler vorm van afvalverwerking is dan gewoon verbranden of storten.

Wind en zon

Vernieuwbare energiebronnen die bij zorgvuldig gebruik minder ecologische en sociale gevolgen hebben zijn veelal economisch nog niet rendabel. Windenergie heeft beperkte effecten op de omgeving. Plaatsing in vogeltrekroutes is eenvoudig te voorkomen en het geluidsniveau van de huidige turbines die mede in dit opzicht inmiddels zeer geavanceerd zijn, is bij redelijke afstand tot woningen nauwelijks een probleem. Het sterke visuele karakter van windturbines speelt in de maatschappelijke acceptatie echter een grote rol. Het landschappelijke effect is bepalend voor de soms heftige discussies rond de realisatie van projecten, zelfs als het om offshore windparken gaat (Wüstenhagen et al., 2007). De mate waarin windenergie nu een substantiële bijdrage aan de energievoorziening levert, blijkt in alle opzichten veel meer afhankelijk te zijn van maatschappelijke acceptatie, dan van de aanwezigheid van de energiebron zelf.

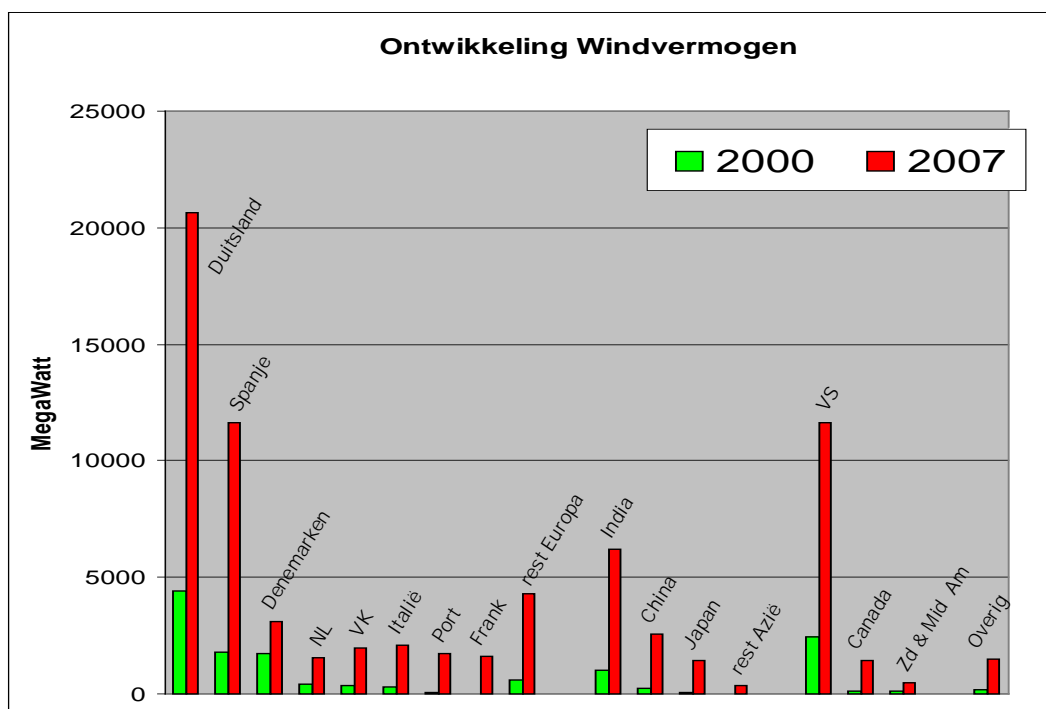
De belangrijkste beperking van bronnen als zon en wind is dat het moment en de hoeveelheid van de productie niet wordt bepaald door de vraag. Ze kunnen alleen ‘vraagvolgend’ zijn wanneer ze eerst aan dure opslagsystemen zijn gekoppeld. Windenergie kan daarom wel een substantieel, maar toch slechts een beperkt deel van de stroomvoorziening leveren. Zonnepanelen, die in Japan nu het meest verspreid zijn, zijn economisch nog lang niet rendabel, hoewel toepassingen op plaatsen die ver verwijderd zijn van netaansluiting nu al interessant kan zijn (Alsema & Nieuwlaar, 2000; Nouni et al., 2005).

De toepassing van zonne-energie is op termijn waarschijnlijk wel veel belangrijker dan windenergie, omdat de bron bijna overal aanwezig is. Het directe gebruik van zonnestraling voor energieopwekking levert een bijdrage aan de oplossing van alle drie de fundamentele problemen van energievoorziening op basis van fossiele brandstoffen. De geografische spreiding is veel groter dan van alle andere energiebronnen. Efficiënte opwekking is ook in gematigde klimaatstreken mogelijk, omdat het om straling gaat en niet om warmte. Afhankelijkheid van politiek instabiele regio's is dan niet of nauwelijks meer aan de orde. Het ruimtebeslag blijft redelijk beperkt, omdat de PV-panelen relatief eenvoudig zijn te combineren met ander ruimtegebruik. Ze kunnen op daken en langs wegen, maar ook in lege woestijngebieden worden opgesteld.

Zonne-energie is nog zeer duur en netgekoppelde toepassingen zijn nu alleen met stevige subsidies rendabel. Niettemin bestaan er zeer snel groeiende producenten van zonnepanelen en opvallend is dat het snelst groeiende bedrijf (Suntech) niet uit het Westen komt, maar uit China.

Sleutel: sociaal-politieke acceptatie

Voor alle vernieuwbare energietechnieken, ook zonne-energie, geldt dat het succes van toepassing niet primair door de aanwezigheid van de energiebron wordt bepaald, maar door de maatschappelijke acceptatie van de nieuwe techniek. Daarbij hoort onder andere de acceptatie van die technieken op bestaande en nieuwe markten. Op dat laatste richt zich bijna al het overheidsbeleid en ook het beleid van de Europese Unie. Behalve waterkracht zijn vernieuwbare energiebronnen eigenlijk nog in de beginfase van de toepassing (of zelfs daar nog niet) en in de beginfase van de invoering van nieuwe energietechnieken zijn de maatschappelijke weerstand op politiek en institutioneel niveau en de acceptatie op het niveau van lokale gemeenschappen veel belangrijker knelpunten dan de commerciële acceptatie en de algemene publieke acceptatie (Wolsink, 2000; Wüstenhagen et al., 2007). Voor invoering van nieuwe technieken zijn altijd institutionele veranderingen nodig en de mate waarin landen erin slagen om de organisatie van hun energievoorziening aan het karakter van de nieuwe bronnen aan te passen bepaalt het succes van de invoering. Dat is te zien aan windenergie, de stromingsbron die dicht bij algemene economisch rendabele toepassing komt, waarvan het vermogen in zeven jaar tijd mondiaal met 433% is toegenomen (zie figuur 1). Het Verenigd Koninkrijk heeft geografisch gezien vele malen meer bruikbare windkracht dan Duitsland, maar de verhouding in opgesteld windvermogen is volledig omgekeerd (Breukers, 2007). Voor Engeland en Wales geldt dat windenergie in 2005 slechts 0,3% van de stroom leverde, terwijl dat voor Duitsland al 4,1% was en voor Denemarken zelfs 18,5% (Toke et al., 2008).



Figuur 1: Wereldwijd opgesteld windvermogen op 1 januari 2000 (totaal 13934 MW) en 2007 (74325MW) data: DEWI, Deutsches Windenergie-Institut.

Voor windenergie zijn ondersteuningsprogramma's nog essentieel, maar daarin is het stellen van goede marktcondities intussen al belangrijker dan de omvang van eventuele subsidiestromen. Voor vernieuwbare energie in de elektriciteitsvoorziening en de opname daarin van decentrale, relatief kleine eenheden als windturbines en zonnepanelen, zijn 'intelligente micro-netten' nodig ('micro-grids'). Wat organisatie betreft, ziet die elektriciteitsvoorziening er daarom waarschijnlijk heel anders uit dan de grootschalige, centralistische conventionele elektriciteitsopwekking waaruit de bestaande energiebedrijven zijn voortgekomen (Butler, 2007). In de bestaande structuur ligt dan ook een belangrijke bron van sociaal-politieke weerstand. De toegang tot het net voor anderen dan de energiebedrijven is cruciaal gebleken in de landen waar windenergie een succes is (Breukers en Wolsink, 2007; Toke et al., 2008). In landen als Denemarken en Duitsland zijn energiebedrijven gedwongen hun net open te stellen voor iedereen die kon en wilde investeren in windenergie. Vele initiatieven, vanuit de bevolking, vanuit nieuwe bedrijven, en vanuit bestaande bedrijven met windenergie als nevenactiviteit, hebben in die landen een snelle groei van windvermogen gecreëerd. Die heeft vervolgens ook voor een thuismarkt gezorgd voor een bloeiende windturbine-industrie die nu uitgebreid exporteert naar landen als India en China.

Het openbreken van de bestaande energiewereld is belangrijk om nieuwe bronnen de kans te geven, maar dat gaat niet vanzelf. In Duitsland hebben de energiebedrijven de invoering van een open toegang tot het net met een redelijke en verzekerde tariefstelling tot het uiterste bestreden. Ze hebben die strijd verloren, maar in veel andere landen, waaronder Nederland, was de maatschappelijke en politieke acceptatie van dergelijke institutionele veranderingen te gering om aan de noodzakelijke institutionele veranderingen te beginnen. Invoering van andere duurzame bronnen, en dan vooral zonne-energie, zal soortgelijke institutionele aanpassingen vereisen en daartegen bestaat veel weerstand die overwonnen moet worden om vernieuwbare energie op termijn de conventionele bronnen te laten vervangen.

Actuele informatie over vernieuwbare energie

Deutsches Windenergie-Institut (Dewi) <<http://www.dewi.de>> Kenniscentrum van het meest succesvolle land, Duitsland, op het gebied van toepassing van windenergie. Halfjaarlijkse actuele overzichten van windenergievermogen wereldwijd.

EU <ec.europa.eu/agriculture/biomass> idem, op gebied van biomassa, veelzeggend als onderdeel van landbouwbeleid gepresenteerd.

EU <ec.europa.eu/energy/res> Europese Unie informatie over beleid, programma's etc. vernieuwbare energie.

International Energy Agency <www.iea.org> Over alle soorten energiebeleid, energiebronnen, milieueffecten, klimaatverandering etc.

Milieucentraal <www.duurzame-energie.nl> Informatie over allerlei vormen van duurzame energie van Milieu Centraal, platform voor consumenteninformatie over milieu.

Solar Panel <www.solarpanelinfo.com> Algemene informatie over toepassingen van PV systemen.

Referenties:

- Ackermann T, Söder L, 2003. An overview of wind energy-status 2002. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 6 (1-2) 67-127.
- Alsema EA, Nieuwlaar E, 2000. Energy viability of photovoltaic systems. *Energy Policy* 28, 999-1010.
- Breukers S, 2006. Changing institutional landscapes for implementing wind power. A geographical comparison of institutional capacity building: The Netherlands, England and North Rhine-Westphalia. PhD Thesis, University of Amsterdam.
- Breukers S, Wolsink M. Wind energy policies in the Netherlands: Institutional capacity building for Ecological Modernisation. *Environmental Politics* 2007;16:92-112
- Burton JW, Miller JF, Vick BA, Scarth R, Holbrook CC, 2004. Altering fatty acid composition in oil seed crops. *Advances in Agronomy* 84, 273–306.
- Butler D. 2007. Energy efficiency: Super savers: Meters to manage the future. *Nature* 445, 586-588.
- Demirbas A, 2007. Progress and recent trends in biofuels. *Progress in Energy and Combustion Science* 33 (1) 1-18.
- Gavrilescu M, Chisti Y, 2005. Biotechnology - a sustainable alternative for chemical industry. *Biotechnology Advances* 23, 471-499.
- Graf WL, 2001. Damage control: Restoring the physical integrity of America's rivers. *Annals of the Association of American Geographers* 91, 1-27.
- Nouni MR, Mullick SC, Kandpal TC, 2005. Photovoltaic projects for decentralized power supply in India: A financial evaluation. *Energy Policy* 34, 3727-3738.
- Reijnders L, 2006. Conditions for the sustainability of biomass based fuel use. *Energy Policy* 34, 863-876.
- Toke D, Breukers S, Wolsink M, 2008. Wind power deployment outcomes: How can we account for the differences? *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12, 1129-1147.
- Wolsink, M. 2000. Wind power and the NIMBY-myth – Institutional capacity and the limited significance of public support. *Renewable Energy* 21, 49-64.
- Wüstenhagen R, Wolsink M, Bürer, MJ, 2007. Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept. *Energy Policy* 35, 2683–2691.