

Alles in de wind

Vragen en antwoorden over windenergie

Jos Beurskens
Gijs van Kuik

Tweede, herziene druk
oktober 2004

Colofon

Titel:

Alles in de wind, Vragen en antwoorden over windenergie

Auteurs:

Jos Beurskens (ECN)

Gijs van Kuik (TU Delft)

Met bijdragen van:

Gustave Corten

Hage de Vries

Chris Westra (allen ECN)

Cor de Graaf (Windunie)

Mr. J.H.M. Berenschot

Mr. K. Paardekooper (beiden CMS Derks Star Busmann, kantoor Arnhem)

Tekstbewerking:

Diederik van der Hoeven

Foto's:

Jos Beurskens

Chris Westra

Druk en ontwerp:

Drukkerij Cortjens, Maastricht

Uitgave:

Daedalus, Maastricht

© ECN, Petten, 2004

NUR 961

ISBN 90-71580-02-4

Inhoud

Waarom windenergie ?	5
Waarom windenergie?	5
Met windenergie reduceren we uitstoot van kooldioxide	5
Windenergie is duurzaam	6
Grote beleidsplannen met windenergie	8
Windenergie in het elektriciteitsnet	9
Niet vanzelfsprekend	9
Afstemming van vraag en aanbod	9
Wind in het net	11
Kosten en opbrengsten	13
Kosten van windenergie	13
Opbrengsten van windenergie	14
Overheidssteun	15
De balans voor de exploitant van windenergie	16
Planschade	17
Leefbaarheid, veiligheid, landschap	19
Landschap	19
Repowering	20
Geluid	20
Veiligheid	20
Vogels en vissen	22
Schaduw	24
Tien kritische vragen en antwoorden over windenergie	25
Begrippen en eenheden	29
Trefwoorden	31
Noten	32

Alles in de wind

Vragen en antwoorden over windenergie

Waarom windenergie?

Waarom windenergie?

Windenergie is duurzaam. Dat betekent onder meer dat windenergie het leefmilieu ontziet, de voorraden fossiele brandstoffen spaart, en ons minder afhankelijk maakt van de oliepolitiek. Dit zijn de argumenten om toepassing van windenergie te stimuleren. We geven in dit boekje kwantitatief aan hoe duurzaam windenergie in de praktijk is, en in welke mate deze belangrijk is bij de reductie van CO₂.

Toepassing van windenergie wordt financieel ondersteund door de staat. Dat is normaal beleid voor een veelbelovende technologie met gunstige effecten, die zich nog niet op de markt kan handhaven. Zo'n ondersteuning is in principe tijdelijk. We bekijken hoe groot die ondersteuning is. En we geven aan wat het doel is dat daarmee wordt nagestreefd.

Toepassing van windenergie lijkt terechtgekomen in een maatschappelijke controverse. Waren er vroeger alleen actiegroepen vóór plaatsing van windturbines, nu zijn er ook actiegroepen tegen die plaatsing. We geven ook aan wat de argumenten van deze actiegroepen zijn.

Het is tijd voor nuance, schreven we al in de eerste uitgave van dit boekje. Die noodzaak is er nog steeds, en die nuance streven we met deze uitgave opnieuw na.

Met windenergie reduceren we uitstoot van kooldioxide

Hoe ernstig het probleem van de klimaatverandering door het zogenoemde versterkte broeikaseffect is, dat is onderwerp geworden van een heftige controverse. Aan de éne kant raken steeds meer wetenschappers ervan overtuigd dat er een direct verband ligt tussen de uitstoot van broeikasgassen als gevolg van menselijk handelen en de snelle klimaatverandering die we nu kunnen waarnemen; aan de andere kant groeit het verzet naarmate duidelijk wordt hoe ingrijpend maatregelen tegen klimaatverandering kunnen zijn.

Wij kunnen geen oordeel vellen over de wetenschappelijke basis van de stelling dat de uitwerp van CO₂ omlaag moet; we nemen op gezag van wetenschappers die dit verschijnsel intensief onderzoeken, aan dat dit zo is¹. Volgens de heersende wetenschappelijke opinie is de stijging van de gemiddelde temperatuur op aarde in de laatste vijftig jaar voor het grootste deel het gevolg van menselijke activiteiten. Verwacht wordt dat in

de 21e eeuw de gemiddelde temperatuur op aarde verder omhoog zal gaan met 1.4 tot 5,8 °C. Dit zal tot gevolg hebben dat de zeespiegel stijgt; schattingen over die stijging lopen uiteen van 9 tot 88 centimeter in deze eeuw. Om het tij te keren is de internationale gemeenschap tot afspraken gekomen om de uitstoot van CO₂ te beperken (het Kyoto Protocol).

De Nederlandse overheid volgt drie sporen om dit doel te bereiken: energiebesparing, toepassing van schonere verbrandingsprocessen en het vervangen van fossiele brandstoffen door duurzame bronnen. Toepassing van windenergie is één van de instrumenten om de doelstellingen te behalen. Dit is onlangs nog eens bevestigd door minister Brinkhorst op een op zijn initiatief belegde workshop over windenergie².

Het is duidelijk dat een windturbine geen CO₂ voortbrengt tijdens de elektriciteitsproductie. Wereldwijd geldt windenergie als een effectieve CO₂-vervanger³. Maar een windturbine moet worden gefabriceerd. Dat kost energie en bij de opwekking van die energie komt wel CO₂ vrij. Deze hoeveelheid energie kan worden vergeleken met de energie die door de windturbine tijdens zijn levensduur wordt opgewekt (de zogenaamde energiebalans). Volgens een analyse in opdracht van Deense windturbinefabrikanten wordt die energie in drie tot zes maanden door de windturbine 'terugverdiend', afhankelijk van het turbintype en het windklimaat ter plaatse⁴. Op een levensduur van 20 jaar produceert een windturbine dus 40 tot 80 keer zoveel energie als nodig is om er een te produceren. Omgerekend bedraagt de CO₂-emissie per miljoen opgewekte kWh aan elektriciteit bij windenergie 7 ton, bij gasgestookte elektriciteitscentrales 484 ton, en bij kolencentrales 1000 ton⁵.

Windenergie is duurzaam

Duurzaamheid betekent voorzien in de behoeften van de huidige samenleving zonder de mogelijkheden voor toekomstige generaties te beperken⁶. Of windenergie duurzaam is, kunnen we - behalve aan de bijdrage aan klimaatverandering - toetsen aan drie punten: water- en luchtverontreiniging, hergebruik van materialen, en uitputting van fossiele brandstoffen.

Het is duidelijk dat bij de productie van elektriciteit door windturbines geen water- en luchtverontreiniging optreedt. De vervuiling bij de productie van windturbines is naar verhouding klein, net als het energiegebruik dat we in de vorige paragraaf hebben behandeld. Uit het oogpunt van recycling scoren windturbines heel goed. Bijna alle onderdelen van de windturbine kunnen worden gerecycled. Een uitzondering wordt

gevormd door de rotorbladen, meestal gemaakt uit glasvezels. Die worden momenteel slechts voor laagwaardige toepassingen gebruikt, bijvoorbeeld als grondstof voor verkeerspalen ('Amsterdammertjes') of als hulpstof in beton. Er wordt gewerkt aan meer hoogwaardige vormen van hergebruik, en naast het gebruik van synthetische harsen ook aan natuurlijke vezels, zoals hout. Wanneer een windpark na zijn levensduur wordt ontmanteld, kan het landschap (ook de Noordzee) weer volledig in oude staat worden terug gebracht.

Wat betreft de uitputting van fossiele brandstoffen: er bestaat discussie over de waarde van het voorkómen van zo'n uitputting. In het recente verleden nam de bewezen voorraad fossiele brandstoffen toe omdat er meer nieuwe voorraden werden ontdekt dan wat er werd verbruikt; nu lijkt de situatie voor olie en gas veranderd te zijn. Reeds enkele jaren is het jaarlijkse verbruik van olie groter dan de nieuwe vondsten. Daar komt nog bij dat het winnen van die nieuwe vondsten steeds duurder wordt. Deskundigen schatten dat de top van goedkope olie productie tussen 5 en 10 jaar vanaf nu bereikt zal worden⁷. Het feit dat we nog maar enkele tientallen jaren door kunnen gaan met olie en gas, is een extra reden om de duurzame bronnen, met windenergie en biomassa als belangrijkste componenten voor Nederland, snel te ontwikkelen.

Er zijn grote nadelen verbonden aan de afhankelijkheid van geïmporteerde fossiele brandstoffen. De controle over productie en aanvoer van olie is inzet van een wereldwijde strijd, die soms zelfs uitmondt in oorlog. De Europese economie is sterk afhankelijk van geïmporteerde olie, zonder veel invloed te hebben op hoeveelheid en prijs. Er is behoefte aan lokale en duurzame energiebronnen, en er is nog voldoende olie en gas om tijd te laten voor de ontwikkeling van betaalbare duurzame energiesystemen. We staan nu nog maar aan het begin van een doorbraak; een wereldwijde omschakeling (de zogenoemde transitie) naar een duurzame energievoorziening zal nog tientallen jaren in beslag nemen. Wanneer we vanwege problemen op korte termijn afzien van de ontwikkeling van duurzame bronnen, dan loopt de toekomstige energievoorziening gevaar.



Grote beleidsplannen met windenergie

Tegen deze achtergrond worden door veel geïndustrialiseerde landen grote inspanningen geleverd om duurzame energiebronnen te ontwikkelen; bovendien ook door India en in mindere mate China. Het gaat dan om alle beschikbare duurzame energiebronnen: met name zon, biomassa, waterkracht en wind. Zo verwacht Shell dat rond 2050 ongeveer één derde van de benodigde energie wereldwijd uit duurzame bronnen komt⁸. Overigens wordt bij al deze plannen voor een duurzame energievoorziening niet het grootste effect verwacht van nieuwe energiebronnen zoals wind, maar van doelmatiger gebruik van energie ('energiebesparing'), waarvan het potentieel nog altijd bijzonder groot is.

In dit kader staan de ambities om meer windenergie toe te passen. En de ambities zijn hoog. De Nederlandse overheid stelt zich onder meer tot doel dat in 2010 9% van de elektriciteit wordt opgewekt uit duurzame bronnen. Van die beoogde 9% bestaat misschien wel de helft, dus 4,5% van de elektriciteitsproductie, uit windenergie. De productie van duurzame energie zou daarna moeten doorgroeien. Voor 2020 is de doelstelling dat het aandeel van windenergie (inmiddels voor 80% opgewekt op zee) in de elektriciteitsproductie zal zijn gegroeid tot 15%, onder meer op voorwaarde dat de kosten van opwekking tegen die tijd aanzienlijk gedaald zijn.

Daarnaast zijn er doelstellingen bij het energiegebruik als geheel, dus inclusief verkeer, industrie, ruimteverwarming etc. In 2020 moet 10% van dit totale energiegebruik door duurzame bronnen worden opgewekt.

Deze ambities zijn bescheiden vergeleken met de doeleinden die de Europese Unie zich stelt. De meeste landen van de EU hebben nu al een hoger aandeel van duurzame energie-opwekking door de beschikbaarheid van waterkracht en ruimere toepassing van biomassa en windenergie. Maar toch, de cijfers liegen er niet om. In de 'oude' EU van 15 landen zal in 2010 22% van de elektriciteit uit duurzame bronnen moeten komen, en voor het energiegebruik als geheel is het streefcijfer 12%. De Commissie spoort de lidstaten voortdurend aan om deze doelstellingen te halen.

Kortom, het beleid gericht op groei van de elektriciteitsproductie uit wind is stevig gefundeerd en breed gedragen.

Windenergie in het elektriciteitsnet

Niet vanzelfsprekend

Het spreekt niet vanzelf dat grote hoeveelheden elektriciteit uit windturbines kunnen worden opgenomen in het elektriciteitsnet en doorgeleid naar de klant. Soms waait het hard en kan de stroom uit grote windparken niet door het net worden opgenomen, vooral als tegelijkertijd de vraag gering is en ook als de transport capaciteit tekort schiet. Het waait ook niet altijd, en op die momenten moet er toch stroom worden geleverd. Verder kunnen we de vraag stellen: is de stroom uit windturbines wel van goede kwaliteit? Kan die altijd worden gegarandeerd? We kijken in dit hoofdstuk naar de manieren waarop deze problemen kunnen worden opgelost; naar de grenzen van die oplossingen en de kosten die daarmee gemoeid zijn.

In Nederland is de elektriciteitsmarkt grotendeels geliberaliseerd. Stroom wordt geleverd door verschillende bedrijven die op de markt met elkaar concurreren. Bedrijven en consumenten kunnen kiezen tussen leveranciers; ze kunnen ook het soort stroom bepalen dat ze willen ontvangen (groen of grijs).

Vroeger was er geen concurrentie tussen elektriciteitsbedrijven, alles werd geregeld op basis van planning. Die planning is nu grotendeels weggevallen. Er is bijvoorbeeld geen centrale instelling meer die verantwoordelijk is voor de planning van de bouw van nieuwe centrales en de inzet van de goedkoopste brandstoffen; de markt zal dit moeten doen. Maar geheel zonder planning kan het elektriciteitssysteem niet. Kenmerkend voor het elektriciteitsnet is dat elke vraag naar elektriciteit op vrijwel hetzelfde moment moet worden geleverd, omdat energie niet makkelijk is op te slaan. De regeling van deze momentane afstemming van vraag en aanbod is een van de taken van TenneT in Arnhem. We gaan kijken naar de middelen die TenneT ten dienste staan om deze afstemming tot stand te brengen.

Afstemming van vraag en aanbod

De vraag naar elektriciteit wordt grotendeels bepaald door het dag/nacht ritme van de mens en door onze indeling van de week in vijf werkdagen en twee vrije dagen. Toch wordt al vele jaren een deel van de vraag naar elektriciteit beïnvloed. De elektriciteitsbedrijven maken afspraken met grote industrieën over regeling van hun installaties, dat wil zeggen: op momenten van te grote vraag kunnen deze worden afgeschakeld. Ook

met het inschakelen van straatverlichting kan wat worden gespeeld. Maar het grootste deel van de stroomvraag blijft niet goed stuurbaar.

Wanneer we aan de éne kant een fluctuerende, niet stuurbare vraag hebben, en aan de andere kant een eveneens fluctuerend, niet stuurbaar aanbod - dan kunnen in principe grote afwijkingen optreden. Deze zullen moeten worden weggeregeld.

De problemen in Nederland (2% elektriciteit uit wind) zijn nog klein vergeleken met de vraagstukken waarvoor men zich in Denemarken, Noord-Duitsland en Spanje geplaatst ziet. In Denemarken bijvoorbeeld wordt nu al gemiddeld 20% van het jaarlijkse elektriciteitsgebruik opgewekt met windenergie, en op windrijke dagen is dit wel eens meer dan 100%. Daar begint de noodzaak om netten aan te passen voelbaar te worden in bijzondere omstandigheden, zoals kortsluitingen in het transportnet.

Denemarken heeft qua windenergie het grote voordeel dat het vlak bij Noorwegen en Zweden ligt. Denemarken met veel elektriciteit uit wind, Noorwegen met vrijwel alle elektriciteit uit waterkracht. Dit vormt een ideale combinatie voor een duurzame elektriciteitsvoorziening. Tussen de netten van deze landen vindt voortdurend uitwisseling van stroom plaats. Is er te veel wind, dan wordt stroom naar Noorwegen gestuurd en draaien de waterkrachtcentrales wat minder hard, of de stroom wordt verhandeld in Zweden. Is er weinig of geen wind, dan levert omgekeerd Noorwegen of Zweden aan Denemarken. Samen een duurzame en efficiënte opwekking met gegarandeerde levering.

In Nederland zijn de zaken anders geregeld. Iedereen die elektriciteit opwekt moet tot 24 uur van tevoren aan een door de opwekker zelf te kiezen Programma Verantwoordelijke partij (PV) opgeven hoeveel vermogen op welk moment zal worden geleverd. Als een leverancier niet precies levert wat afgesproken is, dan moeten door de PV partij waarschijnlijk kosten worden gemaakt omdat Tennet de onbalans van de PV's wegeregelt en de kosten daarvan (bijvoorbeeld door inkoop in het buitenland) in rekening brengt. Deze zogenoemde onbalanskosten worden door de PV meestal verhaald op de eigenaar van de centrale die de onbalans veroorzaakt. Dit is de basis van een systeem dat inmiddels enkele jaren met succes draait.

Natuurlijk veroorzaakt windenergie meer onbalans dan bijvoorbeeld kolen- of gasgestookte centrales. De onbalanskosten van windenergie zijn onlangs door ECN berekend op ca. 0,6 Eurocent/kWh⁹.

Wind in het net

De windsnelheid verandert voortdurend. Gelukkig is de met windturbines opgewekte elektriciteit minder variabel. Verder is windenergie in zekere mate voorspelbaar. Hierdoor wordt inpassing van windstroom in het net vergemakkelijkt.

Moderne turbines hebben een generator- en regelsysteem dat een variabel toerental toelaat. Bij een stevige wind toert de rotor bij een windvlaag op; bij luwte toert de rotor weer af. In feite wordt de rotor als een vliegwiel gebruikt dat voortdurend op- en aftoert. Daardoor wordt een veel constanter vermogen geleverd dan je gezien de variaties in de wind zou verwachten.

Verder worden moderne turbines, bijvoorbeeld de machines die men op zee wil plaatsen, meestal zo ontworpen dat ze al bij vrij krachtige wind (rond 11 m/s of 5 Beaufort) hun maximale vermogen bereiken. Dit heeft het voordeel dat ze een groter deel van de tijd met hun maximale vermogen draaien, en dus een constanter vermogen leveren. Ook bij zeer hoge windsnelheden kunnen deze turbines nog stroom leveren zonder dat zij kapot gaan, doordat de bladen uit de normale werkpositie worden gedraaid. Tot nu toe moesten windturbines bij zeer hoge snelheden worden afgeschakeld. Dat geeft onaangename consequenties bij grote windparken, waarvan het vermogen dan in korte tijd wegvalt, te vergelijken met de plotse linge uitval van een grote conventionele centrale. Inmiddels kunnen moderne windturbines doordraaien bij storm zodat dit probleem veel kleiner is geworden. Ook om andere redenen worden windturbines soms in een groot gebied afgeschakeld, bijvoorbeeld bij kortsluiting in het net. Maar met nieuwe types turbines, die voldoen aan verscherpte eisen van de netbeheerders, zullen deze problemen voorkomen kunnen worden.

De kwaliteit van de weersvoorspellingen neemt steeds toe. Ook de windsnelheid kan steeds beter worden voorspeld, en daarmee ook het vermogen dat een windenergiepark zal leveren. Windstroom wordt nog eens constanter en beter voorspelbaar naarmate we een groter grondgebied beschouwen. Reeds over het oppervlak van Nederland wordt zwakke wind op de éne plaats vaak gecompenseerd door sterkere wind elders.



Voor de realisatie van de 6000 MW windvermogen op de Noordzee zal het Nederlandse net flink uitgebreid gaan worden. Zal dit natte stuk van het net beschouwd gaan worden als projectgebonden (en dus in de prijs van een wind-kWh verrekend worden) of als integraal onderdeel van het gehele net (en dus uiteindelijk door alle gebruikers betaald worden)? Dit is nog niet duidelijk. Er is nog veel onbekend over de mogelijkheden en moeilijkheden van windenergie in het moderne elektriciteitssysteem, dat meer op een markt gaat lijken dan op een centraal gestuurd systeem. De verwachting is dat inpassing van grote hoeveelheden windenergie technisch geen probleem zal zijn, maar dat de discussie zich zal concentreren op het vraagstuk welke aanpassingen van het net noodzakelijk zijn en hoe de kosten verdeeld moeten worden¹⁰.



Kosten en opbrengsten

Kosten van windenergie

In de loop van twintig jaar zijn de investeringskosten per kW opgesteld windvermogen gedaald; voor windturbines op land bedragen deze nu tussen 900 en 1.150 Euro/kW¹. De opwekkosten zijn sinds de start van de huidige ontwikkeling, eind jaren '70, met 80% gedaald, en de verwachting is redelijk dat dit doorgaat. Uit analyse van afzetcijfers blijkt dat bij elke verdubbeling van de afzet (gemeten in MW) de prijs van de kWh met 12% is gedaald, en deze ontwikkeling gaat nog steeds door.

Een deel van de kostenverlaging komt voor rekening van de groter wordende turbines. De bekende Lagerwey 18/80 turbine levert bijvoorbeeld maximaal 80 kW bij een rotordiameter van 18 meter. Dit was een Nederlands succesnummer, ontworpen in 1985. De grootste hedendaagse turbine is van de Duitse fabrikant Repower met een rotordiameter van 126 meter en een maximaal vermogen van 5 MW. De diameter is zevenmaal zo groot geworden, de potentiële energieproductie zestigmaal. Grotere turbines hebben verder relatief minder onderhoud nodig.

Op zee zijn grote turbines extra in het voordeel. Een fundament in zee heeft een hoge prijs, en die is tamelijk onafhankelijk van de afmetingen van de turbine die erop wordt geplaatst. Qua kosten kan dan beter een grote turbine worden neergezet. Om al deze redenen is het begrijpelijk dat er steeds grotere windturbines op de markt verschijnen.

Op land geldt dat tachtig procent van de investeringskosten naar de turbine gaat, de overige ca. twintig procent wordt besteed aan fundering, elektrische installatie, netkoppeling, consultancy, grondkosten, financieringskosten en wegeaanleg. Op zee is deze verdeling anders: dan vertegenwoordigt de turbine ongeveer 40% van de kosten.

De investeringskosten vormen het grootste deel van de opwekkingskosten van windelektriciteit. De andere grote post is die voor onderhoud, waarbij inbegrepen reparaties en verzekeringen. Deze kunnen 20-25% van de kWh kosten bedragen.

Bij de opbrengst van een windturbine is het van belang dat deze op een windrijke plaats staat. De energie-inhoud van de wind is evenredig met de derde macht van de windsnelheid. Bij een tweemaal zo grote windsnelheid betekent dat een achtmaal (2x2x2) zo hoge inhoud.

Op basis van deze gegevens, zonder subsidies en met een levensduur van 20 jaar, kost het opwekken van een kWh windelektriciteit in de windrijke gebieden van Nederland zo'n 4 à 5 Eurocent. In de minder met wind gezegende gebieden kunnen deze kosten wel het dubbele zijn. Met een beetje geluk kan een exploitant gebruik maken van de Wet EIA (Energie Investerings Aftrek); hiermee kan hij netto de kapitaalskosten met ongeveer 19 % verlagen.

Is dat genoeg voor een rendabele exploitatie van windenergie?

Opbrengsten van windenergie

Een exploitant verkoopt zijn elektriciteit aan een energiebedrijf. De waarde van windstroom voor dat energiebedrijf wordt in eerste instantie bepaald door de kosten van de vervanging van kolen of gas. De gemiddelde prijs van deze grijze stroom is het laatste jaar gestegen van ongeveer 2 naar 3 Eurocent/kWh. Als de windexploitant alleen hiervoor zou worden vergoed, dan zou een windturbine met de kosten van vandaag niet te exploiteren zijn.

Behalve een vergoeding voor afgenomen kilowatturen geven netbeheerders ook een vergoeding voor 'gegarandeerd vermogen', dat wil zeggen: vermogen dat met zóveel zekerheid geleverd kan worden dat daarvoor geen 'back up' vermogen achter de hand moet worden gehouden. Op het eerste gezicht lijkt windvermogen geen gegarandeerd vermogen te kunnen zijn. Want de wind waait niet altijd, en dus moet er opwekcapaciteit blijven staan voor de windstille periodes. Sommigen (bijvoorbeeld actiegroepen tegen windenergie) gaan ervan uit dat windvermogen in het geheel geen conventioneel vermogen kan vervangen. Eén MW windcapaciteit erbij betekent dan nul MW conventioneel vermogen eraf.

Maar dit is niet logisch. Ook een conventionele centrale kan wegvallen, net als een windpark. Ook daarvoor moet reservevermogen achter de hand worden gehouden. Bij statistische berekeningen blijkt dat windenergie toch een deel van het gegarandeerde vermogen kan vervangen, afhankelijk van het aandeel van windenergie in de gehele elektriciteitsopwekking en de voorspelbaarheid van de elektriciteitsvraag en het windvermogen. Is het windaandeel klein, dan kan windvermogen voor zo'n 25% meetellen als gegarandeerd vermogen. Wordt het windaandeel groter, zoals bij de Duitse netbeheerder EonNetz, dan kan dit percentage dalen tot 8% nu en tot 5% als het aandeel van windvermogen verder toeneemt.

Een exploitant van windenergie krijgt dus enige aanvullende inkomsten als deze een deel van het windvermogen kan en wil verkopen als gegarandeerd vermogen. Indien de exploitant in staat is om het windaanbod van te voren te voorspellen (tot 24 uur), dan stijgt de waarde van de windstroom weer een beetje.

De genoemde getallen gelden voor de netten en de windturbines van nu. Als enerzijds de netten worden aangepast en anderzijds de regelmogelijkheden van windparken worden verhoogd, dan kan dit percentage weer omhoog. Zo is er nu in Denemarken een groot offshore windpark in bedrijf waarvan het geïnstalleerde vermogen (zie begrippenlijst) bewust 15% lager wordt gehouden dan mogelijk, om het vermogen naar boven bij te kunnen regelen als de netbeheerder dat wenst.

Elektriciteitsopwekking zal nooit uitsluitend van windenergie kunnen komen; er is altijd een samenspel met andere opwekkers nodig. Hoe dat samenspel het beste kan worden vorm gegeven, is onderwerp van lopend onderzoek.

Overheidssteun

Windenergie kan op het moment dus niet bestaan zonder bijdragen van de overheid. Welke redenen heeft de overheid om wel steun te verlenen?

Een belangrijke reden om subsidies te geven is dat windenergie als (vrijwel) schone energiebron bijna geen 'externe kosten' met zich meebrengt. Deze externe kosten zijn in een recent rapport van de EU berekend voor de meest gangbare vormen van elektriciteitsproductie¹². De Commissie zegt daar het volgende over: "Externe kosten ontstaan wanneer de sociale of economische activiteiten van de éne groep invloed hebben op een andere groep, en wanneer die invloed niet geheel wordt verrekend of gecompenseerd."¹³ Een voorbeeld. Een elektriciteitscentrale produceert SO₂. Dit gas veroorzaakt kortademigheid bij astma-patiënten en schade aan bouwmaterialen. Maar de exploitant van de centrale betaalt niet voor de extra gezondheidszorg of het herstel van gebouwen. Hij wentelt deze 'externe kosten' af op anderen.

De Commissie zegt dan: je zou voor deze schade een ecotax kunnen opleggen. Maar dan zou de kWh uit kolencentrales 2 à 7 ct duurder worden. Er is ook een andere manier: "schonere technologieën aanmoedigen of subsidiëren, waardoor sociale en milieukosten worden vermeden." Deze subsidies worden uitdrukkelijk toegestaan door de Europese Commissie, zo niet aangemoedigd.

In het aangehaalde rapport worden vervolgens externe kosten berekend voor diverse vormen van elektriciteitsopwekking. Windenergie komt in het algemeen als zeer goed uit de bus, omdat daardoor noch 'klassieke' vervuilende gassen als NO_x en SO_2 worden uitgeworpen, noch broeikasgassen. De Commissie waarschuwt echter dat de resultaten voor windenergie mede afhankelijk zijn van plaatselijke factoren.

Voor Nederland zijn de externe kosten van een kWh uit gas berekend op 1-2 Eurocent, van een kWh uit kolen op 3-4 Eurocent. Voor Nederland zijn geen externe kosten van windenergie opgenomen in het rapport, voor andere landen lopen deze uiteen van 0,05 Eurocent/kWh in Denemarken tot 0,25 Eurocent/kWh in Griekenland. In landen met bergachtig terrein zijn de externe kosten hoger vanwege de grote inbreuk op de natuur, onder meer door het aanleggen van wegen. Nederland is vergelijkbaar met Denemarken. Het is economisch gerechtvaardigd, windenergie te steunen met het verschil tussen de externe kosten van een wind-kWh en die van de gemiddelde 'grijze' kWh.

Zoals we boven al hebben besproken, krijgt windenergie daar bovenop nog een bijdrage van de overheid, in de hoop dat deze veelbelovende technologie zich tot een volwaardige technologie zal ontwikkelen. Dit overeenkomstig de manier waarop met soortgelijke technologieën wordt omgegaan.

De balans voor de exploitant van windenergie

De Nederlandse overheid belooft sinds 2003 de duurzaamheidsvoordelen van duurzame elektriciteit met een MEP (Milieukwaliteit Energie Productie) subsidie van 7,7 Eurocent/kWh voor windenergie op land en 9,7 Eurocent/kWh op zee (vanaf 1 januari 2005). De ontvangsten voor de exploitant van windturbines liggen daardoor tussen 10 en 11 Eurocent per kWh.

Op het eerste gezicht lijkt de subsidie erg fors. Is dit niet zelfs buiten proportie? Dit blijkt bij nadere analyse niet het geval te zijn als we de volgende zaken in het oog houden.

Juist om oversubsidiëring te voorkomen wordt de MEP jaarlijks berekend op basis van de 'onrendabele top', het verschil tussen de extra kosten van duurzame elektriciteit en de inkomsten uit de verkoop. Als bijvoorbeeld wordt verwacht dat de inkomsten uit stroomverkoop gaan stijgen, dan daalt de MEP. Bovendien is de MEP gedurende maximaal tien jaar van toepassing, of totdat een bepaalde hoeveelheid kilowatturen is gepro-

duceerd, namelijk overeenkomend met elektriciteitsproductie gedurende 18.000 vollasturen (zie begrippenlijst). In de windrijke delen van het land wordt dit aantal met de gangbare windturbines al na zo'n zeven jaar bereikt. Na deze periode is alleen nog maar de grijze prijs gegarandeerd. Het streven is er echter op gericht om een windturbine twintig jaar in bedrijf te houden. Wordt de economische analyse integraal uitgevoerd over de gehele levensduur, dan zal blijken dat er geen sprake meer is van een te hoge subsidie en zeker niet in de wat minder windrijke gebieden van ons land.

Vanwege deze kritische balans houden exploitanten steeds goed in de gaten of de bedrijfsvoering nog kan worden verbeterd door bijvoorbeeld vroegtijdige vervanging door betere en modernere turbines (repowering) of door het zelf vermarkten van de groenwaarde van de elektriciteit. Uiteraard moet er een gunstig exploitatieresultaat overblijven, anders zou het eigenlijke doel van de overheid, het stimuleren van een maatschappelijk gewenste duurzame energietechnologie, niet werken. Het plaatje wordt nog realistischer als we de risico's meenemen waar een investeerder mee wordt geconfronteerd bij een windenergieproject. De markt is erg onzeker, want deze is vervlochten met het stimuleringsbeleid van de overheid en dus politiek bepaald.

De toekomstige positie van windenergie wordt niet in de eerste plaats bepaald door de vraag of windturbines nú kunnen opboksen tegen elektriciteit uit bestaande centrales. Windenergie is dan in het nadeel, omdat bestaande centrales voor een deel al zijn afgeschreven. Beslissend is, hoe elektriciteit uit wind het over pak weg tien jaar zal doen tegenover elektriciteit uit dan nieuw te bouwen centrales op fossiele brandstoffen, inclusief de dan vereiste gasreiniging en wellicht wel verlangde opslag van CO₂. Doordat de bewezen voorraden momenteel afnemen, bestaat er een reële kans dat de prijzen van fossiele brandstoffen hoog zullen blijven. Daar staat de verwachting van dalende kostprijzen van windelektriciteit tegenover. Als windenergie de komende tien jaar doorkomt, maakt het een goede kans.

Planschade *

Met planschade wordt de schadevergoedingsregeling bedoeld op grond van artikel 49 van de Wet op de Ruimtelijke Ordening. Dit artikel bepaalt – kort gezegd – dat de gemeenteraad aan belanghebbenden, die schade lijden als gevolg van een planologische wijziging, een naar billijkheid te bepalen schadevergoeding kan toekennen. Het moet derhalve gaan om een planologische wijziging (bijvoorbeeld een nieuw bestemmingsplan of een vrijstelling op grond van artikel 19 WRO), als gevolg waarvan een belanghebbende geconfronteerd wordt met bijvoorbeeld waardevermindering van zijn woning.

De omvang van planschade wordt niet bepaald door de feitelijke situatie, maar door een vergelijking van de planologische situatie ter plaatse, voor en na de planologische wijziging. Daarbij dient uitgegaan te worden van de maximale bouw- en gebruiksmogelijkheden ingevolge respectievelijk de 'oude' en de 'nieuwe' situatie. Toegekende planschades zijn meestal een paar procent van de waarde van een object in het economisch verkeer; slechts zelden worden planschades van meer dan 10% van die waarde toegekend¹⁴.

Er zijn geen gevallen bekend waarin de Nederlandse rechter uitspraak heeft gedaan over planschade als gevolg van een planologische maatregel waarmee de plaatsing van windturbines is mogelijk gemaakt. In door deskundigen opgestelde planschaderisico-analyses wordt doorgaans als uitgangspunt gehanteerd dat er behoudens bijzondere omstandigheden niet snel sprake zal zijn van planschade, indien windturbines zich op grotere afstand van bijvoorbeeld een woning bevinden dan de afstand, die gehanteerd wordt in het Besluit Voorzieningen en Installaties Milieubeheer (te weten vier maal de ashoogte). In dit Besluit zijn immers voorschriften opgenomen die erop gericht zijn de nadelige gevolgen van onder meer windturbines te voorkomen of zoveel mogelijk te beperken¹⁵.

Aan toekenning van planschade moet een planologische vergelijking ten grondslag liggen. Daarom is een WOZ-taxatie (dat is immers een taxatie van een feitelijke situatie) niet maatgevend voor het vaststellen van de omvang van planschade. Om diezelfde reden is ook de veelvuldig aangehaalde WOZ-uitspraak van het gerechtshof te Leeuwarden (Belastingkamer) d.d. 18 juli 2003¹⁶ niet maatgevend; in deze uitspraak werd een waardevermindering als gevolg van de bouw van windturbines aangenomen van 30%. Dit blijkt ook uit een uitspraak van de Afdeling Bestuursrechtspraak (Planschade Kinderdagverblijf Waterland). Hierin overweegt de Afdeling dat in die zaak terecht geen betekenis is toegekend aan een taxatierapport, omdat dit rapport niet gebaseerd is op een planologische vergelijking.

De voorlopige conclusie op het moment van schrijven (oktober 2004) is dan ook: indien windturbines geplaatst worden op een afstand van een bepaald object van meer dan vier maal de ashoogte, dan zal er niet snel sprake zijn van planschade van enige omvang. Indien er al sprake is van planschade dan wordt deze veelal vastgesteld op 'slechts' enkele procenten van de verkeerswaarde. Een WOZ-taxatie is bij deze vaststelling niet maatgevend.

* Deze paragraaf is tot stand gekomen met medewerking van mr. J.H.M. Berenschot en mr. K. Paardekooper, advocaten bij CMS Derks Star Busmann, kantoor Arnhem

Leefbaarheid, veiligheid, landschap

Landschap

Het landschap verandert voortdurend. Steden worden groter, de Waddeneilanden verplaatsen zich, de architectuur van huizen verandert, een 'kale' wijk lijkt na dertig jaar ineens 'gezellig' doordat de bomen zijn gegroeid etc. Hoge bouwwerken als hoogspanningsmasten riepen weinig weerstand op toen ze werden gebouwd, later des te meer.

Er zijn geen 'objectieve' maatstaven voor wat in het landschap past en wat niet. Wel is het een feit dat windturbines vooral de laatste tijd protesten oproepen. Veel mensen ervaren ze als storend in het landschap. Wij zullen niet het tegendeel beweren, het is een kwestie van smaak en gevoel. Wel willen we wijzen op de lessen die getrokken zijn uit vroegere fouten. Zo blijkt een willekeurige plaatsing van windturbines een 'chaotische' en daarmee storende aanblik te geven. Als het publiek zijn voorkeur mag uitspreken, kiest het voor lijnopstellingen, waarbij de lijnen eventueel gebogen mogen zijn. Zo heeft de bevolking van Kopenhagen, tevens voor de helft aandeelhouder van het park, gekozen voor een windturbinepark in de vorm van een boog direct voor de stad in zee.

Een tweede regel is dat turbines van verschillende hoogte en ontwerp niet door elkaar geplaatst moeten worden, ook dit geeft een rommelige en daarmee onrustige aanblik. Verder geldt: hoe langzamer de wieken ronddraaien, des te beter. Nu is er een verband tussen turbinegrootte en omwentelingstijd: hoe groter de turbine, des te langer de omwentelingstijd. Daardoor doen grote turbines het, verrassend genoeg, visueel beter dan kleine. De grote turbines met hun langzame draaisnelheid doen 'statig' aan, de kleine eerder 'zenuwachtig'. Eenzelfde onderscheid geldt voor turbines met twee en met drie wieken. Voor het oog lijkt het van opzij bezien of de wieken van een twebladige turbine voortdurend versnellen en vertragen (onrustig), terwijl de driebladige turbine steeds min of meer hetzelfde oogt (rustig). Bijna alle moderne grote turbines zijn driebladig.

Men zou verwachten dat turbines steeds meer het landschap gaan domineren naarmate zij groter worden. Op korte afstand is dat inderdaad het geval. Naarmate de turbine groter is, verdwijnt deze minder snel achter bomen en bebouwing; hij zal daardoor meer in beeld zijn. Maar op grotere afstand geldt dat niet meer. In Nederland is er vrij vaak waterdamp in de atmosfeer waardoor het zicht bijna nooit meer is dan 15 km. Op grotere afstand zijn de turbines dus bijna niet te zien.

Repowering

Een deel van het nieuwe windvermogen in Europa komt tot stand door het vervangen van kleine, inmiddels verouderde, turbines door grotere turbines; dit heet 'repowering'. Hiermee neemt het vermogen aanzienlijk toe zonder dat dit tot een wezenlijke vermeerdering van de aantasting van het landschap leidt.

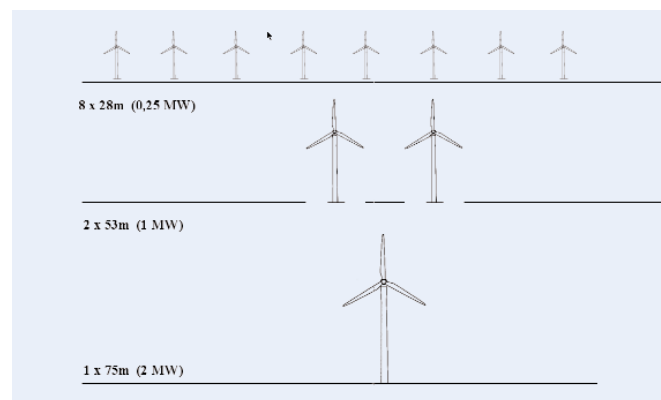
Het effect hiervan kunnen we het beste visueel laten zien. Bij afbeelding 1 zien we drie manieren om 2 MW windenergie neer te zetten: acht turbines van 250 kW, of twee van 1 MW, of één van 2 MW. De turbines zijn op schaal getekend.

Bij afbeeldingen 2 en 3 zien we het effect van repowering in het landschap. Er zijn tien turbines van het type van afbeelding 2 nodig om evenveel energie te winnen als de turbine van afbeelding 3 in zijn eentje. We zien links een Lagerwey turbine met een rotordiameter van 18 meter (en 80 kW vermogen) en rechts een Vestas met een rotordiameter van 52 meter (en 850 kW vermogen). Afbeeldingen 2 en 3 zijn gebaseerd op een echte opname. De afstand van de twee turbines tot de camera is gelijk en het perspectief is niet vertekend voor het menselijk oog.

Geluid

Windturbines maken geluid en net als bij alles wat in Nederland geluid maakt, valt dat onder de Wet Milieubeheer. Deze schrijft voor hoeveel geluid er op gevels van woonhuizen in de omgeving van een installatie mag komen, zowel overdag als 's nachts.

In de beginjaren van de windenergie is er met deze regels nogal eens lichtvaardig omgesprongen, waardoor onacceptabele situaties zijn ontstaan die later moeilijk meer konden worden hersteld. Dankzij duidelijke wetten en goede handhaving neemt het aantal klachten gestaag af. Intussen schrijdt de techniek voort. Moderne turbines met een diameter van 90 m en een vermogen van 3 MW produceren nu geluid met een 'bronsterkte' tussen 102 en 109 dB(A). Dit is een maat voor de totale hoeveelheid geproduceerd geluid. Bij deze geluidsproductie moet de afstand tussen turbine en bebouwing respectievelijk 350



en 700 m zijn, om niet boven de toegestane maximale 'geluidsdruk' van 40 dB(A) op de gevels van woonhuizen te komen. Een geluidsdruk van 40 dB(A) is te vergelijken met het geluid van een stille straat.

Nu kan de geluidsproductie van een windturbine worden beperkt door het toerental te verlagen, met als consequentie echter een lagere energie-opbrengst. Daarom zal meestal worden gekozen voor een grotere afstand tot woonbebouwing. Elke verdubbeling in afstand tot de windturbine betekent dat het geluidsniveau afneemt met 6-7 dB(A). Deze afname wordt veroorzaakt door de grotere opstand en het dempende effect van lucht en bodem.

Windturbines zijn overigens zo'n 50% van de tijd niet hoorbaar. Als het te zacht waait, staat de windturbine stil, en dan maakt hij uiteraard (bijna) geen geluid. Als het te hard waait, zal de turbine worden overstemd door het omgevingsgeluid: het geraas van de wind door bomen en langs gebouwen. Alleen in het tussenliggende gebied kan zich een geluidsprobleem voordoen. En dan nog: moderne windturbines maken naar verhouding erg weinig geluid, wie daar niet van overtuigd is moet maar eens zelf gaan luisteren!



Veiligheid

Windturbines moeten aan strenge eisen voldoen. Deze zijn beschreven in internationale normen¹⁷ en nationale voorschriften¹⁸. De veiligheidseisen hebben onder andere betrekking op de materialen: vermoeiing, inwerking van vocht, corrosie, verbindingen etc. Het doel is onder meer, de technische levensduur van twintig jaar, waarop ontworpen wordt, te garanderen.

De veiligheidssystemen zijn zodanig ontworpen dat de turbine onder alle weerscondities veilig kan draaien. Om de veiligheidssituatie te analyseren, worden voortdurend metingen gedaan: windsnelheid, windrichting, het geproduceerde vermogen, trillingen in de machine etc. Als de veiligheid niet gegarandeerd kan worden, dan wordt de turbine stilgezet. De werking van de veiligheidssystemen wordt periodiek gecontroleerd. Verder worden er eisen gesteld aan elektrisch systeem, arbeidsveiligheid, onderhoudsprocedures, installatie en transport om de veiligheid van monteurs en omwonenden te waarborgen. Ontwerp en onderhoudsprocedures worden altijd getoetst door onafhankelijke certificatie-instituten, zoals Det Norske Veritas in Denemarken of Germanischer Lloyd in Duitsland.

Hoewel veel moeite wordt gedaan om windturbines veilig te maken, kunnen ongelukken nooit volledig worden uitgesloten en daarom is ook de plaats waar de turbine staat van belang. Doorgaans wordt in Nederland een risico-analyse vereist (door de betreffende gemeente) voordat toestemming tot de bouw wordt gegeven. In zo'n risico-analyse¹⁹, ontwikkeld in de vliegtuig- en kernenergie-industrie, worden kansen berekend dat mensen of gebouwen worden getroffen door bijvoorbeeld delen van de wieken wanneer een windturbine kapot gaat. Dit is uiteraard afhankelijk van de plaats van de aanwezige bebouwing, en het aantal mensen ter plaatse op het moment van het ongeval. Zo'n risico-analyse kan bijvoorbeeld tot gevolg hebben dat een windturbine iets verderop moet worden geplaatst, of ook in uitzonderlijke gevallen dat de bouw in het geheel niet doorgaat omdat de risico's te hoog blijken te zijn.

Door het Ministerie van VROM zijn normen ontwikkeld voor aanvaardbare en onaanvaardbare risico's bij gevaarlijke stoffen, en deze kunnen ook op windturbines worden toegepast. Door het Ministerie van Verkeer en Waterstaat zijn in samenwerking met NS richtlijnen gemaakt voor het verantwoord plaatsen van windturbines bij wegen, spoorwegen en kanalen. In Nederland en veel andere landen wordt onderzoek gedaan naar mogelijke slachtoffers door windturbines.

Vanwege de beperkte ruimte in Nederland wordt er steeds meer naar gestreefd, windturbines te combineren met andere infrastructuur, zoals bedrijventerreinen. Bij de inrichting van zulke terreinen wordt daarmee soms al van tevoren rekening gehouden.

Vogels en vissen

Het is bekend dat windturbines slachtoffers maken onder de vogelstand van Nederland. Het aantal te verwachten slachtoffers bij 1.000 MW windvermogen wordt geschat op

21.000 per jaar²⁰. Dat lijkt veel, maar het is gering ten opzichte van het aantal vogels dat doodgeschoten wordt bij de jacht (1,5 miljoen per jaar), of omkomt door hoogspanningsleidingen (1 miljoen) of het verkeer (2 miljoen).

Bij windturbines vallen de meeste slachtoffers 's nachts, tijdens schemering of bij slecht weer. De effecten op rust en foerageergedrag zijn met radar bestudeerd. Het blijkt dat vogels hun rust- en foerageergebieden goed genoeg kennen, zodat zij windturbines vermijden. Bij goed zicht vliegen vogels tussen de turbines van een windpark door, terwijl ze bij slecht zicht om het hele park heen gaan. Voor vogels in broedgebieden blijkt plaatsing van windturbines weinig gevolgen te hebben²¹.

Uit de eerste resultaten van onderzoek, uitgevoerd door erkende natuuronderzoekinstellingen, zowel op land als op zee, blijken de effecten van windturbines op vogels mee te vallen. Dat wil niet zeggen dat er geen enkel probleem zou zijn. Om risico's te vermijden moeten turbines niet worden geplaatst in vogeltrekgebieden en in belangrijke broed- en voedselgebieden. In gebieden waar risico's niet bekend zijn, kan het nodig zijn extra waarnemingen te doen om deze in kaart te brengen.

De laatste tijd wordt duidelijk dat klimaatverandering een grote bedreiging voor het voortbestaan van planten- en diersoorten is²². Dit door het gezamenlijke effect van temperatuurstijging (waardoor bijv. voedsel op een ander moment in het seizoen ter beschikking komt) en het verstoren en versnipperen van leefgebieden. Eén van de doelstellingen van windenergie is nu juist, iets te doen aan deze klimaatverandering. Organisaties zoals het Wereld Natuur Fonds en Greenpeace zijn dan ook van mening dat de balans van voor- en nadelen van windenergie voor het milieu en natuur duidelijk in het voordeel van windenergie uitvalt, mits er van tevoren een aantal regels in acht wordt genomen.

Hier mogen ook wel de positieve effecten op de visstand worden genoemd die worden verwacht van windturbines op zee. Zoals bekend is overbevissing een ernstig probleem. Door goede opsporingstechnieken en efficiënte vangstmethoden wordt de visstand bij vele soorten bedreigd, vooral bij populaire vissen als haring, kabeljauw en schol.

Bij windparken op zee wordt de vaart, en dus ook de visvangst, in en rond het park verboden. Zeebiologen verwachten dat zulke gebieden zich zullen ontwikkelen tot kraamkamers van diverse vissoorten, met een gunstig effect op de visstand als geheel. Bij Horns Rev, het eerste windpark in de Noordzee, wordt onderzoek naar deze effecten gedaan.

Door de eerste voorlopige resultaten wordt dit beeld bevestigd: er zijn twee nieuwe vissoorten in het gebied aangetroffen.²³

Schaduw

Draaiende bladen van een windturbine kunnen een wisselende schaduw of reflectie veroorzaken; onder bepaalde omstandigheden kan dit als een hinderlijke flikkering worden ervaren. Dit geldt vooral als de schaduw bijvoorbeeld valt op een raam waarachter iemand zit te lezen of studeren. Door onderzoek is gebleken dat dit in het bijzonder hinderlijk is bij flikkeringen met een snelheid van 2,5 tot 14 maal per seconde.

Deze schaduwhinder kan op een aantal manieren worden beperkt. Ten eerste door de windturbine verder weg te plaatsen. Is dat niet mogelijk of niet wenselijk, dan kan de turbine worden stilgezet op momenten waarop deze hinder zou veroorzaken. Dit kan bijvoorbeeld met een knop bij burens die worden gehinderd; wordt de knop ingedrukt, dan wordt de turbine een kwartier stilgezet. Maar het kan ook geheel automatisch. Door een sensor wordt gemeten of de zon schijnt, en door een computer wordt berekend hoe lang de slagschaduw is en of deze over naburige gebouwen gaat. Op hinderlijke momenten wordt de turbine stilgezet. Het hierdoor optredende energieverlies is in de praktijk verwaarloosbaar, het gaat hooguit om een aantal dagen per jaar waarop de turbine gedurende een aantal minuten wordt uitgeschakeld. Er zijn programma's waarmee de schaduwbaan van de windturbine kan worden berekend voor een bepaalde dag of in een bepaald seizoen. Met behulp van dit soort programma's kan ook de plaatsing van de windturbine ten opzichte van een gevoelige locatie worden geoptimaliseerd.

Tenslotte wordt hinder voorkomen door de wieken langzamer te laten draaien. Dit gebeurt al vanzelf bij grotere turbines. De moderne grote turbines met een diameter van 70 m of meer zijn zeer rustig; ongeveer eenmaal per seconde komt er een schaduw voorbij, wat reeds als minder hinderlijk wordt ervaren.

Regelmatig wordt het bezwaar naar voren gebracht dat gewassen minder goed groeien door schaduw van windturbines. Ook zouden koeien minder melk geven. Deze effecten zijn nooit aangetoond, en het is ook niet duidelijk waardoor ze kunnen worden veroorzaakt. De tijd waarin het gewas in de schaduw van een windturbine staat is volstrekt te verwaarlozen ten opzichte van de natuurlijke duur van de schaduw door bewolking.

Tien kritische vragen en antwoorden

1. Is de opbrengst al die horizonvervuiling wel waard?

Windturbines zijn inderdaad goed zichtbaar, maar is dat 'horizonvervuiling'? Volgens onderzoek is de waardering voor een windpark in het landschap groter bij mensen die er dicht bij wonen, dan bij buitenstaanders. Met andere woorden: het went, en meer dan dat, je leert het waarderen. Dit geldt nog eens te meer als de omwonenden financieel mogen participeren in windparken in hun omgeving.

Door tegenstanders wordt de opbrengst van windenergie vaak 'klein' genoemd. Het gaat hier om het begin van een ontwikkeling naar een duurzame energievoorziening, nodig vanwege klimaatverandering. En elke verandering begint klein. Windenergie is de op één (biomassa) na belangrijkste duurzame energiebron van Nederland. In veel landen kan windenergie over 15-20 jaar 30% van de elektriciteitsvraag dekken.

2. Krijgen we straks niet een 'parlementaire enquête windsubsidies' over al het geld dat verspild wordt met de stimulering van windenergie?

Aan de stimulering van windenergie wordt veel geld uitgegeven; in 2003 was dat rond 65 miljoen Euro aan MEP alleen al. Zo'n stimulering is gebruikelijk voor veelbelovende technologieën en wordt sterk ondersteund door Europa. Als er al een parlementaire enquête komt, dan toch één door het Europees parlement!

De achtergrond van de vraag is: zal windenergie niet dood lopen omdat het nooit concurrerend zal zijn? Die kans is klein. Er is bij stimulering van nieuwe technologieën ook altijd een element van 'wie niet waagt die niet wint', dus absolute zekerheid bestaat niet. Of windenergie kan concurreren met de bestaande, grotendeels afgeschreven centrales, is niet doorslaggevend. Waar het om gaat, is of windenergie kan concurreren met nieuw te bouwen gas-, kolen- of kerncentrales. De kosten van fossiele brandstoffen zullen in de toekomst misschien wel hoog blijven of stijgen vanwege toenemende schaarste, terwijl de kosten van windenergie verder zullen dalen door technologische ontwikkeling.

Tenslotte: er bestaat geen kans op herhaling van het financiële drama bij de Betuwelijn of de HSL. Anders dan bij deze projecten nemen bij windenergie marktpartijen het merendeel van de investeringen voor hun rekening. En wanneer windenergie niet aan de verwachtingen voldoet, kan er altijd worden gestopt. De 6000 MW op zee worden niet in één keer neergezet. Er is geen 'point of no return' zoals bij Betuwelijn of HSL.

3. Waarom zoveel inspanningen voor windenergie, waarom niet veel meer gedaan aan energiebesparing, dan hebben we al die windturbines niet nodig?

Windenergie staat in een heel pakket van maatregelen: energiebesparing, schone verbrandingsprocessen, duurzame bronnen. Het is geen kwestie van óf óf, maar van én én.

4. Allemaal mooi en aardig, die risicoberekeningen, maar wat als straks de bliksem inslaat?

Een risicoberekening laat altijd zien dat er risico is, zelfs bij de meest gewone dagelijkse bezigheden. Zo'n berekening vrijwaart dus niet voor ongelukken. Maar wel kan uit een risico-analyse blijken of het risico 'aanvaardbaar' is, dat wil zeggen: klein in vergelijking met de risico's die mensen bereid blijken te nemen in het dagelijks leven. Er is een zekere kans op het inslaan van bliksem in een windturbine. Door passende maatregelen (constructie van de turbine, afstand tot bebouwing) wordt ervoor gezorgd dat de gevolgen daarvan aanvaardbaar zijn. Windturbines worden zo ontworpen dat ze 'veilig kunnen falen'.

5. Wordt met die gigantische plannen het land niet helemaal volgezet met molens en derhalve onleefbaar voor mensen en vogels?

De gevolgen voor vogels zijn beperkt, zoals wij in dit boek hebben betoogd. En het is onze stelling dat ook voor mensen de gevolgen beperkt zullen zijn, door weloverwogen plaatsing van windturbines, rekening houdend met de lessen uit het verleden. Met het groter worden van de windturbines en met 'repowering' is er steeds minder oppervlak nodig om de doelstelling van de overheid op land (1500 MW tegen het jaar 2010), te bereiken. Bij landschappelijk ongevoelige locaties (aansluitend bij grote infrastructurele werken en industriegebieden) is er, ook volgens de Stichting Natuur en Milieu²⁴, voldoende ruimte om die doelstelling (en meer) te bereiken. Het is niet te verwachten dat op land het aantal turbines (nu ca. 1.500) nog sterk zal toenemen, wel de afmeting van de turbines. Vergelijk: vroeger stonden er 10.000 molens.

6. Blijkt uit de opoffering van grote hoeveelheid landschapsschoon niet duidelijk dat windenergie niet duurzaam is?

De vraagstelling is tendentius. Of door windturbines 'landschapsschoon wordt opgeofferd' is een kwestie van persoonlijk oordeel. Er zijn inderdaad mensen die de aanblik van windturbines in het landschap ondraaglijk vinden; maar er zijn ook mensen die het

een verrijking vinden. Er zijn bijvoorbeeld, zo wordt gezegd, toeristen die wegblijven als ergens een windmolenpark wordt gebouwd. Maar daar staan andere toeristen tegenover die juist komen kijken. Bij het plannen van windparken wordt verder uitdrukkelijk rekening gehouden met beschermde landschappen.

7. Waarom is er nog nooit onderzoek gedaan naar de gezondheidseffecten van windmolens, met name naar de straling die zij afgeven?

Om ergens onderzoek naar te doen moeten er serieuze aanwijzingen zijn dat er een probleem is. Windturbines zenden geen electro-magnetische stralen uit.

8. Krijgen we niet veel meer black-outs in onze elektriciteitsvoorziening als er veel windenergie in het net komt?

Zoals we in dit boekje hebben betoogd, kan een groot aandeel windvermogen in het elektriciteitsnet soms tot problemen leiden. Daar moet van verschillende kanten iets aan worden gedaan. De windparken moeten 'netvriendelijk' worden ontworpen. Omgekeerd moeten het net en diverse regelingen zo worden aangepast dat het windvermogen goed kan worden opgenomen. Er vindt nog veel onderzoek aan deze vraagstukken plaats, maar het ziet ernaar uit dat ze opgelost kunnen worden. Ook andere ontwikkelingen zoals de komst van zonnecellen op daken van huizen maken het nodig dat er over een herontwerp van het elektriciteitsnet wordt nagedacht.

9. Gaat de opbrengst van wind-energie niet direct weer verloren aan planschade?

Er is voor zover bekend in Nederland nog geen rechterlijke uitspraak over planschade als gevolg van een windenergieproject. Op dit moment is de verwachting dat de rechter in het algemeen géén of slechts een geringe planschade zal toekennen wanneer de overheid zich houdt aan de voorgeschreven zonering van windturbines.



10. Moet nu ook ons laatste stukje ongerepte natuur, de Noordzee, nog aan windenergie worden opgeofferd?

De Noordzee is alles behalve ongerept. We hoeven alleen maar te herinneren aan het probleem van de overbevissing. Daarnaast vinden op de Noordzee vele activiteiten plaats, zoals olie- en gaswinning, leggen van pijpleidingen, winnen van zand en lozen van afval. De zee is een prachtige bron van natuurlijke rijkdom en windenergie is daar één van. Windenergie is inderdaad weer een activiteit, maar in bovengenoemd rijtje waarschijnlijk de minst schadelijke. Verwacht wordt dat windparken bescherming zullen bieden aan de visstand, doordat visvangst in zo'n park verboden zal zijn en de constructies meer gelegenheid geven aan de vissen, zich te verbergen. Milieu-organisaties als Greenpeace en natuurbeschermingsorganisaties als Stichting De Noordzee stellen voorwaarden, maar zijn per saldo toch altijd kritisch positief.



Begrippen en eenheden

Voor goed begrip van de prestaties van windturbines geven wij een korte toelichting op enkele natuurwetenschappelijke, technische en economische termen die in dit boekje zijn gebruikt.

De eenheid van energie is Joule (J). Veel gebruikte veelvouden hiervan zijn megajoule ($1 \text{ MJ} = 1.000.000 \text{ J}$), gigajoule ($1 \text{ GJ} = 1.000 \text{ MJ}$), terajoule ($1 \text{ TJ} = 1.000 \text{ GJ}$) en petajoule ($1 \text{ PJ} = 1.000 \text{ TJ}$).

De eenheid van vermogen is watt (W). Een generator heeft een vermogen van 1 W als deze per seconde één J kan opwekken. We spreken ook van een vermogen van 1 W bij een apparaat (bijvoorbeeld een motor, een lamp) die per seconde 1 J kan omzetten. Er geldt: $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$.

Een generator van 1 kW produceert per uur (3.600 seconde) 1 kWh, dus $1 \text{ kWh} = 3.600 \text{ kJ} = 3,6 \text{ MJ}$.

Het vermogen van een windturbine wordt uitgedrukt in kilowatt (kW) of megawatt (MW). $1 \text{ kW} = 1.000 \text{ W}$ en $1 \text{ MW} = 1.000.000 \text{ W}$. Het vermogen bepaalt hoeveel elektrische energie een turbine maximaal per tijdseenheid kan leveren.

Het vermogen van een windturbine wordt in de eerste plaats bepaald door het door de rotor bestreken oppervlak, want dit bepaalt de totale hoeveelheid energie waaruit door de turbine 'geoogst' kan worden. Verder is het vermogen sterk afhankelijk van het ontwerp van de bladen. Naarmate het ontwerp beter is kan een groter percentage van deze energie worden omgezet in elektriciteit; dit is het 'rendement' van de turbine. Het theoretische maximum is 59,3 %. Moderne windturbines hebben een maximaal rendement van ca. 45 %.

Het geïnstalleerde vermogen is het vermogen dat de windturbine vanaf een bepaalde windsnelheid zal bereiken. Het grootste deel van de tijd zal de windturbine een lager vermogen leveren.

De opbrengst van een windturbine wordt meestal uitgedrukt in kWh. Ook worden gebruikt MWh ($1 \text{ MWh} = 1.000 \text{ kWh}$) en GWh ($1 \text{ GWh} = 1.000 \text{ MWh}$).

Naast rendement van afzonderlijke turbines spreken we bij windparken ook van een parkrendement, dat is de opbrengst van het park gedeeld door de theoretische

opbrengst van alle turbines afzonderlijk. Dit rendement is lager dan 100% doordat turbines soms in elkaars luwte staan. Bij een groot windpark is het rendement ca. 80-95%, afhankelijk van de windrichting.

De capaciteitsfactor (of equivalente bedrijfstijd) van een turbine kan worden 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. De capaciteitsfactor is tegenwoordig ontwerpuitgangspunt. Moderne windturbines (capaciteit-factor 0,25 of meer) hebben een hogere capaciteitsfactor dan oudere types. Voor offshore parken wordt ontworpen voor een capaciteitsfactor van 0,4 of zelfs hoger. Hierdoor wordt de kabelcapaciteit beter benut. Ook wordt het aanbod gelijkmatiger waardoor de waarde van de geleverde elektriciteit toeneemt.

Het aantal 'vollast-uren' van een turbine wordt berekend door het aantal uren (bijvoorbeeld in een jaar) te vermenigvuldigen met de capaciteitsfactor.

Veel berekeningen gaan mank aan een correcte voorstelling van zaken bij de elektriciteitsproductie. Bij de omzetting van fossiele brandstoffen (olie, gas, steenkool) in elektriciteit gaat altijd een deel van de opgewekte energie verloren in de vorm van warmte. Het rendement van elektriciteitsproductie uit fossiele brandstoffen (het aandeel geproduceerde elektriciteit op de opgewekte energie) bedraagt in Nederland momenteel ca. 42%. Dit rendement wordt soms gebruikt om het belang van windenergie te laag, of juist te hoog, weer te geven. "Windenergie is maar xxx% van de gebruikte energie in Nederland." Bij een eerlijke weergave wordt correct omgesprongen met het rendement van elektriciteitsproductie uit fossiele brandstoffen. Bijvoorbeeld: in Nederland werd in 2003 volgens het CBS 1.302 GWh aan elektriciteit opgewekt door windturbines. Dit is $1.302 \times 3,6 = 4.687$ TJ of 4,7 PJ (zie boven). Hierdoor is $4,7/0,42 = 11,2$ PJ aan fossiele brandstoffen uitgespaard. Het maakt nogal wat uit of je 4,7 PJ aan elektriciteitsproductie noemt, of 11,2 PJ aan hiermee vermeden fossiel brandstofverbruik. Het is dus altijd zaak erop te letten, wat met wat wordt vergeleken.

Trefwoorden

biomassa	7	vogels	22,23,26
broeikaseffect	5	voorspelbaarheid	11
controverse	5	waterkracht	8,10
duurzaamheid	5,6	weersvoorspellingen	11,15
duurzame energie	7,8,26	windenergie op land	13
elektriciteit, elektriciteitsnet	8,9,10,11,27	windenergie op zee	11,23,25
energiebalans	6	zeespiegelstijging	6
energiebeleid	8	zonne-energie	8
energiebesparing	6,8,26		
fossiele brandstoffen	5,6,7		
gegarandeerd vermogen	14,15		
geluidhinder	20,21		
klimaatverandering	5		
kosten externe	15,16		
investerings-	13		
net-	12		
onbalans-	10		
onderhouds-	13		
planschade-	17,18,27		
landschap	7,19,20,21,25,26,27		
leefmilieu	5		
omvang windturbines	13,20,26		
ongevallen	21,22,26		
overheidssteun	5,15,25		
recycling	6,7		
regelbaarheid	11		
repowering	17,20,26		
risico-analyse	22,26		
schaduw	24		
schone verbranding	6,26		
straling door windturbines	27		
veiligheid	21,22,26		
verontreiniging	6		
vissen	23,24		

Noten

- ¹ The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Working Group 1, Climate Change 2001: The Scientific Basis, Shanghai 2001. Zie ook: National Geographic, september 2004
- ² Background Document for the Policy Workshop: Development of offshore wind energy in Europe. Ministerie van Economische Zaken, sept/okt. 2004
- ³ GarradHassan and Econ in opdracht van de International Energy Agency: The potential of wind energy to reduce CO2 emissions. Report PH3/24, October 2000
- ⁴ Danish Wind Turbine Manufacturers Association, The Energy Balance of Modern Wind Turbines, in: Wind Power Note 16, December 1999
- ⁵ San Martin, R, "Environmental Emissions from Energy Technology System: the Total Fuel Cycle", Forum on Renewable Energy and Climate change Washington, DC, June 1989
- ⁶ Vrij naar World Commission on Environment and Development (Commissie Brundtland), Our Common Future, Oxford 1987
- ⁷ Voor een goed overzicht: zie bijvoorbeeld National Geographic Magazine, June 2004
- ⁸ Energy Needs, Choices and Possibilities, Scenarios to 2050, Shell International 2001
- ⁹ Onrendabele toppen van duurzame elektriciteitsopties, ECN rapport C-03-085, september 2003
- ¹⁰ Background Document for the Policy Workshop: Development of offshore wind energy in Europe. Ministerie van Economische Zaken, sept/okt. 2004
- ¹¹ European Wind Energy Association. Wind Energy, The Facts. Brussel 2004
- ¹² European Commission, Directorate-General for Research. External Costs, Research results on socio-economic damages due to electricity and transport. EUR 20198, 2003
- ¹³ European Commission, External Costs, p.7
- ¹⁴ Verwezen wordt naar de annotatie van J.W. van Zundert bij de uitspraak van de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State d.d. 9 april 2003 (Planschade Kinderdagverblijf Waterland, nr. 200202565/1), gepubliceerd in Bouwrecht 2003, nr.11 (november)
- ¹⁵ Zie de Toelichting op dit Besluit, Staatsblad 2001, 487, p.31
- ¹⁶ Kenmerk BK 74/02
- ¹⁷ IEC 61400-1, 2nd edition 1999, Wind Turbine Generator Systems - Part 1: Safety Requirements
- ¹⁸ NVN 11400-0: Windturbines - Deel 0: Voorschriften voor typecertificatie - Technische eisen, 1999
- ¹⁹ ECN, Handboek Risicozonering Windturbines, Novem, Utrecht 2002
- ²⁰ Informatiecentrum Duurzame Energie i.s.m. Vogelbescherming Nederland en het Instituut voor Bos en Natuurbeheer van de Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Windenergie en vogels, 1999
- ²¹ Bureau Waardenburg en Instituut voor Bos en Natuurbeheer van de Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Landelijk onderzoekprogramma, 1995-98
- ²² Extinction Risk from Climate Change, Nature, Vol. 427, Jan. 2004, 145-148
- ²³ The Environmental Group Denmark & Elsam Engineering, Conference Offshore Windfarms and the Environment, Horns Rev and Nysted Offshore Wind Farms, 2004
- ²⁴ 12 Provinciale Milieufederaties en Stichting Natuur en Milieu, Frisse wind. 2000