# WINDENERGIE

Voor- en nadelen van windenergie

Geschiedenis

Beperkingen bij het plaatsen van windmolens

Milieu- en hinderaspecten van windturbineparken

Ervaring met windenergieprojecten in Denemarken

Windenergie is energie die gewonnen wordt door de bewegingsenergie van lucht (wind) om te zetten in elektriciteit. Vroeger werd windenergie met windmolens direct omgezet in mechanische arbeid, bijvoorbeeld om graan te malen tot meel of om water te verpompen. Tegenwoordig wordt het woord windenergie vooral gebruikt voor de elektrische energie die met een windturbine uit de wind gewonnen wordt.

## 1 Voor- en nadelen van windenergie

De belangrijkste voordelen van windenergie zijn:

vermindering van gebruik van fossiele brandstoffen met de daarmee gepaard gaande vervuiling en CO2-uitstoot,

de duurzaamheid van windenergie

verminderde afhankelijkheid van olieproducerende landen

lokale energieopwekking bij het ontbreken van de aansluiting op een regionaal distributienetwerk.

De belangrijkste nadelen van windenergie zijn:

de hoge prijs (ongeveer anderhalf à drie maal zo duur als grijze stroom, wat momenteel door subsidies wordt opgevangen),

variatie in het windaanbod en de invloed daarvan op de bedrijfszekerheid van het elektriciteitsnet

inpassing van windmolens in het landschap die als lelijk kan worden ervaren

voor de productie van windmolens zijn staal en aluminium nodig waarvan het winnen een kostbaar, vervuilend en energievretend proces is

elke windmolen doodt naar schatting gemiddeld 20 vogels per jaar. Vleermuizen komen om door de drukverschillen bij rotorbladen.

slagschaduw en geluidsoverlast voor omwonenden

## 2 Geschiedenis

Waar en wanneer de windmolen voor het eerst werd toegepast is onduidelijk. Sommige bronnen noemen China als geboorteplaats van de windmolen. Andere bronnen vermelden Perzië in de 5e eeuw voor onze jaartelling. Waarschijnlijk is dat sinds de 12e eeuw het gebruik van de windmolen in West-Europa opgang maakte. De oudste molen van de Lage Landen dateert uit 1183 en werd gebouwd in het graafschap Vlaanderen te Wormhout. Belangrijke toepassingen van windmolens waren het malen van graan, het pompen van water en later ook het zagen van hout. Het gebruik van windenergie heeft in Nederland een grote vlucht genomen met de inpoldering en de droogmakerijen in de 17e eeuw. Dankzij het werk van deze windmolens kreeg Nederland zijn huidige aanzien.

Met de uitvinding van de stoommachine in de 19e eeuw had men een krachtig en betrouwbaar hulpmiddel dat kon worden ingezet zonder afhankelijk te zijn van de wispelturigheid van de wind. Daardoor verdwenen windmolens langzamerhand uit het landschap. Alleen voor kleinschalige toepassingen bleef het gebruik van windenergie tot ver in de 20e eeuw gehandhaafd, zoals de kleine molens die in de polders lokaal een waterregeling uitvoerden, waarvoor een zelfde type molen gebruikt werd die in Amerika op veel plaatsen een waterwindfunctie had.

Met de ontwikkeling van de elektriciteit in de negentiende eeuw werden ook pogingen ondernomen om elektriciteit te winnen met behulp van windenergie. Door de hoge investeringskosten was elektriciteitsproductie door windenergie alleen op kleine schaal economisch, in gebieden waar nog niet was geïnvesteerd in infrastructuur van elektriciteitstoelevering. Pas na het doemscenario van de Club van Rome en de oliecrisis van 1973 begon het besef te groeien dat fossiele energie eindig is en dat te zijner tijd alternatieven zullen moeten worden gebruikt. De overheid stelde subsidies ter beschikking en er werd driftig geëxperimenteerd met alternatieve bronnen van energie. Nieuwe modellen als de Darrieus- en de Savoniusrotor werden onderzocht. De jaren ’70 en ’80 van de twintigste eeuw kenmerkten zich door veel kleine particuliere initiatieven. Eenvoudige windmolens met generatoren van enkele kW tot enkele tientallen kW verrezen in polders op plaatsen waar behoefte was aan elektriciteit. Dankzij subsidiëring waren sommige experimenten zelfs rendabel. Maar al snel werd ontdekt dat het niet makkelijk was om de gewonnen energie terug te leiden in het net. Verschillende landen startten projecten om elektriciteit op grotere schaal te winnen. Veel landen begonnen met experimenten om windenergie te winnen. In 2003 was het vermogen mondiaal opgelopen naar 31 GW, tegen 2 GW twaalf jaar daarvoor.

## 3 Beperkingen bij het plaatsen van windmolens

Windturbines moeten op een bepaalde minimale afstand van elkaar staan. Een vuistregel voor de onderlinge afstand is vijf keer de diameter van de rotor. Een kleinere onderlinge afstand heeft tot gevolg dat de turbines niet optimaal profiteren van de wind: ze staan dan bij sommige windrichtingen in elkaars luwte.

Grotere windmolens moeten verder uit elkaar staan, maar een park met grotere molens is toch efficiënter omdat deze wind op grotere hoogte kunnen benutten. In de praktijk blijken parken met grote molens ook economisch efficiënter. Parken met veel molens kunnen bovendien bepaalde schaalvoordelen bieden, zodat grote parken met grote molens het meest voordelig uitpakken.

## 4 Milieu- en hinderaspecten van windturbineparken

Windmolens kunnen vogels doden, scheepvaart hinderen, geluids- en schaduwhinder geven voor de omwonenden, het microklimaat verstoren, en het landschap ontsieren.

**Energiegebruik** Tijdens de levenscyclus van een windturbine wordt niet alleen energie geproduceerd maar ook verbruikt voor winning van de benodigde grondstoffen, productie, onderhoud, regelelektronica en afbraak. Daarnaast bevat een windturbine onderdelen van uit aardolie afgeleide kunststof. Een windturbine verdient dit energieverbruik in een periode van 3 tot 6 maanden terug.

**Radar** Windturbines kunnen storingen op radarbeelden veroorzaken. Plaatsing in de buurt van radarstations is daardoor meestal niet mogelijk. Er wordt onderzoek gedaan naar de mogelijkheid om de rotor van windturbines te voorzien van een radarstralingabsorberende laag (zoals bij stealthvliegtuigen) en naar de mogelijkheid om radarstations uit te rusten met software die de radarreflecties van windturbines kan wegfilteren. Sinds 2005 blijkt het mogelijk om te overleggen met het ministerie van defensie en afspraken te maken, ook als zij vroeger ergens maximale bouwhoogtes eisten.

**Vogels** Vogels kunnen schade ondervinden van windturbines door botsingen met windturbines en door verdringing van het leef- en broedgebied. Wanneer er in Nederland 1500 MW aan windturbines wordt opgesteld zal dit naar schatting 30.000 directe vogelslachtoffers per jaar maken. Ter vergelijking: het verkeer maakt jaarlijks twee miljoen vogelslachtoffers, de jacht anderhalf miljoen en hoogspanningsleidingen één miljoen. Het effect van verdringing van de biotoop is minder duidelijk.

**Scheepvaart** Windturbines op zee vormen niet te verwaarlozen obstakels voor de scheepvaart, waardoor plaatsing in de buurt van drukbevaren routes risico’s oplevert. De kans op een aanvaring is vooral groot bij slecht zicht en zwaar weer, als schepen van hun ankers lopen of problemen ervaren bij het handhaven van de voorgeschreven koers. Plannen voor plaatsing van windturbineparken op de Noordzee stuiten daarom op bezwaren. Ondertussen zijn in België toch de nodige vergunningen afgeleverd voor een windmolenpark op de Thorntonbank. Dat gebeurde pas na veel juridisch getouwtrek.

**Schaduwhinder** Wanneer de zon schijnt werpt de rotor van een windturbine een bewegende slagschaduw. Dit stroboscopisch effect kan men als vervelend ervaren. Afstand speelt een grote rol bij hinder van slagschaduw. Bij grotere afstanden is er minder hinder, doordat de wiek dan niet de hele zonneschijf kan verbergen. Ook de frequentie is belangrijk. Door de langzame draaiing van de molens van tegenwoordig is dat steeds minder geworden. De slagschaduw is merkbaar in een vlindervormig gebied. De slagschaduw verplaatst zich in de loop van de dag van west naar oost. In de zomer, als de zon hoog staat, is het gebied kleiner dan in de winter. Als in de omgeving van een windturbine de slagschaduw als hinderlijk wordt ervaren, dan kan de betreffende windmolen even worden stilgezet tijdens het passeren van de slagschaduw. Van te voren is precies te voorspellen in welk gebied rond een te bouwen windmolen slagschaduw hinderlijk zou kunnen worden.

**Microklimaat** Door de turbulentie (wervelingen) achter een draaiende windturbine worden hogere en lagere luchtlagen met elkaar gemengd. Dat veroorzaakt vooral ‘s nachts een hogere windsnelheid (tot enkele m/s) en hogere temperatuur (in de ordegrootte van een graad) op grondniveau.

**Landschap**

Zeker met de toenemende masthoogtes zijn windturbines sterk in het landschap aanwezig. In de beginperiode van windenergie werden vooral individuele windturbines geplaatst wat een “rommelig” effect gaf. Tegenwoordig worden windturbines voornamelijk geplaatst in lijn- en clusteropstellingen die meer aansluiten bij bestaande elementen in het landschap zoals wegen en kanalen. Desondanks worden windturbine(parken) door velen als storend of lelijk ervaren. Men spreekt dan van horizonvervuiling of landschapsvervuiling. Zo werd een gepland windmolenpark voor de kust van Knokke uiteindelijk verplaatst naar een dieper in zee gelegen zandbank, de Thorntonbank, onder andere vanwege het horizonvervuilende aspect op de kustplaats.

Deze perceptie is subjectief. De indruk is bijvoorbeeld anders als omwonenden mede-eigenaar van de windmolen zijn. Of als een rij windmolens een algemeen erkende grens markeren, zoals de Peelrand breuk of een dijk aan de kust. Op Kreta is een windmolenpark halfweg tussen Matala en Knossos een toeristische trekpleister vanwege het panoramische uitzicht.

Doordat er steeds grotere turbines op de markt komen, bestaat er een trend dat windmolens steeds verder uit elkaar komen te staan en dat projecten ook meer molens gaan omvatten. Daarbij kan volgens de betrokken landschapsarchitecten dan een grootser en mooier landschappelijk ontwerp worden gemaakt.

Windmolens kunnen goed worden “verstopt” in bossen. Doordat tegenwoordig de mast ver boven de gebruikelijke hoogte van bomen uitsteekt vangt hij toch voldoende wind. De molens zijn in het bos niet te zien en vlak bij het bos staan ze achter de hoge horizon van de bosrand.

**Geluid**

Het geluid van een windturbine heeft twee oorzaken: het mechanische geluid van de bewegende delen in de gondel en het zoevende geluid van het draaien van de rotorbladen. Bij moderne windturbines is de gondel goed geïsoleerd en is alleen de geluidsproductie van de rotorbladen van belang.

De geluidsproductie van een windturbine neemt toe met de windsnelheid. Voor een moderne windturbine ligt de brongeluidssterkte in het bereik tussen 91 en 102 dB(A); maar dit is lager bij nog modernere types die sinds 2004 op de markt zijn gekomen, hier gaat het om maximaal 43 dB(A). Deze turbines hebben geen versnellingsbak meer tussen de rotor en de generator, een belangrijke bron van lawaai en slijtage. Dit type turbine is te herkennen aan de beduidend kortere gondel.

Een tweede verbetering is een ander wiekprofiel, dat is te herkennen aan (kleine) dwarsvleugeltjes aan de tips van de wieken. Daardoor wordt de luchtstroom langs de tip minder chaotisch, waardoor het geluid ook afneemt. De tip is de grootste lawaaibron omdat daar de luchtsnelheid het grootst is.

Afstand en sterkte spelen een rol bij de mate van hinderlijkheid. Producenten van windenergie beweren dat als de afstand groter is dan 300 meter er bijna geen sprake meer is van geluidshinder. Onderzoek door Frits van den Berg van de Universiteit Groningen toont echter aan dat vooral het geluid tijdens de nachtperiode hinderlijk kan zijn, zelfs tot op een afstand van 2 kilometer. In de nacht gaat de wind op grondniveau vaak liggen, maar op grote hoogte kan het juist extra hard gaan waaien. De rekenmodellen voor geluid zijn vaak gebaseerd op de windsnelheden op 10 meter hoogte, terwijl een windturbine tot 80 meter hoog kan zijn. Door ontbreken van achtergrondniveau van wind en verkeer in de nacht is het geluid van de bladen van de turbines dan juist extra goed hoorbaar, met name omdat het geluid van de turbines over de tijd varieert (Van den Berg 2006).

**Ruimtebeslag**

Een windturbinepark beslaat een grote oppervlakte. Van deze oppervlakte wordt echter slechts 1% ingenomen door de mastvoet en transformatorhuisjes. Hoge bebouwing van het gebied rond een windturbine (met een te korte mast) leidt tot een lagere opbrengst. Voor het overige kunnen windturbineparken met bijna alle activiteiten en landschapstypen worden gecombineerd, als dat gewenst is. Agrarische gebieden en industrieterreinen komen het meest voor. Maar omdat de commercieel beschikbare masthoogte ook toeneemt, komen ook bossen in aanmerking voor een windparklocatie. Daarin zijn ze bovendien voor de korte en middellange afstand visueel goed afgeschermd.

## 5 Ervaring met windenergieprojecten in Denemarken

Denemarken heeft wereldwijd de relatief grootste bijdrage van windenergie aan de eigen elektriciteitsbehoefte (ca 20%). Mede dankzij deze thuismarkt is de Deense windturbine-industrie marktleider met een omzet van ca. 3 miljard euro per jaar en beheerst ze ca 40% van de wereldmarkt (2003). Denemarken wordt daarom, zowel door voor- als tegenstanders van windenergie, als voorbeeld voor de mogelijkheden en beperkingen van grootschalige inpassing van windenergie gezien.

De situatie van Denemarken is echter niet automatisch te vertalen naar andere landen. Aan de ene kant ligt Denemarken geografisch gunstig. Het kan daardoor makkelijk elektriciteit uitwisselen met Duitsland, Zweden en Noorwegen. De laatste twee landen hebben een grote capaciteit aan waterkrachtcentrales die geschikt zijn om fluctuaties in het windaanbod op te vangen. Aan de andere kant heeft Denemarken ook een groot aandeel decentrale (verspreid opgestelde) warmtekrachtcentrales die elektriciteit produceren als er warmtevraag is. Verder is in de Deense wet vastgelegd dat windelektriciteit altijd voorrang heeft en dat windturbines bij een dreigend overschot niet mogen worden afgekoppeld. Om vraag en aanbod van elektriciteit in balans te houden is Denemarken daarom sterk afhankelijk van elektriciteitsuitwisseling met de buurlanden.

Critici, zoals Ole T. Krogsgaard, vinden het verschil tussen opbrengsten en kosten bij internationale levering en afname van elektriciteit te groot. De kosten van windenergie en decentrale warmtekracht samen in vergelijking met een systeem gebaseerd op moderne conventionele centrales in 2000 werd door hem op 1,3 miljard euro per jaar geschat. De Deense windturbine-organisatie wijst erop dat er geen onderbouwing voor dit getal is.

Critici wijzen op een aantal incidenten waarbij door een plotselinge verandering in het windaanbod een black-out dreigde. Voorstanders van windenergie (zoals prof van Kuijk) wijzen erop dat deze incidenten tot een aantal verbeteringen in de windturbines hebben geleid. Zo draaien moderne windturbines bij hogere windsnelheden door en hoeven ze bij kortsluiting op het net niet meer te worden afgeschakeld.

Na het aan de macht komen van een conservatief-liberale regering in 2001 werd in Denemarken in eerste instantie besloten het aandeel windenergie in Denemarken niet verder uit te breiden. In 2004 kwam men echter terug op deze beslissing.

Bron Wikipedia (bewerkt)