



Planbureau voor de Leefomgeving

WINDENERGIE

Argumenten bij vijf stellingen

PBL Policy Brief

Windenergie

Argumenten bij vijf stellingen

PBL Policy Brief

Windenergie. Argumenten bij vijf stellingen

© PBL (Planbureau voor de Leefomgeving)

Den Haag, 2014

PBL-publicatienummer: 1396

Auteurs

Pieter Boot, Harmen-Sytze de Boer, Anton van Hoorn,
Robert Koelemeijer, Jos Notenboom, Jan Ros

Contact

Pieter Boot (pieter.boot@pbl.nl)

Figuren

Beeldredactie PBL

Eindredactie en productie

Uitgeverij PBL

Opmaak

Textcetera, Den Haag

U kunt de publicatie downloaden via de website www.pbl.nl. Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Boot, P. et al. (2014), *Windenergie. Argumenten bij vijf stellingen*, Den Haag: PBL.

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het nationale instituut voor strategische beleidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en evaluaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is vóór alles beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en altijd wetenschappelijk gefundeerd.

Inhoud

Samenvatting 4

Inleiding 6

1 'Windenergie is niet nodig, er zijn betere alternatieven' 7

2 'Meer windenergie levert geen CO₂-reductie op' 11

3 'Windenergie past niet in Nederland: we zijn te dicht bevolkt' 14

4 'Windenergie is te duur' 18

5 'Windenergie biedt veel economische kansen' 24

Literatuur 26

Samenvatting

De afspraken over windenergie in het Energieakkoord zijn aanleiding geweest voor een debat hierover in de media. In deze Policy Brief tracht het PBL een bijdrage te leveren aan dit debat door het met feiten over windenergie op zee en land te voeden.

De belangrijkste feiten zijn:

- Om de risico's van klimaatverandering te beperken zullen de mondiale emissies van CO₂ moeten halveren tot 2050, en in ontwikkelde landen met maar liefst 80-95 procent. Dat is onmogelijk zonder een zeer ingrijpende verandering van het energiesysteem en met een breed palet aan innovatieve, schone technieken. Het opwekken van elektriciteit met windturbines kan een belangrijk onderdeel zijn van zo'n koolstofarm energiesysteem.
- In Nederland zijn de windcondities relatief gunstig, zodat juist met windtechnologie Nederland een belangrijke bijdrage kan leveren. Op de korte termijn is er ook een heel praktische noodzaak voor meer windenergie. Om te komen tot 14 procent hernieuwbare energie in 2020 is 190 petajoule extra van deze energie nodig. Volgens het Energieakkoord wordt 35 procent daarvan ingevuld met windenergie. Tot 2023 gaat het om een toename van 230 petajoule, waarvan 45 procent met windenergie. Duurzame alternatieven daarvoor zijn op deze termijn in Nederland niet beschikbaar.
- Toename van windenergie is niet nodig om de 2020-doelstelling voor het terugbrengen van broeikasgasemissies te realiseren. Binnen het systeem van Europese emissiehandel leiden windturbines niet tot vermindering van emissies. Daarnaast is het zo dat er andere, en zeker in geval van windenergie op zee ook goedkopere, maatregelen zijn. Wel heeft windenergie ten opzichte van fossiele brandstoffen andere onmiddellijke voordelen, zoals minder luchtvervuiling en minder afhankelijkheid van import van buiten Europa.
- Een verstandig ingevulde doelstelling voor hernieuwbare energie brengt technologieën geleidelijk (en daardoor kostenefficiënt) en op tijd door de fase van ontwikkeling en kostendaling. Dit is van groot belang voor de transitie van het energiesysteem op de langere termijn.
- Windenergie op land heeft al een redelijk lange ontwikkelingsfase doorlopen. Hierdoor zijn kostendalingen gerealiseerd waardoor de extra kosten ten opzichte van conventionele opwekking bescheiden zijn.

- Er is vaak maatschappelijke weerstand tegen het plaatsen van windturbines. In 2012 had Nederland per vierkante kilometer minder windenergie op land geïnstalleerd dan Duitsland of Denemarken, maar meer dan Groot-Brittannië of België. Als we daarnaast rekening houden met de bevolkingsdichtheid, dan is de benutting van de ruimte in Nederland vergelijkbaar met Duitsland en zelfs beter dan Denemarken. Een verdere doorgroei van windenergie in Nederland kan stuiten op de grenzen van lokaal draagvlak. Het vergroten van mede-eigenaarschap van omwonenden en het gezamenlijk vorm geven van het ruimtelijke inpassingsproces met belanghebbenden en omwonenden kunnen dit draagvlak vergroten.
- Windenergie op zee is in de afgelopen tien jaar niet goedkoper, maar juist duurder geworden. Dat wil niet zeggen dat de technologie niet is verbeterd. De kosten-toename wordt verklaard door een scala aan factoren: de eerste windparken werden in relatief ondiep water gebouwd; offshorebedrijven accepteerden in het begin lage winstmarges; turbines zijn geleidelijk verbeterd waardoor ze duurder in aanschaf werden maar goedkoper in onderhoud; nadat de orderportefeuille van turbine-fabrikanten en offshorebedrijven voller werd, stegen de winstmarges; en ten slotte zijn staal- en koperprijzen in de periode gestegen. Naar verwachting wordt deze trend gekeerd.
- Het Energieakkoord zet in op een kostendaling van 40 procent in tien jaar, exclusief locatieafhankelijke factoren. De meeste schattingen komen pas later dan in 2023 op een kostendaling van 40 procent uit. Mede afhankelijk van de interpretatie van het Energieakkoord bestaat het risico dat Nederland er niet in slaagt om de voorziene toename te realiseren.
- Een groter aandeel windenergie in het elektriciteitssysteem heeft duidelijke effecten op het functioneren van de elektriciteitsmarkt. De investeringskosten van windturbines zijn relatief hoog, maar de gebruikskosten juist laag. Windstroom verdringt daardoor andere elektriciteitsproductie met hogere operationele kosten. Dit leidt tot een lagere groothandelsprijs van elektriciteit. Daardoor komt het verdienmodel van zowel windenergie als van conventionele energie onder druk te staan. De daling van de elektriciteitsprijs, die extra groot is op die momenten dat het hard waait, remt de daling van de 'onrendabele top' (het verschil tussen kosten en marktprijs). Daardoor blijft er bij het huidige marktmodel ook op langere termijn nog financiële ondersteuning nodig. Ook zijn investeringen nodig in een flexibeler elektriciteitssysteem om variabele windenergie beter te kunnen accumuleren. Dit alles noopt tot het heroverwegen van het marktmodel als basis voor een betaalbaar, betrouwbaar en duurzaam elektriciteitssysteem.
- Inzet op vergroening van de economie, zoals installatie en productie van (delen van) windturbines, kan de Nederlandse concurrentiepositie versterken. Subsidies nu, zullen de werkgelegenheid maar in geringe mate doen toenemen. De indruk bestaat dat inzet op innovatieve toepassingen economisch op termijn meer oplevert dan op exploitatiesubsidies.

Inleiding

Nederland heeft zich in de EU gecommitteerd om 14 procent hernieuwbare energie in 2020 te realiseren. Het Energieakkoord dat onder auspiciën van de SER werd afgesloten kijkt naar 2023 en heeft de ambitie om 16 procent te realiseren. Het coalitieakkoord bevat een doelstelling van een volledig duurzame energievoorziening in 2050 en de Europese ambitie voor 2050 is om 80-95 procent reductie van broeikasgassen te realiseren. Dit alles zal tot meer hernieuwbare energie leiden.

Hoe kan Nederland deze doelen halen? In het Energieakkoord is daartoe een belangrijke plaats ingeruimd voor windenergie (SER 2013).

Hoewel de politiek en andere maatschappelijke vertegenwoordigers in belangrijke mate voor windenergie kiezen, is het maatschappelijk draagvlak bij de lokale ruimtelijke inpassing lang niet vanzelfsprekend. Al tijdens de implementatie van het vorige akkoord voor windenergie, de Bestuursvereinkomst Landelijke Ontwikkeling Windenergie (BLOW) uit 2001, woedde er een stevige maatschappelijke discussie over de wenselijkheid en inpassing van windenergie. Bovendien wordt windenergie als duur aangeduid. Windenergie maakt veel gemoederen los, zowel bij voor- als tegenstanders. Met de huidige voorgenomen versnelling mogen we verwachten dat de discussie heviger wordt.

In deze Policy Brief gaan we in op argumenten die rondgaan in de discussie over windenergie en presenteren we feitelijke informatie ter ondersteuning van de discussie.

Dat doen we aan de hand van een aantal stellingen die rondgaan in het debat:

1. Windenergie is niet nodig, er zijn betere alternatieven.
2. Windenergie levert geen CO₂-reductie op.
3. Windenergie past niet in Nederland: we zijn te dicht bevolkt.
4. Windenergie is te duur.
5. Windenergie biedt economische kansen.

In het onderstaande worden deze stellingen besproken.

1 ‘Windenergie is niet nodig, er zijn betere alternatieven’

Om de risico's van klimaatverandering te beperken, zullen tot 2050 de mondiale emissies van CO₂ moeten halveren, en in ontwikkelde landen met maar liefst 80-95 procent moeten verminderen. Dat is onmogelijk zonder een zeer ingrijpende verandering van het hele energiesysteem: minder gebruik van energie en het zodanig opwekken van energie dat minder CO₂ vrijkomt. Dat betekent een structurele verandering van de manier waarop we stroom produceren, warmte produceren (zowel voor ruimteverwarming als voor industriële processen) en energie inzetten voor transport.

Een onmisbare schakel in zo'n koolstofarm energiesysteem is het CO₂-arm produceren van elektriciteit. Daarvoor bestaan relatief veel technische mogelijkheden: elektriciteit uit hernieuwbare energie (vooral uit wind, zon en biomassa), fossiele elektriciteitsproductie waarbij het CO₂ uit de rookgassen wordt gehaald en ondergronds wordt opgeslagen (CCS-technologie), en kernenergie (PBL & ECN 2011). Zonder windenergie is het dus wel mogelijk om een emissiearme elektriciteitsvoorziening te realiseren, maar aan alle alternatieven zitten ook nadelen of beperkingen. CCS staat nog in de kinderschoenen, is nog erg duur en blijft een beroep op fossiele energie doen. Kernenergie is door toegenomen veiligheidseisen ook niet goedkoop en naast de veiligheid speelt daar de afvalproblematiek. Bio-energie is schaars en zal al voor andere toepassingen nodig zijn, vooral als grondstof voor een groene chemie, voor het zware transport en voor groen gas. Daarnaast levert de combinatie van zon-PV en wind-turbines een meer gespreid energieaanbod dan alleen zon-PV. Andere hernieuwbare opties bestaan wel, maar hebben een gering potentieel in Nederland. Het belang van individuele technieken is onderzocht door PBL en ECN (2011). Daaruit blijkt dat windenergie, en dan vooral windenergie op zee, van groot belang is voor het realiseren van een CO₂-arm energiesysteem.

Ook indiceert een recent gepubliceerd scenario van de Europese Commissie (EC 2013), in geval van voortzetting van het bestaande beleid, dat het aandeel windenergie in de elektriciteitsmix fors toe kan nemen (tabel 1). De 20,9 procent windenergie in de elektriciteitsmix in 2020 is iets meer dan wat in het Energieakkoord is voorzien (zie tabel 2), maar de ordes van grootte voor wind zijn in dit EU-referentiescenario en het Energieakkoord hetzelfde.

Tabel 1

Elektriciteitsmix Nederland 2000-2050: productie en opgesteld windvermogen, volgens het EU-referentiescenario zonder nieuw beleid

Productie %	2000	2010	2020*	2030*	2050*
Kern	4,4	3,4	3,0	3,7	7,6
Kolen	27,1	19,1	28,9	23,5	8,3
Gas	60,9	65,7	35,7	35,5	32,5
Biomassa, afval	3,6	7,3	9,9	10,1	10,8
Wind	0,9	3,4	20,9	25,4	37,9
Zon	-	0,1	0,6	0,8	0,8
Capaciteit MW					
Wind	446	2.269	9.624	12.359	19.605

Bron: EC (2013); *ramingen

Sommigen geven aan dat – in plaats van in te zetten op windenergie – beter kan worden ingezet op ‘echt nieuwe opties’ zoals getijdenenergie. Per definitie zijn ‘echt nieuwe opties’ nu nog kleinschalig, relatief duur, maar door die kleinschaligheid meestal met beperkte subsidies te ondersteunen. Er gaat ook veel tijd overheen voordat een energie-technologie de kraamkamer ontgroeit en commercieel toepasbaar wordt. Zelfs bij een enorm succesvolle technologie als zon-PV duurde het tien jaar voordat in Europa na de eerste grootschalige toepassingen 0,1 procent van de geïnstalleerde elektriciteitscapaciteit werd bereikt. Door het leereffect is de prijs dan al lager, maar nog te hoog om op de markt te kunnen concurreren. Verder leren en commercialisatie vraagt echter een grootschaliger inzet, wat veel meer extra geld vraagt. Om die reden is dit een kritieke fase (*valley of death*).

Op de korte termijn is er ook een heel praktische noodzaak voor meer windenergie: Nederland is voor het bereiken van de gemaakte afspraken (zowel de 14 procent hernieuwbaar in 2020 uit de Europese afspraak, als de 16 procent hernieuwbaar in 2023 uit het Energieakkoord), in belangrijke mate afhankelijk van windenergie. Om te komen tot 14 procent hernieuwbaar in 2020 is 190 petajoule extra hernieuwbare energie nodig (zie tabel 2). Volgens het Energieakkoord wordt 35 procent daarvan ingevuld met windenergie. Tot 2023 gaat het vanaf 2013 om een toename van 230 petajoule, waarvan 45 procent met windenergie. Alternatieven voor deze keuze zijn er in feite niet. De inzet van biobrandstoffen en het meestoken van biomassa is om duurzaamheidsredenen begrensd (PBL 2014a). Van de overige opties voor hernieuwbare energie is er op korte termijn geen extra potentieel zonder hoge extra kosten.

De afspraken voor 2020 en 2023 vereisen een enorme toename van windenergie en een versnelling van wat in het recente verleden werd gerealiseerd (zie tabel 3). Dit is een enorme uitdaging. De toename op land moet worden bereikt door prestatieafspraken tussen Rijk en provincies om in 2020 6.000 megawatt operationeel windvermogen te realiseren (54 petajoule), mogelijk te maken door vergroting van maatschappelijk

Tabel 2

Toename hernieuwbare energie volgens afspraken Energieakkoord, in PJ en %

PJ	2011	2013	2020*	2023*
Wind op land	14	16	54	63
Wind op zee	3	3	27	60
Biomassa bijstook	12	9	25	25
AVI, overige biomassa	43	47	tot 83	83
Biobrandstoffen	13	16	tot 36	36
Geothermie, WKO	5	8	tot 49	49
Zon (PV en warmte)	2	2	tot 17	17
Totaal	93	101	tot 291	333
Aandeel finaal energie %	4,3	4,6	13-14	16

Bron: CBS (2013a), Neeft et al. (2013); * inschattingen door ECN (2013a, 2013b), Ecofys (2013)

Tabel 3

Netto gerealiseerde toename van windcapaciteit per jaar en de voorgenomen groei uit het Energieakkoord voor 2013-2020/2023

	Toename windenergie op land MW/jaar	Toename windenergie op zee MW/jaar
2000-2008	210	30
2009-2012	70	-
Energieakkoord: 2013-2020 (*2023)	470	415*

Bron: CBS (2009, 2013a), SER (2013)

draagvlak, kostendaling door innovatie, en versnelling van inpassingsplannen in gebieden die zijn gereserveerd in de Rijksstructuurvisie en provinciale omgevingsvisies. Verder is opschaling van operationeel windvermogen op zee naar 4.450 megawatt in 2023 voorzien door goede afstemming van de ruimtelijke ordening op zee, aanleg van infrastructuur en door sterk in te zetten op kostenverlagingen bij de bouw en het onderhoud van de windparken zelf.

In het recente verleden (tussen 2009 en 2012) is nauwelijks enig windvermogen in Nederland bijgeplaatst. Verder is de toename van het aantal windturbines in de afgelopen tien jaar veel lager geweest dan van het opgestelde vermogen: nieuwe windturbines hebben een groter vermogen dan oude, en kleinere turbines zijn uit gebruik genomen. Ook in de toekomst kan dit worden verwacht.

De jaarlijkse toename van windenergie op land die nodig is om het akkoord te realiseren is anderhalf maal wat in de afgelopen vier jaar werd gerealiseerd. Plannen om deze versnelling mogelijk te maken zijn in uitvoering en ontwikkeling. Bij windenergie op zee is het verschil met het verleden nog groter. We hebben er acht jaar over gedaan om 228

megawatt te realiseren. In tien jaar moet daar 4.200 megawatt bij, waarvan nu drie parken in een traject tot bouw zijn. Dat is bijna evenveel als er eind 2012 in de hele wereld aan capaciteit stond (5.400 megawatt; GWEC 2013). Er stond 5.000 megawatt in Europa, waarvan 75 procent in het Verenigd Koninkrijk (2.900 gigawatt) en Denemarken (900 megawatt). Buiten Europa stond er eind 2012 400 megawatt, vooral in China.

2 ‘Meer windenergie levert geen CO₂-reductie op’

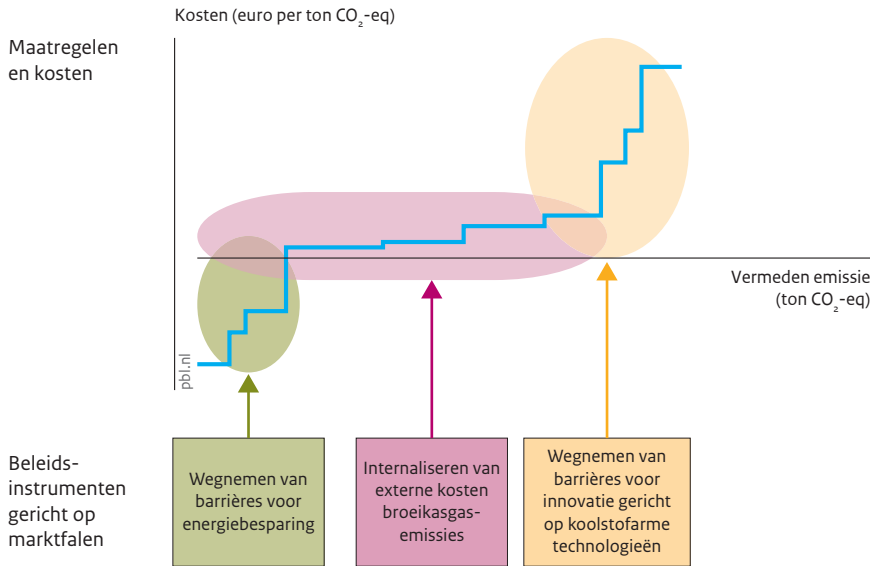
De meeste broeikasgasemissies van grote industriebedrijven en elektriciteitscentrales vallen onder het Europese emissiehandelssysteem (ETS). Dit systeem stelt aan bedrijven emissierechten beschikbaar, het totale aantal rechten kent een maximum. Dit maximum wordt niet aangepast als er meer windturbines bij komen. Het stimuleren van meer windenergie betekent dat meer elektriciteit wordt opgewekt met zeer lage emissies. Hierdoor ontstaat meer emissieruimte voor de bedrijven die onder het ETS vallen. Dit zal een prijsdrukkende werking hebben op de CO₂-prijs waardoor de prikkel voor de ETS-bedrijven om te investeren in emissiereducerende technologieën kleiner wordt. Op de langere termijn, als er nog maar weinig rechten beschikbaar zijn, is windenergie onmisbaar om tegen een acceptabele CO₂-prijs elektriciteit te produceren.¹ De hoeveelheid uitgegeven emissierechten is de uitkomst van een politiek proces. Bij het vaststellen ervan is rekening gehouden met de verwachte toename van hernieuwbare energie in Europa. Dat is niet eenvoudig, want we weten natuurlijk niet precies of de toename van hernieuwbare energie in de elektriciteitssector of warmtevoorziening zal plaatsvinden, en of die daar kern-, gas- of kolencentrales zal vervangen. Als met deze dimensie rekening wordt gehouden, kan een deel van de fysieke CO₂-reductie ook daadwerkelijk aan de toename van windenergie worden toegeschreven (Lehmann & Gawel 2013).

In het voorgaande is al aangegeven dat het op de lange termijn uiterst onzeker is of de beoogde emissiereductie met 80-95 procent in Nederland kan worden gerealiseerd zonder windenergie. Dat betekent dat bij voortgaande verlaging van het emissieplafond vroeger of later het punt wordt bereikt dat ook windenergie nodig is. Het is wenselijk dat de ontwikkeling van de technologie en de realisatie van de kostendaling dan al zijn bereikt in een geleidelijk en daardoor kostenefficiënt ontwikkelingsproces. Dat vraagt wel om specifiek aanvullend beleid (PBL 2013a). Het is aannemelijk dat het met een grotere beschikbaarheid van doorontwikkelde en daardoor kostenefficiëntere technieken ook minder moeilijk is om politieke afspraken te maken die leiden tot verdere CO₂-reductie in 2030.

Figuur 1 illustreert de noodzaak van een specifieke beleidsaanpak naast het ETS. De innovatieve opties (het oranje vlak in de figuur, waarin windenergie op zee valt) zijn uiteindelijk nodig om de energietransitie te realiseren, maar te duur om door een

Figuur 1

Relatie tussen emissiereductiemaatregelen, beleidsinstrumenten en doelstellingen



Bron: PBL 2013, gebaseerd op IEA 2012 en Hood 2011

koolstofbelasting of CO₂-prijs te realiseren. Om het prijsverschil tussen windenergie op zee en de huidige groothandelsprijs van elektriciteit te overbruggen (stel 0,17 versus 0,06 euro per kilowattuur), zou een koolstofprijs van 150 euro per ton nodig zijn ten opzichte van een kolencentrale en een koolstofprijs van 300 euro per ton ten opzichte van een gascentrale. De huidige koolstofprijs is 5-7 euro per ton.

Wat is de emissiereductie van de windturbines die al in Nederland zijn geplaatst? In de CBS-statistiek staat netjes vermeld hoeveel méér CO₂ uitgestoten zou zijn indien de elektriciteit van de windmolens in 2012 door het gemiddelde van het overige elektriciteitspark zou zijn gerealiseerd. Dat is ongeveer 2,4-2,6 megaton CO₂. De totale CO₂-emissie van Nederland in 2012 bedroeg 166 megaton. Het gaat dus om 1,5 procent daarvan. Ten opzichte van de totale broeikasgasemissie in Nederland is het nog iets minder: 1,2-1,3 procent.

In de praktijk verdringt windstroom elektriciteit die anders had moeten worden geproduceerd met 'marginale' centrales: centrales die op het moment dat de windturbines draaien (gedeeltelijk) worden afgeschakeld. In de praktijk zijn dat centrales met relatief hoge operationele kosten, bij de huidige kolen-, gas- en CO₂-prijzen zijn dat gascentrales. En die zijn juist relatief schoon. Ook kunnen andere centrales minder draaiuren maken waardoor hun efficiëntie daalt. In de praktijk zal de CO₂-emissiereductie dus op dit moment wat lager uitpakken dan berekend volgens de methodiek van het CBS.

Noot

- 1 Waarschijnlijk zijn er weliswaar tot 2020 nauwelijks meer maatregelen nodig om te voldoen aan het ETS-plafond in 2020 (als gevolg van overallocatie en de recessie overtreft tot 2020 het aanbod de vraag naar rechten), maar omdat het plafond na 2020 verder afneemt, zullen op termijn wel maatregelen nodig zijn om onder het steeds krappere plafond te blijven.

3 ‘Windenergie past niet in Nederland: we zijn te dicht bevolkt’

De ligging van Nederland is in beginsel zeer geschikt voor windenergie: het waait vooral aan de kust relatief hard vergeleken bij veel andere landen in Europa, zoals Duitsland. Er zijn enkele uitzonderingen zoals het Verenigd Koninkrijk of Denemarken waar het nog weer harder waait (zie figuur 2). Daarnaast beschikken we over een grote oppervlakte zee.

Windenergie is een vorm van elektriciteitsopwekking die relatief veel ruimte kost. Een windturbine zelf neemt op zich nauwelijks ruimte in. Maar om windenergie efficiënt te kunnen oogsten, hebben windturbines een bepaalde ruimtelijke spreiding en hoogte nodig. Een windturbine is daardoor dominant aanwezig in de leefomgeving. Windenergie ondervindt in toenemende mate maatschappelijke weerstand.

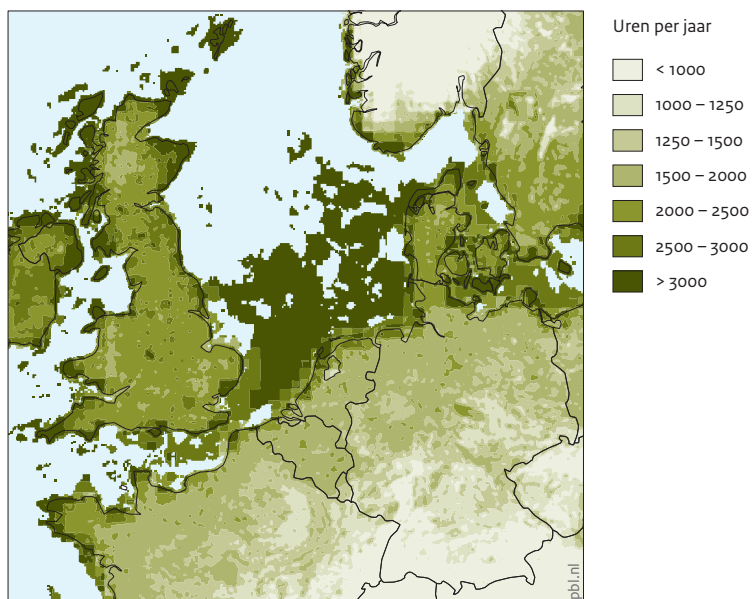
Turkenburg (2013) wees er al op dat het vaak aangehaalde lage aandeel hernieuwbare energie in Nederland in perspectief moet worden geplaatst. Turkenburg liet zien dat Nederland in de Europese Unie weliswaar laag scoort wat betreft het aandeel hernieuwbare energie (met het Verenigd Koninkrijk het laagst na Luxemburg en Malta), maar dat we op drie na het hoogst scoren als we kijken naar de productie van hernieuwbare energie per oppervlakte-eenheid. Alleen Oostenrijk, België en Denemarken producerden in 2011 meer hernieuwbare energie per vierkante kilometer dan Nederland. Als het gaat om weerstand tegen windturbines als gevolg van de impact op het landschap, is de productie per oppervlakte-eenheid ook maar ten dele relevant. De weerstand tegen windmolens hangt naar verwachting ook samen met de bevolkingsdichtheid van een land.

In tabel 4 is daarom het opgestelde vermogen gewogen met de bevolkingsdichtheid: hoe dichter bevolkt een land, hoe zwaarder een megawatt opgesteld vermogen meetelt. Om het overzichtelijk te houden, presenteren we de vergelijking alleen voor ons omringende landen. We verkrijgen zo (de rechter kolom) een ruwe graadmeter van het aantal mensen rond een bepaalde hoeveelheid windcapaciteit. Afgaande op deze indicator kan worden verwacht dat de weerstand tegen nog meer windenergie op land relatief groot is en zal zijn in Nederland.

Als we de Nederlandse afspraak voor windenergie op land vergelijken met de voorziene invulling van de Duitse ambitie voor 2020 (doelstelling 6.000 megawatt in Nederland, en 51.000 megawatt in Duitsland bij realisatie van de jaarlijkse gewenste toename van

Figuur 2

Potentieel vollasturen windturbines in Nederland en omringende landen



Bron: Eerens & Visser 2008

Tabel 4

Windenergie op land in 2012 in Nederland en een aantal buurlanden: capaciteit, per vierkante kilometer en gecorrigeerd voor bevolkingsdichtheid

	Capaciteit (MW) eind 2012	Oppervlakte (x 1000 km ²)	Capaciteit per oppervlakte (MW/km ² x 10 ⁻³)	Bevolkingsdichtheid t.o.v. EU-gemiddeld	Capaciteit per oppervlakte gewogen naar bevolkingsdichtheid (MW/km ² x10 ⁻³)
België	996	30,5	32,6	3,1	101
Duitsland	31.027	357,1	86,9	2,0	174
Denemarken	3.241	42,9	75,6	1,1	83
Frankrijk	7.564	544	13,9	0,9	13
Nederland	2.144	41,5	51,6	4,2	217
Verenigd Koninkrijk	5.497	248,5	22,1	2,2	49
EU-27	101.048	4.306,6	23,5	1	24

Bron: Eurostat, land area and population density data; EWEA (2013)

2.500 megawatt), dan staat er in Nederland in 2020 per vierkante kilometer vrijwel evenveel windcapaciteit als in Duitsland (circa 0,14 megawatt per vierkante kilometer) en ongeveer 50 procent meer dan nu in Duitsland (0,09 megawatt per vierkante kilometer). Wel wordt de capaciteit van de windturbines groter, waardoor de toename van het aantal turbines lager is dan die van het opgestelde vermogen, maar de hoogte en daarmee de zichtbaarheid van veraf nemen daardoor ook toe.

Kortom, Nederland is inderdaad erg vol in vergelijking met de ons omringende landen, en het zal dus een uitdaging zijn om de verdere doorgroei van 2.500 naar 6.000 megawatt op land in 2020 te realiseren. We kunnen hier echter wel lering trekken uit het verleden en uit ervaringen in andere landen. We noemen er twee: het zinvoller inrichten van het ruimtelijke inpassingsproces en het vergroten van de mate van mede-eigenaarschap van lokale bewoners.

De eerste les is dat ruimtelijke inpassingsprocessen bij het ontwikkelen van windparken zinvoller kunnen worden ingericht, door mensen echt te betrekken. Veel participatieprocessen zijn in feite een farce, waarbij plannen al lang beklonken zijn. De participatie wordt dan ingevuld als 'draagvlak ophalen'. Hajer et al. (2006) pleiten ervoor om mensen werkelijk van invloed te laten zijn op het plan: *zinnvolle* participatie.

Daarmee kunnen verschillende voordelen worden behaald. Het is veel lastiger om tegen een plan te zijn waar mensen zelf aan hebben meegewerkt; ze hebben de kans gehad om argumenten naar voren te brengen. De groep bepaalt welke van de genoemde argumenten werkelijk veranderingen teweegbrengen in het plan. Het wordt dan een inhoudelijke strijd om vormgevende argumenten in plaats van een voor-tegenstrijd. Mensen blijken meer geneigd om hun verlies te nemen op vormgevende argumenten en dan achter het plan te staan. Verder biedt het participatieproces ook gelegenheid om kennis op te halen uit de regio. Omwonenden weten natuurlijk heel goed waar die turbines het beste kunnen staan vanuit een landschappelijk oogpunt. Voor de windopbrengst maakt een plaatsingsverschil van enkele honderden meters vaak weinig uit, terwijl dat voor de bezwaren van omwonenden een wereld van verschil kan maken. Ten slotte hebben mensen een grotere democratische legitimatie voor een besluit voor of tegen vergunningsverlening. Soms moet een plan niet doorgaan. Maar als alle argumenten zijn gewogen in samenspraak met de omgeving en er komt een goed plan uit, dan heeft de minister een sterkere positie in het vervolgtraject. Althans, hij heeft die vanzelfsprekender in de ogen van het publiek wanneer een oprechte open discussie over de mogelijkheden heeft plaatsgevonden.

De tweede les is het bevorderen van mede-eigendom. In Duitsland is dit veel verder ontwikkeld dan in Nederland. Het afgelopen decennium was er in Duitsland sprake van een belangrijke drijfveer 'van onderop'. Mensen sloten zich aaneen om samen windturbines te bouwen, geholpen door een aantrekkelijk en stabiel wettelijk verankerd ondersteuningsregime. In Duitsland was van het in 2012 geïnstalleerde windvermogen op land voor 50 procent in handen van burgers, waarvan 4,2 procent in privaat bezit, 20,4 procent in bezit van burgerverenigingen, en in 25,8 procent waren het bovenregionale initiatieven waarin burgers op een of andere manier waren betrokken (trend:research 2013). In Nederland is het aandeel van energiecoöperaties in het

opgesteld windvermogen 4 procent, de meer succesvolle zijn degene die al langer bestaan (PBL 2014b).

De les hieruit die ook in het Energieakkoord is getrokken, is dat eigendom draagvlak voor windenergie vergroot en weerstand verkleint. Dit is uiteraard makkelijker bij de kleinere windturbines van tien jaar geleden dan bij de grotere van nu, waar een fors investeringsbedrag voor nodig is. Gelet op de benodigde kapitaalomvang ligt het niet voor de hand dat alle nieuw te bouwen windturbines in direct bezit van omwonenden komen. Mede-eigendom is dus een mogelijk belangrijke factor, maar kan nooit alleen de oplossing bieden.

De problematiek rond de inpassing van windenergie op land maakt helder waarom in Nederland zoveel hoop wordt gevestigd op windenergie op zee. Het continentaal plat is groter (60.000 vierkante kilometer) dan de oppervlakte van het Nederlandse land, het waait er harder en er wonen geen mensen.

4 ‘Windenergie is te duur’

In algemene zin heeft windtechnologie zich in de afgelopen decennia zeer succesvol ontwikkeld. Over een periode van dertig jaar zijn de kosten van windenergie met gemiddeld 5 procent per jaar gedaald (Trancik 2014). Degenen die zich zorgen maken over kosten doen dat vooral over die van windenergie op zee (tabel 5). Ter vergelijking: de productiekosten van fossiele stroom bedragen zo’n 0,04-0,06 euro per kilowattuur. Dit betekent dat windenergie op land daar op windrijke locaties al dicht bij in de buurt komt, en op minder gunstige locaties daar nog flink boven ligt. Windenergie op zee is daarentegen meer dan twee tot drie keer zo duur als stroom uit fossiele bronnen. Overigens is het aanleggen van de elektriciteitskabel naar land onderdeel van onderstaande kosten voor windenergie op zee. De kosten van het aanleggen van de kabel naar land bedragen circa 15 procent van de totale kosten (ECN 2013c).¹

Nederland is bij uitstek geschikt voor windenergie op zee (figuur 2). Windenergie is echter in de afgelopen jaren duurder geworden. Dat is strijdig met het idee dat de technologie mettertijd verbetert met gunstige gevolgen voor de prijs-prestatieverhouding. De ontwikkeling op zee ging echter niet probleemloos, waardoor sprake was van prijsverhogende factoren.

Windenergie op zee is een betrekkelijk jonge bedrijfstak en de eerste plannen veronderstelden dat windenergie op zee vergelijkbaar zou zijn met die op land. Grote baggeraars en olie- en gasbedrijven zouden hun maritieme kennis aan de windsector toevoegen en succes was verzekerd.

In 2002 werd het eerste commerciële park in bedrijf genomen, Horns Rev 1 in Denemarken. Nederland volgde betrekkelijk snel, met twee parken die in 2006 en 2008 begonnen te leveren. Daarna kwam het bij ons niet meer tot nieuwe productie. Nog in 2010 opende de Britse Crown Estate ruimte op zee waar tot 2020 32.000 megawatt gebouwd kon worden. Vanwege de ongunstige kostenontwikkelingen bleek dat totaal onrealistisch.

Bij windenergie op zee speelden zowel structurele als andere kostenverhogende factoren een rol (GL Garrad Hassan 2013):

- De eerste parken werden gebouwd in waterdiepten tussen 5 en 15 meter. Geleidelijk is er op steeds diepere locaties gebouwd, tot inmiddels 40 meter diepte. Ook wordt er verder uit de kust gebouwd waardoor de installatie en het onderhoud duurder zijn. Dit werkt kostprijsverhogend.

Tabel 4

Berekende kosten windenergie

	Investeringskosten (Euro/kW)	Vaste onderhoudskosten (Euro/kW per jaar)	Variabele onderhoudskosten (Euro/kWh per jaar)	Vollasturen per jaar	Gemiddelde kosten (levelized costs) (Euro/kWh)
Wind op land (>6MW)	1.350	15,3	0,015	3.500-2.450	0,07 – 0,09
Wind op land (< 6 MW)	1.800	15,3	0,015	3.700-2.900	0,08
Wind op zee (rond of net buiten 12-mijlszone)	3.500	100	-	3.750	0,157

Bron: ECN (2013d)

- De eerste turbines waren niet op zee getest en waren niet goed bestand tegen de ruwe weersomstandigheden. Later werden ze betrouwbaarder maar ook duurder. Eveneens werden steeds grotere turbines toegepast. Door deze ontwikkelingen gingen de investeringskosten omhoog, de levensduur nam toe en de gebruikskosten gingen omlaag. In totaal werd de prijs per kilowattuur uiteindelijk lager.
- Offshore-olie- en gasbedrijven wilden graag betrokken zijn bij de bouw van de eerste parken en namen genoegen met geringere winstmarges dan in hun kernactiviteit.
- Turbinebouwers hadden vanaf 2005 een volle orderportefeuille voor windmolens op land, waardoor ze hogere prijzen konden bedingen voor hun turbines.
- Prijzen voor grondstoffen als staal, koper en beton zijn in de periode 2003-2008 meer dan verdubbeld. Na de recessie zijn deze wel weer gedaald, maar nog niet terug op het niveau van voor 2003 (IRENA 2012).

Dit alles heeft ertoe geleid dat offshorewindparken die na 2010 begonnen te produceren qua investering wel tweemaal zo duur waren als die van voor 2006. Voor een groot deel werd dat veroorzaakt door aanloopproblemen in combinatie met een overspannen markt. De verwachting is dat er nu een meer stabiele keten van toeleveranciers is ontstaan en dat er geen verdere kostenstijging hoeft te zijn als gevolg van de genoemde factoren (IEA 2013).

Het Energieakkoord heeft zich tot doel gesteld een kostenreductie van 40 procent te realiseren in de periode 2014-2024. Daarbij is aangegeven dat deze deels tenietgedaan kan worden doordat duurdere (verder weg gelegen of diepere) locaties in aanmerking komen. De taakstelling inzake kosten geldt daarom voor een bepaald type gebied. De bedoeling is dat nieuwe windparken goedkoper worden, maar door plaatsing verder van de kust of in diepere zee kunnen de investeringen ook duurder worden. In de voor-

genomen aanbestedingen per windpark wordt de voorziene kostendaling al meegenomen (SER 2013).

Bij de realisatie van de afspraak over windenergie op zee in het Energieakkoord zijn twee vragen van essentieel belang: In welke gebieden komen de windparken? Is de nagestreefde kostendaling te verwachten?

Het kabinet had al gebieden aangewezen waar windparken kunnen worden gebouwd (IenM 2013). Deze liggen alle buiten de 12-mijlszone. Hierdoor zijn ze vanaf de kust moeilijk of niet te zien. Daarnaast wordt een haalbaarheidsstudie uitgevoerd naar het ontwikkelen van windparken binnen de 12-mijlszone (nearshore). Om te bezien wat er mogelijk is, moet goed worden bekeken welke belemmeringen er zijn voor plaatsing binnen de 12-mijlszone (Ecofys 2014). Dat kunnen 'harde' belemmeringen zijn, zoals scheepvaartroutes, olie- en gasplatforms en beschermde natuurgebieden, maar ook 'zachte' belemmeringen als aanloopgebieden voor scheepvaart. Dit gaat sommigen niet ver genoeg. Burgemeesters van kustplaatsen hebben al aangegeven dat de molens vanaf het strand niet zichtbaar mogen zijn. Dat heeft wel een prijs: afhankelijk van het type project dat wordt vervangen, leidt plaatsing binnen de 12-mijlszone tot een vermindering van subsidiekosten met 7 tot 24 procent. Voor in totaal 3.000 megawatt nieuw te bouwen offshorewindenergie zou dit een reductie van de totale subsidiebehoefte van 20,5-22,1 miljard euro naar 17,9-19,2 miljard euro kunnen betekenen (Ecofys 2014).² Andere landen maken dezelfde berekeningen. Van bijvoorbeeld de geplande hoeveelheid windenergie op zee in Denemarken is een groot deel nearshore (GWEC 2013).

De tweede vraag is of die 40 procent kostenreductie haalbaar is. De toekomst zal het uitwijzen, maar er zijn wel enkele opmerkingen over te maken. Om een schatting te maken van toekomstige kostenniveaus zijn er twee methoden in zwang. De eerste is top-down en gaat uit van 'leercurven'. De tweede is meer een ingenieursaanpak, met een bottom-up inventarisatie van alle kostencomponenten en hun potentieel voor prijsreductie.

De top-down methode maakt gebruik van een leercurve die aangeeft hoeveel de investeringskosten dalen bij elke verdubbeling van de mondiale capaciteit. Verondersteld wordt dat de leercurve van windenergie op zee een kostenreductie van 5-9 procent bij elke verdubbeling van de geplaatste capaciteit laat zien en die van windenergie op land van 3-7 procent (Fraunhofer 2013; IEA 2013a). Windenergie op zee is immers een nieuwere technologie en daarbij is er meer te leren. Omdat er wereldwijd nog niet zoveel offshorecapaciteit staat (5.400 megawatt eind 2012), is hier sneller een verdubbeling te realiseren en kan worden verwacht dat het leereffect de komende jaren relatief groot is. Volgens de IEA-leercurve zouden de investeringskosten in 2030 met 37 procent gedaald kunnen zijn en in 2050 met 45 procent. De totale opwekkingskosten kunnen in 2050 met ongeveer de helft dalen. In dat licht is 40 procent reductie in 2023 dus (erg) veel.

In de afgelopen jaren zijn twee belangrijke bottom-up studies naar de toekomstige kosten van offshorewindenergie verschenen: een studie uit het Verenigd Koninkrijk (Crown Estate 2012) en een uit Duitsland (Fichtner/Prognos 2013). Volgens beide studies zouden de productiekosten van windenergie op zee (in euro per megawattuur) de

komende tien jaar kunnen dalen met zo'n 30-40 procent. Ook geredeneerd vanuit bottom-up studies is een kostendaling van 40 procent in tien jaar dus veel, maar niet onmogelijk. Om bovengenoemde kostendaling te realiseren, zijn kostendalingen van vele verschillende componenten nodig, zoals:

- goedkopere turbines en andere hardware, en het vergroten van de elektriciteitsopbrengst;
- schaalvergroting en meer competitie tussen marktpartijen die cruciale onderdelen leveren;
- slimmer en minder arbeidsintensief onderhoud;
- logistieke verbeteringen door vroegtijdige afstemming tussen partijen zodat alles goed op elkaar aansluit (zowel technisch als organisatorisch);
- standaardisering van financiering, zodat grotere partijen als pensioenfondsen kunnen deelnemen, en kapitaallasten dalen;
- stroomlijnen van beleid, bijvoorbeeld door ervoor te zorgen dat bij uitgifte van concessies al veel voorwerk is verricht en dit niet dubbel hoeft te gebeuren;
- coördinatie van netbeheer op zee.

Of het doel van 4.450 megawatt windenergie op zee zal worden gerealiseerd, hangt af van de mate waarin de windsector erin slaagt de bouwkosten te verminderen. Als de kostendaling achterblijft bij het pad dat nodig is om 40 procent reductie te realiseren, is denkbaar dat Nederland er niet in slaagt 4.450 megawatt te bouwen. In die zin is er geen risico op kostenoverschrijding, wel op niet-realiseren. Het realiseren van de kostendaling is namelijk een voorwaarde voor medefinanciering door de overheid. Ondanks de verwachting dat de windtechnologie op zee in kosten nog flink kan dalen, zal de technologie rond 2020 en bij een optimistische inschatting nog rond 10 euro per megawattuur kosten. Dit zal dus nog duurder zijn dan fossiele energie en sommige andere vormen van hernieuwbare energie.

Bij een economische beschouwing van windenergie spelen niet alleen de zuivere technologiekosten een rol, maar ook aspecten rond de systeem- en marktintegratie van windstroom. Wezenlijk hierbij is dat de hoeveelheid opgewekte windenergie afhankelijk is van de weersomstandigheden en zich niet primair richt op de vraag. Bij de marktintegratie is daarnaast van belang dat een windturbine zodra zij eenmaal is gebouwd elektriciteit tegen lage marginale kosten produceert; er zijn immers geen brandstofkosten.

Technisch is de systeemintegratie van kleine aandelen variabele windenergie geen groot probleem, en dat geldt ook voor eveneens variabele zonne-energie. Het IEA (2014) gaat uit van een vrijwel probleemloze integratie van 5-10 procent variabele hernieuwbare energie in het elektriciteitssysteem. Bij hogere aandelen zullen systeemkosten gerelateerd aan het balanceren (nodig voor het op spanning houden van het net), de adequaatheid van de elektriciteitsvoorziening (zoals gegarandeerde vraagvermindering of back-up capaciteit als het niet waait), en netwerkkosten (windturbines staan doorgaans niet vlak bij de vraagcentra) toenemen. De hoogte van de extra systeemkosten hangt af van de flexibiliteit van het systeem en loopt doorgaans pas fors op bij een aandeel windenergie boven de 20 procent. Als in het theoretische geval het aandeel

windenergie in het elektriciteitssysteem van de ene dag op de andere tot 45 procent stijgt, leidt dit tot wel 40 procent hogere systeemkosten. Maar in de praktijk zal de flexibiliteit van het systeem geleidelijk worden verbeterd; de extra kosten zijn dan uiteindelijk veel lager (IEA 2014).

Over de marktintegratie van windenergie maakten lange tijd slechts weinigen zich druk. De lage aandelen windenergie in de elektriciteitsvoorziening hadden amper invloed op het functioneren van de elektriciteitsmarkt. Daarnaast was de gedachte dat de kosten van windenergie zouden dalen en de elektriciteitsprijs zou stijgen. Dit laatste vanwege stijgende olieprijsen en de daaraan gekoppelde gasprijsen. Ervaringen in landen met hogere aandelen windenergie in de elektriciteitsmix, zoals Duitsland met 8 procent in 2013 en Denemarken met 30 procent in 2012, hebben echter geleerd dat windstroom vanwege zijn variabiliteit en lage marginale kosten de prijsvorming in de markt sterk beïnvloedt. Dit heeft vervolgens ook weer invloed op de opbrengst van elektriciteit geproduceerd door de windturbines.

In Nederland worden elektriciteitsprijzen doorgaans door de kosten van de laatst ingezette gascentrale bepaald. Als de gasprijsen stijgen, stijgt de elektriciteitsprijs. In de laatste referentieraming van PBL en ECN (2013) neemt volgens deze gedachtegang de groothandelsprijs van elektriciteit van 51,9 euro per megawattuur in 2014 toe tot 63,3 euro per megawattuur in 2020. Analyses van het functioneren van elektriciteitsmarkten met hoge aandelen windenergie laten zien dat er twee factoren zijn die eveneens de elektriciteitsprijs beïnvloeden: het *'merit order-effect'* en het *'correlatie-effect'* (Hirth 2013). Deze factoren worden vaak samengevat als het *'profiel-effect'*.

Vanwege de lage marginale kosten zal een windturbine als het waait zoveel produceren als mogelijk. Het *'merit order-effect'* ontstaat doordat de duurste centrale die zonder windenergieproductie nog nodig was dan afvalt. Omdat de elektriciteitsprijs door de elektriciteitscentrale met de hoogste marginale kosten wordt bepaald, zal windenergieproductie tot prijsdaling leiden (Pöyry 2010, Hirth 2013). Het *'correlatie-effect'* verwijst naar de correlatie tussen windenergieproductie en de elektriciteitsvraag. Indien windenergie wordt geproduceerd op momenten met een hoge elektriciteitsvraag is de correlatie hoog. Omdat de elektriciteitsprijzen bij een grotere vraag hoger zijn, zal dit ervoor zorgen dat een producent van windenergie dan meer voor zijn geproduceerde elektriciteit zal ontvangen dan de gemiddelde elektriciteitsprijs. Hirth (2013) heeft deze samenhang tussen het *'correlatie-effect'* en de elektriciteitsprijs empirisch aangetoond. In een modelstudie van de Duitse elektriciteitsmarkt door Hirth (2013) kwam naar voren dat ten gevolge van het *'profiel-effect'* bij een aandeel van 30 procent windenergie in de stroommix een daling van de elektriciteitsprijs in orde van grootte van 75 procent kan optreden. Als op den duur het totale elektriciteitssysteem flexibeler wordt en beter kan inspelen op het variabele aanbod wind, en als meer verbindingen met buurlanden (interconnecties) beschikbaar komen dan wordt de drukkende werking van het *'profiel-effect'* op de elektriciteitsprijzen kleiner. Ook bleek uit de studie dat de samenhang van wind en zon zodanig is dat met meer zonne-energie de marktwaarde van windstroom toeneemt.

Vanwege de structuur van de huidige elektriciteitsmarkt, waarbij marginale kosten de prijs bepalen, heeft windenergie een prijsdrukkende werking. Kortom, de windturbines

veroorzaken zelf dalende prijzen en dus dalende opbrengsten van de door henzelf opgewekte elektriciteit. Dit zal resulteren in een blijvend beroep op de Subsidieregeling Duurzame Energieproductie (SDE+). Het risico bestaat immers dat niet alleen de kosten van windenergie dalen, maar ook de opbrengsten, waardoor het benodigde subsidiebedrag niet of minder afneemt. Het lijkt zinvol tijdig te bezien welke oplossingen hiervoor kunnen worden bedacht. Dit noopt tot een heroverwegen van het huidige marktmodel om een betaalbaar, betrouwbaar en duurzaam elektriciteitssysteem in stand te houden.

De bandbreedtes van berekende 'profiel effecten' op basis van modelstudies zijn groot en afhankelijk van gemaakte aannames. Resultaten van studies gebaseerd op empirische data liggen dicht bij elkaar. ECN heeft voor Nederland onderzoek gedaan naar het prijsdrukkend effect van windenergie. Het 'profiel effect' zou in de periode van 2006 tot 2009, waarin het aandeel windenergie steeg tot 4 procent van de totale elektriciteitsopwekking, tot een daling van de gemiddelde elektriciteitsprijs van ongeveer 5 procent hebben geleid. De prijsdaling voor windenergie was in dezelfde periode 11,5 procent. Met een model schatten de auteurs dat een toename van windenergie van 2.200 naar 6.000 megawatt tot een extra daling van de gemiddelde elektriciteitsprijs leidt van 6 procent. Hierbij is de structuur van het overige elektriciteitssysteem gelijk verondersteld. Als rekening wordt gehouden met geplande uitbreidingen van het elektriciteitssysteem, bedraagt de extra daling 3 procent (Nieuwenhout & Brand 2011).

De relatieve inflexibiliteit van het huidige elektriciteitssysteem resulteert in Duitsland met enige regelmaat tot hele lage en zelfs negatieve elektriciteitsprijzen (Neubarth 2010). Deze negatieve prijzen ontstaan door een combinatie van een hoog aandeel windenergie, dat voorrang krijgt op het elektriciteitsnet, en een lage elektriciteitsvraag (meestal is dit in weekenden aan de orde), en doordat het voor sommige conventionele centrales heel kostbaar is om op de productie te reduceren.

Noten

- 1 Bij elektriciteitsproductie op land worden de directe aansluitkosten aan de producent toegerekend, maar als er bijvoorbeeld elders een netverzwaring nodig is, wordt dat door de verbruikers samen betaald.
- 2 Hier is de 40 procent kostenreductie nog niet in verwerkt.

5 ‘Windenergie biedt veel economische kansen’

Drie van de vier grootste windturbinebedrijven ter wereld waren in 2012 West-Europees: Vestas uit Denemarken, Siemens en Enercon uit Duitsland (Lüthkenhorst & Pegels 2014). De Europese windindustrie heeft daarmee een veel sterkere positie dan die van zon-PV. De kunst is deze door een combinatie van innovatie en daadwerkelijke toepassing in stand te houden of te versterken. De Nederlandse windindustrie is betrekkelijk klein van omvang. De werkgelegenheid in het Topconsortium Kennis en Innovatie Wind op Zee¹ (TKI-WoZ) bedroeg in 2011 1.800 fte, een toename met 300 sinds 2008. De toegevoegde waarde in 2011 was 240 miljoen euro (CBS 2013b). De werkgelegenheid in de totale windindustrie bedroeg in 2009 2.100 fte, met een toegevoegde waarde van 310 miljoen euro (CBS 2011). Ten opzichte van de 117.900 werknemers in de Duitse windindustrie is dit nog erg weinig (de Duitse economie is vijfmaal zo groot als de Nederlandse). Veel Nederlandse bedrijvigheid zit dus niet in de windindustrie in enge zin, maar in bijvoorbeeld offshorebedrijven die in installaties en fundamenten van windenergie op zee een rol spelen. De patentpositie van de Nederlandse windindustrie versterkt zich snel, wat een indicatie is voor goede innovatiekansen (CBS 2013b). Nederlandse bedrijven opereren daarbij in ketens: toeleverantie, productie, financiering, onderhoud worden steeds meer geïntegreerd. De concurrentie is sterk en de winstmarges zijn klein. Alleen als onderdeel van zo'n keten kunnen Nederlandse bedrijven een rol spelen. Welke inzet op windenergie economische kansen biedt is onzeker, en afhankelijk van de balans van twee tegengestelde factoren. Enerzijds is er de notie dat een economie die relatief veel fossiele brandstoffen gebruikt kwetsbaar is. Het PBL verwoordde dit onlangs als volgt: ‘Als we niet veel zuiniger omspringen met grondstoffen en voorkomen dat natuur en klimaat verder worden aangetast, loopt op termijn onze economische groei gevaar. Vergroening van de economie is dan ook noodzakelijk’ (PBL 2013b). Anderzijds vraagt inzet op windenergie nu subsidies. In de beoordeling van het Energieakkoord schreven ECN en PBL (2013) daarover: ‘De omvangrijke investeringen in hernieuwbare energie hebben per saldo een bescheiden effect op de nationale werkgelegenheid. Het gaat hier om kapitaalintensieve investeringen die voor een belangrijk deel import oproepen. Investeringen in hernieuwbare energie vragen om omvangrijke subsidies. De subsidies op het investeringsbedrag variëren van 40 tot 50 procent voor bijvoorbeeld zonnepanelen tot bijna 70 procent voor windturbines op zee. De subsidies dekken de toekomstige exploitatieverliezen. Dit betekent dat tegenover de werkgelegenheidswinst op korte termijn een efficiencyverlies op lange

termijn staat. Dit is de prijs die wordt betaald voor de duurzaamheidswinst, die verder samenhangt met internationale afspraken.' Vandaar dat 8,8 miljard euro aan extra investeringen in hernieuwbare energie uit het Energieakkoord in deze berekening tot een netto werkgelegenheidstoename van 20.000 arbeidsjaren in de periode 2013-20 leidt, gemiddeld 2.500 per jaar.

Om de kansen voor het Nederlandse bedrijfsleven te vergroten, is het TKI-WoZ opgezet waarvoor 11-14 miljoen euro per jaar (2012-13) beschikbaar is gesteld. Het TKI-WoZ zet in op enkele specifieke thema's: ondersteuningsconstructies, optimalisatie (een windpark intern beter coördineren), netwerkverbetering, logistiek, beter beheer en onderhoud. Er wordt een plan van aanpak gemaakt om een demonstratiepark te ontwikkelen dat tot doel heeft een kostprijs te realiseren van 15 euro per megawattuur in 2015 en via innovaties richting 10 euro per megawattuur in 2020. Omdat de windindustrie in vergelijking met de productie in gas-, kolen- of kerncentrales modulair van karakter is, is de windsector een relatief goede kandidaat voor verdere kostendaling. De opbrengst van onderzoek en demonstraties in termen van patenten is relatief groot (Trancik 2014). Enerzijds is er dus het inzicht dat inzet op vergroening van de economie op termijn de concurrentiepositie kan versterken, anderzijds dat subsidies nu de werkgelegenheid maar in geringe mate doen toenemen. De indruk daarbij is dat inzet op innovatieve technologieën als windenergie op zee economisch meer oplevert dan inzet op de laagste exploitatiesubsidies. Immers, waar er nog van een stevige leercurve sprake is en Nederland met offshorekennis een goede uitgangspositie heeft, kunnen investeringen in offshorewindenergie kansen bieden. Het gaat immers om technologieën waarmee op termijn rendabele toepassing kan worden verwacht. Duitsland heeft daarbij laten zien dat vraaggestuurd, op de toekomst en op continuïteit gericht R&D-beleid tot innovatie en economisch succes kan leiden. Denemarken liet zien hoe het midden- en kleinbedrijf kan worden gestimuleerd daarbij een actieve rol te spelen (PBL 2013a).

Noot

- 1 Dit TKI valt onder de Topsector Energie van het Nederlandse innovatiebeleid. In een TKI werken bedrijven, kennisinstellingen en de overheid nauw samen met als doel kracht van het Nederlandse bedrijfsleven te koppelen aan realisatie van maatschappelijke doelen.

Literatuur

- CBS (2009), Duurzame energie 2008. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag.
- CBS (2011), Economische radar duurzame energiesector. De aanbodzijde belicht van de economie achter de hernieuwbare energie en energiebesparing. Een nulmeting voor werkgelegenheid, productie, toegevoegde waarde, internationaal handel, investeringen en innovatie. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag.
- CBS (2013a), Hernieuwbare energie in Nederland 2012. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen.
- CBS (2013b), Economic Radar of the Sustainable Energy Sector in the Netherlands, 2008 – 2011. CBS Statistics Netherlands, The Hague.
- Crown Estate (2012), Offshore Wind Cost Reduction. Pathways Study. The Crown Estate.
- EC (2013), EU Energy, Transport and GHG Emissions Trends to 2050, Reference Scenario 2013. European Commission, Directorate-General for Energy, Directorate-General for Climate Action, Directorate-General for Mobility and Transport.
- ECN (2013a), 16% Hernieuwbare energie in 2020 – Wanneer aanbesteden? ECN-E--13-006.
- ECN (2013b), Toelichting inschatting korte-termijneffecten Energieakkoord op hernieuwbare energie. ECN-E--13-044.
- ECN (2013c), Kosten van het inpassen van grote hoeveelheden zon en wind in de Nederlandse elektriciteitsvoorziening. Energieonderzoekscentrum Nederland (ECN). ECN-N--13-021.
- ECN (2013d), Eindadvies basisbedragen SDE+ 2014. Energieonderzoekscentrum Nederland (ECN). ECN-E--13-050.
- ECN/PBL (2013), Het Energieakkoord: wat gaat het betekenen? Inschatting van de gemaakte afspraken.
- Ecofys (2013), Invulling van 16% hernieuwbare energie in 2020. ECOFYS Netherlands B.V., Utrecht.
- Ecofys (2014), Argumentendocument Nearshore Wind Nederland. ECOFYS Netherlands B.V., Utrecht.
- EWEA (2013), Wind in power. 2012 European statistics. The European Wind Energy Association.
- Eerens, H. & E. de Visser (2008), Wind-energy potential in Europe 2020-2030, ETC/ACC, Bilthoven. Technical Paper 2008/6.

- Fichtner/Prognos (2013), Cost Reduction Potentials of Offshore Wind Power in Germany. Prognos AG and The Fichtner Group.
- Fraunhofer (2013), Stromgestehungskosten erneuerbare Energien. Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme ISE.
- GL Garrad Hassan (2013), Offshore wind 10 Years 10 Lessons, Reflections on a decade of experience.
- GWEC (2013), Global Wind Report. Annual Market Update 2012. Global Wind Energy Council, April 2013.
- Hajer M., D. Sijmons & F. Feddes (2006), Een plan dat werkt. Ontwerp en politiek in de regionale planvorming. Rotterdam: NAI Uitgevers.
- Hirth L. (2013), The Market Value of Variable Renewables. The Effect of Solar and Wind Power Variability on their Relative Price. European University Institute (EUI) Working Paper. RSCAS 2013/36. Robert Schuman Centre for Advanced Studies.
- Hood C. (2011), Summing up the parts – Combining policy instruments for least-cost climate mitigation strategies. International energy agency, Paris.
- IEA (2012), Energy Technology Perspectives. International Energy Agency, Paris.
- IEA (2013), Technology roadmap. Wind energy, 2013 edition. International Energy Agency, Paris.
- IEA (2014), The Power of Transformation. Wind, Sun and the Economics of Flexible Power Systems, International Energy Agency, Paris.
- I&M (2013), Ontwerp-Rijksstructuurvisie Windenergie op Zee, Partiële herziening van het Nationaal Waterplan Hollandse Kust en Ten Noorden van de Waddeneilanden. Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- IRENA (2012), Renewable energy technologies: cost analysis series. Volume 1: Power Sector, Issue 5/5. Wind Power. Working paper International Renewable Energy Agency.
- Lehmann, P. & E. Gawel (2013), Why should support schemes for renewable electricity complement the EU emissions trading scheme. Energy Policy 52, 597-607.
- Lütkenhorst W. & A. Pegels (2014), Germany's Green Industrial Policy. Stable Policies – Turbulent Markets: The costs and benefits of promoting solar PV and wind energy. Global Subsidies Initiative (GSI). The International Institute for Sustainable Development (IISD).
- Neeft J., J. Dijkstra, F. van Erp & T. Leguijt (2013), Rapportage 2013. Prognose hernieuwbare energie. Agentschap NL.
- Neubarth J. (2010), Negative Strompreise: Wer zahlt die Zeche? Marktakteure sind unterschiedlich betroffen. EW 109 (13), 26-28.
- Nieuwenhout F. & A. Brand (2011), The impact of wind power on APX day-ahead electricity prices in the Netherlands. 2011 8th International Conference on the European Energy Market (EEM), 226-230.
- PBL (2013a), EU Options for climate and energy beyond 2020. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague. PBL publication number: 1082.
- PBL (2013b), Vergroenen en verdienen, op zoek naar kansen voor de Nederlandse economie. Signalenrapport, PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag.
- PBL (2014a), Biomassa: wensen en grenzen. www.pbl.nl/biomassa.

- PBL (2014b), Energiecoöperaties: ambities, handelingsperspectief en interactie met gemeenten. De energieke samenleving in praktijk. Den Haag, PBL.
- PBL & ECN (2011), Naar een schone economie in 2050: routes verkend. Hoe Nederland klimaatneutraal kan worden. Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) en Energieonderzoekscentrum Nederland (ECN), Den Haag. PBL-publicatienummer: 500083014.
- PBL & ECN (2013), Uitgangspunten voor het referentiep pad bij de evaluatie van het SER-energieakkoord. PBL/ECN-Notitie.
- Pöyry (2010), Wind energy and electricity prices. Exploring the 'merit order effect'. A literature review by Pöyry for the European Wind Energy Association.
- SER (2013), Energieakkoord voor duurzame groei. Sociaal Economische Raad.
- Trancik J.E. (2014), Back the renewables boom. Nature 57, 7492.
- trend:research (2013), Definition und Marktanalyse von Bürgerenergie in Deutschland. trend:research GmbH Institut für Trend- und Marktforschung und der Leuphana Universität Lüneburg im Auftrag der Initiative 'Die Wende – Energie in Bürgerhand' und der Agentur für Erneuerbare Energien, Bremen/Lüneburg.
- Turkenburg W. (2013), Nederland is niet de hekkensluiter van Europa. Trouw, 13 juli 2013.

PBL (Planbureau voor de Leefomgeving)

Postadres
Postbus 30314
2500 GH Den Haag

Bezoekadres
Oranjevuitensingel 6
2511 VE Den Haag
T +31 (0)70 3288700

www.pbl.nl

April 2014