

## Basiskennis Windpark Wieringermeer

(Wat elke volksvertegenwoordiger over (wind)-energie moet weten)

### Inleiding

Het Windpark Wieringermeer kent een lange voorgeschiedenis waarin met veel zorgvuldigheid gepoogd is een voor alle partijen acceptabele oplossing te bereiken voor enerzijds de wens om meer elektriciteit duurzaam te produceren en anderzijds te voorkomen dat de rust en ruimte en het weidse landschap van de polder onevenredig zou worden aangetast.

Door de in het verleden gegeven planologische ruimte was een zeer onrustig beeld ontstaan van kleinere solitaire turbines en grotere turbines in lijnopstelling. Voor het Windplan Wieringermeer werd het synthesesmodel Boogspant ontworpen waarin 76 nieuwe turbines en 10 te handhaven bestaande turbines de basis vormde voor de thematische structuurvisie waarin de windenergieopgave in Wieringermeer in één integraal project wordt gerealiseerd.

Afgeleid van Europese ambities werd in september 2013 het “Energieakkoord voor duurzame groei” opgesteld waarin de volgende doelstellingen waren opgenomen:

- Een besparing van het finale energieverbruik met gemiddeld 1,5 procent per jaar.
- 100 petajoule aan energiebesparing in het finale energieverbruik van Nederland per 2020.
- Een toename van het aandeel van hernieuwbare energieopwekking (nu ruim 4 procent) naar 14 procent in 2020.
- Een verdere stijging van dit aandeel naar 16 procent in 2023.
- Ten minste 15.000 voltijdsbanen, voor een belangrijk deel in de eerstkomende jaren te creëren.

Van de 100 petajoule (PJ) aan energiebesparing moet 13 – 43 PJ in de gebouwde omgeving worden gerealiseerd.

De voor hernieuwbare energieopwekking opgenomen doelstelling werd concreet gemaakt met 6000 MW (54 PJ) operationeel windvermogen op land (WoL) in 2020 en 4450 MW operationeel windvermogen op zee (WoZ) in 2023.

Van de 6000 MW WoL wordt 685,5 MW in Noord-Holland geplaatst.

Van deze 685,5 MW zal 300 – 400 MW met ca. 100 turbines in het Windpark Wieringermeer worden opgesteld.

Voor Windenergie wordt Denemarken waar een substantieel deel van de vraag naar elektriciteit met windturbines wordt opgewekt, vaak als voorbeeld en model gezien.

Denemarken was immers de eerste grootschalige gebruiker van windkracht ter wereld en wereldleider in de fabricage van turbines totdat windkracht een populaire bron van CO<sub>2</sub>-vrije energie werd in de rest van de wereld.

Tussen 1988 en 2003 werd in het windrijke westelijke deel van Denemarken 2.400 MW windvermogen geplaatst. In het gehele land werd 3.160 MW gerealiseerd.

De voorsprong van Denemarken levert ook lessen waaruit veel te leren valt.

In september 2009 verscheen het rapport WIND ENERGY, THE CASE OF DENMARK over de productie en consumptie van elektriciteit en de effecten op de werkgelegenheid. [www.cepos.dk](http://www.cepos.dk)

Behalve de vaststelling dat in het publieke debat meerdere aspecten onderbelicht zijn gebleven en dat negatieve effecten weinig aandacht krijgen, wordt erkend dat het reproduceren van de berekeningen gecompliceerd en onzichtbaar is voor de gewone burger.

Enkele conclusies uit dit rapport:

– Door het ontbreken van opslag blijft het gebruik door de Deense bevolking ver achter bij de duurzaam opgewekte hoeveelheid elektriciteit.

– Door de onbalans tussen aanbod en binnenlandse vraag werd in de periode 2001 – 2008 door West-Denemarken gemiddeld 57 %, en door Oost-Denemarken gemiddeld 45 % van de opgewekte stroom geëxporteerd.

**(N.B. De twee landsdelen waren tot 2010 niet aan elkaar gekoppeld. Tot 2010 was West-Denemarken afgestemd**

op Duitsland en het Europese UCTE-netwerk, terwijl Oost-Denemarken was gesynchroniseerd met het Scandinavische NORDEL-systeem dat Finland, Noorwegen en Zweden omvat)

– De geëxporteerde stroom bracht materiële voordelen in de vorm van goedkope stroom en uitstel van investeringen voor consumenten in Zweden en Noorwegen, maar niet voor de Denen. Door belastingen en heffingen op elektriciteit werd stroom voor Deense huishoudens veruit het duurste in de EU.

– De met windturbines opgewekte energie die Denemarken naar Noorwegen en Zweden exporteert, bespaart in Denemarken geen fossiele brandstof en vermindert evenmin de CO<sub>2</sub>-emissie, maar verdringt de koolstof-neutrale elektriciteit in beide Scandinavische landen.

### **Windpark Wieringermeer**

Voor informatie over het Windpark Wieringermeer is de website [www.windparkwieringermeer.nl](http://www.windparkwieringermeer.nl) de aangewezen bron.

Maar die site heeft voornamelijk een promotioneel doel en geeft door de windenergielobby gekleurde informatie. Uitspraken zoals in het Deense rapport ontbreken op [www.windparkwieringermeer.nl](http://www.windparkwieringermeer.nl)

Volgens [www.windparkwieringermeer.nl](http://www.windparkwieringermeer.nl) wordt met ca. 100 windturbines per jaar 1 miljard kWh stroom voor 275.000 huishoudens opgewekt en wordt de uitstoot van CO<sub>2</sub> met 580 miljoen kilo verminderd. Deze claims zijn aantoonbaar onjuist maar worden voor zoete koek geslikt omdat controle van de informatie zonder specialistische kennis onmogelijk is.

Inderdaad gebruiken 275.000 huishoudens niet meer dan 1 miljard kWh = 3,6 PJ elektriciteit. Maar die vraag van 1 miljard kWh kan niet met 300 – 400 MW turbinevermogen worden opgewekt.

De vermindering van de CO<sub>2</sub> uitstoot van 580 miljoen kilo past evenmin bij de realiteit.

Een reductie van 580 miljoen kilo CO<sub>2</sub> is veel te rooskleurig als rekening wordt gehouden met het stand-by beschikbaar zijn van back-up vermogen; het verminderd rendement van productie onder deellast, de aanloopverliezen van conventionele centrales bij het opstarten vóór koppeling aan het net plaats vindt en de onbalans tussen vraag en aanbod.

Maar zelfs als deze factoren verwaarloosd worden, correspondeert een vermindering van de CO<sub>2</sub> uitstoot met een productie van 2 tot 7 PJ, terwijl het Windpark slechts 1,8 – 3,3 PJ produceert.

Twee andere onderwerpen die van belang zijn:

### Poldermolen.

Voor dit object is een voorkeurslocatie gepresenteerd die een aantal jaren geleden werd voorgesteld door de tennisvereniging in Wieringerwerf. Toen werd dat plan wegens onoverkomelijke bezwaren geblokkeerd, nu zou een aanzienlijk grotere turbine daar wel mogelijk zijn.

### Ruimtegebruik

Het ruimtegebruik in de voor grootschalige opwekking van windenergie aangewezen Wieringermeer-polder is verre van optimaal.

Oorspronkelijk werd geopteerd voor turbines in de hoogste vermogensklasse (> 6 MW).

De in augustus 2011 verschenen oplegnotitie memoreert het proces waarin de twee scenario's (Polderrand en Boemerang) zijn samengebracht in het synthesesemodel Boogspant.

Dit model waarin 76 nieuwe turbines en 10 te handhaven bestaande turbines zijn opgenomen, vormt de basis voor de thematische structuurvisie waarin de windenergieopgave in Wieringermeer in één integraal project wordt gerealiseerd. Daarna zijn 3 additionele scenario's ontwikkeld waarin het Boogspantmodel werd uitgerekt, uitgebreid en misvormd.

Het Boogspantmodel zou met 76 nieuwe Senvion (Repower) 6.2M turbines een theoretisch vermogen van 471 MW (de toenmalige taakstelling van de provincie) kunnen leveren.

Latere scenario's gaan uit van de Senvion (Repower) 3.4 M turbine waarbij afhankelijk van het scenario, het aantal turbines toeneemt tot 85, 95 en 97.

De laatste twee scenario's kennen een gedeeltelijk dubbele lijnopstelling, een model dat eerder in het

inpassingsproces overtuigend was afgewezen.

In onderstaande tabel zijn enkele kenmerken van de verschillende scenario's opgenomen.

Scenario	Boogspant	Boogspant met Enercon E-126	Opgerekte Boogspant	Opgerekte Boogspant + Kleitocht	Opgerekte Boogspant + Oudelandertocht
Aantal turbines	76 x 6,2 MW Senvion	63 x 7,5 MW Enercon	85 x 3,4 MW Senvion	97 x 3,4 MW Senvion	95 x 3,4 MW Senvion
Ashoogte / Rotordiameter	100-117 m. / 126 m.	135 m / 127 m		Ashoogte: 80-128 m. / Rotordiameter 104 m.	
Opgesteld vermogen	471 MW	472 MW	289 MW	330 MW	323 MW
Vermogen t.o.v. Boogspant	100%	100%	61%	70%	69%
Benodigde lijnlengte	47,3 km	39,4 km	43,7 km	49,9 km	48,9 km

De benodigde lijnlengte is volgens NEN berekend op basis van een onderlinge afstand = 5 x rotordiameter

Inmiddels zijn voor het Windpark geen turbines uit de hoogste vermogensklasse geselecteerd. Daarmee wordt de in Wieringermeer beschikbare ruimte NIET optimaal benut en wordt de leefbaarheid door dubbele lijnopstellingen meer dan nodig aangetast. Door plannen in de aangrenzende polders NIET ondergeschikt te maken aan het Windpark Wieringermeer, dreigt een visueel beeld te ontstaan dat volledig in strijd is met de uitgangspunten van het Windpark.

In onderstaand overzicht wordt het ruimtegebruik van de middenklasse 3,3 MW Vestas V112 vergeleken met de ten noorden van Medemblik geplaatste 7,5 MW Enercon E-126.

**Geschat verhardingsoppervlakten nieuw Windpark Wieringermeer (indicatief)**

**Turbine Enercon E-126:** Vermogen = 7,5 MW; Ashoogte: 135 m. Rotordiameter: 127 m.

73 turbines + poldermolen = 74 vragen 322.225 m<sup>2</sup> verhard oppervlak

74 turbines = 555 MW betekenen 322.225 m<sup>2</sup> / 555 MW = 581 m<sup>2</sup> verhard oppervlak / MW !

Lijnlengte (excl. poldermolen) 73 Wt's = 547,5 MW = 72 x 5 x 127 = 45,7 km = 83,5 m / MW

**Turbine Vestas V112:** Vermogen = 3,3 MW; Ashoogte: 119 m. Rotordiameter: 112 m.

89 turbines + poldermolen = 90 vragen 364.825 m<sup>2</sup> verhard oppervlak

90 turbines = 297 MW betekenen 364.825 m<sup>2</sup> / 297 MW = 1228 m<sup>2</sup> verhard oppervlak / MW !

Lijnlengte (excl. poldermolen) 89 Wt's = 293,7 MW = 88 x 5 x 112 = 49,3 km = 167,8 m / MW

Hoewel het verhard oppervlak en de lijnlengte van dezelfde orde zijn, verschilt het opgestelde vermogen en daarmee de opgewekte energie, een factor 2.

Met turbines uit het hoogste segment zou een dubbele lijnopstelling voorkomen kunnen worden.

In de bijlage vindt u een aantal berekeningen voor het Windpark gebaseerd op CBS-cijfers. Daarbij is het onontkoombaar dat wordt teruggegrepen op natuurkundige en scheikundige kennis. Vanuit de ambities in het Energieakkoord worden eerst enkele natuurkundige begrippen behandeld. Daarmee ontstaan tevens relaties tussen de vele in "energieland" gehanteerde eenheden. Ook worden de doelen van het Energieakkoord in het perspectief geplaatst van het totale energiegebruik van huishoudens en bedrijven in Nederland en worden verdergaande scenario's belicht.

## BIJLAGE

### Energieakkoord en het Windpark Wieringermeer

Onderdeel van het "Energieakkoord voor duurzame groei" is 6000 MW Wind op Land, waarvan 685,5 MW in Noord-Holland wordt geplaatst.

Van deze 685,5 MW zal 300 – 400 MW met ca. 100 turbines in het Windpark Wieringermeer worden verzorgd.

Volgens [www.windparkwieringermeer.nl](http://www.windparkwieringermeer.nl) wordt daarmee per jaar 1 miljard kWh stroom voor 275.000 huishoudens opgewekt en wordt de uitstoot van CO<sub>2</sub> met 580 miljoen kilo verminderd.

Per huishouden komt dus  $1 \text{ miljard kWh} / 275.000 = \underline{3636 \text{ kWh}}$  beschikbaar; een getal dat enigszins afwijkt van het uit CBS-gegevens berekende gemiddelde gebruik. (3303 kWh)

### Huishoudelijk Energiegebruik in Nederland

Het aantal huishoudens in Nederland is ca. 7,5 miljoen (= **27,273 x 275.000**)

Deze huishoudens gebruikten volgens het CBS in 2013 totaal aan energie:

**449,6 PJ** waarvan **89,18 PJ** elektrische energie

De bijdrage van elektrische energie aan het totale energiegebruik bedraagt dus  $89,18 / 449,6 = \underline{19,8 \%}$ .

1 miljoen huishoudens gebruikten in 2013:  $\underline{89,18 \text{ PJ}} / 7,5 = \underline{11,891 \text{ PJ}}$  elektrische energie.

Met 7,5 miljoen huishoudens is het energiegebruik per huishouden:  $\underline{449,6 \text{ PJ}} / 7,5 \text{ miljoen} = \underline{59,95 \dots}$

Het zal u inmiddels duizelen van de getallen, de begrippen en de eenheden.

Voor de begrippen en de eenheden keren we even terug naar de middelbare school:

Eenheid van Kracht = N (ewton) = kg . m / s<sup>2</sup>

Eenheid van Afstand = m (eter)

Eenheid van Energie = J (oule)

Eenheid van Tijd = s (econde)

Energie = Arbeid = Kracht x Afstand = N . m = J

Vermogen = Energie per sec en drukken we uit in Watt (W) = J / sec

Energie = Vermogen x Tijd = W . s = J.

In de praktijk gebruiken we vermenigvuldigingsfactoren zoals:

<b>k</b>	= kilo	= 1.000	= <b>10<sup>3</sup></b>
<b>M</b>	= mega	= 1.000.000	= <b>10<sup>6</sup></b>
<b>G</b>	= giga	= 1.000.000.000	= <b>10<sup>9</sup></b>
<b>T</b>	= tera	= <b>10<sup>12</sup></b>	
<b>P</b>	= peta	= <b>10<sup>15</sup></b>	

1 kWh staat dus voor  $1000 \times W \times 3600 \text{ sec.} = 3.600.000 \text{ W.s} = 3,6 \times 1.000.000 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ}$ .

Dus **1 kWh = 3,6 MJ** of **1 MJ = 1 / 3,6 = 0,278 kWh**

Het energiegebruik per huishouden werd berekend door het totale energiegebruik te delen door het aantal huishoudens =  $\underline{449,6 \text{ PJ}} / 7,5 \text{ miljoen} = \underline{59,95 \dots}$

De eenheid bij het getal **59,95 . .** kunnen we vinden door de vermenigvuldigingsfactoren in te vullen.

$$449,6 \text{ PJ} = 449,6 \cdot 10^{15} \text{ J}; \quad 7,5 \text{ miljoen huishoudens} = 7,5 \cdot 10^6.$$

Dat geeft als berekening voor het energiegebruik per huishouden:

$$449,6 \cdot 10^{15} \text{ J} / 7,5 \cdot 10^6 = 59,95 \cdot 10^9 = \underline{59,95 \text{ GJ}} \text{ energie / huishouden}$$

$$\underline{59,95 \text{ GJ}} = 59,95 \times 1000 \text{ MJ} = 59,95 \times 1000 \times 0,278 \text{ kWh} = \underline{16.652 \text{ kWh}}.$$

Van deze hoeveelheid energie is volgens het CBS ca. 3300 kWh stroom.

Het aandeel stroom in het totale energiegebruik van een huishouden is dus  $3300 / 16.652 = \underline{19,8 \%}$ .

Naast de huishoudens, gebruiken ook industrie en bedrijfsleven veel energie.

Volgens het CBS was dat over 2013: **2152 PJ**. Dus 4,8 x het huishoudelijk gebruik van **449,6 PJ**.

#### **Wat levert het Windpark Wieringermeer op ?**

Volgens de site van het Windpark wordt per jaar 1 miljard kWh stroom opgewekt met 300 – 400 MW opgesteld vermogen. Hoe brengen we deze getallen bij elkaar ?

$$\underline{1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}}; \text{ dus } \underline{1 \text{ miljard kWh}} = 3,6 \text{ miljard MJ} = 3,6 \cdot 10^9 \text{ MJ} = \underline{3,6 \cdot 10^{15} \text{ J}} = \underline{3,6 \text{ PJ}}.$$

Om uit de energie het vermogen te berekenen moeten we deze hoeveelheid energie delen door de tijd, het aantal seconden per jaar.

$$\text{Dit aantal seconden is } 365 \text{ dagen} \times 24 \text{ uur / dag} \times 3600 \text{ seconden / uur} = \underline{31,536 \cdot 10^6 \text{ sec}}.$$

$$\underline{1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}} = \underline{3,6 \cdot 10^{15} \text{ J}} / 31,536 \cdot 10^6 \text{ s.} = 114 \cdot 10^6 \text{ J/s} = 114 \text{ MW}.$$

Het in Wieringermeer opgestelde vermogen van 300 – 400 MW betekent dus 114 MW in de praktijk.

Dit levert een productiefactor van  $114 / 400 = \underline{0,285}$  bij 400 MW tot  $114 / 300 = \underline{0,38}$  bij 300 MW.

De productiefactor (pf) is het geleverde vermogen gedeeld door het nominale vermogen.

#### **Is deze productiefactor realistisch ?**

In de periode 2000 – 2010 varieerde volgens het CBS de productiefactor in Noord-Holland van 0,193 (2010) tot 0,258 (2008). De verwachte energieopbrengst van het Windpark Wieringermeer wordt dus duidelijk positiever ingeschat dan de historische waarden rechtvaardigen.

Met de cijfers van het CBS kan niet op een vermogen van 114 MW gerekend worden, maar slechts op 57,9 – 103,2 MW.

#### **Voor hoeveel huishoudens is dit vermogen voldoende ?**

Het aantal huishoudens dat met dit vermogen kan worden bediend, kunnen we berekenen door het vermogen met de tijd te vermenigvuldigen.

$$\text{Dit levert op: } \begin{aligned} 57,9 \cdot 10^6 \text{ W} \times \underline{31,536 \cdot 10^6 \text{ sec}} &= 1,8259 \cdot 10^{15} \text{ J} = \underline{1,8259 \text{ PJ}} \\ 103,2 \cdot 10^6 \text{ W} \times \underline{31,536 \cdot 10^6 \text{ sec}} &= 3,2545 \cdot 10^{15} \text{ J} = \underline{3,2545 \text{ PJ}} \end{aligned}$$

Eerder was berekend dat **1 miljoen huishoudens: 11,891 PJ elektrische energie** gebruikten.

$$\underline{1,8259 \text{ PJ}} / \underline{11,891 \text{ PJ}} = 153,6 \text{ duizend huishoudens.}$$

$$\underline{3,2545 \text{ PJ}} / \underline{11,891 \text{ PJ}} = 273,7 \text{ duizend huishoudens.}$$

### En hoe zit het nu met de CO<sub>2</sub>-uitstoot ?

Als argument voor windenergie wordt vaak de vermindering van de CO<sub>2</sub>-uitstoot en de besparing op fossiele brandstof genoemd.

Ook daarbij blijft de praktijk achter bij de theorie omdat het windregime en dus de stroomproductie in de tijd sterk kan fluctueren.

Omdat de vraag (nog) niet te beïnvloeden is, moet back-up vermogen aanwezig zijn; conventionele poederkool of gasgestookte centrales die snel kunnen bij- of afschakelen. Deze centrales draaien onder deellast minder efficiënt dan onder vollast, zodat de besparing door windturbines op fossiele brandstof en de afname van de CO<sub>2</sub>-uitstoot zullen achterblijven bij de theoretische berekeningen. Ook zullen deze effecten evenals in Denemarken door de export van elektriciteit worden versterkt.

Theoretisch is te berekenen hoeveel conventioneel opgewekte energie correspondeert met de uitstoot van 580 miljoen kilo CO<sub>2</sub>. Deze berekening is afhankelijk van de fossiele brandstof die gebruikt wordt. Met het Windpark zou de uitstoot van CO<sub>2</sub> met 580 miljoen kilo = 580.000 ton CO<sub>2</sub> afnemen.

Voor de verdere berekening moeten we onze scheikundige kennis aanspreken.

CO<sub>2</sub> is opgebouwd uit 1 deeltje koolstof = C en 2 deeltjes zuurstof = O

Met de atoommassa ( C = 12; O = 16 ) kunnen we de molmassa van CO<sub>2</sub> berekenen ( = 44 ).

In CO<sub>2</sub> neemt C dus 12/44 deel van de massa voor zijn rekening.

De hoeveelheid van 580 miljoen kilo CO<sub>2</sub> bevat dus

$$12/44 \text{ deel} = \underline{158,2 \text{ miljoen kilo C}} = 158,2 \times 10^6 \times 10^3 \text{ gram} = \underline{1,582 \cdot 10^{11} \text{ gram C}}$$

Door het aantal gram te delen door de molmassa van C ( 12 ) kunnen we het aantal mol berekenen:

$$1,582 \cdot 10^{11} / 12 = \underline{1,32 \cdot 10^{10} \text{ mol C.}}$$

### Kolencentrale

Als we uitgaan van kolen levert de verbranding van 1,32 · 10<sup>10</sup> mol C tot CO<sub>2</sub> een hoeveelheid energie die we met de vormingsenthalpie van CO<sub>2</sub> ( = - 3,935 · 10<sup>5</sup> J/mol ) kunnen berekenen.

$$1,32 \cdot 10^{10} \text{ mol} \times 3,935 \cdot 10^5 \text{ J/mol} = 5,187 \cdot 10^{15} \text{ J} = \underline{5,187 \text{ PJ}}$$

Het rendement van een kolencentrale ligt rond de 40 %.

Daarmee wordt  $0,4 \times 5,187 \text{ PJ} = \underline{2,075 \text{ PJ}}$  opgewekt.

Met de nieuwste poederkoolkolencentrale die een rendement hebben van: 45 % wordt dit: 2,334 PJ.

### Gascentrale

Bij de verbranding van aardgas of methaan = CH<sub>4</sub> ontstaat uit elk CH<sub>4</sub> deeltje, een CO<sub>2</sub> deeltje.

Om 580 miljoen kilo CO<sub>2</sub> te laten ontstaan, is opnieuw  $1,32 \cdot 10^{10} \text{ mol C}$  nodig die geleverd wordt door  $1,32 \cdot 10^{10} \text{ mol CH}_4$ . Voor methaan is de verbrandingsenthalpie = - 8,90 · 10<sup>5</sup> J/mol.

$$1,32 \cdot 10^{10} \text{ mol} \times 8,9 \cdot 10^5 \text{ J/mol} = 11,732 \cdot 10^{15} \text{ J} = \underline{11,732 \text{ PJ}}$$

Rekening houdend met het rendement van een gascentrale = 60 %,

$$\text{wordt } 0,6 \times \underline{11,732 \text{ PJ}} = \underline{7,038 \text{ PJ}} \text{ opgewekt.}$$

De claim van 580 miljoen ton CO<sub>2</sub> correspondeert dus, afhankelijk van de gebruikte brandstof, met een productie van 2 tot 7 PJ.

**N.B. Bij deze berekeningen is geen rekening gehouden met het stand-by draaien van centrales en het verminderde rendement onder deellast.**

Met de productie van het windpark, 1,8 – 3,3 PJ zal de reductie van de CO<sub>2</sub> emissie achterblijven bij de geclaimde 580 miljoen kilo !

Er zijn deskundigen die met berekeningen zelfs hebben aangetoond dat windenergie geen besparing aan fossiele brandstof oplevert.

### **KBA: de Kosten-Baten-Analyse**

Tegenover de kosten van al deze turbines staan vanzelfsprekend financiële baten.

De opgewekte elektriciteit wordt immers niet weggegeven maar tegen de marktprijs verkocht.

Hoewel de consument een vaste prijs betaalt, fluctueert deze marktprijs sterk en wordt die prijs bepaald door vraag en aanbod.

Maar als het hier waait, waait het meestal ook in Denemarken en in het Verenigd Koninkrijk.

Gevolg: de prijs daalt en als het 'snachts hard waait, kan de prijs bij een groot verschil tussen vraag en aanbod zelfs negatief worden.

Zo was de stroomprijs in West-Denemarken in 2007 bijna 100 uur gelijk aan nul.

In 2009 werd voor de Scandinavische regio een negatieve prijs geïntroduceerd met een bodemprijs van negatief € 200,= / MWh.

Het verdienmodel voor windenergie is dus zeer onzeker.

Maar de SDE+ subsidie biedt de windturbine-eigenaar zodanige garanties dat het geheel lucratief wordt en dat zelfs nog niet afgeschreven turbines, vervangen worden.

### **En als we alle in Nederland gebruikte elektriciteit met windturbines willen opwekken**

Volgens het CBS werd in 2013 door huishoudens totaal 89,18 PJ elektrische energie gebruikt.

Het bedrijfsleven gebruikte dat jaar 400 PJ.

Totaal werd dus bijna 490 PJ elektrische energie gebruikt.

Hoeveel MW windenergie moet daarvoor worden opgesteld om deze hoeveelheid te produceren en hoeveel turbines zijn daarvoor nodig ?

Van groot belang is de keuze voor turbines op land of op zee omdat de pf op zee gunstiger is.

Laten we ervan uitgaan dat 50 % van deze hoeveelheid energie, dus 245 PJ op land geproduceerd wordt met een t.o.v. CBS-cijfers optimistische, meerjarige gemiddelde productiefactor, **pf = 0,26**.

$$245 \text{ PJ} = 245 \cdot 10^{15} \text{ J} / ( 31,536 \cdot 10^6 \text{ sec} \times 0,26 ) = 2,988 \cdot 10^{10} \text{ J/s} = 29880 \cdot 10^6 \text{ J/s} = \underline{\underline{29880 \text{ MW}}}$$

Uitgaande van de grootste turbine, de 8 MW Vestas-V164 die in 2015 op de markt komt, zijn voor de productie van deze hoeveelheid elektriciteit: 3735 turbines op land nodig.

Met de 7,5 MW Enercon E-126 turbine die bij Medemblik staat, zijn 3984 turbines nodig en dit aantal neemt evenredig toe met de afname van het vermogen per turbine.

### **P.S. Hoe verhoudt de ambitie in het Energieakkoord zich tot het huishoudelijk elektriciteitsgebruik ?**

Onderstaande berekening toont dat het vermogen dat in 2020 / 2023 gerealiseerd moet zijn :

6000 MW WoL, met een geschatte pf = 0,26 plus 4450 MW WoZ, met een geschatte pf = 0,38, theoretisch voldoende is om de elektriciteitsvraag in 2013 van 7,5 miljoen huishoudens ( 89,18 PJ ) te dekken.

Maar de in Denemarken opgedane ervaringen, de in deze bijlage genoemde aspecten en de toename van het gebruik van elektrotractie en warmtepompen, maken deze berekening volstrekt onrealistisch.

<b>Berekening:</b>	<b>vermogen</b>	<b>x</b>	<b>seconden / jaar</b>	<b>x</b>	<b>productiefactor</b>	<b>= energie / jaar</b>
	$6000 \times 10^6 \text{ W}$	$\times$	$31,536 \cdot 10^6 \text{ sec}$	$\times$	$0,26$	$= 49,2 \cdot 10^{15} \text{ J} = 49,2 \text{ PJ}$
	$4450 \times 10^6 \text{ W}$	$\times$	$31,536 \cdot 10^6 \text{ sec}$	$\times$	$0,38$	$= 53,3 \cdot 10^{15} \text{ J} = 53,3 \text{ PJ}$
						<b>Totaal : 102,5 PJ</b>

**N.B.** De 54 PJ die in het Energieakkoord met een WoL-vermogen van 6000 MW verwacht wordt, correspondeert met een productiefactor = 0,29

Sluotdorp, februari 2015