

2015

# Windenergie



Verdiepende opdracht

## Inleiding;

In dit onderdeel leer je meer over windenergie.

## **Inhoud**

1. Windenergie .....	3
1.1 Doel .....	3
1.2 Inhoud .....	3
1.3 Verwerking .....	9

# 1. Windenergie

## 1.1 Doel

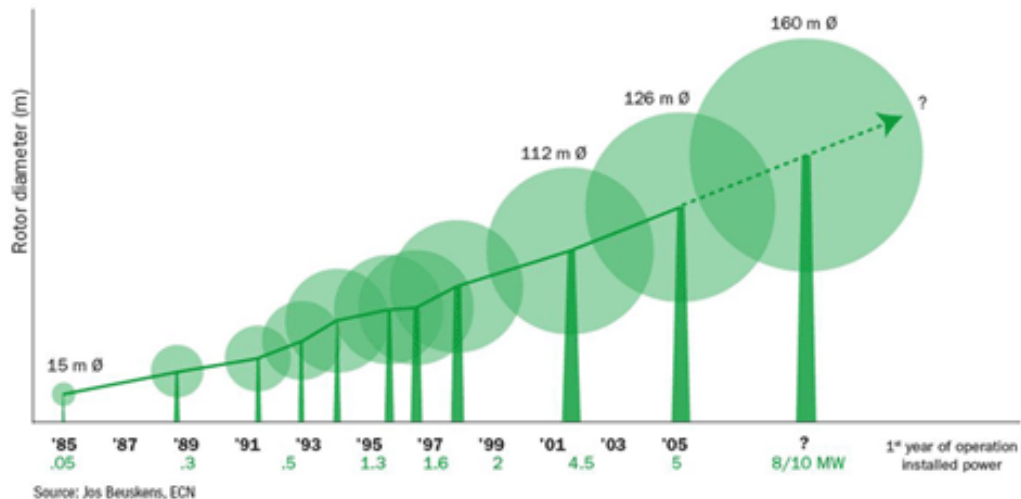
Aan het eind van dit onderdeel ben je als deelnemer in staat om:

- Uit te leggen wat windenergie is
- De techniek van een windturbine te beschrijven
- Uit te leggen wat een windturbine aan energie produceert
- Aan te geven waarom windenergie belangrijk is voor het realiseren van de Nederlandse doelen voor klimaat en duurzame energie

## 1.2 Inhoud

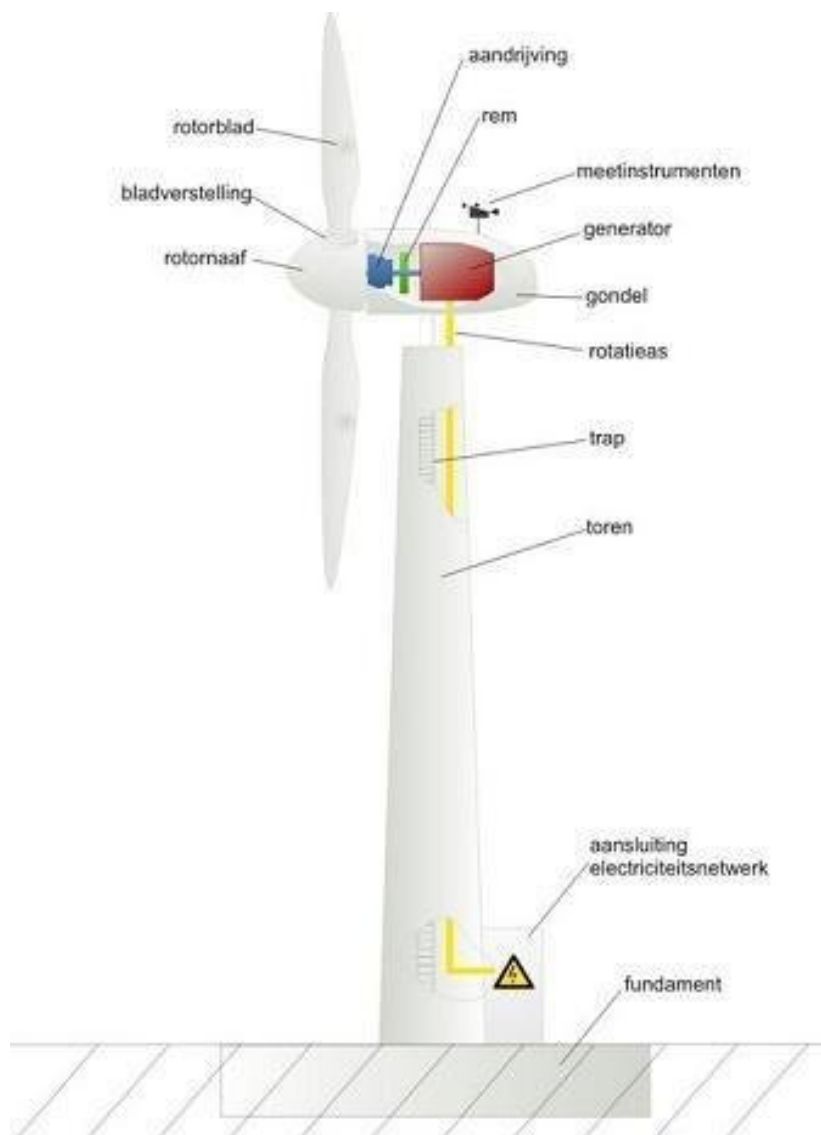
Windenergie is belangrijk om de Nederlandse doelen voor klimaat en duurzame energie te halen. Nu staan er ongeveer tweeduizend windturbines op land die voorzien in een kleine 4% van de totale Nederlandse elektriciteitsbehoefte. Het kabinet heeft becijferd dat een verdriedubbeling van windenergie op land nodig zou zijn om de Nederlandse duurzame energie doelstelling te halen. Dit betekent dat het huidige opgesteld vermogen van ongeveer 2000 MW naar 6000 MW in 2020 zou gaan.

De opwekking van windenergie gebeurt met geavanceerde techniek. Deze is voortdurend in ontwikkeling. Windturbines worden steeds efficiënter en de opbrengst per turbine steeds groter. Aan de constructie van een windturbine en de aansluiting op het elektriciteitsnet zijn strenge veiligheidseisen gesteld



## De windturbine

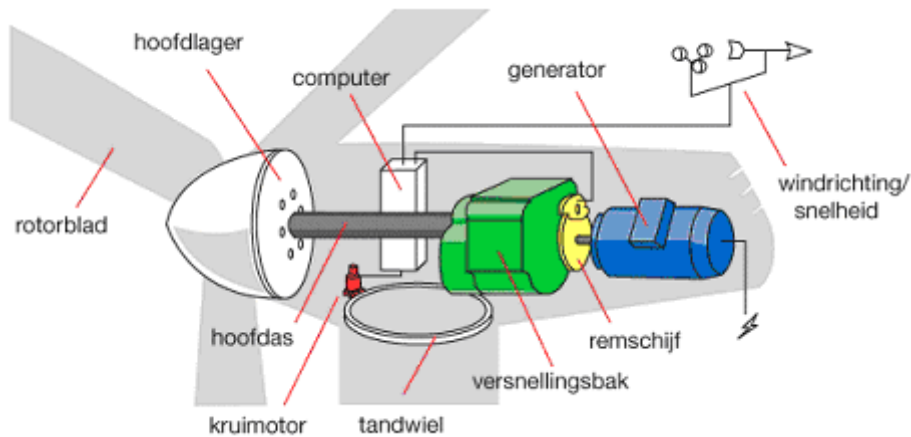
Een windturbine bestaat uit:



- Rotor(bladen)
- Gondel(versnellingsbak, naaf, generator en kruisinstallatie)
- Mast, met daarin kabels
- Netaansluiting

## Rotor

Tegenwoordig hebben vrijwel alle turbines drie rotorbladen. De rotorbladen of wieken zijn altijd naar de wind toegekeerd. De wieken draaien over het algemeen rechtsom. De rotor zet de bewegingsenergie van de wind om in een draaiende beweging van de as.



## Gondel

In de gondel bevindt zich de meeste apparatuur. Een generator zet de bewegingsenergie van de as om naar de elektriciteit. De werking van de generator is vergelijkbaar met die van een dynamo. De meeste windturbines hebben een tandwielkast. Deze tandwielkast werkt als een versnellingsbak: de rotatiesnelheid wordt ermee vergroot. De tandwielkast een kwetsbaar onderdeel van de windturbine. Daarom kozen sommige fabrikanten inmiddels voor een direct aangedreven generator (direct-drive of gearless windturbine). Een voorbeeld hiervan is Enercon.

## Mast

Vrijwel alle masten bestaan uit een gesloten metalen cilinder. Daarnaast bestaat de mogelijkheid om te kiezen voor een betonnen mast.

## Netaansluiting

De generator in de windturbine levert elektriciteit op een laag spanningsniveau van ongeveer 650V. In de meeste gevallen verhoogt een transformator de spanning in of direct naast de windturbine tot een zogenaamd middenspanningsniveau (3 to 50 kV). Bij grote windparken kan de spanning worden omgezet naar hoogspanningsniveau.

## **Inkoopstation**

Een windturbine of windpark is aangesloten op de dichtstbijzijnde kabel van de netbeheerder. In de kabel wordt een zogenaamde knip gemaakt. Van de knip lopen aansluitkabels naar het inkoopstation van de windturbine of het windpark. In het inkoopstation zitten:

- Het overdrachtspunt- voor beveiliging en een eventuele scheidingsmogelijkheid
- De meetinrichting- daarmee vindt de meting plaats van de geleverde en opgenomen elektriciteit

## **Veiligheid**

Voor windturbines gelden strenge veiligheidseisen. Deze zijn vastgelegd in internationale normen en nationale voorschriften. Er zijn eisen aan de constructie en veiligheidseisen ten aanzien van de omgeving (risicozonering).

## **Van bewegingsenergie naar elektriciteit**

Windturbines zetten de bewegingsenergie van wind om in elektriciteit. De hoeveelheid elektriciteit die een windturbine opwekt, hangt af van:

- Het ontwerp van de turbine
- De hoogte
- De lengte van de rotorbladen
- De windsnelheid
- De locatie van de windturbine

De elektriciteitsproductie van een windturbine wordt vooral bepaald door de grootte van de turbine en de windsnelheid. Een windturbine levert al stroom bij windkracht 2.

## **Hoogte van de windturbine en lengte van de rotorbladen**

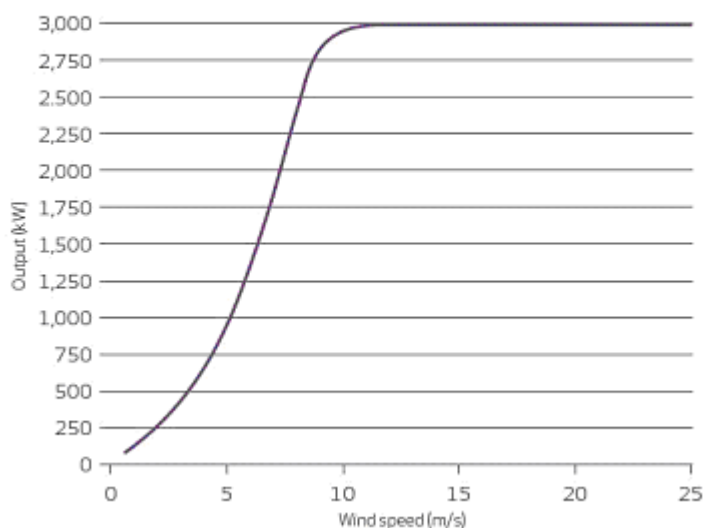
Een grote windturbine wekt meer energie op dan een kleine. De ashoogte en de rotordiameter bepalen de potentiële opbrengst. Hoger in de lucht is meer wind, windmolens met een grote ashoogte brengen dus meer op. Voor de rotor geldt dat als het rotoroppervlak twee keer zo groot is, de productie verviervoudigt. De huidige windturbines hebben een ashoogte van 80 tot 120 meter en een rotor diameter van 90 tot 120 meter.

## Windsnelheid

Het vermogen van een windturbine neemt toe met de snelheid van de wind. Deze samenhang is niet evenredig. Bij lage windsnelheden begint de turbine te draaien en levert ze stroom. Bij ongeveer 10 tot 15 meter per seconde (windkracht 6) werken de meeste turbines op vol vermogen. Ze levert dan de maximale hoeveelheid stroom per seconde. Bij hogere windsnelheden blijft het vermogen op dit niveau (vollast). Bij windsnelheden boven de 25 meter per seconde (windkracht 10) wordt de windturbine stilgezet om overbelasting te voorkomen.

Om te voorkomen dat de windturbines elkaars opbrengst beïnvloeden is er afstand tussen de turbines: gemiddeld zes maal de rotordiameter. Bij een rotordiameter van 80 meter is de afstand dus 480 meter.

Power curve V112-3.0 MW



## Locatie

Aan de kust waait het gemiddeld meer en harder dan verder landinwaarts. In gebieden met minder obstakels zoals bomen of bebouwing, waait het harder dan op een plek waar veel obstakels zijn. Hogeturbines zijn een betere keuze voor plekken met veel bebouwing of gebieden die landinwaarts liggen. Het windaanbod, de gemiddelde windsnelheid, op honderd meter hoogte is te vinden op de Windkaarten van Nederland.



### **Wanneer produceert een windturbine stroom?**

Een turbine begint stroom te leveren bij een windsnelheid van ongeveer 3 meter per seconde (windkracht 2). Naarmate het harder waait, neemt het nominale vermogen toe. Bij een windkracht van 12 meter per seconde (windkracht 6) bereikt de turbine doorgaans het maximale vermogen. Bij hogere windsnelheden blijft het vermogen constant en wordt de turbine automatisch stilgezet of teruggeregeld bij 25 m/s (windkracht 10). Gaat het daarna minder hard waaien, dan gaat de windturbine automatisch weer draaien.

### **Berekening hoeveelheid stroom per jaar**

Een turbine heeft een zeker vermogen, waarmee het energie produceert. Het generatorvermogen van een windturbine geeft aan wat de turbine maximaal kan produceren. Meestal is de productie lager omdat de omstandigheden niet optimaal zijn. Een turbine van 1000 kW (1MW) die op vollast draait gedurende een uur, produceert 1000 kWh stroom.

Maar hoeveel levert zo'n turbine per jaar? Daarvoor moeten we weten hoe vaak en hoe hard het waait en hoe sterkt de turbine dan wordt aangesproken. Het is gangbaar om de hoeveelheid tijd die een turbine draait terug te rekenen naar zogenaamde "vollasturen". Het aantal vollasturen hangt af van de combinatie van locatie en turbine. Het aantal vollasturen voor de huidige generatie turbines ligt op ca. 2200; voor oudere en/of minder windrijke locaties ligt het aantal rondom de 1800 vollasturen. Gemiddeld levert 1MW windvermogen dus  $1\text{MW} \times 2190$  uur is 2190 MWh aan elektriciteit op per jaar.

### **Berekening opbrengst voor aantal huishoudens**

Het omrekenen van de opbrengst van de windmolens naar huishoudens spreekt vaak meer tot de verbeelding. Het elektriciteitsgebruik per huishouden in Nederland bedraagt gemiddeld 3400 kWh per jaar. Een klein windpark van 10 MW levert jaarlijks 21900 MWh op, dit is elektriciteit voor meer dan 6000 huishoudens.

### **Opgesteld vermogen**

Eind 2011 stonden er in Nederland 1882 windturbines op land. Het totaal opgesteld vermogen op land was eind 2011 2088 MW. De vermogens van de turbines variëren van 75 kW tot 3000 kW (3MW). Gemiddeld is het vermogen op dit moment 1 MW. Dit komt vooral door veel oudere kleinere turbines. De turbines die momenteel geplaatst worden hebben over het algemeen een vermogen van 3 MW.

## Elektriciteitsopbrengst

Alle turbines hebben in 2011 samen 4298 GWh elektriciteit opgewekt. Dit is voldoende om in de jaarlijkse elektriciteitsbehoefte van 1,5 miljoen huishoudens te voorzien. Windenergie (op land en op zee samen) heeft in 2011 bijna 4% van het binnenlands elektriciteitsgebruik geleverd. Een windmolen van de huidige generatie, van 3 MW, levert per jaar 6.000.000 tot 7.500.000 kWh aan elektriciteit op. Met één zo'n turbine kan dus voor zo'n 1800 tot 2200 huishoudens elektriciteit worden opgewekt.

## CO<sub>2</sub>-besparing

Per miljoen opgewekte kWh bespaart windenergie in Nederland een uitstoot van 580 ton CO<sub>2</sub> ten opzicht van bestaande energiecentrales. In vergelijking met de modernste zeer schone gasgestookte centrales is de besparing iets lager: ongeveer 370 ton CO<sub>2</sub>. De windturbines die nu geplaatst worden met een vermogen van 3MW leveren gemiddeld 6,6 miljoen kWh op per jaar. Één zo'n turbine levert dus een besparing van tussen de 200 en 3800 ton CO<sub>2</sub> op, afhankelijk van de energiecentrale waarmee het wordt vergeleken. In totaal is de vermeden CO<sub>2</sub>-emissie door alle windturbines op land in 2011: 2141 kton.

(Bron: <http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/duurzame-energie-opwekken/windenergie-op-land>)

## 1.3 Verwerking

1. Wat zijn de doelen van de Nederlands regering op het gebied van windenergie?
2. Wat is de gondel van een windmolen?
3. Als een gemiddeld huishouden 3500 kWh verbruikt. Hoeveel huishoudens kan een windmolen van 3 MW dan bedienen?
4. Wat zijn de ideale omstandigheden voor een windmolen?
5. Hoeveel uren per jaar functioneert een windmolen gemiddeld?
6. Waarom zouden we gebruik moeten maken van windenergie?