

**VRAAGSTELLING:** Wat is de energieopbrengst (kiloWattuur per jaar) van een windturbine in de gemeente West Betuwe, specifiek op het terrein van de Firma van Dijk aan de Bommelsestraat te Ophemert.

Ophemert, maart 2023. F.J. Brekelmans.

Omschrijving: Windturbines leveren alleen energie als er voldoende energie in de wind zit. De op te wekken energie kunnen we beïnvloeden door 1) de windturbine hoger te plaatsen, 2) de rotor zo groot mogelijk te maken.

Ad 1: Bij toenemende hoogte neemt de wind toe en de turbulentie neemt af. Door het zogenaamde grenslaageffect wordt de wind door het land afgeremd. Hoe ruiger het landschap is door bijvoorbeeld bebouwing en bomen hoe meer de wind wordt afgeremd en hoe turbulenter de wind is. Veel turbulentie zorgt voor verminderde energie en meer (vermoeiings)belasting op de windturbine.

Ad2): Een grotere rotor dus een grotere diameter zorgt voor meer windvangend oppervlak dus meer energie. Het windvangend oppervlak gaat kwadratisch omhoog met de rotordiameter, als de diameter twee maal zo groot is, is het windvangend oppervlak 4 maal zo groot, dus energie opbrengst vier maal zo groot.

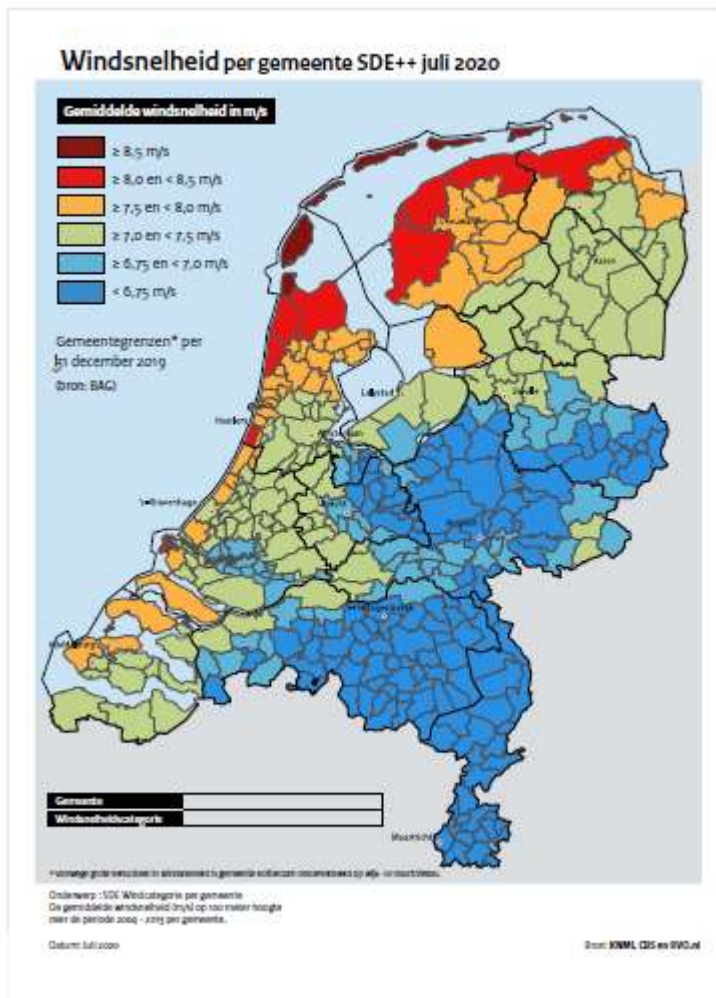
Onderzoek dat in het verleden is uitgevoerd geeft aan dat een windturbine in het landschap als minst storend wordt ervaren als de masthoogte (= ashoogte) gelijk is aan de diameter van de rotor. Dus een windturbine met een masthoogte van 60 meter heeft dan een rotor met een diameter van 60 meter. Echter vaak zien we dat op locaties waar de gemiddelde windsnelheid laag is een windturbine wordt geplaatst met een rotordiameter die groter is als de masthoogte.

De locatie Ophemert is een typische binnenland locatie. De gemiddelde windsnelheid is laag ten opzicht van een locatie aan de Noordzee kust.

In het kaartje WINDSNELHEID PER GEMEENTE is te zien dat de gemiddelde windsnelheid op 100 meter hoogte aan de Friese kust ligt tussen 8,0 en 8,5 meter per seconde en in de gemeente West Betuwe is de gemiddelde windsnelheid ligt tussen 7,0 en 7,5 meter per seconde.

[[ Voor het windpark Deil en het windpark op het terrein van de AVRI zijn voorafgaande aan de bouw de windsnelheden gemeten op verschillende hoogtes. De windsnelheid is gemeten met een LIDAR. De LIDAR meet met een laser de snelheid van stofdeeltjes op verschillende hoogtes en kan daarmee de windsnelheid op verschillende hoogtes bepalen. Het resultaat van deze metingen is als volgt: Gemiddelde windsnelheid DEIL op 140 meter is 7,5 meter per seconde. Gemiddelde windsnelheid AVRI op 120 meter hoogte is 7,2 meter per seconde. De fout in de metingen kan zo maar 5% bedragen, de fout in de energie opbrengst kan 10% bedragen.]]

Met een gemiddelde windsnelheden op een bepaald hoogte moet je voorzichtig zijn, beter is het om te kijken naar windturbines in de buurt van de locatie en daar de energie opbrengst per vierkante meter per jaar te bepalen. Dan ook altijd goed kijken wat de masthoogte van die windturbine is en in wat voor omgeving de windturbine staat.



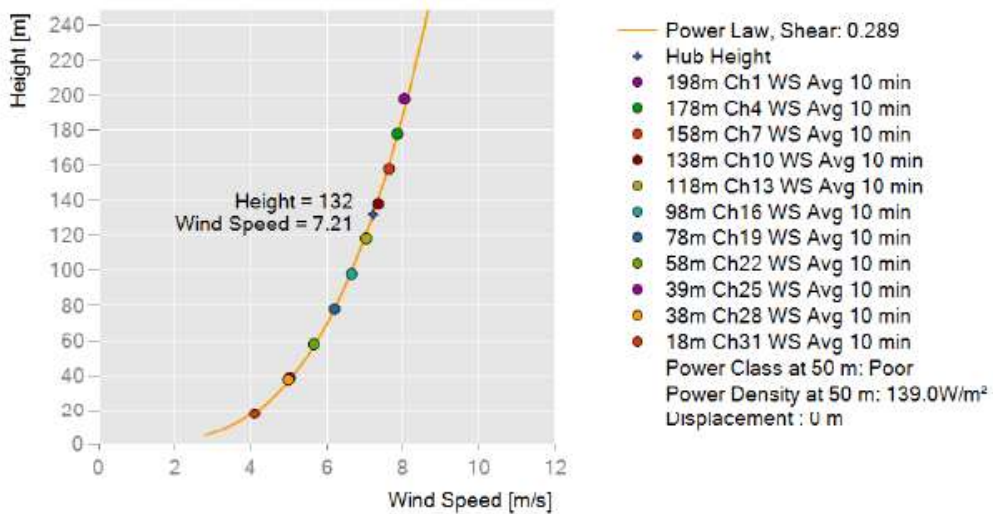
Uit de LIDAR meting ontstaat een grafiek met daarop de verschillende windsnelheden op verschillende hoogtes. Dit is het windprofiel van de desbetreffende meetlocatie. Hoe hoger hoe groter de gemiddelde windsnelheid totdat de hoogte zodanig is dat de invloed van het aardoppervlak verwaarloosbaar is; vanaf die hoogte is de windsnelheid constant. Het grafiekje bovenaan blad 3 is het windprofiel voor DEIL. Windgrafieken DEIL en AVRI zijn nagenoeg gelijk.

Hoogte 18 meter, gemiddelde windsnelheid 4,1 meter per seconde.

Hoogte 39 meter, gemiddelde windsnelheid 5,0 meter per seconde.

Hoogte 58 meter, gemiddelde windsnelheid 5,5 meter per seconde.

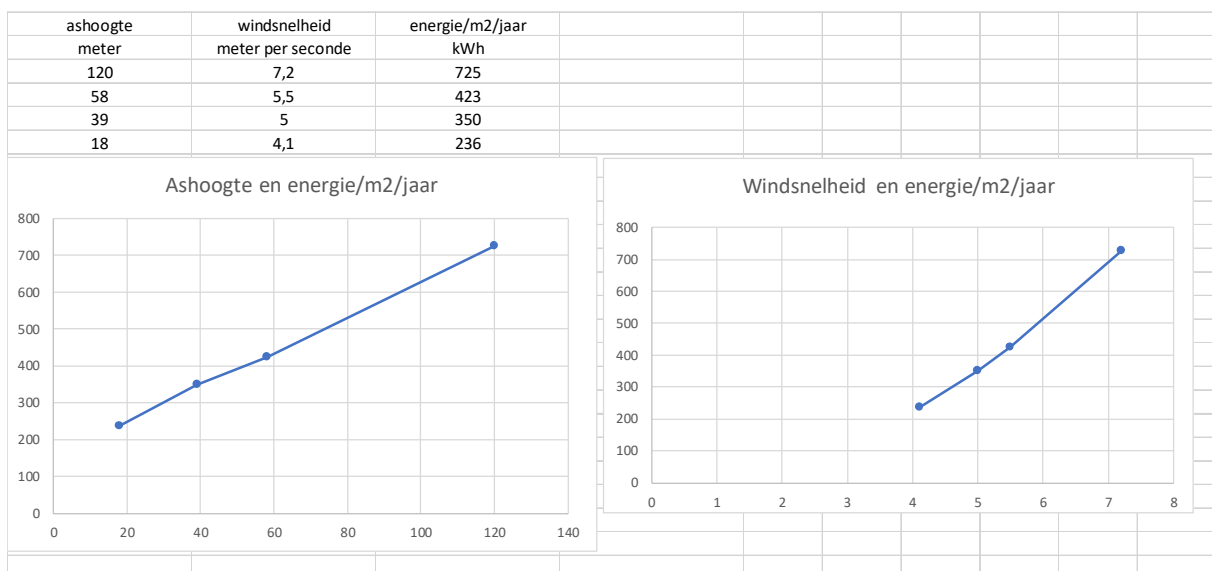
Op een ashoogte van 58 meter is de gemiddelde windsnelheid 5,5 meter per seconde, op een ashoogte van 30 meter is de gemiddelde windsnelheid 4,6 meter per seconde. Dus dertig meter lager scheelt bijna 1 meter per seconde. Tel daar ook nog bij dat er op lager ashoogte nog meer turbulentie is dan is de energie opbrengst lager. Kunnen we dit verschil in opbrengst berekenen ?



We gaan uit van het dichtstbijzijnde windpark AVRI. Dit zijn 3 windturbines met een ashoogte van 120 meter en een rotordiameter van 131 meter. De energie opbrengst was 29 miljoen kWh over 2020, 30 miljoen kWh over 2021 en 29 miljoen kWh over 2022. Gemiddelde energie opbrengst tot nu toe 29,3 miljoen kWh per jaar. Het totale rotoroppervlak van de 3 windturbines is 40.413 vierkante meter. De energie opwekking per jaar per vierkante meter rotoroppervlak is  $29.300.000 : 40.413 = 725$  kWh per jaar per vierkante meter.

Dus: = 725 kWh per jaar per vierkante meter op een ashoogte van 120 meter.

Wat wordt de energie opbrengst per jaar per vierkante meter dan op een ashoogte van 60 en 30 meter?



Afgelezen:

Energieopbrengst per jaar op 60 meter ashoogte is 435 kWh per vierkante meter rotoroppervlak per jaar.

Energieopbrengst per jaar op 30 meter ashoogte is 300 kWh per vierkante meter rotoroppervlak per jaar.

Wat betekent dat voor een windturbine met een ashoogte van 30 meter en een windturbine met een ashoogte van 60 meter op dezelfde locatie?

We gaan uit van een windturbine waarbij de rotordiameter gelijk is aan de masthoogte zoals eerder toegelicht.

<b>ashoogte</b>	<b>rotordiameter</b>	<b>rotoroppervlak</b>	<b>energie per m2 per jaar</b>	<b>totale energie per jaar</b>
meter	meter	m2	kWh	kWh
30	30	707	300	211950
60	60	2826	435	1229310

Overwegingen, conclusies:

1. Door een kleinere ashoogte is er ook een kleinere rotordiameter, dus kleiner windvangend oppervlak met ook nog een lagere windsnelheid.
2. De energie opbrengst van 6 stuks 30-meter windturbines is gelijk aan de opbrengst van 1 stuk 60-meter windturbine.
3. De kosten voor 6 kleine windturbines is (aanmerkelijk) hoger als de kosten voor 1 windturbine; denk aan 6 fundaties, 6 elektrische aansluitingen, transport, montage en niet vergeten onderhoud.
4. De opbrengst van de 60-meter windturbine van 1.229.310 kWh past in het totale energiegebruik van de Firma van Dijk.
5. De opgewekte windenergie is passend aanvullend met de opgewekte zonne-energie; de zelfvoorzienendheid gaat substantieel omhoog een verdere toename kan gerealiseerd worden met het plaatsen van een accu.
6. De locatie van de windturbine en de maatwerk voorschriften ten aanzien van geluid en slagschaduw kunnen de eventuele hinder voor omwonenden minimaliseren.