

Berekening van de nuttige wind voor de stroomproductie op basis van de gegevens van Cabauw

Juni 2016

Bart Vreeken, Logboekweer.nl

1. Inleiding

Windenergie speelt een steeds grotere rol voor de energieopwekking. Zowel op het land als op zee verschijnen steeds meer windturbines. Het is moeilijk om een overzicht te krijgen van het rendement van de verschillende windparken. Gegevens hiervan zijn maar zeer beperkt beschikbaar, en hooguit over een korte periode. Op grond van gegevens van de gemeten windkracht in het verleden kan een idee gekregen worden van de (te verwachten) variatie in de productie van windenergie, en het rendement.

Hier wordt het begrip Nuttige Wind geïntroduceerd. Dit is het gedeelte van de wind (0 – 100%) wat nuttig ingezet kan worden voor de opwekking van stroom. Het is nauw verwant aan de Productiefactor van een windturbine / windpark, en onder ideale omstandigheden is het hieraan gelijk. Maar in de praktijk staan windturbines elkaar in de weg, en staan ze soms stil door mankementen of onderhoud. De gerealiseerde productiefactor is dan kleiner dan de berekende Nuttige Wind.

De hoeveelheid Nuttige Wind verschilt van plek tot plek, is afhankelijk van de hoogte, en wordt ook bepaald door de eigenschappen van de windturbines. Hier wordt uitgegaan van de gegevens van Cabauw, omgerekend naar 125 meter hoogte. Voor de stroomproductie is uitgegaan van een windturbine van 3 MW.

Directe aanleiding voor het opstellen van dit rapport zijn plannen voor de inzet van grootschalige windenergie in de gemeente De Ronde Venen.

2. De gegevens van Cabauw

In Cabauw, bij Lopik, staat een 2013 meter hoge meetmast van het KNMI. Hier worden metingen verricht aan de luchtkwaliteit, windkracht, windrichting en temperatuur op verschillende hoogten. Ook is er een automatisch weerstation wat metingen verricht op de standaardhoogte. In de omgeving is geen hoge bebouwing aanwezig. Hierdoor zijn er maar weinig versturende factoren.



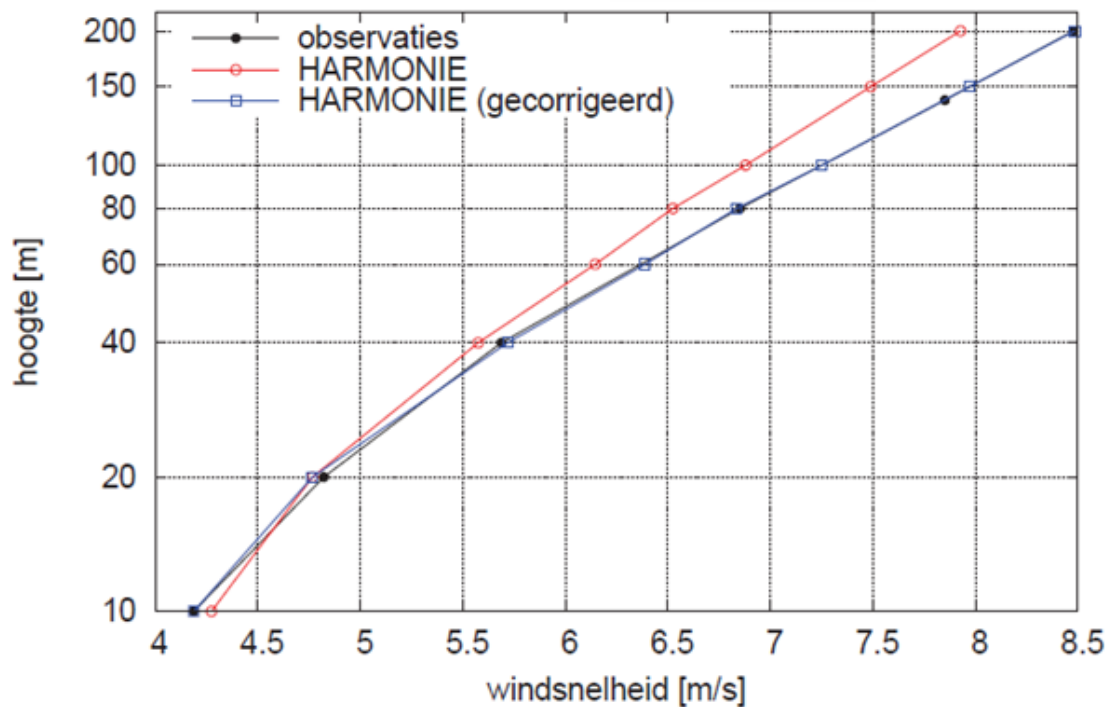
Figuur 1. Omgeving van de meetmast ('Meteomast') van Cabauw.

Op de meetmast van Cabauw wordt de windsnelheid op verschillende hoogtes gemeten, waar onder 10, 80, 100 en 150 meter. Helaas zijn deze gegevens niet op een makkelijke manier beschikbaar. Daarom is hier uitgegaan van de urengegevens van de gemeten windkracht op 10 meter hoogte van het automatisch weerstation. Deze metingen beginnen in 1986, maar zijn dan onvolledig. Vanaf 1988 is de meetserie min of meer volledig. Het belangrijkste hiaat is eind november / begin december 1991. Deze gegevens zijn hier opgevuld met de metingen van Schiphol.

De windkracht wordt opgegeven in tienden van meters per seconde, maar vanaf juli 1996 is het laatste cijfer altijd een 0. Daarmee gaat de feitelijke nauwkeurigheid terug naar hele meters per seconde, waarmee het niet helemaal duidelijk is hoe er is afgerond.

3. Omrekening naar 80 en 125 meter op hoogte

Het profiel van de windkracht in de onderste paar honderd meter van de atmosfeer is beschreven door Geertsema en Van der Brink, 2014 (Windkaart van Nederland op 100 meter hoogte, Technisch rapport TR-351 KNMI). De gegevens van Cabauw zijn weergegeven in figuur 2.



Figuur 2. Verticale profielen van de windsnelheid voor Cabauw gemiddeld over 2004-2013. Zwart: observaties, rood: HARMONIE, blauw: HARMONIE gecorrigeerd met vergelijking 4.1.

Uit: Technisch Rapport 351, KNMI

Hieruit volgen de volgende omrekeningsfactoren:

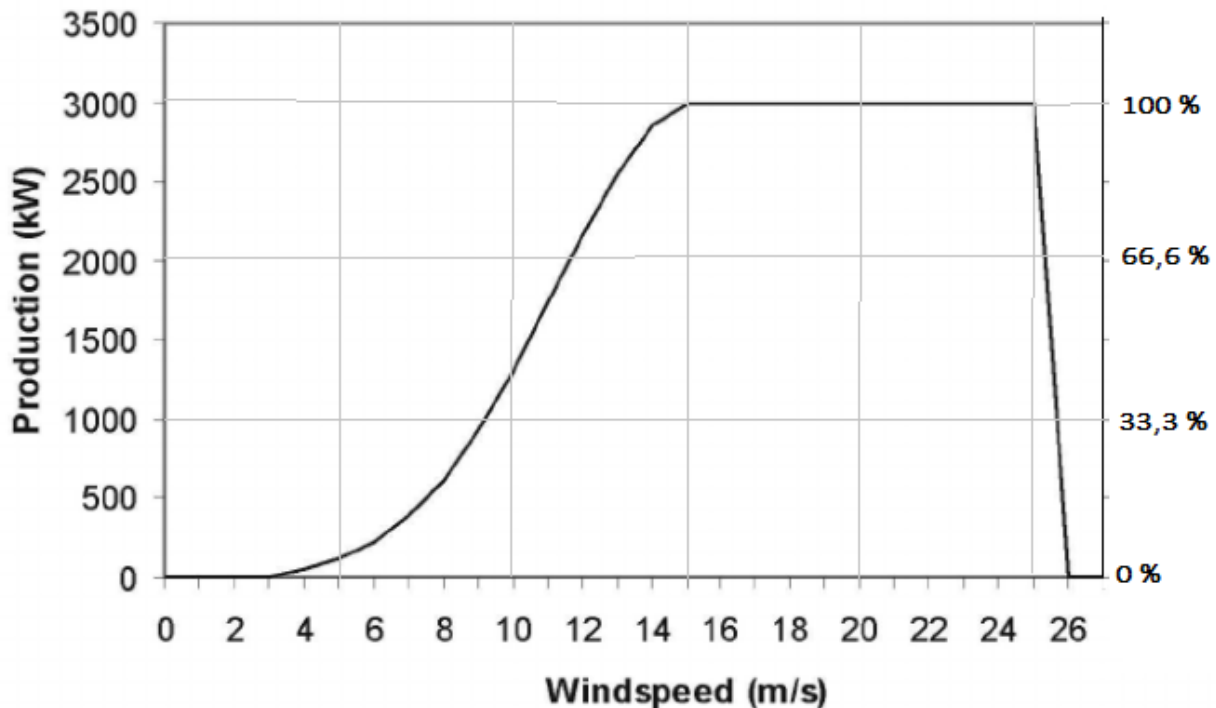
- Van 10 meter naar 80 meter: 1,63
- Van 10 meter naar 100 meter: 1,73
- Van 10 meter naar 125 meter: 1,82

Voor andere plaatsen in Nederland gelden andere omrekeningsfactoren. Dichter bij zee en op zee is een minder steil windprofiel, door de geringe oppervlakteruwheid op zee. Voor het offshore windpark Egmond aan Zee is de omrekeningsfactor van 10 meter naar 125 meter maar 1,22.

4. Berekening van de Nuttige Wind uit de Powercurve

Het verband tussen de windkracht en de opgewekte stroom door een windturbine kan worden weergegeven in de z.g. 'powercurve', zie figuur. Hier is uitgegaan van een Vestas V90 3 MW windturbine.

Bij heel lage windsnelheden wordt er geen stroom opgewekt. Binnen een zeker traject neemt de stroomproductie toe met de windsnelheid. Dan wordt er een plateau bereikt, waarbij een vaste hoeveelheid stroom opgewekt wordt. Bij hoge windsnelheden (> 25 m/s) wordt de windturbine stil gezet.



Figuur 3. Powercurve Vestas V90 3 MW.

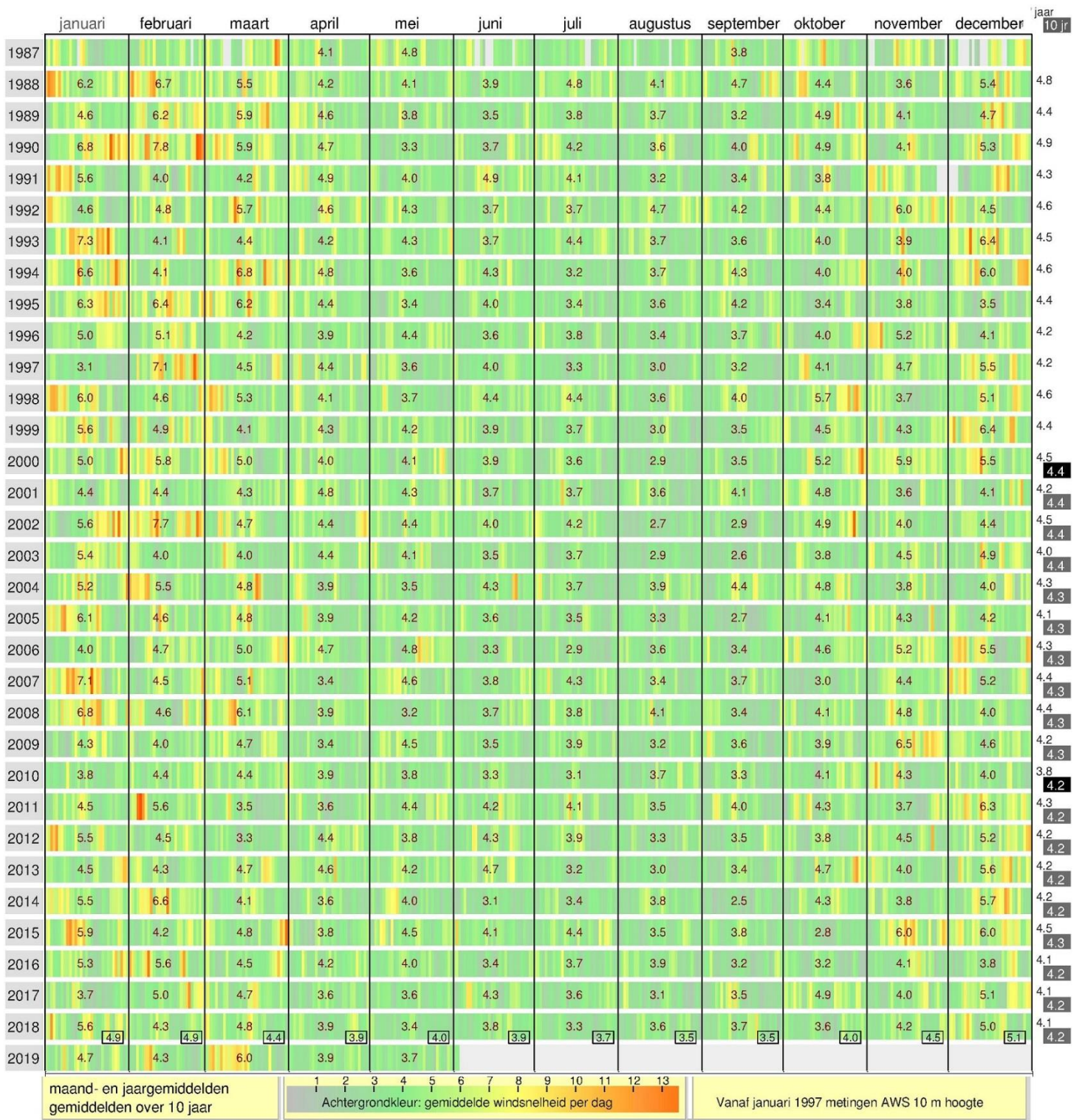
Op grond van de Powercurve en de berekende wind op 125 m hoogte kan de nuttige wind per uur worden berekend, en de nuttige wind per maand. De resultaten staan in de tabel 1. De maand met de meeste nuttige wind (61,1%) was februari 2002. De minste nuttige wind is berekend voor september 2014. In het algemeen is er in het zomerhalfjaar (april – september) minder wind dan in de rest van het jaar. Oktober is een overgangsmaand.

Het gemiddelde over alle jaren is 23,9%. Dit komt overeen met 2095 'vullast-uren' per jaar.

Een meer gedetailleerd beeld van de verdeling van de windkracht krijgen we wanneer het gemiddelde per etmaal weergegeven wordt. Dit is te zien in figuur 4. Ook de maandgemiddelden zijn in deze figuur weergegeven.

	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Jaar
1988	43.6	53.8	38.7	20.7	21.1	16.3	30.7	22.5	29.0	24.4	15.5	33.5	29.1
1989	24.6	47.9	40.1	28.2	18.0	13.4	17.7	16.7	11.3	28.3	20.5	26.3	24.3
1990	52.4	57.6	41.7	28.2	10.7	18.7	23.3	17.3	21.2	31.6	19.8	34.8	29.6
1991	36.6	22.5	21.1	32.2	19.1	32.5	20.0	12.1	14.4	19.6	35.3	27.5	24.4
1992	27.0	30.2	39.1	28.6	22.7	15.2	16.6	28.5	21.1	24.1	45.4	25.4	27.0
1993	53.1	18.3	23.9	21.5	22.2	15.1	24.9	16.9	14.3	19.7	16.9	48.0	24.7
1994	48.8	20.2	53.1	29.1	14.1	23.2	8.5	17.3	23.6	23.4	21.3	45.0	27.4
1995	48.7	50.8	45.3	22.8	13.1	18.1	12.4	13.8	21.4	13.5	16.1	14.8	24.1
1996	31.7	34.4	21.1	15.9	25.3	16.4	18.3	12.7	17.4	21.8	34.8	23.2	22.7
1997	8.7	54.2	25.3	24.6	17.7	18.5	12.1	8.4	10.7	20.9	27.6	40.2	22.2
1998	43.6	26.3	32.5	20.8	15.9	24.1	25.8	16.6	20.8	39.9	16.6	30.3	26.2
1999	40.8	35.2	21.2	22.9	21.4	18.9	15.3	10.3	14.6	26.5	24.9	45.6	24.8
2000	33.5	44.0	32.9	20.1	19.4	17.8	14.7	8.0	13.2	34.7	44.9	37.3	26.6
2001	24.8	25.5	24.8	30.9	22.9	18.0	17.5	15.7	21.0	30.5	16.4	22.4	22.5
2002	38.4	62.1	26.9	27.4	23.8	18.9	22.7	6.2	9.2	27.3	17.0	24.5	25.1
2003	37.5	16.9	19.7	25.2	21.5	15.0	15.7	7.8	6.6	17.1	25.4	29.5	19.9
2004	36.5	38.7	26.6	20.2	15.0	21.9	17.7	18.6	25.0	29.2	17.9	22.7	24.1
2005	46.6	26.8	28.8	17.2	22.9	15.1	14.8	12.8	9.3	20.0	25.6	22.1	21.8
2006	17.7	30.8	32.9	28.2	29.5	12.0	8.3	15.8	12.3	28.2	35.0	42.8	24.4
2007	53.6	28.6	33.0	13.0	27.6	17.0	23.8	13.8	17.3	8.6	24.9	34.4	24.7
2008	56.4	30.4	42.9	19.6	9.5	17.8	17.0	18.7	14.1	22.1	28.9	16.6	24.5
2009	24.8	19.0	29.4	12.2	26.8	13.3	18.7	9.9	16.2	19.9	49.6	27.0	22.3
2010	16.4	23.8	25.9	19.6	18.0	14.1	10.7	17.3	12.9	21.0	23.2	20.2	18.6
2011	24.2	29.3	16.2	17.3	25.9	21.6	22.6	13.8	21.3	24.3	16.1	48.2	23.4
2012	36.6	24.0	12.8	26.5	16.2	24.6	19.7	13.4	14.9	18.0	24.5	37.8	22.4
2013	27.5	21.8	28.6	25.7	23.6	28.1	10.7	9.3	13.9	27.9	20.4	37.7	23.0
2014	38.4	49.8	20.6	14.6	20.6	10.3	12.2	18.2	6.1	21.8	15.7	38.1	22.1
2015	38.9	23.3	29.7	21.0	27.5	20.0	24.5	13.2	16.7	6.5	44.7	44.9	25.9
2016	34.1	34.6	26.3	22.3	18.1	13.2	17.7	17.7	11.5	10.9	19.6	18.6	20.3
2017	17.5	29.2	28.2	16.8	13.6	23.9	16.7	11.9	16.7	31.6	20.0	36.6	21.9
2018	37.4	24.3	29.7	20.4	11.8	16.5	12.4	16.3	18.2	15.7	20.1	31.8	21.2
2019	29.9	22.0	42.7	15.7	16.6								
Gem.	35.5	33.4	29.6	22.4	19.9	18.4	17.5	14.6	16.0	22.9	25.3	31.9	23.9

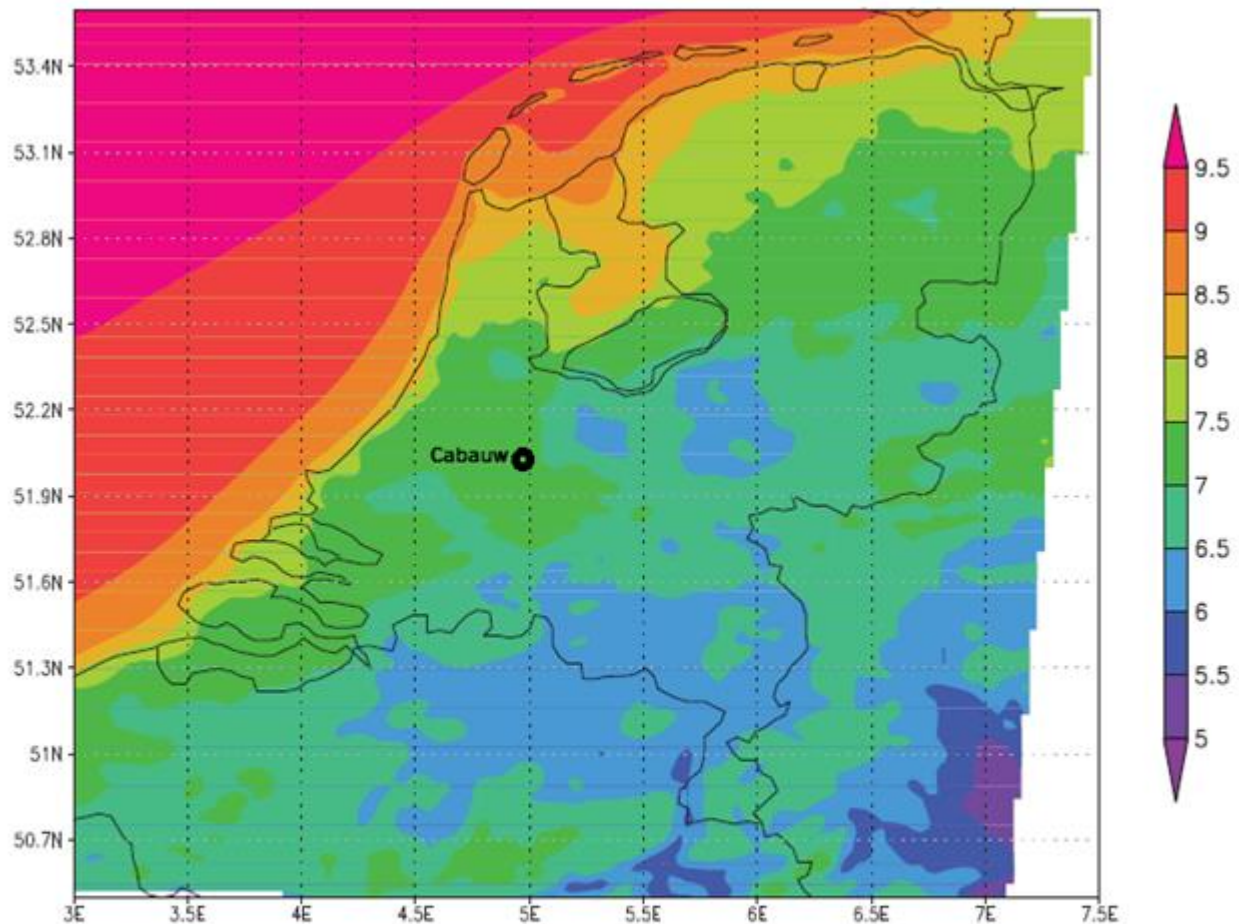
Tabel 1. Percentage Nuttige Wind per maand op 125 meter hoogte te Cabauw.



Figuur 4. Cabauw, gemiddelde windkracht per dag

5. De Windkaart van Nederland op 100 meter hoogte

Hoe verhoudt Cabauw zich tot de rest van het land? De kaart uit het Technisch rapport van het KNMI is hier onder weergegeven. Ook de ligging van Cabauw is daarop aangegeven. De kaart is gemaakt op basis van gegevens van 2004 – 2013. De kaart wordt voor een belangrijk deel bepaald door de gebruikte gegevens van de oppervlakteruwheid van het terrein (bebouwing, vegetatie). Ook is een grootschalige gradiënt van ZO naar NW zichtbaar, die daar deels weer mee zal samenhangen. De berekende windsnelheid is voor 100 meter boven het maaiveld.



Figuur 5. Gemiddelde windsnelheid over 2004-2013 op 100 m hoogte boven Nederland volgens HARMONIE. De correctie van vergelijking 4.1 (zie TR) is hierin meegenomen.

Uit: Technisch Rapport 351, KNMI