



# Windturbines

Verkenning van de beschikbare  
windturbines voor de RES-zoekgebieden  
van de provincie Noord-Holland

Antea Group

Understanding today.  
Improving tomorrow.

15 augustus 2023

[www.anteagroup.nl](http://www.anteagroup.nl)

# Inhoudsopgave

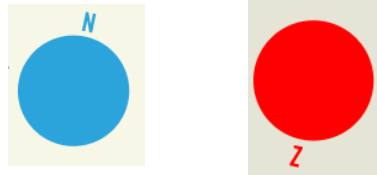


1. Inleiding
2. Karakteristieken RES-zoekgebieden
3. Karakteristieken beschikbare windturbines
4. Toepasbaarheid beschikbare windturbines in RES-zoekgebieden
5. Re-powering
6. Conclusie

# 1. Inleiding

De provincie Noord-Holland wil graag inzicht in de beschikbare windturbines toepasbaar in de zoekgebieden van de RES-regio's. De provincie Noord-Holland heeft twee RES-regio's:

- Noord-Holland Noord;
- Noord-Holland Zuid.



Om de mogelijke geschiktheid van beschikbare windturbines voor de RES-regio's te beoordelen wordt inzicht gegeven in:

1. De karakteristieken van de actuele RES-zoekgebieden in Noord-Holland;
2. De karakteristieken van de beschikbare windturbines;
3. De toepasbaarheid van de beschikbare windturbines in de RES-zoekgebieden.

# 1. Inleiding



Voor deze verkenning zijn de actuele RES-zoekgebieden in kaart gebracht waar alleen ‘wind’ of ‘wind & zon’ mogelijk is. Ook de reserve gebieden waar wij de bouwhoogte konden achterhalen zijn meegenomen. De karakteristieken van de RES-zoekgebieden zijn:

- Clustering van zoekgebieden;
- Hoogtebeperkingen per zoekgebied;
- Gemiddelde windsnelheden in de provincie Noord-Holland.

De karakteristieken van de beschikbare windturbines zijn:

- Afmetingen: ashoogte, rotordiameter, minimale en maximale tiphoogte;
- Vermogen: vermogen van de generator, verhouding tussen vermogen en rotordiameter;
- Windklasse: turbines moeten worden ontworpen voor optimale prestaties en betrouwbaarheid in alle weersomstandigheden waarmee ze hun hele leven te maken kunnen krijgen. Bij het plaatsen van een windturbine is de gemiddelde jaarlijkse windsnelheid van de locatie van belang, de extremen die binnen een periode van 50 jaar kunnen voorkomen en hoe turbulent de wind ter plaatse is. Deze drie dimensies - windsnelheid, extremen en turbulentie - omvatten de windklasse van een windturbine. De International Electrotechnical Commission (IEC) stelt internationale normen vast voor de windklasse die elke windturbine moet kunnen weerstaan.

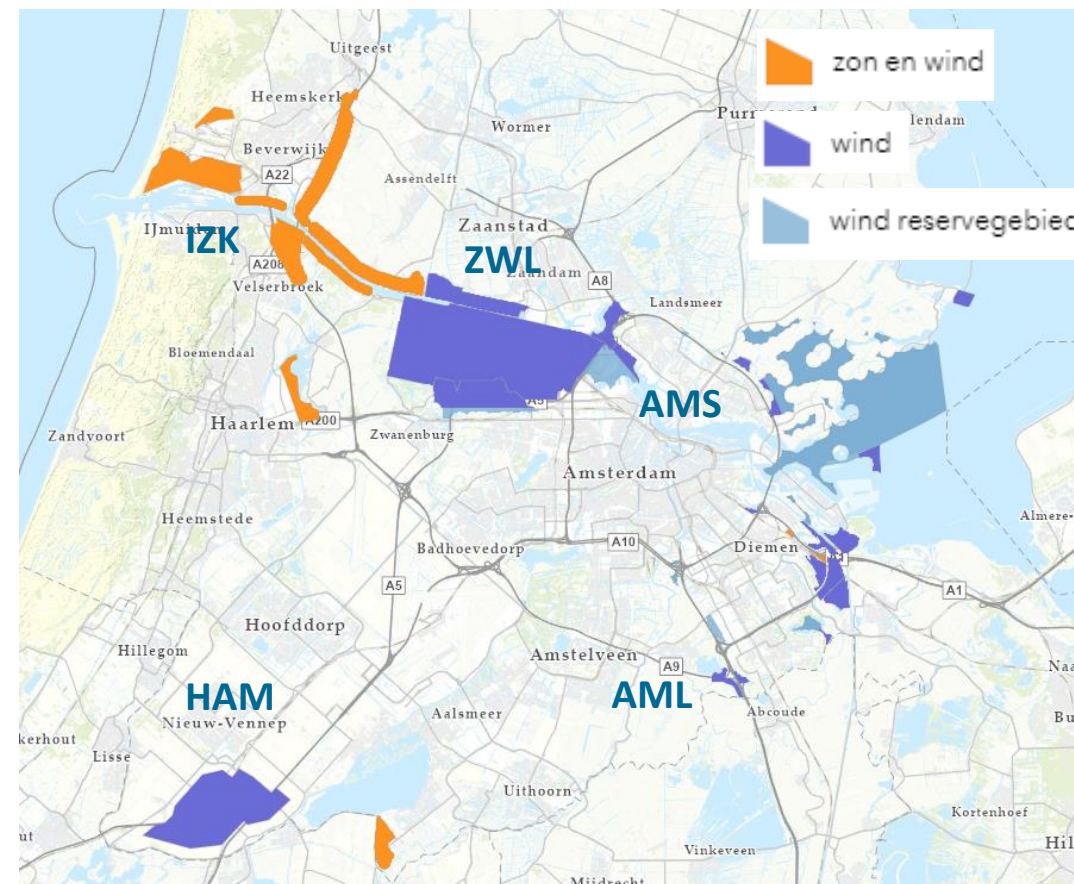
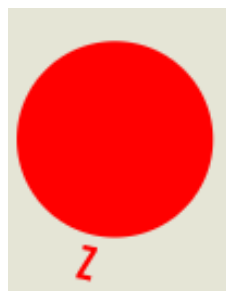


# 2. Karakteristieke RES-zoekgebieden

## Clustering

De regio Noord-Holland Zuid heeft verschillende clusters van zoekgebieden voor de verkenning van wind en wind & zon. Het gaat om de volgende zoekgebieden:

- Amsterdam (AMS)
- Amstelland (AML)
- Haarlemmermeer (HAM)
- IJmond & Zuid-Kennemerland (IZK)
- Zaanstreek Waterland (ZWL)



Figuur 1: RES-zoekgebieden Noord-Holland Zuid (wind en wind & zon)

# 2. Karakteristieken RES-zoekgebieden



## *Hoogtebeperkingen*

Windturbines worden gezien als luchtvaartobstakels wat betekent dat ze gebonden zijn aan bepaalde hoogtebeperkingen, afhankelijk van de locatie. Via de viewer [Hoogtebeperkingen Luchtvaart](#) van de Inspectie voor Leefomgeving en Transport (ILT) is inzichtelijk welke locaties met hoogtebeperkingen te maken hebben vanuit verschillende luchtvaartactiviteiten.

Voor de vaststelling van de hoogtebeperking van windturbines in de zoekgebieden is gebruik gemaakt van de studie *Globaal onderzoek RES zoekgebieden Noord-Holland Zuid (2021)* van Aviation Consultants. In deze studie is elke clustering gescreend op:

- Harde wettelijke beperkingsvlakken
- Zachte wettelijke beperkingsvlakken
- Operationele beperkingen IFR verkeer
- Veiligheid IFR verkeer
- Veiligheid VFR verkeer

Bij de constatering dat een bouwhoogtebeperking ergens tussen twee waarden ligt (bijvoorbeeld 115m – 141m), hebben wij de laagste waarde aangehouden (in dit voorbeeld 115m).

## 2. Karakteristieken RES-zoekgebieden

### *Hoogtebeperkingen*

De zoekgebieden hebben een kleurcodering gekregen waarbij de gebieden zijn opgedeeld in een verschillende categorieën van hoogtebeperkingen.

214 – 300 M (NAP)	Dark Green
147 – 213 M (NAP)	Light Green
101 – 146 M (NAP)	Yellow
70 – 100 M (NAP)	Orange
< 70 M (NAP)	Red

Tabel 1: categorisering hoogtebeperking RES-zoekgebieden

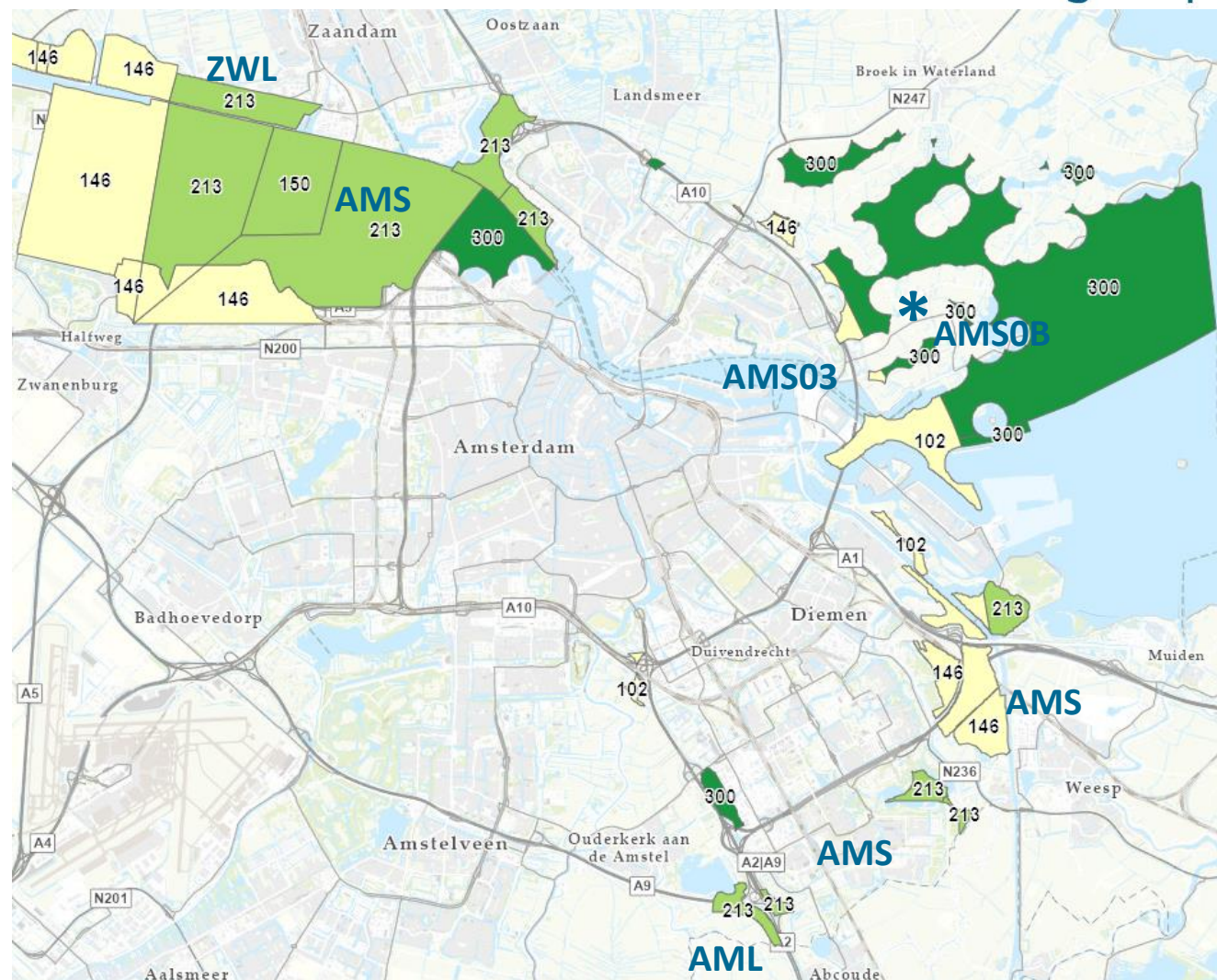
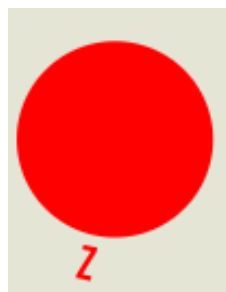


## 2. Karakteristieke RES-zoekgebieden

### Hoogtebeperkingen

Per clustering zijn de bouwhoogtebeperkingen in beeld gebracht. De bouwhoogte beperkingen van Amsterdam (AMS) zijn te zien in figuur 2.

\*In het cluster AMS0B kan bij de zuid westelijke gebieden grenzend aan AMS03 een andere hoogtebeperking gelden tussen de 102 en 146m op basis van de wet Luchtvaart.



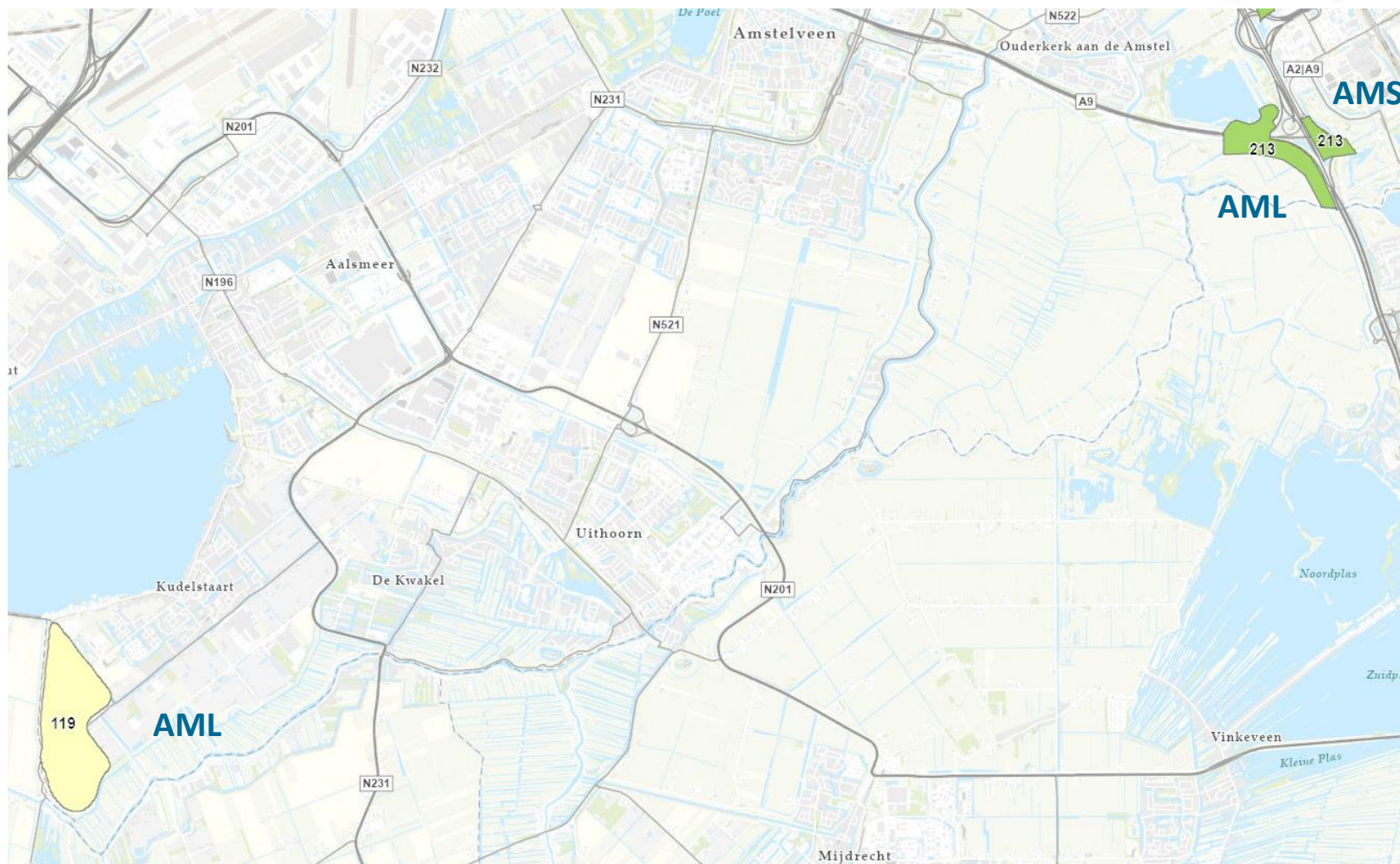
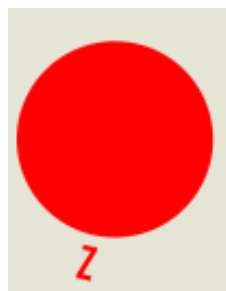
Figuur 2: bouwhoogtebeperking RES-zoekgebied Amsterdam



## 2. Karakteristieke RES-zoekgebieden

### Hoogtebeperkingen

De bouwhoogte beperkingen van Amstelland (AML) zijn te zien in figuur 3.

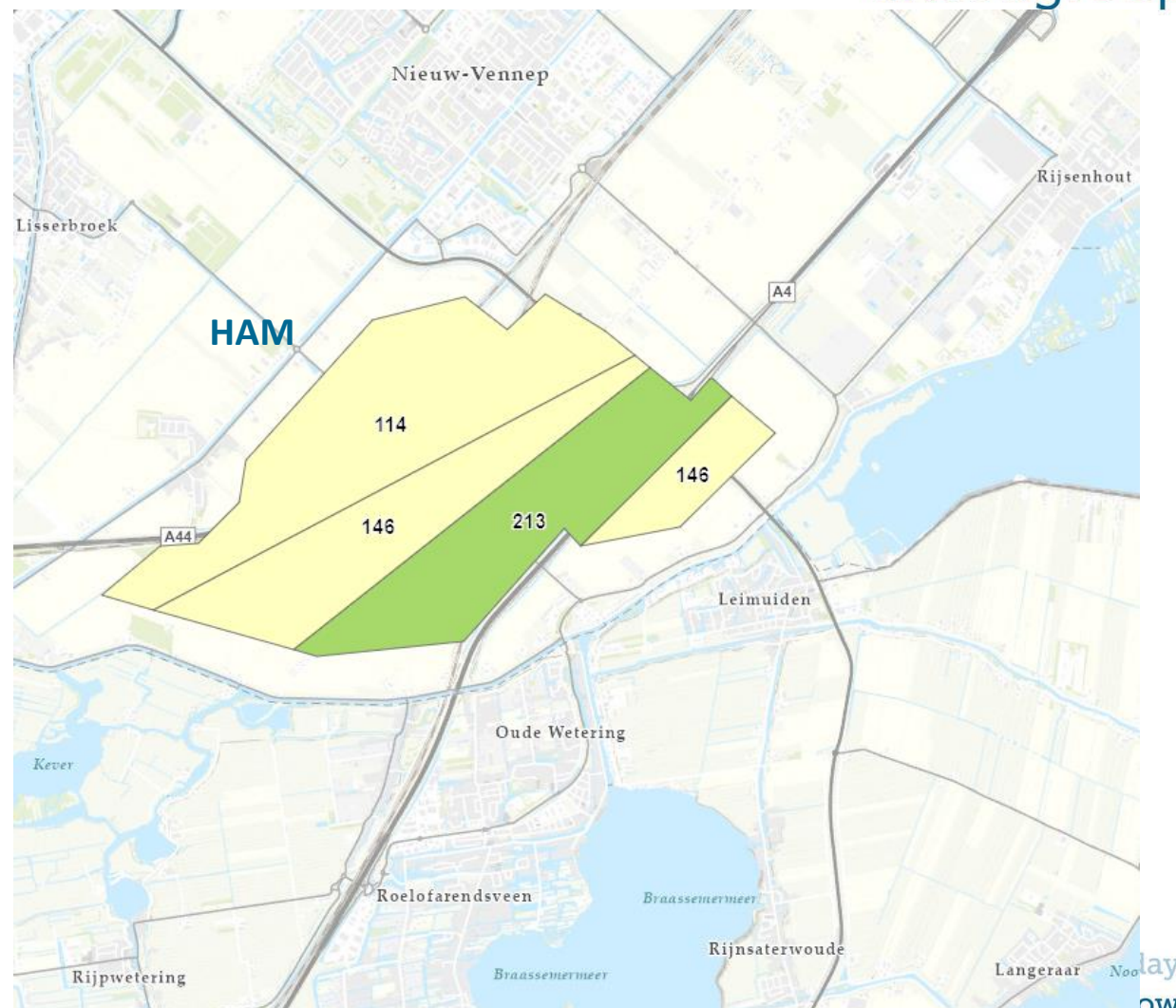
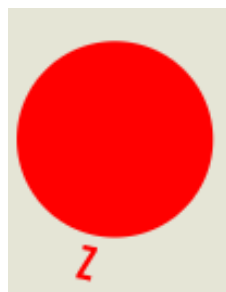


Figuur 3: bouwhoogte beperkingen zoekgebied Amstelland

## 2. Karakteristieke RES-zoekgebieden

### Hoogtebeperkingen

De bouwhoogte beperkingen van Haarlemmermeer (HAM) zijn te zien in figuur 4.



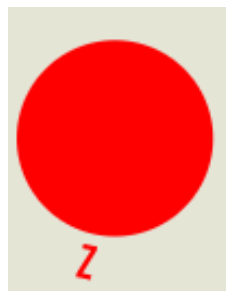
Figuur 4: bouwhoogte beperking RES-zoekgebied Haarlemmermeer



## 2. Karakteristieke RES-zoekgebieden

### Hoogtebeperkingen

De bouwhoogte beperkingen van IJmond & Zuid-Kennemerland (IZK) zijn te zien in figuur 5.

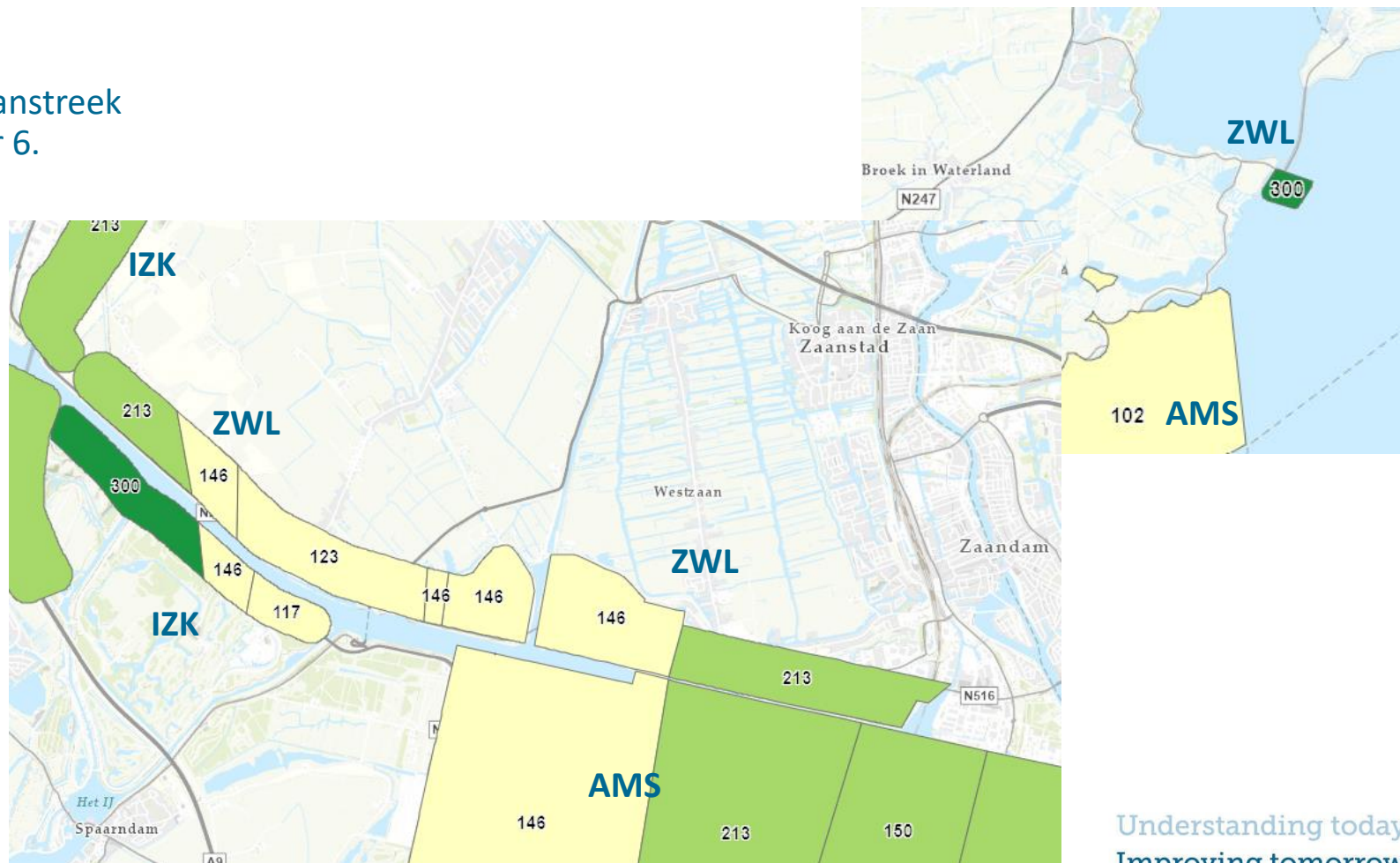
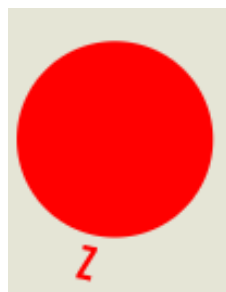


Figuur 5: bouwhoogte beperking RES-zoekgebied IJmond & Zuid-Kennemerland

## 2. Karakteristieke RES-zoekgebieden

### Hoogtebeperkingen

De bouwhoogte beperkingen van Zaanstreek Waterland (ZWL) zijn te zien in figuur 6.



Figuur 6: bouwhoogte beperking RES-zoekgebied Zaanstreek Waterland



## 2. Karakteristieke RES-zoekgebieden

### Clustering

De regio Noord-Holland Noord heeft slechts enkele clusters van zoekgebieden voor de verkenning van wind en wind & zon. Het gaat om de volgende zoekgebieden:

- Alkmaar (ALK)
- West Friesland (WFL)



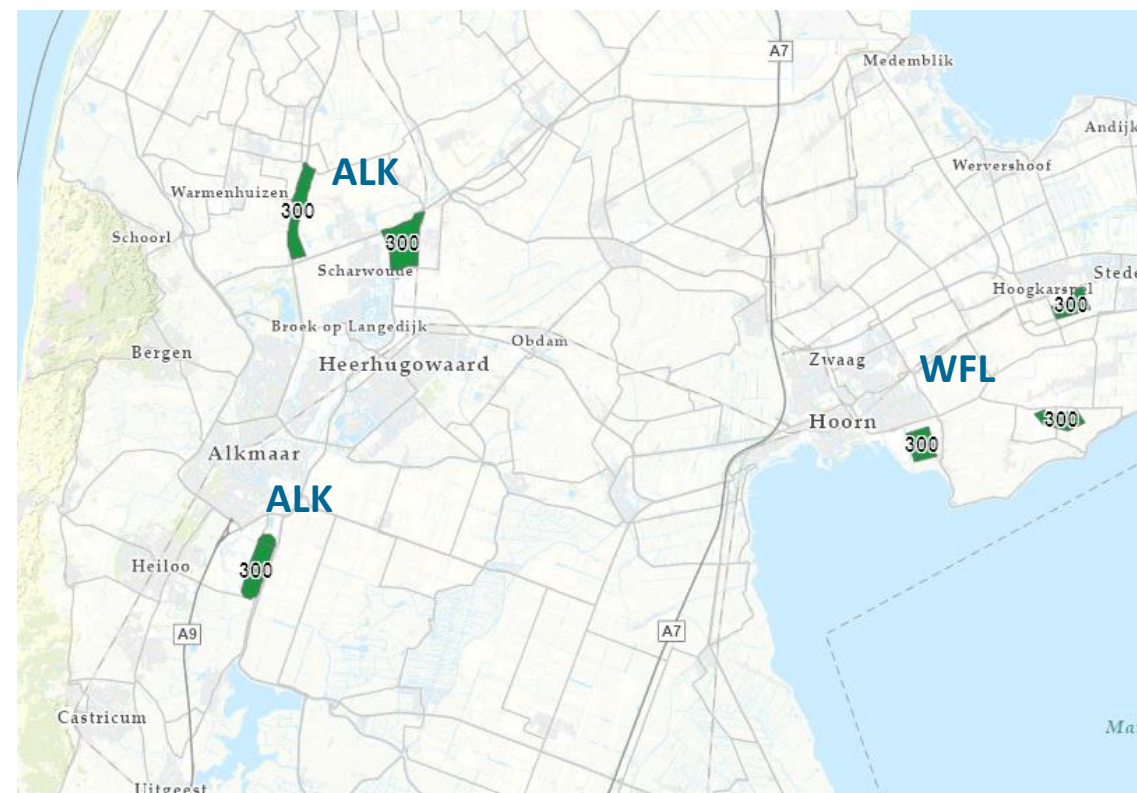
Figuur 7: RES-zoekgebieden Noord-Holland Noord (wind en wind & zon)

## 2. Karakteristieke RES-zoekgebieden

### Hoogtebeperkingen

Door de afwezigheid van militaire en civiele luchtvaarthevans in de directe nabijheid hebben de RES-zoekgebieden van Noord-Holland Noord weinig bouwhoogte beperkingen:

- Alkmaar (ALK) 300 meter
- West Friesland (WFL) 300 meter



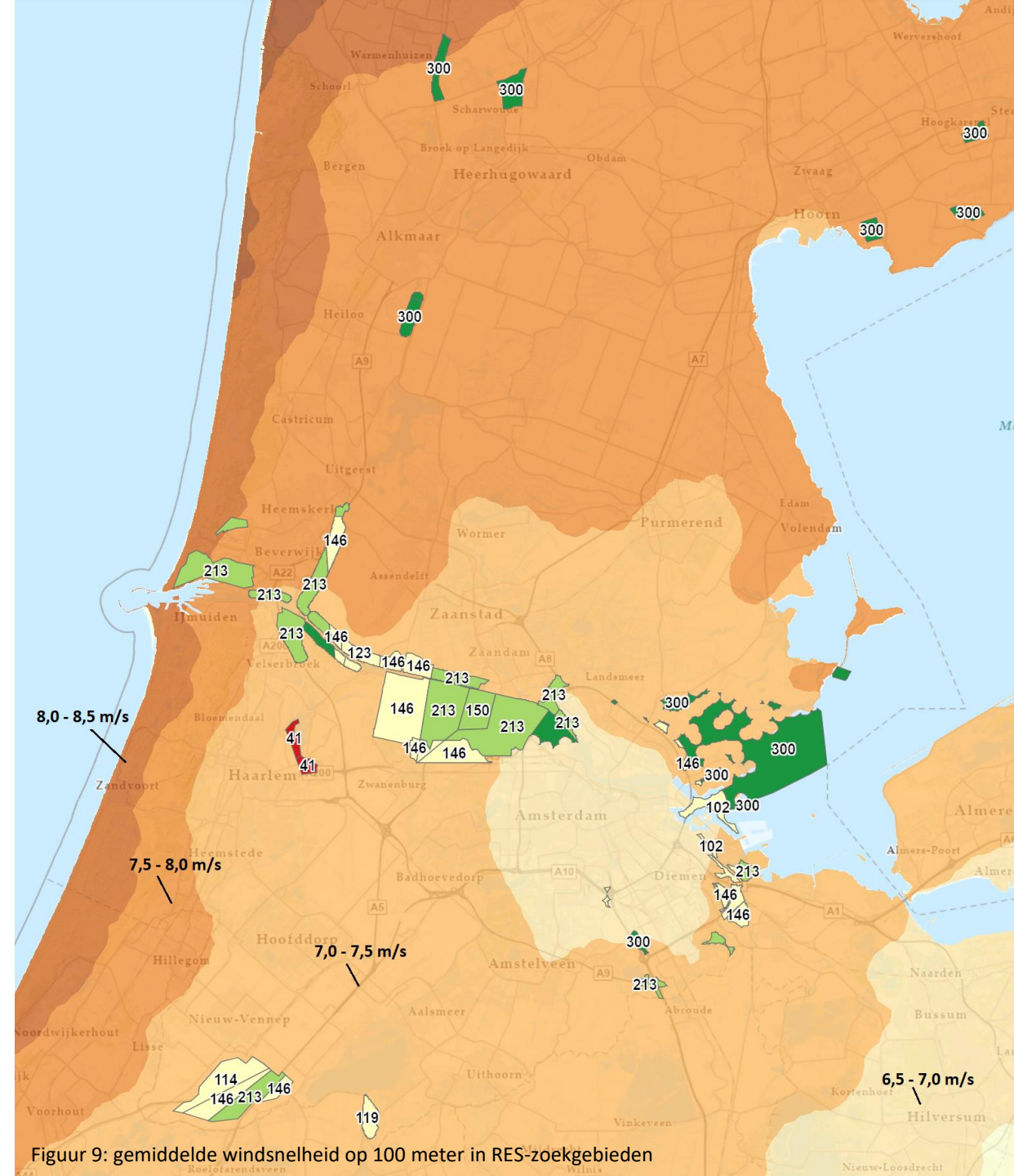
Figuur 8: RES-zoekgebieden Noord-Holland Noord (wind en wind & zon)

## 2. Karakteristieke RES-zoekgebieden

### *Windsnelheid*

Bij het plaatsen van windturbines in Nederland moet rekening worden gehouden met het windklimaat. Voor deze verkenning is daarom inzicht verschaft in de gemiddelde windsnelheden van de RES-zoekgebieden in Noord-Holland.

In figuur 9 is per RES-zoekgebied de gemiddelde windsnelheid op 100 meter hoogte weergegeven, dit geeft een indicatie voor de toepasbaarheid van de beschikbare windturbines in de verschillende RES-zoekgebieden. Voor windsnelheden op een specifieke locatie tussen de 20 en 260 meter hoogte kan de [windviewer](#) geraadpleegd worden.



Figuur 9: gemiddelde windsnelheid op 100 meter in RES-zoekgebieden

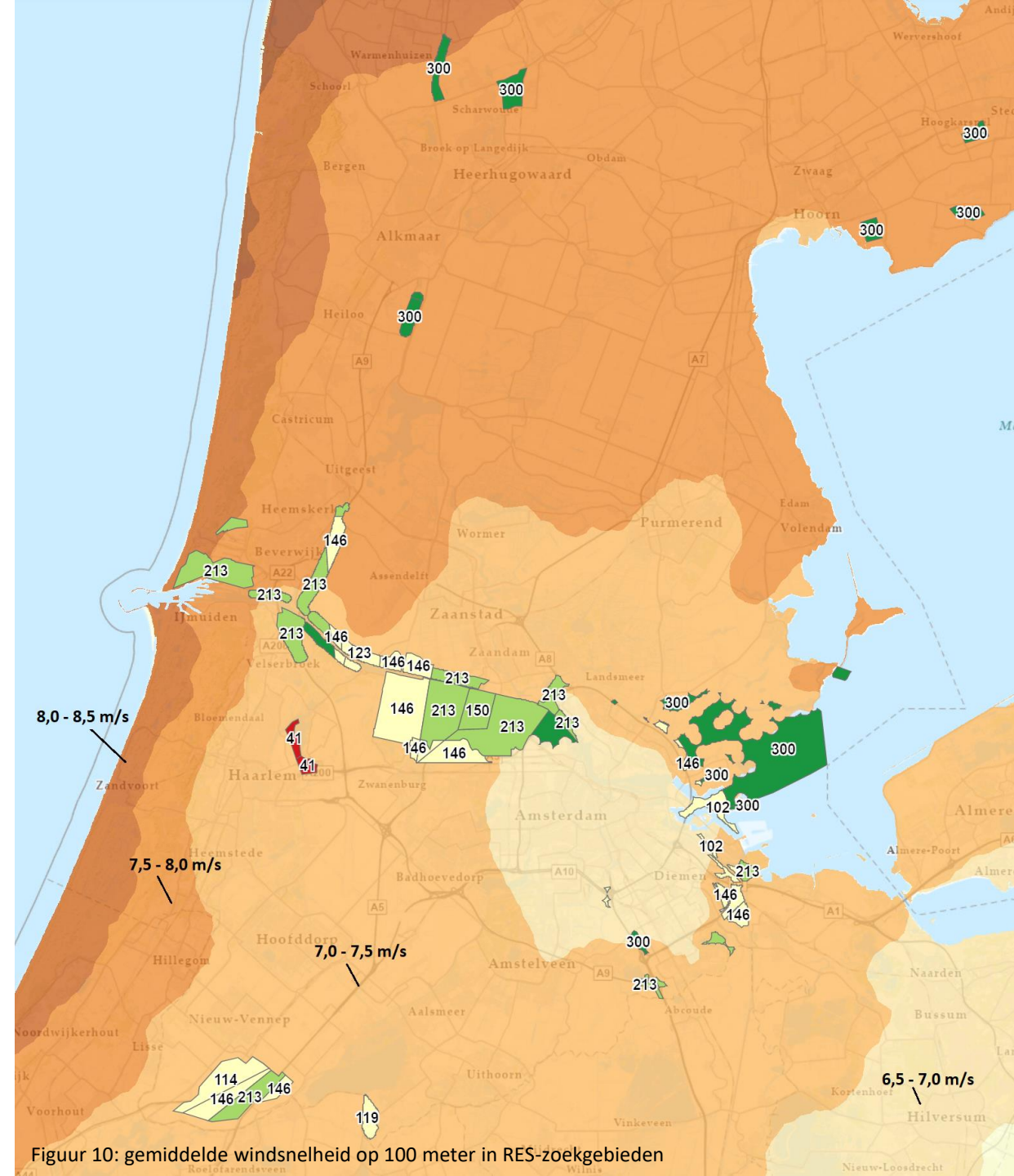


## 2. Karakteristieke RES-zoekgebieden

### Windsnelheid

In figuur 10 is te zien dat:

- Een groot deel van Noord-Holland Zuid te maken heeft met gemiddelde windsnelheden tot en met 7,5 m/s;
- De windsnelheden in Noord-Holland Noord liggen iets hoger met een gemiddelde windsnelheid tot en met 8,0 m/s;
- Bij de kust wordt gemiddeld de hoogste windsnelheid gemeten variërend van 8,0 m/s tot en met 9,0 m/s.



Figuur 10: gemiddelde windsnelheid op 100 meter in RES-zoekgebieden



# 3. Karakteristieken beschikbare windturbines

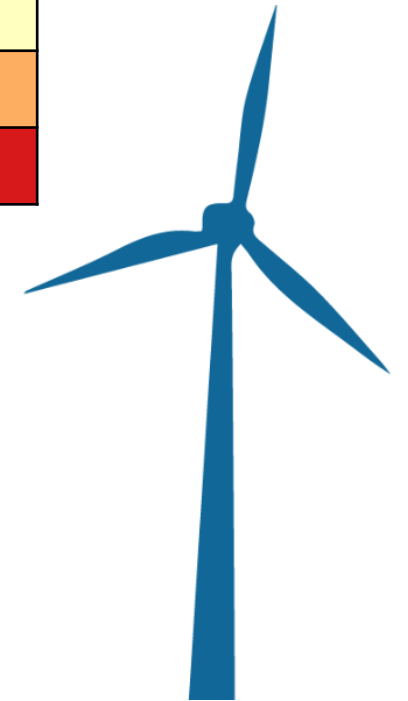
Voor deze verkenning zijn de beschikbare windturbines in kaart gebracht van alle fabrikanten die reeds een windturbine in Nederland op land hebben staan met een maximale tiphoogte tussen de 63 en 285 meter. Het gaat om de volgende 8 fabrikanten:

- Vestas
- Enercon
- Nordex
- Siemens Gamesa
- Vensys
- EWT
- WES (Wind Energy Solutions)
- Norwin

Verskillende kenmerken van de windturbines zijn in kaart gebracht zoals het vermogen, tiphoogte, windklasse en rotordiameter. Daarnaast hebben de windturbines dezelfde kleurcodering en grenswaarden van tiphoogte in meters gekregen als bij de categorieën van hoogtebeperkingen in de zoekgebieden. Zie tabel 2.

214 – 300 M	Dark Green
147 – 213 M	Light Green
101 – 146 M	Yellow
70 – 100 M	Orange
< 70 M	Red

Tabel 2: categorisering windturbines op tiphoogte



# 3. Karakteristieken beschikbare windturbines



De verschillende beschikbare windturbines worden onderscheiden op basis van hun rotordiameter. Echter hebben deze windturbines andere tiphoogtes, afhankelijk van de hoogte van de mast die erbij gemonteerd wordt. De *minimale tiphoogte* verwijst naar de kleinste mast plus rotordiameter. De *maximale tiphoogte* verwijst naar de grootst mogelijke mast plus rotordiameter. Voor deze verkenning vindt de rangschikking plaats op basis van zowel **minimale als maximale tiphoogte**.

Voor de **hoogste** categorie windturbines op land zijn alleen windturbines beschikbaar wanneer de *maximale tiphoogte* wordt toegepast. Alle beschikbare windturbines met *minimale tiphoogte* zijn onder de 200 meter.

Let op: wij refereren naar de maximale en minimale tiphoogte, een bepaald type windturbine kan een andere tiphoogte hebben doordat de masthoogte op maat wordt gemaakt en de windturbine tussen de maximale en minimale tiphoogte valt.



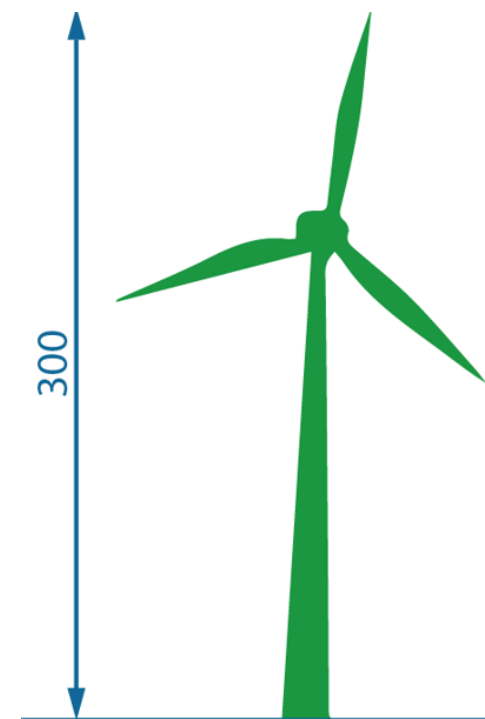
Understanding today.  
Improving tomorrow.

Fabrikant	Model	Vermogen (MW)	Windklasse (IEC)	Rotordiameter (m)	Ashoogte min (m)	Ashoogte max (m)	tiphoogte min (m)	tiphoogte max (m)	Legenda kleur
Vestas	V172-7.2	7,2	S	172	114	199	200	<b>285</b>	
Vestas	V162-6.2	6,2	S	162	119	169	200	<b>250</b>	
Vestas	V162-7.2	7,2	S	162	119	169	200	<b>250</b>	
Enercon	E175 EP5	6	S	175	112	162	200	<b>250</b>	
Siemens Gamesa	6.6 - 170	6,6	S, IIIA & IIIB	170	100	165	185	<b>250</b>	
Nordex	N163/5.X	5,5	S	163	118	164	200	<b>246</b>	
Vensys	170	5,8	IIIA	170	115	160	200	<b>245</b>	
Vestas	V155-3.6	3,6	S	155	105	166	183	<b>244</b>	
Siemens Gamesa	6.6 - 155	6,6	IIA, IIB & IA	155	90	165	167,5	<b>242,5</b>	
Vestas	V150-4.2	4,2	IIB	150	105	166	180	<b>241</b>	
Vestas	V150-4.5	4,5	S	150	105	166	180	<b>241</b>	
Vestas	V150-6.0	6	S	150	105	166	180	<b>241</b>	
Enercon	E160 EP5 E2	5,5	IIIA	160	120	160	200	<b>240</b>	
Enercon	E160 EP5 E3	5,56	IIIA	160	99	166	179	<b>240</b>	
Nordex	N149/4.X	4,5	S	149.1	105	164	180	<b>239</b>	
Nordex	N149/5.X	5	S	149.1	105	164	180	<b>239</b>	
Vestas	V136-3.45	3,45	Ia	136	112	166	180	<b>234</b>	
Vestas	V136-4.2	4,2	IIB/S	136	112	166	180	<b>234</b>	
Vestas	V136-4.5	4,5	IIB	136	112	166	180	<b>234</b>	
Vestas	V126-3.45	3,45	Ia & IIB	126	87	166	150	<b>229</b>	
Vensys	136	3,5	IIIA	136	82	161	150	<b>229</b>	
Enercon	E138 EP3 E2	4,2	IIIA	138,25	81	160	150	<b>229</b>	
Enercon	E138 EP3 E3	4,26	IIA	138,25	81	160	150	<b>229</b>	

Tabel 3: categorisering windturbines (maximale tiphoogte)



# Max tip



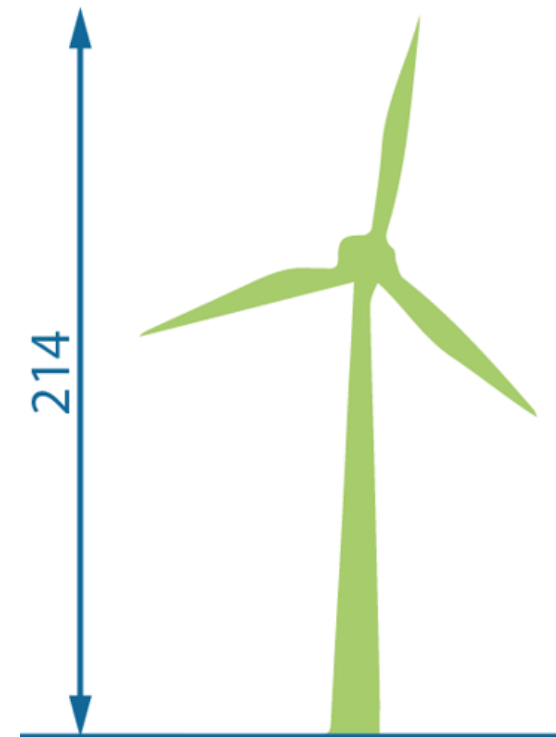
Understanding today.  
Improving tomorrow.

Fabrikant	Model	Vermogen (MW)	Windklasse (IEC)	Rotordiameter (m)	Ashoogte min (m)	Ashoogte max (m)	tiphoogte min (m)	tiphoogte max (m)	Legenda kleur
Enercon	E115 EP3	4,2	IA & IIA	115,7	67	149	125	<b>207</b>	
Vestas	V117-3.45	3,45	S	117	91,5	141,5	150	<b>200</b>	
Siemens Gamesa	5.0 - 145	5	IIB	145	91	127,5	163,5	<b>200</b>	
Nordex	N117/3600	3,6	IIA	117	91	141	150	<b>200</b>	
Vensys	126	3,8	IIA & IIIA	126	87	137	150	<b>200</b>	
Nordex	N131/3600	3,6	IIIs	131	84	134	150	<b>200</b>	
Nordex	N131/3900	3,9	IIIIs	131	84	134	150	<b>200</b>	
Nordex	N155/4.X	4,5	-	155	108	120	186	<b>198</b>	
Nordex	N155/5.X	5	-	155	108	120	186	<b>198</b>	
Siemens Gamesa	3.4 - 145	3,4	III/S	145	105,5	124,5	178	<b>197</b>	
Vestas	V120-2.2	2,2	IIb/S	120	80	137	140	<b>197</b>	
Enercon	E92	2,35	IIA	92	69	138	115	<b>184</b>	
Vensys	115	4,1	III	115	67,5	122,5	125	<b>180</b>	
Vestas	V163-4.5	4,5	S	163	98	98	180	<b>180</b>	
Vestas	V110-2.0	2	IIa/IIIa	110	80	125	135	<b>180</b>	
Enercon	E82 E2	2,3	IIA	82	78	138	119	<b>179</b>	
Nordex	N133/4.8	4,8	S	133	78	110	145	<b>177</b>	
Vestas	V100-2.0	2	IIa/IIIa	100	80	125	130	<b>175</b>	
Vestas	V90-2.0	2	IIa/IIIa	90	80	125	125	<b>170</b>	
Siemens Gamesa	5.0 - 132	5	IA	132	84	84	150	<b>150</b>	
Vestas	V117-4.2	4,2	Ib/IIa	117	84	91,5	143	<b>150</b>	
Enercon	E115 EP3 E4	4,26	IA	115,7	77	92	135	<b>150</b>	
Vestas	V112-3.45	3,45	A	112	69	94	125	<b>150</b>	

Tabel 4: categorisering windturbines (maximale tiphoogte)



# Max tip

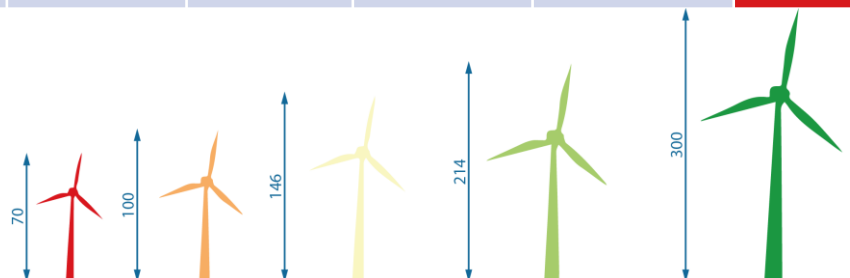


Understanding today.  
Improving tomorrow.



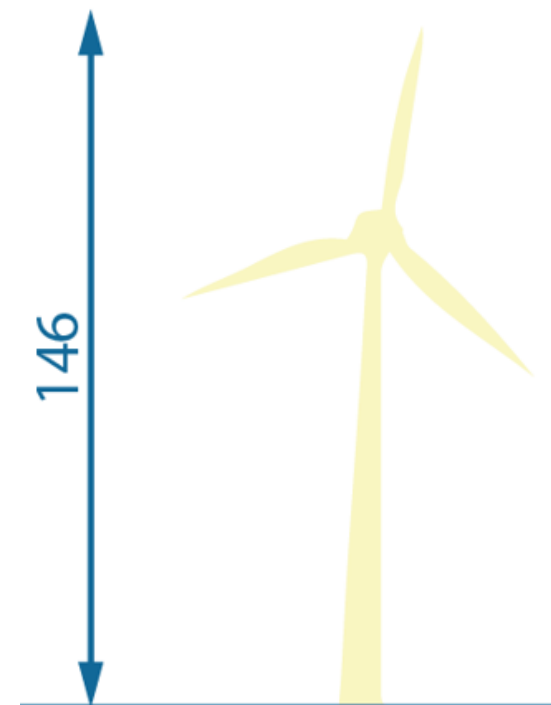
Fabrikant	Model	Vermogen (MW)	Windklasse (IEC)	Rotordiameter (m)	Ashoogte min (m)	Ashoogte max (m)	tiphoogte min (m)	tiphoogte max (m)	Legenda kleur
Vensys	82	1,5	IIA	82	58	85	99	126	
Vestas	V105-3.45	3,45	Ia	105	72.5	72.5	125	125	
Enercon	E82 E4	3	IA & IIA	82	59	84	100	125	
Enercon	E70 E4	2,3	IA & IIA	71	54	75	90	111	
EWT	DW 54	0,9	IIIA	54	40	75	67	102	
Vensys	70	2,1	IIA	71	57.4	64.4	93	100	
Envision	EN70-1.5	1,5	IA	70	65	65	100	100	
EWT	DW 61	1	IIIA	61	46	69	77	100	
EWT	DW 58	1	IIA	58	46	69	75	98	
Norwin	54-ASR	0,75	IIB & IIIA	54	40	65	67	92	
Vensys	62	1,5	IA	62	49	49	80	80	
WES (Wind Energy Solutions)	WES 250	0,25	IB	30	48	48	63	63	

Tabel 5: categorisering windturbines (maximale tiphoogte)



antea<sup>®</sup>group

# Max tip



Understanding today.  
Improving tomorrow.

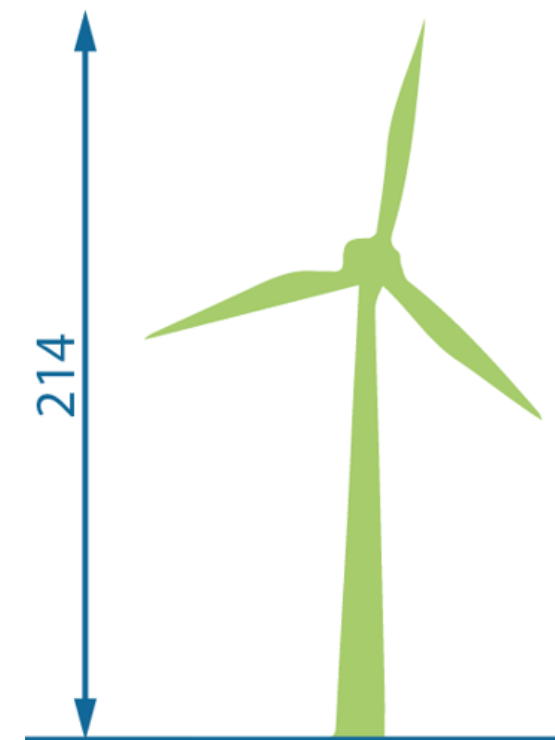
Fabrikant	Model	Vermogen (MW)	Windklasse (IEC)	Rotordiameter (m)	Ashoogte min (m)	Ashoogte max (m)	tiphoogte min (m)	tiphoogte max (m)	Legenda kleur
Vestas	V172-7.2	7,2	S	172	114	199	<b>200</b>	285	
Enercon	E175 EP5	6	S	175	112	162	<b>200</b>	250	
Vestas	V162-6.2	6,2	S	162	119	169	<b>200</b>	250	
Vestas	V162-7.2	7,2	S	162	119	169	<b>200</b>	250	
Nordex	N163/5.X	5,5	S	163	118	164	<b>200</b>	246	
Vensys	170	5,8	IIIA	170	115	160	<b>200</b>	245	
Enercon	E160 EP5 E2	5,5	IIIA	160	120	160	<b>200</b>	240	
Nordex	N155/4.X	4,5	-	155	108	120	<b>186</b>	198	
Nordex	N155/5.X	5	-	155	108	120	<b>186</b>	198	
Siemens Gamesa	6.6 - 170	6,6	S, IIIA & IIIB	170	100	165	<b>185</b>	250	
Vestas	V155-3.6	3,6	S	155	105	166	<b>183</b>	244	
Vestas	V150-4.2	4,2	IIB	150	105	166	<b>180</b>	241	
Vestas	V150-4.5	4,5	S	150	105	166	<b>180</b>	241	
Vestas	V150-6.0	6	S	150	105	166	<b>180</b>	241	
Nordex	N149/4.X	4,5	S	149.1	105	164	<b>180</b>	239	
Nordex	N149/5.X	5	S	149.1	105	164	<b>180</b>	239	
Vestas	V136-3.45	3,45	Ila	136	112	166	<b>180</b>	234	
Vestas	V136-4.2	4,2	IIB/S	136	112	166	<b>180</b>	234	
Vestas	V136-4.5	4,5	IIB	136	112	166	<b>180</b>	234	
Vestas	V163-4.5	4,5	S	163	98	98	<b>180</b>	180	
Enercon	E160 EP5 E3	5,56	IIIA	160	99	166	<b>179</b>	240	
Siemens Gamesa	3.4 - 145	3,4	III/S	145	105,5	124,5	<b>178</b>	197	
Siemens Gamesa	6.6 - 155	6,6	IIA, IIB & IA	155	90	165	<b>167,5</b>	242,5	
Siemens Gamesa	5.0 - 145	5	IIB	145	91	127,5	<b>163,5</b>	200	
Enercon	E138 EP3 E2	4,2	IIIA	138,25	81	160	<b>150</b>	229	
Enercon	E138 EP3 E3	4,26	IIA	138,25	81	160	<b>150</b>	229	
Vensys	136	3,5	IIIA	136	82	161	<b>150</b>	229	
Vestas	V126-3.45	3,45	Ila & IIB	126	87	166	<b>150</b>	229	
Nordex	N117/3600	3,6	IIA	117	91	141	<b>150</b>	200	
Nordex	N131/3600	3,6	IIs	131	84	134	<b>150</b>	200	
Nordex	N131/3900	3,9	IIIs	131	84	134	<b>150</b>	200	
Vensys	126	3,8	IIA & IIIA	126	87	137	<b>150</b>	200	
Vestas	V117-3.45	3,45	S	117	91.5	141,5	<b>150</b>	200	
Siemens Gamesa	5.0 - 132	5	IA	132	84	84	<b>150</b>	150	

Tabel 6: categorisering windturbines (minimale tiphoogte)



antea group

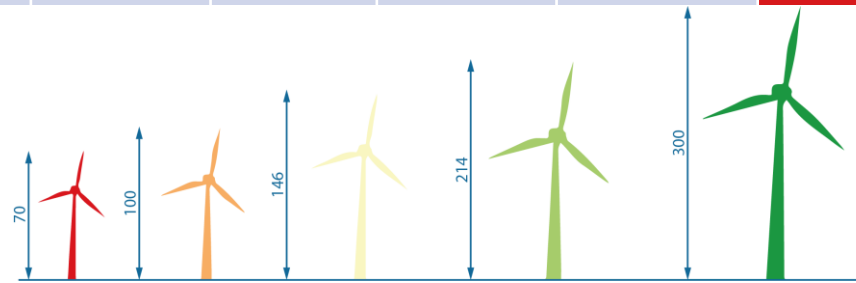
# Min tip



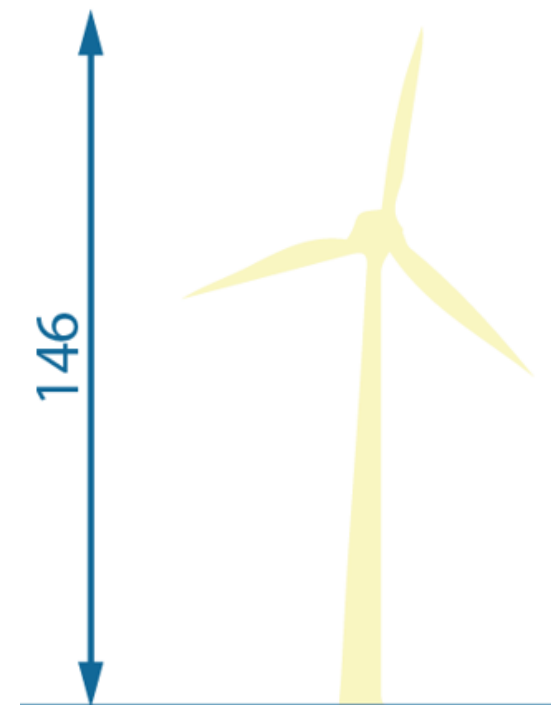
Understanding today.  
Improving tomorrow.

Fabrikant	Model	Vermogen (MW)	Windklasse (IEC)	Rotordiameter (m)	Ashoogte min (m)	Ashoogte max (m)	tiphoogte min (m)	tiphoogte max (m)	Legenda kleur
Nordex	N133/4.8	4,8	S	133	78	110	145	177	
Vestas	V117-4.2	4,2	Ib/IIa	117	84	91,5	143	150	
Vestas	V120-2.2	2,2	IIb/S	120	80	137	140	197	
Vestas	V110-2.0	2	IIa/IIIa	110	80	125	135	180	
Enercon	E115 EP3 E4	4,26	IA	115,7	77	92	135	150	
Vestas	V100-2.0	2	IIa/IIIa	100	80	125	130	175	
Enercon	E115 EP3	4,2	IA & IIA	115,7	67	149	125	207	
Vensys	115	4,1	III	115	67,5	122,5	125	180	
Vestas	V90-2.0	2	IIa/IIIa	90	80	125	125	170	
Vestas	V112-3.45	3,45	A	112	69	94	125	150	
Vestas	V105-3.45	3,45	Ia	105	72,5	72,5	125	125	
Enercon	E82 E2	2,3	IIA	82	78	138	119	179	
Enercon	E92	2,35	IIA	92	69	138	115	184	
Envision	EN70-1.5	1,5	IA	70	65	65	100	100	
Vensys	82	1,5	IIA	82	58	85	99	126	
Vensys	70	2,1	IIA	71	57,4	64,4	93	100	
Enercon	E70 E4	2,3	IA & IIA	71	54	75	90	111	
Vensys	62	1,5	IA	62	49	49	80	80	
EWT	DW 61	1	IIIA	61	46	69	77	100	
EWT	DW 58	1	IIA	58	46	69	75	98	
EWT	DW 54	0,9	IIIA	54	40	75	67	102	
Norwin	54-ASR	0,75	IIB & IIIA	54	40	65	67	92	
WES (Wind Energy Solutions)	WES 250	0,25	IB	30	48	48	63	63	

Tabel 7: categorisering windturbines (minimale tiphoogte)



# Min tip

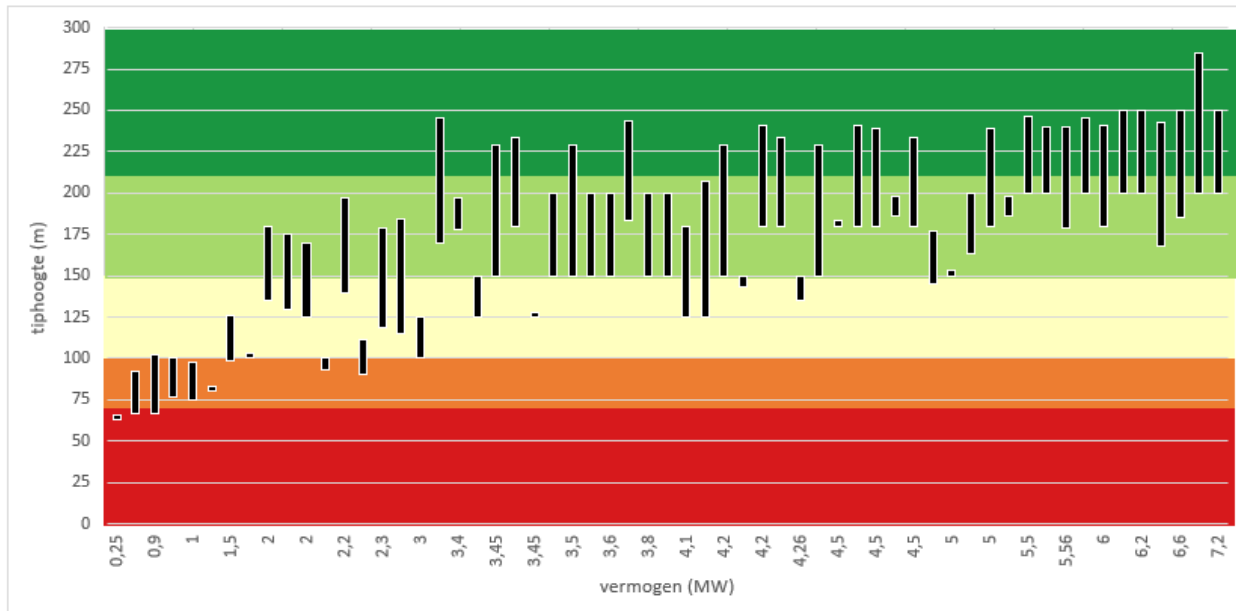


Understanding today.  
Improving tomorrow.

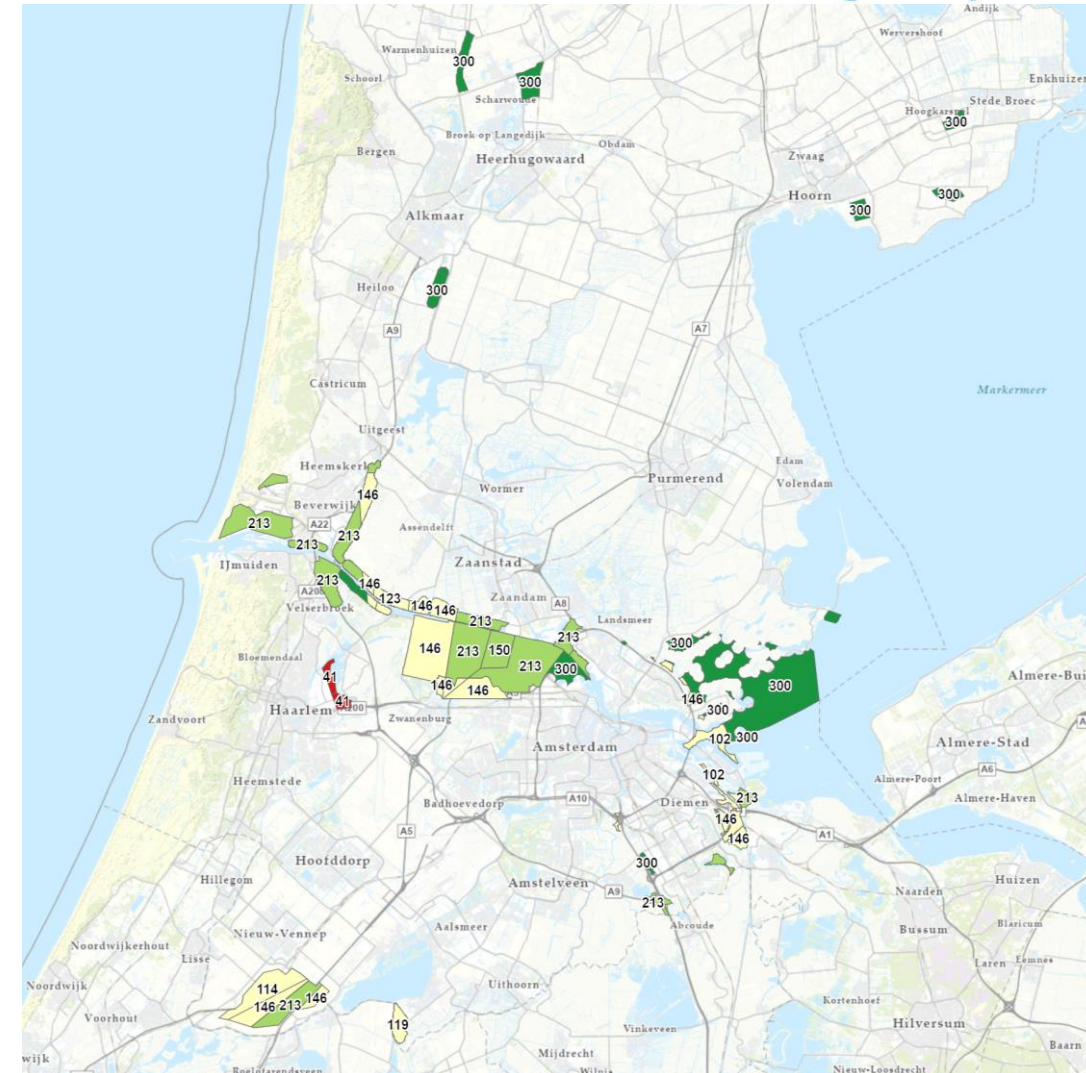
# 4. Toepasbaarheid beschikbare windturbines in RES-zoekgebieden

De kleurcodering op de vorige pagina's heeft inzichtelijk gemaakt welke windturbines in welk gebied toepasbaar zijn rekening houdend met de hoogtebeperking.

In figuur 11 is op basis van de tiphoogte de vermogens van de beschikbare windturbines afgebeeld. Met figuur 12 ernaast kan afgelezen worden welke vermogens gerealiseerd kunnen worden in welke RES-zoekgebieden.



Figuur 11: beschikbare vermogen ten opzichte van tiphoogte



Figuur 12: hoogtebeperkingen in RES-zoekgebieden



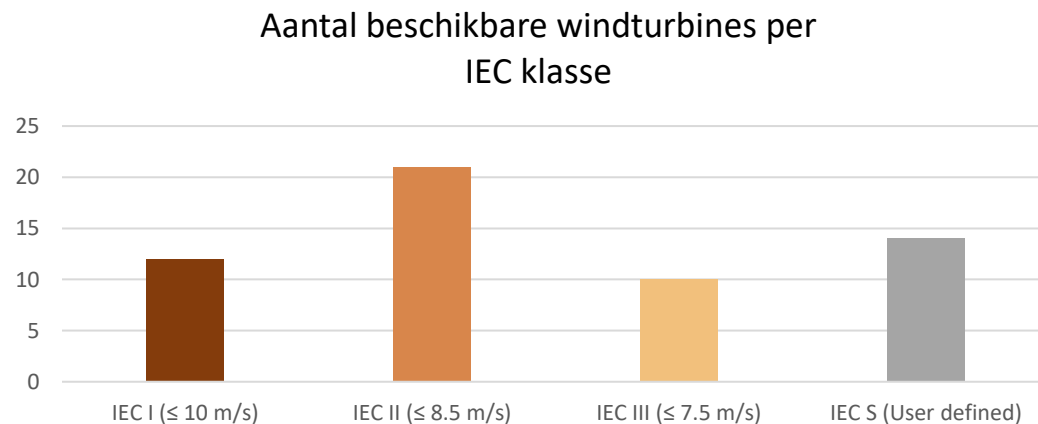
# 4. Toepasbaarheid beschikbare windturbines in RES-zoekgebieden



Ook is gekeken naar de invloed van de windsnelheden op de toepasbaarheid van de beschikbare windturbines in de RES-zoekgebieden.

Windturbines hebben afhankelijk van de bouw een windklasse uitgedrukt in IEC I, II, III of IV. IEC is een reeks ontwerpvereisten die zijn opgesteld om ervoor te zorgen dat windturbines op de juiste manier zijn ontworpen tegen schade door gevaren binnen de geplande levensduur. De IEC windklassen zijn gebaseerd op drie dimensies – gemiddelde windsnelheid, windextremen (windstoten) en turbulentie. Zie tabel 8.

Geen van de verkende turbines heeft IEC klasse IV. Een deel van de beschikbare windturbines heeft de classificatie IEC S. Classificatie S houdt in dat de windturbine nog niet geclassificeerd is en een IEC klasse krijgt afhankelijk van de gekozen specificaties zoals de ashoogte. Figuur 13 geeft de verdeling weer van de beschikbare windturbines per IEC klasse.



Figuur 13: verdeling van beschikbare windturbine per IEC klasse

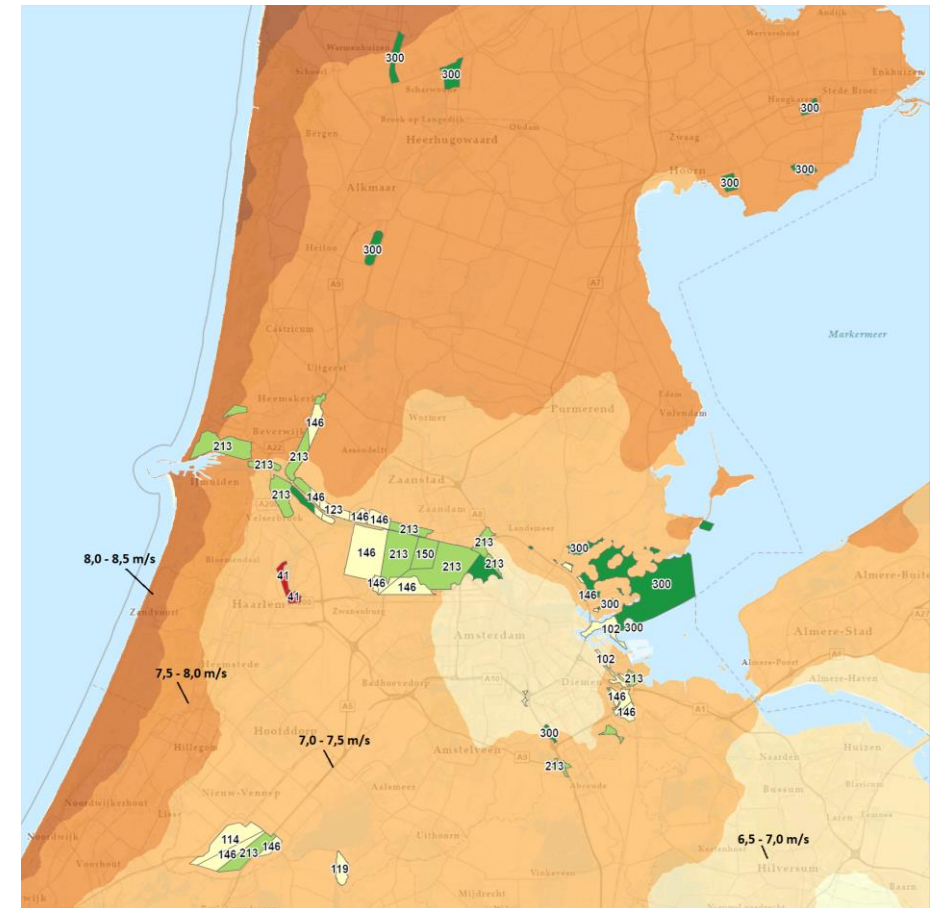
IEC windklasse			
	I	II	III
Jaarlijks gemiddelde windsnelheid	10 m/s	8.5 m/s	7.5 m/s
50-jaar extremen over 10 min	50 m/s	42.5 m/s	37.5 m/s
50-jaar extremen over 3 sec	70 m/s	59.5 m/s	52.5 m/s
1-jaar extremen	52.5 m/s	44.6 m/s	39.4 m/s
Turbulentie			
	A	B	C
Turbulentie intensiteit	0.16	0.14	0.12

Tabel 8: IEC windklasse & turbulentie

# 4. Toepasbaarheid beschikbare windturbines in RES-zoekgebieden

Op basis van de IEC windklasse kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Turbines met een windklasse IEC I & II zouden in alle geïdentificeerde RES-zoekgebieden geplaatst kunnen worden\*;
- Er zijn beperkingen van RES-zoekgebieden bij plaatsing van turbines met een wind turbineklasse IEC III. Deze windturbines kunnen alleen geplaatst worden in RES-zoekgebieden met gemiddelde windsnelheden gelijk aan of minder dan 7.5 m/s;
- Windturbines met IEC S zijn niet nader gespecificeerd door de fabrikant en zullen afhankelijk zijn van de gekozen windturbine specificaties.



Figuur 14: Windsnelheid op 100 meter hoogte in de verschillende RES-zoekgebieden

\* Bij een as-hoogte van 100 meter.

# 4. Toepasbaarheid beschikbare windturbines in RES-zoekgebieden



Tot slot is een belangrijke indicator van de toepasbaarheid van beschikbare windturbines de financiële haalbaarheid. Oftewel, brengt de windturbine genoeg op in relatie tot de investerings- en exploitatiekosten. Vele indicatoren (subsidies, grondexploitatiekosten, energieprijzen, inpassing in de omgeving etc.) spelen hierbij een rol.

Om een indicatie te geven van de financiële haalbaarheid is er gekeken naar de vollasturen van windturbines in verhouding tot het Nederlandse windklimaat. Het aantal vollasturen van een generator wordt berekend door de (te verwachten) jaarlijkse energieopbrengst te delen door het nominale vermogen van de generator. Hoe hoger de vollasturen van een windturbine, hoe effectiever de jaaropbrengst hiervan is.

De gemiddelde windsnelheden\* uit de onderzochte RES-zoekgebieden zijn vermenigvuldigd met de powercurve data van de windturbine-modellen en uiteengezet op jaarbasis. Hiermee zijn de totale elektriciteitsopbrengst (MWh) en de vollasturen per jaar te achterhalen.

\* Een belangrijke kanttekening hierin is dat de opgemaakte vergelijking van vollasturen is gecorrigeerd voor de gemiddelde windsnelheden op 100 meter hoogte in de RES-zoekgebieden van Noord-Holland Zuid en Noord, zoals uiteengezet op pagina 15. Windsnelheden zijn positief gecorreleerd aan hoogte. Een hogere windturbine vangt gemiddeld meer wind, wat resulteert in meer vollasturen op jaarbasis en daarmee een effectievere jaaropbrengst van elektriciteit.

# 4. Toepasbaarheid beschikbare windturbines in RES-zoekgebieden

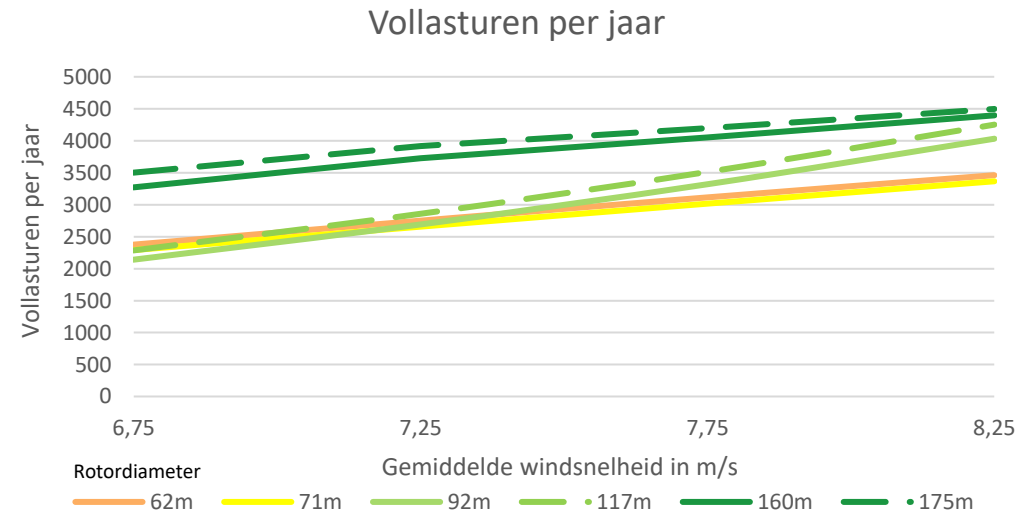


antea<sup>group</sup>

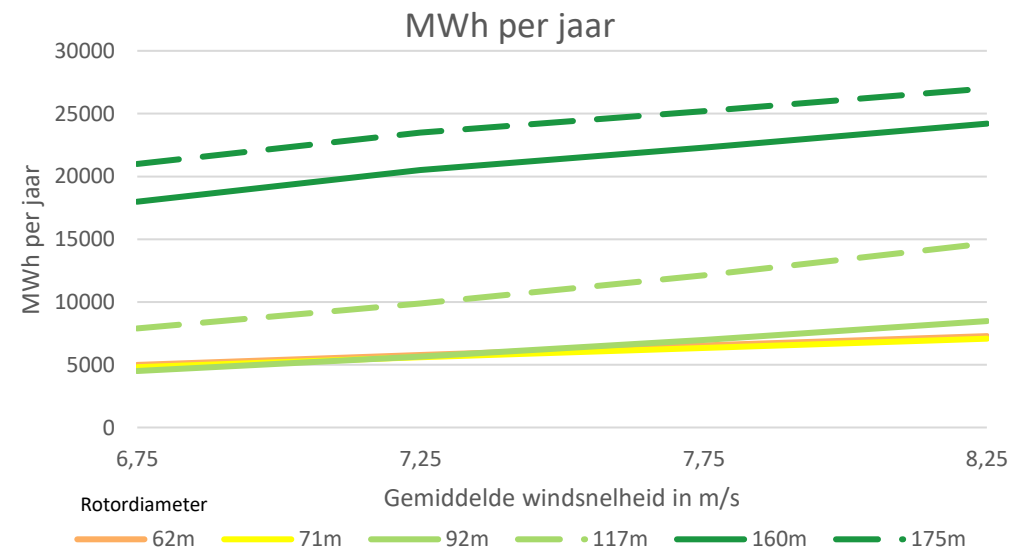
De indicatie is gebaseerd op 18 windturbine modellen\* die op basis van hun rotordiameter zijn verdeeld in zes categorieën. Hieruit kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Een turbine met een grotere rotordiameter kan de beschikbare wind effectiever opvangen dan een kleinere rotordiameter. Van de onderzochte modellen hebben windturbines met een grotere rotordiameter relatief gezien meer vollasturen bij vergelijkbare windsnelheden.
- De onderzochte RES-zoekgebieden van Noord-Holland Zuid en Noord-Holland Noord liggen voornamelijk in een windklimaat met gemiddelde windsnelheden van 7.0 - 7.5 m/s. De hoogtebeperkingen binnen deze RES-zoekgebieden varieert tussen de 100 en 300 meter (kleurcategorisering geel t/m donker groen). Hierin is de potentiële jaaropbrengst van de (donker) groene categorie het meest effectief.

\*Niet alle onderzochte windturbine-modellen in dit onderzoek hebben (betrouwbare) powercurve data beschikbaar staan.



Figuur 15: Schatting van de hoeveelheid vollasturen per jaar



Figuur 16: Schatting van de geleverde MWh per jaar

214 – 300 M	Donker groen
147 – 213 M	Light groen
101 – 146 M	Geel
70 – 100 M	Oranje
< 70 M	Rood

Tabel 9: kleurcategorisering windturbines op tiphoogte

Understanding today.  
Improving tomorrow.

# 5. Re-powering

Met de re-power regel mag een bestaand park re-poweren en 10% in omvang laten groeien. De provincie wil graag inzicht in het re-poweren van windturbines met een ashoogte van 50-60 meter. Dit betekent bij gebruik van de re-power regel dat een bestaand park een groei in ashoogte mag hebben tot circa 65 meter. Tabel 9 laat zien dat:

- De ashoogte van de beschikbare windturbines varieert tussen de 40 en 84 meter;
- Het vermogen van de beschikbare windturbines varieert tussen de 0.25 MW en 3 MW;
- Op basis van de criteria blijven er 9 beschikbare windturbine modellen over die afkomstig zijn van 5 verschillende fabrikanten:
  - Enercon • WES (Wind Energy Solutions)
  - Vensys
  - Norwin • EWT



Fabrikant	Model	Vermogen (MW)	Windklasse (IEC)	Rotordiameter (m)	Ashoogte min (m)	Ashoogte max (m)	Tiphoogte min (m)	Tiphoogte max (m)
Norwin	54-ASR	0,75	IIB & IIIA	54	40	65	67	92
EWT	DW 54	0,9	IIIA	54	40	75	67	102
EWT	DW 61	1	IIIA	61	46	69	77	100
EWT	DW 58	1	IIA	58	46	69	75	98
Wind Energy Solutions	WES 250	0,25	IB	30	48	48	63	63
Vensys	62	1,5	IA	62	49	49	80	80
Enercon	E70 E4	2,3	IA & IIA	71	54	75	90	111
Vensys	82	1,5	IIA	82	58	85	99	126
Enercon	E82 E4	3	IA & IIA	82	59	84	100	125

Tabel 10: categorisering windturbines op minimale ashoogte.



# 6. Conclusie



Onze belangrijkste conclusies voor de toepasbaarheid van beschikbare windturbines in de zoekgebieden van de RES-regio's zijn:

1. In totaal zijn 57 geschikte windturbine modellen geïdentificeerd:
  - Het vermogen van de beschikbare windturbines varieert tussen de 0.25 MW en 7.2MW;
  - De tiphoogte van de beschikbare windturbines varieert tussen de 63 en 285 meter;
2. Afhankelijk van de gekozen masthoogte kan een specifiek model in verschillende zoekgebieden met andere bouwhoogtebeperkingen worden ingepast.
3. De bouwhoogtebeperking is bepalend voor de toepasbaarheid van de beschikbare windturbines in de RES-zoekgebieden van Noord-Holland Zuid. Voor de Noord-Holland Noord spelen de bouwhoogtebeperkingen geen rol en kunnen alle beschikbare windturbines worden toegepast;
4. Turbines met een IEC-windklasse I & II kunnen in alle geïdentificeerde RES-zoekgebieden geplaatst worden. Voor windturbine modellen met windklasse IEC III, moet specifiek gekeken worden naar de windsnelheden in de betreffende RES-zoekgebieden. Naar alle waarschijnlijkheid kunnen in de RES-zoekgebieden van Noord-Holland Noord en enkele zoekgebieden dichtbij de kust van Noord-Holland Zuid geen windturbines met windklasse IEC III worden ingepast;
5. Deze verkenning heeft inzichtelijk gemaakt welke windturbines waar geplaatst kunnen worden rekening houdend met de windsnelheden op 100 meter hoogte. Bij het bepalen van de windsnelheid tussen de 50 en 260 meter op een specifieke locatie moet de [windviewer](#) geraadpleegd worden.
6. Windturbines met een grotere rotordiameter kunnen meer van de beschikbare wind opvangen dan types met een kleinere rotordiameter. Tevens zijn er gemiddeld genomen hogere windsnelheden op hogere as-hoogtes. Grotere rotordiameters en/of hogere as-hoogtes resulteren daardoor in verhouding tot meer vollasturen. Hierdoor is de (jaar)opbrengst van een windturbine effectiever.
7. Er zijn negen beschikbare windturbine modellen geïdentificeerd voor het re-poweren van windturbines met een as-hoogte van 50 tot 60 meter.