

NOTITIE

Onderwerp Selectie representatieve turbine geluid
Project Windbeleid en planMER RES provincie Gelderland
Opdrachtgever Provincie Gelderland
Projectcode 132826
Status Definitief
Datum 24 april 2024
Referentie 132826/24-006.100
Auteur(s) P.W. Dijkstra MSc, S.A. de Graaff MSc

Gecontroleerd door P. Feij MSc, ing. M. Andel
Goedgekeurd door T. Reimer MSc
Paraaf



Bijlage(n) -

Aan Provincie Gelderland
Kopie

1 INLEIDING

Witteveen+Bos stelt momenteel een plan-MER op waarmee het provinciale windbeleid van de provincie Gelderland wordt geactualiseerd. Voorliggend document beschrijft de gehanteerde aanpak en uitgangspunten om te komen tot een representatieve turbine ten behoeve van de effectstudie voor het thema geluid. De notitie is relatief technisch van aard.

2 GELUID VAN WINDTURBINES

2.1 Beoordelingsmaat in Nederland

In Nederland gelden grenswaarden voor geluid volgens de beoordelingsmaat L_{den} en L_{night} . De L_{den} is het jaargemiddelde geluidniveau wat veroorzaakt wordt door een turbine of windpark. L_{den} staat voor Level day, evening, night, ofwel het tijdgewogen jaargemiddelde geluidniveau in de dag, de avond en de nachtperiode. Geluid in de avond en nacht worden zwaarder meegewogen dan geluid overdag. In de avond en nacht zijn mensen vaker in rust, is het omgevingsgeluid minder, maar waait het vaak harder. Daarom geldt 's avonds een correctie van +5 dB en 's nachts een correctie van +10 dB.

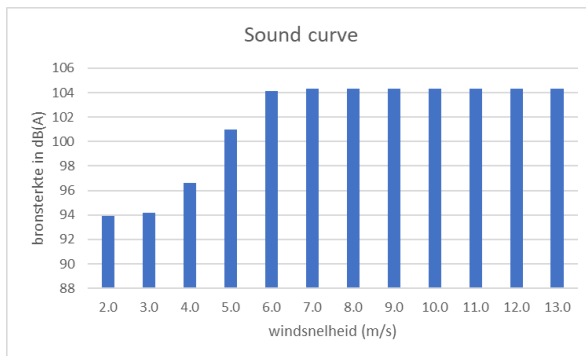
Bovendien is er een afzonderlijke norm opgenomen voor de nachtperiode om slaapverstoring te voorkomen: $L_{night} = 41$ dB. Dit is het jaargemiddelde geluidniveau in de nachtperiode. Door de verschillende wegingen en

methoden van middeling zijn de getalswaarden van L_{den} , dB en dB(A) niet vergelijkbaar. De waarde L_{den} 47 dB is daarom niet hetzelfde als 47 dB(A), maar minder. Dit omdat bij de L_{den} ook de dag en avondperiode mee worden gewogen, wat het gemiddeld geluidniveau verlaagt. De normen, zowel in L_{den} als L_{night} , gelden op de gevels van woningen en andere geluidgevoelige gebouwen/bestemmingen.

2.2 Geluidemissie en bronsterkte

Onderstaande grafiek presenteert de typische geluidscurve van een turbine. Deze toont de bronsterkte (L_w , de geluidproductie van de turbine) van de turbine bij een bepaalde windsnelheid (op 10 meter hoogte of op ashoogte). In deze grafiek is de bronsterkte bij 5 m/s ongeveer 101 dB.

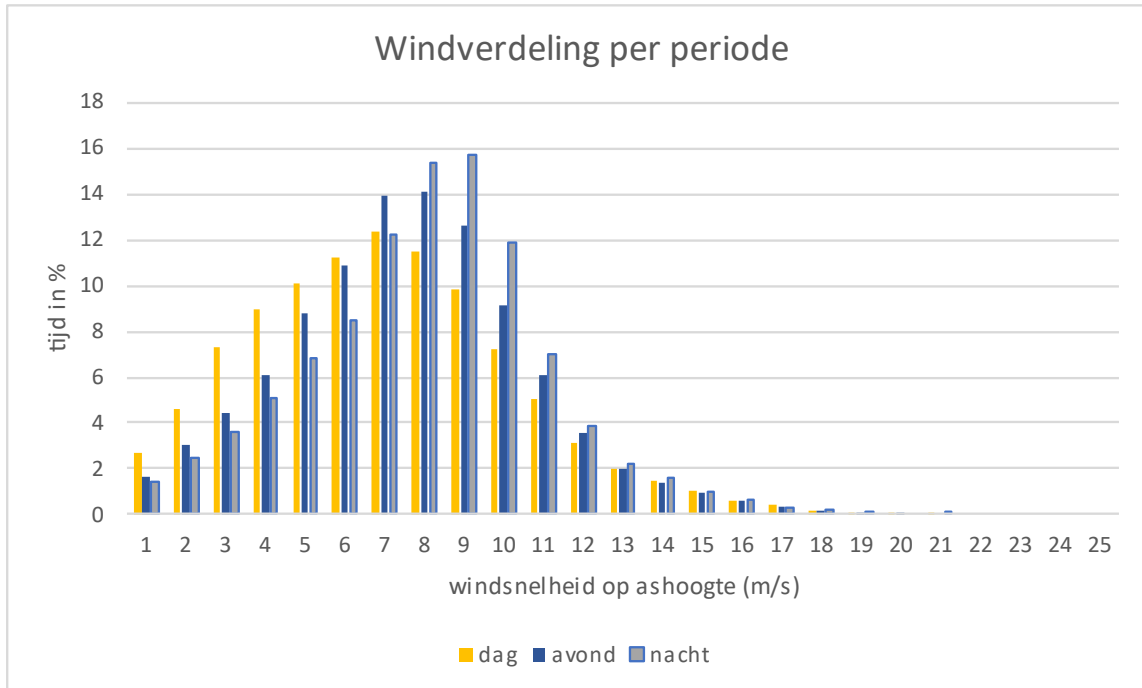
Afbeelding 2.1 Sound curve van een willekeurige windturbine



De maximale bronsterkte/geluidemissie is de geluidproductie die turbine maximaal produceert. Over het algemeen treedt deze op wanneer de turbine op maximaal (elektrisch) vermogen draait. Afbeelding 2.1 laat zien dat voor deze turbines de maximale geluidemissie iets meer is dan 104 dB bij 6 á 7 m/s windsnelheid (op 10 meter hoogte).

Bij de toetsing aan de geluidnorm L_{den} wordt het geluid van de turbine in zowel de dag-, de avond- als de nachtperiode bepaald. Over het algemeen waait het namelijk (op grote hoogte) in de nachtperiode harder dan bijvoorbeeld overdag. Bij de berekeningen wordt het jaargemiddeld windprofiel (windverdeling) van een bepaalde locatie op ashoogte gebruikt. Een voorbeeld hiervan is afgebeeld in de afbeelding 2.2.

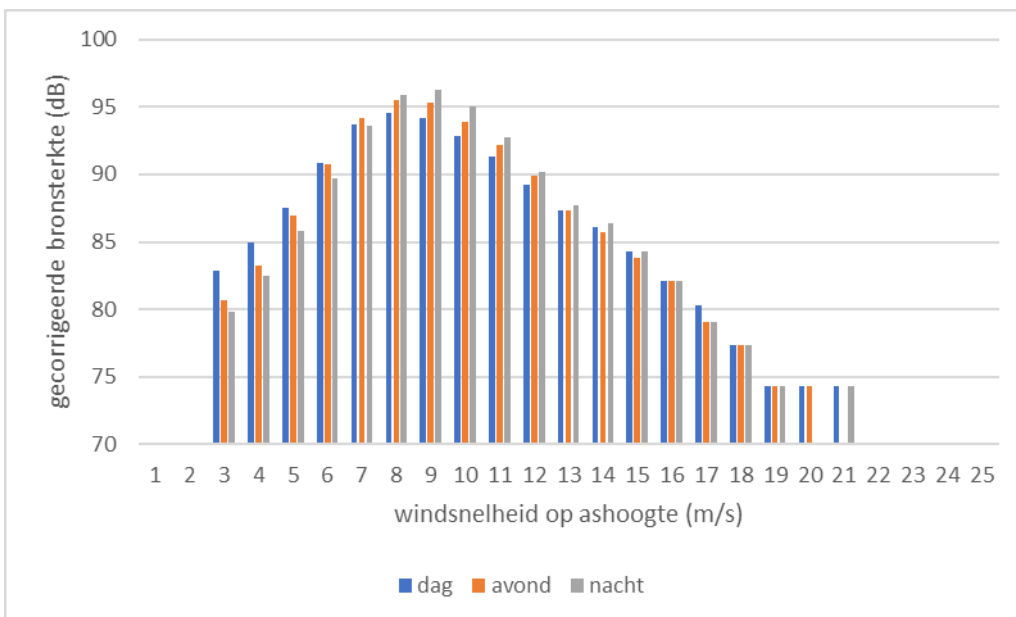
Afbeelding 2.2 Windverdeling per periode in tijd en per windsnelheid op ashoogte



De grafiek geeft aan hoe hard het waait voor hoeveel procent van de tijd. In de nachtperiode waait het bijna 16 % van de tijd 10 m/s (grijze balk). In de dag is dit percentage bijna 10 % (gele balk). Hieruit is af te leiden dat het over het algemeen 's nachts harder waait dan overdag. En op grotere hoogte waait het ook harder dan dicht bij de grond.

De informatie uit afbeelding 2.1 en 2.2 kan gecombineerd worden om te komen tot de gecorrigeerde bronsterkten per windsnelheidsklasse voor de dag, de avond en de nacht. Dit laat afbeelding 2.3 zien.

Afbeelding 2.3 Gecorrigeerde bronsterkten per windsnelheidsklasse voor de dag, avond en nacht.



De gele, blauwe en grijze staven representeren de bronsterkten gecorrigeerd voor het percentage van de tijd dat de betreffende windsnelheidsklasse optreedt. Cumulatie van deze bronsterkten over alle windsnelheidsklassen levert de jaargemiddelde bronsterkten voor de dag, avond en nacht op. Deze kunnen vervolgens worden opgeteld, waarbij rekening wordt gehouden met de eerder genoemde straffactoren in de avond- en nachtperiode, om te komen tot de jaargemiddelde geluidemissie in L_{den} (LE_{den}).

Omdat de geluidbelasting op de woning wordt getoetst in L_{den} , geeft de LE_{den} het meest eerlijke beeld over de te verwachten geluidbelasting.

3 SELECTIE REPRESENTATIEVE TURBINE

3.1 Aanpak

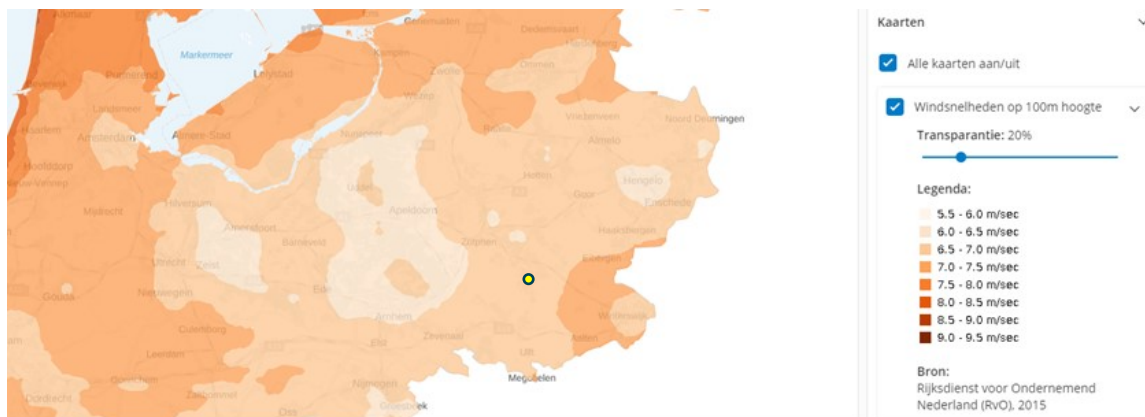
Bij het selecteren van de representatieve turbine is eerst een selectie gemaakt van een reeks turbines. Het moet daarbij gaan om moderne turbines die state-of-the-art zijn en momenteel (peildatum 4 april 2023) op de website van de leverancier beschikbaar zijn. Hierbij zijn alleen de vijf belangrijkste leveranciers in beschouwing genomen, namelijk Vestas, SiemensGamesa, GE, Nordex en Enercon. Hiervan zijn in totaal tien verschillende turbinetypes geselecteerd, die voldoen aan de in het MER gekozen. Deze randvoorwaarden zijn opgenomen in tabel 3.1.

Tabel 3.1 Randvoorwaarden geselecteerde turbines

	Ashoogte (m)	Rotordiameter (m)	Vermogen (MW)
ondergrens	120	117	3.6
bovengrens	166	160	7

Van elk van de geselecteerde turbines is vervolgens uit Windpro (of de leveranciersgegevens) de geluidscurve opgehaald (vergelijkbaar met afbeelding 2.1). Daarvan is voor iedere turbine de jaargemiddelde bronsterkte in L_{den} bepaald, conform de methodiek zoals beschreven in hoofdstuk 2. Voor de windverdeling op jaarbasis is voor elke turbine uitgegaan van één locatie in Gelderland. Het gemiddeld windaanbod is hier 6.0-6.5 m/s op 100 meter hoogte, wat representatief is voor de gehele provincie. Afbeelding 3.1 laat dit zien.

Afbeelding 3.1 Willekeurige locatie in Gelderland met een gemiddelde windverdeling (bron: nationaleenergieatlas.nl van RvO)



Indien één turbinetype in meerdere ashoogten verkrijgbaar is, is van de hoogste en de laagste de LE_{den} bepaald.

3.2 Beschouwde turbines en resultaten

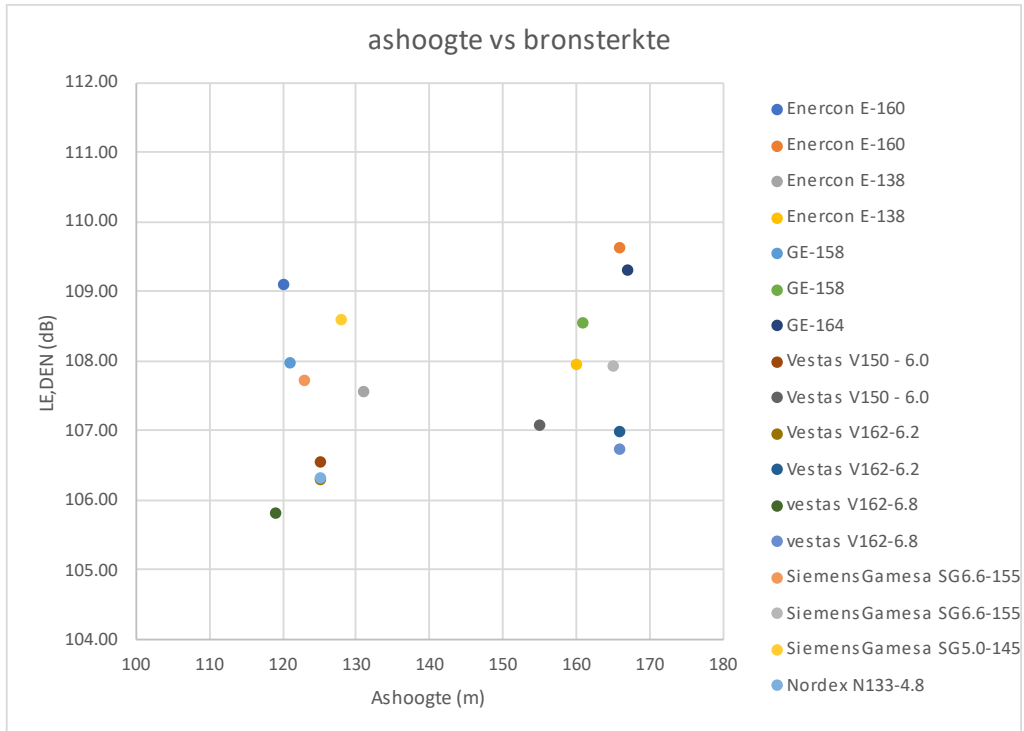
De hierboven beschreven aanpak resulteert in een selectie van windturbines en bijbehorende specificaties. Tabel 3.2 laat deze selectie zien.

Tabel 3.2 Geselecteerde turbines

Turbine	Vermogen (MW)	Ashoogte (m)	Diameter (m)	LE _{den} (dB)
Enercon E-160	5.5	120	160	109.11
Enercon E-160	5.5	166	160	109.63
Enercon E-138	4.2	131	138	107.56
Enercon E-138	4.2	160	138	107.95
GE-158	4.8-6.3	121	158	107.97
GE-158	4.8-6.3	161	158	108.54
GE-164	6.3	167	164	109.30
Vestas V150 - 6.0	6	125	150	106.55
Vestas V150 - 6.0	6	155	150	107.08
Vestas V162-6.2	6.2	125	162	106.29
Vestas V162-6.2	6.2	166	162	106.98
Vestas V162-6.8	6.8	119	162	105.81
Vestas V162-6.8	6.8	166	162	106.74
SiemensGamesa SG5.0-145	5	128	145	108.59
SiemensGamesa SG6.6-155	6.6	123	155	107.71
SiemensGamesa SG6.6-155	6.6	165	155	107.92
Nordex N133-4.8	4.8	125	133	106.32

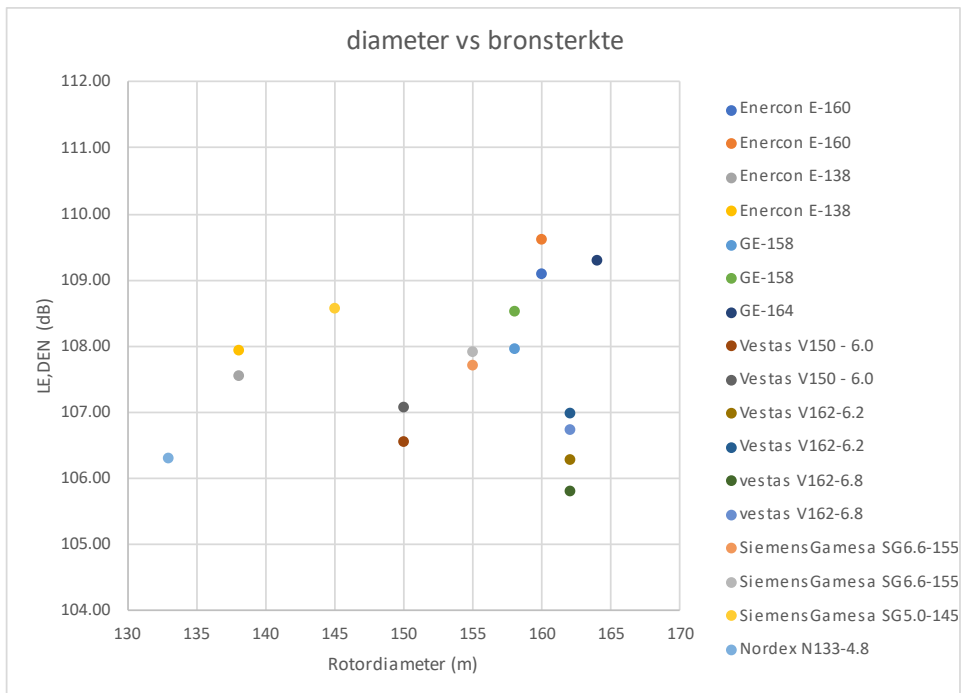
Navolgende afbeeldingen (afbeeldingen 3.2 tot en met 3.5) geven de informatie uit tabel 3.2 grafisch weer. Afbeelding 3.2 toont de ashoogte versus de jaargemiddelde bronsterkte in L_{den} van de selectie van turbines.

Afbeelding 3.2 Ashoogte [m] versus jaargemiddelde bronsterkte [L_{den}] van de onderzochte turbines



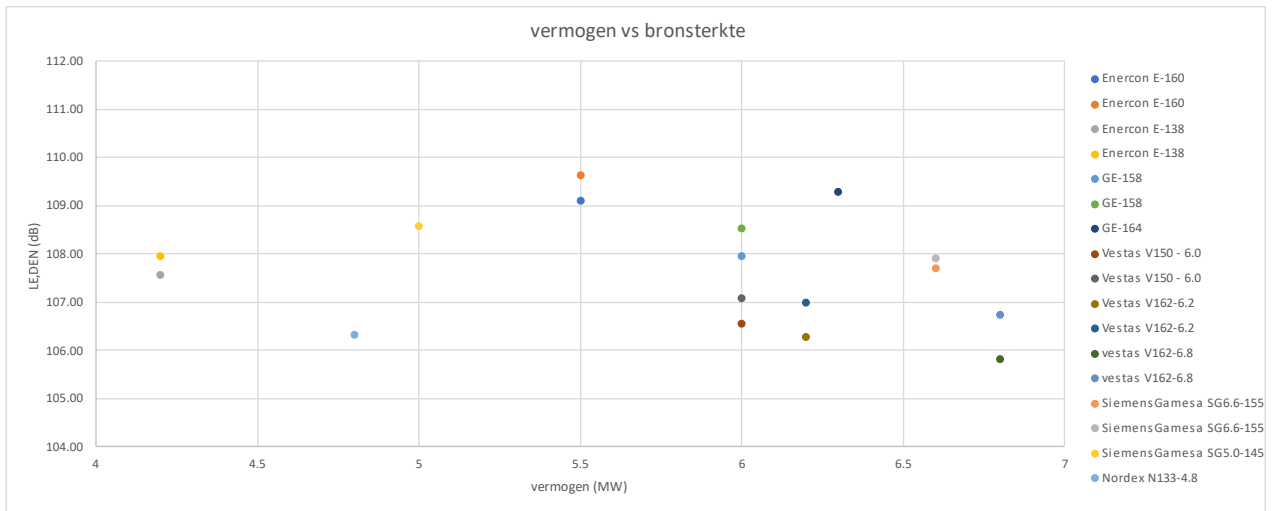
Als de rotordiameter tegen de jaargemiddelde bronsterkte in L_{den} wordt uitgezet, resulteert dit in onderstaande afbeelding 3.3.

Afbeelding 3.3 Rotordiameter [m] uitgezet tegen de jaargemiddelde bronsterkte [L_{den}]



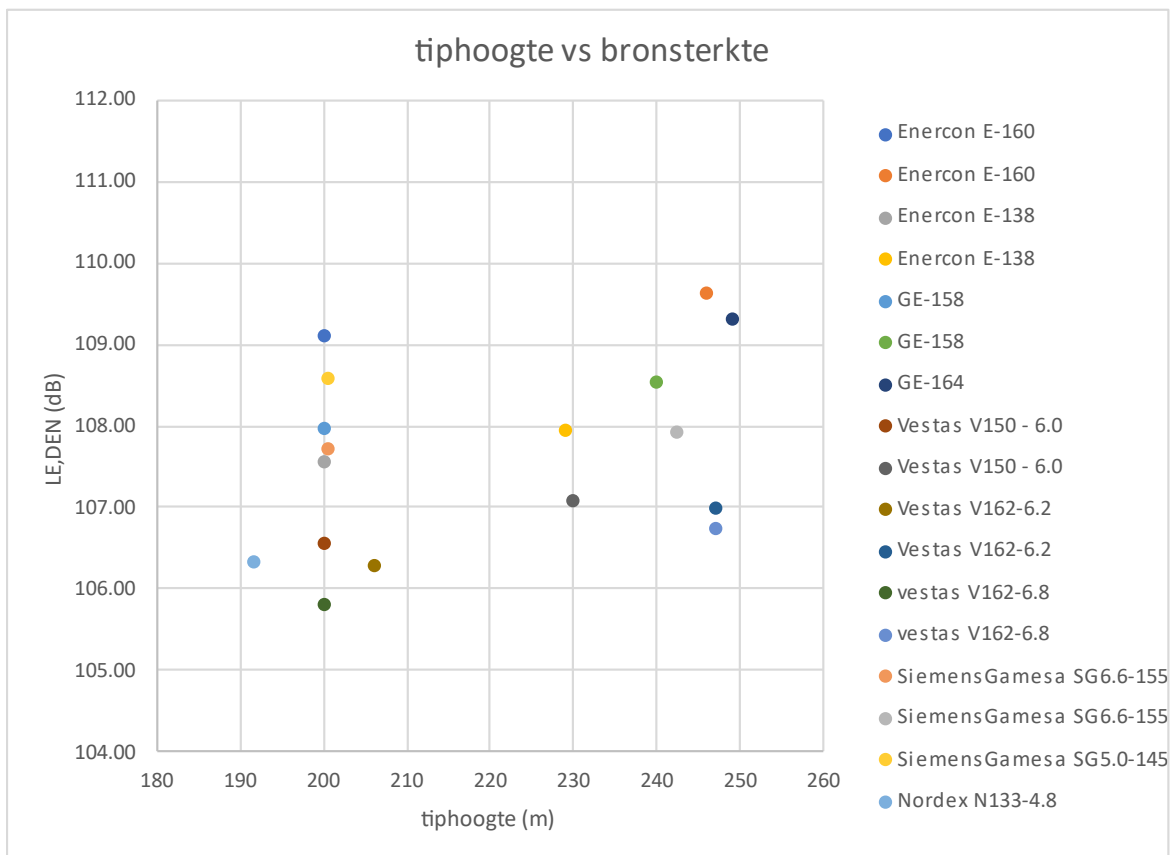
Afbeelding 3.4 geeft weer hoe het vermogen zich verhoudt tot de jaargemiddelde bronsterkte in L_{den} . De afbeelding laat zien dat er geen lineaire relatie is tussen deze beide parameters.

Afbeelding 3.4 Vermogen [MW] uitgezet ten opzichte van het jaargemiddelde van de bronsterkte [L_{den}]



Afbeelding 3.5 geeft weer hoe de tiphoogte zich verhoudt tot de jaargemiddelde bronsterkte in L_{den} .

Afbeelding 3.5 Tiphoogte [m] uitgezet ten opzichte van het jaargemiddelde van de bronsterkte [L_{den}]



4 SELECTIE REPRESENTATIEVE TURBINE

Voorgaande analyse zoals gepresenteerd in de afbeelding 3.2 t/m 3.5 maakt duidelijk dat er geen lineaire relatie is tussen ashoogte, vermogen, tiphoogte of rotordiameter en het geluid dat een windturbine maakt. Er is op basis van deze gegevens geen concrete bandbreedte aan geluidproductie te definiëren die past bij de bandbreedte die in het planMER gebruikt wordt en die als basis kan dienen voor het geluidonderzoek.

Op basis van voorgaande analyse is één turbine per groep geselecteerd: één met een lagere ashoogte (tussen de 120 en ongeveer 130 meter) en één met een grotere ashoogte (> 155 meter). Daarbij is per groep het gemiddelde bepaald. Vervolgens is de mediaan van de onderste helft geselecteerd als representatieve turbine.

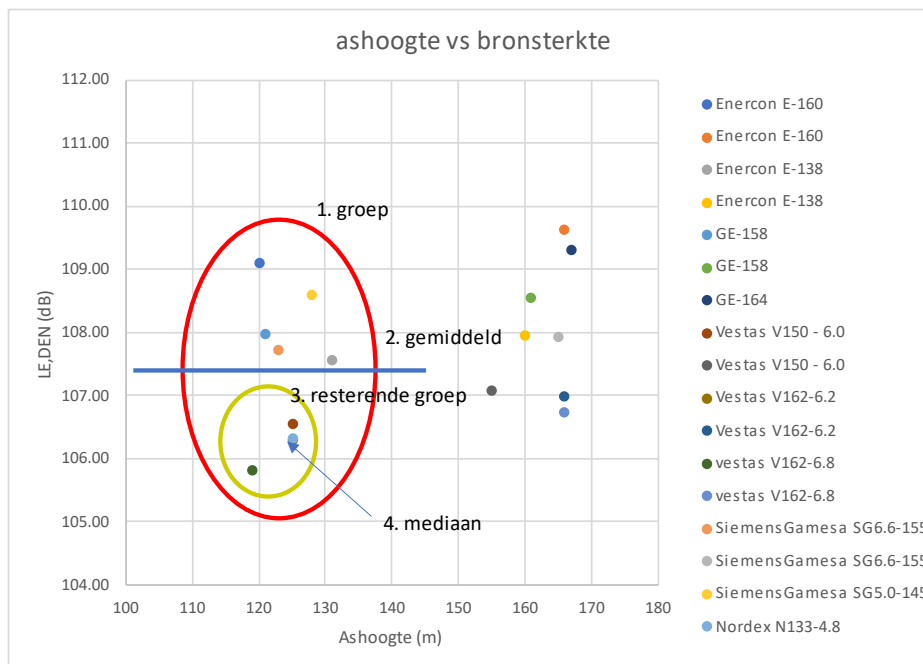
Voor de turbinegroep met de lagere ashoogtes gaat dat als volgt (zie ook afbeelding 4.1):

- 1 groepering in lage en hoge ashoogte (rode cirkel);
- 2 bepalen van de gemiddelde LE,den van de groep (blauwe lijn) (dat is 107,3 dB voor de lage, en 108,0 dB voor de 'hoge' groep);
- 3 dan resteert een groep van 3 turbines voor de 'lage' groep en 4 turbines voor de 'hoge' groep;
- 4 de mediaan per groep levert dan de representatieve turbine.

De representatieve turbine die geselecteerd is voor de onderste bandbreedte in het planMER, de lage groep, is de Nordex N133-4.8 MW met ashoogte van 125 m, rotordiameter van 133 m en LE,den van 106,3 dB.

De representatieve turbine die geselecteerd is voor de bovenste bandbreedte in het planMER, de hoge groep, is de Vestas V162-6.2, met ashoogte van 166 m, rotordiameter van 162 m en LE,den van 107,0 dB.

Afbeelding 4.1 Illustratie selectie van referentieturbines voor geluid



5 UITWERKING IN HET PLAN-MER

Met de geselecteerde referentieturbines zijn geluidberekeningen gemaakt voor windturbines in een fictieve lijnopstelling van 4 turbines, met onderlinge afstand van 3 keer de rotordiameter. Deze berekeningen zijn gedaan in Geomilieu versie 5.20. De bodemfactor in het model is ingesteld op 0,5. Dit betekent dat de

bodem tussen de turbine en de ontvanger ingeschat wordt op 50 % absorberend (zacht; grasland en natuur) en 50 % reflecterend (hard; bebouwing, water en infrastructuur). In tabel 5.1 zijn de berekende contourafstanden weergegeven voor de referentieturbines.

Tabel 5.1 Bepaalde contourafstanden van de 120 m en 166 m windturbine

Omschrijving	Afstand in (m) (lijnopstelling)	
	Nordex N133	Vestas V162
47 dB L _{den}	435	435
47 dB L _{den} , inclusief 3 dB mitigatie	265	255
45 dB L _{den}	575	585
40 dB L _{den}	1.030	1.070

Uit de berekeningen blijkt dat windturbines met een grotere ashoogte, in dit geval de Vestas V162, een kleine geluidscontour kennen bij toepassing van mitigatie. Dit komt doordat de bronsterkte van de windturbine op een grotere hoogte ligt. Door deze hogere ligging van de bron van geluid, is de geluidscontour gelijk. Hier komt bij dat het van toepassen van 3 dB mitigatie bij de bron relatief gezien zorgt voor meer effect, juist omdat de bronsterkte op een hogere ligging wordt aangepast. Dit zorgt ervoor dat bij het toepassen van mitigatie de contourafstand van de 166 m windturbines kleiner is dan bij de 120 m windturbines. Hierbij geldt wel dat op projectniveau nader, locatiespecifiek onderzoek nodig is. Ook wordt duidelijk dat grotere windturbines niet per se meer geluid produceren dan kleinere windturbines. In de windturbineproductie wordt gewerkt aan ontwikkelingen die windturbines stiller maken. Daarnaast wordt gewerkt aan grotere windturbines die meer energie produceren. Daarom is dit kleine verschil representatief voor de situatie die verwacht wordt in 2030.