



**BOSCH & VAN RIJN**

Experts in duurzame energie en ruimte

## Windpark Bijvanck

Akoestisch onderzoek t.b.v.  
vormvrije m.e.r.-beoordeling  
en inpassingsplan

Opdrachtgever



[REDACTED]

[REDACTED]

9 mei 2014

**Auteur**

[REDACTED]

Bosch & Van Rijn  
Prins Bernhardlaan 63  
3555 AC Utrecht

Tel: 030-677 6466  
Mail: [info@boschenvanrijn.nl](mailto:info@boschenvanrijn.nl)  
Web: [www.boschenvanrijn.nl](http://www.boschenvanrijn.nl)

**© Bosch & Van Rijn 2013**

Behoudens hetgeen met de opdrachtgever is overeengekomen, mag in dit rapport vervatte informatie niet aan derden worden bekendgemaakt. Bosch & Van Rijn BV is niet aansprakelijk voor schade door het gebruik van deze informatie.



# 1 Inhoudsopgave

---

<b>1</b>	<b>Inhoudsopgave.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Inleiding en Situatiebeschrijving .....</b>	<b>3</b>
2.1	Inleiding	3
2.2	Planbeschrijving	3
2.3	Wettelijke norm	4
<b>3</b>	<b>Berekening.....</b>	<b>5</b>
3.1	Bodemabsorptie	5
3.2	Schermerwerking	5
3.3	Spectrale verdeling	5
3.4	Windaanbod	5
3.5	Rekenmethode	6
<b>4</b>	<b>Resultaten.....</b>	<b>7</b>
4.1	Contour	7
4.2	Woningen binnen de contour	7
4.3	Tussenresultaat: Geluidsbelasting per woning	7
4.4	Laagfrequent geluid	8
<b>5</b>	<b>Geluidsreducerende maatregelen .....</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>Conclusies .....</b>	<b>11</b>
6.1	Algemene conclusie akoestisch onderzoek	11
6.2	Conclusie t.a.v. vormvrije m.e.r.-beoordeling	11
6.3	Conclusie t.a.v. inpassingplan en vergunningen	11
<b>Bijlagen .....</b>		<b>12</b>
<b>Bijlage A.</b>	<b>Rekenmodel .....</b>	<b>13</b>
<b>Bijlage B.</b>	<b>Overzicht turbinegegevens.....</b>	<b>15</b>
<b>Bijlage C.</b>	<b>Woningen en geluidsbelasting.....</b>	<b>20</b>
<b>Bijlage D.</b>	<b>Contouren .....</b>	<b>21</b>
<b>Bijlage E.</b>	<b>Documenten van Alstom .....</b>	<b>23</b>



## 2 Inleiding en Situatiebeschrijving

### 2.1 Inleiding

Bosch & Van Rijn heeft een akoestische studie uitgevoerd naar de geluidsimmissie bij woningen nabij nieuw te plaatsen windturbines in de gemeente Zevenaar ten behoeve van een vormvrije m.e.r.-beoordeling en een provinciaal inpassingsplan.

Deze studie toetst de geluidsimmissie vanwege de windturbines ter plaatse van nabijgelegen geluidsgevoelige bestemmingen aan de norm zoals beschreven in het Activiteitenbesluit.

### 2.2 Planbeschrijving

In de vormvrije m.e.r.-beoordeling wordt onder meer onderzocht of het voorgenomen windpark aanzienlijke effecten heeft op de woon- en leefomgeving.

Figuur 1 toont de locatie van het windpark en nabijgelegen geluidsgevoelige bestemmingen.



Figuur 1 - Inrichtingsalternatieven.

In het provinciaal inpassingsplan waar de vormvrije m.e.r.-beoordeling een bijlage bij is wordt ruimte bestemd voor windturbines met een maximale afmeting. De gehanteerde afmetingen staan gegeven in Tabel 1.

Tabel 1 – Gehanteerde afmetingen

Ashoogte	Rotordiam.
124m	122m



Bij het berekenen van het milieu-effect 'geluid' is gebruik gemaakt van de emissiegegevens van de Alstom ECO 122 2,7 MW. Deze windturbine heeft een representatieve geluidsemissie voor windturbines van onderhavige afmetingen.

Zie Bijlage B voor akoestische details van de beschreven windturbines.

De locaties van de beoogde windturbines staan in onderstaande tabel gegeven. Hierbij geldt dat er in het inpassingsplan nog ruimte is voor een geringen verschuiving (van circa 3 meter). De conclusies van het akoestisch onderzoek veranderen hierdoor niet significant.

**Tabel 2 - Locaties van de turbines. Nummering van de turbines is van west naar oost.**

Turbine	x	y
1	205.544	443.288
2	205.880	443.574
3	206.290	443.737
4	206.733	443.849

## 2.3

### Wettelijke norm

De windturbines vallen onder het Activiteitenbesluit. Volgens dit besluit is de maximaal toegestane waarde ter plaatse van geluidsgevoelige objecten<sup>1</sup> 47 dB  $L_{den}$  en 41 dB  $L_{night}$ . Voor woningen van mede-eigenaren in het windproject geldt geen maximale geluidsdruk. De norm staat beschreven in artikel 3.14a van het Activiteitenbesluit.

Het bevoegd gezag kan in verband met cumulatie met andere windparken of bijzondere lokale omstandigheden maatwerk toepassen. Er treedt geen cumulatie op met andere windparken, en er is geen sprake van bijzondere lokale omstandigheden.

<sup>1</sup> Onder geluidsgevoelige objecten worden verstaan: woningen, onderwijsgebouwen, ziekenhuizen, verpleeghuizen, verzorgingstehuizen, psychiatrische inrichtingen, kinderdagverblijven, woonwagendplaatsen en ligplaatsen voor woonschepen. Bron: Wet geluidhinder.



## 3 Berekening

---

Het geluidsniveau bij omliggende woningen is berekend met een rekenmodel waarin de windturbines als puntbronnen zijn opgenomen. Bij de woningen is een ontvangerhoogte van 5 meter aangehouden. Het gebruikte rekenmodel is GeoMilieu V2.30. Zie de Bijlagen voor de invoergegevens.

De ashoogte in de berekening is 124m.

### 3.1 Bodemabsorptie

De bodem van de onderzochte locatie is te kenmerken als overwegend akkerland met en zonder gewas. Dergelijke bodems hebben in het Reken- en meetvoorschrift Windturbines een bodemfactor van 1 (Reken- en meetvoorschrift windturbines, paragraaf 3.11.2).

Bij de berekening is een algemene bodemfactor van 1 aangehouden. Voor wegen en water is een bodemfactor van 0 aangehouden.

### 3.2 Schermwerking

Door de grote bronhoogte en openheid van het gebied is er weinig sprake van afscherming door tussenliggende gebouwen. Dergelijke afscherming is niet meegegenomen in de berekening.

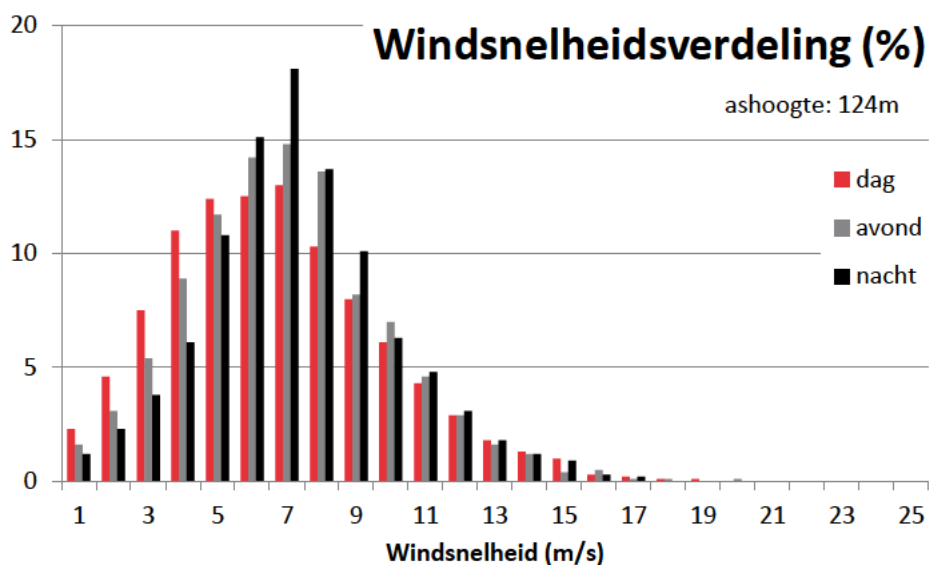
### 3.3 Spectrale verdeling

Voor alle windturbintypen en geluidsreducerende modi is de volgende spectraalverdeling aangehouden. Hiermee wordt een schatting gemaakt van de verdeling van het brongeluid in hoge en lage tonen. Deze verdeling is gebaseerd op de gegevens van een groot aantal windturbintypes.

Freq. (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Waarde	-10,0	-16,6	-11,0	-7,40	-6,10	-5,80	-8,40	-12,0	-24,0

### 3.4 Windaanbod

Het softwarepakket GeoMilieu berekent voor elke windturbine het windsnelheidsaanbod op basis van langjarige plaatselijke gemiddelden van het KNMI, voor zowel dag, avond en nacht. Hieronder is het windaanbod weergegeven van windturbine nr. 2 (ashoogte 124m) om een indicatie te geven van de windsnelheidsverdeling.



Figuur 2 – Gegevens windsnelheid. Bron: KNMI.

### 3.5 Rekenmethode

Met het softwarepakket GeoMilieu is een contour getekend van de norm van 47 dB  $L_{den}$  jaargemiddelde geluidsbelasting.

Om te voldoen aan de norm en daarmee een aanvaardbaar woon- en leefklimaat te kunnen garanderen kunnen indien nodig geluidreducerende maatregelen worden getroffen. De windturbines kunnen bijvoorbeeld in een geluidreducerende modus draaien op bepaalde momenten van een etmaal, waarbij de geluidsemissie wordt gereduceerd ten koste van energieopbrengst.

Op basis van gegevens van fabrikanten blijkt dat de diverse geluidsmodi een reductie tot ca. 5 dB kunnen realiseren. Daarnaast is het mogelijk om een windturbine gedurende bepaalde perioden geheel stil te zetten.

De financiële gevolgen van dergelijke maatregelen vallen buiten de scope van een akoestisch onderzoek en worden dan ook niet meegenomen.



## 4 Resultaten

### 4.1 Contour

Onderstaande afbeelding toont de 47 dB  $L_{den}$ -contour. Dit wil dus zeggen dat de jaargemiddelde  $L_{den}$ -geluidsbelasting binnen de contour hoger is dan 47 dB en erbuiten lager.



Figuur 3: 47 dB  $L_{den}$  contour van het windpark. Hierbij zijn ook woningen weergegeven. De met een groene stip aangegeven woningen zullen tot de inrichting (gaan) behoren<sup>2</sup>, waardoor de geluidsnorm daar niet geldt.

### 4.2 Woningen binnen de contour

Er bevindt zich (volgens de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG)) 1 woning van derden binnen de geluidscontour. Het adres is [redacted] aangeduid met A in Figuur 3. Zoals blijkt uit Tabel 3 liggen de woningen aangeduid met H en J net buiten de contour.

### 4.3 Tussenresultaat: Geluidsbelasting per woning

In Tabel 3 is voor de woningen in de nabijheid van de windturbine onderzocht wat de jaargemiddelde  $L_{den}$ - en  $L_{night}$  geluidsdruk is. Er zijn geen overige geluidsgevoelige objecten nabij gelegen.

<sup>2</sup> Zie voor een overzicht van relevante jurisprudentie het document 'Het begrip 'inrichting' in de wet milieubeheer'. Onderzoeksreeks milieuwetgeving 2002/1. Distributienummer 17842/189, ISBN 90-76512-07-8.





Tabel 3 - Woningen van derden nabij windpark Bijvanck.

Code	Adres	Lden	Lnight
A		47,2	40,9
B		45,7	39,4
C		44,7	38,4
D		44,9	38,6
E		46,3	40,0
F		44,9	38,6
G		46,4	40,1
H		46,8	40,5
I		46,2	39,9
J		46,9	40,6
K		43,6	37,3
L		44,7	38,5
M		44,2	37,9

Tabel 4 - Woningen van participanten nabij windpark Bijvanck.

Code	Adres	Lden	Lnight
P1		47,7	41,4
P2		47,1	40,8
P3		46,3	40,0
P4		45,3	39,0

Zoals uit het bovenstaande blijkt wordt bij alle woningen van derden voldaan aan de  $L_{\text{night}}$ -geluidsnorm van 41 dB.

Ter plaatse van de woning met adres [redacted] te [redacted] wordt niet aan de geluidsnorm 47 dB  $L_{\text{den}}$  voldaan, waardoor geluidsreducerende maatregelen vereist zijn.

#### 4.4 Laagfrequent geluid

Een gedeelte van het geluid dat windturbines produceren heeft een frequentie van 4-100 Hz en wordt daarom geclassificeerd als laagfrequent geluid. Zie ook de Bijlage B.1.2 voor gegevens over de geluidsemissie bij verschillende toonhoogten.

Uit zienswijzen op eerdere windprojecten is gebleken dat de vrees bestaat dat laagfrequent geluid mensen ziek maakt en dat de Nederlandse geluidsnorm onvoldoende bescherming biedt, omdat bij de vaststelling van de voor windturbine-geluid geldende norm van 47 dB op basis van  $L_{\text{den}}$  met deze informatie geen rekening zou zijn gehouden.

Om deze reden heeft de Staatssecretaris van I&M kortgeleden een brief aan de Tweede Kamer gestuurd<sup>3</sup> met twee onderzoeken van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) en een literatuurstudie naar laagfrequent geluid door Bureau LBP/Sight.

Op grond van inzichten uit deze onderzoeken concludeert de Staatssecretaris dat de huidige norm voor geluidhinder van windturbines (47 dB- $L_{\text{den}}$  en 41 dB- $L_{\text{night}}$ ) en het bijbehorende reken- en meetvoorschrift voldoen en geen wijzigingen behoeven.

<sup>3</sup> kenmerk brief: IENM/BSK-2014/44564.



Laagfrequent geluid draagt inderdaad voor een klein deel bij in de hinderervaring van windturbinegeluid. Echter, deze hinder is op een verantwoorde manier voldoende beperkt door de huidige norm. De Staatssecretaris erkent dat gemiddeld 9 procent van de bewoners van woningen die op de normgrens belast zijn met windturbinegeluid zal zijn gehinderd. Dat is ook in lijn met de toelichting in 2009 van de toenmalige minister van VROM op de ontwerp-norm voor windturbinegeluid. Zoals al eerder is betoogd, is dat een beleidskeuze geweest waarbij de verschillende belangen zijn afgewogen.



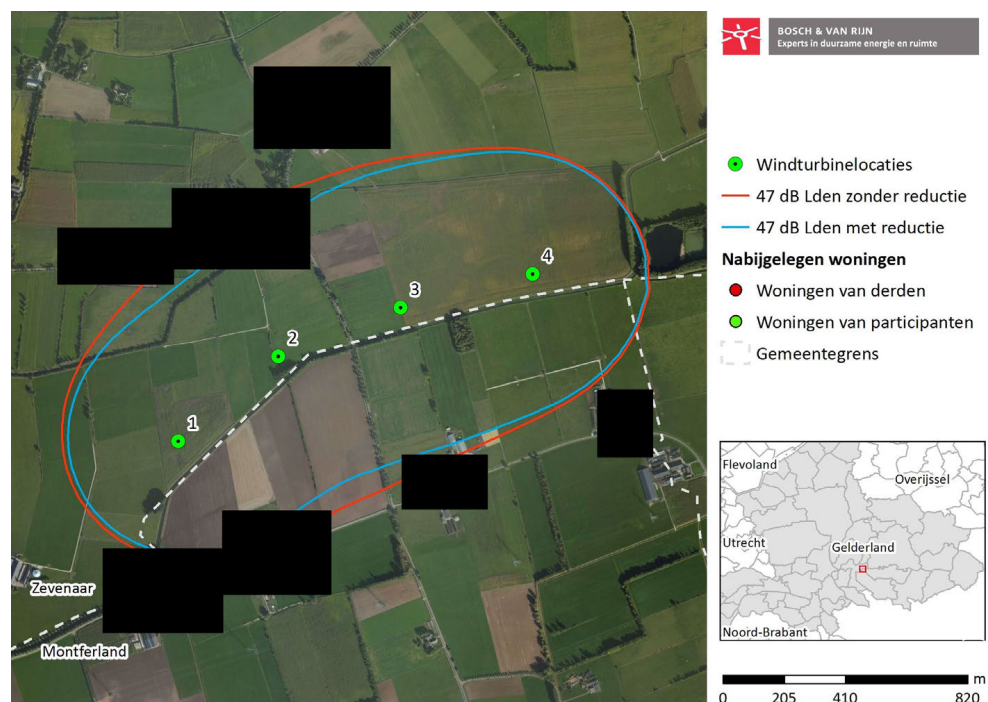
## 5 Geluidsreducerende maatregelen

Windturbinefabrikanten bieden bij hun windturbines geluidreducerende modi, waarmee de bronsterkte van een windturbine met enkele decibel kan worden verlaagd. Dit gaat ten koste van de energieopbrengst, maar kan ervoor zorgen dat aan de norm wordt voldaan.

Een andere mogelijkheid is het stilzetten van windturbines tijdens bepaalde perioden van een etmaal, bijvoorbeeld gedurende de avonduren. Uiteraard leidt dit tot nog meer opbrengstderving.

Uit het geluidsonderzoek blijkt dat in deze situatie bij alle woningen, zowel van derden als van participanten, aan de geluidsnorm wordt voldaan indien windturbine 2 's nachts opereert in Strategy B, zoals beschreven in het document DST-0525 Rev. 01 (zie Bijlage B). Voor Strategy B is gekozen omdat deze het kleinste opbrengstverlies tot gevolg heeft, terwijl wel aan de geluidsnorm wordt voldaan.

Figuur 4 toont de 47 dB  $L_{den}$ -contour met en zonder de mitigerende maatregel uit de vorige alinea.



Figuur 4 - Geluidscontouren met en zonder reductiemaatregelen.

Een dergelijke maatregel gaat uiteraard ten koste van de elektriciteitsopbrengst van het windpark (het nominaal vermogen van windturbine 2 wordt 's nachts 2,1 i.p.v. 2,7 MW) en dus ook van het financieel rendement van het project. Zie ook Figuur 6.



## 6 Conclusies

---

### 6.1 Algemene conclusie akoestisch onderzoek

In dit onderzoek is een opstelling van vier windturbines onderzocht met een ashoogte van 124 meter en een rotordiameter van 122 meter. Hiertoe is in de berekening gebruik gemaakt van de geluidsproductiegegevens van een Alstom ECO 122 windturbine. Deze windturbine heeft een bronsterkte die representatief is voor windturbines van deze afmetingsklasse.

Uit de berekening blijkt dat er beperkte mitigerende maatregelen nodig zijn aan 1 windturbine om aan de norm uit het Activiteitenbesluit te voldoen.

Een voorbeeld van een dergelijke reductiemaatregel is windturbine 2 's nachts laten opereren in 'Strategy B' modus. Het vermogen van de windturbine is dan gedurende de nachtperiode 2,1 MW in plaats van 2,7 MW.

### 6.2 Conclusie t.a.v. vormvrije m.e.r.-beoordeling

Doordat er relatief weinig woningen in de directe nabijheid van het geplande windpark liggen is de hinder als gevolg van de windturbines gering.

Bij het nader beschouwen van de omvang van het potentieel aanzienlijke effect van geluid dient te worden gerealiseerd dat de huidige geluidsnormen in het Activiteitenbesluit zijn gebaseerd op de dosis-effectrelatie. De norm van 47 dB  $L_{den}$  (in combinatie met de norm van  $L_{night}$  41 dB) is naar de toelichting van de wetgever dan ook toereikend uit oogpunt van bescherming tegen geluidshinder.<sup>4</sup>

Het is niet te verwachten dat andere windturbintypes van dezelfde afmetingen een sterk afwijkende bronsterkte hebben. Daarnaast is het altijd mogelijk door middel van mitigerende maatregelen aan de geluidsnorm te voldoen, waarmee ook aanzienlijke effecten voorkomen worden.

Er is, dankzij de te treffen mitigerende maatregelen, met zekerheid geen sprake van belangrijke nadelige gevolgen voor de omgeving als gevolg van geluid vanwege de windturbines, ook niet in cumulatie met effecten en andere projecten of plannen.

### 6.3 Conclusie t.a.v. inpassingplan en vergunningen

Door het inzetten van geluidsreducerende maatregelen kan met zekerheid worden voldaan aan de normen uit het Activiteitenbesluit. Een kleine verschuiving van de windturbines van ca. 3 meter heeft hierop geen significant effect.

---

<sup>4</sup> Memorie van Toelichting bij Besluit van 14 oktober 2010 tot wijziging van het Besluit algemene regels voor inrichtingen en het Besluit omgevingsrecht (wijziging milieuregels windturbines), Staatsblad 2010, 749.



## Bijlagen

---



## Bijlage A. Rekenmodel

De figuur op de volgende pagina toont het 'skelet' van het rekenmodel. De windturbines zijn ingevoerd als puntbron. Vervolgens is de 47 dB Lden-contour berekend. Daarbij zijn wegen en water als harde oppervlakken beschouwd (bodemfactor = 0) en alle overige gebied als zachte oppervlakken (bodemfactor = 1).

Ter indicatie zijn nabijgelegen woningen als rekenpunt getoond, ter plekke waarvan een berekening is uitgevoerd ( $L_{den}$ ,  $L_{day}$ ,  $L_{evening}$  en  $L_{night}$ ).

Zie onderstaande tabel voor overige modeleigenschappen

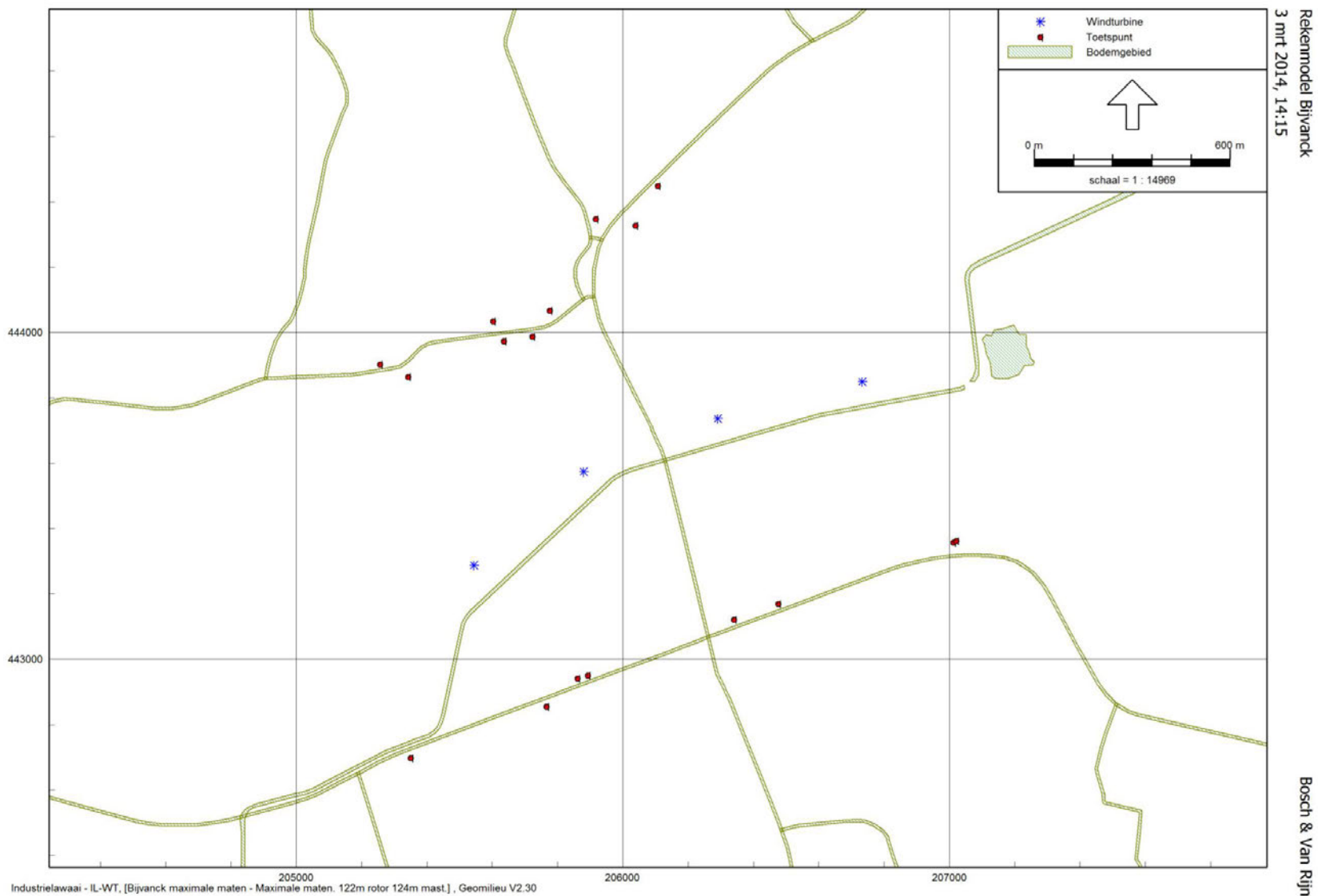
**Tabel 5 - Modelleigenschappen**

Geluidsstudie Windpark Bijvanck

Rapport: Lijst van model eigenschappen  
Model: ECO122@124

**Model eigenschap**

Omschrijving	ECO122@124
Verantwoordelijke	██████
Rekenmethode	IL-WT
Aangemaakt door	██████ op 13-11-2013
Laatst ingezien door	██████ op 2-5-2014
Model aangemaakt met	Geomilieu V2.30
Standaard maaiveldhoogte	0
Rekenhoogte contouren	5
Detailniveau toetspunt resultaten	Groepsresultaten
Detailniveau resultaten grids	Groepsresultaten
Meteorologische correctie	Toepassen standaard, 5,0
Standaard bodemfactor	1,0
Absorptiestandaarden	HMRI-II.8
Clusteren gebouwen	Ja
Verwijderen binnenwanden	Ja
Luchtdemping [dB/km]	0,02 0,07 0,25 0,76 1,63 2,86 6,23 19,00 67,40
Aandachtsgebied	10000
Dynamische foutmarge	--



**Figuur 5 - Onderdelen van het rekenmodel in GeoMilieu: Locatie van windturbines, locatie van rekenpunten (woningen) en bodemgebieden waar sprake is van een harde, reflecterende ondergrond (met Bodemfactor 0 in plaats van 1, zoals op alle andere plekken).**



## Bijlage B. Overzicht turbinegegevens

Hieronder staan voor de verschillende geluidsmodi de bronsterkte van de Alstom ECO 122 2,7 MW, gebaseerd op documenten no. DST-0556\_R00 en DST-0525\_R01. (zie Bijlage E).

### B.1 Gegevens over de windturbine

#### B.1.1 Bronsterkte – zonder reductie

Tabel 6 - Bronsterkte Alstom ECO 122 op elke masthoogte. Deze bronsterkte is exclusief geluidsreducerende maatregelen.

<b>ECO 122 with 88.5 m hub height</b>	<b>ECO 122 with all hub heights</b>	
Standardized wind speed at 10 m height [m/s] ( $Z_{0ref}$ roughness length)	Wind speed at hub height [m/s]	Estimated Sound Power Level [dB(A)]
2.8	4	91.5
3.5	5	93.3
4.3	6	97.3
5.0	7	100.6
5.7	8	103.5
6.4	9	105.7
7.1	10	106.0
7.8	11	105.6
8.5	12	105.3
9.2	13	105.2
9.9	14	105.2



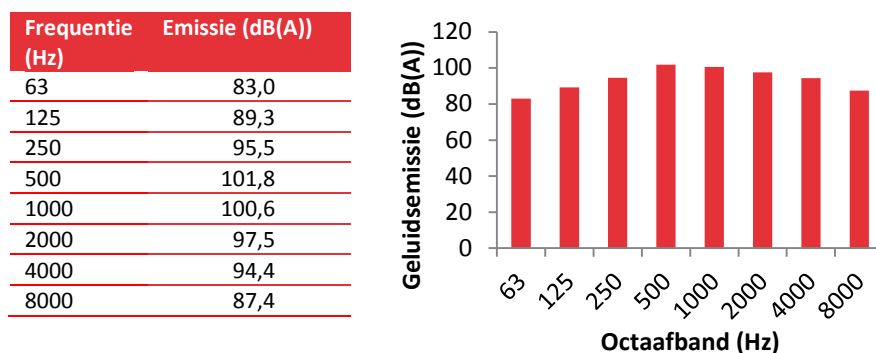


### B.1.2

#### Spectraalverdeling

Een windturbine produceert geluid van verschillende golflengten. De verdeling waarin dat gebeurt is hieronder weergegeven bij een windsnelheid op ashoogte van 10 m/s :

Tabel 7 - Spectraalverdeling van het door de windturbines geproduceerde geluid bij een windsnelheid (op ashoogte) van 10 m/s.



### B.1.3

#### Bronsterkte geluidsreducerende modi

Tabel 8 - Bronsterktes van de Alstom ECO122 op masthoogte 124 meter bij verschillende geluidsreducerende modi. Bron: Alstom document DST-0525\_R01, Noise Reduction Strategies for the ECO122.

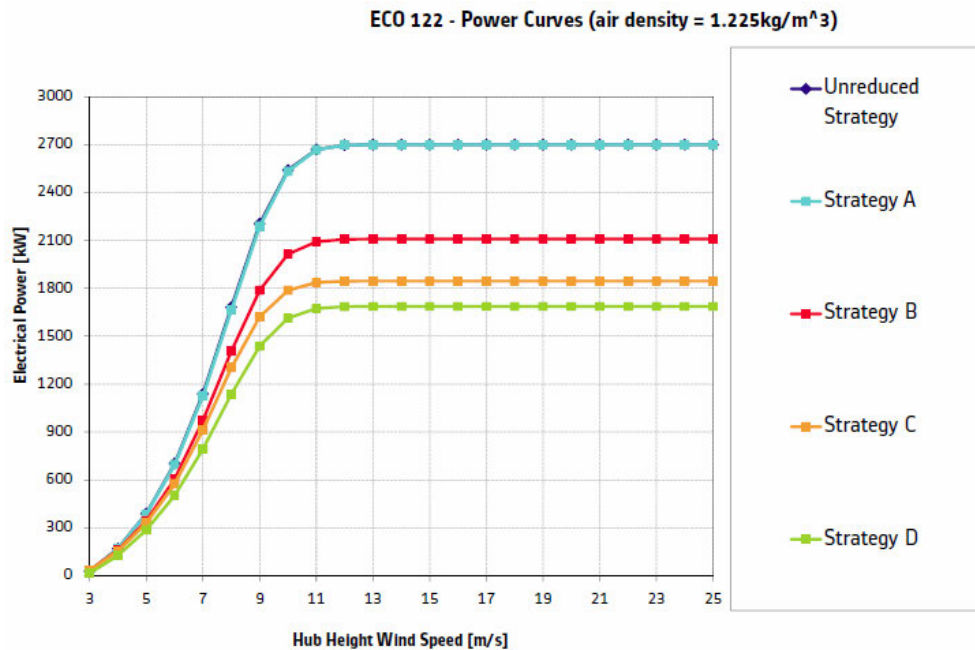
	Strategy A	Strategy B	Strategy C	Strategy D
Wind Speed [m/s]	Sound Power Level [dB(A)]	Sound Power Level [dB(A)]	Sound Power Level [dB(A)]	Sound Power Level [dB(A)]
4	91.5	91.1	91.3	91.1
5	91.9	91.5	91.6	91.2
6	95.8	92.8	91.9	91.4
7	99.1	96.1	94.9	92.8
8	102.1	99.1	97.6	95.7
9	105.2	101.1	99.8	97.7
10	106.0	101.5	100.0	98.1
11	105.6	101.1	99.7	97.7
12	105.3	100.8	99.5	97.4



#### B.1.4

#### Elektriciteitsproductie met en zonder reductiestrategieën

Onderstaande afbeelding toont het effect van de verschillende reductiestrategieën op de elektriciteitsproductie van de windturbines. De x-as toont de windsnelheid op ashoogte in m/s, de y-as toont het bijbehorende vermogen in kW.



Figuur 6 - Power curve met en zonder mitigerende maatregelen.



## B.2 Emissiegegevens

### B.2.1 Jaargemiddelde bronsterkte zonder reductie

De combinatie van bronsterkte van een bepaald windturbinetype (Tabel 6) en de windsnelheidsverdeling ter plaatse resulteert in een berekening voor de jaargemiddelde geluidsemisie.

Hieronder is deze berekening getoond voor één windturbine (windturbine 2 uit Figuur 1). De overige windturbines hebben een sterk vergelijkbaar emissieprofiel, waarbij de wijzigingen liggen aan de iets afwijkende windsnelheid op masthoogte.

**Tabel 9 - Emissiegegevens van de onderzochte windturbines, zonder reductie.**

WTB	HEIGHT	CUTIN	CUTOUT
ECO122-2,7	120	4	25

gegevens wtb en omgeving

m/s	Bronsterkte ( $L_W$ )	Windsnelheidsverdeling (%)		
	dB	dag	avond	nacht
1	-200,0	2,3	1,6	1,2
2	-200,0	4,6	3,1	2,3
3	-200,0	7,5	5,4	3,8
4	91,5	11,0	8,9	6,1
5	93,3	12,4	11,7	10,8
6	97,3	12,5	14,2	15,1
7	100,6	13,0	14,8	18,1
8	103,5	10,3	13,6	13,7
9	105,7	8,0	8,2	10,1
10	106,0	6,1	7,0	6,3
11	105,6	4,3	4,6	4,8
12	105,3	2,9	2,9	3,1
13	105,2	1,8	1,6	1,8
14	105,2	1,3	1,2	1,2
15	105,2	0,9	0,4	0,9
16	105,2	0,3	0,5	0,3
17	105,2	0,2	0,1	0,2
18	105,2	0,1	0,1	-
19	105,2	0,1	-	-
20	105,2	-	0,1	-
21	105,2	-	-	-
22	105,2	-	-	-
23	102,5	-	-	-
24	105,2	-	-	-
25	105,2	-	-	-

emissie (jaargemiddelde bronsterkte,  $L_E$ )

Frequentie	Ref. spectrum	Emissie ( $L_E$ )		
Hz	dB	dag	avond	nacht
31	-9,9	91,2	91,6	91,8
63	-15,5	85,6	85,9	86,3
125	-10,9	90,2	90,6	90,8
250	-7,3	93,8	94,2	94,4
500	-6,0	95,1	95,4	95,8
1000	-5,7	95,4	95,8	96,1
2000	-8,3	92,8	93,2	93,4
4000	-11,9	89,2	89,6	89,8
8000	-23,9	77,2	77,6	77,8
Totaal	0,52	101,6	102,0	102,3

$L_{E,den}$

108,6 dB



## B.2.2

### Jaargemiddelde bronsterkte met reductie (alleen wtb 2, 's nachts)

Tabel 10 - Emissiegegevens van de onderzochte windturbines, met reductie volgens 'Strategy B'.

Windsnelheid	Bronsterkte
m/s	dB
1	-200,0
2	-200,0
3	-200,0
4	91,1
5	91,5
6	92,8
7	96,1
8	99,1
9	101,1
10	101,5
11	101,1
12	100,8
13	100,8
14	100,8
15	100,8
16	100,8
17	100,8
18	100,8
19	100,8
20	100,8
21	100,8
22	100,8
23	100,8
24	100,8
25	100,8

emissie (jaargemiddelde bronsterkte,  $L_E$ )

Frequentie	Ref. spectrum	Emissie ( $L_E$ )
Hz	dB	nacht <sup>5</sup>
31	-9,93	87,4
63	-15,53	81,8
125	-10,93	86,4
250	-7,33	90,0
500	-6,03	91,3
1000	-5,73	91,6
2000	-8,33	89,0
4000	-11,93	85,4
8000	-23,93	73,4
Totaal	0,52	97,9
$L_{E,den}$	105,6 dB	

<sup>5</sup> de emissie overdag en 's avonds is onveranderd t.o.v. Tabel 9.

## Bijlage C. Woningen en geluidsbelasting

De tabel toont van alle woningen in de nabijheid van het windpark de volgende gegevens:

- ❖ label: een manier om elke woning uniek weer te geven
- ❖ RD-x en RD-y: coördinaten in het Rijksdriehoekstelsel. Bron: BAG.
- ❖ Adres/Woonplaats. Bron: BAG.
- ❖ Resultaten van de geluidsberekeningen zoals uitgevoerd met GeoMilieu. Deze waarden zijn exclusief mitigerende maatregelen.

**Tabel 11 - Overzicht van alle onderzochte woningen. In de tabel zijn ook de resultaten weergegeven van de geluidsberekening met en zonder mitigerende maatregelen. Hierbij zijn overschrijdingen van de norm (47 dB L<sub>den</sub> en 41 dB L<sub>night</sub>) gearceerd.**

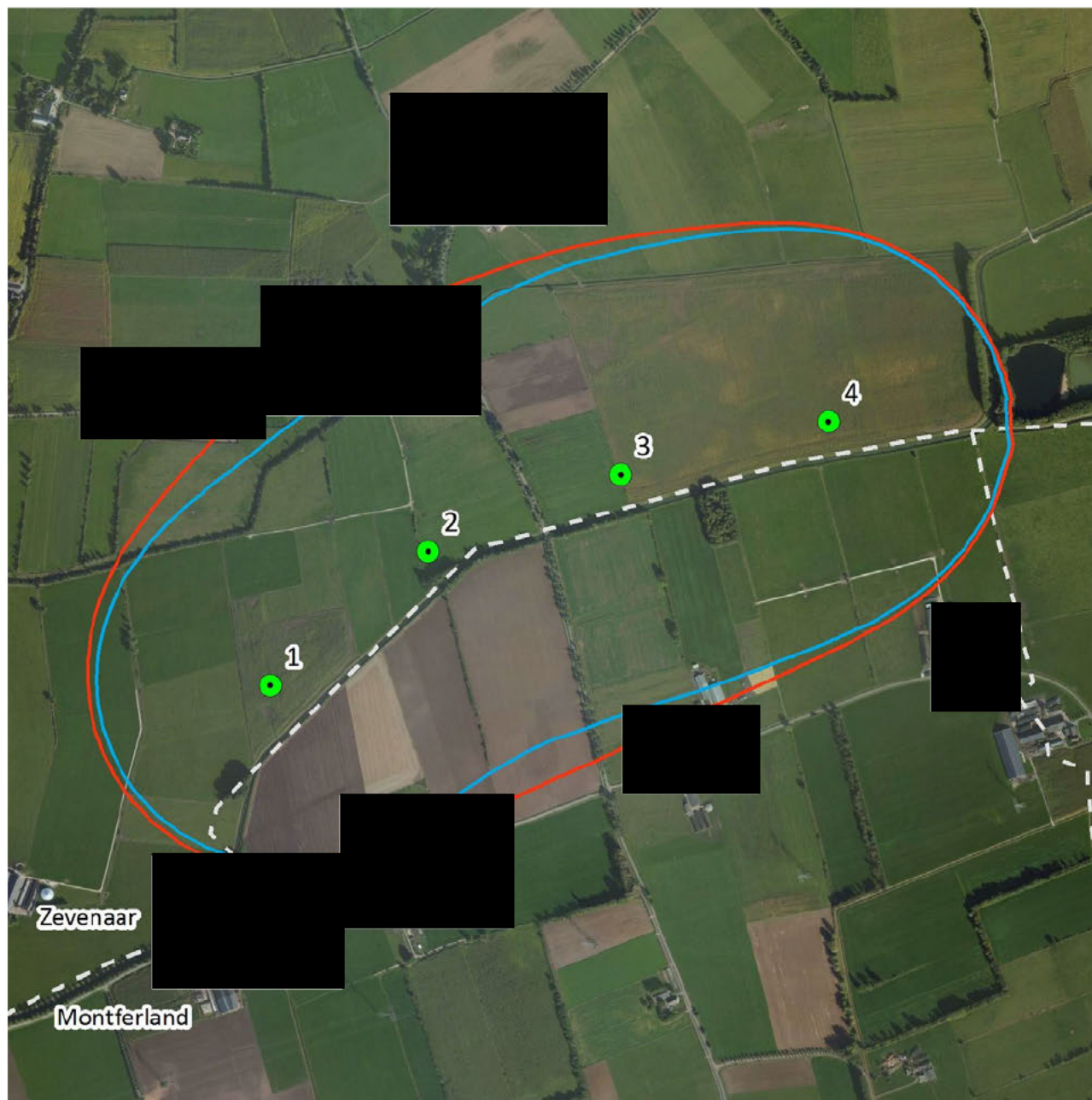
Woningen van derden				Zonder mitigatie				Met mitigatie			
label	RD-x	RD-y	Adres	Lden	dag	avond	nacht	Lden	dag	avond	nacht
A	205635	443973		47,19	40,24	40,60	40,90	45,97	40,24	40,60	39,27
B	205342	443865		45,72	38,77	39,13	39,43	44,76	38,77	39,13	38,17
C	205256	443902		44,72	37,77	38,13	38,43	43,82	37,77	38,13	37,24
D	207012	443357		44,93	37,98	38,34	38,64	44,66	37,98	38,34	38,30
E	206475	443170		46,26	39,31	39,67	39,97	45,68	39,31	39,67	39,22
F	207021	443363		44,91	37,96	38,32	38,62	44,64	37,96	38,32	38,28
G	206340	443122		46,40	39,45	39,81	40,11	45,69	39,45	39,81	39,18
H	205892	442951		46,83	39,88	40,24	40,54	46,14	39,88	40,24	39,64
I	205766	442855		46,19	39,24	39,60	39,90	45,61	39,24	39,60	39,15
J	205861	442941		46,88	39,93	40,29	40,59	46,22	39,93	40,29	39,73
K	205350	442698		43,61	36,66	37,02	37,32	43,11	36,66	37,02	36,67
L	205917	444347		44,74	37,79	38,15	38,45	44,01	37,79	38,15	37,50
M	206106	444448		44,20	37,25	37,60	37,91	43,63	37,25	37,60	37,17
Woningen van participanten											
P1	205722	443988		47,66	40,71	41,07	41,37	46,43	40,71	41,07	39,73
P2	205775	444068		47,06	40,11	40,46	40,77	45,98	40,11	40,46	39,34
P3	205602	444034		46,33	39,38	39,74	40,04	45,21	39,38	39,74	38,55
P4	206038	444327		45,26	38,31	38,67	38,97	44,63	38,31	38,67	38,15



## Bijlage D. Contouren

---

De volgende pagina toont nogmaals de 47 dB  $L_{den}$ -contouren met en zonder mitigerende maatregelen, nu in groot formaat.

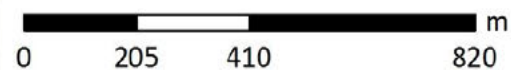


BOSCH & VAN RIJN  
Experts in duurzame energie en ruimte

- Windturbinelocaties
- 47 dB Lden zonder reductie
- 47 dB Lden met reductie

#### Nabijgelegen woningen

- Woningen van derden
- Woningen van participanten
- Gemeentegrens



Figuur 7 - 47 dB Lden-contouren met en zonder mitigerende maatregelen.

## Bijlage E. Documenten van Alstom

---

DST-0556 Rev. 00: Acoustic Noise Emission of the ECO 122  
DST-0525 Rev. 01: Noise Reduction Strategies for the ECO 122



**TECHNICAL DESCRIPTION**

FRM-0966-EN\_R05

**DST-0556 Rev. 00**

**TITLE: Acoustic Noise Emission of the ECO 122**

Author:	Checked by:	Approved by:
■	■	■

**REVISIONS**

Rev.	Date	Author
00	13/07/2012	■

**PROPRIETARY INFORMATION OF ALSTOM**

The information contained herein is Alstom proprietary information and has been disclosed in confidence. Any use, disclosure or reproduction of this information without Alstom's written permission is a violation of Alstom's right. Unpublished work. © ALSTOM, 2012. All rights reserved.

*© ALSTOM 2012. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only. No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project. This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.*

*Copyright © 2012 ALSTOM. All rights reserved. ALSTOM and the logo ALSTOM and its variations are trademarks and service trademarks of ALSTOM. Any other names mentioned are the property of their respective owners.*

TABLE OF CONTENTS

1. Introduction ..... 3

## 1. INTRODUCTION

The here given noise levels have been estimated theoretically. Therefore, the presented values shall be used with special caution.

The present document includes the 1/3 Octave Band Spectrum and the Octave Band Spectrum of noise, which has been calculated from the 1/3 Octave Band Spectrum as the following example:

For 6 m/s wind speed

SPL (1/3 octave 50 Hz) = 71.7 dB(A)

SPL (1/3 octave 63 Hz) = 75.6 dB(A)

SPL (1/3 octave 80 Hz) = 77.7 dB(A)

$$\text{SPL (octave 63 Hz)} = 10 \text{ Log } (10^{71.7/10} + 10^{75.6/10} + 10^{77.7/10}) = 80.4 \text{ dB(A)}$$

Wind Turbine: **ECO 122**  
 Data from: **Theoretical estimation**  
 Control strategy: **Normal (max power)**  
 Hub height (m): **88.5**  
 Reference Roughness length (m): **0.05**

Hub height wind speed (m/s): **9**  
 Standardised 10 m wind speed (m/s): **6.4**

1/3 octave A-weighted SPL	
Frequency (Hz)	Sound Power Level [dB(A)]
50	72.4
63	75.3
80	78.0
100	80.6
125	83.3
160	86.5
200	90.2
250	94.1
315	96.9
400	97.9
500	97.6
630	96.4
800	94.8
1000	93.1
1250	91.6
1600	90.3
2000	89.6
2500	89.1
3150	88.6
4000	87.4
5000	85.5
6300	83.1
8000	80.3
10000	77.2

Octave A-weighted SPL	
Frequency (Hz)	Sound Power Level [dB(A)]
63	80.6
125	88.9
250	99.3
500	102.1
1000	98.1
2000	94.5
4000	92.1
8000	85.6

**Total Sound  
Power Level  
[dB(A)]** **105.7**

Wind Turbine: **ECO 122**  
 Data from: **Theoretical estimation**  
 Control strategy: **Normal (max power)**  
 Hub height (m): **88.5**  
 Reference Roughness length (m): **0.05**

Hub height wind speed (m/s): **10**  
 Standardised 10 m wind speed (m/s): **7.1**

1/3 octave A-weighted SPL	
Frequency (Hz)	Sound Power Level [dB(A)]
50	75.0
63	77.8
80	80.3
100	82.5
125	84.4
160	86.1
200	87.9
250	90.2
315	92.7
400	95.4
500	97.4
630	97.8
800	96.9
1000	95.7
1250	94.5
1600	93.3
2000	92.6
2500	92.1
3150	91.2
4000	89.5
5000	87.4
6300	85.0
8000	82.1
10000	78.9

Octave A-weighted SPL	
Frequency (Hz)	Sound Power Level [dB(A)]
63	83.0
125	89.3
250	95.5
500	101.8
1000	100.6
2000	97.5
4000	94.4
8000	87.4

**Total Sound  
Power Level  
[dB(A)]**

**106.0**

Wind Turbine: **ECO 122**  
 Data from: **Theoretical estimation**  
 Control strategy: **Normal (max power)**  
 Hub height (m): **88.5**  
 Reference Roughness length (m): **0.05**

Hub height wind speed (m/s): **11**  
 Standardised 10 m wind speed (m/s): **7.8**

1/3 octave A-weighted SPL	
Frequency (Hz)	Sound Power Level [dB(A)]
50	76.4
63	79.2
80	81.7
100	83.9
125	85.6
160	87.0
200	88.5
250	90.0
315	91.6
400	93.3
500	95.0
630	96.2
800	96.4
1000	95.7
1250	95.0
1600	94.3
2000	93.8
2500	93.2
3150	91.9
4000	90.0
5000	87.8
6300	85.5
8000	82.6
10000	79.4

Octave A-weighted SPL	
Frequency (Hz)	Sound Power Level [dB(A)]
63	84.4
125	90.5
250	95.0
500	99.8
1000	100.5
2000	98.6
4000	95.0
8000	87.9

Total Sound  
 Power Level  
 [dB(A)] **105.6**

Wind Turbine: **ECO 122**  
 Data from: **Theoretical estimation**  
 Control strategy: **Normal (max power)**  
 Hub height (m): **88.5**  
 Reference Roughness length (m): **0.05**

Hub height wind speed (m/s): **12**  
 Standardised 10 m wind speed (m/s): **8.5**

1/3 octave A-weighted SPL	
Frequency (Hz)	Sound Power Level [dB(A)]
50	77.0
63	79.8
80	82.3
100	84.5
125	86.2
160	87.6
200	88.9
250	90.2
315	91.4
400	92.6
500	94.0
630	95.1
800	95.7
1000	95.6
1250	95.1
1600	94.6
2000	94.1
2500	93.3
3150	91.8
4000	89.9
5000	87.7
6300	85.3
8000	82.4
10000	79.2

Octave A-weighted SPL	
Frequency (Hz)	Sound Power Level [dB(A)]
63	85.0
125	91.0
250	95.0
500	98.8
1000	100.2
2000	98.8
4000	94.9
8000	87.8

Total Sound  
 Power Level  
 [dB(A)] **105.3**

Wind Turbine: **ECO 122**  
 Data from: **Theoretical estimation**  
 Control strategy: **Normal (max power)**  
 Hub height (m): **88.5**  
 Reference Roughness length (m): **0.05**

Hub height wind speed (m/s): **13**  
 Standardised 10 m wind speed (m/s): **9.2**

1/3 octave A-weighted SPL	
Frequency (Hz)	Sound Power Level [dB(A)]
50	77.4
63	80.3
80	82.7
100	84.9
125	86.6
160	87.9
200	89.2
250	90.4
315	91.4
400	92.4
500	93.5
630	94.6
800	95.3
1000	95.5
1250	95.2
1600	94.8
2000	94.2
2500	93.3
3150	91.6
4000	89.7
5000	87.5
6300	85.1
8000	82.2
10000	78.9

Octave A-weighted SPL	
Frequency (Hz)	Sound Power Level [dB(A)]
63	85.4
125	91.4
250	95.2
500	98.3
1000	100.1
2000	98.9
4000	94.7
8000	87.6

Total Sound  
 Power Level  
 [dB(A)] **105.2**



Wind Turbine: **ECO 122**  
 Data from: **Theoretical estimation**  
 Control strategy: **Normal (max power)**  
 Hub height (m): **88.5**  
 Reference Roughness length (m): **0.05**

Hub height wind speed (m/s): **14**  
 Standardised 10 m wind speed (m/s): **9.9**

1/3 octave A-weighted SPL	
Frequency (Hz)	Sound Power Level [dB(A)]
50	77.4
63	80.2
80	82.7
100	84.8
125	86.6
160	87.9
200	89.1
250	90.3
315	91.3
400	92.3
500	93.5
630	94.5
800	95.3
1000	95.4
1250	95.2
1600	94.7
2000	94.2
2500	93.2
3150	91.6
4000	89.6
5000	87.5
6300	85.1
8000	82.2
10000	78.9

Octave A-weighted SPL	
Frequency (Hz)	Sound Power Level [dB(A)]
63	85.4
125	91.4
250	95.1
500	98.3
1000	100.1
2000	98.9
4000	94.6
8000	87.5

Total Sound  
 Power Level  
 [dB(A)] **105.2**

## TECHNICAL DESCRIPTION

FRM-0966-EN\_R05

**DST-0525 Rev. 01**

**TITLE: Noise Reduction Strategies for the ECO 122**

Author:	Checked by:	Approved by:
■	■	■

### REVISIONS

Rev.	Date	Author
00	13/02/2012	■
01	14/03/2013	■

### PROPRIETARY INFORMATION OF ALSTOM

The information contained herein is Alstom proprietary information and has been disclosed in confidence. Any use, disclosure or reproduction of this information without Alstom's written permission is a violation of Alstom's right. Unpublished work. © ALSTOM, 2013. All rights reserved.

*© ALSTOM 2013. All rights reserved. Information contained in this document is indicative only. No representation or warranty is given or should be relied on that it is complete or correct or will apply to any particular project. This will depend on the technical and commercial circumstances. It is provided without liability and is subject to change without notice. Reproduction, use or disclosure to third parties, without express written authority, is strictly prohibited.*

*Copyright © 2013 ALSTOM. All rights reserved. ALSTOM and the logo ALSTOM and its variations are trademarks and service trademarks of ALSTOM. Any other names mentioned are the property of their respective owners.*

## TABLE OF CONTENTS

1. General.....	3
2. Sound power level curves.....	4
3. Power curves .....	5
3.1 Electrical power and power coefficients.....	5
3.2 Thrust coefficient .....	7
4. Notes for the noise curves.....	9
4.1 Uncertainties: .....	9
4.2 Influence on the loads: .....	9
References .....	10

## 1. GENERAL

Alstom Wind can provide the ECO 122 wind turbine with 4 different control strategies to reach a fixed noise reduction.

The 4 control strategies have been developed additionally to the standard one and are named:

- **Strategy A:** a soft noise level reduction of about 2 dB(A) is applied for low wind speeds and for high wind speeds the noise level is not reduced, with a maximum value of **106.0** dB(A).
- **Strategy B:** a medium reduced noise level of about 4.5 dB(A) is applied, with a maximum value of **101.5** dB(A).
- **Strategy C:** a strongly reduced noise level of about 6 dB(A) is applied, with a maximum value of **100.0** dB(A).
- **Strategy D:** an extreme strongly reduced noise level of about 8 dB(A) is applied, corresponding to the minimum produced noise with the wind turbine working. The maximum level is **98.1** dB(A).

The ECO 122 will be available with the given reduced sound power level strategies. When switching from one strategy to another one – including the unreduced strategy – the wind turbine is controlled temporarily by a linear interpolation of the two control strategies, hence allowing the wind turbine to keep on producing power during this short and soft transition.

The 4 strategies are based on:

- the reduction of rotational speed, and/or
- the increase of the pitch angle and/or reduction of nominal generator torque to reduce the angle of attack.

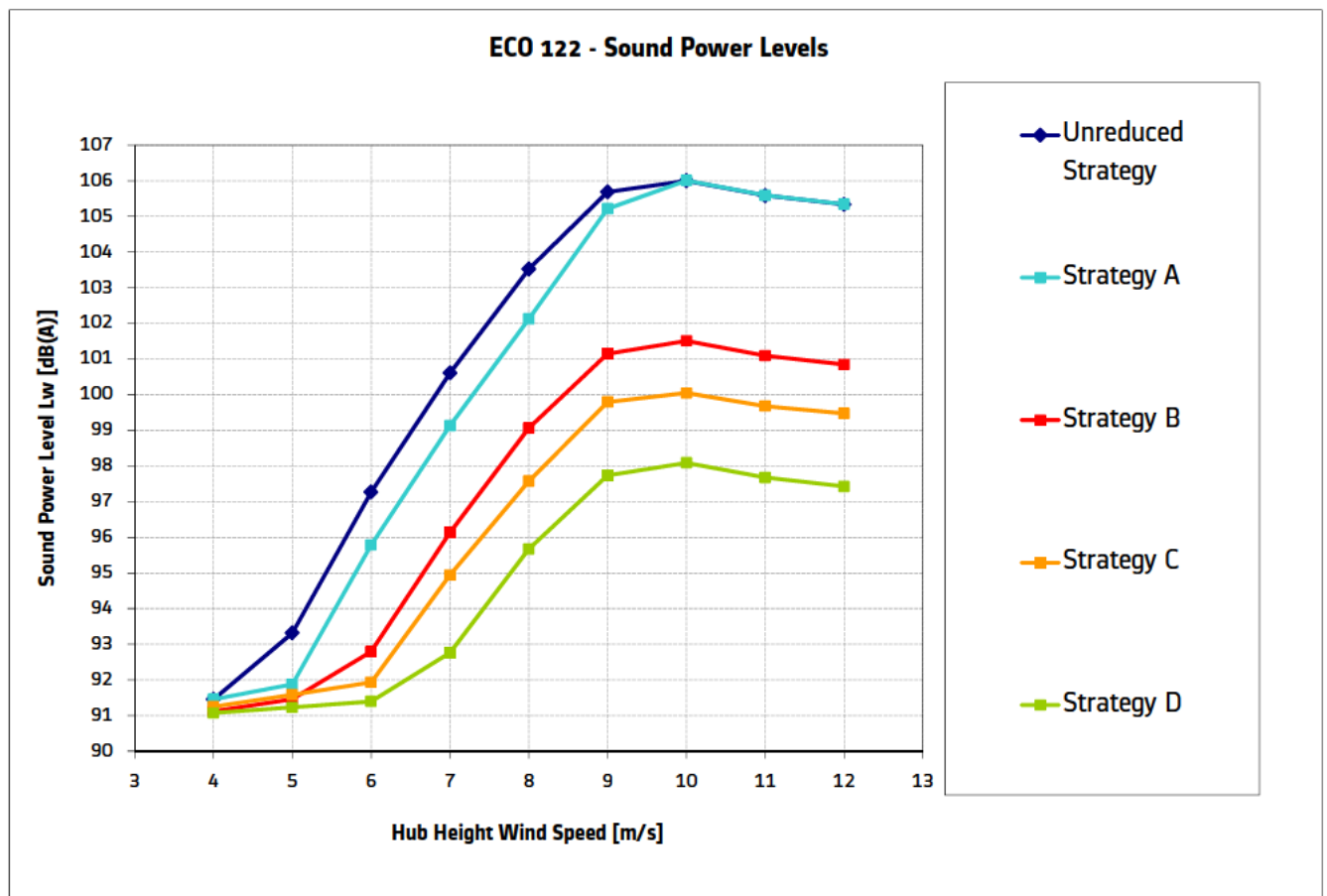
**Important:** The here given noise levels corresponding to the different Noise Reduction Strategies have been estimated theoretically. Alstom Wind is performing different noise measurement campaigns in order to gain knowledge and improve the methodology to develop and predict noise reduction strategies. Therefore, the here presented Noise Reduction Strategies could be modified in the following years, according to the knowledge gained during these noise measurement campaigns.

## 2. SOUND POWER LEVEL CURVES

The sound power level curves presented below are calculated for the ECO 122 with different control strategies. The sound power values in the next table come from estimations based on rotational speed reduction and/or the modification of the angle of attack with respect to the unreduced strategy of the ECO 122 [2].

	Strategy A	Strategy B	Strategy C	Strategy D
Wind Speed [m/s]	Sound Power Level [dB(A)]	Sound Power Level [dB(A)]	Sound Power Level [dB(A)]	Sound Power Level [dB(A)]
4	91.5	91.1	91.3	91.1
5	91.9	91.5	91.6	91.2
6	95.8	92.8	91.9	91.4
7	99.1	96.1	94.9	92.8
8	102.1	99.1	97.6	95.7
9	105.2	101.1	99.8	97.7
10	106.0	101.5	100.0	98.1
11	105.6	101.1	99.7	97.7
12	105.3	100.8	99.5	97.4

Table 1: ECO 122 Sound Power Levels



### 3. POWER CURVES

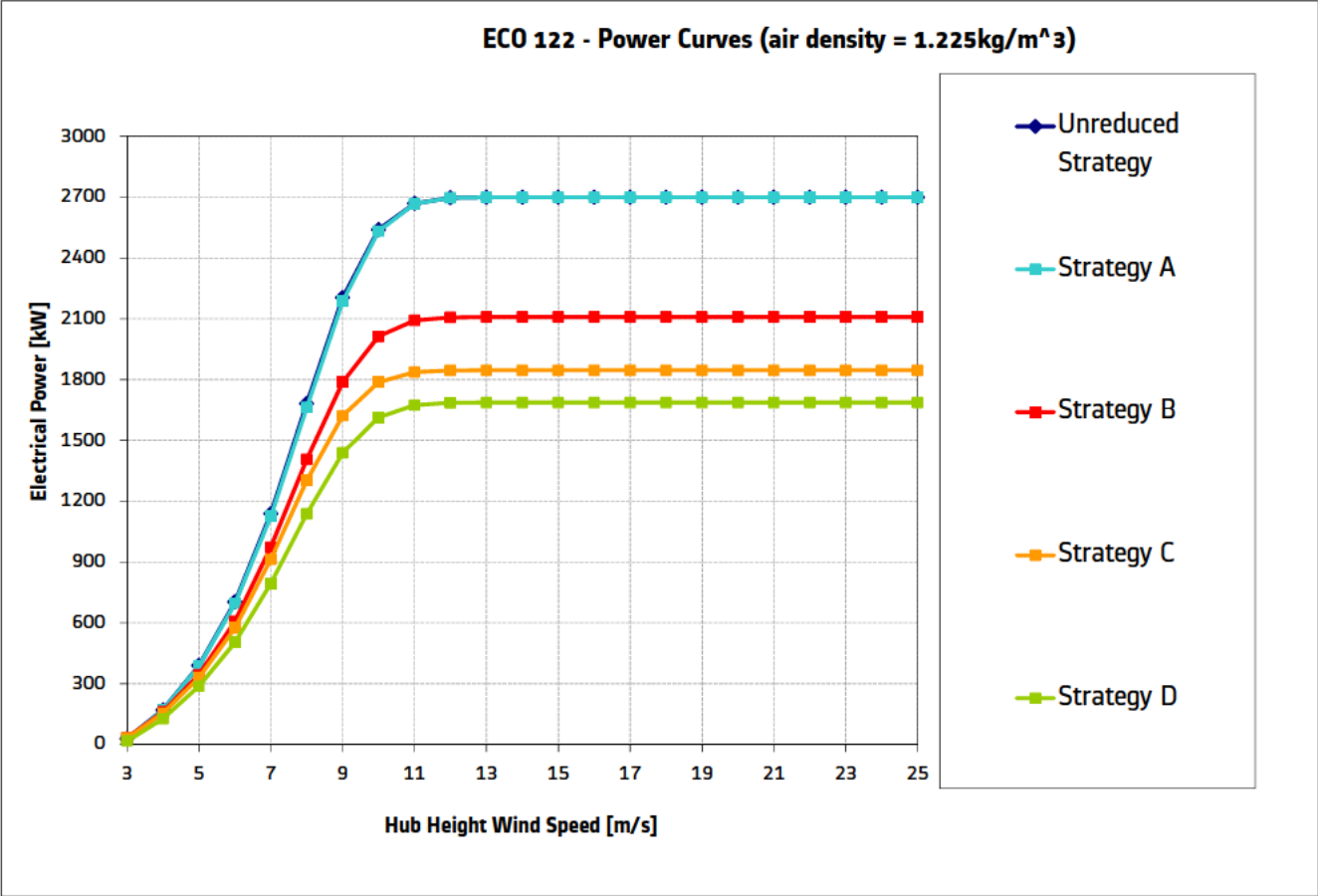
#### 3.1 ELECTRICAL POWER AND POWER COEFFICIENTS

The power curves presented below are calculated for the ECO 122 working with the 4 different noise reduction strategies. The considered air density is the standard value of  $1.225 \text{ kg/m}^3$ .

	Strategy A		Strategy B		Strategy C		Strategy D	
	ID-4399		ID-4396		ID-4397		ID-4398	
Wind Speed [m/s]	Power [kW]	Power coefficient CP [-]	Power [kW]	Power coefficient CP [-]	Power [kW]	Power coefficient CP [-]	Power [kW]	Power coefficient CP [-]
3	29	0.15	34	0.18	32	0.16	17	0.09
4	170	0.37	161	0.35	155	0.34	127	0.28
5	386	0.43	345	0.39	331	0.37	287	0.32
6	696	0.45	608	0.39	575	0.37	504	0.33
7	1125	0.46	974	0.40	913	0.37	794	0.32
8	1663	0.45	1407	0.38	1303	0.36	1138	0.31
9	2188	0.42	1789	0.34	1622	0.31	1439	0.28
10	2533	0.35	2013	0.28	1788	0.25	1613	0.23
11	2667	0.28	2092	0.22	1838	0.19	1674	0.18
12	2697	0.22	2108	0.17	1846	0.15	1686	0.14
13	2700	0.17	2109	0.13	1846	0.12	1687	0.11
14	2700	0.14	2109	0.11	1846	0.09	1687	0.09
15	2700	0.11	2109	0.09	1846	0.08	1687	0.07
16	2700	0.09	2109	0.07	1846	0.06	1687	0.06
17	2700	0.08	2109	0.06	1846	0.05	1687	0.05
18	2700	0.06	2109	0.05	1846	0.04	1687	0.04
19	2700	0.06	2109	0.04	1846	0.04	1687	0.03
20	2700	0.05	2109	0.04	1846	0.03	1687	0.03
21	2700	0.04	2109	0.03	1846	0.03	1687	0.03
22	2700	0.04	2109	0.03	1846	0.02	1687	0.02
23	2700	0.03	2109	0.02	1846	0.02	1687	0.02
24	2700	0.03	2109	0.02	1846	0.02	1687	0.02
25	2700	0.02	2109	0.02	1846	0.02	1687	0.02

Table 2: ECO 122 - Electrical Power and Power Coefficient (air density =  $1.225 \text{ kg/m}^3$ )

Next graph shows the power curves for the 4 different noise reduction strategies compared with the unreduced one, for the standard air density of 1.225 kg/m<sup>3</sup>.



### 3.2 THRUST COEFFICIENT

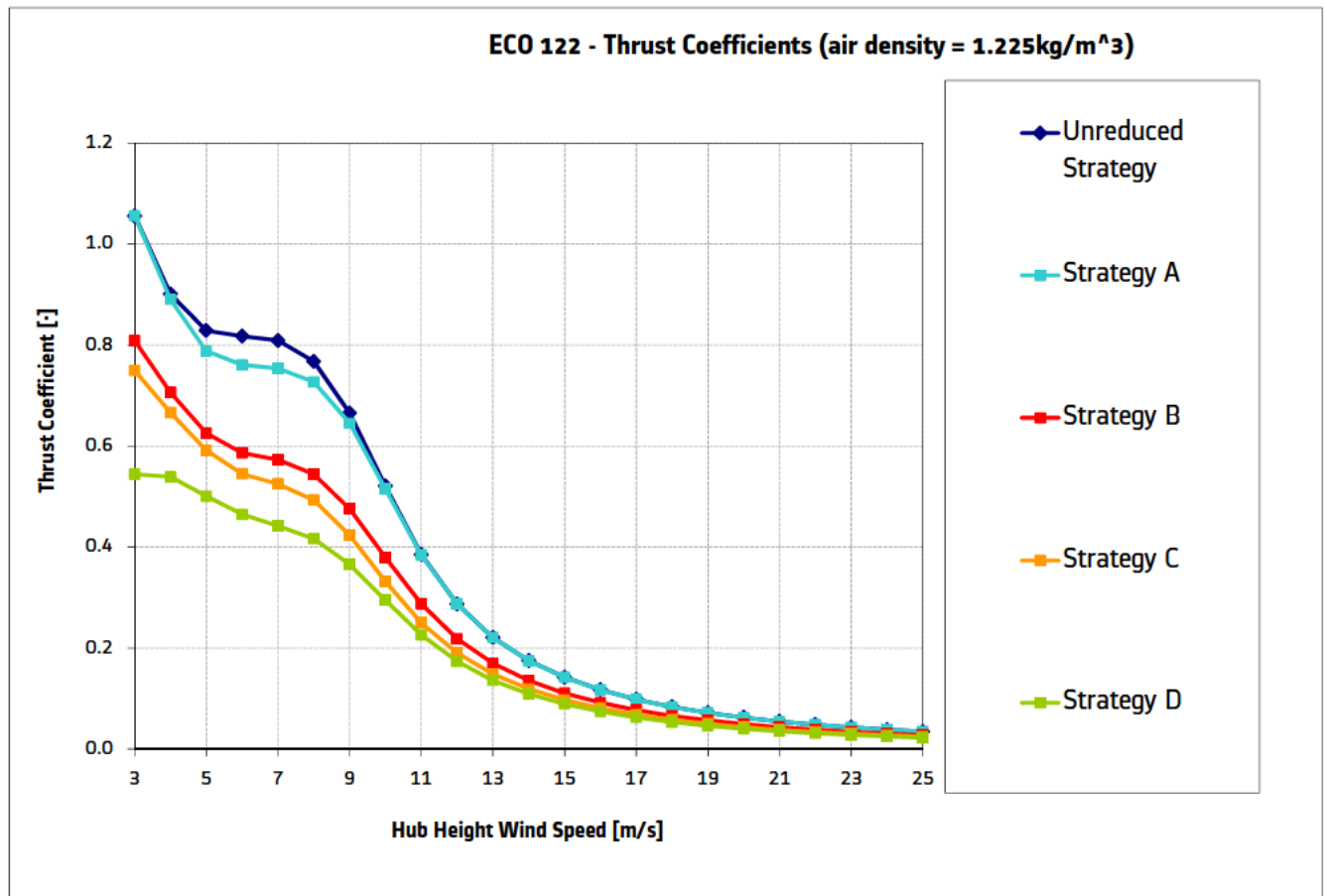
The thrust coefficients presented below are calculated for the ECO 122 working with the 4 different noise reduction strategies. The considered air density is the standard value of  $1.225 \text{ kg/m}^3$ .

	Strategy A	Strategy B	Strategy C	Strategy D
	ID-4399	ID-4396	ID-4397	ID-4398
Wind Speed [m/s]	Thrust coefficient Ct [-]	Thrust coefficient Ct [-]	Thrust coefficient Ct [-]	Thrust coefficient Ct [-]
3	1.06	0.81	0.75	0.54
4	0.89	0.71	0.67	0.54
5	0.79	0.63	0.59	0.50
6	0.76	0.59	0.54	0.46
7	0.75	0.57	0.53	0.44
8	0.73	0.54	0.49	0.42
9	0.65	0.48	0.42	0.37
10	0.52	0.38	0.33	0.29
11	0.38	0.29	0.25	0.23
12	0.29	0.22	0.19	0.17
13	0.22	0.17	0.15	0.14
14	0.18	0.14	0.12	0.11
15	0.14	0.11	0.10	0.09
16	0.12	0.09	0.08	0.07
17	0.10	0.08	0.07	0.06
18	0.08	0.07	0.06	0.05
19	0.07	0.06	0.05	0.05
20	0.06	0.05	0.04	0.04
21	0.05	0.04	0.04	0.04
22	0.05	0.04	0.03	0.03
23	0.04	0.03	0.03	0.03
24	0.04	0.03	0.03	0.02
25	0.03	0.03	0.02	0.02

Table 3: ECO 122 - Thrust Coefficient (air density =  $1.225 \text{ kg/m}^3$ )



Next graph shows the thrust coefficients for the 4 different noise reduction strategies compared with the unreduced one, for the standard air density of  $1.225 \text{ kg/m}^3$ .



## **4. NOTES FOR THE NOISE CURVES**

The noise emission results presented in this report come from estimations based on the wind turbine rotational speed and/or the reduction of the angle of attack only.

Alstom Wind plans campaigns of noise emission measurements for the reduced noise control configurations to validate the calculated values presented in this report.

The 4 strategies are selected to generate useful and practical noise curves and to avoid instabilities in the wind turbine functionality. The stability of the wind turbine will be also checked in a real wind turbine.

### **4.1 UNCERTAINTIES:**

The here given noise levels and power curves values are estimated and not guaranteed.

Special uncertainty is expected in the noise level of D-strategy because of the large reduction and so large difference in conditions compared with those of the unreduced strategy verified with measurements.

### **4.2 INFLUENCE ON THE LOADS:**

With the 4 reduced noise strategies, the maximum set-torque and set-rotational speed are equal or reduced with respect to the normal strategy. No significant changes in the loads of the turbine structure are expected.

The 4 strategies are selected to avoid frequencies interferences and possible resonances.

## REFERENCES

- [1] Wind turbine generator systems IEC 61400-1 2<sup>nd</sup> edition 1998, part 11 Acoustic noise measurement techniques.
- [2] DST-0495 Sound Power Level for the ECO 122 (Table 4: Sound Power levels for ECO 122 - Extended range of Wind Speeds)