



ADVIESBURO VANDERBOOM^{BV} *sinds 1971*

**Zaadmarkt 87
7201 DC Zutphen**

telefoon
0575-544756

fax
0575-545648

website
www.vanderboomadvies.nl

e-mail
info@vanderboomadvies.nl

KvK 080-44086



Slagschaduwonderzoek t.b.v.

Windturbinepark

Noord Beveland

te Kamperland

Versie 21 maart 2017

opdrachtnummer

15-068

datum

21 maart 2017

opdrachtgever

WP Noord Beveland

Kreekpad 12

4488 AZ Kats

auteur

A.D. Postma



INHOUDSOPGAVE

	bladzijde
INHOUDSOPGAVE	I
SAMENVATTING	1
1 INLEIDING	2
2 REKENMETHODEN	4
2.1 Schaduwen	4
2.2 Effecten van lichtflikkeringen op mensen	7
2.3 Normstelling	9
3 RESULTATEN	10
3.1 Passeerfrequentie en intensiteit	10
3.2 Schaduwzones	10
3.3 Cumulatie	11
4 CONCLUSIES EN MAATREGELEN	13
4.1 Beoordeling slagschaduwduur en maatregelen	13
4.2 Beoordeling gecumuleerde slagschaduwduur	13
5 LITERATUUR	14
BIJLAGEN	

onderwerp

Schaduw
windturbines

opdrachtnummer

15-068

bestand

15-068r4.doc

bladzijde

pagina i



SAMENVATTING

In opdracht van Windpark Noord Beveland is onderzocht welke slagschaduw optreedt op 15 woningen in de omgeving van vier windturbines Windpark Noord Beveland te Kamperland. De windturbines zijn geplaatst zoals aangegeven in tekening 1.

Bepaald is de maximale en gemiddelde schaduwduur van de woninggevels door elk van de windturbines en voor alle turbines gezamenlijk. De berekeningen in bijlage II geven daarnaast tevens een overzicht van de periode in het jaar en het tijdstip van de dag dat de gevels door slagschaduw van een windturbine wordt bestreken.

Bij het bepalen van de maximale en gemiddelde beschaduwingsduur is rekening gehouden met de overheersende windrichtingen (slagschaduw vaak smaller dan rotordiameter), de kans op zon op het moment dat de rotorschaduw op woning kan vallen en de kans op voldoende wind, opdat de windturbine draait.

Er is een slagschaduwcontour bepaald van 340 minuten/jaar. De slagschaduwcontour van 340 minuten heeft de grens van het gebied waarbinnen slagschaduw meer dan 17 dagen per jaar langer dan 20 minuten per jaar kan optreden ($17 * 20 = 340$ minuten).

De meest gevoelige gevel in rekenpunt 10 (Krommeweg 3) wordt gedurende hooguit 1 uur en 13 minuten per dag door slagschaduw bestreken. Dit komt voor gedurende gemiddeld 24 uur en 32 minuten per jaar. De norm van maximaal gemiddeld 17 dagen per jaar gedurende 20 minuten (5 uur en 40 minuten per jaar) wordt in zes rekenpunten voor woningen van derden overschreden. Voor de turbines is een stilstandvoorziening nodig om overschrijdingen van de norm te voorkomen.

De slagschaduwwerking op woningen van participanten, op recreatiewoningen en op campingplaatsen is eveneens bepaald, zodat kan worden nagegaan of voor deze objecten sprake is van een aanvaardbaar woon- en leefklimaat.

De gecumuleerde slagschaduwduur van Windpark Noord Beveland en Windpark Jacobahaven is eveneens berekend. Hieruit kan worden bepaald of de gecumuleerde slagschaduwduur aanvaardbaar is of dat de stilstandvoorziening moet worden afgestemd op de gecumuleerde slagschaduwduur. De gecumuleerde slagschaduwduur is op twee slagschaduwgevoelige woningen (rekenpunt 7 en 8) hoger dan de slagschaduwduur door het Windpark Noord Beveland. De meest gevoelige gevel in rekenpunt 8 (Strandhoekweg 1) wordt gedurende hooguit 1 uur en 50 minuten per dag door slagschaduw bestreken. Dit komt voor gedurende gemiddeld 32 uur en 13 minuten per jaar.

onderwerp
Schaduw
windturbines

opdrachtnummer
15-068

bestand
15-068r4.doc

bladzijde
pagina 1



1 INLEIDING

In opdracht van Windpark Noord Beveland is onderzocht welke slagschaduw optreedt op 15 woningen in de omgeving van vier windturbines Windpark Noord Beveland te Kamperland. De windturbines zijn geplaatst zoals aangegeven in tekening 1.

In het onderzoek is uitgegaan van:

- Nordex N117 3600 STE (3,6 MW) met een tiphoogte van ca. 150 meter, met een ashoogte van ca. 91 m en een rotordiameter van ca. 117 m.
- een locatie met de coördinaten $51,35^{\circ}$ N.B. en $3,41^{\circ}$ O.L.

De locatie bestaat uit vlak bouwland met verspreide bebouwing en aan de westzijde een vakantiepark, als aangegeven op onderstaande figuur I.1.



Figuur I.1 locatie windturbines en omgeving.

onderwerp
Schaduw
windturbines

Onderzocht is de ligging van de beschaduwde zone en de eventuele (schadelijke) effecten daarvan op de omgeving. Daarbij is gebruik gemaakt van een computerprogramma waarmee op elke locatie voor elk object de schaduwbanen kunnen worden berekend.

opdrachtnummer
15-068

De Nordex N117 3600 STE (3,6 MW) is nog niet in de windturbinecatalogus van WindPro opgenomen, gerekend is met de identieke Nordex N117 3000.

bestand
15-068r4.doc

Voor de 4 turbines gezamenlijk is de slagschaduwcontour berekend van 340 minuten op een afstand tot 12 x de rotordiameter. Daarnaast is voor 22 maatgevende immissiepunten de periode van beslagschaduw berekend.

bladzijde
pagina 2



De algemene theorie m.b.t. schaduwzones en -hinder wordt behandeld in hoofdstuk 2; in hoofdstuk 3 zijn de resultaten m.b.t. de onderzochte locatie gegeven.

onderwerp

Schaduw
windturbines

opdrachtnummer

15-068

bestand

15-068r4.doc

bladzijde

pagina 3



2 REKENMETHODEN

2.1 Schaduwen

Principe

Een schaduw van bewegende objecten verschilt van die van stilstaande objecten; een waarnemer zal de slagschaduw van draaiende rotorbladen van een windturbine ervaren als een periodieke wisseling van licht en donker, met een bepaalde frequentie, de. zgn. flikkerfrequentie. Omdat vooral bewegende schaduwen hinderlijk kunnen zijn, is alleen de schaduwzone van de draaiende rotorbladen bekeken.

Zowel de schaduwgrootte als de flikkerfrequentie hangen af van het type windturbine; zo zal een snelopende turbine met een groot rotoroppervlak een grotere schaduw en hogere flikkerfrequentie hebben dan een kleine turbine met een laag rotortoerental.

Flikkerfrequentie

De flikkerfrequentie f_s is gedefinieerd als [9]:

$$f_s = n \times B \times 1/60 \quad [\text{Hz}]$$

waarin: n = toerental windturbine (omwentelingen/min)
 B = aantal rotorbladen

Schaduwligging en vorm

De ligging van de beschaduwde zone hangt af van de stand van de zon. Bij zonsopkomst ligt de schaduwzijde aan de westkant en bij zonsondergang aan de oostkant van de turbine. Draaiing van de zon langs de zuidkant geeft een schaduw aan de noordzijde. In de zomer staat de zon hoger zodat de schaduwzone smaller is en dichterbij de turbine ligt; in de winter zijn de schaduwen het langst. Bij zonsopkomst is de schaduw eerst relatief diffuus om pas later scherp te worden; het omgekeerde geschiedt bij zonsondergang [9]. Een principeschets van de schaduw rond windturbines is opgenomen in onderstaande figuur 1.

De vorm van de schaduw hangt af van de stand van de gondel + rotor t.o.v. de zon; bij een loodrechte stand van het rotorvlak op de zoninval ontstaat een ellipsvormige schaduw; van deze situatie is in dit onderzoek in eerste instantie uitgegaan. De maximale breedte van de schaduwbaan is ongeveer gelijk aan de rotordiameter.

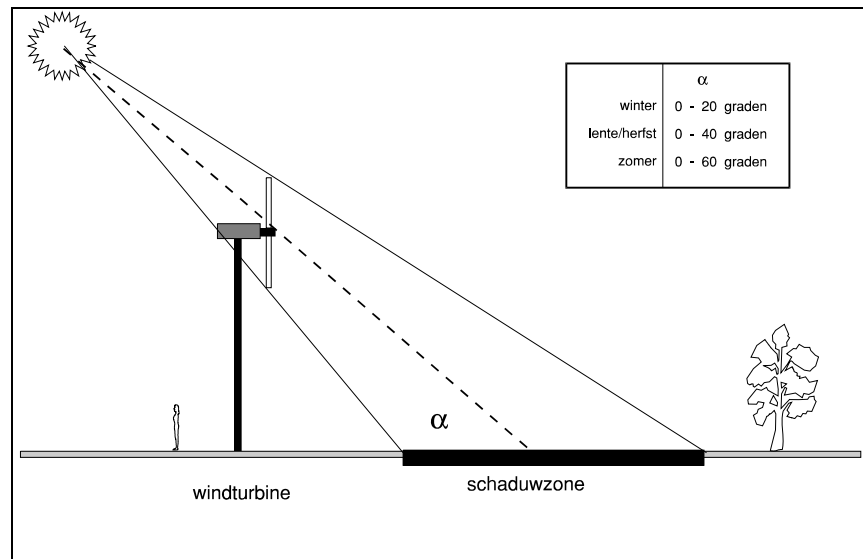
onderwerp

Schaduw
windturbines

opdrachtnummer
15-068

bestand
15-068r4.doc

bladzijde
pagina 4



Figuur 1: principeschets schaduwen rond windturbines.

Schaduwduur

Ook de duur van de schaduw in een bepaald punt, bijvoorbeeld op een woninggevel, is van belang voor de beoordeling van de eventuele hinder daarvan. De zon beschrijft een baan van in totaal 180° langs de hemelkoepel met een hoeksnelheid ω van $2\pi/24$ radialen ($=15^\circ$) per uur. Bij zonsopkomst en zonsondergang bewegen de schaduwen relatief snel omdat de schaduwen dan het langst zijn en de snelheid van de schaduw op de grond V_s kan worden omschreven als:

$$V_s = \omega_p \times r \quad [\text{m/s}]$$

waarin; ω_p = projectie van de hoeksnelheid van de zon op het aardoppervlak [radialen]

r = afstand tussen de windturbine en de schaduw van de rotorbladen cq het beoordelingspunt [m]

onderwerp
Schaduw
windturbines

opdrachtnummer
15-068

bestand
15-068r4.doc

bladzijde
pagina 5

Daaruit kan bijvoorbeeld de blootstellingduur van een schaduw op een woninggevel worden berekend, waarbij in eerste instantie rekening wordt gehouden met de *maximale* schaduwbreedte (meestal de rotordiameter) en de hoek waarbinnen de woninggevel valt (gezien vanuit de turbine-voet).

Overigens is tevens aangegeven welk effect de windrichting - d.w.z. de rotorstand - heeft op de totale *gemiddelde* beschaduwingsduur;

Ook de kans op wind met snelheden > 4 m/s (windturbine draait) en de kans op zon in de verschillende maanden is bij de berekening meegenomen.



Tijdstip

Het tijdstip waarop een schaduw een beoordelingpunt bereikt hangt af van:

- de ligging van het beoordelingspunt t.o.v. de windturbine,
- de locatie op aarde,
- de tijdzone en eventuele zomertijdregelingen.

Voor de Nederlandse situatie is uitgegaan van de tijdzone volgens Midden Europese tijd (MET), overeenkomend met onze wintertijd. Omdat deze tijd geldt voor een breedtegraad van 15° O.L. moet voor andere locaties een correctie worden aangebracht t.o.v. de **zonnetijd**; in de zonnetijd staat de zon namelijk om 12:00 (zonnetijd) precies in het zuiden. In de Nederlandse situatie (tussen 4 en 6° O.L.) is dat pas 35 - 45 minuten later in respectievelijk Winterswijk en Den Haag. Dit tijdstip wordt aangeduid als plaatselijke ware tijd (PWT) [9].

Schaduwbaanberekeningen

Voor de zonnestandberekeningen wordt uitgegaan van het zgn. topocentrisch azimuthaal coördinatenstelsel volgens Ptolomeus, waarbij de windturbine in de oorsprong staat en de baan van de zon kan worden beschreven met 2 hoeken te weten de zonshoogte (γ) en de zonsazimuth (α). Om de zonnebaan - en dus ook de schaduwbaan - te kunnen bepalen moet echter worden gerekend in het equatoriale coördinatenstelsel, zoals aangegeven in onderstaande figuur 2 uit [9].

onderwerp

Schaduw
windturbines

opdrachtnummer

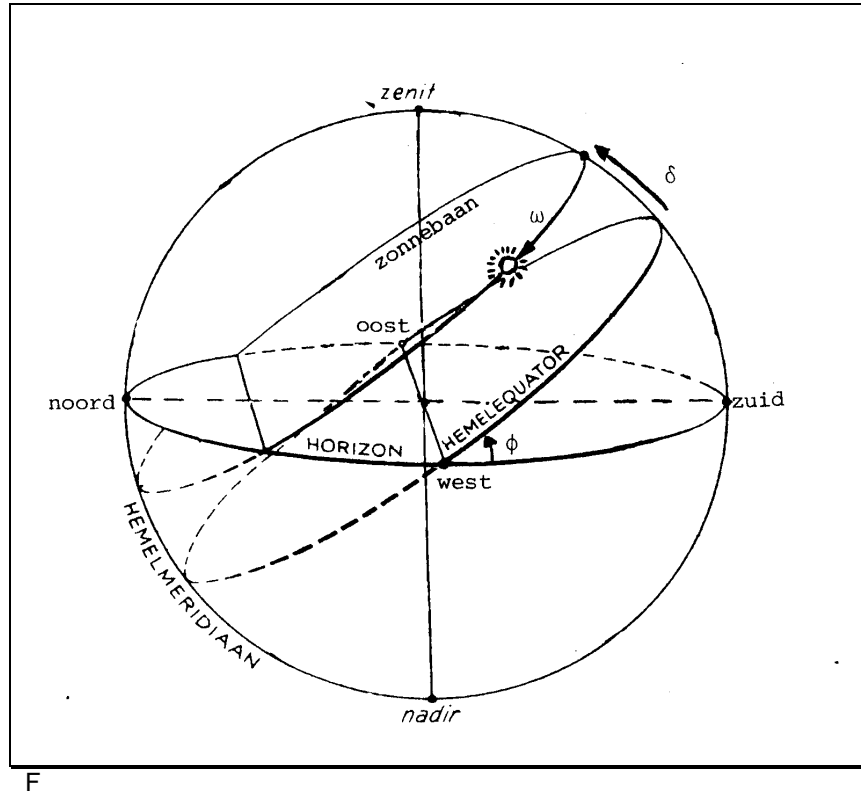
15-068

bestand

15-068r4.doc

bladzijde

pagina 6



Figuur 2: equatoriaal coördinatenstelsel met declinatie δ , breedtegraad ϕ en uurhoek ω ; bron [9].

2.2 Effecten van lichtflikkeringen op mensen

Voor het effect van lichtflikkeringen t.g.v. schaduwen van draaiende rotorbladen op mensen zijn van belang [9]:

- de flikkerfrequentie f_s
- de lichtintensiteit.
- blootstellingsduur

Deze aspecten worden hieronder afzonderlijk besproken.

Flikkerfrequentie

Bij flikkerfrequenties f_s lager dan 1 Hz wordt iedere verandering in lichtintensiteit als zodanig ervaren; bij hoge frequenties (50 - 80 Hz) worden lichtflikkeringen niet meer afzonderlijk waargenomen (van dit effect wordt gebruik gemaakt bij de projectie van films). Onderzoeken en experimenten, o.a. met verlichting in tunnels en bij helikopterpiloten, wijzen uit dat bij frequenties tussen 5 en 10 Hz hinder wordt ondervonden. Bij frequenties onder 2.5 Hz en boven 14 Hz zou hinder nagenoeg niet voorkomen. Voornoemde experimenten zijn uitgevoerd bij blootstelling aan flikkeringen tot maximaal 20 minuten [9].

Epileptici kennen een grote gevoeligheid voor lichtflikkeringen; de gevoeligheid is het grootst bij frequenties boven de 15 Hz (zelfs epileptische aanvallen) maar een reactie ontbreekt bij frequenties onder de 6 Hz.

onderwerp

Schaduw
windturbines

opdrachtnummer
15-068

bestand
15-068r4.doc

bladzijde
pagina 7



Intensiteit

Naast de flikkerfrequentie spelen ook de lichtintensiteit en de blootstellingduur een rol. Hoe sterker het lichtcontrast en hoe langer de blootstellingsduur, des te groter is de hinder.

De lichtintensiteit hangt o.a. af van de zgn. modulatie diepte: naarmate de waarnemer dichterbij de windturbine staat zullen de rotorbladen een groter gedeelte van de zon 'bedekken', zodat het verschil tussen licht en donker toeneemt (grotere modulatie diepte). In de avond veroorzaken de rotorbladen een wat lichtere schaduw dan overdag doordat zij een kleiner gedeelte van de zon afschermen en de algehele lichtintensiteit inmiddels is afgenomen.

Binnen schaduwgevoelige objecten is de kans op hinder groter t.g.v. draaiende rotorbladen dan buiten doordat de lichtintensiteit binnen sterk afhangt van de lichtval door de vensters, terwijl juist deze lichtbaan door draaiende rotorbladen wordt onderbroken. Buiten is de lichtinval veel diffuser zodat de intensiteit van de schaduwen minder groot zal zijn.

Blootstellingsduur

De blootstellingduur van een woninggevel aan de slagschaduwen hangt (naast de ligging van de slagschaduwzone) af van:

- de afstand tussen de turbine en de woninggevel
- de breedte van de gevel
- de breedte van de slagschaduw: wanneer het rotorvlak loodrecht op de zoninval staat is de slagschaduwbaan breed (= rotordiameter), staat het rotorvlak echter in het verlengde van de zonnestrallen dan is de slagschaduwbaan slechts een smalle strook. Zie onderstaande figuur 3. In het computerprogramma is de stand van het rotorvlak gerelateerd aan de windroos.
- de kans op zonneshijn (inschatting op basis van langjarige gemiddelde waarden van Vlissingen).
- de kans dat er voldoende wind is om de windturbine te laten draaien, d.w.z. windsnelheden (op ashoogte) van ca 4 tot 25 m/s. Deze kans bedraagt in Nederland ca 90%.

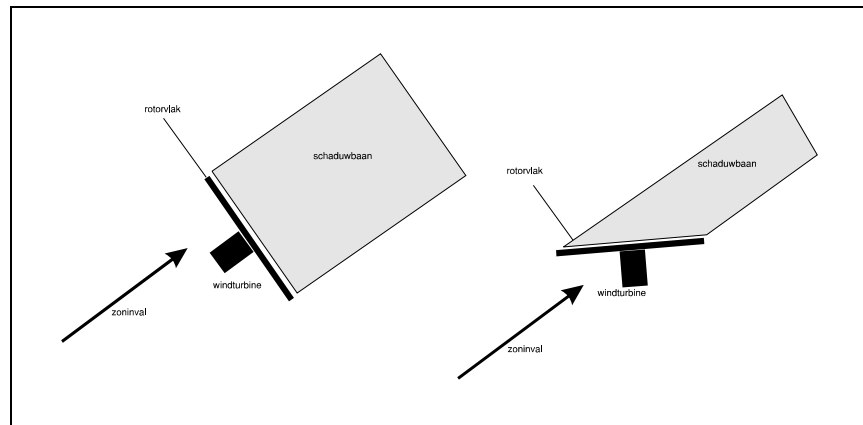
onderwerp
Schaduw
windturbines

opdrachtnummer
15-068

bestand
15-068r4.doc

bladzijde
pagina 8

Bovenstaande grootheden zijn in de computerprogramma's meegenomen.



Figuur 3: overzicht brede en smalle schaduwbaan, afhankelijk van stand van rotorblad en zonnival.

2.3 Normstelling

In het Besluit Voorzieningen en Installaties Milieubeheer [2], waar windturbines onder vallen, wordt de grens voor flikkerfrequenties van 2.5 Hz aangehouden, d.w.z. dat flikkeringen met een hogere frequentie zeer hinderlijk tot schadelijk kunnen zijn. Daarnaast worden schaduwen in de late middag en avond, alsmede op grote afstand van de turbine als minder hinderlijk beschouwd.

In het Besluit [2] is opgenomen dat: “de windturbine dient te zijn voorzien van een automatische stilstandvoorziening die de windturbine afschakelt indien slagschaduw optreedt ter plaatse van de woning of andere geluidgevoelige bestemming voor zover de afstand tussen de windturbine en woningen of andere geluidgevoelige bestemmingen minder dan 12 x de rotordiameter bedraagt en gemiddeld meer dan 17 dagen per jaar gedurende 20 minuten per dag slagschaduw kan optreden”.

Bij langere blootstelling aan slagschaduwen in - met name - woningen zijn maatregelen gewenst.

onderwerp
Schaduw
windturbines

opdrachtnummer
15-068

bestand
15-068r4.doc

bladzijde
pagina 9



3 RESULTATEN

De locatie van de windturbines is opgenomen in tekening 1 in bijlage I

3.1 Passeerfrequentie en intensiteit

De rotor van de onderzochte turbine heeft een draaisnelheid van 12,6 rpm (rated power). De passeerfrequentie ligt daarmee rond 0,7 Hz. De passeerfrequentie ligt daarmee buiten het bereik van 2,5 – 14 Hz. De geproduceerde passeerfrequenties zullen daarom, conform de regeling, geen hinder veroorzaken.

3.2 Schaduwzones

Algemeen

Bij afstanden tussen woningen en de windturbines van meer dan ca. 12 x de rotordiameter, zullen de slagschaduw de woningen niet meer bereiken; schaduw bij zonnestanden $< 5^\circ$ zijn zodanig diffuus dat hinder daarvan gering zal zijn (geringe modulatie diepte). Voor deze turbines ligt deze afstand op 1404 meter.

Duur slagschaduw

Bepaald is de maximale en gemiddelde schaduwduur van de woninggevels door elk van de windturbines. De berekeningen in bijlage II geven daarnaast tevens een overzicht van de periode in het jaar en het tijdstip van de dag dat de gevels door slagschaduw van een windturbine wordt bestreken.

Bij het bepalen van de maximale en gemiddelde beschaduwingsduur is rekening gehouden met de overheersende windrichtingen (slagschaduw vaak smaller dan rotordiameter), de kans op zon op het moment dat de rotorschaduw op woning kan vallen en de kans op voldoende wind, opdat de windturbine draait.

Er is een slagschaduwcontour bepaald van 340 minuten/jaar. De slagschaduwcontour van 340 minuten heeft de grens van het gebied waarbinnen slagschaduw meer dan 17 dagen per jaar langer dan 20 minuten per jaar kan optreden ($17 * 20 = 340$ minuten). De contour geeft het zoekgebied aan waarbinnen een overschrijding van de norm zou kunnen optreden.

De figuur SHADOW-Map in bijlage II geeft de slagschaduw contour van 340 minuten (=5,67 uur).

Voor 22 woningen, recreatiewoningen en campingplaatsen in de omgeving is de totale slagschaduwduur berekend, rekening houdend met bovenstaande uitgangspunten (kans op zon/wind, windrichting). Aangegeven zijn de maximale slagschaduwduur (worst case situatie) en de gemiddelde slagschaduwduur (expected value) De resultaten zijn weergegeven in tabel III.1.

onderwerp
Schaduw
windturbines

opdrachtnummer
15-068

bestand
15-068r4.doc

bladzijde
pagina 10



TABEL III.1		Overzicht gegevens slagschaduwwerking				
Woning	Positie	Periode	Maximaal (worst case)			Gemiddeld (expected value)
			Uur/jaar	Dag/jaar	Max. uur/dag	Uur/jaar
1	A	Jacobadijk 16 ¹	7:47	33	0:22	1:57
2	B	Jacobadijk 23	39:19	74	0:48	10:00
3	C	Vredenhofweg 2	54:35	100	0:50	11:37
4	D	Zomerw. "De Banjaard"	89:42	129	1:17	15:54
5	E	Zomerw. "De Banjaard"	119:05	190	0:56	13:31
6	F	Zomerw. "De Banjaard"	28:24	63	0:39	3:42
7	G	Jacobaweg 1	20:02	56	0:32	2:13
8	H	Strandhoekweg 1	93:43	70	1:50	8:51
9	I	Rippenpolderseweg 1 ¹	208:13	174	2:06	29:37
10	J	Krommeweg 3	114:47	145	1:13	24:32
11	K	Krommeweg 2 ¹	34:11	90	0:38	6:55
12	L	Hofwijkweg 1	13:54	53	0:24	3:01
13	M	Hofwijkweg 2	19:41	65	0:28	4:15
14	N	Hofwijkweg 3 ¹	39:29	94	0:35	8:21
15	O	Baashuisweg 15	0:00	0	0:00	0:00
16	P	Zomerw. "De Banjaard"	22:44	75	0:30	3:06
17	Q	Zomerw. "De Banjaard"	19:10	66	0:31	3:09
18	R	Zomerw. "De Banjaard"	18:12	63	0:30	3:28
19	S	Camping Anna Friso	146:54	138	1:48	19:07
20	T	Camping Anna Friso	136:38	90	1:51	13:50
21	U	Roopot Marina	10:13	36	0:26	2:11
22	V	Roopot Marina	18:29	56	0:32	3:18

1 woning van participant.

3.3 Cumulatie

Vanuit het oogpunt van een goede ruimtelijke ordening is de gecumuleerde slagschaduwwerking bepaald van alle turbines in de omgeving, te weten de slagschaduwwerking van windpark Noord Beveland en de slagschaduwwerking van windpark Jacobahaven.

Er is een slagschaduwcontour bepaald van 340 minuten/jaar, voor beide parken samen. De figuur SHADOW-Map "WP Noord Beveland incl. Jacoba" in bijlage II geeft deze slagschaduw contour van 340 minuten (=5,67 uur).

Voor de 22 woningen, recreatiewoningen en campingplaatsen in de omgeving is de totale slagschaduwduur berekend, rekening houdend met bovenstaande uitgangspunten (kans op zon/wind, windrichting). Aangegeven zijn de maximale slagschaduwduur (worst case situatie) en de

onderwerp
Schaduw
windturbines

opdrachtnummer
15-068

bestand
15-068r4.doc

bladzijde
pagina 11



gemiddelde slagschaduwduur (expected value) De resultaten zijn weergegeven in tabel III.2.

TABEL III.2		Overzicht totale slagschaduwwerking WP Noord-Beveland en Jacobahaven samen				
Woning	Positie	Periode	Maximaal (worst case)			Gemiddeld (expected value)
			Uur/jaar	Dag/jaar	Max. uur/dag	Uur/jaar
1	A	Jacobadijk 16 ¹	7:47	33	0:22	1:57
2	B	Jacobadijk 23	39:19	74	0:48	10:00
3	C	Vredenhofweg 2	54:35	100	0:50	11:37
4	D	Zomerw. "De Banjaard"	89:42	129	1:17	15:54
5	E	Zomerw. "De Banjaard"	119:05	190	0:56	13:31
6	F	Zomerw. "De Banjaard"	98:55	132	1:20	20:29
7	G	Jacobaweg 1	64:19	135	0:50	11:32
8	H	Strandhoekweg 1	132:25	176	1:50	17:06
9	I	Rippenpolderseweg 1 ¹	220:02	218	2:06	32:13
10	J	Krommeweg 3	114:47	145	1:13	24:32
11	K	Krommeweg 2 ¹	34:11	90	0:38	6:55
12	L	Hofwijkweg 1	13:54	53	0:24	3:01
13	M	Hofwijkweg 2	19:41	65	0:28	4:15
14	N	Hofwijkweg 3 ¹	39:29	94	0:35	8:21
15	O	Baashuisweg 15	0:00	0	0:00	0:00
16	P	Zomerw. "De Banjaard"	47:57	171	0:30	9:12
17	Q	Zomerw. "De Banjaard"	38:58	140	0:31	7:56
18	R	Zomerw. "De Banjaard"	22:52	99	0:30	4:33
19	S	Camping Anna Friso	166:52	190	1:48	23:38
20	T	Camping Anna Friso	182:05	214	1:51	23:30
21	U	Roompot Marina	10:13	36	0:26	2:11
22	V	Roompot Marina	18:29	56	0:32	3:18

1 woning van participant.

onderwerp
Schaduw
windturbines

opdrachtnummer
15-068

bestand
15-068r4.doc

bladzijde
pagina 12



4 CONCLUSIES EN MAATREGELEN

4.1 Beoordeling slagschaduwduur en maatregelen

De meest gevoelige gevel in rekenpunt 10 (Krommeweg 3) wordt gedurende hooguit 1 uur en 13 minuten per dag door slagschaduwen bestreken. Dit komt voor gedurende gemiddeld 24 uur en 32 minuten per jaar. De norm van maximaal gemiddeld 17 dagen per jaar gedurende 20 minuten (5 uur en 40 minuten per jaar) wordt in zes rekenpunten voor woningen van derden overschreden. Voor de turbines is een stilstandvoorziening nodig om overschrijdingen van de norm te voorkomen.

De slagschaduwwerking op woningen van participanten (rekenpunt 1, 9, 11 en 14), op de recreatiewoningen (rekenpunt 4–6, 16-18 en 21-22) en op de camping (rekenpunt 19-20) is eveneens bepaald (zie tabel III.1) zodat worden nagegaan of voor deze objecten sprake is van een aanvaardbaar woon- en leefklimaat.

4.2 Beoordeling gecumuleerde slagschaduwduur

Uit de berekeningen van de gecumuleerde slagschaduwduur van Windpark Noord Beveland en Windpark Jacobahaven kan worden bepaald of de gecumuleerde slagschaduwduur aanvaardbaar is of dat de stilstandsvoorziening moet worden afgestemd op de gecumuleerde slagschaduwduur. De gecumuleerde slagschaduwduur is op twee slagschaduwgevoelige woningen (rekenpunt 7 en 8) hoger dan de slagschaduwduur door het Windpark Noord Beveland. De meest gevoelige gevel in rekenpunt 8 (Strandhoekweg 1) wordt door beide parken samen gedurende hooguit 1 uur en 50 minuten per dag door slagschaduwen bestreken. Dit komt voor gedurende gemiddeld 32 uur en 13 minuten per jaar.

De gecumuleerde slagschaduwwerking op woningen van participanten (rekenpunt 1, 9, 11 en 14), op de recreatiewoningen (rekenpunt 4–6, 16-18 en 21-22) en op de camping (rekenpunt 19-20) is eveneens bepaald (zie tabel III.2) zodat worden nagegaan of voor deze objecten sprake is van een aanvaardbaar woon- en leefklimaat.

onderwerp
Schaduw
windturbines

opdrachtnummer
15-068

bestand
15-068r4.doc

bladzijde
pagina 13

Drs. A.D Postma.



5 LITERATUUR

M.b.t. de hinder/invloed van slagschaduw door windturbines is in dit onderzoek gebruikt gemaakt van de volgende bronnen:

- [1] Schaduwhinder door windmolens, E. Verkuyl en Chr. Westra, IVAM, Amsterdam, 1983. (tekst en tabellen.)
- [2] Regeling Algemene regels voor inrichtingen milieubeheer, Staatscourant 16 november 2007, nr 233.

onderwerp

Schaduw
windturbines

opdrachtnummer

15-068

bestand

15-068r4.doc

bladzijde

pagina 14



Bijlage I

Tekeningen

opdrachtnummer

15-068

datum

21 maart 2017

opdrachtgever

WP Noord Beveland

Kreekpad 12

4488 AZ Kats

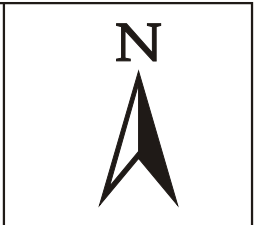
auteur

A.D. Postma

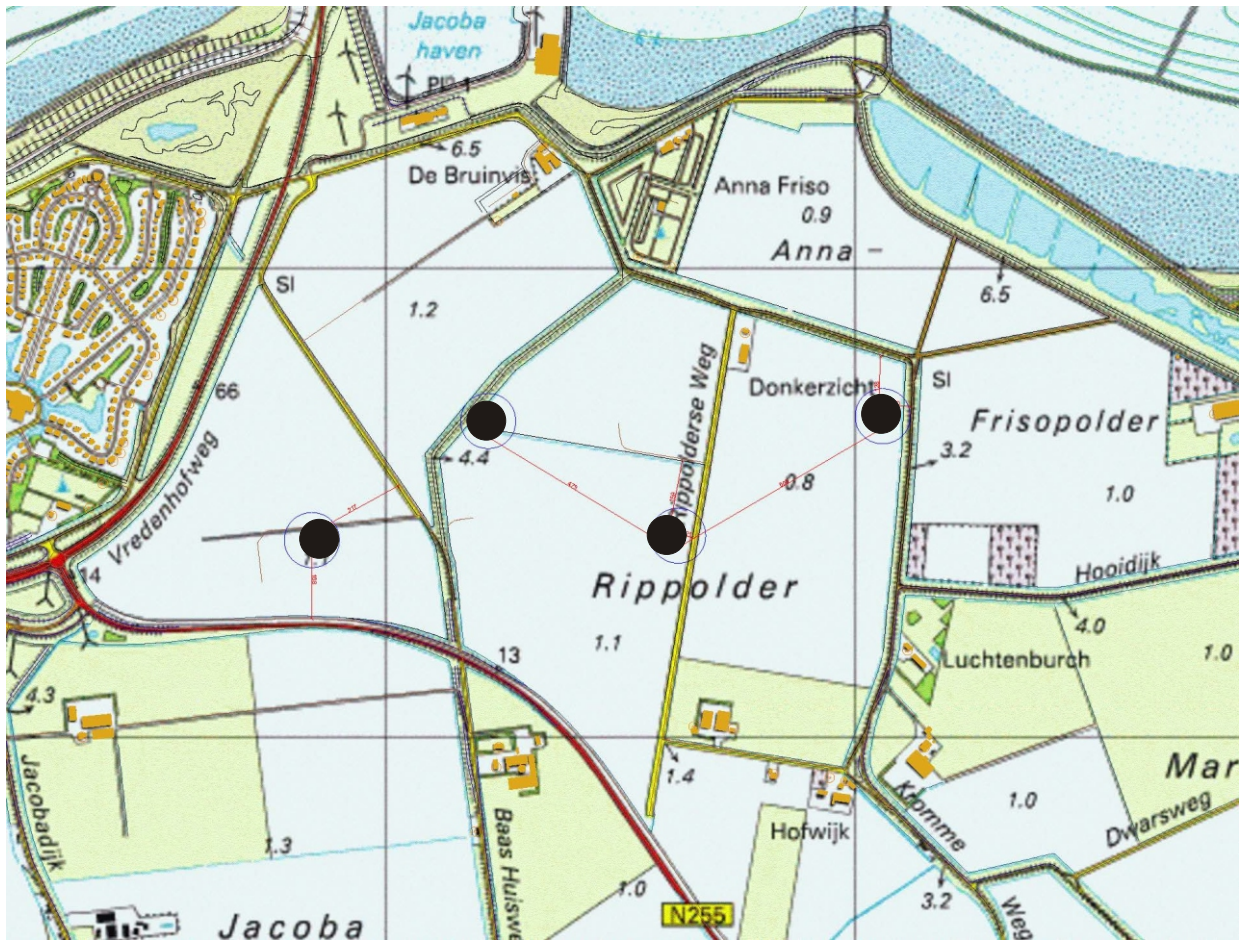


Tekening 1
project-nummer : 15-068
versie : 4 juli 2016

● Locatie windturbine



Situatie overzicht





Bijlage II

Invoergegevens rekenmodellen en rekenresultaten

Slagschaduwcontour Windpark Noord Beveland

Project:
15-066 WP Noord Beveland

Licensed user:
Adviesburo Van der Boom bv
Zaadmarkt 87
NL-7201 DC Zutphen
+31 575 544756
Ad Postma / info@vanderboomadvies.nl
Calculated:
13-3-2017 17:11/3.0.619

SHADOW - Map



0 250 500 750 1000m

Map: Open Street Map 001 , Print scale 1:25.000, Map center Geo WGS84 East: 3,691164° E North: 51,589954° N

New WTG

Shadow receptor

Flicker map level: 1 m above sea level

SHADOW - Main Result

Assumptions for shadow calculations

Maximum distance for influence
Calculate only when more than 20 % of sun is covered by the blade
Please look in WTG table

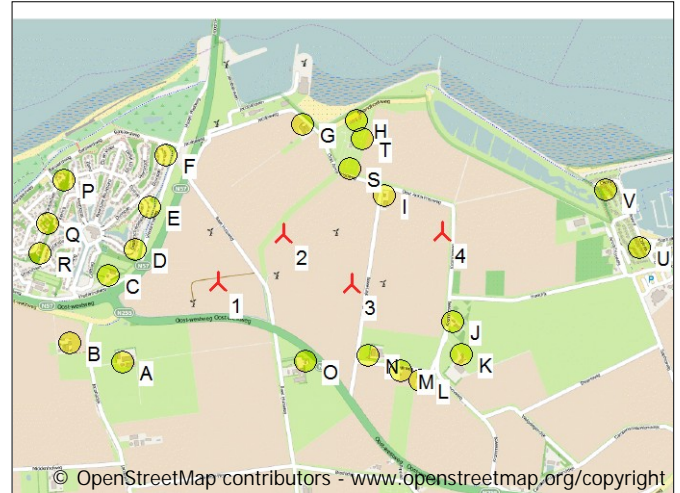
Minimum sun height over horizon for influence 3 °
Day step for calculation 1 days
Time step for calculation 1 minutes

Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) [VLISSINGEN]
Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
1,61 2,70 3,53 5,40 6,78 6,38 6,61 6,21 4,64 3,22 2,05 1,26

Operational time
N NNE ENE E ESE SSE S SSW WSW W WNW NNW Sum
261 393 465 559 645 475 572 869 1.140 1.059 606 326 7.370
Idle start wind speed: Cut in wind speed from power curve

Topographic shadow included in calculation

All coordinates are in
Geo [deg]-WGS84



Scale 1:40.000
New WTG Shadow receptor

WTGs

Longitude	Latitude	Z	Row data/Description	WTG type			Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Shadow data	
				Valid	Manufact.	Type-generator				Calculation distance [m]	RPM
1 3,682499° E	51,589264° N	0,0	NORDEX N117/3000 3000 11...Yes	Yes	NORDEX	N117/3000-3.000	3.000	116,8	91,0	1.489	12,6
2 3,687512° E	51,591556° N	0,0	NORDEX N117/3000 3000 11...Yes	Yes	NORDEX	N117/3000-3.000	3.000	116,8	91,0	1.489	12,6
3 3,692729° E	51,589178° N	0,0	NORDEX N117/3000 3000 11...Yes	Yes	NORDEX	N117/3000-3.000	3.000	116,8	91,0	1.489	12,6
4 3,699670° E	51,591621° N	0,0	NORDEX N117/3000 3000 11...Yes	Yes	NORDEX	N117/3000-3.000	3.000	116,8	91,0	1.489	12,6

Shadow receptor-Input

No.	Longitude	Latitude	Z	Width	Height	Height a.g.l.	Degrees from south cw	Slope of window	Direction mode
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]	
A	3,675243° E	51,585438° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
B	3,671166° E	51,586383° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
C	3,674081° E	51,589592° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
D	3,676177° E	51,590809° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
E	3,677244° E	51,592838° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
F	3,678518° E	51,595294° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
G	3,688995° E	51,596788° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
H	3,693117° E	51,596938° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
I	3,695242° E	51,593372° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
J	3,700455° E	51,587371° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
K	3,701105° E	51,585812° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
L	3,697978° E	51,584574° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
M	3,696485° E	51,585033° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
N	3,694004° E	51,585769° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
O	3,689196° E	51,585513° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
P	3,670737° E	51,594137° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
Q	3,669464° E	51,592071° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
R	3,668857° E	51,590651° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
S	3,692575° E	51,594687° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
T	3,693564° E	51,596101° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
U	3,714765° E	51,590896° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
V	3,712193° E	51,593646° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"

SHADOW - Main Result

Calculation Results

Shadow receptor

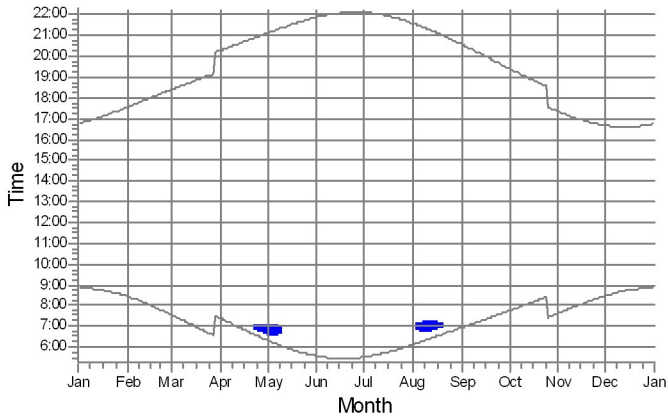
No.	Shadow, worst case		Shadow, expected values	
	Shadow hours per year [h/year]	Shadow days per year [days/year]	Max shadow hours per day [h/day]	Shadow hours per year [h/year]
A	7:47	33	0:22	1:57
B	39:19	74	0:48	10:00
C	54:35	100	0:50	11:37
D	89:42	129	1:17	15:54
E	119:05	190	0:56	13:31
F	28:24	63	0:39	3:42
G	20:02	56	0:32	2:13
H	93:43	70	1:50	8:51
I	208:13	174	2:06	29:34
J	114:47	145	1:13	24:32
K	34:11	90	0:38	6:55
L	13:54	53	0:24	3:01
M	19:41	65	0:28	4:15
N	39:29	94	0:35	8:21
O	0:00	0	0:00	0:00
P	22:44	75	0:30	3:06
Q	19:10	66	0:31	3:09
R	18:12	63	0:30	3:28
S	146:53	138	1:48	19:07
T	136:38	90	1:51	13:50
U	10:13	36	0:26	2:11
V	18:29	56	0:32	3:18

Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG

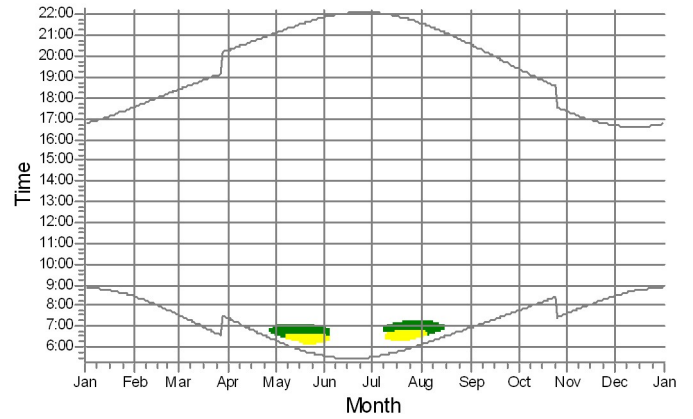
No.	Name	Worst case [h/year]	Expected [h/year]
1	NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (1)	358:47	55:46
2	NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (2)	326:12	51:34
3	NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (3)	206:28	35:54
4	NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (4)	209:48	29:16

SHADOW - Calendar, graphical

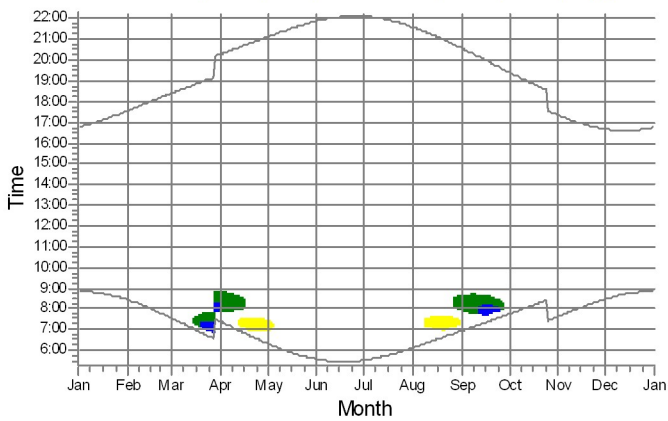
A: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (1)



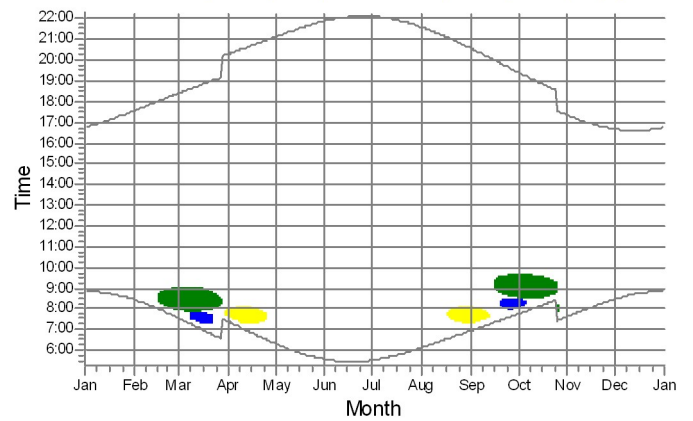
B: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (2)



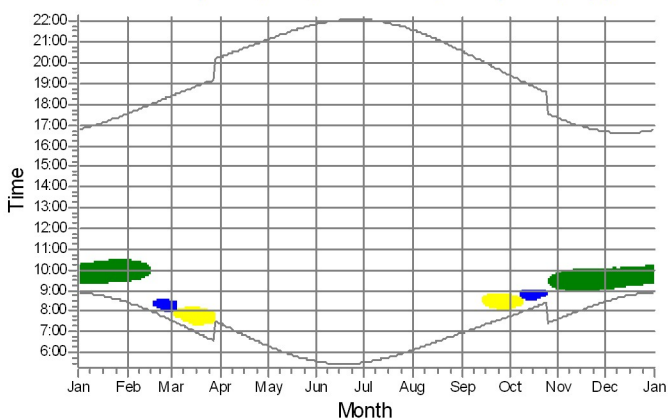
C: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (3)



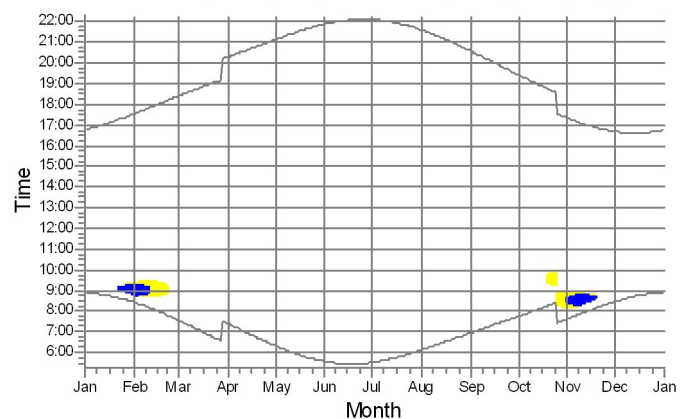
D: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (4)






E: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (5)



F: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (6)

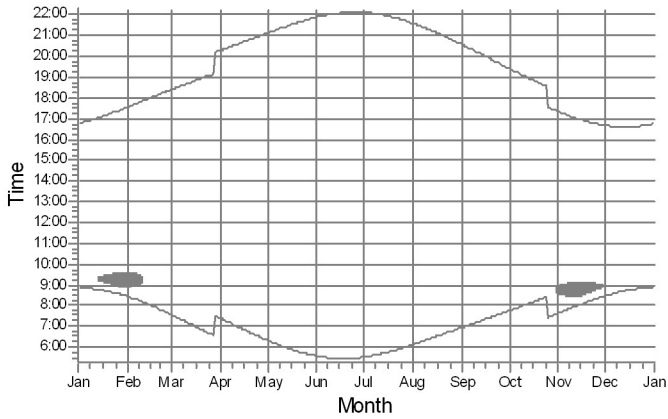


WTGs

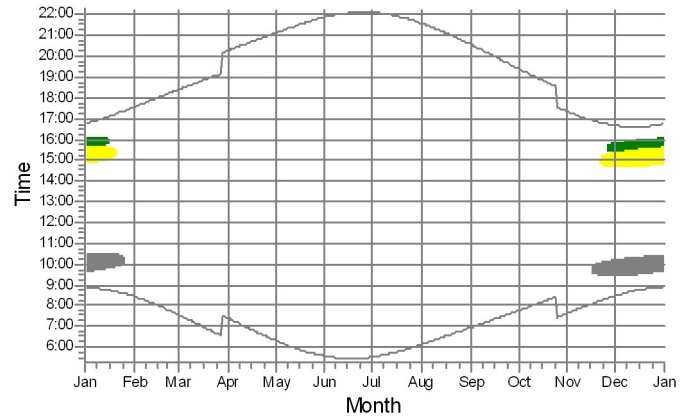
-  1: NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (1)
-  2: NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (2)
-  3: NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (3)

SHADOW - Calendar, graphical

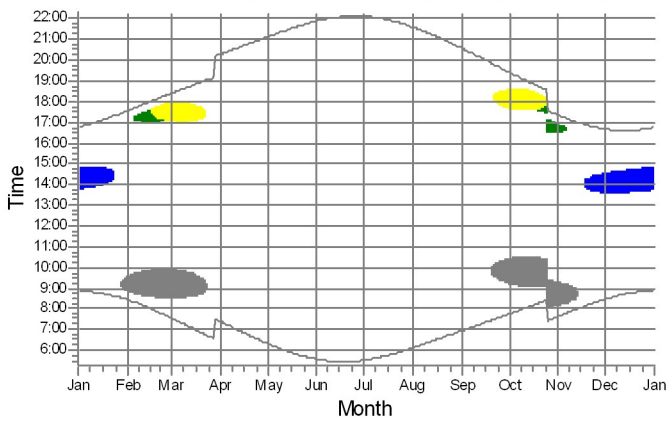
G: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (7)



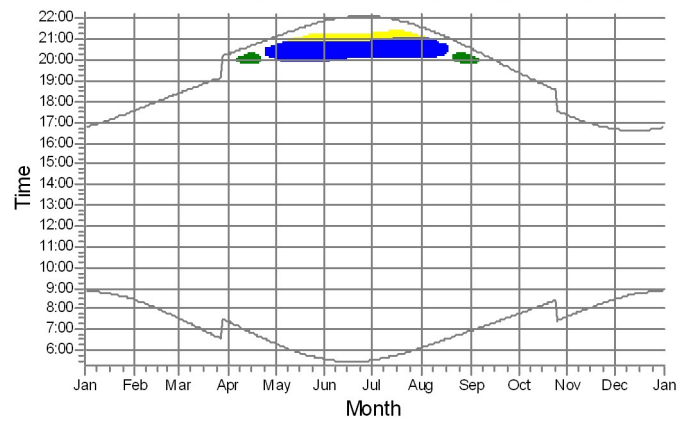
H: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (8)



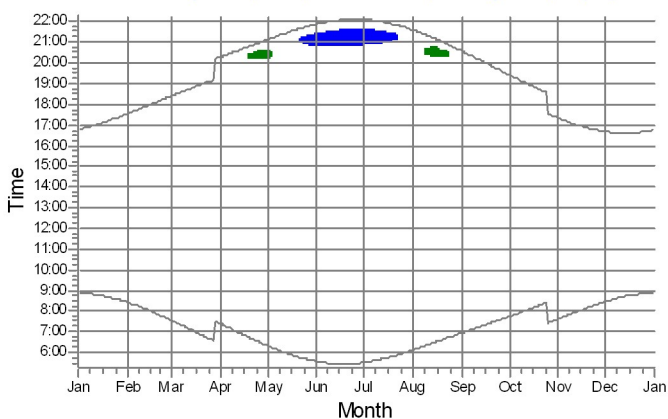
I: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (9)



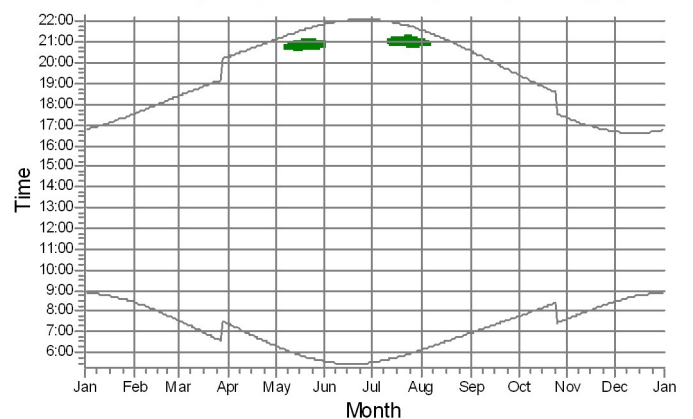
J: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (10)







K: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (11)



L: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (12)

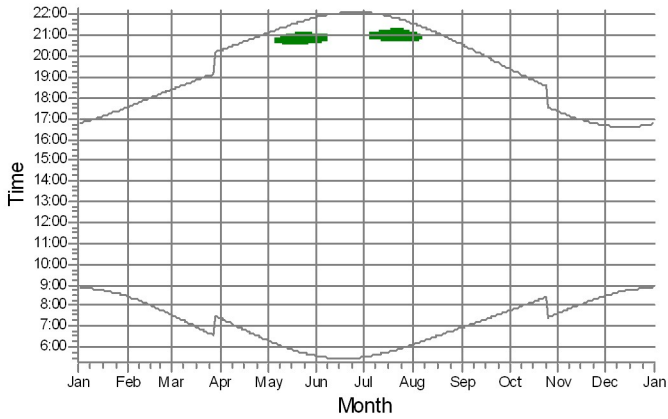


WTGs

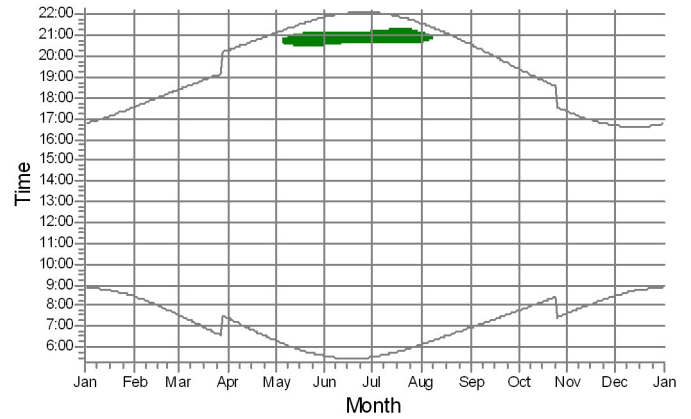
-  1: NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (1)
-  2: NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (2)
-  3: NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (3)
-  4: NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (4)

SHADOW - Calendar, graphical

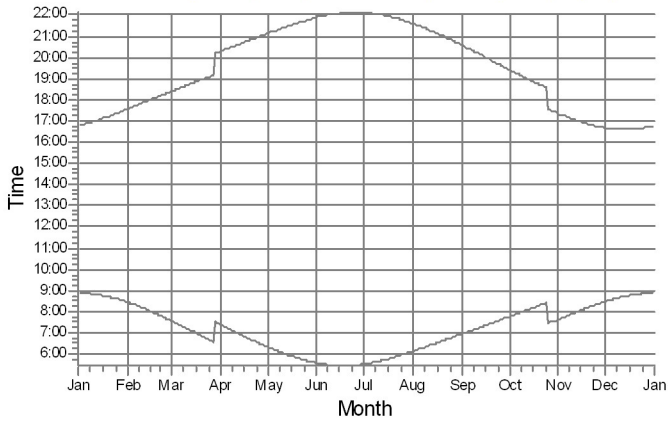
M: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (13)



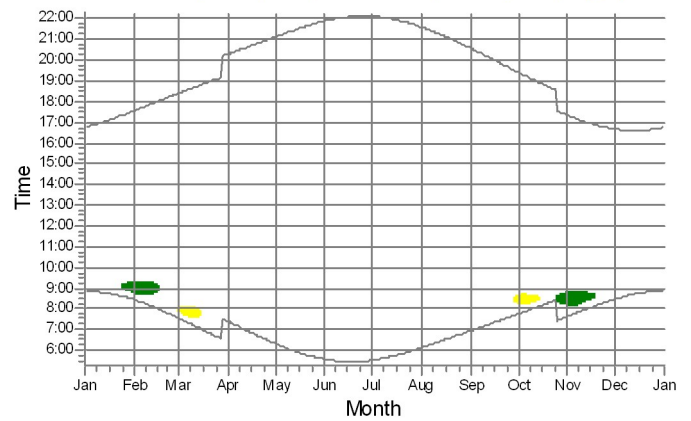
N: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (14)



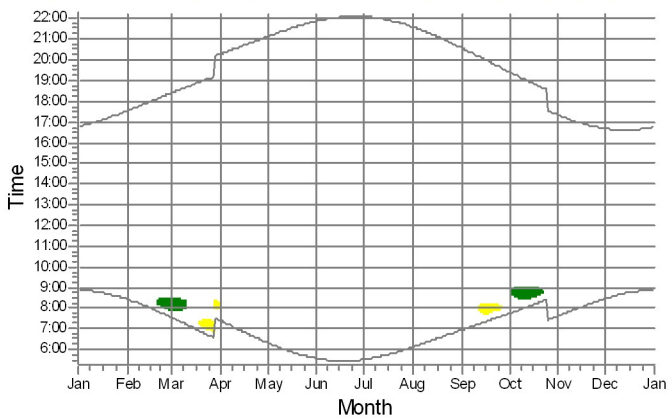
O: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (15)



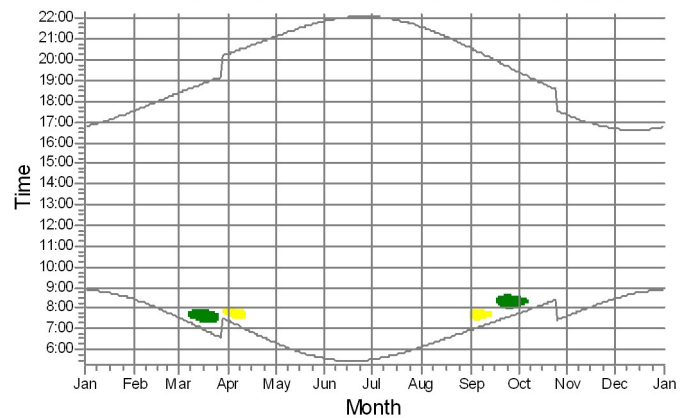
P: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (16)



Q: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (17)



R: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (18)

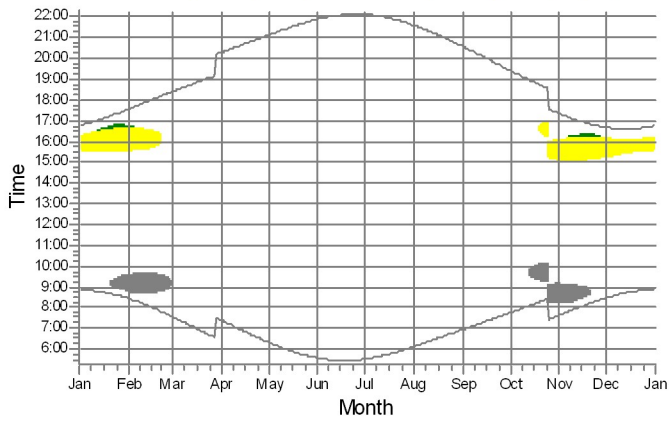


WTGs

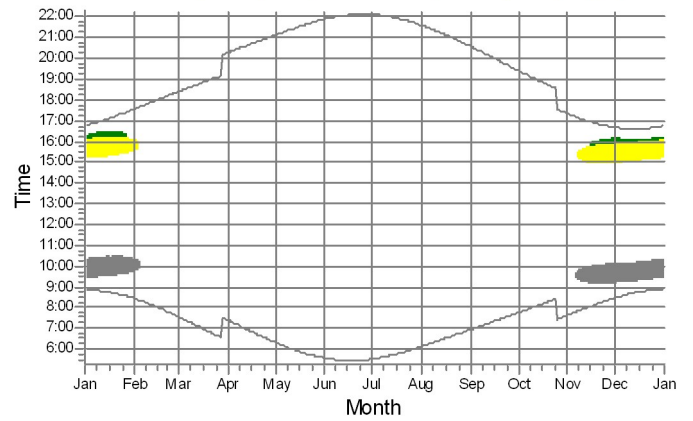
- 1: NORDEX N117/3000 3000 116.8 IO! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (1)
- 2: NORDEX N117/3000 3000 116.8 IO! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (2)

SHADOW - Calendar, graphical

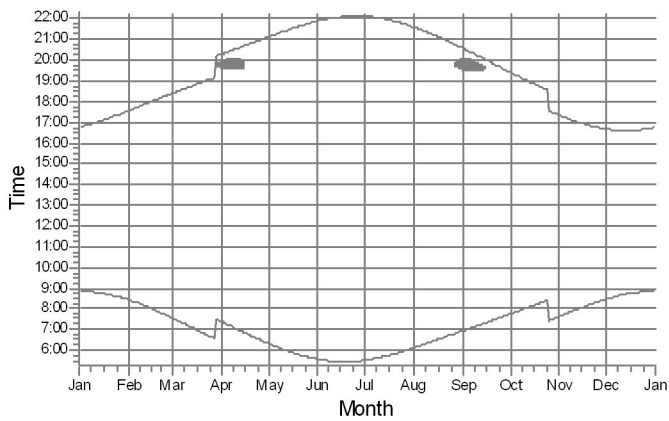
S: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (19)



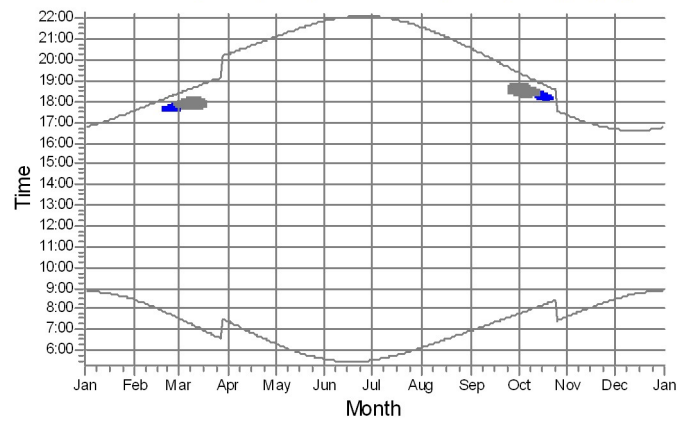
T: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (20)







U: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (21)



V: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (22)



WTGs

-  1: NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (1)
-  2: NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (2)
-  3: NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (3)
-  4: NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (4)

Gecumuleerde slagschaduwcontour Windpark Noord Beveland en Windpark Jacobahaven

Project:
15-066 WP Noord Beveland incl Jacoba

Licensed user:
Adviesburo Van der Boom bv
Zaadmarkt 87
NL-7201 DC Zutphen
+31 575 544756
Ad Postma / info@vanderboomadvies.nl
Calculated:
13-3-2017 17:22/3.0.619

SHADOW - Map



Map: Open Street Map 001 , Print scale 1:25.000, Map center Geo WGS84 East: 3,691164° E North: 51,589954° N
 ⚡ New WTG 🟡 Shadow receptor
 Flicker map level: 1 m above sea level

SHADOW - Main Result

Assumptions for shadow calculations

Maximum distance for influence
 Calculate only when more than 20 % of sun is covered by the blade
 Please look in WTG table

Minimum sun height over horizon for influence 3 °
 Day step for calculation 1 days
 Time step for calculation 1 minutes

Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) [VLISSINGEN]
 Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
 1,61 2,70 3,53 5,40 6,78 6,38 6,61 6,21 4,64 3,22 2,05 1,26

Operational time
 N NNE ENE E ESE SSE S SSW WSW W WNW NNW Sum
 261 393 465 559 645 475 572 869 1.140 1.059 606 326 7.370
 Idle start wind speed: Cut in wind speed from power curve

Topographic shadow included in calculation

All coordinates are in
 Geo [deg]-WGS84



Scale 1:40.000
 New WTG Shadow receptor

WTGs

No	Longitude	Latitude	Z [m]	Row data/Description	WTG type			Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Shadow data	
					Valid	Manufact.	Type-generator				Calculation distance [m]	RPM
1	3,682499° E	51,589264° N	0,0	NORDEX N117/3000 3000 11...Yes	Yes	NORDEX	N117/3000-3.000	3.000	116,8	91,0	1.489	12,6
2	3,687512° E	51,591556° N	0,0	NORDEX N117/3000 3000 11...Yes	Yes	NORDEX	N117/3000-3.000	3.000	116,8	91,0	1.489	12,6
3	3,692729° E	51,589178° N	0,0	NORDEX N117/3000 3000 11...Yes	Yes	NORDEX	N117/3000-3.000	3.000	116,8	91,0	1.489	12,6
4	3,699670° E	51,591621° N	0,0	NORDEX N117/3000 3000 11...Yes	Yes	NORDEX	N117/3000-3.000	3.000	116,8	91,0	1.489	12,6
5	3,683179° E	51,599491° N	0,0	VESTAS V90 3000 90.0 !O! h...Yes	Yes	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	1.507	16,1
6	3,689275° E	51,599625° N	0,0	VESTAS V90 3000 90.0 !O! h...Yes	Yes	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	1.507	16,1
7	3,682489° E	51,596662° N	0,0	VESTAS V90 3000 90.0 !O! h...Yes	Yes	VESTAS	V90-3.000	3.000	90,0	80,0	1.507	16,1

Shadow receptor-Input

No.	Longitude	Latitude	Z	Width	Height	Height	Degrees from	Slope of	Direction mode
			[m]	[m]	[m]	a.g.l.	south cw	window	
						[m]	[°]	[°]	
A	3,675243° E	51,585438° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
B	3,671166° E	51,586383° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
C	3,674081° E	51,589592° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
D	3,676177° E	51,590809° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
E	3,677244° E	51,592838° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
F	3,678518° E	51,595294° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
G	3,688995° E	51,596788° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
H	3,693117° E	51,596938° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
I	3,695242° E	51,593372° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
J	3,700455° E	51,587371° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
K	3,701105° E	51,585812° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
L	3,697978° E	51,584574° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
M	3,696485° E	51,585033° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
N	3,694004° E	51,585769° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
O	3,689196° E	51,585513° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
P	3,670737° E	51,594137° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
Q	3,669464° E	51,592071° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
R	3,668857° E	51,590651° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
S	3,692575° E	51,594687° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
T	3,693564° E	51,596101° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
U	3,714765° E	51,590896° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"
V	3,712193° E	51,593646° N	0,0	5,0	8,0	1,0	0,0	90,0	"Green house mode"

SHADOW - Main Result

Calculation Results

Shadow receptor

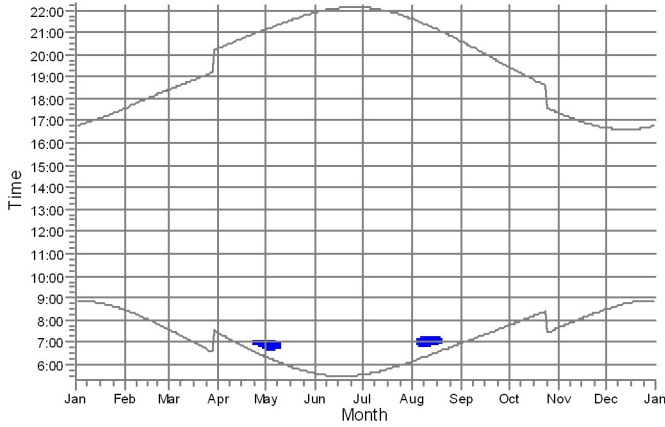
No.	Shadow, worst case		Shadow, expected values	
	Shadow hours per year [h/year]	Shadow days per year [days/year]	Max shadow hours per day [h/day]	Shadow hours per year [h/year]
A	7:47	33	0:22	1:57
B	39:19	74	0:48	10:00
C	54:35	100	0:50	11:37
D	89:42	129	1:17	15:54
E	119:05	190	0:56	13:31
F	98:55	132	1:20	20:29
G	64:19	135	0:50	11:32
H	132:25	176	1:50	17:07
I	220:02	218	2:06	32:13
J	114:47	145	1:13	24:32
K	34:11	90	0:38	6:55
L	13:54	53	0:24	3:01
M	19:41	65	0:28	4:15
N	39:29	94	0:35	8:21
O	0:00	0	0:00	0:00
P	47:57	171	0:30	9:12
Q	38:58	140	0:31	7:56
R	22:52	99	0:30	4:33
S	166:52	190	1:48	23:38
T	182:05	214	1:51	23:30
U	10:13	36	0:26	2:11
V	18:29	56	0:32	3:18

Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG

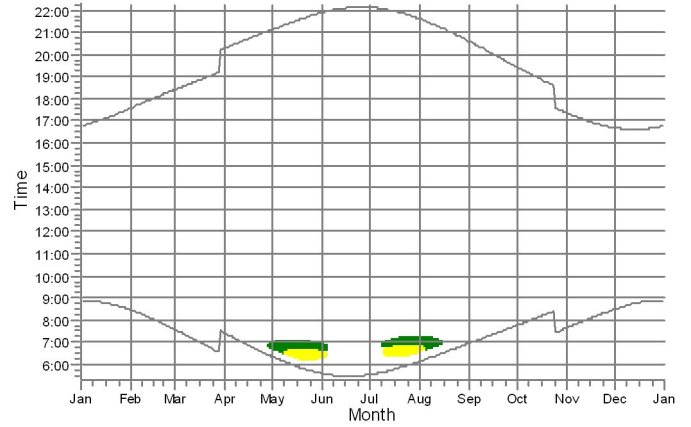
No.	Name	Worst case [h/year]	Expected [h/year]
1	NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (1)	358:47	55:46
2	NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (2)	326:12	51:34
3	NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (3)	206:28	35:54
4	NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (4)	209:48	29:16
5	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (5)	61:58	13:22
6	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (6)	21:08	5:06
7	VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (7)	168:13	38:52

SHADOW - Calendar, graphical

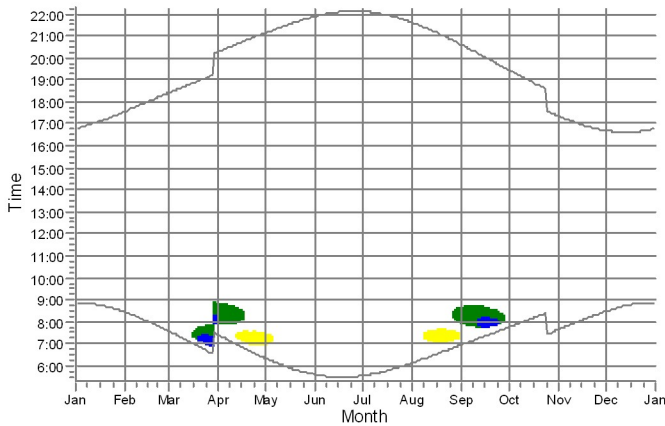
A: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (1)



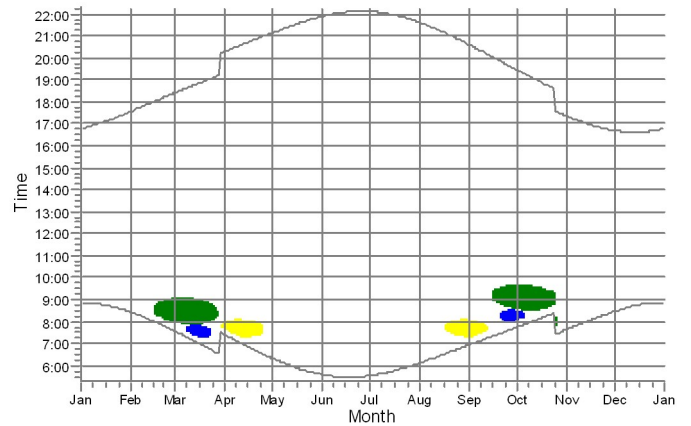
B: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (2)



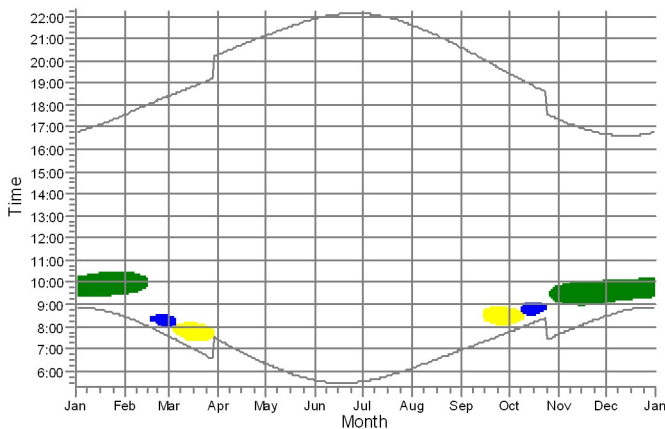
C: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (3)



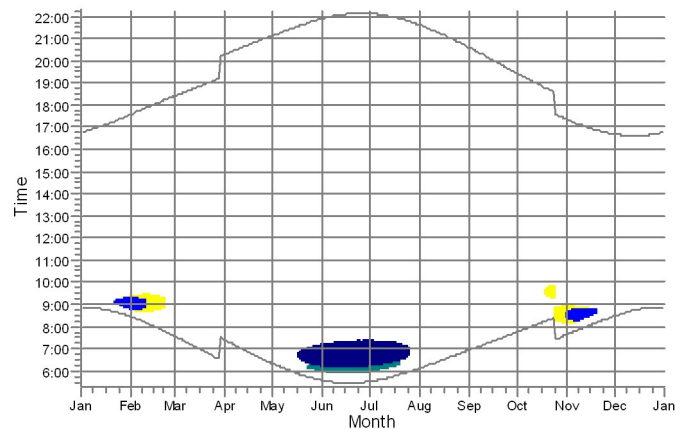
D: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (4)



E: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (5)



F: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (6)



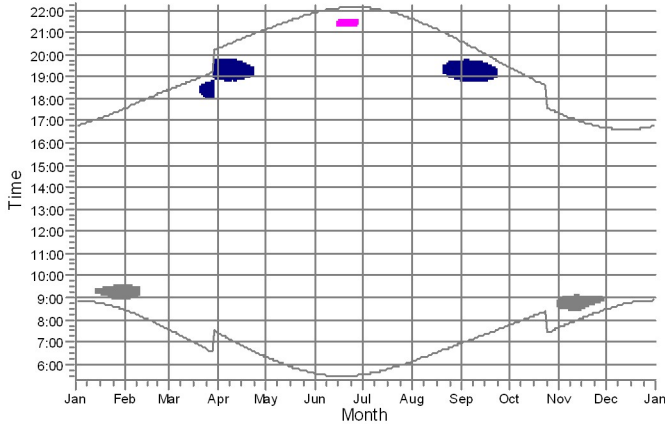
WTGs

- 1: NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (1)
- 2: NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (2)
- 3: NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (3)

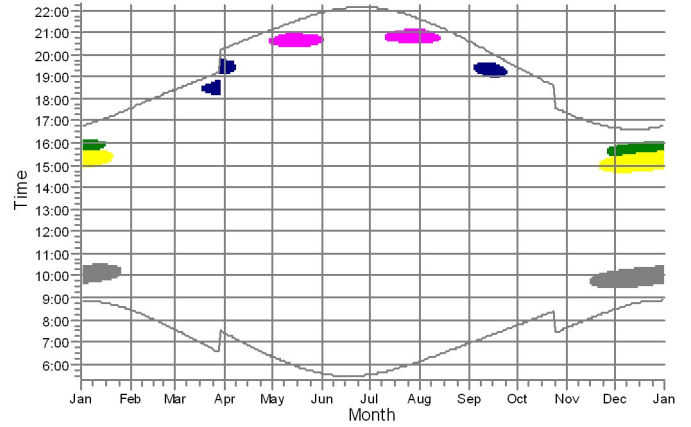
- 6: VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (6)
- 7: VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (7)

SHADOW - Calendar, graphical

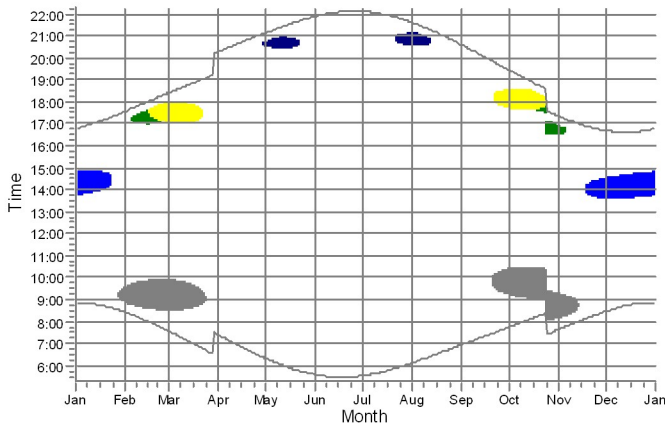
G: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (7)



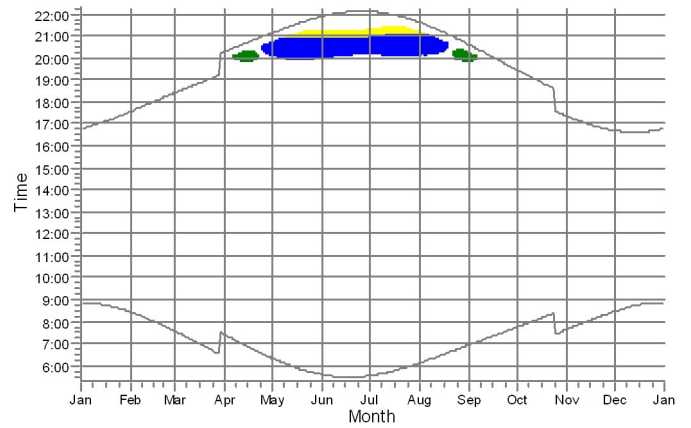
H: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (8)



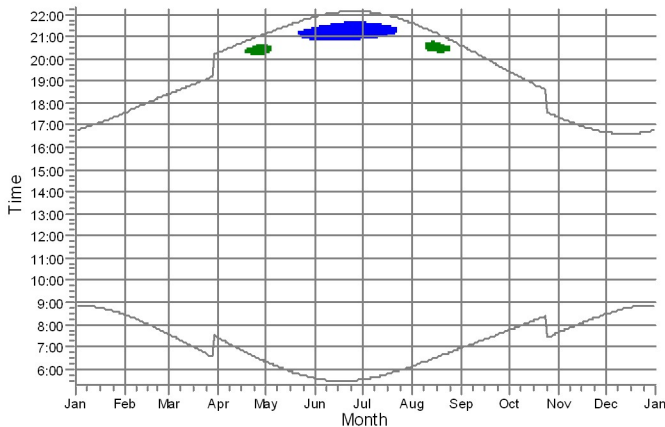
I: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (9)



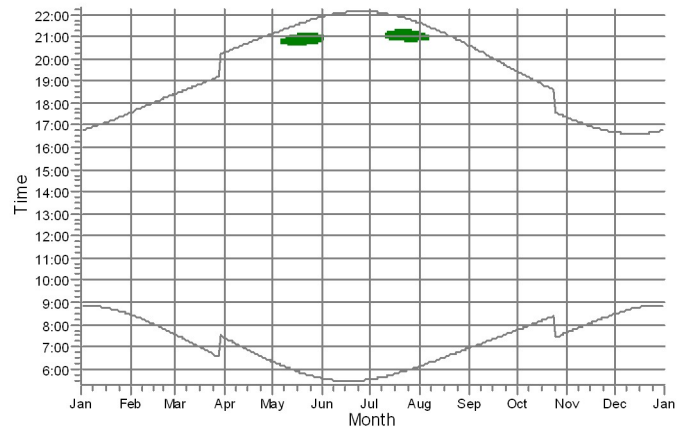
J: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (10)



K: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (11)



L: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (12)



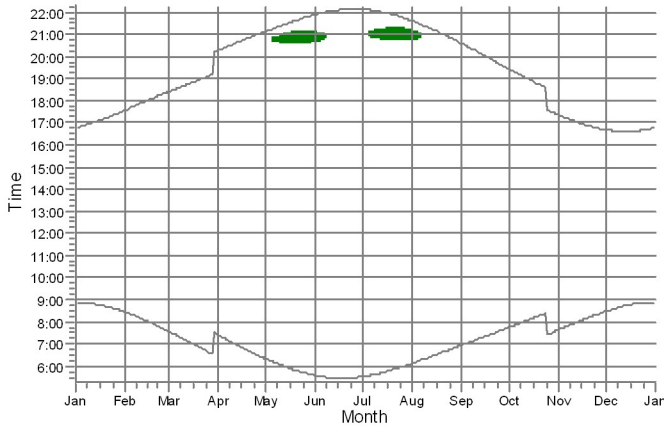
WTGs

- 1: NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (1)
- 2: NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (2)
- 3: NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (3)

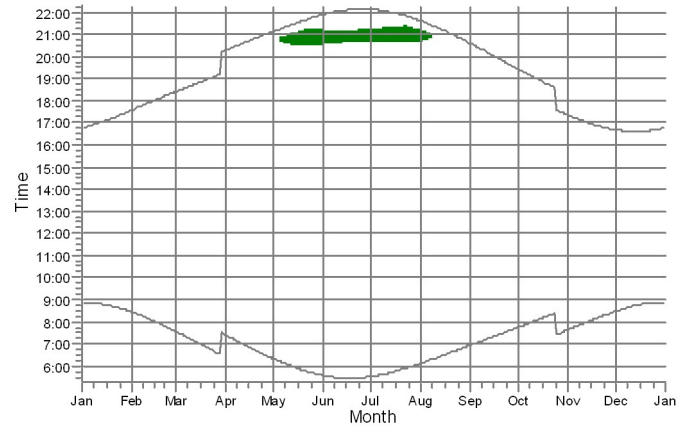
- 4: NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (4)
- 5: VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (5)
- 7: VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (7)

SHADOW - Calendar, graphical

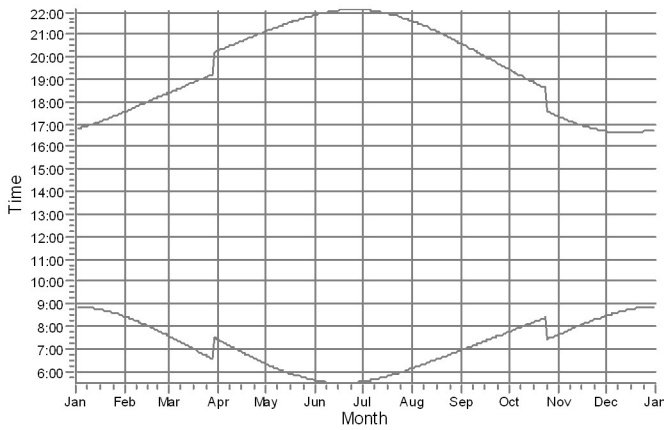
M: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (13)



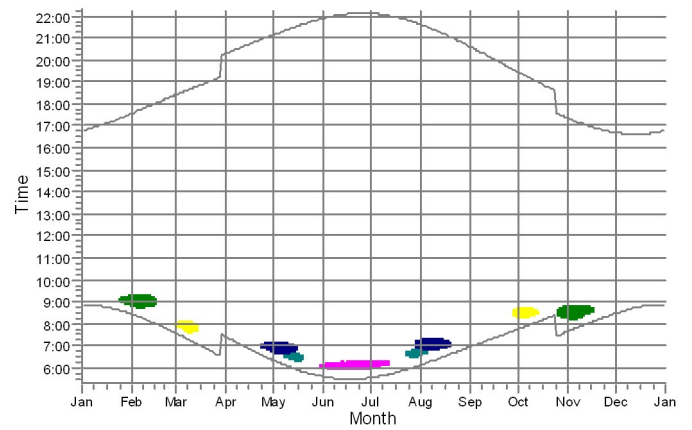
N: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (14)



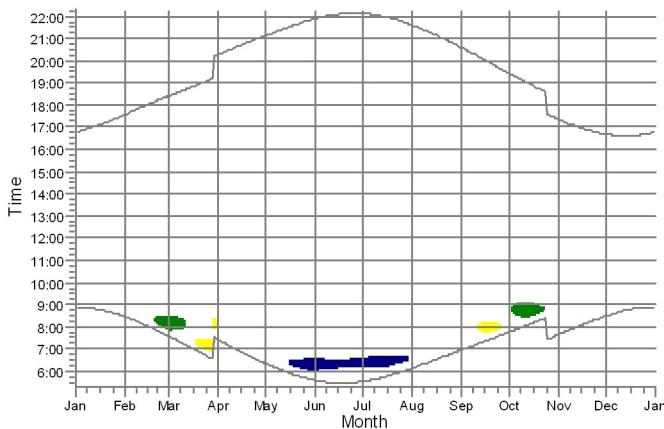
O: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (15)



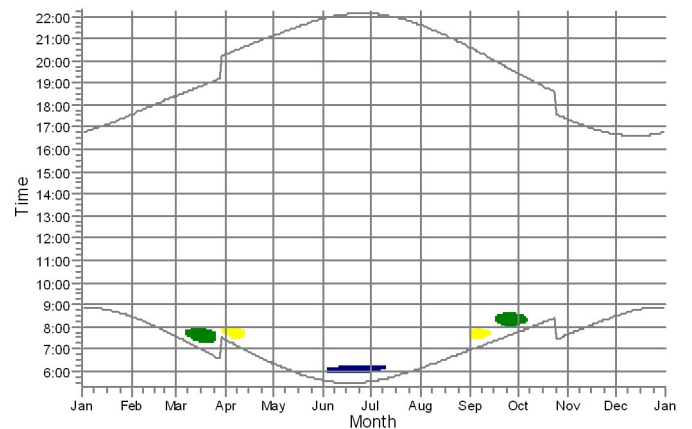
P: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (16)



Q: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (17)



R: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (18)



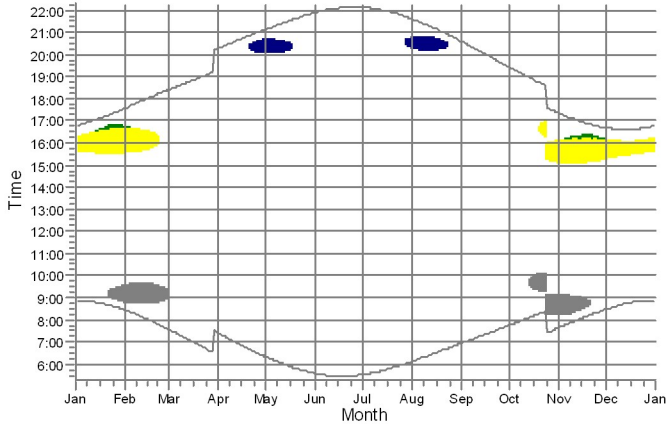
WTGs

- 1: NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (1)
- 2: NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (2)
- 5: VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (5)

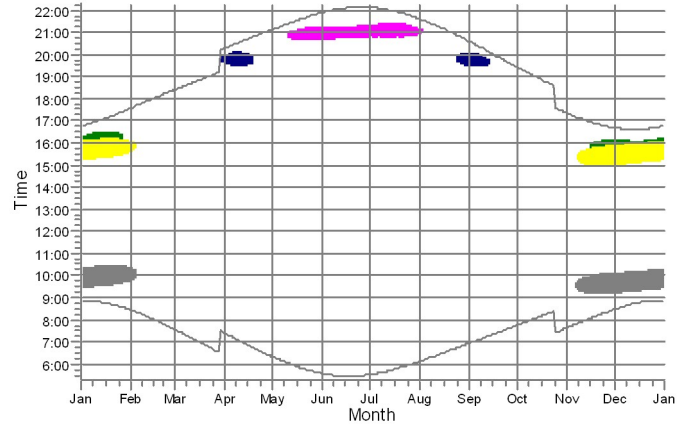
- 6: VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (6)
- 7: VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (7)

SHADOW - Calendar, graphical

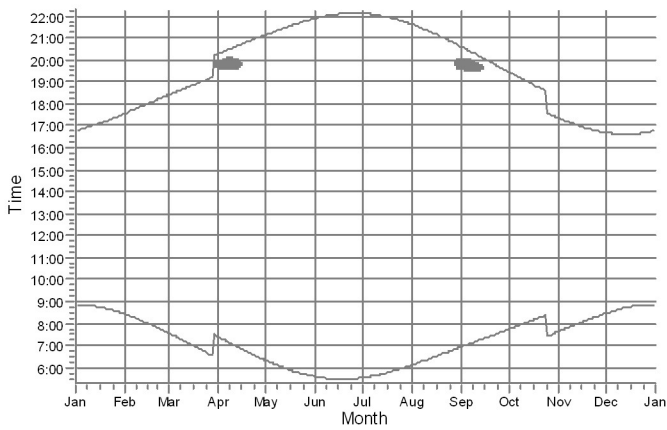
S: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (19)



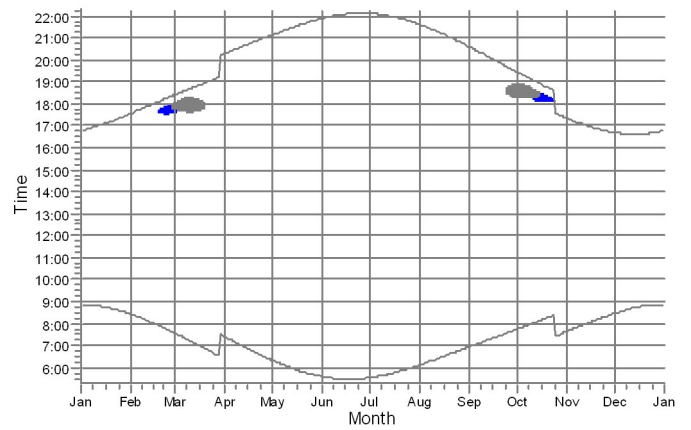
T: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (20)



U: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (21)



V: Shadow Receptor: 5,0 × 8,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (22)



WTGs

- 1: NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (1)
- 2: NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (2)
- 3: NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (3)

- 4: NORDEX N117/3000 3000 116.8 !O! hub: 91,0 m (TOT: 149,4 m) (4)
- 5: VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (5)
- 7: VESTAS V90 3000 90.0 !O! hub: 80,0 m (TOT: 125,0 m) (7)



Bijlage III

Uitgangspunten windturbine

onderwerp

Schaduw
windturbines

opdrachtnummer

15-068

bestand

15-068r4.doc



Noise level, Power curves, Thrust curves

Nordex N117/3600
Serrated Trailing Edge
Operational modes

© Nordex Energy GmbH, Langenhorner Chaussee 600, D-22419 Hamburg, Germany
All rights reserved. Observe protection notice ISO 16016.

Noise level - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge

Standard mode

Basis: The specified sound power levels are expected values in terms of statistics. Results of single measurements will be within the confidence interval according to IEC 61400-14 [4].

Wind turbine data:

Operational mode: Standard mode

Rotor diameter: 117 m

Remarks:

Verification according to: Measurements are to be carried out by a measuring institute accredited for noise emission measurements at wind turbines according to ISO/IEC 17025 [3] at the reference position as defined in IEC 61400-11 [1]. The data analysis must be carried out according to the preferred method 1 of IEC 61400-11 [1]. The tonal penalties in the vicinity of wind turbines K_{TN} based on these measurements are to be determined according to „Technische Richtlinien für Windenergieanlagen“ [2].

Tonality: The noise can be tonal in the vicinity of wind turbines. The specified sound power level includes potential tonal penalties according to „Technische Richtlinien für Windenergieanlagen“ [2], without taking account any tonality $K_{TN} \leq 2$ dB.

[1] IEC 61400-11 ed. 2: Wind Turbine Generator Systems - Part 11: Acoustic Noise Measurement Techniques; 2002-12

[2] Technische Richtlinie für Windenergieanlagen - Teil 1: Bestimmung der Schallemissionswerte, Revision 18; FGW 2008-02

[3] ISO/IEC 17025: General requirements for the competence of testing and calibration laboratories; 2005-08

[4] IEC 61400-14, Wind turbines - Part 14: Declaration of apparent sound power level and tonality values, first edition, 2005-03

Noise level - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge

Standard mode

Standardized wind speed $v_{S(10m)}$ [m/s]	Apparent sound power level			
	hub height 91 m		hub height 106 m	
	L_{WA} [dB(A)]	v_H [m/s]	L_{WA} [dB(A)]	v_H [m/s]
3.0	92.5	4.3	92.5	4.3
4.0	94.5	5.7	94.8	5.8
5.0	100.0	7.1	100.4	7.2
6.0	103.0	8.5	103.0	8.7
7.0	103.5	9.9	103.5	10.1
8.0	103.5	11.3	103.5	11.6
9.0	103.5	12.8	103.5	13.0
10.0	103.5	14.2	103.5	14.5
11.0	103.5	15.6	103.5	15.9
12.0	103.5	17.0	103.5	17.3

Power curves - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge

Standard mode

Basis: These power curve values according to IEC 61400-12-1 are based on aerodynamic calculations by Nordex Energy GmbH.

Wind turbine data:

Operational mode: Standard mode
rotor diameter: 117 m

Determinations for the power curve verification:

Verification according to: IEC 61400-12-1:2005
Type of anemometer: Thies First Class (Advanced), Risø P2546A or Vector A100
Measurement of power: low voltage side, 660 VAC
Air density: 1.225 kg/m³
Filter of turbulence: $9\% \leq TI \leq 15\%$
Filter of wind shear: $a \leq 0.2$ (Hellmann exponent)
Wind shear measurement and determination according to the requirements of MEASNET power performance measurement procedure, Version 5, December - 2009, chapter 3.3 and 3.8
Filter of temperature: $2^\circ\text{C} \leq \theta \leq 25^\circ\text{C}$
Status signal: Ready for operation without consideration of the cut-out hysteresis (IEC 61400-12-1:2005, database B)

Power curves - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge

Standard mode

wind speed v_{hub} [m/s]	Power P_{el} [kW] at air density ρ [kg/m ³]								
	0.900	0.925	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100
3.0	2	3	4	5	6	8	9	10	11
3.5	25	27	29	31	33	36	38	40	42
4.0	81	85	88	92	96	99	103	106	110
4.5	151	156	162	167	173	178	184	189	195
5.0	234	242	250	258	266	273	281	289	297
5.5	332	343	353	364	374	385	395	406	416
6.0	447	460	474	488	502	515	529	542	556
6.5	581	598	615	633	650	667	685	702	719
7.0	736	758	779	801	822	844	866	887	909
7.5	915	941	968	994	1021	1047	1073	1100	1126
8.0	1116	1148	1180	1212	1244	1276	1308	1340	1372
8.5	1337	1375	1413	1451	1489	1527	1565	1602	1640
9.0	1569	1614	1658	1703	1747	1792	1836	1881	1925
9.5	1807	1859	1911	1962	2014	2065	2116	2167	2219
10.0	2046	2106	2165	2224	2282	2340	2399	2457	2516
10.5	2285	2352	2419	2484	2550	2616	2683	2748	2810
11.0	2520	2594	2670	2742	2816	2882	2948	3011	3063
11.5	2750	2834	2913	2982	3053	3108	3163	3215	3257
12.0	2972	3049	3120	3178	3237	3282	3327	3369	3402
12.5	3158	3223	3283	3329	3378	3413	3448	3480	3504
13.0	3305	3358	3407	3443	3481	3506	3531	3553	3567
13.5	3417	3459	3496	3522	3550	3565	3580	3592	3596
14.0	3499	3530	3556	3572	3589	3594	3598	3600	3600
14.5	3556	3575	3590	3596	3600	3600	3600	3600	3600
15.0	3588	3596	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
15.5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
16.0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
16.5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
17.0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
17.5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
18.0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
18.5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
19.0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
19.5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
20.0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
20.5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
21.0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
21.5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
22.0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
22.5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
23.0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
23.5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
24.0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
24.5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
25.0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600

Power curves - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge

Standard mode

wind speed v_{hub} [m/s]	Power P_{el} [kW] at air density ρ [kg/m ³]							
	1.125	1.150	1.175	1.200	1.225	1.250	1.275	1.300
3.0	12	13	14	15	16	17	18	19
3.5	44	46	48	50	52	54	56	58
4.0	114	117	121	124	128	131	135	139
4.5	200	206	211	217	222	228	233	239
5.0	304	312	320	328	336	344	351	359
5.5	427	437	448	458	469	479	490	500
6.0	570	584	597	611	624	638	652	665
6.5	737	754	771	788	806	823	840	858
7.0	930	952	973	995	1016	1038	1059	1081
7.5	1152	1179	1205	1232	1258	1284	1310	1337
8.0	1404	1435	1467	1499	1530	1562	1594	1626
8.5	1678	1716	1753	1791	1828	1866	1904	1941
9.0	1969	2013	2057	2100	2144	2188	2231	2275
9.5	2269	2319	2369	2420	2470	2520	2571	2619
10.0	2573	2631	2686	2739	2792	2846	2898	2940
10.5	2868	2926	2977	3022	3066	3109	3153	3186
11.0	3111	3159	3201	3237	3272	3308	3343	3368
11.5	3296	3335	3368	3395	3422	3449	3475	3492
12.0	3432	3461	3486	3504	3522	3540	3559	3567
12.5	3524	3545	3560	3570	3579	3588	3598	3599
13.0	3578	3590	3596	3597	3598	3600	3600	3600
13.5	3598	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
14.0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
14.5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
15.0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
15.5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
16.0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
16.5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
17.0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
17.5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
18.0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
18.5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
19.0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
19.5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
20.0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
20.5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
21.0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
21.5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
22.0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
22.5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
23.0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
23.5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
24.0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
24.5	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
25.0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600

Thrust curves - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge

Standard mode

Basis: The represented thrust coefficients are based on aerodynamical calculations by the Nordex Energy GmbH. The thrust curves are only for information and will not be warranted.

Wind turbine data:

Operational mode: Standard mode

Blade regulation: Pitch

Air density: 1.225 kg/m³

Thrust curves - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge

Standard mode

wind speed v_{hub} [m/s]	Thrust coefficients c_T at air density ρ [kg/m ³]								
	0.900	0.925	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100
3.0	0.864	0.865	0.867	0.869	0.870	0.871	0.873	0.874	0.875
3.5	0.856	0.857	0.859	0.861	0.862	0.863	0.865	0.866	0.867
4.0	0.862	0.863	0.864	0.864	0.865	0.866	0.867	0.868	0.868
4.5	0.864	0.865	0.865	0.866	0.866	0.866	0.867	0.867	0.867
5.0	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.863
5.5	0.858	0.858	0.858	0.857	0.857	0.857	0.856	0.856	0.856
6.0	0.854	0.853	0.853	0.853	0.852	0.852	0.852	0.851	0.851
6.5	0.851	0.850	0.850	0.850	0.850	0.849	0.849	0.849	0.849
7.0	0.849	0.848	0.848	0.848	0.848	0.847	0.847	0.847	0.847
7.5	0.847	0.847	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846	0.845
8.0	0.845	0.845	0.845	0.845	0.845	0.845	0.844	0.844	0.844
8.5	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841
9.0	0.786	0.787	0.788	0.788	0.789	0.790	0.790	0.791	0.792
9.5	0.735	0.736	0.738	0.739	0.741	0.742	0.743	0.744	0.745
10.0	0.688	0.690	0.693	0.694	0.696	0.697	0.699	0.700	0.702
10.5	0.645	0.648	0.651	0.653	0.655	0.656	0.658	0.660	0.662
11.0	0.606	0.609	0.612	0.614	0.617	0.618	0.620	0.623	0.625
11.5	0.570	0.573	0.577	0.579	0.582	0.584	0.586	0.588	0.591
12.0	0.536	0.539	0.543	0.543	0.546	0.548	0.551	0.551	0.523
12.5	0.503	0.506	0.510	0.513	0.515	0.489	0.469	0.452	0.437
13.0	0.473	0.476	0.468	0.446	0.429	0.414	0.401	0.389	0.378
13.5	0.435	0.414	0.398	0.384	0.372	0.360	0.350	0.340	0.331
14.0	0.373	0.360	0.348	0.337	0.327	0.317	0.309	0.301	0.293
14.5	0.329	0.318	0.308	0.299	0.290	0.282	0.275	0.268	0.262
15.0	0.293	0.284	0.275	0.267	0.260	0.253	0.247	0.241	0.235
15.5	0.263	0.255	0.247	0.241	0.234	0.228	0.223	0.217	0.212
16.0	0.237	0.230	0.224	0.218	0.212	0.207	0.202	0.197	0.193
16.5	0.215	0.209	0.203	0.198	0.193	0.188	0.184	0.179	0.175
17.0	0.196	0.191	0.186	0.181	0.176	0.172	0.168	0.164	0.160
17.5	0.180	0.175	0.170	0.166	0.162	0.158	0.154	0.151	0.147
18.0	0.165	0.161	0.156	0.152	0.149	0.145	0.142	0.139	0.136
18.5	0.152	0.148	0.144	0.141	0.137	0.134	0.131	0.128	0.125
19.0	0.140	0.137	0.133	0.130	0.127	0.124	0.121	0.118	0.116
19.5	0.130	0.127	0.124	0.121	0.118	0.115	0.112	0.110	0.108
20.0	0.121	0.118	0.115	0.112	0.109	0.107	0.105	0.102	0.100
20.5	0.113	0.110	0.107	0.104	0.102	0.100	0.097	0.095	0.093
21.0	0.105	0.102	0.100	0.098	0.095	0.093	0.091	0.089	0.087
21.5	0.098	0.096	0.093	0.091	0.089	0.087	0.085	0.084	0.082
22.0	0.092	0.090	0.088	0.086	0.084	0.082	0.080	0.078	0.077
22.5	0.087	0.084	0.082	0.080	0.079	0.077	0.075	0.074	0.072
23.0	0.081	0.079	0.077	0.076	0.074	0.072	0.071	0.069	0.068
23.5	0.077	0.075	0.073	0.071	0.070	0.068	0.067	0.065	0.064
24.0	0.072	0.071	0.069	0.067	0.066	0.064	0.063	0.062	0.061
24.5	0.068	0.067	0.065	0.064	0.062	0.061	0.060	0.059	0.057
25.0	0.065	0.063	0.062	0.060	0.059	0.058	0.057	0.055	0.054

Thrust curves - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge

Standard mode

wind speed v_{hub} [m/s]	Thrust coefficients c_T at air density ρ [kg/m ³]							
	1.125	1.150	1.175	1.200	1.225	1.250	1.275	1.300
3.0	0.876	0.877	0.878	0.879	0.880	0.881	0.882	0.882
3.5	0.868	0.869	0.870	0.871	0.872	0.873	0.874	0.874
4.0	0.869	0.869	0.870	0.871	0.871	0.872	0.872	0.873
4.5	0.868	0.868	0.868	0.868	0.868	0.869	0.869	0.869
5.0	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.863	0.863
5.5	0.856	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855	0.854	0.854
6.0	0.851	0.850	0.850	0.850	0.850	0.850	0.849	0.849
6.5	0.849	0.848	0.848	0.848	0.848	0.848	0.847	0.847
7.0	0.847	0.847	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846
7.5	0.845	0.845	0.845	0.845	0.845	0.845	0.844	0.844
8.0	0.844	0.844	0.844	0.844	0.844	0.843	0.843	0.843
8.5	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841
9.0	0.792	0.792	0.792	0.792	0.792	0.792	0.791	0.791
9.5	0.745	0.745	0.745	0.745	0.745	0.745	0.745	0.745
10.0	0.702	0.702	0.702	0.702	0.701	0.701	0.701	0.701
10.5	0.662	0.662	0.662	0.661	0.661	0.661	0.661	0.661
11.0	0.625	0.625	0.625	0.624	0.624	0.624	0.624	0.596
11.5	0.591	0.590	0.575	0.550	0.529	0.512	0.497	0.483
12.0	0.502	0.484	0.469	0.455	0.443	0.431	0.420	0.410
12.5	0.424	0.412	0.401	0.391	0.381	0.372	0.363	0.355
13.0	0.367	0.358	0.349	0.341	0.333	0.325	0.318	0.312
13.5	0.323	0.315	0.307	0.300	0.294	0.287	0.281	0.276
14.0	0.286	0.279	0.273	0.267	0.261	0.256	0.251	0.246
14.5	0.255	0.250	0.244	0.239	0.234	0.229	0.225	0.220
15.0	0.230	0.224	0.220	0.215	0.210	0.206	0.202	0.198
15.5	0.207	0.203	0.199	0.194	0.190	0.187	0.183	0.180
16.0	0.188	0.184	0.180	0.177	0.173	0.170	0.166	0.163
16.5	0.172	0.168	0.164	0.161	0.158	0.155	0.152	0.149
17.0	0.157	0.154	0.150	0.147	0.145	0.142	0.139	0.137
17.5	0.144	0.141	0.138	0.135	0.133	0.130	0.128	0.126
18.0	0.133	0.130	0.127	0.125	0.122	0.120	0.118	0.116
18.5	0.123	0.120	0.118	0.115	0.113	0.111	0.109	0.107
19.0	0.114	0.111	0.109	0.107	0.105	0.103	0.101	0.099
19.5	0.105	0.103	0.101	0.099	0.098	0.096	0.094	0.092
20.0	0.098	0.096	0.094	0.093	0.091	0.089	0.088	0.086
20.5	0.092	0.090	0.088	0.086	0.085	0.083	0.082	0.080
21.0	0.086	0.084	0.082	0.081	0.079	0.078	0.077	0.075
21.5	0.080	0.079	0.077	0.076	0.074	0.073	0.072	0.071
22.0	0.075	0.074	0.072	0.071	0.070	0.069	0.068	0.066
22.5	0.071	0.069	0.068	0.067	0.066	0.065	0.064	0.063
23.0	0.067	0.065	0.064	0.063	0.062	0.061	0.060	0.059
23.5	0.063	0.062	0.061	0.060	0.059	0.058	0.057	0.056
24.0	0.059	0.058	0.057	0.056	0.055	0.054	0.054	0.053
24.5	0.056	0.055	0.054	0.053	0.052	0.052	0.051	0.050
25.0	0.053	0.052	0.051	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047

Noise level - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge**Sound optimized mode - Mode 1**

Basis: The specified sound power levels are expected values in terms of statistics. Results of single measurements will be within the confidence interval according to IEC 61400-14 [4].

Wind turbine data:

Operational mode: Sound optimized mode - Mode 1

Rotor diameter: 117 m

Remarks:

Verification according to: Measurements are to be carried out by a measuring institute accredited for noise emission measurements at wind turbines according to ISO/IEC 17025 [3] at the reference position as defined in IEC 61400-11 [1]. The data analysis must be carried out according to the preferred method 1 of IEC 61400-11 [1]. The tonal penalties in the vicinity of wind turbines K_{TN} based on these measurements are to be determined according to „Technische Richtlinien für Windenergieanlagen“ [2].

Tonality: The noise can be tonal in the vicinity of wind turbines. The specified sound power level includes potential tonal penalties according to „Technische Richtlinien für Windenergieanlagen“ [2], without taking account any tonality $K_{TN} \leq 2$ dB.

[1] IEC 61400-11 ed. 2: Wind Turbine Generator Systems - Part 11: Acoustic Noise Measurement Techniques; 2002-12

[2] Technische Richtlinie für Windenergieanlagen - Teil 1: Bestimmung der Schallemissionswerte, Revision 18; FGW 2008-02

[3] ISO/IEC 17025: General requirements for the competence of testing and calibration laboratories; 2005-08

[4] IEC 61400-14, Wind turbines - Part 14: Declaration of apparent sound power level and tonality values, first edition, 2005-03

Noise level - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge

Sound optimized mode - Mode 1

Standardized wind speed $v_S(10m)$ [m/s]	Apparent sound power level			
	hub height 91 m		hub height 106 m	
	LWA [dB(A)]	v_H [m/s]	LWA [dB(A)]	v_H [m/s]
3.0	92.5	4.3	92.5	4.3
4.0	94.5	5.7	94.9	5.8
5.0	100.0	7.1	100.4	7.2
6.0	103.0	8.5	103.0	8.7
7.0	103.0	9.9	103.0	10.1
8.0	103.0	11.3	103.0	11.6
9.0	103.0	12.8	103.0	13.0
10.0	103.0	14.2	103.0	14.5
11.0	103.0	15.6	103.0	15.9
12.0	103.0	17.0	103.0	17.3

Power curves - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge**Sound optimized mode - Mode 1**

Basis: These power curve values according to IEC 61400-12-1 are based on aerodynamic calculations by Nordex Energy GmbH.

Wind turbine data:

Operational mode: Sound optimized mode - Mode 1
rotor diameter: 117 m

Determinations for the power curve verification:

Verification according to: IEC 61400-12-1:2005
Type of anemometer: Thies First Class (Advanced), Risø P2546A or Vector A100
Measurement of power: low voltage side, 660 VAC
Air density: 1.225 kg/m³
Filter of turbulence: $9\% \leq TI \leq 15\%$
Filter of wind shear: $a \leq 0.2$ (Hellmann exponent)
Wind shear measurement and determination according to the requirements of MEASNET power performance measurement procedure, Version 5, December - 2009, chapter 3.3 and 3.8
Filter of temperature: $2^\circ\text{C} \leq \theta \leq 25^\circ\text{C}$
Status signal: Ready for operation without consideration of the cut-out hysteresis (IEC 61400-12-1:2005, database B)

Power curves - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge

Sound optimized mode - Mode 1

wind speed v_{hub} [m/s]	Power P_{el} [kW] at air density ρ [kg/m ³]								
	0.900	0.925	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100
3.0	2	3	4	5	6	8	9	10	11
3.5	25	27	29	31	33	35	38	40	42
4.0	81	85	88	92	95	99	103	106	110
4.5	150	156	162	167	173	178	184	189	195
5.0	234	242	250	257	265	273	281	289	296
5.5	332	342	353	363	374	384	395	405	416
6.0	446	460	474	487	501	515	528	542	556
6.5	580	597	615	632	649	667	684	701	719
7.0	735	757	778	800	822	843	864	886	908
7.5	914	940	966	993	1019	1046	1072	1098	1125
8.0	1113	1145	1176	1208	1240	1272	1304	1336	1367
8.5	1327	1365	1403	1441	1479	1516	1554	1592	1629
9.0	1551	1595	1640	1683	1727	1771	1815	1859	1903
9.5	1778	1829	1880	1930	1980	2031	2081	2132	2182
10.0	2005	2063	2120	2177	2234	2292	2348	2404	2461
10.5	2230	2295	2360	2423	2486	2550	2613	2677	2737
11.0	2452	2524	2594	2662	2733	2801	2863	2925	2979
11.5	2670	2749	2826	2890	2957	3018	3069	3120	3164
12.0	2883	2956	3026	3079	3135	3185	3227	3269	3304
12.5	3063	3125	3183	3227	3272	3312	3344	3377	3402
13.0	3206	3256	3304	3337	3373	3403	3425	3448	3464
13.5	3315	3355	3392	3416	3441	3461	3475	3488	3495
14.0	3397	3426	3452	3467	3482	3493	3496	3500	3500
14.5	3454	3472	3488	3493	3498	3500	3500	3500	3500
15.0	3487	3494	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
15.5	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
16.0	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
16.5	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
17.0	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
17.5	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
18.0	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
18.5	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
19.0	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
19.5	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
20.0	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
20.5	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
21.0	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
21.5	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
22.0	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
22.5	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
23.0	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
23.5	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
24.0	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
24.5	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
25.0	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500

Power curves - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge

Sound optimized mode - Mode 1

wind speed v_{hub} [m/s]	Power P_{el} [kW] at air density ρ [kg/m ³]							
	1.125	1.150	1.175	1.200	1.225	1.250	1.275	1.300
3.0	12	13	14	15	16	17	18	19
3.5	44	46	48	50	52	54	56	58
4.0	113	117	120	124	128	131	135	138
4.5	200	206	211	217	222	228	233	239
5.0	304	312	320	328	336	343	351	359
5.5	426	437	447	458	468	479	489	500
6.0	569	583	597	610	624	637	651	665
6.5	736	753	770	788	805	822	839	857
7.0	929	951	972	994	1015	1036	1058	1079
7.5	1151	1177	1204	1230	1256	1282	1308	1335
8.0	1399	1431	1462	1494	1526	1557	1589	1620
8.5	1667	1704	1742	1780	1817	1854	1892	1929
9.0	1947	1991	2035	2079	2123	2166	2209	2252
9.5	2232	2283	2334	2385	2436	2485	2534	2582
10.0	2519	2577	2634	2689	2743	2795	2845	2884
10.5	2797	2854	2911	2956	3000	3044	3085	3117
11.0	3028	3075	3122	3159	3195	3230	3263	3286
11.5	3204	3242	3280	3308	3336	3362	3386	3402
12.0	3334	3363	3392	3410	3429	3447	3463	3470
12.5	3424	3443	3462	3472	3482	3491	3498	3499
13.0	3476	3486	3496	3498	3499	3500	3500	3500
13.5	3497	3499	3500	3500	3500	3500	3500	3500
14.0	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
14.5	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
15.0	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
15.5	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
16.0	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
16.5	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
17.0	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
17.5	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
18.0	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
18.5	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
19.0	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
19.5	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
20.0	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
20.5	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
21.0	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
21.5	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
22.0	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
22.5	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
23.0	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
23.5	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
24.0	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
24.5	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
25.0	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500

Thrust curves - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge

Sound optimized mode - Mode 1

Basis:

The represented thrust coefficients are based on aerodynamical calculations by the Nordex Energy GmbH. The thrust curves are only for information and will not be warranted.

Wind turbine data:

Operational mode: Sound optimized mode - Mode 1

Blade regulation: Pitch

Air density: 1.225 kg/m³

Thrust curves - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge

Sound optimized mode - Mode 1

wind speed v_{hub} [m/s]	Thrust coefficients c_T at air density ρ [kg/m ³]								
	0.900	0.925	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100
3.0	0.864	0.865	0.867	0.869	0.870	0.871	0.873	0.874	0.875
3.5	0.856	0.857	0.859	0.861	0.862	0.863	0.865	0.866	0.867
4.0	0.862	0.863	0.864	0.865	0.865	0.866	0.867	0.868	0.868
4.5	0.865	0.865	0.865	0.866	0.866	0.867	0.867	0.867	0.867
5.0	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864
5.5	0.859	0.858	0.858	0.857	0.857	0.857	0.857	0.856	0.856
6.0	0.854	0.854	0.853	0.853	0.852	0.852	0.852	0.852	0.851
6.5	0.851	0.851	0.850	0.850	0.850	0.850	0.849	0.849	0.849
7.0	0.849	0.848	0.848	0.848	0.848	0.848	0.847	0.847	0.847
7.5	0.847	0.847	0.847	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846
8.0	0.846	0.845	0.845	0.845	0.845	0.845	0.845	0.844	0.844
8.5	0.815	0.816	0.816	0.816	0.816	0.817	0.817	0.817	0.817
9.0	0.760	0.761	0.762	0.763	0.763	0.764	0.765	0.765	0.766
9.5	0.710	0.712	0.713	0.714	0.715	0.716	0.717	0.717	0.718
10.0	0.664	0.666	0.668	0.669	0.670	0.671	0.672	0.673	0.674
10.5	0.622	0.624	0.626	0.628	0.629	0.630	0.632	0.633	0.634
11.0	0.584	0.586	0.589	0.590	0.591	0.593	0.594	0.595	0.597
11.5	0.549	0.552	0.554	0.555	0.557	0.559	0.559	0.560	0.561
12.0	0.514	0.517	0.520	0.519	0.520	0.522	0.524	0.525	0.508
12.5	0.484	0.486	0.486	0.487	0.489	0.477	0.456	0.439	0.425
13.0	0.455	0.457	0.457	0.435	0.417	0.402	0.389	0.378	0.367
13.5	0.423	0.404	0.387	0.373	0.361	0.350	0.340	0.331	0.322
14.0	0.363	0.350	0.338	0.328	0.318	0.309	0.300	0.292	0.285
14.5	0.320	0.309	0.300	0.291	0.283	0.275	0.268	0.261	0.254
15.0	0.285	0.276	0.268	0.260	0.253	0.246	0.240	0.234	0.229
15.5	0.256	0.248	0.241	0.234	0.228	0.222	0.217	0.211	0.206
16.0	0.231	0.224	0.218	0.212	0.207	0.201	0.196	0.192	0.187
16.5	0.210	0.204	0.198	0.193	0.188	0.183	0.179	0.175	0.171
17.0	0.191	0.186	0.181	0.176	0.172	0.167	0.164	0.160	0.156
17.5	0.175	0.170	0.166	0.161	0.157	0.154	0.150	0.147	0.143
18.0	0.161	0.156	0.152	0.148	0.145	0.141	0.138	0.135	0.132
18.5	0.148	0.144	0.140	0.137	0.134	0.130	0.127	0.125	0.122
19.0	0.137	0.133	0.130	0.127	0.124	0.121	0.118	0.115	0.113
19.5	0.127	0.124	0.120	0.117	0.115	0.112	0.110	0.107	0.105
20.0	0.118	0.115	0.112	0.109	0.107	0.104	0.102	0.100	0.098
20.5	0.110	0.107	0.104	0.102	0.099	0.097	0.095	0.093	0.091
21.0	0.102	0.100	0.097	0.095	0.093	0.091	0.089	0.087	0.085
21.5	0.096	0.093	0.091	0.089	0.087	0.085	0.083	0.081	0.080
22.0	0.090	0.088	0.085	0.083	0.082	0.080	0.078	0.076	0.075
22.5	0.084	0.082	0.080	0.078	0.077	0.075	0.073	0.072	0.070
23.0	0.079	0.077	0.076	0.074	0.072	0.071	0.069	0.068	0.066
23.5	0.075	0.073	0.071	0.070	0.068	0.067	0.065	0.064	0.063
24.0	0.071	0.069	0.067	0.066	0.064	0.063	0.062	0.060	0.059
24.5	0.067	0.065	0.064	0.062	0.061	0.059	0.058	0.057	0.056
25.0	0.063	0.062	0.060	0.059	0.058	0.056	0.055	0.054	0.053

Thrust curves - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge

Sound optimized mode - Mode 1

wind speed v_{hub} [m/s]	Thrust coefficients c_T at air density ρ [kg/m ³]							
	1.125	1.150	1.175	1.200	1.225	1.250	1.275	1.300
3.0	0.876	0.877	0.878	0.879	0.880	0.881	0.882	0.882
3.5	0.868	0.869	0.870	0.871	0.872	0.873	0.874	0.874
4.0	0.869	0.870	0.870	0.871	0.871	0.872	0.872	0.873
4.5	0.868	0.868	0.868	0.868	0.869	0.869	0.869	0.869
5.0	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864
5.5	0.856	0.856	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855
6.0	0.851	0.851	0.850	0.850	0.850	0.850	0.850	0.849
6.5	0.849	0.849	0.848	0.848	0.848	0.848	0.848	0.847
7.0	0.847	0.847	0.847	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846
7.5	0.845	0.845	0.845	0.845	0.845	0.845	0.845	0.844
8.0	0.844	0.844	0.844	0.844	0.844	0.844	0.843	0.843
8.5	0.818	0.818	0.818	0.819	0.819	0.819	0.819	0.819
9.0	0.767	0.767	0.768	0.769	0.770	0.770	0.770	0.770
9.5	0.719	0.721	0.722	0.724	0.725	0.725	0.725	0.725
10.0	0.676	0.678	0.679	0.681	0.683	0.683	0.683	0.683
10.5	0.636	0.638	0.640	0.642	0.644	0.644	0.644	0.644
11.0	0.599	0.601	0.603	0.606	0.608	0.608	0.602	0.574
11.5	0.563	0.563	0.556	0.532	0.512	0.495	0.481	0.468
12.0	0.487	0.470	0.455	0.441	0.429	0.418	0.408	0.398
12.5	0.412	0.400	0.389	0.379	0.370	0.361	0.353	0.345
13.0	0.357	0.348	0.339	0.331	0.323	0.316	0.309	0.302
13.5	0.314	0.306	0.298	0.292	0.285	0.279	0.273	0.268
14.0	0.278	0.271	0.265	0.259	0.254	0.249	0.243	0.239
14.5	0.248	0.243	0.237	0.232	0.227	0.223	0.218	0.214
15.0	0.223	0.218	0.214	0.209	0.205	0.201	0.197	0.193
15.5	0.202	0.197	0.193	0.189	0.185	0.182	0.178	0.175
16.0	0.183	0.179	0.175	0.172	0.168	0.165	0.162	0.159
16.5	0.167	0.163	0.160	0.157	0.154	0.151	0.148	0.145
17.0	0.153	0.150	0.146	0.144	0.141	0.138	0.135	0.133
17.5	0.140	0.137	0.135	0.132	0.129	0.127	0.125	0.122
18.0	0.129	0.127	0.124	0.122	0.119	0.117	0.115	0.113
18.5	0.119	0.117	0.115	0.112	0.110	0.108	0.106	0.104
19.0	0.111	0.108	0.106	0.104	0.102	0.100	0.099	0.097
19.5	0.103	0.101	0.099	0.097	0.095	0.093	0.092	0.090
20.0	0.096	0.094	0.092	0.090	0.088	0.087	0.085	0.084
20.5	0.089	0.087	0.086	0.084	0.083	0.081	0.080	0.078
21.0	0.083	0.082	0.080	0.079	0.077	0.076	0.075	0.073
21.5	0.078	0.077	0.075	0.074	0.072	0.071	0.070	0.069
22.0	0.073	0.072	0.071	0.069	0.068	0.067	0.066	0.065
22.5	0.069	0.068	0.066	0.065	0.064	0.063	0.062	0.061
23.0	0.065	0.064	0.063	0.062	0.060	0.059	0.058	0.057
23.5	0.061	0.060	0.059	0.058	0.057	0.056	0.055	0.054
24.0	0.058	0.057	0.056	0.055	0.054	0.053	0.052	0.051
24.5	0.055	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.049
25.0	0.052	0.051	0.050	0.049	0.049	0.048	0.047	0.046

Noise level - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge**Sound optimized mode - Mode 2**

Basis: The specified sound power levels are expected values in terms of statistics. Results of single measurements will be within the confidence interval according to IEC 61400-14 [4].

Wind turbine data:

Operational mode: Sound optimized mode - Mode 2

Rotor diameter: 117 m

Remarks:

Verification according to: Measurements are to be carried out by a measuring institute accredited for noise emission measurements at wind turbines according to ISO/IEC 17025 [3] at the reference position as defined in IEC 61400-11 [1]. The data analysis must be carried out according to the preferred method 1 of IEC 61400-11 [1]. The tonal penalties in the vicinity of wind turbines K_{TN} based on these measurements are to be determined according to „Technische Richtlinien für Windenergieanlagen“ [2].

Tonality: The noise can be tonal in the vicinity of wind turbines. The specified sound power level includes potential tonal penalties according to „Technische Richtlinien für Windenergieanlagen“ [2], without taking account any tonality $K_{TN} \leq 2$ dB.

[1] IEC 61400-11 ed. 2: Wind Turbine Generator Systems - Part 11: Acoustic Noise Measurement Techniques; 2002-12

[2] Technische Richtlinie für Windenergieanlagen - Teil 1: Bestimmung der Schallemissionswerte, Revision 18; FGW 2008-02

[3] ISO/IEC 17025: General requirements for the competence of testing and calibration laboratories; 2005-08

[4] IEC 61400-14, Wind turbines - Part 14: Declaration of apparent sound power level and tonality values, first edition, 2005-03

Noise level - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge

Sound optimized mode - Mode 2

Standardized wind speed $v_S(10m)$ [m/s]	Apparent sound power level			
	hub height 91 m		hub height 106 m	
	LWA [dB(A)]	v_H [m/s]	LWA [dB(A)]	v_H [m/s]
3.0	92.5	4.3	92.5	4.3
4.0	94.5	5.7	94.9	5.8
5.0	100.0	7.1	100.4	7.2
6.0	102.5	8.5	102.5	8.7
7.0	102.5	9.9	102.5	10.1
8.0	102.5	11.3	102.5	11.6
9.0	102.5	12.8	102.5	13.0
10.0	102.5	14.2	102.5	14.5
11.0	102.5	15.6	102.5	15.9
12.0	102.5	17.0	102.5	17.3

Power curves - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge

Sound optimized mode - Mode 2

Basis: These power curve values according to IEC 61400-12-1 are based on aerodynamic calculations by Nordex Energy GmbH.

Wind turbine data:

Operational mode: Sound optimized mode - Mode 2
rotor diameter: 117 m

Determinations for the power curve verification:

Verification according to: IEC 61400-12-1:2005
Type of anemometer: Thies First Class (Advanced), Risø P2546A or Vector A100
Measurement of power: low voltage side, 660 VAC
Air density: 1.225 kg/m³
Filter of turbulence: $9\% \leq TI \leq 15\%$
Filter of wind shear: $a \leq 0.2$ (Hellmann exponent)
Wind shear measurement and determination according to the requirements of MEASNET power performance measurement procedure, Version 5, December - 2009, chapter 3.3 and 3.8
Filter of temperature: $2^\circ\text{C} \leq \theta \leq 25^\circ\text{C}$
Status signal: Ready for operation without consideration of the cut-out hysteresis (IEC 61400-12-1:2005, database B)

Power curves - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge

Sound optimized mode - Mode 2

wind speed v_{hub} [m/s]	Power P_{el} [kW] at air density ρ [kg/m ³]								
	0.900	0.925	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100
3.0	2	3	4	5	6	8	9	10	11
3.5	25	27	29	31	33	35	37	40	42
4.0	81	85	88	92	95	99	102	106	110
4.5	150	156	162	167	172	178	184	189	194
5.0	234	242	250	257	265	273	281	288	296
5.5	332	343	353	363	374	384	395	405	416
6.0	446	460	473	487	501	514	528	542	555
6.5	580	598	614	632	649	666	683	701	718
7.0	735	757	778	799	821	842	864	885	907
7.5	912	940	965	991	1018	1044	1070	1096	1123
8.0	1108	1142	1172	1204	1235	1267	1299	1330	1362
8.5	1318	1357	1393	1430	1468	1505	1542	1580	1617
9.0	1533	1578	1620	1664	1707	1750	1794	1838	1881
9.5	1750	1802	1850	1899	1948	1998	2049	2098	2147
10.0	1966	2024	2079	2134	2189	2246	2302	2357	2413
10.5	2178	2244	2305	2366	2427	2490	2552	2614	2675
11.0	2387	2459	2526	2593	2661	2730	2791	2852	2908
11.5	2593	2672	2746	2812	2876	2941	2991	3042	3088
12.0	2799	2873	2941	2998	3051	3105	3146	3186	3223
12.5	2976	3039	3095	3142	3185	3229	3261	3292	3320
13.0	3117	3168	3214	3252	3285	3319	3341	3363	3381
13.5	3226	3267	3303	3330	3354	3378	3392	3405	3414
14.0	3309	3339	3365	3383	3398	3412	3416	3419	3420
14.5	3368	3387	3404	3412	3417	3420	3420	3420	3420
15.0	3404	3413	3419	3420	3420	3420	3420	3420	3420
15.5	3419	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
16.0	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
16.5	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
17.0	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
17.5	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
18.0	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
18.5	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
19.0	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
19.5	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
20.0	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
20.5	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
21.0	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
21.5	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
22.0	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
22.5	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
23.0	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
23.5	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
24.0	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
24.5	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
25.0	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420

Power curves - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge

Sound optimized mode - Mode 2

wind speed v_{hub} [m/s]	Power P_{el} [kW] at air density ρ [kg/m ³]							
	1.125	1.150	1.175	1.200	1.225	1.250	1.275	1.300
3.0	12	13	14	15	16	17	18	19
3.5	44	46	48	50	52	54	56	58
4.0	113	117	120	124	128	131	135	138
4.5	200	206	211	216	222	228	233	238
5.0	304	312	320	328	335	343	351	359
5.5	426	437	447	458	468	478	489	500
6.0	569	582	596	610	623	637	650	664
6.5	735	752	770	787	804	821	839	856
7.0	928	950	971	993	1014	1035	1057	1078
7.5	1149	1175	1202	1228	1254	1280	1306	1332
8.0	1394	1425	1457	1488	1520	1551	1583	1614
8.5	1654	1692	1729	1767	1804	1841	1878	1915
9.0	1924	1968	2011	2055	2098	2141	2184	2228
9.5	2197	2247	2297	2347	2398	2447	2496	2544
10.0	2470	2527	2584	2637	2691	2743	2794	2833
10.5	2733	2792	2849	2893	2938	2981	3023	3054
11.0	2957	3005	3052	3088	3124	3159	3192	3216
11.5	3127	3167	3205	3232	3259	3285	3310	3326
12.0	3254	3284	3313	3331	3350	3368	3384	3392
12.5	3341	3362	3382	3392	3401	3410	3418	3419
13.0	3394	3406	3416	3418	3419	3420	3420	3420
13.5	3417	3419	3420	3420	3420	3420	3420	3420
14.0	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
14.5	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
15.0	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
15.5	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
16.0	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
16.5	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
17.0	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
17.5	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
18.0	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
18.5	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
19.0	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
19.5	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
20.0	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
20.5	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
21.0	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
21.5	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
22.0	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
22.5	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
23.0	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
23.5	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
24.0	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
24.5	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
25.0	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420

Thrust curves - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge

Sound optimized mode - Mode 2

Basis:

The represented thrust coefficients are based on aerodynamical calculations by the Nordex Energy GmbH. The thrust curves are only for information and will not be warranted.

Wind turbine data:

Operational mode: Sound optimized mode - Mode 2

Blade regulation: Pitch

Air density: 1.225 kg/m³

Thrust curves - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge

Sound optimized mode - Mode 2

wind speed v_{hub} [m/s]	Thrust coefficients c_T at air density ρ [kg/m ³]								
	0.900	0.925	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100
3.0	0.864	0.865	0.867	0.869	0.870	0.871	0.873	0.874	0.875
3.5	0.856	0.858	0.859	0.861	0.862	0.863	0.865	0.866	0.867
4.0	0.862	0.863	0.864	0.865	0.865	0.866	0.867	0.868	0.868
4.5	0.865	0.865	0.866	0.866	0.866	0.867	0.867	0.867	0.868
5.0	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864
5.5	0.859	0.859	0.858	0.858	0.857	0.857	0.857	0.856	0.856
6.0	0.854	0.854	0.853	0.853	0.853	0.852	0.852	0.852	0.852
6.5	0.851	0.851	0.850	0.850	0.850	0.850	0.849	0.849	0.849
7.0	0.849	0.849	0.848	0.848	0.848	0.848	0.848	0.847	0.847
7.5	0.847	0.847	0.847	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846
8.0	0.846	0.846	0.845	0.845	0.845	0.845	0.845	0.845	0.844
8.5	0.793	0.793	0.794	0.794	0.794	0.795	0.795	0.796	0.796
9.0	0.739	0.739	0.741	0.741	0.741	0.742	0.743	0.743	0.744
9.5	0.689	0.690	0.691	0.692	0.692	0.693	0.695	0.695	0.696
10.0	0.643	0.645	0.647	0.647	0.647	0.649	0.651	0.651	0.652
10.5	0.602	0.604	0.606	0.606	0.607	0.608	0.610	0.611	0.612
11.0	0.565	0.566	0.569	0.569	0.570	0.571	0.574	0.574	0.575
11.5	0.529	0.531	0.533	0.534	0.534	0.536	0.536	0.537	0.538
12.0	0.495	0.497	0.499	0.500	0.500	0.502	0.505	0.505	0.495
12.5	0.464	0.466	0.468	0.469	0.469	0.468	0.446	0.429	0.415
13.0	0.438	0.440	0.441	0.427	0.408	0.394	0.381	0.369	0.358
13.5	0.413	0.395	0.380	0.365	0.353	0.342	0.332	0.323	0.314
14.0	0.356	0.342	0.331	0.320	0.311	0.302	0.294	0.286	0.279
14.5	0.313	0.302	0.293	0.284	0.276	0.269	0.262	0.255	0.249
15.0	0.279	0.270	0.262	0.254	0.248	0.241	0.235	0.229	0.224
15.5	0.250	0.242	0.236	0.229	0.223	0.217	0.212	0.207	0.202
16.0	0.226	0.219	0.213	0.207	0.202	0.197	0.192	0.188	0.183
16.5	0.205	0.199	0.194	0.189	0.184	0.179	0.175	0.171	0.167
17.0	0.187	0.182	0.177	0.172	0.168	0.164	0.160	0.156	0.153
17.5	0.171	0.166	0.162	0.158	0.154	0.150	0.147	0.143	0.140
18.0	0.157	0.153	0.149	0.145	0.142	0.138	0.135	0.132	0.129
18.5	0.145	0.141	0.137	0.134	0.131	0.128	0.125	0.122	0.119
19.0	0.134	0.130	0.127	0.124	0.121	0.118	0.116	0.113	0.111
19.5	0.124	0.121	0.118	0.115	0.112	0.110	0.107	0.105	0.103
20.0	0.115	0.112	0.110	0.107	0.104	0.102	0.100	0.098	0.096
20.5	0.108	0.105	0.102	0.100	0.097	0.095	0.093	0.091	0.089
21.0	0.100	0.098	0.095	0.093	0.091	0.089	0.087	0.085	0.083
21.5	0.094	0.091	0.089	0.087	0.085	0.083	0.081	0.080	0.078
22.0	0.088	0.086	0.084	0.082	0.080	0.078	0.076	0.075	0.073
22.5	0.083	0.081	0.079	0.077	0.075	0.073	0.072	0.070	0.069
23.0	0.078	0.076	0.074	0.072	0.071	0.069	0.068	0.066	0.065
23.5	0.073	0.071	0.070	0.068	0.067	0.065	0.064	0.063	0.061
24.0	0.069	0.067	0.066	0.064	0.063	0.062	0.060	0.059	0.058
24.5	0.065	0.064	0.062	0.061	0.060	0.058	0.057	0.056	0.055
25.0	0.062	0.060	0.059	0.058	0.056	0.055	0.054	0.053	0.052

Thrust curves - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge

Sound optimized mode - Mode 2

wind speed v_{hub} [m/s]	Thrust coefficients c_T at air density ρ [kg/m ³]							
	1.125	1.150	1.175	1.200	1.225	1.250	1.275	1.300
3.0	0.876	0.877	0.878	0.879	0.880	0.881	0.882	0.882
3.5	0.868	0.869	0.870	0.871	0.872	0.873	0.874	0.874
4.0	0.869	0.870	0.870	0.871	0.871	0.872	0.872	0.873
4.5	0.868	0.868	0.868	0.869	0.869	0.869	0.869	0.869
5.0	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864
5.5	0.856	0.856	0.856	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855
6.0	0.851	0.851	0.851	0.850	0.850	0.850	0.850	0.850
6.5	0.849	0.849	0.848	0.848	0.848	0.848	0.848	0.848
7.0	0.847	0.847	0.847	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846
7.5	0.845	0.845	0.845	0.845	0.845	0.845	0.845	0.845
8.0	0.844	0.844	0.844	0.844	0.844	0.844	0.844	0.843
8.5	0.796	0.797	0.798	0.798	0.799	0.799	0.799	0.800
9.0	0.745	0.746	0.747	0.748	0.749	0.749	0.750	0.751
9.5	0.697	0.699	0.700	0.701	0.703	0.704	0.704	0.705
10.0	0.654	0.655	0.657	0.659	0.660	0.661	0.662	0.663
10.5	0.614	0.616	0.617	0.619	0.621	0.623	0.624	0.625
11.0	0.577	0.579	0.581	0.583	0.586	0.587	0.584	0.558
11.5	0.541	0.543	0.544	0.518	0.499	0.483	0.469	0.456
12.0	0.475	0.458	0.444	0.431	0.419	0.408	0.398	0.388
12.5	0.402	0.391	0.380	0.370	0.361	0.352	0.344	0.337
13.0	0.349	0.340	0.331	0.323	0.316	0.308	0.302	0.295
13.5	0.306	0.299	0.292	0.285	0.279	0.273	0.267	0.262
14.0	0.272	0.265	0.259	0.253	0.248	0.243	0.238	0.233
14.5	0.243	0.237	0.232	0.227	0.222	0.218	0.213	0.209
15.0	0.218	0.213	0.209	0.204	0.200	0.196	0.192	0.189
15.5	0.197	0.193	0.189	0.185	0.181	0.178	0.174	0.171
16.0	0.179	0.175	0.172	0.168	0.165	0.161	0.158	0.155
16.5	0.163	0.160	0.157	0.153	0.150	0.147	0.145	0.142
17.0	0.150	0.146	0.143	0.140	0.138	0.135	0.133	0.130
17.5	0.137	0.134	0.132	0.129	0.127	0.124	0.122	0.120
18.0	0.126	0.124	0.121	0.119	0.117	0.115	0.112	0.110
18.5	0.117	0.114	0.112	0.110	0.108	0.106	0.104	0.102
19.0	0.108	0.106	0.104	0.102	0.100	0.098	0.096	0.095
19.5	0.101	0.099	0.097	0.095	0.093	0.091	0.090	0.088
20.0	0.094	0.092	0.090	0.088	0.087	0.085	0.084	0.082
20.5	0.087	0.086	0.084	0.082	0.081	0.079	0.078	0.077
21.0	0.082	0.080	0.079	0.077	0.076	0.074	0.073	0.072
21.5	0.077	0.075	0.074	0.072	0.071	0.070	0.069	0.067
22.0	0.072	0.070	0.069	0.068	0.067	0.066	0.064	0.063
22.5	0.068	0.066	0.065	0.064	0.063	0.062	0.061	0.060
23.0	0.064	0.062	0.061	0.060	0.059	0.058	0.057	0.056
23.5	0.060	0.059	0.058	0.057	0.056	0.055	0.054	0.053
24.0	0.057	0.056	0.055	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050
24.5	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.048
25.0	0.051	0.050	0.049	0.048	0.048	0.047	0.046	0.045

Noise level - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge**Sound optimized mode - Mode 3**

Basis: The specified sound power levels are expected values in terms of statistics. Results of single measurements will be within the confidence interval according to IEC 61400-14 [4].

Wind turbine data:

Operational mode: Sound optimized mode - Mode 3

Rotor diameter: 117 m

Remarks:

Verification according to: Measurements are to be carried out by a measuring institute accredited for noise emission measurements at wind turbines according to ISO/IEC 17025 [3] at the reference position as defined in IEC 61400-11 [1]. The data analysis must be carried out according to the preferred method 1 of IEC 61400-11 [1]. The tonal penalties in the vicinity of wind turbines K_{TN} based on these measurements are to be determined according to „Technische Richtlinien für Windenergieanlagen“ [2].

Tonality: The noise can be tonal in the vicinity of wind turbines. The specified sound power level includes potential tonal penalties according to „Technische Richtlinien für Windenergieanlagen“ [2], without taking account any tonality $K_{TN} \leq 2$ dB.

[1] IEC 61400-11 ed. 2: Wind Turbine Generator Systems - Part 11: Acoustic Noise Measurement Techniques; 2002-12

[2] Technische Richtlinie für Windenergieanlagen - Teil 1: Bestimmung der Schallemissionswerte, Revision 18; FGW 2008-02

[3] ISO/IEC 17025: General requirements for the competence of testing and calibration laboratories; 2005-08

[4] IEC 61400-14, Wind turbines - Part 14: Declaration of apparent sound power level and tonality values, first edition, 2005-03

Noise level - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge

Sound optimized mode - Mode 3

Standardized wind speed $v_S(10m)$ [m/s]	Apparent sound power level			
	hub height 91 m		hub height 106 m	
	LWA [dB(A)]	v_H [m/s]	LWA [dB(A)]	v_H [m/s]
3.0	92.5	4.3	92.5	4.3
4.0	94.5	5.7	94.9	5.8
5.0	100.0	7.1	100.4	7.2
6.0	102.0	8.5	102.0	8.7
7.0	102.0	9.9	102.0	10.1
8.0	102.0	11.3	102.0	11.6
9.0	102.0	12.8	102.0	13.0
10.0	102.0	14.2	102.0	14.5
11.0	102.0	15.6	102.0	15.9
12.0	102.0	17.0	102.0	17.3

Power curves - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge

Sound optimized mode - Mode 3

Basis: These power curve values according to IEC 61400-12-1 are based on aerodynamic calculations by Nordex Energy GmbH.

Wind turbine data:

Operational mode: Sound optimized mode - Mode 3
rotor diameter: 117 m

Determinations for the power curve verification:

Verification according to: IEC 61400-12-1:2005
Type of anemometer: Thies First Class (Advanced), Risø P2546A or Vector A100
Measurement of power: low voltage side, 660 VAC
Air density: 1.225 kg/m³
Filter of turbulence: $9\% \leq TI \leq 15\%$
Filter of wind shear: $a \leq 0.2$ (Hellmann exponent)
Wind shear measurement and determination according to the requirements of MEASNET power performance measurement procedure, Version 5, December - 2009, chapter 3.3 and 3.8
Filter of temperature: $2^\circ\text{C} \leq \theta \leq 25^\circ\text{C}$
Status signal: Ready for operation without consideration of the cut-out hysteresis (IEC 61400-12-1:2005, database B)

Power curves - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge

Sound optimized mode - Mode 3

wind speed v_{hub} [m/s]	Power P_{el} [kW] at air density ρ [kg/m ³]								
	0.900	0.925	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100
3.0	2	3	4	5	6	8	9	10	11
3.5	25	27	29	31	33	35	37	40	42
4.0	81	84	88	92	95	99	102	106	110
4.5	150	156	161	167	172	178	183	189	194
5.0	234	242	249	257	265	273	280	288	296
5.5	331	342	352	363	373	384	394	405	415
6.0	446	459	473	487	500	514	528	541	555
6.5	579	596	614	631	648	666	683	700	717
7.0	734	756	777	799	820	842	863	884	906
7.5	910	937	963	989	1016	1042	1068	1094	1120
8.0	1103	1134	1166	1198	1229	1260	1292	1324	1355
8.5	1305	1343	1380	1417	1454	1491	1528	1565	1603
9.0	1512	1555	1598	1640	1683	1726	1768	1812	1856
9.5	1719	1768	1816	1864	1912	1961	2010	2060	2110
10.0	1924	1978	2033	2087	2140	2195	2250	2307	2362
10.5	2126	2186	2246	2305	2364	2425	2486	2550	2611
11.0	2325	2390	2456	2520	2586	2653	2715	2776	2836
11.5	2521	2592	2664	2732	2794	2857	2910	2961	3010
12.0	2716	2787	2853	2914	2965	3018	3061	3102	3142
12.5	2889	2950	3005	3056	3098	3141	3175	3207	3237
13.0	3027	3078	3124	3165	3197	3230	3256	3278	3298
13.5	3137	3178	3213	3245	3268	3292	3308	3319	3332
14.0	3220	3251	3276	3299	3313	3328	3334	3337	3340
14.5	3279	3301	3317	3330	3335	3340	3340	3340	3340
15.0	3318	3330	3336	3340	3340	3340	3340	3340	3340
15.5	3336	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
16.0	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
16.5	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
17.0	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
17.5	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
18.0	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
18.5	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
19.0	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
19.5	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
20.0	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
20.5	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
21.0	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
21.5	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
22.0	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
22.5	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
23.0	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
23.5	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
24.0	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
24.5	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
25.0	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340

Power curves - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge

Sound optimized mode - Mode 3

wind speed v_{hub} [m/s]	Power P_{el} [kW] at air density ρ [kg/m ³]							
	1.125	1.150	1.175	1.200	1.225	1.250	1.275	1.300
3.0	12	13	14	15	16	17	18	19
3.5	44	46	48	50	52	54	56	58
4.0	113	117	120	124	128	131	135	138
4.5	200	205	211	216	222	227	233	238
5.0	304	312	319	327	335	343	351	358
5.5	426	436	447	457	468	478	489	499
6.0	568	582	596	609	623	636	650	664
6.5	734	752	769	786	803	821	838	855
7.0	927	949	970	992	1013	1034	1056	1077
7.5	1147	1173	1199	1225	1251	1277	1304	1330
8.0	1386	1418	1449	1481	1512	1544	1575	1606
8.5	1640	1677	1714	1751	1788	1825	1862	1899
9.0	1898	1941	1984	2027	2070	2113	2156	2199
9.5	2158	2207	2256	2305	2354	2404	2452	2500
10.0	2417	2472	2526	2580	2632	2684	2734	2777
10.5	2667	2723	2778	2826	2870	2912	2953	2988
11.0	2883	2929	2974	3014	3049	3083	3116	3143
11.5	3049	3086	3122	3153	3180	3206	3230	3249
12.0	3172	3200	3228	3250	3268	3286	3302	3312
12.5	3258	3277	3296	3310	3319	3328	3336	3339
13.0	3310	3321	3332	3337	3338	3339	3340	3340
13.5	3336	3338	3340	3340	3340	3340	3340	3340
14.0	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
14.5	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
15.0	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
15.5	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
16.0	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
16.5	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
17.0	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
17.5	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
18.0	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
18.5	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
19.0	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
19.5	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
20.0	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
20.5	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
21.0	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
21.5	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
22.0	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
22.5	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
23.0	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
23.5	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
24.0	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
24.5	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340
25.0	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340	3340

Thrust curves - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge

Sound optimized mode - Mode 3

Basis:

The represented thrust coefficients are based on aerodynamical calculations by the Nordex Energy GmbH. The thrust curves are only for information and will not be warranted.

Wind turbine data:

Operational mode: Sound optimized mode - Mode 3

Blade regulation: Pitch

Air density: 1.225 kg/m³

Thrust curves - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge

Sound optimized mode - Mode 3

wind speed v_{hub} [m/s]	Thrust coefficients c_T at air density ρ [kg/m ³]								
	0.900	0.925	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100
3.0	0.864	0.865	0.867	0.869	0.870	0.871	0.873	0.874	0.875
3.5	0.856	0.857	0.859	0.861	0.862	0.863	0.865	0.866	0.867
4.0	0.862	0.863	0.864	0.865	0.865	0.866	0.867	0.868	0.868
4.5	0.865	0.865	0.866	0.866	0.866	0.867	0.867	0.867	0.868
5.0	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864
5.5	0.859	0.858	0.858	0.858	0.857	0.857	0.857	0.856	0.856
6.0	0.854	0.854	0.854	0.853	0.853	0.853	0.852	0.852	0.852
6.5	0.851	0.851	0.851	0.850	0.850	0.850	0.850	0.849	0.849
7.0	0.849	0.849	0.849	0.848	0.848	0.848	0.848	0.847	0.847
7.5	0.847	0.847	0.847	0.847	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846
8.0	0.830	0.830	0.830	0.830	0.830	0.830	0.830	0.831	0.831
8.5	0.771	0.771	0.771	0.771	0.771	0.772	0.772	0.773	0.774
9.0	0.717	0.717	0.718	0.718	0.718	0.719	0.719	0.721	0.722
9.5	0.668	0.668	0.669	0.669	0.669	0.670	0.671	0.673	0.675
10.0	0.623	0.624	0.624	0.625	0.625	0.626	0.627	0.629	0.632
10.5	0.583	0.584	0.584	0.585	0.585	0.586	0.587	0.589	0.592
11.0	0.546	0.547	0.548	0.548	0.548	0.549	0.550	0.553	0.556
11.5	0.510	0.510	0.511	0.512	0.512	0.513	0.515	0.519	0.518
12.0	0.478	0.479	0.480	0.480	0.480	0.481	0.483	0.483	0.486
12.5	0.448	0.449	0.450	0.450	0.450	0.451	0.437	0.419	0.405
13.0	0.421	0.422	0.423	0.417	0.400	0.385	0.372	0.361	0.350
13.5	0.398	0.388	0.372	0.358	0.345	0.335	0.325	0.316	0.307
14.0	0.349	0.336	0.324	0.313	0.304	0.295	0.287	0.279	0.272
14.5	0.307	0.296	0.287	0.278	0.270	0.263	0.256	0.249	0.243
15.0	0.273	0.264	0.256	0.249	0.242	0.236	0.230	0.224	0.219
15.5	0.245	0.237	0.231	0.224	0.218	0.213	0.207	0.202	0.198
16.0	0.221	0.215	0.209	0.203	0.198	0.193	0.188	0.184	0.179
16.5	0.201	0.195	0.190	0.185	0.180	0.175	0.171	0.167	0.163
17.0	0.183	0.178	0.173	0.169	0.164	0.160	0.157	0.153	0.150
17.5	0.168	0.163	0.159	0.155	0.151	0.147	0.144	0.140	0.137
18.0	0.154	0.150	0.146	0.142	0.139	0.135	0.132	0.129	0.126
18.5	0.142	0.138	0.135	0.131	0.128	0.125	0.122	0.119	0.117
19.0	0.131	0.128	0.124	0.121	0.118	0.116	0.113	0.111	0.108
19.5	0.122	0.118	0.115	0.113	0.110	0.107	0.105	0.103	0.100
20.0	0.113	0.110	0.107	0.105	0.102	0.100	0.098	0.096	0.094
20.5	0.105	0.103	0.100	0.098	0.095	0.093	0.091	0.089	0.087
21.0	0.098	0.096	0.093	0.091	0.089	0.087	0.085	0.083	0.082
21.5	0.092	0.090	0.087	0.085	0.083	0.082	0.080	0.078	0.076
22.0	0.086	0.084	0.082	0.080	0.078	0.076	0.075	0.073	0.072
22.5	0.081	0.079	0.077	0.075	0.074	0.072	0.070	0.069	0.068
23.0	0.076	0.074	0.072	0.071	0.069	0.068	0.066	0.065	0.064
23.5	0.072	0.070	0.068	0.067	0.065	0.064	0.063	0.061	0.060
24.0	0.068	0.066	0.065	0.063	0.062	0.060	0.059	0.058	0.057
24.5	0.064	0.062	0.061	0.060	0.058	0.057	0.056	0.055	0.054
25.0	0.061	0.059	0.058	0.056	0.055	0.054	0.053	0.052	0.051

Thrust curves - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge

Sound optimized mode - Mode 3

wind speed v_{hub} [m/s]	Thrust coefficients c_T at air density ρ [kg/m ³]							
	1.125	1.150	1.175	1.200	1.225	1.250	1.275	1.300
3.0	0.876	0.877	0.878	0.879	0.880	0.881	0.882	0.882
3.5	0.868	0.869	0.870	0.871	0.872	0.873	0.874	0.874
4.0	0.869	0.870	0.870	0.871	0.871	0.872	0.872	0.873
4.5	0.868	0.868	0.868	0.869	0.869	0.869	0.869	0.869
5.0	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864
5.5	0.856	0.856	0.856	0.856	0.855	0.855	0.855	0.855
6.0	0.851	0.851	0.851	0.851	0.850	0.850	0.850	0.850
6.5	0.849	0.849	0.849	0.848	0.848	0.848	0.848	0.848
7.0	0.847	0.847	0.847	0.847	0.846	0.846	0.846	0.846
7.5	0.846	0.845	0.845	0.845	0.845	0.845	0.845	0.845
8.0	0.831	0.831	0.831	0.831	0.831	0.832	0.832	0.832
8.5	0.775	0.775	0.775	0.776	0.777	0.777	0.778	0.778
9.0	0.723	0.724	0.724	0.726	0.727	0.727	0.728	0.729
9.5	0.676	0.676	0.677	0.679	0.680	0.681	0.683	0.684
10.0	0.632	0.633	0.635	0.636	0.638	0.639	0.640	0.642
10.5	0.593	0.594	0.595	0.597	0.599	0.600	0.602	0.604
11.0	0.557	0.558	0.558	0.560	0.562	0.563	0.562	0.543
11.5	0.519	0.520	0.522	0.506	0.487	0.471	0.457	0.444
12.0	0.465	0.448	0.433	0.420	0.409	0.398	0.388	0.379
12.5	0.393	0.381	0.371	0.361	0.352	0.344	0.336	0.329
13.0	0.341	0.332	0.323	0.316	0.308	0.301	0.295	0.288
13.5	0.299	0.292	0.285	0.278	0.272	0.266	0.261	0.255
14.0	0.266	0.259	0.253	0.248	0.242	0.237	0.232	0.228
14.5	0.237	0.232	0.227	0.222	0.217	0.213	0.208	0.204
15.0	0.214	0.209	0.204	0.200	0.196	0.192	0.188	0.184
15.5	0.193	0.189	0.185	0.181	0.177	0.174	0.170	0.167
16.0	0.175	0.171	0.168	0.164	0.161	0.158	0.155	0.152
16.5	0.160	0.156	0.153	0.150	0.147	0.144	0.141	0.139
17.0	0.146	0.143	0.140	0.137	0.135	0.132	0.130	0.127
17.5	0.134	0.131	0.129	0.126	0.124	0.121	0.119	0.117
18.0	0.124	0.121	0.119	0.116	0.114	0.112	0.110	0.108
18.5	0.114	0.112	0.110	0.108	0.106	0.104	0.102	0.100
19.0	0.106	0.104	0.102	0.100	0.098	0.096	0.094	0.093
19.5	0.098	0.096	0.095	0.093	0.091	0.089	0.088	0.086
20.0	0.092	0.090	0.088	0.086	0.085	0.083	0.082	0.080
20.5	0.086	0.084	0.082	0.081	0.079	0.078	0.076	0.075
21.0	0.080	0.078	0.077	0.075	0.074	0.073	0.072	0.070
21.5	0.075	0.073	0.072	0.071	0.069	0.068	0.067	0.066
22.0	0.070	0.069	0.068	0.066	0.065	0.064	0.063	0.062
22.5	0.066	0.065	0.064	0.063	0.061	0.060	0.059	0.058
23.0	0.062	0.061	0.060	0.059	0.058	0.057	0.056	0.055
23.5	0.059	0.058	0.057	0.056	0.055	0.054	0.053	0.052
24.0	0.056	0.055	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049
24.5	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.047
25.0	0.050	0.049	0.048	0.047	0.047	0.046	0.045	0.044

Noise level - Nordex N117/3600 Serrated Trailing Edge**Sound optimized mode - Mode 4**

Basis: The specified sound power levels are expected values in terms of statistics. Results of single measurements will be within the confidence interval according to IEC 61400-14 [4].

Wind turbine data:

Operational mode: Sound optimized mode - Mode 4

Rotor diameter: 117 m

Remarks:

Verification according to: Measurements are to be carried out by a measuring institute accredited for noise emission measurements at wind turbines according to ISO/IEC 17025 [3] at the reference position as defined in IEC 61400-11 [1]. The data analysis must be carried out according to the preferred method 1 of IEC 61400-11 [1]. The tonal penalties in the vicinity of wind turbines K_{TN} based on these measurements are to be determined according to „Technische Richtlinien für Windenergieanlagen“ [2].

Tonality: The noise can be tonal in the vicinity of wind turbines. The specified sound power level includes potential tonal penalties according to „Technische Richtlinien für Windenergieanlagen“ [2], without taking account any tonality $K_{TN} \leq 2$ dB.

[1] IEC 61400-11 ed. 2: Wind Turbine Generator Systems - Part 11: Acoustic Noise Measurement Techniques; 2002-12

[2] Technische Richtlinie für Windenergieanlagen - Teil 1: Bestimmung der Schallemissionswerte, Revision 18; FGW 2008-02

[3] ISO/IEC 17025: General requirements for the competence of testing and calibration laboratories; 2005-08

[4] IEC 61400-14, Wind turbines - Part 14: Declaration of apparent sound power level and tonality values, first edition, 2005-03