

# REGIONE SARDEGNA

Provincia di Sassari (SS)

## COMUNI DI NULE E BENETUTTI



1	EMISSIONE PER ENTI ESTERNI	16/07/20	ANTEX	FURNO C.	NASTASI A.
0	EMISSIONE PER COMMENTI	08/07/20	ANTEX	FURNO C.	NASTASI A.
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.

Committente:

**INNOGY ITALIA S.p.A.**



**innogy**

Sede legale in Milano, via F. Restelli, 3/1 - 20124 Milano. Codice Fiscale e P. IVA 0259064021

Società di Progettazione:

*Ingegneria & Innovazione*



Via Pippo Fava, 1 - 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1813283  
Web: [www.antexgroup.it](http://www.antexgroup.it) e-mail: [info@antexgroup.it](mailto:info@antexgroup.it)

Progetto:

**PARCO EOLICO DI NULE E BENETUTTI**

Livello:

**DEFINITIVO**

Elaborato:

VALUTAZIONE RISORSA EOLICA E ANALISI DI PRODUCIBILITÀ

Progettista/Resp. Tecnico

Dott. Ing. Furno Cesare

Scala:

NA

Nome DIS/FILE:

C 19023S05-VA-RT-03-01

Allegato:

1/1

F.to:

A4



*Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.  
È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.  
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.*



## INDICE

1. PREMESSA .....	3
2. DESCRIZIONE GENERALE DELL'INTERVENTO.....	4
3. WIND ROSE.....	7
4. WIND DATA.....	7
5. MODELLO DI TURBINA EOLICA .....	8
6. STIMA DELLA PRODUCIBILITA' ATTESA .....	11

ALLEGATO - General documentation Technical description - Wind turbine class Nordex Delta4000 - N163/5.X

	<p>REALIZZAZIONE PARCO EOLICO DI NULE E BENETUTTI</p> <p><b>VALUTAZIONE RISORSA EOLICA E ANALISI DI PRODUCIBILITÀ</b></p>	 Ingegneria & Innovazione		
		16/07/2020	REV: 1	Pag.3

## 1. PREMESSA

Su incarico di INNOGY ITALIA SpA, la società ANTEX GROUP Srl ha redatto il progetto definitivo relativo alla realizzazione di un impianto eolico nei comuni di Nule e Benetutti, nella provincia di Sassari.

Il progetto prevede l'installazione di n. 11 nuovi aerogeneratori con potenza unitaria di 5,7 MW, per una potenza complessiva di impianto di 62,7 MW.

Nel dettaglio il progetto prevede l'installazione di n.8 aerogeneratori nei terreni del Comune di Nule (SS) e di n.3 aerogeneratori nei terreni del Comune di Benetutti (SS).

Gli aerogeneratori saranno collegati alla nuova Stazione di trasformazione Utente, posta nel comune di Buddusò (SS), tramite cavidotti interrati con tensione nominale pari a 30 kV.

La stazione di trasformazione utente riceverà l'energia proveniente dall'impianto eolico a 30 kV e la eleverà alla tensione di 150 kV.

Tutta l'energia elettrica prodotta verrà ceduta alla rete tramite collegamento in antenna a 150 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150 kV, in GIS denominata "Buddusò", già in iter nel Piano di Sviluppo di Terna.



Le attività di progettazione definitiva e di studio di impatto ambientale sono state sviluppate dalla società di ingegneria ANTEX Group Srl.

ANTEX Group Srl è una società che fornisce servizi globali di consulenza e management ad Aziende private ed Enti pubblici che intendono realizzare opere ed investimenti su scala nazionale ed internazionale.

È costituita da selezionati e qualificati professionisti uniti dalla comune esperienza professionale nell'ambito delle consulenze ingegneristiche, tecniche, ambientali, gestionali, legali e di finanza agevolata.

Sia ANTEX che INNOGY pongono a fondamento delle attività e delle proprie iniziative, i principi della qualità, dell'ambiente e della sicurezza come espressi dalle norme ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001 nelle loro ultime edizioni.

Difatti, le Aziende citate, in un'ottica di sviluppo sostenibile proprio e per i propri clienti e fornitori, posseggono un proprio Sistema di Gestione Integrato Qualità-Sicurezza-Ambiente.

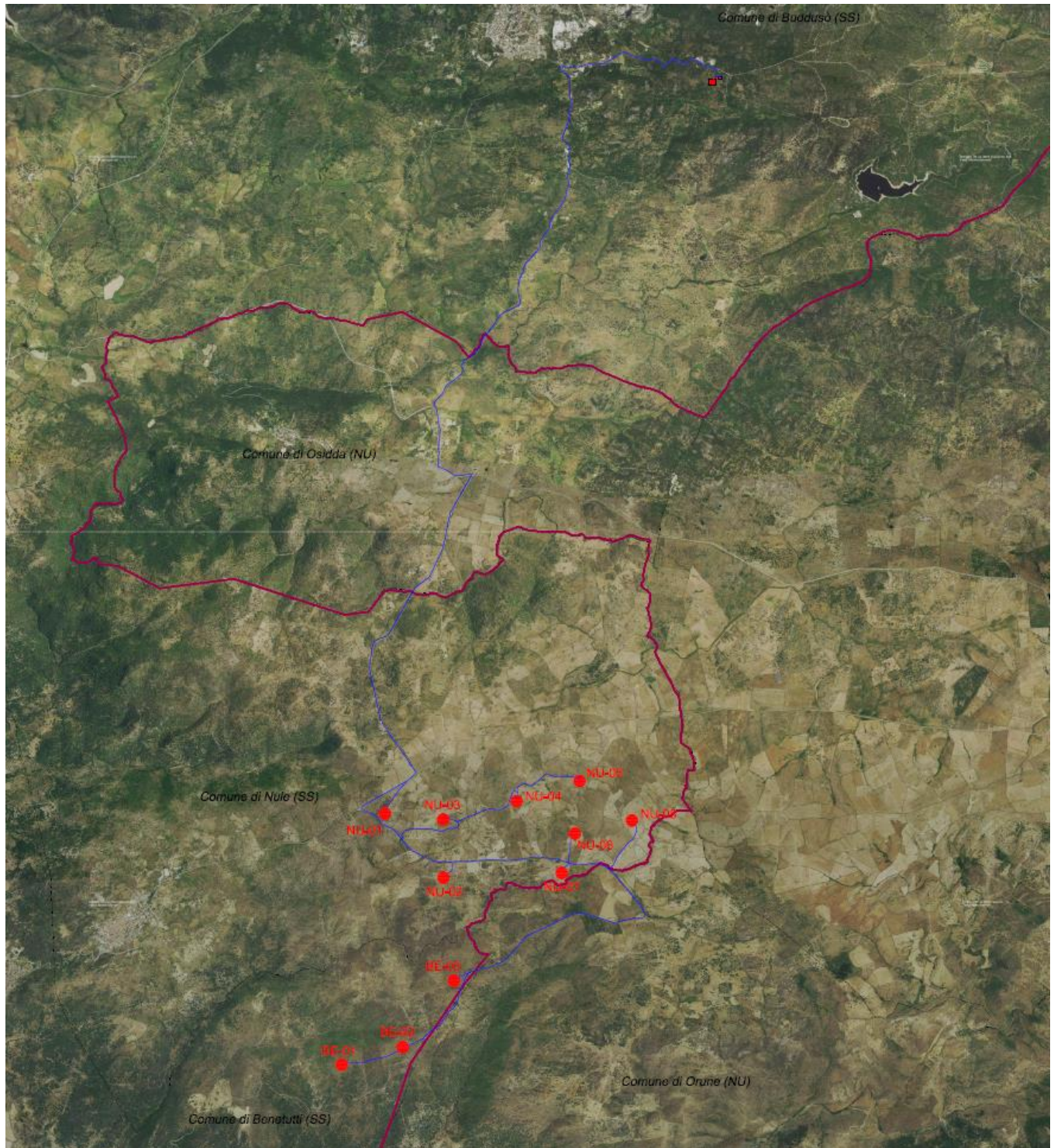
	REALIZZAZIONE PARCO EOLICO DI NULE E BENETUTTI <b>VALUTAZIONE RISORSA EOLICA E ANALISI DI PRODUCIBILITÀ</b>	 Ingegneria & Innovazione	
		16/07/2020	REV: 1

## 2. DESCRIZIONE GENERALE DELL'INTERVENTO

Il progetto del parco eolico in esame, come già accennato in premessa, prevede l'installazione di n. 11 nuovi aerogeneratori con potenza unitaria di 5,7 MW, per una potenza complessiva di impianto di 62,7 MW. Otto di questi saranno ubicati nei terreni del Comune di Nule mentre gli altri tre nei terreni del Comune di Benetutti, entrambi in Provincia di Sassari. Gli abitati di Nule (SS) e Benetutti (SS) presentano una distanza minima dall'impianto pari a 3,50 e 4,60 km rispettivamente. Le quote relative all'impianto eolico vanno dai 624 m.s.l.m ai 718 m.s.l.m.

Gli aerogeneratori saranno collegati alla nuova Stazione di trasformazione Utente, posta nel comune di Buddusò (SS), tramite cavidotti interrati che passeranno anche dai comuni di Osidda (NU) e Orune (NU), con tensione nominale pari a 30 kV. La stazione di trasformazione utente riceverà l'energia proveniente dall'impianto eolico a 30 kV e la eleverà alla tensione di 150 kV.

Tutta l'energia elettrica prodotta verrà ceduta alla rete tramite collegamento in antenna a 150 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150 kV, in GIS denominata "Buddusò", già in iter nel Piano di Sviluppo di Terna. Il tutto può essere meglio evidenziato nella figura seguente.



**Figura 1: Inquadramento impianto eolico su ortofoto**

Il progetto si identifica all'interno delle seguenti cartografie:

- Fogli IGM in scala 1:25.000 di cui alle seguenti codifiche 481/1 e 481/2;
- CTR in scala 1:10.000, di cui alle seguenti codifiche: 481110, 481120, 481150, 481070, 481080, 481040;

Nella successiva tabella si riportano le coordinate degli aerogeneratori nel sistema di riferimento UTM WGS84:

ID WTG	Est	Nord	Comune
NU-01	519821.00	4480660.00	NULE
NU-02	520637.00	4479766.00	NULE
NU-03	520633.00	4480578.00	NULE
NU-04	521657.00	4480833.00	NULE
NU-05	522534.00	4481114.00	NULE
NU-06	522469.00	4480380.00	NULE
NU-07	522284.00	4479832.00	NULE
NU-08	523265.00	4480564.00	NULE
BE-01	520782.00	4478329.00	BENETUTTI
BE-02	520068.00	4477401.00	BENETUTTI
BE-03	519219.00	4477158.00	BENETUTTI

**Tabella 1: Coordinate degli aerogeneratori nel sistema di riferimento UTM WGS84**

L'intervento consisterà in una prima fase, durante la quale dovranno compiere gli scavi, compresi quelli per i relativi cavidotti, e la realizzazione della viabilità e delle piazzole; seguirà poi una seconda fase di trasporto e montaggio delle 11 nuove macchine sui punti sopra elencati, con tutte le strutture annesse (cavidotti e fondazioni in c.a.). Le nuove macchine, tra le più potenti al mondo nell'ambito dell'eolico on-shore, presentano i seguenti dati:

Potenza massima	Altezza massima al fulcro	Altezza massima al TIP	Diametro rotore	Frequenza massima di rotazione
5,70 MW	118,00 m	199,50 m	163,00 m	11,80 rpm

**Tabella 2: Caratteristiche degli aerogeneratori**

Le piazzole che saranno realizzate per l'installazione delle nuove macchine, ad intervento ultimato avranno una superficie pari a circa 2.200 m<sup>2</sup> ciascuna, per una superficie complessiva pari a m<sup>2</sup> 24.200. Lungo la viabilità interna, il progetto prevede di sfruttare al massimo le strade già esistenti che si sviluppano all'interno dell'area interessata dal sito, con miglioramenti ove necessario che consentiranno un facile accesso per l'installazione delle pale eoliche.

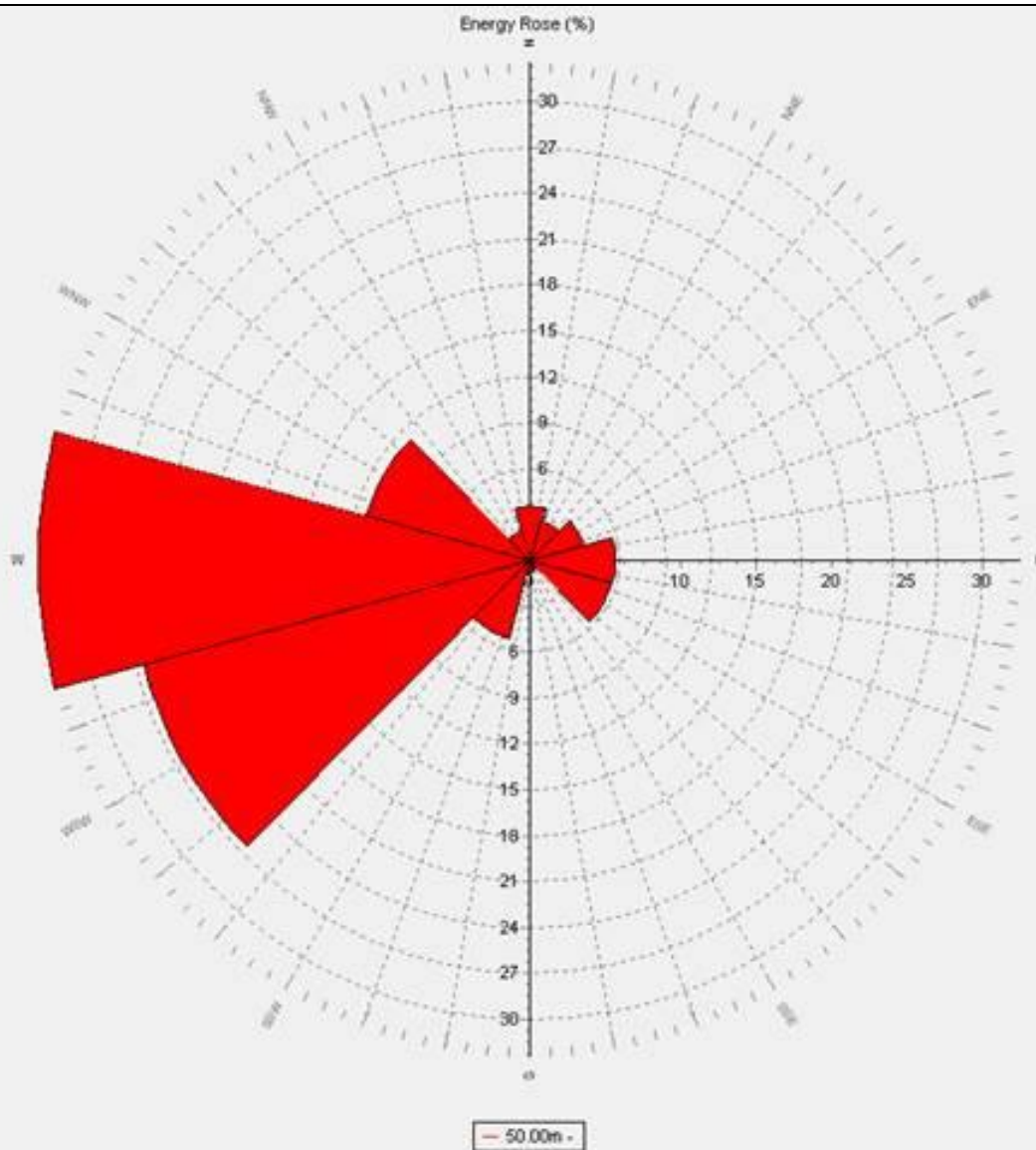
L'insieme delle opere necessarie alla realizzazione dell'impianto saranno correlate in parte in territorio aperto ed in parte su strade esistenti; ovvero le turbine con annesse piste d'accesso, saranno posizionate secondo il layout mostrato in Figura 1 e sorgeranno in territorio aperto e libero da vegetazione, mentre il cavidotto interesserà in parte le predette piste ed in parte la viabilità esistente costituita da strade interpoderali, comunali e provinciali. La superficie direttamente interessata dall'intervento è costituita da aree con vegetazione rada, per la maggior parte destinate a pascolo arborato con querce da sughero sparse, che non ospitano specie vegetali rare o con problemi a livello conservazionistico.

### 3. WIND ROSE

La caratterizzazione anemologica del sito di progetto è stata eseguita sulla scorta di dati anemometrici rilevati tramite l'ausilio della torre anemometrica di 50 m di altezza. La stazione anemometrica è situata a circa 4 km dall'area dell'impianto. I dati anemometrici rilevati dai sensori montati sulla suddetta torre anemometrica valutano la misurazione dei valori medi, massimi, minimi, e di deviazione standard delle velocità del vento; in particolare, i dati di velocità del vento sono quelli rilevati dai sensori anemometrici situati sulla torre a 50 m s.l.t., 40 m s.l.t. e a 30 m s.l.t.; i dati di direzione sono stati invece rilevati da sensori di direzione posti a 50 m s.l.t. e 30 m s.l.t. I risultati riportati nel presente report sono il frutto delle analisi e delle elaborazioni eseguite sui dati originali provenienti dalle registrazioni del datalogger. Le misurazioni ritenute non valide a causa di fenomeni o eventi atmosferici che hanno indotto un malfunzionamento temporaneo dei sensori (per esempio sensori ghiacciati per le basse temperature) calcolare tutti i parametri quali velocità edia, valori min, max, turbolenze ecc. Il presente studio si basa sull'acquisizione e successiva elaborazione dei dati anemometrici di velocità e direzione del vento rilevati attraverso una torre anemometrica localizzata nelle vicinanze dell'area dell'impianto, estesi su un intervallo temporale compreso tra il 29.08.2008 e il 12.02. 2011.

### 4. WIND DATA

La distribuzione del vento avviene generalmente attorno ad un cerchio ideale suddiviso in  $n = 12$  settori di direzione uguali, con ampiezza di  $30^\circ$ . All'interno della "Rosa dei venti" del software il dato di distribuzione è normalmente specificato come una tabella di frequenza quale indicato il numero di ore a ogni velocità del vento e per ogni settore. La rosa dei venti indica che le direzioni principali del vento sono l'arco dei settori Ovest-Nord-Ovest e Ovest. La disponibilità di dati alla torre anemometrica è stata del 99%. Per il periodo di 24 mesi compreso tra 01.01.2009 e 31.12.2010, si è registrata una velocità media del vento, rilevata a 50 m s.l.t., pari a 6,96 m / s. La corrispondente distribuzione di Weibull è selezionata dai fattori di Scala ("Scala") = 7,82 e di Forma ("Forma") = 1.7442. La disponibilità di analisi del vento e la caratterizzazione della curva iso-vento. Si riportano a seguire la rosa dei venti caratterizzante il regime eolico del sito.



**Figura 2: Rosa dei venti - Regime eolico del sito**

## 5. MODELLO DI TURBINA EOLICA

L'aerogeneratore è una macchina che sfrutta l'energia cinetica posseduta dal vento per la produzione di energia elettrica. La macchina con le sue dimensioni è rappresentata nell'elaborato "C19023S05-PD-EC-4: Tipico Aerogeneratore".

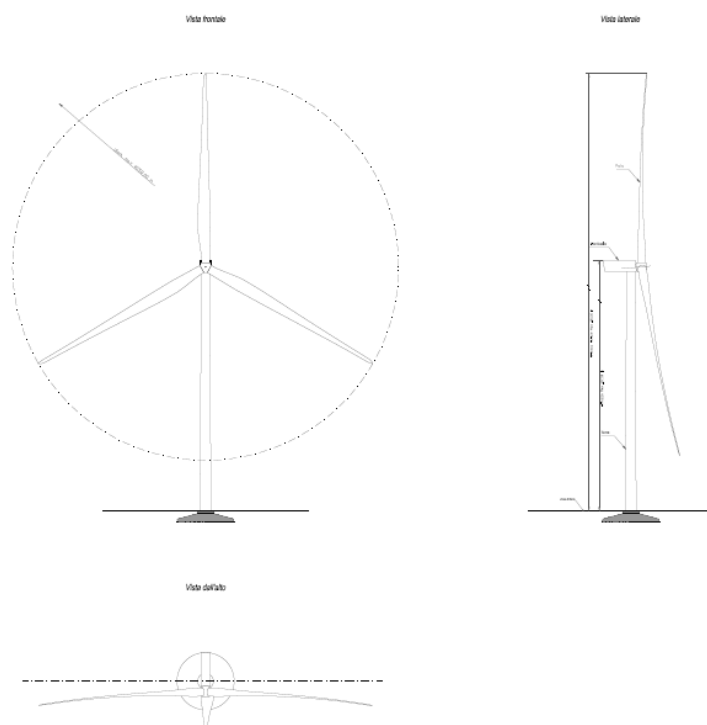
Sul mercato esistono diverse tipologie di aerogeneratori, ad asse orizzontale e verticale, con rotore mono, bi o tripala, posto sopra o sottovento. Il tipo di aerogeneratore previsto per l'impianto in oggetto è il Nordex N163-



5.7\_TS118-00, un aerogeneratore ad asse orizzontale con rotore tripala e potenza massima di 5700 KW, le cui caratteristiche principali sono di seguito riportate:

- rotore tripala a passo variabile, di diametro massimo di 163 m, posto sopravvento al sostegno, in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro, con mozzo rigido in acciaio;
- navicella in carpenteria metallica con carenatura in vetroresina e lamiera, in cui sono collocati il generatore elettrico e le apparecchiature idrauliche ed elettriche di comando e controllo;
- sostegno tubolare troncoconico in acciaio, avente altezza fino all'asse del rotore al massimo pari a 118 m.

I tronchi di torre sono realizzati da lastre in acciaio laminato, saldate per formare una struttura tubolare troncoconica.



**Figura 3** Aerogeneratore

La navicella è dotata di un sistema antincendio, che consiste di rilevatori di fumo e CO, i quali rivelano gli incendi e attivano un sistema di spegnimento ad acqua atomizzata ad alta pressione nel caso di incendi dei componenti meccanici e a gas inerte (azoto) nel caso di incendi dei componenti elettrici (cabine elettriche e trasformatore). In aggiunta a ciò il rivestimento della navicella contiene materiali autoestinguenti.

L'aerogeneratore è dotato di un completo sistema antifulmine, in grado di proteggere da danni diretti ed indiretti sia alla struttura (interna ed esterna) che alle persone. Il fulmine viene "catturato" per mezzo di un sistema di conduttori integrati nelle pale del rotore, disposti ogni 5 metri per tutta la lunghezza della pala. Da questi, la corrente del fulmine è incanalata attraverso un sistema di conduttori a bassa impedenza fino al sistema di messa a terra. La corrente di un eventuale fulmine è scaricata dal rotore e dalla navicella alla torre tramite collettori ad anelli e scaricatori di sovratensioni. La corrente del fulmine è infine scaricata a terra tramite un dispersore di terra. I dispositivi antifulmine previsti sono conformi agli standard della più elevata classe di protezione, secondo lo standard internazionale IEC 61400-24.

La turbina eolica scelta per il progetto entra in funzione a velocità del vento di circa 3 m/s e raggiunge la sua potenza nominale a velocità di circa 11 m/s. A velocità del vento superiori, il sistema di controllo del passo inizia a funzionare in maniera da limitare la potenza della macchina e da prevenire sovraccarichi al generatore ed agli altri componenti elettromeccanici. A velocità di circa 20 m/s il sistema di controllo orienta le pale in maniera tale da mandare il stallo il rotore e da evitare forti sollecitazioni e danni meccanici e strutturali. L'obiettivo è quello di far funzionare il rotore con il massimo rendimento possibile con velocità del vento comprese tra quella di avviamento e quella nominale, di mantenere costante la potenza nominale all'albero di trasmissione quando la velocità del vento aumenta e di bloccare la macchina in caso di venti estremi. Il moderno sistema di controllo del passo degli aerogeneratori permette di ruotare singolarmente le pale intorno al loro asse principale; questo sistema, in combinazione con i generatori a velocità variabile, ha portato ad un significativo miglioramento del funzionamento e del rendimento degli aerogeneratori.

La frenatura è effettuata regolando l'inclinazione delle pale del rotore. Ciascuno dei tre dispositivi di regolazione dell'angolo delle pale del rotore è completamente indipendente. In caso di un guasto del sistema di alimentazione, i motori a corrente continua sono alimentati da accumulatori che ruotano con il rotore. L'impiego di motori a corrente continua permette, in caso di emergenza, la connessione in continua degli accumulatori, senza necessità di impiego di inverter. La torsione di una sola pala è sufficiente per portare la turbina in un range di velocità nel quale la turbina non può subire danni. Ciò costituisce un triplice sistema ridondante di sicurezza. Nel caso in cui uno dei sistemi primari di sicurezza si guasti, si attiva un disco meccanico di frenatura che arresta il rotore congiuntamente al sistema di registrazione della pala.

I sistemi frenanti sono progettati in modo che, se un qualunque componente del sistema frenante non funziona correttamente o è guasto, immediatamente l'aerogeneratore si porta in condizioni di sicurezza.

Gli aerogeneratori hanno una vita utile di circa 30 anni, al termine dei quali è necessario provvedere al loro smantellamento ed eventualmente alla loro sostituzione con nuovi e più performanti aerogeneratori

La fase di decommissioning avverrà con modalità analoghe a quanto descritto per la fase di installazione. Le componenti elettriche (trasformatore, quadri elettrici, ecc) verranno quindi smaltite, in accordo con la direttiva europea (WEEE - Waste of Electrical and Electronic Equipment); le parti in metallo (acciaio e rame) e in plastica rinforzata (GPR) potranno invece essere riciclate.

## 6. STIMA DELLA PRODUCIBILITA' ATTESA

Sulla base della rosa dei venti per il sito in esame e della curva di potenza del modello di turbina eolica ipotizzato ai fini delle simulazioni, utilizzando il software windPRO (versione 3.3) è stata stimolata la producibilità energia attesa dell'impianto eolico di progetto costituito da n ° 11 (undici) aerogeneratori, espressa in ore equivalenti annue. L'efficienza dell'impianto eolico è inficiata da vari fattori di cui il software tiene conto nella simulazione: inficiano l'efficienza delle turbolenze dovute all'orografia e agli ostacoli presenti nell'area d'immagine; e il detto "effetto scia", ovvero quando le turbine interagiscono tra loro tramite turbolenze e scie dovute all'oro funzionamento. Dalla producibilità costantemente sono sottratte per cautela le ulteriori perdite dovute all'efficienza elettrica, alla disponibilità delle macchine, alla degradazione aerodinamica delle pale, ecc., stimati diminuendo dell'11,8% del totale di produzione del parco:

<b>Wake losses</b>	5.6%
<b>Non availability</b>	2.0%
<b>Electrical losses</b>	3.2%
<b>Turbine performance</b>	0.4%
<b>Environment</b>	1.1%
<b>Curtailement</b>	0.0%
<b>Total losses</b>	<b>11.8%</b>

**Tabella 4: Perdita di produzione**

La Net Energy Yield (P50) per l'impianto di progetto "Nule" è risultata pari a 178 GWh/a, per un totale di ore equivalenti annue (P50) pari a circa 2,850 h/a.

**ALLEGATO - General documentation Technical description - Wind turbine class Nordex Delta4000 - N163/5.X**

**General documentation**  
**Technical description**

**Wind turbine class Nordex Delta4000 - N163/5.X**

**Rev. 02/ 2020-01-24**

Document no.:	2000627EN
Status:	Released
Language:	EN – English
Classification:	Nordex Internal Purpose

- Translation of the original document (E0004923356 rev. 02) -

This is a translation from German. In case of doubt, the German text shall prevail.

Document will be distributed electronically.

Signed original at Nordex Energy GmbH, Engineering Department.

---

This document, including any presentation of its contents in whole or in part, is the intellectual property of Nordex Energy GmbH. The information contained in this document is intended exclusively for Nordex employees and employees of trusted partners and subcontractors of Nordex Energy GmbH, Nordex SE and their affiliated companies as defined in section 15ff. of the German Stock Corporation Act (AktG) and must never (not even in extracts) be disclosed to third parties.

All rights reserved.

Any disclosure, duplication, translation or other use of this document or parts thereof, regardless if in printed, handwritten, electronic or other form, without the explicit approval of Nordex Energy GmbH is prohibited.

© 2020 Nordex Energy GmbH, Hamburg

Manufacturer's address as per Machinery Directive:

Nordex Energy GmbH

Langenhorner Chaussee 600

22419 Hamburg

Germany

Phone: +49 (0)40 300 30 -1000

Fax: +49 (0)40 300 30 -1101

info@nordex-online.com

<http://www.nordex-online.com>

## Validity

<b>Turbine generation</b>	<b>Product series</b>	<b>Product</b>
Delta	Delta4000	N163/5.X

## 1. Structure

The Nordex N163/5.X wind turbine (WT) is a speed-variable wind turbine with a rotor diameter of 163 m and a nominal power of 5700 kW, which can be adapted dependent on location. The wind turbine is designed for class S in accordance with IEC 61400-1 or wind zone S in accordance with DIBt 2012 and is available in 50 Hz and 60 Hz variants.

A Nordex N163/5.X wind turbine consists of the following main components:

- Rotor, with rotor hub, three rotor blades and the pitch system
- Nacelle with drive train, generator, yaw system, medium voltage transformer and converter.
- Tube tower, hybrid tower or concrete tower with MS switchgear

### 1.1 Tower

The wind turbine N163/5.X can be erected on a steel tower, a hybrid tower or a concrete tower. The steel tower is cylindrical and consists of several sections. This tower is bolted to the anchor cage embedded in the foundation. The bottom part of the hybrid tower consists of a concrete tower and the top part of a tubular steel tower with two sections. The concrete tower consists completely of concrete elements.

Corrosion protection of the surface is guaranteed by a coating system according to ISO 12944. A service lift, the vertical ladder with fall protection system as well as resting and working platforms inside the tower allow for a weather-protected ascent to the nacelle.

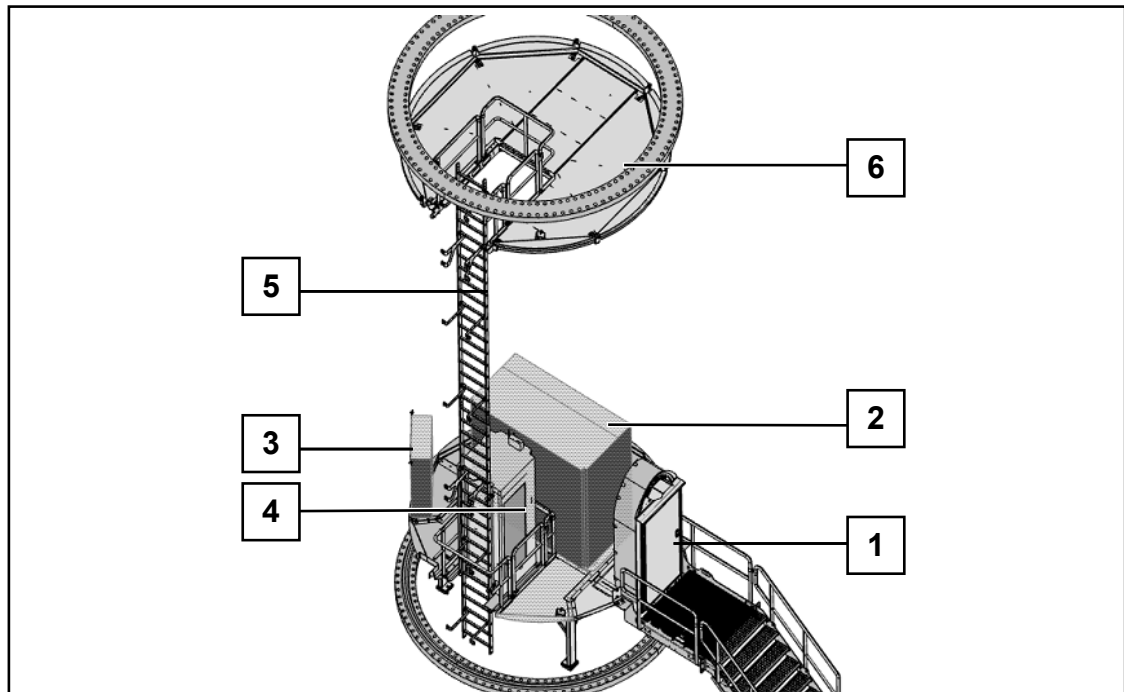


Fig. 1: Overview of installations in the bottom section of the steel tube tower

- |                      |                 |                   |
|----------------------|-----------------|-------------------|
| 1 Tower access       | 2 MV switchgear | 3 Control cabinet |
| 4 Tower service lift | 5 Ladder path   | 6 Flange platform |

The foundation structure of all towers depends on the soil conditions at the intended location.

## 1.2 Rotor

The rotor consists of the rotor hub with three slewing bearings, the pitch system for blade adjustment and three rotor blades.

The **rotor hub** consists of a base element with support system and spinner. The base element consists of a stiff cast structure, on which the pitch bearings and the rotor blades are assembled. The rotor hub is covered with the spinner which enables the direct access from the nacelle into the rotor hub.

The **rotor blades** are made from high quality fiber glass- and carbon-fiber reinforced plastic. The rotor blade is tested statically and dynamically in accordance with the guidelines IEC 61400-23 and DNVGL-ST-0376 (2015). Optionally, the rotor blades can be equipped with serrations, which optimize the sound power level. An ice detection system is offered as another option.

The **pitch system** serves to adjust the pitch angle of the rotor blades set by the control system. For each individual rotor blade the pitch system comprises an electromechanical drive with rotary current motor, planetary gear and drive pinion, as well as a control unit with frequency converter and emergency power supply. Power supply and signal transfer are realized through a slip ring in the nacelle.

## 1.3 Nacelle

The nacelle contains essential mechanical and electric components of the wind turbine. The nacelle can be pivoted on the tower.

The **transformer** converts the generator/converter system's low voltage to the medium voltage defined by the point of supply. A passive cooler on the roof of the nacelle cools the cooling water of the transformer.

In the **switch cabinet** all electrical components required for the control and supply of the turbine are located.

With the mechanical **rotor brake** the rotor is locked during maintenance work. For this, a sufficient oil pressure is generated by the hydraulic pump.

The **converter** connects the electrical grid to the generator which means the generator can be operated with variable rotational speeds. The cooling water is re-cooled by a passive cooler on the nacelle roof.

The **gearbox** increases the rotor speed until it reaches the speed required for the generator. The bearings and gearings are continuously lubricated with oil. A combination filter element with coarse, fine and ultrafine filter retains solid particles. The control system monitors the contamination of the filter element. The gear oil used for lubrication also cools the gearbox. The temperatures of the gearbox bearings and the oil are continuously monitored. If the optimum operating temperature is not yet reached, a thermal bypass directs the gear oil directly back to the gearbox. If the operating temperature of the gear oil is exceeded it is cooled down. The gearbox cooling is realized with an oil/water cooler that is installed directly at the gearbox.

The **rotor shaft** is supported in the **rotor bearing** inside the nacelle. A rotor lock is integrated in the rotor bearing housing, with which the rotor can be reliably locked in place mechanically.

All nacelle assemblies are protected against wind and weather conditions by means of a **nacelle housing**.

The **coupling** acts as force-transmitting connection between the gearbox and the generator.

The **generator** is a 6-pole doubly-fed induction machine. An air/water heat exchanger is mounted on the generator. The cooling water is re-cooled in a passive cooler on the roof of the nacelle.

The **yaw drives** optimally rotate the nacelle into the wind. The yaw drives are located on the machine frame in the nacelle. A yaw drive consists of an electric motor, multi-stage planetary gear, and a drive pinion. The drive pinions mesh



with the external teeth of the yaw bearing. In the aligned position the nacelle is held with the yaw drives.

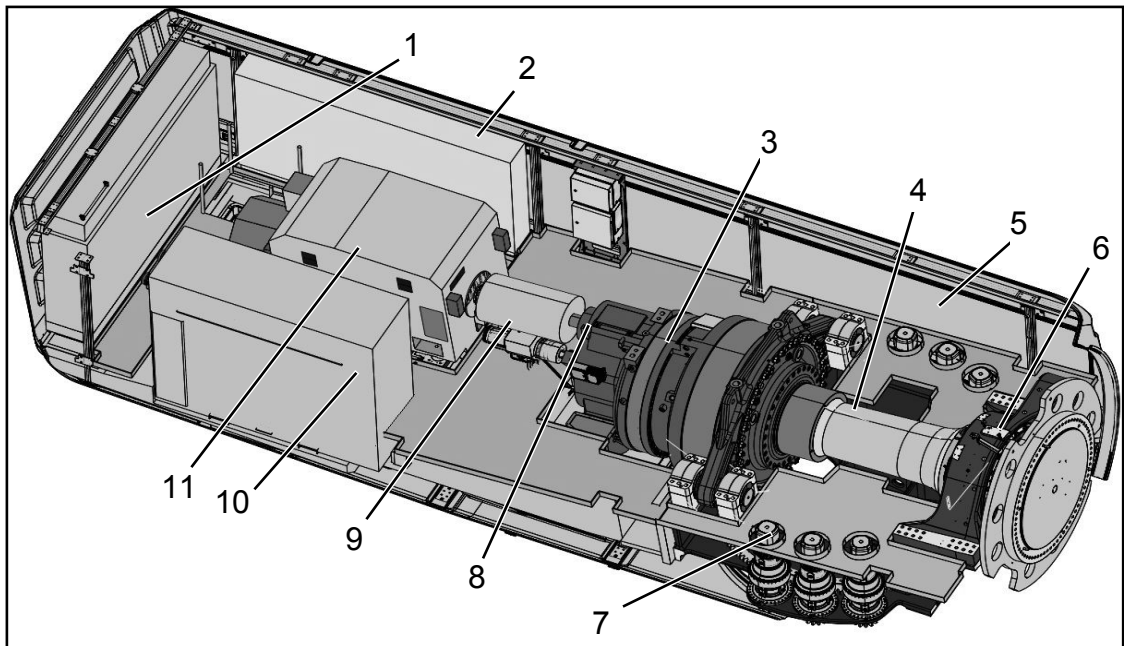


Fig. 2: Schematic diagram of the nacelle

- |                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| 1 Converter       | 2 Cabinet       |
| 3 Gearbox         | 4 Rotor shaft   |
| 5 Nacelle housing | 6 Rotor bearing |
| 7 Yaw drives      | 8 Rotor brake   |
| 9 Coupling        | 10 Transformer  |
| 11 Generator      |                 |

## 1.4 Auxiliary systems

Generator bearing, gearing of the pitch bearings, rotor shaft and gearing of the yaw bearing are each equipped with an **automatic lubrication system**. An automatic lubrication of the raceways of the pitch bearings can be offered as an option.

Gearbox, generator, cooling circuit and all relevant switch cabinets are equipped with **heaters**.

An electric **chain hoist** is installed in the nacelle which is used for lifting tools, components and other work materials from the ground into the nacelle. A crossbeam including push travel trolley together with a manual chain hoist is used to move material within the nacelle. The hand chain hoist is not included in the standard scope of delivery of the WT, but is offered as an option.

Various options of additional equipment are available for the wind turbine.

## 2. Medium-voltage switchgear

The medium voltage components are used to connect a WT to the wind farm medium-voltage grid or the local grid operator. The tower base contains the **MV switchgear**. It consists of a transformer field with circuit breakers and at least one ring cable field as default and up to three ring cable fields as an option (dependent on the wind farm configuration). The transformer panel consists of a vacuum circuit breaker and the disconnecter with ground switch. The ring cable panel consist of a switch disconnecter with a ground switch. The entire MV switchgear is assembled on a support/adaptor frame.

Further characteristics of the MV switchgear:

- Routine tests of each switchgear in compliance with IEC 62271-200
- Type tested, SF6 insulation
- Internal switchgear for self-contained electrical systems (min. IP2X)
- SF6 tank: metal-clad, metal-enclosed (min. IP65), independent of environmental influences
- Switch positions shown "On - Off - Grounded"
- Test terminal strip for secondary test
- Low-maintenance in accordance with class E2 (IEC 62271-100)

The system protection of the MV switchgear is achieved by the following items:

- Improved personal safety and system protection in case of arcing by type testing in compliance with IEC 62271-200
- Protection device supplied with converter current and stabilized for activation current as overcurrent-time protection relay (independent maximum current protection)
- Actuating openings for switchgear are interlocked to preclude operation of more than one simultaneously, and can be locked as an option
- Corrosion protection of the switchgear cells through hot-dip galvanization and painted surfaces
- Pressure relief by pressure absorber duct in case of arcing.

**Transformer** and **converter** are located in the nacelle. The transformer has been specified in accordance with IEC 60076-16 and meets the eco-design requirements of 548/2014/EC.

The steel components at the transformer are dimensioned for corrosion protection class C3 (H).

Additional protection measures:

- Grounded tank (Ester transformer)
- Overtemperature protection with temperature sensor and relay
- Hermetic protection (leakage) and overpressure protection for ester transformer

### 3. Control and electrical system

The WT operates automatically. A programmable logic controller (PLC) continuously monitors the operating parameters using various sensors, compares the actual values with the corresponding setpoints and issues the required control signals to the WT components. The operating parameters are specified by Nordex and are adapted to the individual location.

When there is no wind the WT remains in idle mode. Only various auxiliary systems are operational or activated as required: e.g., heaters, gear lubrication or PLC, which monitors the data from the wind measuring system. All other systems are switched off and do not use any energy. The rotor idles. When the optional STATCOM function has been enabled, the converter remains in operation and enables reactive power supply to the grid. When the cut-in wind speed is reached, the WT changes to the "ready for operation" condition. Now all systems are tested, the nacelle turns into the wind and the rotor blades turn into the wind. When a certain speed is reached, the generator is connected to the grid and the WT produces energy.

At low wind speeds the WT operates at part load. The rotor blade remain turned into wind to the maximum extent. The power produced by the WT depends on the wind speed.

When the nominal wind speed is reached, the WT switches over to the nominal load range. If the wind speed continues to increase, the speed control changes the rotor blade angle so that the rotor speed and thus the power output of the WT remain constant.

The yaw system ensures that the nacelle is always optimally aligned to the wind. To this end two separate wind measuring systems on the nacelle measure the wind direction. Only one wind measuring system is used for the control system, while the second system monitors the first and takes over in case the first system fails. If the wind direction measured deviates too much from the nacelle alignment, the nacelle is yawed into the wind.

The wind energy absorbed from the rotor is converted into electrical energy using a doubly-fed induction machine with slip ring rotor. Its stator is connected directly, and the rotor via a specially controlled frequency converter, to the MV transformer which connects the turbine to the grid. Only part of the power needs to be routed via the converter, permitting low electrical system losses.

#### 3.1 Safety systems

Nordex wind turbines are equipped with extensive equipment and accessories to provide for personal and turbine safety and ensure continuous operation. The entire turbine is designed in accordance with the Machinery Directive 2006/42/EC and certified as per IEC 61400.

If certain parameters that affect the safety of the system are exceeded, monitoring takes place in the safety-related system control, i.e. safe sensor technology transmits the sensor data to the safe controller via a safe bus system for evaluation, from where the system is stopped via safe actuators and set to a safe state.

Depending on the cut-out cause, different brake programs are triggered. In event of external causes, such as excessive wind speeds or below operating temperatures, the wind turbine is gently braked by means of rotor blade adjustment.

Other safety functions are used to stop drives safely for maintenance work.

### 3.2 **Lightning/overvoltage protection, electromagnetic compatibility (EMC)**

The lightning/surge protection of the wind turbine is based on the EMC-compliant lightning protection zone concept, which comprises the implementation of internal and external lightning/surge protection measures under consideration of the standard IEC 61400-24.

The wind turbine falls into lightning protection level I. All components of the internal and external lightning/surge protection are designed in accordance with lightning protection level I.

The wind turbine with the electrical equipment, consumers, the measurement, control, protection, information and telecommunication technology meets the EMC requirements according to IEC 61400-1, item 10.11.

### 3.3 **Low-voltage grid types**

The 750 V low voltage grid is insulated from the ground as an IT grid and three phase AC network and is the primary wind turbine low voltage energy system. The elements of the electrical operating and measuring devices of this network are grounded directly or via separate protective equipotential bonding cables. A central insulation monitor has been installed as another protective measure for personal and turbine safety in the 750-V-IT system.

The **400 V/230 V low-voltage grid** has its neutral point grounded directly in the supplying grid transformers as a TN system and three-phase system. The equipment grounding conductor PE and the neutral conductor are available separately. The bodies of electrical equipment and consumers, including the additional protective equipotential bonding, are connected directly, through protective earthing conductor connections, straight to the neutral points of the supply grid transformers. The 400 V/230 V low voltage grid is the auxiliary wind turbine low voltage system.

### 3.4 **Auxiliary power of the wind turbine**

The auxiliary low voltage required by the wind turbine in stand-by mode and feed-in mode is requested by the following consumers:

- System control including main converter control
- 400 V/230 V auxiliary power of the main converter
- 230 V AC UPS supply including 24 V DC supply
- Yaw system
- Pitch system
- Auxiliary drives such as pumps, fans and lubrication units
- Heating and lighting
- Auxiliary systems such as service lift, obstacle lights

Long-term measurements show that the average base load (average active power) of the auxiliary low voltage system during WT feed-in operation mode is approx. 15 kW, based on one year. These values are already included in the power curves.

For locations with an average annual wind speed of 6.5 m/s approx. 10 MWh auxiliary consumption arise, however, this value is greatly dependent on location. Auxiliary consumption is defines as the energy consumption of the WT from the grid for a period during which the WT does not supply current to the grid.

## 4. Technical data

Design	
Survival temperature	-40 °C to +50 °C
Operating temperature range NCV	-20 °C to +40 °C <sup>1)</sup>
Operating temperature range CCV	-30 °C to +40 °C <sup>1)</sup>
Stop	NCV: -20 °C, restart at -18 °C CCV -30 °C, restart at -28 °C
Max. height above MSL	2000 m <sup>1)</sup>
Certificate	In accordance with IEC 61400-22 and DIBt 2012
Type	3-blade rotor with horizontal axis Up-wind turbine
Output control	Active single blade adjustment
Nominal power	up to 5700* kW <sup>1)</sup>
Nominal power starting at wind speeds of (at air density of 1.225 kg/m <sup>3</sup> )	approx. 12.5 m/s
Operating speed range of the rotor	6.0 min <sup>-1</sup> to 11.8 min <sup>-1</sup>
Nominal speed	approx. 10.4 min <sup>-1</sup>
Cut-in wind speed	3 m/s
Cut-out wind speed	26 m/s <sup>2)</sup>
Cut-back-in wind speed	25,5 m/s <sup>2)</sup>
Calculated service life	≥ 20 years

<sup>1)</sup> Nominal power is achieved up to defined temperature ranges depending on the power factor.

<sup>2)</sup> Depending on the project, the cut-out wind speed can be decreased to safeguard the structural stability.

**Adaptation of the active power depending on the temperature at application heights  $\leq 1000$  m N.N.**

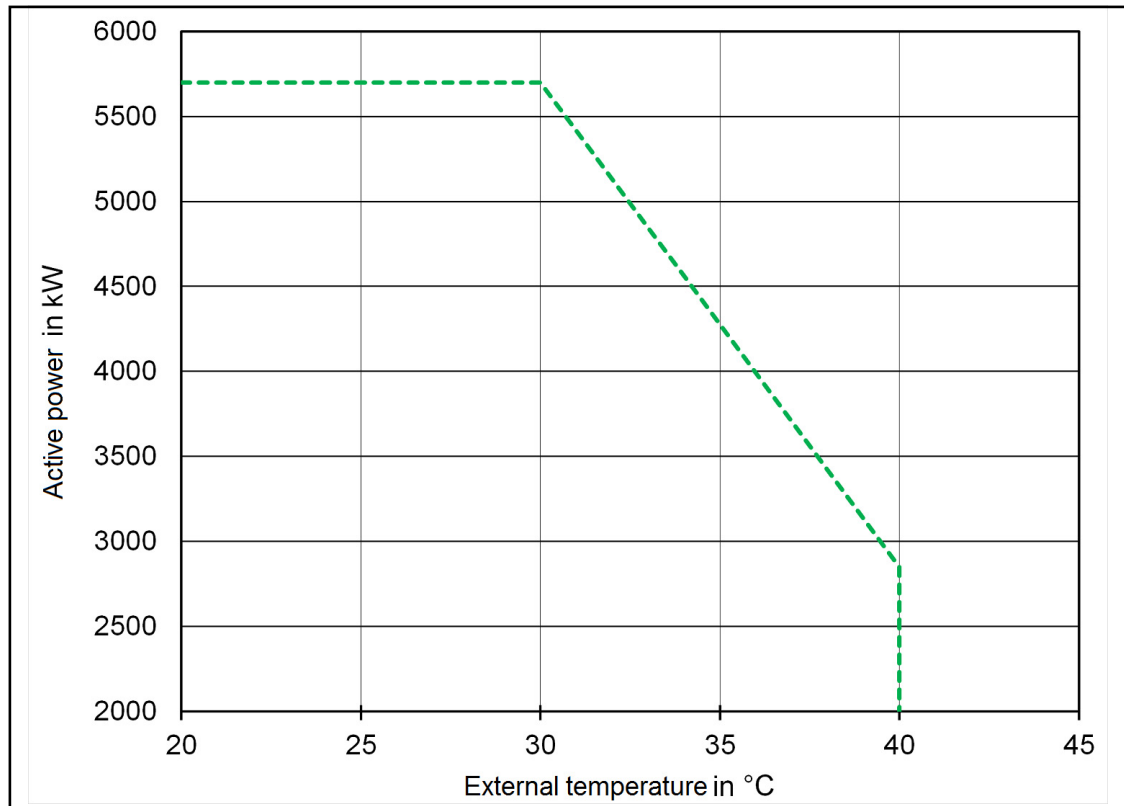


Fig. 3: Active power adaptation in standard mode with reactive power = 0

Towers	TS108-01	TS118-00	TS118-01	TC120N	TS148-00	TCS164
Hub height	108 m	118 m	118 m	120 m	148 m	164 m
Wind class	IEC S	DIBt S/ IEC S	IEC S	IEC S	IEC S	DIBt S/ IEC S
Number of tower sections	4	5	4	Concrete tower	6	2 steel sections 1 concrete part

Rotor	
Rotor diameter	163.0 m
Swept area	20867 m <sup>2</sup>
Nominal power/area	273 W/m <sup>2</sup>
Rotor shaft inclination angle	5 °
Blade cone angle	4.0 °

Rotor blade	
Material	fiber glass and carbon fiber reinforced plastic
Total length	79.7 m

**Rotor shaft/rotor bearing**

Type	Forged hollow shaft
Material	42CrMo4 or 34CrNiMo6
Bearing type	Spherical roller bearing
Lubrication	Regularly using lubricating grease

**Mechanical brake**

Type	Actively actuated disk brake
Location	On the high-speed shaft
Number of brake calipers	1
Brake pad material	Organic pad material

**Gearbox**

Type	Multi-stage planetary gear + spur gear stage
Gear ratio	50 Hz: $i = 121,5$ 60 Hz: $i = 145,8$
Lubrication	Forced-feed lubrication
Oil quantity including cooling circuit	Max. 650 l
Oil type	VG 320
Max. oil temperature	Approx. 77 °C
Oil change	Change, if required

**Electrical system**

Nominal power $P_{nG}$	up to 5700* kW
Nominal voltage	3 x AC 750 V $\pm$ 10 % (specific to grid code)
Nominal current during full reactive current feed-in $I_{nG}$ at $S_{nG}$	4876 A
Nominal apparent power $S_{nG}$ at $P_{nG}$	6334 kVA
Power factor at $P_{nG}$	1.00 as default setting 0.90 underexcited (inductive) up to 0.90 overexcited (capacitive) possible
Frequency	50 and 60 Hz

\*) All data are maximum values. The values may deviate depending on the rated voltage, rated apparent power and WT active power.

<b>Transformer*</b>	
Total weight	approx. 9 t
Insulation medium	Ester
Rated voltage OV, $U_r$	750 V
Maximum rated voltage OV, dependent on MV grid, $U_r$	20 kV / 30 kV / 34 kV
Taps, overvoltage side	20 kV and 30 kV: + 4 x 2,5 % 34 kV: + 4 x 0.5 kV
Grid voltage OV	20; 20.5; 21; 21.5; 22 kV 30; 30.75; 31.5; 32.25; 33 kV 34; 34.5; 35; 35.5; 36 kV
Rated frequency, $f_r$	50/60 Hz
Vector group	Dy5
Installation altitude (above MSL)	Up to 2000 m
Rated apparent power, $S_r$	6350 kVA
Impedance voltage $U_z$	8 to 9 % $\pm$ 10 % tolerance
Minimum peak efficiency index, $\eta$	99.571%
Activation current	$\leq 5.5 \times I_N$ (peak value)
Verlustleistung <sup>1)</sup>	
Idle losses	3000 W
Short circuit losses	70000 W

\*)The values are (if not specified otherwise) maximum values. The values may deviate depending on the rated voltage, rated apparent power and WT active power.

<sup>1)</sup> Guide values

<b>MV switchgear</b>	
Rated voltage (depending on MV network)	24, 36 or 40.5 kV
Rated current	630 A (>630 A optional)
Rated short-circuit duration	1 s
Rated short circuit current	24 kV: 16 kA (20 kA optional) 36 / 40.5 kV: 20 kA (25 kA optional)
Minimum/maximum ambient temperature during operation	NCV: -25 °C to +40 °C
	CCV -30 °C to +40 °C
Connection type	External cone type C according to EN 50181
Circuit breaker	
Number of switching cycles with rated current	E2
Number of switching cycles with short-circuit breaking current	E2



<b>MV switchgear</b>	
Number of mechanical switching cycles	M1
Switching of capacitive currents	Min. C1 - low
Switch disconnector	
Number of switching cycles with rated current	E3
Number of switching cycles with short-circuit breaking current	E3
Number of mechanical switching cycles	M1
Disconnecter	
Number of mechanical switching cycles	M0
Ground switch	
Switching number with rated short-circuit inrush current	E2
Number of mechanical switching cycles	≥ 1000

<b>Generator</b>	
Degree of protection	IP 54 (slip ring box IP 23)
Nominal voltage	750 V
Frequency	50 and 60 Hz
Speed range	50 Hz: 650 to 1500 min <sup>-1</sup> 60 Hz: 780 to 1800 min <sup>-1</sup>
Poles	6
Weight	approx. 10.6 t

<b>Cooling system</b>	
<b>Gearbox</b>	
Type	Oil circuit with oil/water heat exchanger and thermal bypass
Filters	Coarse filter 50 µm / fine filter 10 µm / ultrafine filter <5 µm
<b>Generator</b>	
Type	Water circuit with water/air heat exchanger and thermal bypass
Coolant	Water/glycol-based coolant
<b>Converter</b>	

### Cooling system

Type	Water circuit with water/air heat exchanger and thermal bypass
Coolant	Water/glycol-based coolant
<b>Transformer</b>	
Coolant	Water/glycol-based coolant
Cooling circuit	Ester circuit with ester/water heat exchanger

### Pitch system

Pitch bearing	Double-row four-point contact bearing
Gearing/raceway lubrication	Regular lubrication with grease
Drive	Electric motors incl. spring-loaded brake and multi-stage planetary gear
Emergency power supply	Batteries

### Yaw system

Yaw bearing	Double-row four-point contact bearing
Gearing/raceway lubrication	Regular lubrication with grease
Drive	Electric motors incl. spring-loaded brake and four-stage planetary gear
Number of drives	5-6
Yaw speed	Approx. 0.4 °/s

### Automation system

Field bus system	Profinet
Safe fieldbus system	Profisafe via Profinet
Turbine control	Profinet system control
Safety control	Integrated safety control

Nordex Energy GmbH  
Langenhorner Chaussee 600  
22419 Hamburg  
Germany  
info@nordex-online.com  
<http://www.nordex-online.com>