

Progettazione:

**SC Studio di Ingegneria**  
**Michele R.G. Curtotti**  
STUDIO DI INGEGNERIA ING. MICHELE R.G. CURTOTTI  
Viale II Giugno, 385 - 71016 San Severo (FG)  
ing.curtotti@pec.it - studiocurtotti@gmail.it

Proponente:

**INNOGY ITALIA S.p.A.**  
Via Francesco Restelli 31/1 - 20124 Milano  
c.f e P.Iva 02590640211 - PEC innogy\_italia@legalmail.it



# PARCO EOLICO VOLTURINO COMUNE DI VOLTURINO

Autorizzazione Unica ai sensi della legge 387/03  
del parco eolico nel comune di Volturino (FG)

COMMITTENTE: INNOGY ITALIA S.p.A.  
Comune di Volturino (FG)

DATA : Luglio 2019

AGGIORN. : \_\_\_\_\_

TAVOLA

**R04**

DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE

SCALA : \_\_\_\_\_

DIMENS. : A4

PROGETTO DEFINITIVO

N° FOGLI : \_\_\_\_\_

COMMITTENTE:  
INNOGY ITALIA S.p.A.



PROGETTAZIONE:  
ing. Michele R.G. Curtotti



Questo elaborato è di proprietà dei progettisti ed è protetto a termini di legge

## **PREMESSA**

### **➤ AEROGENERATORI**

Poiché l'elemento costitutivo essenziale e caratterizzante di un impianto eolico è l'aerogeneratore che, sulla base di analisi sitologiche e anemologiche, viene scelto per l'installazione, si ritiene utile ed esaustivo allegare il report illustrativo generale fornito dal costruttore stesso.

Nella fattispecie, esistono sul mercato diversi modelli di aerogeneratore idonei ad essere installati per questo impianto; solo scelte commerciali potranno far ricadere la scelta finale su un modello particolare.

Preliminarmente è stato scelto come aerogeneratore potenzialmente installabile sul sito di Volturino la turbina:

- **NORDEX N149 4.8 Mwe, H145 mt.**

### **➤ OPERE CIVILI E STRUTTURE**

Sono indicate le caratteristiche dei materiali, le tecnologie costruttive e le modalità di posa in opera utilizzate per l'esecuzione dei lavori civili.

### **➤ OPERE ELETTRICHE**

Sono indicate le caratteristiche costruttive delle apparecchiature elettromeccaniche, le caratteristiche dei materiali, dei sistemi di controllo, gestione degli impianti di generazione.

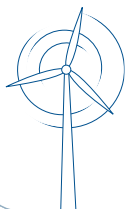
The **POWER PACKAGE**  
for successful projects



NORDEX

DELTA4000

**MAXIMUM FLEXIBILITY.  
MAXIMUM OUTPUT.**



N149/4.0-4.5  
N133/4.8



## PROVEN CONCEPTS

### *One step ahead through experience*

With the Delta4000 series, the Nordex Group relies on tried-and-tested series-production technology, based on experience of the Delta Generation. The Nordex Group currently has an installed capacity of over 2 gigawatt of this platform in operation and more than 1 gigawatt is in installation. In the process, we remain faithful to established principles and attach great importance to the reliability of all system components.

#### **Electrical system maintained**

Nordex had already equipped the first multi-megawatt system with a double-fed asynchronous generator and a partial converter in the year 2000. With the Delta4000 series, we have remained faithful to this proven and highly economical electrical system.

#### **Reliable drivetrain concept**

The drivetrain concept is based on a modular build system with three-point suspension. We have successfully implemented this system from the very outset. Together with our qualified suppliers, we are continuously enhancing our drivetrain components. This not only ensures the required performance, but also a high degree of availability.



**Delta platform:  
Over 2 GW installations****Grid compatibility guaranteed**

Like its predecessor generation, the turbines of the Delta4000 series meet the grid requirements of international markets. In addition, they provide grid-stabilizing system services.

**Tapping into colder locations**

The proven Nordex Cold Climate Package enables particularly cold locations to be developed. Turbines of the cold climate variant (CCV) are operational in outside temperatures of down to minus 30 degrees Celsius and can also be equipped with the proven rotor blade anti-icing system.



## OPTIMISED YIELDS *For tendering success*

In developing the Delta4000 series, there was one primary focus: the sustainable reduction of electricity generation costs (COE). The N149/4.0-4.5 and the N133/4.8 achieve yields that are up to 39 per cent greater than the predecessors in their wind class. This is a significant improvement that maximises the chances of success in auction processes.

### Flexible site adjustments

As the maximum output of the N149/4.0-4.5 varies between 4.0 and 4.5 megawatts, it is ideal for adapting to the grid operator's individual requirements, local wind conditions and noise constraints. This also means that it's possible to optimise the overall yield of a wind farm by means of the different maximum output of individual turbines, thus always exploiting the full potential of each turbine position within each single wind farm. This is an advantage, among other things, with large-scale projects that often come with different wind conditions and complex topography. High nominal output has a particularly positive effect on yields in strong wind locations. For this reason, the N133/4.8 has an output which is a further 300 kilowatts higher than its sister model.



**Up to 39 %  
increase in yield**

### Highest efficiency

The rotor diameter of the N149/4.0-4.5 has been enlarged by 18 metres, to 149 metres, compared to the largest rotor of the Delta Generation. This means the rotor sweep has been increased by 30 per cent. The rotor diameter of the N133/4.8 is more than 33 metres larger than that of the N100/3300, resulting in a roughly 78 per cent increase in the blade sweep. This new range ensures maximum efficiency at sites with light to medium wind speeds as well as at high wind speed sites.

### Acoustically optimised operating modes

The N149/4.0-4.5 can master particularly demanding locations thanks to different operating modes. Its sound power level ranges from 103.6 to 106.1 decibels, depending on the maximum nominal output. When operated in a sound-optimised mode, the sound power reaches a maximum level of 96.5 decibels. Despite its high nominal output, the N133/4.8 achieves a maximum sound power level of only 106 decibels. Depending on requirements and the location, this can be lowered to a maximum of 98 decibels.



## EVOLUTION INSTEAD OF REVOLUTION *Systematic further development*

For the Delta4000 product series, we took over the Delta Generation's fundamental design and transferred it to the 4 megawatt class, with the help of performance-enhancing concept adaptations. At the same time, we kept an eye on consequently reducing electricity generation costs.



### **Optimised power transfer**

Unlike the Delta Generation, the converter and transformer are no longer located in the tower base, but in the nacelle. This minimises electrical losses and reduces installation efforts in the field.

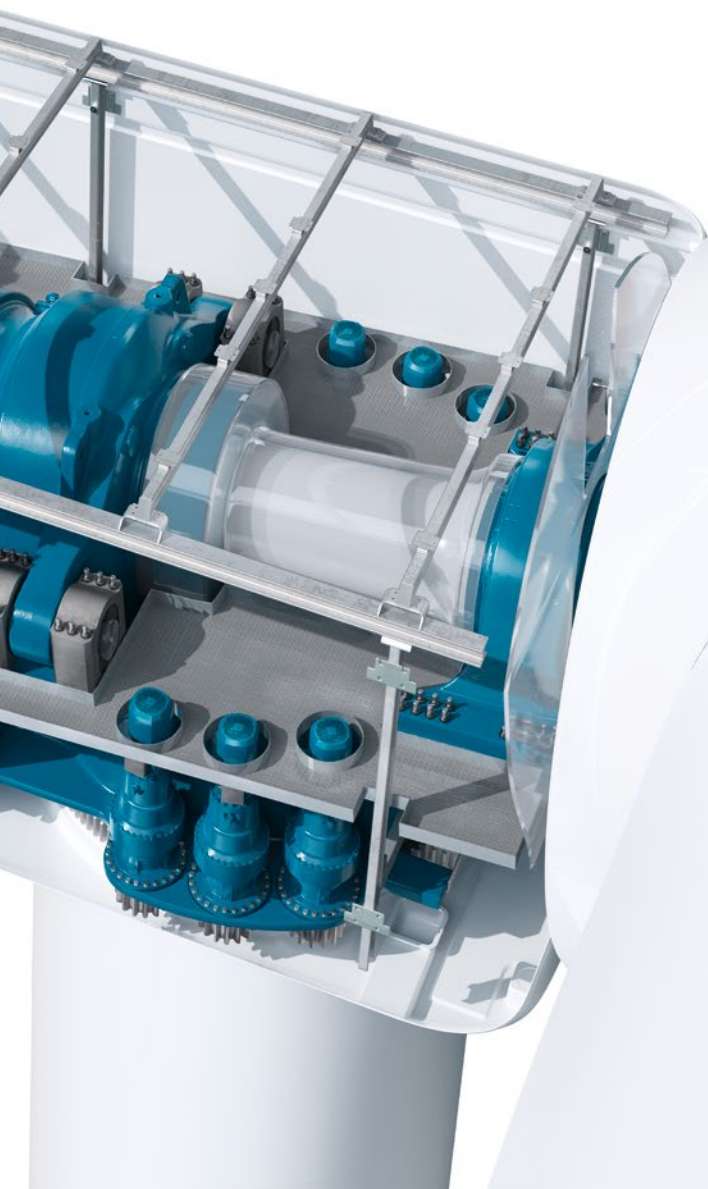


### Reduced service effort

The technical concept of the Delta4000 series minimises service requirements over its entire service life. We rigorously designed each component for lower maintenance effort. In addition, the models of this product series provide a mobile crane solution for replacing components.

### Larger rotor dimensions

The aerodynamic profile of the N149 rotor blade reflects the enhanced requirements, although its structure is largely unchanged. For the N133/4.8, we have transferred the rotorblade of the proven N131 to the Delta4000 series.



## N149 / 4.0-4.5

*For light- and medium- wind sites*

With a rotor sweep of 17,460 square metres and a nominal output of 4.0 to 4.5 megawatts, the N149/4.0-4.5 achieves an increase of up to 28 per cent in yield compared with the N131/3600. The variable generator setting permits the individual customisation of each turbine to the site conditions, thereby improving the overall output of the wind park.

### Advantages at a glance

- + 28 % improved output (releative to the N131 / 3600)
- + 30 % enlarged rotor area (releative to the N131 / 3600)
- Site-specific performance modes available from 4.0 to 4.5 MW
- 103.6 dB(A) at a nominal power level of 4.0 MW
- Service life of up to 25 years possible, depending on the site

4,000  
kW

4,500  
kW

4,500  
kW

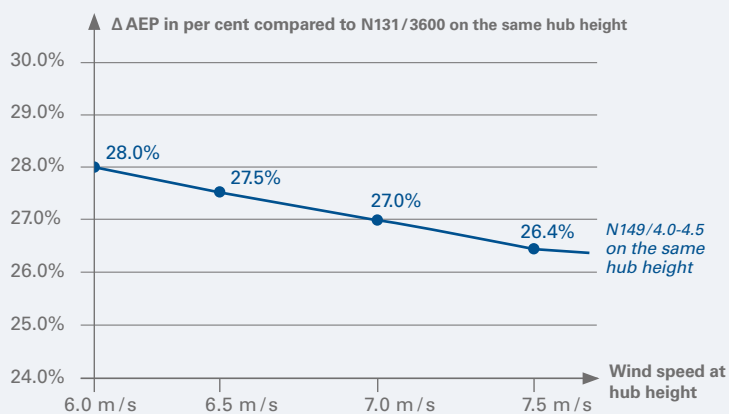
NORDEX

## TECHNICAL DATA

<b>N149 / 4.0-4.5</b>	
<b>Operating data</b>	
Rated power	4,000–4,500 kW
Cut-in wind speed	3 m/s
Cut-out wind speed	20 m/s (26 m/s)*
<b>Rotor</b>	
Diameter	149.1 m
Swept area	17,460 m <sup>2</sup>
Operating range rotational speed	6.4–12.3 rpm
Rated rotational speed	9.8–11.0 rpm
Tip speed	76.5–86.0 rpm
Speed control	Variable via microprocessor
Overspeed control	Pitch angle
<b>Gearbox</b>	
Type	3-stage gearbox (planetary-planetary-spur gear)
<b>Generator</b>	
Construction	Doubly fed asynchronous generator
Cooling system	Liquid/air cooling
Voltage	660 V
Grid frequency	50/60 Hz
<b>Brake system</b>	
Main brake	Aerodynamic brake (pitch)
Holding brake	Disc brake
<b>Lightning protection</b>	Fully compliant with IEC 61400-24
<b>Hub height</b>	
	105 m/IEC S, DIBt S 125 m/IEC S, DIBt S 164 m/IEC S, DIBt S And site specific

\* optional site-specific adjustment up to 26 m/s

**Compared to the N131 / 3600, the N149 / 4.0-4.5 generates additional annual yields of up to 28 per cent.**

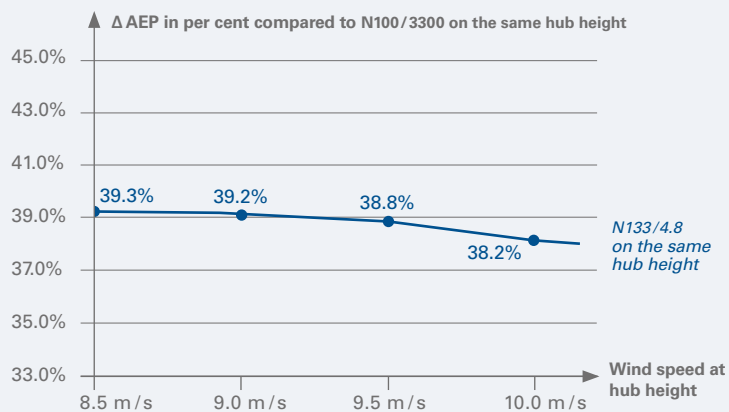


Calculation of AEP based on air density of 1.225 kg/m<sup>3</sup>, wind shear of 0.2 and Weibull shape parameter of  $k = 2.0$

## TECHNICAL DATA

<b>N133 / 4.8</b>	
<b>Operating data</b>	
Rated power	4,800 kW
<b>Rotor</b>	
Diameter	133.2 m
Swept area	13,935 m <sup>2</sup>
Operating range rotational speed	6.9–13.9 rpm
Rated rotational speed	12.2 rpm
Tip speed	85.1 rpm
Speed control	Variable via microprocessor
Overspeed control	Pitch angle
<b>Gearbox</b>	
Type	3-stage gearbox (planetary-planetary-spur gear)
<b>Generator</b>	
Construction	Doubly fed asynchronous generator
Cooling system	Liquid/air cooling
Voltage	690 V
Grid frequency	50/60 Hz
<b>Brake system</b>	
Main brake	Aerodynamic brake (pitch)
Holding brake	Disc brake
<b>Lightning protection</b>	
Fully compliant with IEC 61400-24	
<b>Hub height</b>	
78 m/IEC S 83 m/IEC S 110 m/IEC S And site specific	

**Compared to the N100 / 3300, the N133 / 4.8 generates additional annual yields of up to 39 per cent.**



Calculation of AEP based on air density of 1.225 kg/m<sup>3</sup>, wind shear of 0.2 and Weibull shape parameter of  $k = 2.0$

# WORLDWIDE PRESENCE

## **Nordex SE**

Langenhorner Chaussee 600  
22419 Hamburg  
Germany

Tel.: +49 40 300 30 1000

## **Nordex Energy GmbH**

Langenhorner Chaussee 600  
22419 Hamburg  
Germany

Tel.: +49 40 300 30 1000

## **Acciona Windpower**

Polígono Industrial Barásoain  
31395 Barásoain, Navarra  
Spain

Tel.: +34 948 720 535

## **Australia Melbourne**

SalesAustralia@nordex-online.com

## **Mexico Mexico D.F.**

SalesMexico@nordex-online.com

## **Baltic Countries Helsinki, Finland**

SalesBaltics@nordex-online.com

## **Norway Oslo**

SalesNorway@nordex-online.com

## **BeNeLux Joure, Netherlands**

SalesBenelux@nordex-online.com

## **Pakistan Islamabad**

SalesPakistan@nordex-online.com

## **Brazil São Paulo**

SalesBrazil@nordex-online.com

## **Poland Warsaw**

SalesPoland@nordex-online.com

## **Canada Toronto**

SalesCanada@nordex-online.com

## **Portugal Porto**

SalesPortugal@nordex-online.com

## **Chile Santiago de Chile**

SalesLatam@nordex-online.com

## **Romania Bucharest**

SalesRomania@nordex-online.com

## **China Beijing, Shanghai**

SalesChina@nordex-online.com

## **South Africa Cape Town**

SalesSA@nordex-online.com

## **Denmark Kolding**

SalesDenmark@nordex-online.com

## **Sweden Uppsala**

SalesSweden@nordex-online.com

## **Finland Helsinki**

SalesFinland@nordex-online.com

## **Turkey Istanbul**

SalesTurkey@nordex-online.com

## **France Paris**

SalesFrance@nordex-online.com

## **UK Didsbury**

SalesUK@nordex-online.com

## **Germany Oberhausen**

SalesGermany@nordex-online.com

## **Uruguay Montevideo**

SalesLatam@nordex-online.com

## **India Chennai**

SalesIndia@nordex-online.com

## **USA Chicago, West Branch**

SalesUSA@nordex-online.com

## **Ireland Dublin**

SalesIreland@nordex-online.com

## **Further countries**

SalesInternational@nordex-online.com

## **Italy Rome**

SalesItaly@nordex-online.com



© Nordex 2018. All rights reserved. The contents of this document are for informational purposes only and may be subject to change without notice. No representation or warranty, whether expressed or implied, is given or should be relied upon as to the adequacy and accuracy of the information contained herein.

Reproduction, use or disclosure to third parties, without our written consent, is not permitted.

As of: 04 / 2018



*For contact details  
please visit  
our homepage*



General documentation

# Technical description

## Wind turbine class Nordex Delta4000



E0004109668

Revision 03 / 2017-10-24

- Translation of the original instructions -  
Document is published in electronic form.  
Original document at Nordex Energy GmbH, Engineering.

This document was produced by Nordex Energy GmbH and/or affiliated companies within the meaning of section 15 et seq. of the German Stock Corporation Act (AktG).

This document, including any presentation of its contents in whole or in parts, is the intellectual property of Nordex Energy GmbH and/or affiliated companies within the meaning of section 15 et seq. of the AktG. The information contained in this document must be treated as confidential and must not, neither in whole nor in part, be disclosed to third parties without the express consent of Nordex Energy GmbH.

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.

Copyright 2017 by Nordex Energy GmbH.

### **Contact details**

For questions relating to this documentation please contact:

Nordex Energy GmbH

Langenhorner Chaussee 600

22419 Hamburg

Germany

Phone: +49 40 30030 1000

Fax: +49 40 30030 1101

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

[info@nordex-online.com](mailto:info@nordex-online.com)

# 1. Structure

The Nordex Delta4000 wind turbine class comprises speed-variable wind turbines with a rotor diameter of 149 m and a nominal power of 4500 kW, which can be adapted depending on location. The wind turbine is designed for class IIIS 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 class Nordex Delta4000 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
- Tubular tower or hybrid tower with MV switchgear on a foundation

## 1.1 Tower

A class Nordex Delta4000 wind turbine can be erected on a steel tower or on a hybrid tower. The steel tower is cylindrical and consists of 4 or 6 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.

Corrosion protection is ensured by a tower surface coating system in accordance with 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.

The foundation design of all towers depends on the ground conditions at the intended site.

The tower base contains a low-voltage cabinet with control units and the medium-voltage switchgear.

## 1.2 Rotor

The rotor consists of the rotor hub with three pitch bearings and three pitch drives for blade adjustment as well as three rotor blades.

The **rotor hub** consists of a base element with support structure and a 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.



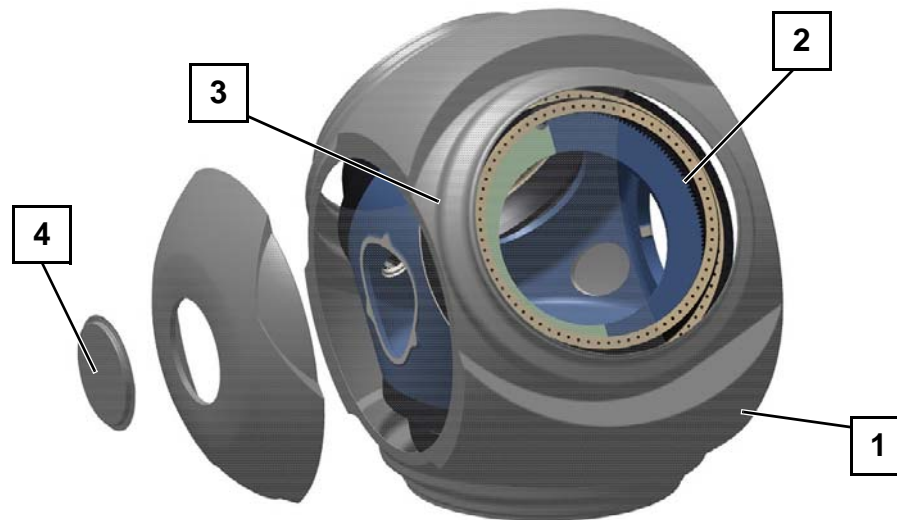


Fig.1 Rotor hub and spinner of the Nordex Delta4000

- |   |   |   |                        |
|---|---|---|------------------------|
| 1 | Spinner segment                         | 2 | Rotor hub base element |
| 3 | Spinner support structure (not visible) | 4 | Escape hatch           |

The **rotor blades** are made of high-quality glass-fiber reinforced and carbon-fiber reinforced plastics. The rotor blade is statically and dynamically tested 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.

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 3-phase 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 electrical components of the wind turbine. The nacelle can be pivoted on the tower.

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

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 2-stage pump enables the oil circulation. A combined filter element with integrated coarse, fine and superfine filter removes solids. 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 heated cooling water is cooled together with the cooling water of the generator, converter and transformer in a passive cooler on the roof of the nacelle.

The **generator** is a 6-pole doubly-fed induction machine. An air/water heat exchanger is mounted on the generator. The cooling water is recooled together with the cooling water of the other large components in a passive cooler on the nacelle roof.

The **mechanical rotor brake** is used to lock the rotor during maintenance.

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. When the nacelle is properly positioned it is locked by means of the yaw drives.

If necessary, the oil pressure for the rotor brake is generated by a hydraulic pump.

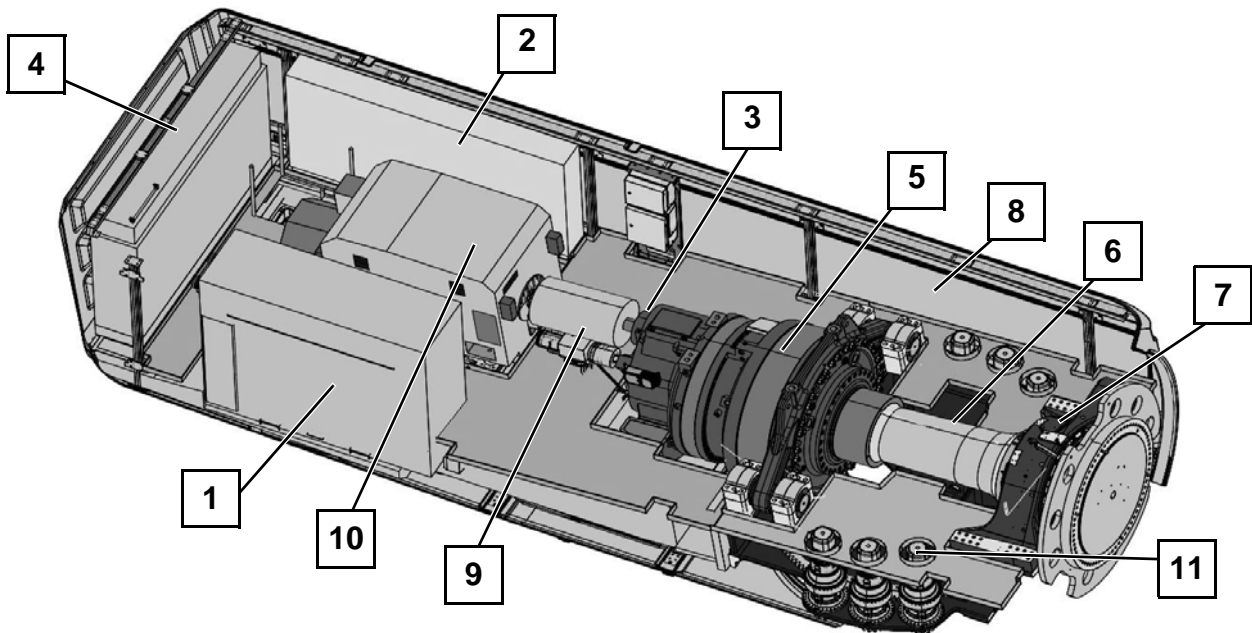


Fig.2 Schematic representation of the nacelle

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

## 1.4 Auxiliary systems

Generator bearing, pitch gearing and yaw gearing are each equipped with an **automatic lubrication system**.

Gearbox, generator, the cooling circuit and all 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 second, movable **overhead crane** is used for carrying the materials within the nacelle.

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

### Cooling system

Gearbox, generator, converter and transformer are cooled via a coupled air/water heat exchanger. A pump conveys the mixture through the heat exchanger. At startup the lightly heated gear oil is directly fed back into the gearbox via a thermal bypass and only directed into the plate-type heat exchanger after reaching operating temperature.

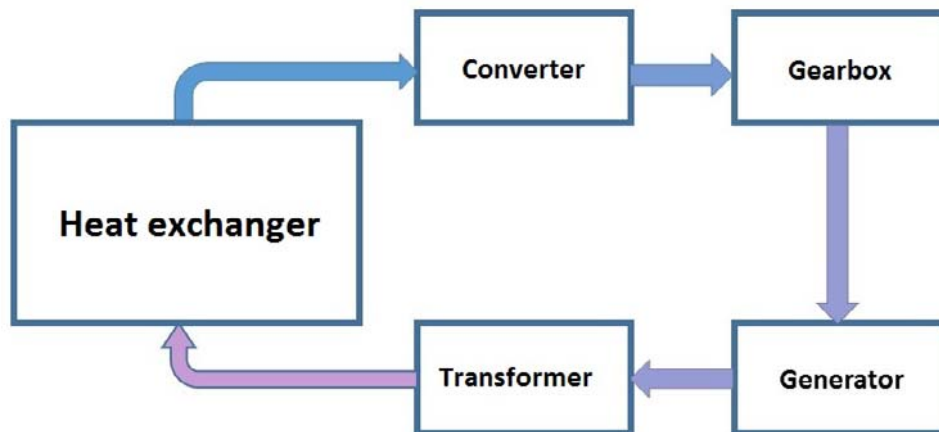


Fig.3 Schematic diagram of the cooling of the large components in the nacelle

## 2. Medium-voltage switchgear

The medium-voltage components are used to connect a WT to the medium-voltage grid in the wind farm or to the grid of the local grid operator. The **MV switchgear** is located in the tower base. It consists of a transformer panel with circuit breaker, two or three ring cable units as standard or four as option (depending on the WF configuration) and a pressure absorber duct. 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/adapter frame.

Additional properties of the MV switchgear:

- Routine tests of each switchgear in compliance with IEC 62271-200
- Type tested, SF6 insulation
- Indoor switchgear for self-contained electrical operating sites (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 through the following items:

- Pressure relief by pressure absorber duct in case of arcing
- Improved personal safety and system protection in case of arcing by type testing in compliance with IEC 62271-200
- Protective device with inrush detection and supplied by converter current as definite-time overcurrent relay
- 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

**Transformer** and converter are located in the nacelle. The transformer has been specified in accordance with IEC 60076-16 and meets the ecodesign requirements in compliance with 548/2014/EU. The transformer protection level is IP54.

The steel components at the transformer have been designed in accordance with corrosion protection class C3 (H).

Other protection measures:

- Grounded shell
- Overtemperature protection through PT100 temperature sensors and relays

### 3. Functional principle

The turbine 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 SATCOM 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 wind turbine will change to the mode 'Ready for operation'. 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. During this the rotor blades remain fully turned into the wind. 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 located 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 measured wind direction deviates too greatly from the alignment of the nacelle, 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 directly connected to the MV transformer, which connects the wind turbine to the grid, and its rotor via a specially controlled frequency converter. Thus only part of the power must be routed via the converter, permitting low electrical system loss.

#### 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. For details on the safety devices refer to the current safety manual.

If certain parameters concerning turbine safety are exceeded, the WT will cut out immediately and is put into a safe state. Depending on the cut-out cause, different brake programs are tripped. In case of external causes, such as excessive wind speeds or if the operating temperature is not met, the wind turbine is softly braked by means of rotor blade adjustment.

### **Lightning/surge 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.

### **Low-voltage network types**

The **660 V low voltage network** is grounded as an IT system and a three-phase system and is the primary low-voltage electrical system of the wind turbine. The elements of the electrical equipment and measuring instruments of this network are grounded directly or by means of separate protective bonding conductors. A central insulation monitor was installed as another protective measure for personal and turbine safety in the 660 V IT system.

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

### **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:

- Wind turbine 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
- Heaters and lighting
- Auxiliary systems such as service lift, obstacle lights

Based on measurements, simulations and existing operating experience, a coincidence factor of 0.6 can be estimated for the installed low-voltage auxiliary power for the worst load case of the auxiliary low-voltage system as well as the feed-in operation mode of the WT. In the worst load case as well as in stand-by mode of the WT, a coincidence factor of 0.2 is estimated. In addition, measurements and simulations show that the average power factor  $\cos(\phi)$  at the supply points of the auxiliary low voltage system does not permanently fall below approx. 0.97 in any WT operating point/load case.

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.

Wind turbines at sites with an average annual wind speed of 6.5 m/s have an internal consumption of approx. 10,000 kWh. This value, however, depends greatly on the site. The internal consumption is defined as the energy that the WT consumes from the grid in the time period during which the WT does not feed current into the grid.

## 4. Technical data

Design	
Design temperature	Standard -20 °C to +45 °C CCV -40 °C to +45 °C
Operating temperature range	-20 °C to +40 °C <sup>1)</sup>
Operating temperature range CCV	-30 °C to +40 °C <sup>1)</sup>
Stop	Standard: -20 °C, restart at -18 °C CCV: -30 °C, restart at -28 °C
Max. height above MSL	2000 m <sup>2)</sup>
Certificate	In accordance with IEC 61400-1 and DIBt 2012
Type	3-blade rotor with horizontal axis Up-wind turbine
Output control	Active single blade adjustment
Nominal power	4500 kW <sup>1)2)3)</sup>
Nominal power starting at wind speeds of (at air density of 1.225 kg/m <sup>3</sup> )	Approx. 11.5 m/s
Operating speed range of the rotor	6.43 min <sup>-1</sup> to 12.25 min <sup>-1</sup>
Nominal speed	11.02 min <sup>-1</sup>
Cut-in wind speed	3 m/s
Cut-out wind speed	20 m/s <sup>4)</sup>
Cut-back-in wind speed	19.5 m/s <sup>4)</sup>
Calculated service life	At least 20 years

- 1) Nominal power is reached up to defined temperature ranges. Limited project-specific operating ranges are possible and must be agreed to with Nordex.
- 2) At installation altitudes above 1000 m, the nominal power is reached up to defined temperatures.
- 3) Nominal power can be adjusted depending on power factor and temperature, see diagram below. Project-specific operating ranges are possible and must be coordinated with Nordex.
- 4) Temperature-dependent adjustments are possible



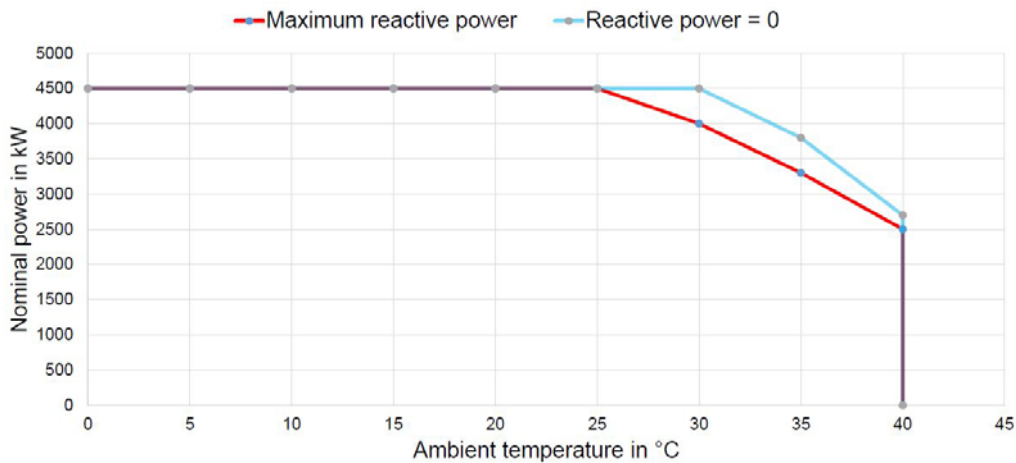


Fig.4 Power adjustment depending on reactive power and temperature (up to a height of  $\leq 1000$  m above MSL)

Towers	TS105	TS125	TCS164
Hub height	105 m	125 m	164 m
Wind class	DIBt S/ IEC S	DIBt S/ IEC S	DIBt S/ IEC S
Number of tower sections	4	6	2 steel sections 1 concrete part

Rotor	
Rotor diameter	149.1 m
Swept area	17460 m <sup>2</sup>
Nominal power/area	257.7 W/m <sup>2</sup>
Rotor shaft inclination angle	5°
Blade cone angle	3.5°

Rotor blade	
Material	Glass-fiber and carbon-fiber reinforced plastic
Total length	72.40 m

Rotor shaft/rotor bearing	
Type	Forged hollow shaft
Material	42CrMo4 or 34CrNiMo6
Bearing type	Spherical roller bearing
Lubrication	Regularly with grease

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

<b>Gearbox</b>	
Type	Multi-stage planetary gear + spur gear stage
Gear ratio	50 Hz: $i = 113.5$ 60 Hz: $i = 136.2$
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

<b>Electrical system</b>	
Nominal power $P_{nG}$	4500 kW*
Nominal voltage	3 x AC 660 V ± 10 % (specific to grid code)
Nominal current at full reactive current feed-in $I_{nG}$ at $S_{nG}$	4503 A
Nominal apparent power $S_{nG}$ at $P_{nG}$	5148 kVA
Power factor at $P_{nG}$	1.00 as default setting 0.869 underexcited (inductive) up to 0.885 overexcited (capacitive) possible
Frequency	50 and 60 Hz



**NOTE**

The nominal power is subject to system-specific tolerances and varies by ± 100 kW. Practice has shown that negative deviations occur rarely and in most cases are <25 kW. For precisely complying with external power specifications the nominal power of the individual wind turbine can be parameterized accordingly. Alternatively, the wind farm can be parameterized accordingly using the Wind Farm Portal®.

<b>Transformer*</b>	
Total weight	Max. 9 t
Insulating material	Cast resin or ester
Rated voltage $OV, U_r$	0.66 kV

<b>Transformer*</b>		
Maximum rated voltage OV, dependent on MV grid, $U_r$	Up to 33 kV	
Taps, overvoltage side	$\pm 2 \times 2.5 \%$	
Rated frequency, $f_r$	50/60 Hz	
Vector group	Dy5	
Power factor, $\cos(\phi)$	0.90 inductive/capacitive	
Installation altitude (above MSL)	Up to 2000 m	
Rated apparent power $S_r$	5000 kVA <sup>1)</sup>	
Impedance voltage, $u_z$	8 to 9 % $\pm 10 \%$ tolerance	
Minimum Peak Efficiency Index, $\eta$	99.483 % / 99.354 % <sup>2)</sup>	
Inrush current	$12 \times I_N$	
Power loss No load losses Short-circuit losses	Dry-type transformer (20 kV) 6700 W 38900 W	Ester transformer (33 kV) 2750 W 60750 W

1) The values apply to a nominal power of 4500 kW; project-specific adjustments are possible

2) Values for liquid-filled or dry-type transformer

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

<b>MV switchgear</b>	
Rated voltage (dependent on MV grid)	24 or 36 kV
Rated current	630 A
Rated short-circuit duration	1 s
Rated short-circuit current	16 kA, 20 kA, 25 kA (for 36 kV only)
Minimum/maximum ambient temperature during operation	NCV: -25 °C to +40 °C
	CCV: -30 °C to +40 °C
Connector type	Connector cone type C according to EN 50181
<b>Circuit breaker</b>	
Number of switching cycles with rated current	E2
Number of switching cycles with short-circuit breaking current	E2
Number of mechanical switching cycles	M1
Switching of capacitive currents	Min. C1 – low
<b>Disconnecter</b>	

<b>MV switchgear</b>	
Number of switching cycles with rated current	E3
Number of switching cycles with short-circuit breaking current	E3
Number of mechanical switching cycles	M1
<b>Disconnecter</b>	
Number of mechanical switching cycles	M0
<b>Ground switch</b>	
Number of switching cycles with rated short-circuit breaking current	E2
Number of mechanical switching cycles	≥1000

<b>Generator</b>	
Degree of protection	IP 54 (slip ring box IP 23)
Nominal voltage	660 V
Frequency	50 and 60 Hz
Speed range	50 Hz: 730 to 1390 min <sup>-1</sup> 60 Hz: 876 to 1668 min <sup>-1</sup>
Poles	6
Weight	approx. 10.6 t

<b>Gearbox cooling and filtration</b>	
Type	1st cooling circuit: Oil circuit with oil/water heat exchanger and thermal bypass 2nd cooling circuit: Water/air together with generator, main converter and transformer
Filter	Coarse filter 50 µm / fine filter 10 µm / super fine filter: <5 µm
Flow rate	Stage 1: approx. 100 l/min / stage 2: approx. 200 l/min

<b>Generator and converter cooling</b>	
Type	Water circuit with water/air heat exchanger and thermal bypass
Flow rate	Approx. 160 l/min
Coolant	Water/glycol-based coolant

<b>Transformer cooling</b>	
1st cooling circuit	Variant 1: Ester circuit with ester/water heat exchanger Variant 2: Closed air circuit with water/air heat exchanger
2nd cooling circuit	Water/air together with generator, converter and gearbox

<b>Pitch system</b>	
Pitch bearing	Double-row four-point contact bearing
Gearing/raceway lubrication	Regular lubrication with grease
Drive	Electric motor incl. spring-actuated brake and multi-stage planetary gear
Emergency power supply	VRLA batteries

<b>Yaw system</b>	
Yaw bearing	Double-row four-point contact bearing
Gearing/raceway lubrication	Regular lubrication with grease
Drive	Electric motor incl. spring-actuated brake and four-stage planetary gear
Number of drives	6
Yaw speed	Approx. 0.5 °/s



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

General documentation

# Transport, access roads and crane requirements

## Wind turbine class Nordex Delta4000



E0004109636

Revision 01 / 2018-05-18

- Translation of the original document (E0004109636, rev. 05) -  
This is a translation from German. In case of doubt, the German text shall prevail.  
Document is published in electronic form.  
Original document at Nordex Energy GmbH, Engineering.



The present document has been created by Nordex Energy GmbH and/or affiliated companies as defined in Section 15ff. of the German Stock Corporation Act (AktG).

This document, including any presentation of its contents in whole or in parts, is the intellectual property of Nordex Energy GmbH and/or affiliated companies within the meaning of section 15 et seq. of the German Stock Corporation Act (AktG). The information contained in this document are confidential and must never (not even in extracts) be disclosed to third parties without the prior written approval of Nordex Energy GmbH.

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.

Copyright 2018 by Nordex Energy GmbH.

### **Contact details**

For questions relating to this documentation please contact:

Nordex Energy GmbH

Langenhorner Chaussee 600

22419 Hamburg

Germany

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

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

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

[info@nordex-online.com](mailto:info@nordex-online.com)

<b>1.</b>	<b>Basic information.....</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>Weights, dimensions and handling instructions .....</b>	<b>6</b>
2.1	Nacelle .....	6
2.2	Drive train.....	7
2.3	Rotor hub .....	7
2.4	Rotor blade .....	8
2.5	Weights of components on crane hook.....	9
2.5.1	Weights during transport (with transport frame) .....	9
2.5.2	Dimensions during erection (without transport frame).....	10
2.6	Transport devices .....	10
2.7	N149 towers.....	12
2.8	N133 towers.....	13
2.9	Anchor cages .....	14
<b>3.</b>	<b>Requirements for the access roads .....</b>	<b>16</b>
3.1	Loads .....	17
3.2	Slopes and vertical radii .....	17
3.2.1	Slopes .....	17
3.2.2	Vertical radii.....	18
3.2.3	Clearance profile on a straight route .....	18
3.3	Curves, opportunities for turning, and funnel lanes .....	20
3.3.1	Curves .....	20
3.3.2	Opportunity for turning and funnel lanes .....	23
3.3.3	Road construction.....	24
3.3.4	Turnouts .....	26
3.3.5	Storage areas and site office.....	27
3.3.6	Quality inspections, access roads and crane hard standing areas .....	29
3.4	Public roads .....	30
<b>4.</b>	<b>Crane requirements .....</b>	<b>31</b>
<b>5.</b>	<b>Crane hard standing area.....</b>	<b>32</b>

# 1. Basic information

This document contains basic information for planning road construction and crane hard standing areas, delivery, storage and installations in the course of establishing the infrastructure of wind farms for the Delta4000 wind turbine class with the specified hub heights and the component dimensions for the design of the transport equipment and cranes.

In principle, it must be ensured that during the entire project phase, especially during delivery, storage, installation and for the subsequent service and maintenance work, all trades are accessible at all times throughout the entire construction site, so that all necessary work can be carried out to the full extent. Furthermore, measures on occupational health and safety and environmental protection must be observed at all times and monitored and coordinated by the client.

The planning parameters specified in this document are minimum requirements. Observing these requirements is to ensure a smooth process throughout the entire project phase and permanent compliance with occupational health and safety regulations.

Detailed information on the infrastructure planning is also project-specific and must be agreed upon by all persons involved prior to project start.

Each project location must be analyzed and planned individually taking into account the local and general safety regulations. Project-specific justified and comprehensible changes to and/or deviations from the following specifications can be examined beforehand or in the early planning phase in cooperation with Nordex and implemented after written agreement. In this context, the safety of persons and material is given top priority. If there is no coordination with Nordex project management, the minimum requirements set out below apply.

All data contained in this document describe the current development status of the wind turbine. These data are subject to change due to continuous development. In this case Nordex will provide an updated version of this document.

If the minimum requirements are exceeded, especially with regard to see chapter 3.2 "Slopes and vertical radii", additional safety measures may be necessary, which must be agreed with Nordex in writing in advance.

**NOTE**

We expressly point out that all values must be regarded as standard values only.

During the planning and execution of the work to be executed by the client, the valid national technical regulations, statutory provisions and standards must be taken into account in accordance with the current state-of-the-art technology. If the valid national regulations, statutory provisions and standards go beyond the minimum requirements specified below, then these must be observed accordingly.

Further instructions for transport can be requested from Nordex.

The layout of access roads and hard standing areas depends on the transport and erection method.

- The design must be modified for each individual erection site.
- Depending on the site different variants are possible.
- Transport weights may also vary with the erection site.

The exact design of access roads, crane hard standing areas and assembly areas must be agreed to with Nordex prior to starting the erection work.

Improper design or execution of access roads and crane hard standing areas may subsequently cause considerably higher logistics and erection costs, for example, due to downtimes or additional personnel and/or equipment.

## 2. Weights, dimensions and handling instructions

### 2.1 Nacelle

Drive train, rotor hub and further exterior assemblies (spinner transition cover, obstacle light, wind measuring instruments, lightning arrester, etc.) are not assembled for nacelle transport. The transport frame for the nacelle consists of four individual supports on which the transport must take place. All components must always be transported on anti-slip mats, except for sea transport.

All turbine components must always be placed on compacted ground or on crane mats.

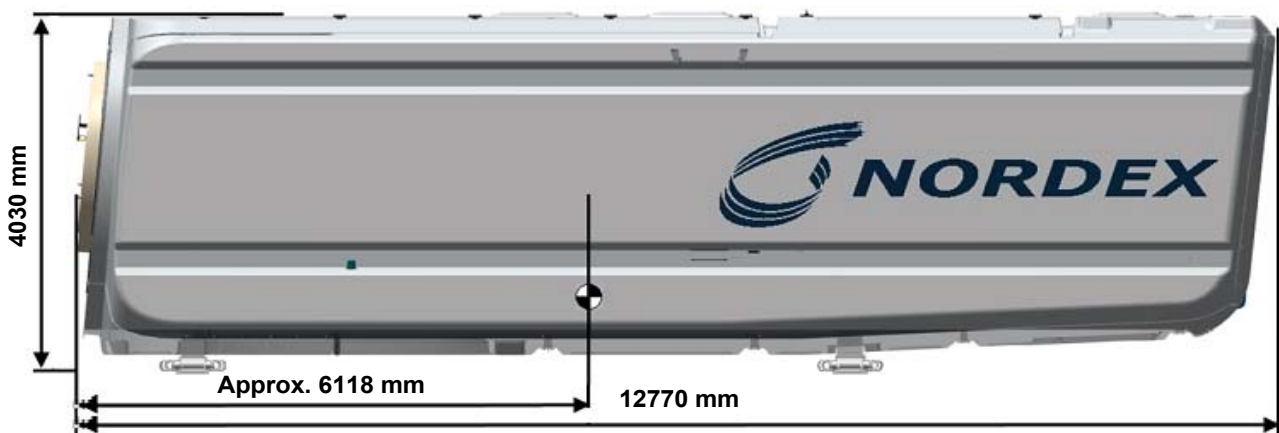


Fig. 1 Nacelle (view from the left) with transport supports

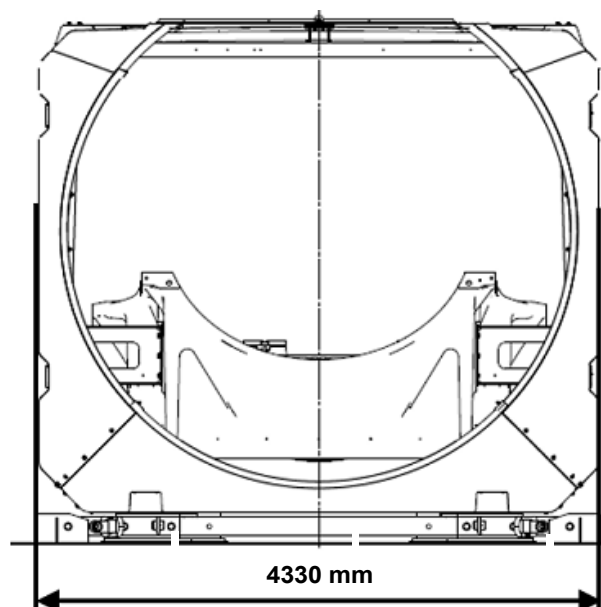


Fig. 2 Nacelle (front view) with transport supports

## 2.2 Drive train

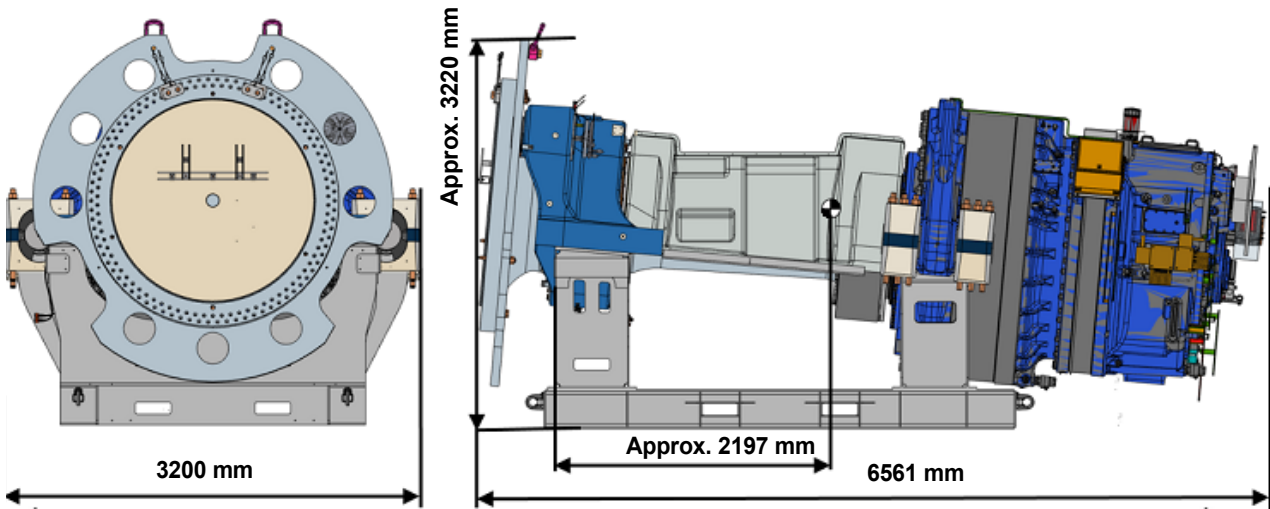


Fig. 3 Dimensions of the drive train on the transport device (values depend on variant)

The rear section of the gearbox will be protected for transport with a wooden cladding. This cladding is not included in the overall length.

## 2.3 Rotor hub

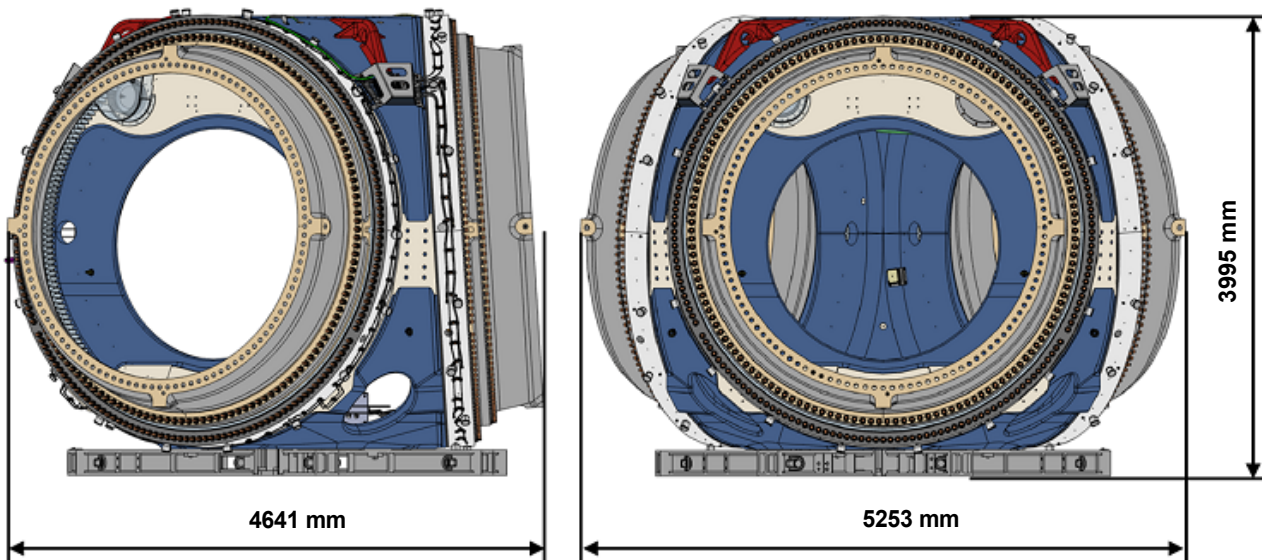


Fig. 4 Rotor hub on transport frame

The hub body is delivered without assembled spinner on a dividable transport frame. Anti-slip mats must be used for transport. The spinner components are assembled on site. The entire transport height is max. 4.01 m.

## 2.4 Rotor blade

Each rotor blade is delivered on two transport frames using a trailer. One of the transport frames is fastened to the blade root, the other one to the support point.

In addition to the center of gravity, the drawing shows also the handling areas within which webbing slings can be attached. The blade must only be lifted at these points as the wall thickness is reinforced in these areas.

When using a blade lifter for single blade assembly, this will be attached to point C.

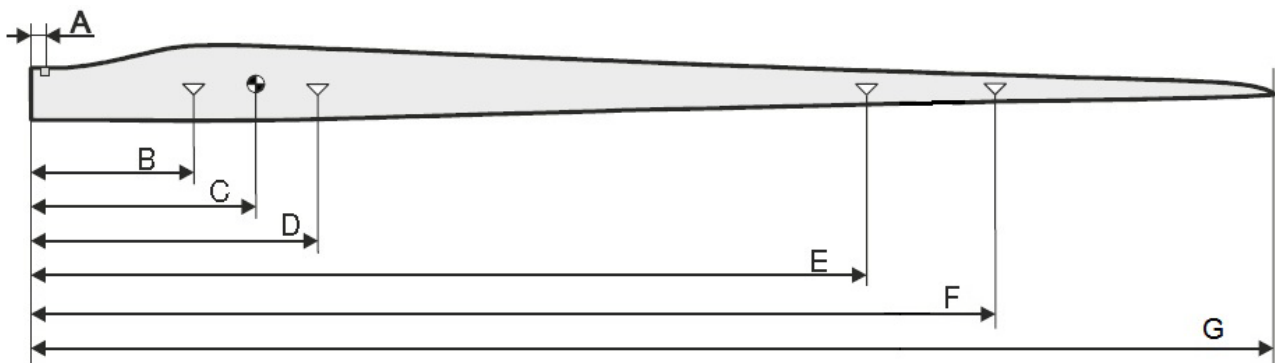


Fig. 5 Blade transport dimensions – side view

		NR74.5 [m]	NR65.5 [m]
A	Lifting point root	0.30/0.9 <sup>1)</sup>	0.30/0.9 <sup>1)</sup>
B	Lifting point for single blade assembly (SBA)	Upon request	
C	Center of gravity	Approx. 20.30	17.80
D	Lifting point SBA	Upon request	
E	Start of handling area	Approx. 54.40	42.50
F	End of handling area	Approx. 60.40	53.50
G	Length	72.40	64.70
J	Transport width	Approx. 4.50	4.20
K	Transport height	Approx. 3.20 <sup>2)</sup>	3.18/3.32 <sup>2)</sup>

1) Lifting point with/without rain deflector

2) Depends on the use of an additional base frame

- Details are to be agreed upon with Nordex in advance

- Single-blade assembly with the aid of lifters at the center of gravity

- The support point for the rotor blade transport frame is yet to be defined.

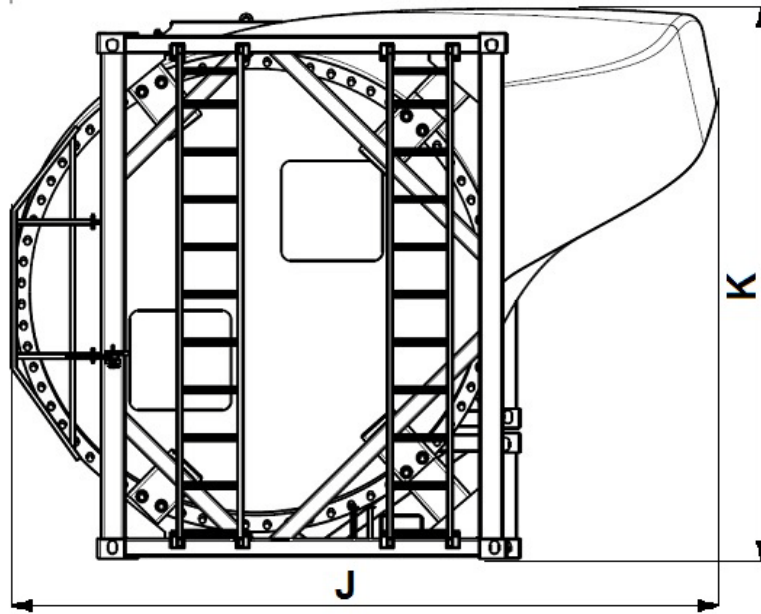


Fig. 6 Expected transport position of the blade, viewed from the blade root

## 2.5 Weights of components on crane hook

### 2.5.1 Weights during transport (with transport frame)

Nacelle	N149	N133
Height / width / length (without exterior assemblies)	4.03 m / 4.33 m / 12.77 m	
Weight of nacelle without drive train*	Approx. 69.6 t	
Weight of drive train only*	Approx. 75.4 t	

Rotor hub	N149	N133
Height / width / length (during transport, without spinner)	5.25 m / 4.64 m / 4.00 m	
Weight*	Approx. 62 t	Approx. 63.8 t

Switch cabinet (Bottombox)	N149	N133
Dimensions (height / width / length)	1.8 - 2 m / 0.4 m / 1 m	
Weight	Approx. 0.35 t	

\*The weights depend on the selected variant and weight tolerance of the components



## 2.5.2 Dimensions during erection (without transport frame)

Nacelle	N149	N133
Height / width / length (with nacelle roof assemblies and lightning protection receptors)	6.87 m / 5.11 m / 13.25 m	
Weight of nacelle without drive train*	Approx. 68.0 t	
Weight of drive train only*	Approx. 72.5 t	

Rotor hub	N149	N133
Height / width / length (with spinner and lightning protection receptors)	5.22 m / 5.70 m / 5.47 m	
Weight*	Approx. 59.8 t	Approx. 61.6 t

Rotor blade	N149	N133
Weight per blade	Max. 19.9 t*	max. 15.2

Transformer	N149	N133
Transformer (length / width / height)	Approx. 10.0 t Approx. 3.00 m / 1.15 m / 2.70 m	
Medium-voltage switchgear (length / width / height)	Approx. 2.0 t 2.30 m / 1.20 m / 2.30 m	

\*The exact weight depends on the selected variant and weight tolerance of the components

## 2.6 Transport devices

Special transport devices have been developed by Nordex for all modules. These devices, including all fasteners, have to be returned to Nordex after erection.

Transport devices for all wind turbines	Weight
Nacelle	1.6 t
Drive train	2.9 t
Rotor hub	1.8 t
Rotor blade (blade root/tip) depending on transport method	tbd.
Switch cabinet/converter spreader bars	tbd.

To save as much space as possible during return transport, there are drawings and instructions for all transport devices. These drawings can be provided by Nordex upon request.

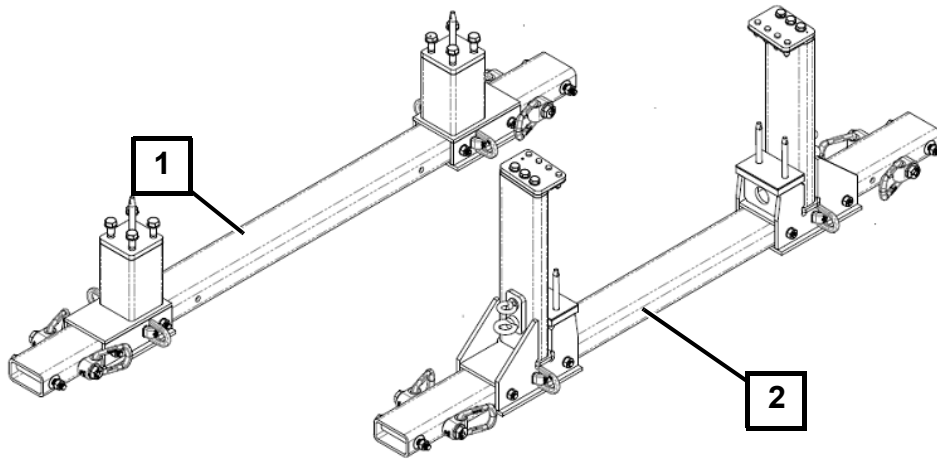


Fig. 7 Rear (1) and front (2) nacelle transport supports

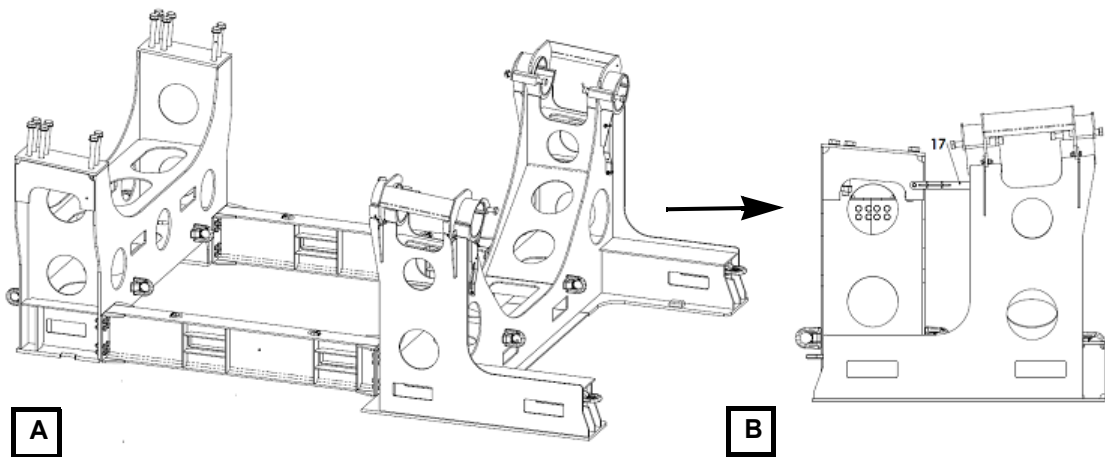


Fig. 8 Drive train transport device (A), assembled for return transport (B)

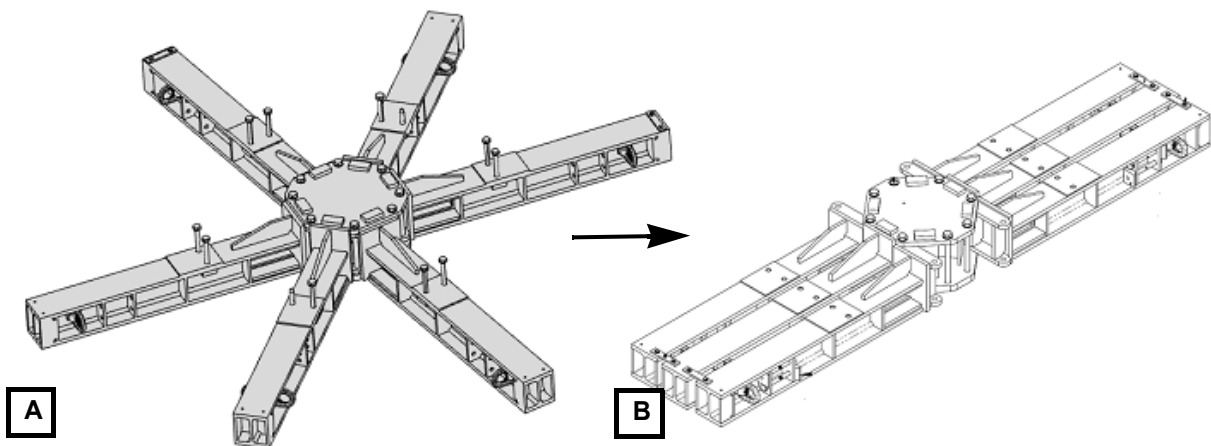


Fig. 9 Rotor hub transport device (A), assembled for return transport (B)

## 2.7 N149 towers

Hub height		105 m	125 m	164 m
Tower type		Tubular steel tower TS105	Tubular steel tower TS125	Hybrid tower TCS164
Tower section TOP				
Length	m	34.95	31.38	29.90
Ø top	m	3.26	3.26	3.26
Ø bottom	m	4.25	3.62	4.29
Weight	t	55.9	53.6	44.5
Tower section MID4				
Length	m		27.00	
Ø top	m		3.62	-
Ø bottom	m	-	3.64	
Weight	t		65.8*	
Tower section MID3				
Length	m		19.40	
Ø top	m		3.64	-
Ø bottom	m	-	4.27	
Weight	t		62.3	
Tower section MID2				
Length	m	29.93	18.18	
Ø top	m	4.25	4.27	-
Ø bottom	m	4.26	4.28	
Weight	t	71.8	71.1	
Tower section MID1				
Length	m	22.10	14.73	28.00
Ø top	m	4.26	4.27	4.29
Ø bottom	m	4.27	4.05	4.29
Ø T flange	m	-	4.30	-
Weight	t	74.1	77.0	62.5
Tower section Bottom				
Length	m	14.52	11.51	
Ø top	m	4.27	4.05	
Ø T flange	m	-	4.30	-
Ø bottom	m	4.00	4.06	
Ø T flange	m	4.30	4.30	
Weight	t	77.0	76.5	

\* Includes a project-specific platform for tower obstacle lights (approx. 650 kg)

Due to the applied transport equipment, the transport height may be 7 cm greater than the tower diameter. Each lifting tackle is 15 cm high. Thus the tower sections become longer. Changes in weight of up to 5 % must be considered. The centers of gravity may deviate from the center of the tower sections by up to 5 %.

## 2.8 N133 towers

Hub height		78 m	83 m	110 m
Tower type		Tubular steel tower TS78	Tubular steel tower TS83	Tubular steel tower TS110
Tower section TOP				
Length	m	33.69	34.24	34.40
Ø top	m	3.26	3.26	3.26
Ø bottom	m	4.02	4.02	4.02
Weight	t	47.2	50.4	51.8
Tower section MID2				
Length	m			30.00
Ø top	m			3.82
Ø bottom	m	-	-	4.02
Weight	t			70.0*
Tower section MID1				
Length	m	21.05	24.03	25.38
Ø top	m	4.02	4.02	4.03
Ø bottom	m	4.02	4.02	4.28
Weight	t	40.4	48.7	77.8
Tower section Bottom				
Length	m	20.05	21.02	16.71
Ø top	m	4.02	4.02	4.28
Ø bottom	m	4.04	4.04	4.06
Ø T flange	m	4.30	4.30	4.30
Weight	t	59.6	66.3	79.8

\* Includes a project-specific platform for tower obstacle lights (approx. 650 kg)

Due to the applied transport equipment, the transport height may be 7 cm greater than the tower diameter. Each lifting tackle is 15 cm high. Thus the tower sections become longer. Changes in weight of up to 5 % must be considered. The centers of gravity may deviate from the center of the tower sections by up to 5 %.

## 2.9 Anchor cages

Nordex delivers modular anchor cages that vary in their dimensions and weight depending on turbine type and project requirements. The anchor cages are delivered as an assembly set and are assembled on site and according to Nordex specifications by the responsible construction company.

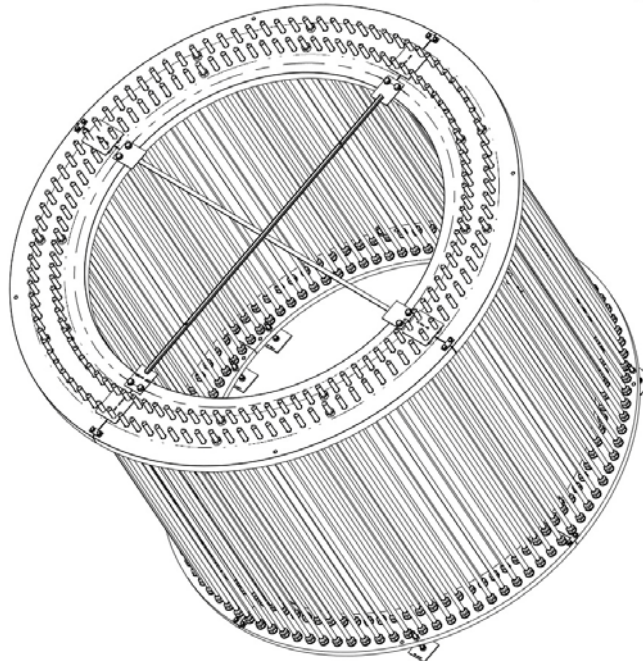


Fig. 10 Example for an anchor cage with 4 x 50 anchor bolts

**Table 1:** Example of an anchor cage for the N149 TS125, N133 TS110 (similar see Fig. 10)

WT	Designation	Parts	Thickness	Dimensions Maximum	Weight Maximum
N149 TS125	Load-spreading plate	4	130 mm	Outside Ø 4800 mm	9.95 t
	Anchor plate	4	80 mm	Outside Ø 4480 mm	3.58 t
	Anchor bolts	200	M42	L = 3650 mm	7.36 t
	Washers, nuts, small parts				Approx. 0.5 t

This anchor cage, including transport equipment, weighs approx. 21.5 t.

**Table 2:** Example of an anchor cage for the N149 TS105, N133 TS78 and TS83 (similar see Fig. 10)

WT	Designation	Parts	Thickness	Dimensions Maximum	Weight Maximum
N149 TS105	Load-spreading plate	4	100 mm	Outside Ø 4700 mm	6.67 t
	Anchor plate	4	50 mm	Outside Ø 4480 mm	2.23 t
	Anchor bolts	200	M42	L = 3560 mm	Approx. 7.2 t
	Washers, nuts, small parts				Approx. 0.5 t

This anchor cage, including transport equipment, weighs approx. 16.7 t.

### 3. Requirements for the access roads

Planning the wind farm infrastructure on the basis of the minimum requirements stipulated in this document is generally the responsibility of the customer/client. To prevent subsequent transport and erection problems, the planning must be coordinated with Nordex prior to starting the construction work. The infrastructure planning must contain at least the following information:

- Analyses of load-carrying capacity and bearing capacity must be submitted to Nordex before starting construction, see chapter 3.3.6 "Quality inspections, access roads and crane hard standing areas"
- WT sites
- Route planning incl. elevation profile and longitudinal profile with slopes and vertical radii, cross profile, curve radii and obstacles in the clearance area
- Turning areas and turnouts
- Crane hard standing areas regarding foundation and WT site
- Location of the site office/site facilities with possible temporary storage area for main components
- Emergency and assembly roads that must be accessible for cars, ambulance and rescue vehicles, vans and construction site vehicles
- In the event of restricted visibility, darkness or fog, as well as in adverse weather conditions, no driving operations may be carried out
- Depending on the season/weather the accessibility of the roads must be ensured. For example, the roads must be clear of snow and ice in the winter during the entire construction period and irrigated in the summer to prevent dust developing. These processes must also be adhered to during a service/maintenance deployment.

To avoid problems during the erection of the wind turbine, the following minimum requirements for the access roads must be met under normal soil conditions.



#### NOTE

The transport routes must be designed for the entire project period, from the construction phase to the dismantling phase. A distinction is made between "permanent" roads and "temporary" roads. Extensively constructed curve areas for the erection can be dismantled for maintenance operation so that at least accessibility for ambulance and rescue vehicles or fire-fighting vehicles is ensured. Especially for maintenance, consistent quality (load-carrying capacity & surface conditions) must be ensured. In case of a component replacement any crane hard standing area and curves that have been removed must be re-stored again.

It must also be taken into account that the heavy trucks used are not intended for off-road use and have been designed for driving on paved roads. Thus, it is not only necessary to ensure the load-carrying capacity of the internal access roads, but also their usability under all weather conditions.

## 3.1 Loads

The access road for each WT must be capable of supporting the following loads:

### Number of vehicles per wind turbine

- Up to 200 vehicles for tubular steel towers (TS)
- Up to 270 vehicles for hybrid towers (TCS)
- Approx. 15 to 55 standard and heavy trucks for crane erection (depending on hub height)
- Approx. 8 to 11 heavy trucks with the turbine components (2 or 5 for tower sections, 3 for rotor blades, 3 for nacelle, rotor hub and drive train, and several standard trucks for items such as switch cabinet, small parts and erection containers)
- Maximum truck length of approx. 85 m for rotor blade transport and 49 m for tower transport
- Required clearance width on public roads, from site entrance 6 m
- Various construction vehicles

### Weight of vehicles

- Max. load per axle approx. 12 t (for roads exclusively for component transport)
- Max. load per axle approx. 16 t (for roads that are used for relocating cranes between two WT sites)
- Max. overall weight: approx. 180 t

## 3.2 Slopes and vertical radii

### 3.2.1 Slopes

In compliance with the surface described in chapter 3.4, slopes of approx. 10 % (with unbound wearing course) or 12 % (bonded wearing course/asphalt) should not be exceeded under ideal road and weather conditions. In case of steeper slopes, Nordex must always be consulted.

At extra costs, additional tractor units and pushing vehicles as well as tractor units with a suitable hitch (register coupling) must be used so that steeper slopes can also be overcome under the provision of suitable surface conditions/bonded construction. As the length of the entire tractor unit becomes larger this must be considered in road construction planning, especially in terms of curve radii. Additional load securement, where applicable, for slopes in excess of 10 % must be coordinated with Nordex in advance.

The lateral downhill slope must not be greater than 2 %.



Depending on season and weather the requirements for slopes may vary so that additional tractor units or vehicles for deceleration must be used.

### 3.2.2 Vertical radii

The radii (vertical) for crests and valleys must be at least R400 for N149. Over a length of 30.0 m (longest relevant wheelbase) the height difference between two points must not exceed 0.30 m.

If the required minimum radii can be achieved only hardly or not at all due to associated construction measures, on-site inspection must be performed to discuss possible alternatives regarding routes or transport methods.

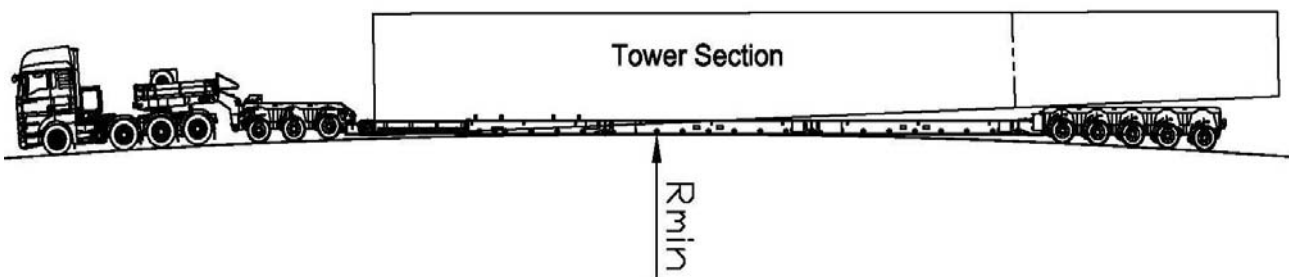


Fig. 11 Vertical radius – crest

WT type	R <sub>min</sub> [m]
N149	400
N133	375

### 3.2.3 Clearance profile on a straight route

For all hub heights		
H	Clearance height	Approx. 5.00 to 6.00 m (depending on transport method)
W	Clearance width	6.00 m

The clearance height on public roads generally is approx. 4.5 m due to bridges. On the access roads to the construction site a clearance height of 5 m to 6 m and a clearance width of at least 6 m must be ensured, depending on the project and location.

If it is not possible to adopt the method of transport employed for the route to the construction site access for the internal access roads due to local conditions (topography, roadway arrangement, obstacles) components may be transhipped to other means of transport, if required, which enable the delivery to the crane hard standing area. The crane capacities needed for such purposes and the transshipping areas near or on the construction site must be agreed to with Nordex in advance. A corresponding transport, reloading, and storage concept must be prepared, taking into account the local conditions and the

feasibility of measures to be taken. In this case, the minimum requirement for the clearance profile (height) is 6 m.

Any obstacles along the route inside the wind farm must be clearly marked for traffic. Especially when crossing gas and/or water pipes, this must be appropriately examined before the beginning of the transport. The results must be submitted to Nordex for inspection. The client is fully responsible for signage.

Any obstacles in the clearance area (e.g. when crossing under power lines) must be clearly marked by a guard structure made of non-conductive material on both sides of the power line, at adequate safety distance (see "Table 3: Mandatory safety distances to power lines"). Posts and crossbars must be marked with signal colors to prevent damage from site traffic of any kind. In addition, warning signs must be provided at the entrances to warn of the electrical hazard and indicate the ground clearance. During darkness and restricted visibility, the signs must be illuminated accordingly.

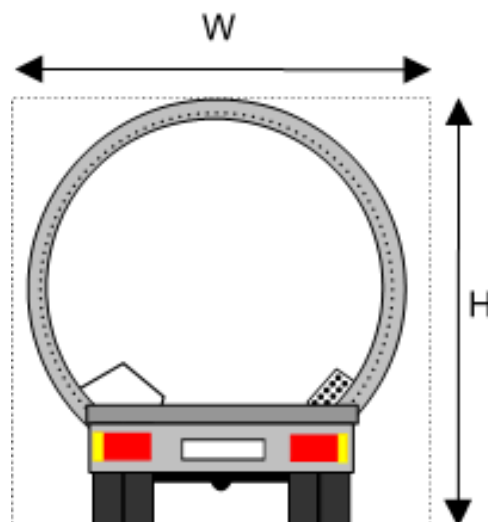


**NOTE**

Independent of the above mentioned safety instructions, at least the national safety regulations of the grid operator must be observed.

**Table 3:** Mandatory safety distances to power lines

Voltage	Safety distance (in accordance with DIN VDE 0105 or comparable country-specific standard)
Up to 1 kV	1 m
Up to 110 kV	3 m
Up to 220 kV	4 m
Up to 380 kV	5 m



*Fig. 12 Clearance profile*

### 3.3 Curves, opportunities for turning, and funnel lanes

#### 3.3.1 Curves

Examples for the space required by turbine components in different curves. The examples apply to left and right curves.

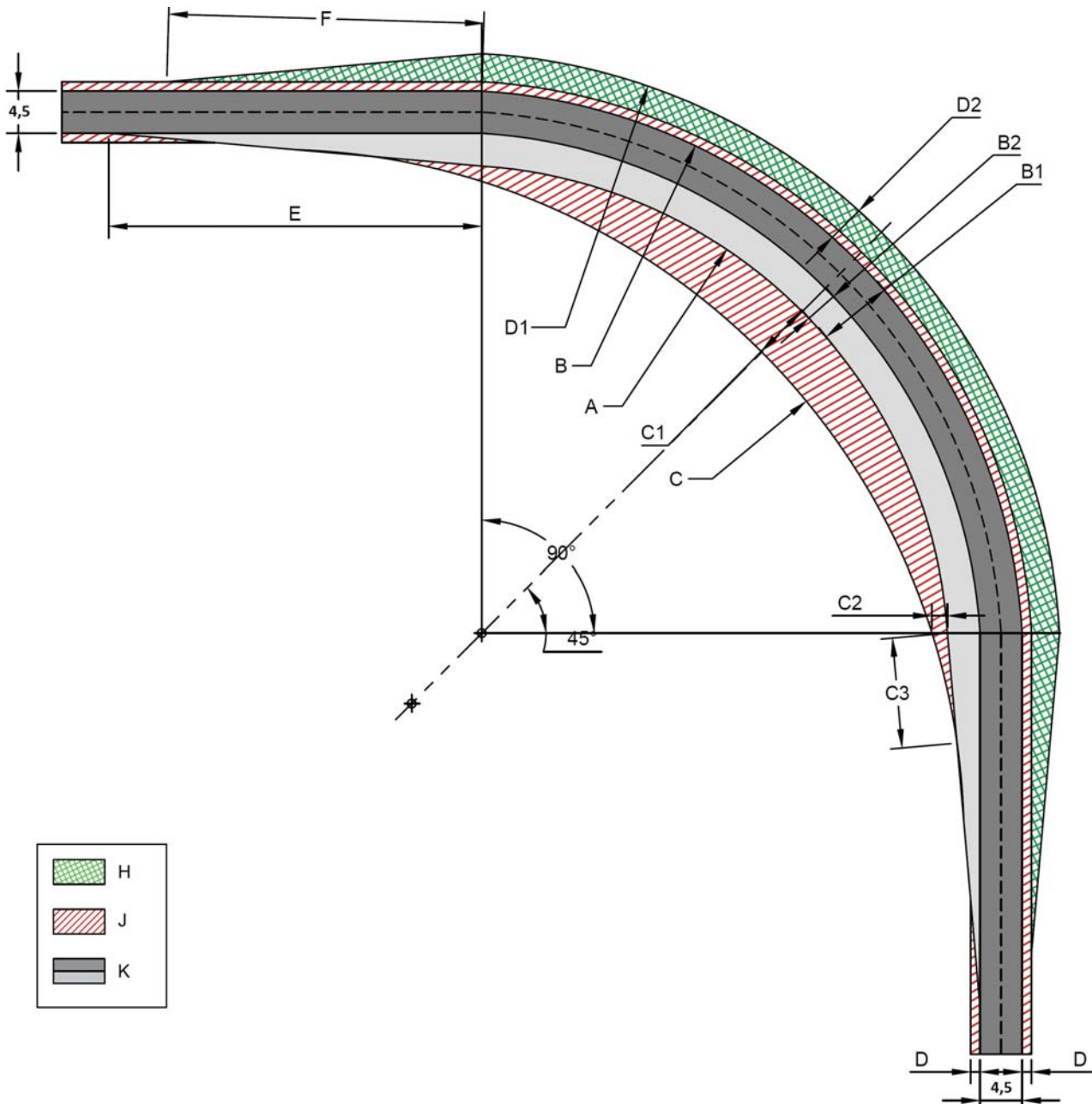
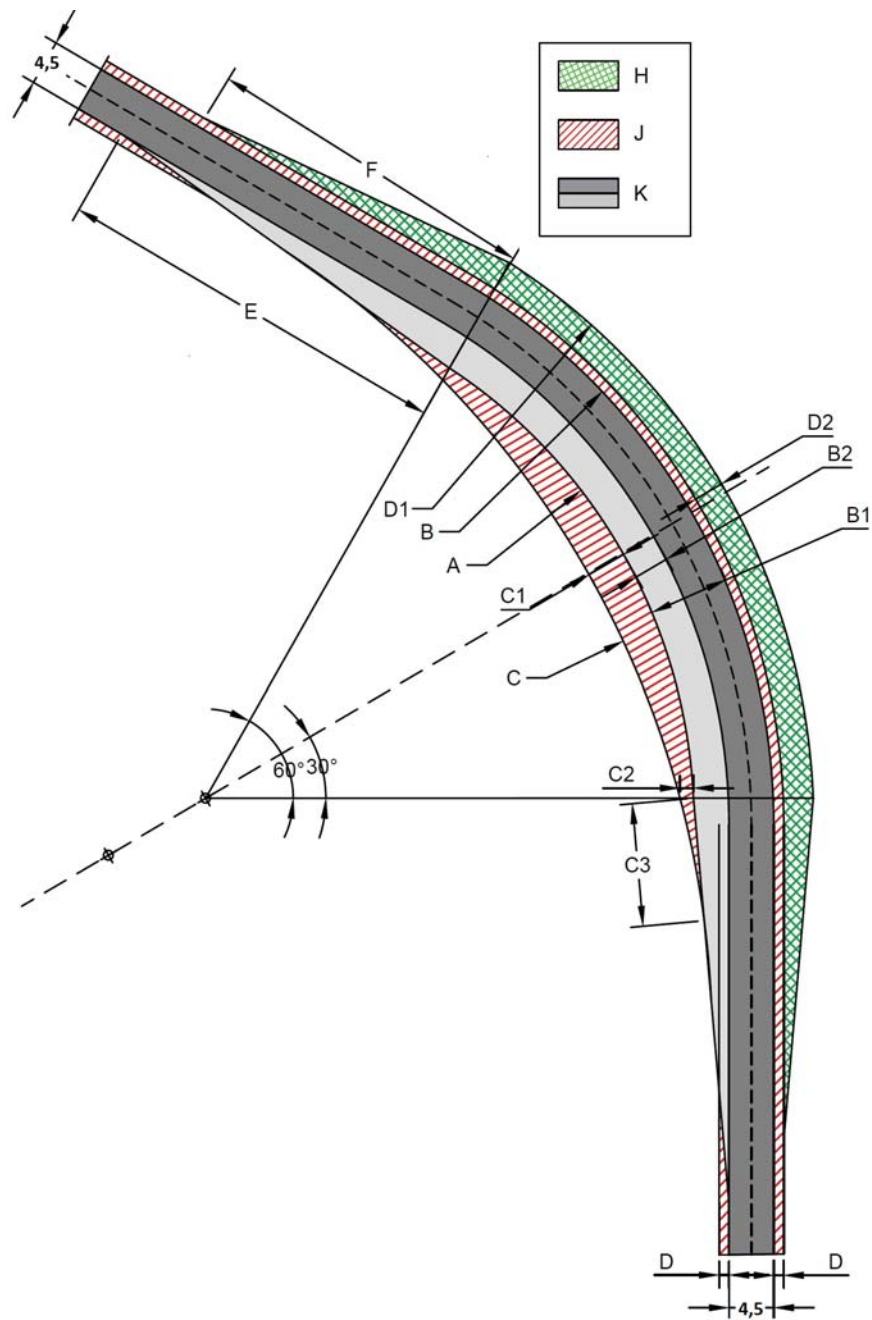


Fig. 13 Minimum required structural support for 90° curves, general, without using an additional towing vehicle

H – Outer slewing area / rotor blade projection 1.00 m above ground level

J – Inner slewing area + clearance profile / tower section projection 0.20 m above ground level

K – Roadway/roadway extension = ground level



**Fig. 14** Minimum required structural support for 120 ° curves, general, without using an additional towing vehicle

- H – Outer slewing area / rotor blade projection 1.50 m above ground level
- J – Inner slewing area + clearance profile / tower section projection 0.20 m above ground level
- K – Roadway/roadway extension = ground level

**Note:** The accessible road width (B1) increases if an additional towing vehicle is used in the curve area. The extent of the road widening must be determined for each individual case.

**Table 4:** Traversing and slewing areas for N149

	N149/90°	N149/120°	r 50 m ≤ r min ≤ r 150 m			
A	r 65 m/R min.	r 65 m	r 75 m	r 100 m	r 125 m	r 150 m
B	r 72.5 m	r 72 m	r 82.5 m	r 107 m	r 131 m	r 155.5 m
B1	7.50 m	7 m	7.5 m	7 m	6 m	5.5 m
B2	3.00 m	2.5 m	3 m	2.5 m	1.5 m	1 m
C	-	-	-	-	-	-
C1	6 m	4 m	5 m	4 m	3.5 m	3 m
C2	2 m	2 m	-	-	-	
C3	20 m	20 m	20 m	15 m	10 m	5 m
D	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m
D1	r 78 m	r 77 m	-	-	-	-
D2	5 m	5 m	4 m	3.5 m	3 m	2.5 m
E	55 m	55 m	45 m	35 m	30 m	25 m
F	50 m	50 m	40 m	30 m	25 m	20 m
G*	90 m	-	-	-	-	-

**Table 5:** Traversing and slewing areas for N133

	N133/90°	N131/120°	r 50 m ≤ r min ≤ r 150 m			
A	r 53.5 m	r 54 m	r 75 m	r 100 m	r 125 m	r 150 m
B	r 61 m	r 61 m	r 82 m	r 106 m	r 130.5 m	r 155 m
B1	7.50 m	7 m	7 m	6 m	5.5 m	5 m
B2	3.50 m	3 m	3 m	2 m	1.5 m	1 m
C	r 74 m	r 93 m	-	-	-	-
C1	6 m	4 m	4 m	3 m	2.5 m	2 m
C2	2 m	2 m	-	-	-	
C3	12 m	12 m	15 m	10 m	5 m	-
D	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m
D1	r 66 m	r 66 m	-	-	-	-
D2	5 m	5 m	4 m	3.5 m	3 m	2.5 m
E	45 m	45 m	30 m	20 m	15 m	10 m
F	40 m	40 m	30 m	25 m	20 m	15 m
G*	75 m	-	-	-	-	-

The continuous lines depict the route of the truck. The dashed lines mark the areas covered by the vehicle and the rotor blade. The outer area covered is determined by the length of the rotor blade protruding at the rear.

The covered area (dashed) must be free of all obstacles and must be max. 20 cm above the sealed surface of the accessible road.

Due to the max. steering angle of the rear axles of approx. 60°, funnel lanes that are reversed into must be constructed in a way that the slewing radii for the respective turbine type listed in chapter 3.4 can be traversed. The capacity of the normally deployed vehicles matches the loads that must be moved. The deployment of additional tractors and/or other vehicles, however, cannot be excluded due to local conditions. In case of pushing, different forces act on the vehicle and the load and the vehicle's steering behavior cannot be optimally

influenced. Thus, accompanying damage to the road surface within the construction site cannot be excluded and must be repaired immediately or before access of successive heavy trucks. The exact values depend on the deployed vehicles and the individual conditions on site.

The maximum downhill slope or grade in curve radii/curve areas is < 2 %. A curve with downhill slope/grade shall be constructed in such a manner that the road surface is on an even level to protect the components from hitting the ground. The area of 75 m around the apex is in this case called the curve area and must be constructed as a level surface.



**NOTE**

If the minimum requirements for the curve construction cannot be met due to local conditions, it is possible to deviate from the minimum requirements by using different/special vehicles. These deviations may result in additional costs and must be agreed with Nordex in writing in advance.

**3.3.2 Opportunity for turning and funnel lanes**

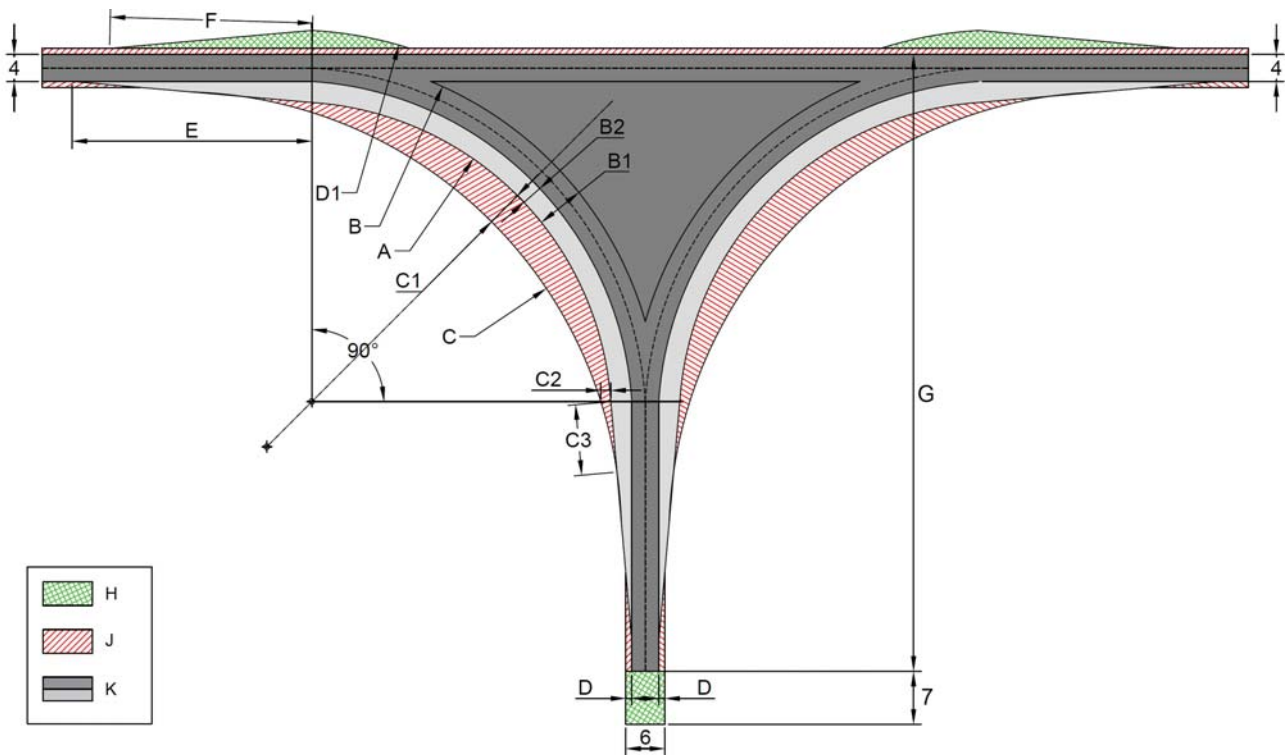


Fig. 15 Structural support of funnel lanes; see previous chapter for explanation of variables

\*G – depth of funnel lane = transport length + 5 m (N149 = 90 m)

Depending on the size of project and the access situation double funnel lanes enabling the vehicles to turn shall be constructed at strategic and central crossroads or preferably at access points to individual turbines.

These double funnel lanes shall enable the vehicles to turn and to leave the construction site forward. The lanes shall be located at strategic crossroads to avoid reversing over a distance of more than 500 m as these movements are very time-consuming and may affect the traffic on the construction site or the erection process. In addition, certain components must be transported to the respective site with forward or backward transport direction, depending on the used crane or assembly method. The transport and erection concept must be determined individually on site.

The dimensions of the funnel lanes result from the component length (see previous chapters) + 5 m = length of the funnel lane. The curve radii must be implemented as specified below. The width of the narrowest part (front side) is at least 4.5 m. If a funnel lane will be used as a parking area for more than one vehicle, the funnel lane must be expanded by 4.5 m per vehicle. Depending on the location it should be considered if four funnels in junction areas are required and feasible.



#### NOTE

The structural support of funnel lanes can be minimized depending on the transport and erection concepts. For example: In the case of a planned single blade assembly, the entrance funnel can be constructed according to the above mentioned curve examples and the exit funnel for the empty vehicles with a radius of R35. A different construction method and the individual transport and crane concepts may result in additional costs, which have to be agreed with Nordex in writing in advance.

### 3.3.3 Road construction

Generally, the access roads shall be planned to enable secure transport for the respective wind turbine class and to achieve the load-carrying capacities described in Chapter 3.1. For that purpose, the site-specific ground conditions must be taken into account. Planning and execution must be adapted accordingly. The structure described below serves only for illustration and does not release the ordering party from project-specific design and planning.

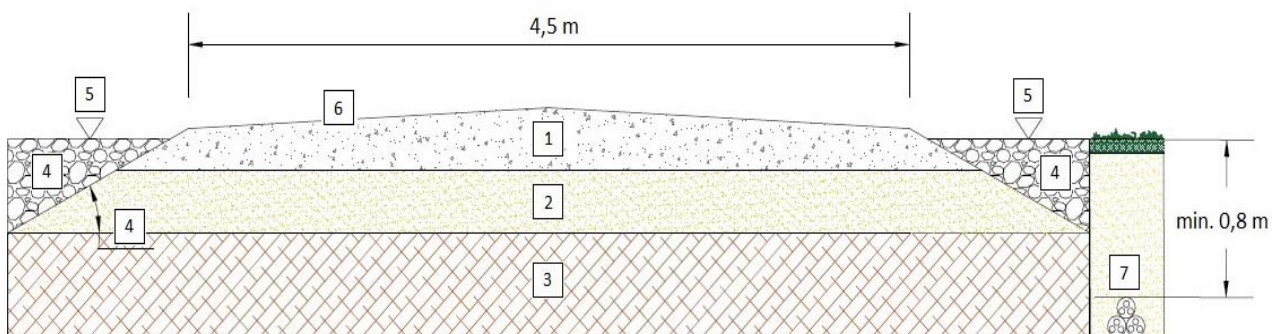


Fig. 16 Exemplary access road structure

- 1 Base layer compacted, gravel: 15-30 cm
- 2 Bed compacted, 30 – 100 cm
- 3 Stable ground
- 4 Embankment 1:2
- 5 Ground level
- 6 Camber  $\leq 2$  %
- 7 Cable trenches

- Once the roads have been completed, quality inspections must be carried out, see chapter 3.3.6 "Quality inspections, access roads and crane hard standing areas".
- Cable trenches must only have the corresponding depth along the access road. If cables must cross the access road, conduits must be laid at the corresponding locations. The cable trenches must be embedded and filled with adequate material in the appropriate design in accordance with Nordex requirements.
- On straight, even road sections (project-specific), an accessible width of 4.5 m is sufficient. The width must not fall below this value. Otherwise, the specified minimum requirements apply. In this connection, the side areas of the roadway must be stable and constructed with a minimum angle of banking of 1:2. It is essential that the load transfer angle is observed.
- Instead of gravel, base and top layer may be made of broken bricks or concrete (free of other demolition waste).
- Existing asphalt/concrete roads with a smaller accessible width than specified above must be expanded to the appropriate width on one side.
- The rubble and gravel base layers may consist of mixed building materials with a grain size of 32 mm, 45 mm or max. 56 mm. The fine content (<0.063 mm) must not exceed 5 % and 7 % in the assembled state.
- All layers and the subsoil must be compacted using proper machinery to allow for heavy trucks.
- Even road surfaces.
- Proper drainage for all access roads must be ensured (cross slope of 1 to 2 %).



- Proper water transport, e.g., in lateral trenches or under access road junctions, must be ensured in order to permanently prevent undercutting, erosion, cavity formation and landslides.
- If road sections of the internal access roads are below the level of the surrounding fields, etc. suitable measures to drain the roads must be taken.
- Before starting road construction, a project- and site-specific design/execution plan for the access roads must be prepared. In doing so, the detailed requirements specified by the structural engineer, geotechnical engineer, haulage contractor and by Nordex must be fulfilled. If the required measures are not implemented, this could cause delays and additional costs for the use of other adequate transport methods.
- Access roads and crane hard standing areas must have the required load carrying capacity and be accessible for heavy-duty vehicles under any possible weather conditions during the entire construction period. Occurring damages to the road surfaces must be repaired by the ordering party immediately.
- Crawler cranes may require special transport and travel roads. Track width of up to 12 m might be necessary.

### 3.3.4 Turnouts

Turnouts serve as parking areas for arriving trucks or already unloaded trucks and as turnouts for oncoming vehicles. These turnouts must ensure an unobstructed accessibility of assembly areas during the delivery and erection stage and help to maintain smooth traffic flow during the entire construction phase. The positioning of these areas must individually be agreed upon with Nordex for each project.

The following two illustrations show an exemplary construction of the parking and turnout areas. These areas can be temporarily supported with gravel or laid out with traversable bolted panels. The lateral inclination must not exceed 2 %. Depending on the layout of the internal wind farm infrastructure, the parking areas and turnouts may be integrated into the auxiliary crane areas (crane hard standing area for the assembly of the crane jib), see Fig. 17 to Fig. 20. Turnouts must be arranged in such a way that they can also be used as resting areas for empty vehicles.

In general, at least one turnout/parking area near the entrance to the wind farm must be planned. In this way, arriving heavy trucks can leave the public road and can be individually guided to the respective WT site at daybreak/when starting work.

For longer one-lane main access roads (from approx. 750 m), turnouts (parking bays) of the dimensions L=90 m (N149), L=80 m (N133) must be provided every 500 m in addition to the existing main access road, allowing oncoming vehicles to give way. This applies to all vehicles.

Depending on location and design of access roads, turnouts must be provided for the access roads to the assembly areas where the access road serves as

both arrival and departure road (dead end). These turnouts must be built as single-side, longitudinal turnouts with the dimensions  $L=240$ , in addition to the existing roads. This will allow other vehicles such as rescue services to access the site unobstructed during the erection and delivery stage.

If the access road to the WT location is shorter than the required length of the turnout, the length may be divided into up to two sections of 120 m each and run, e.g., along the left and right side of the access road. The extension of an access road behind or past the assembly area is recommended only for one vehicle length (approx. 90 m).

Parking with direct connection to the WT site for at least 3 rotor blade vehicles must be ensured.

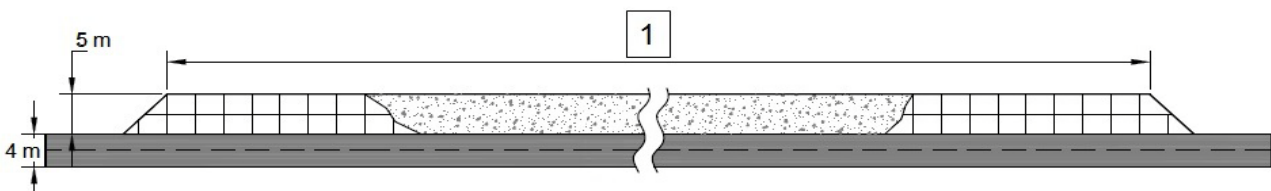


Fig. 17 Normal turnouts (without integration into the auxiliary crane areas)

- 1 Length of the turnout:  
 N149: 2 x 120 m or 240 m  
 N133: 3 x 80 m or 240 m

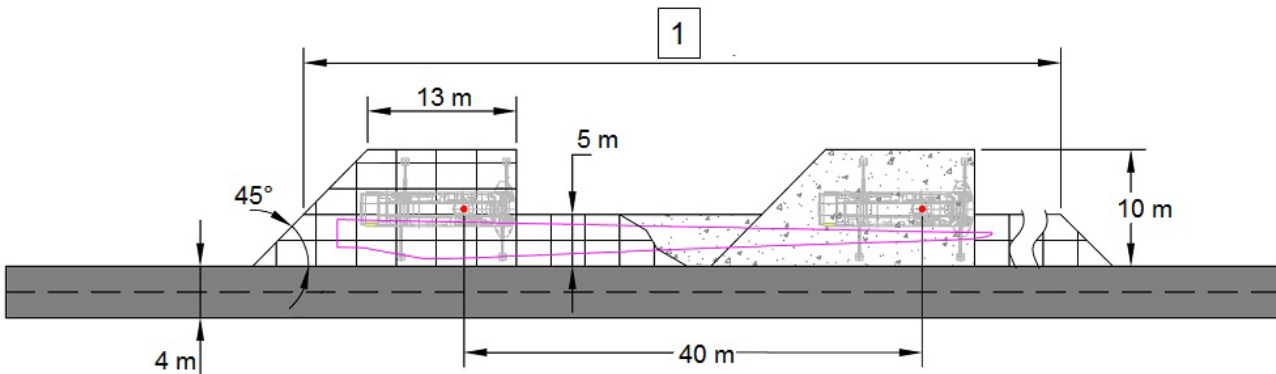


Fig. 18 Turnouts with integration into the auxiliary crane areas

- 1 Length of the turnout:  
 N149: 2 x 120 m or 240 m  
 N133: 3 x 80 m or 240 m

### 3.3.5 Storage areas and site office

The following sketch shows a general illustration of a Nordex site office, which must be designed specifically for each project:

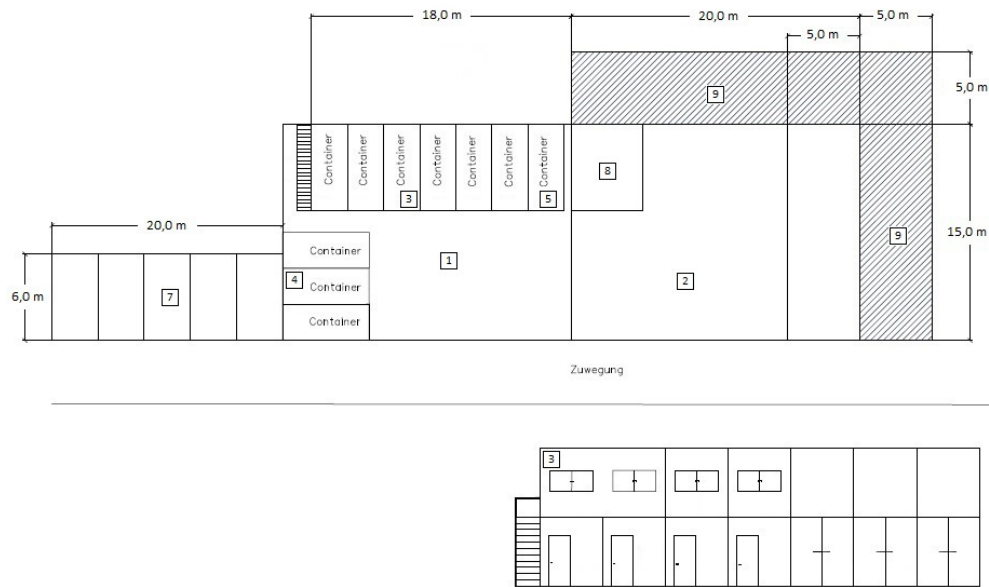


Fig. 19 Nordex site office (example)

- 1 Office area & assembly point
- 2 Storage/handling area for small components & material
- 3 Container village – two stories
- 4 Containers – erection team / crane team & optional
- 5 Storage container for hazardous substances
- 6 Container village staircase
- 7 Car parking area
- 8 Storage area for tank system & garbage container
- 9 Extension area for TIT or >10 WTs

#### Office area requirements:

- The area must be outside of the danger area (wind turbine height).
- It should be located in the area of the wind farm entrance (main entrance) on a straight road section, at which all transports enter the wind farm (entry check, check-in, check-out and driver guide point).
- The construction is carried out in the same way as the access roads (see chapter 3.1 "Loads")
- The office area can be constructed with an inclination of up to 2 %.
- The entire office area is a temporary construction for the entire project phase and can be deconstructed after wind farm commissioning.

The client must provide an area of 720 m<sup>2</sup> to accommodate the following equipment and facilities:

- Nordex office – 20 ft container
- Office for responsible company – 20 ft container

- Office for meetings – 20 ft container
- Generator with drip tray
- Recycling
- Free space for material on EUR-pallets (14 m x 2.5 m)
- Restroom
- Empty area for material (fenced if applicable (recommended)): 14 m x 2.5 m)
- 4x 20 ft material container (2x for material / 1x for cables / 1x for storing material in dry and heatable places)
- At least eight parking spaces for cars

### 3.3.6 Quality inspections, access roads and crane hard standing areas

The customer is responsible for performing the following minimum required quality inspections of access roads and crane hard standing areas in the form of a soil investigation report, including analyses of load-carrying capacity and bearing capacity. The inspection results must be submitted to Nordex no later than four weeks before delivery starts:

Quality inspections	Minimum number/ comments
Degree of compaction ( $D_{pr}$ ) according to DIN 18127 (or comparable local standard) of the access roads in layers (bed, base layer, top layer)	1 test (every 500 m)
Degree of compaction ( $D_{pr}$ ) according to DIN 18127 (or comparable local standard) of the <b>crane hard standing areas</b> in layers (bed, base layer, top layer)	4 tests (per crane hard standing area)
Static plate load test according to DIN 18134* (or comparable local standard) of the <b>access roads</b> in layers (bed, base layer, top layer)	3 tests (every 5000 m <sup>2</sup> )
Static plate load test according to DIN 18134* (or comparable local standard) of the <b>crane hard standing areas</b> in layers (bed, base layer, top layer)	2 tests (per crane hard standing area)

\* The following conditions must be met:

- $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$  and  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2.3$
- If the  $E_{v1}$  value has already reached  $60 \text{ MN/m}^2$  the ratio  $E_{v2}/E_{v1}$  can also be higher.

All test results must be thoroughly documented in a professional manner, illustrated with tables and diagrams and submitted to Nordex. The positions and heights of the test points must be presented in diagrams. The soil profile of access roads and crane hard standing areas also require neat presentation.

**NOTE**

During maintenance the load-carrying capacity of the access roads and the crane hard standing areas must be regularly checked and verified in accordance with the above-mentioned quality inspections. If a component must be replaced, the quality inspections incl. the verification must be performed before commencing the transport. Any repair measures must have been completed before commencing the crane movement.

---

### 3.4 Public roads

In general, the orderer is responsible for providing the access roads from the destination port or the freeway exit to the construction site. The orderer is also in charge of planning, obtaining permission and executing all necessary constructive measures.

Here, Nordex can be of support when performing feasibility studies and listing required constructive measures. Depending on the complexity of the access roads, it may be necessary to obtain a test permission at an early stage or perform a "dummy run" prior to starting the heavy duty transports.

## 4. Crane requirements

One main crane and at least one auxiliary crane are required for the wind turbine erection. The auxiliary crane must be able to change position several times before, during and after wind turbine erection. For the minimum load capacity (hook load) for the modules at the respective heights see chapter 2 "Weights, dimensions and handling instructions".

The required hook height is: Hub height + 20 m

Main crane radius 15 - 30 m (depending on crane type)

Auxiliary crane radius 6 - 12 m (depending on crane type)

## 5. Crane hard standing area

The crane hard standing area must be planned and laid out according to the local conditions and the cranes that are used. The crane hard standing area must withstand the soil pressure of the crane outriggers and tracked vehicles. The soil pressure depends on the maximum weight of the components and the size of the crane used (mobile crane, crawler crane) and must be at least 250 kN/m<sup>2</sup>.

The entire crane hard standing area must be level, must not have any slope and must be planned such that the height difference between the hard standing area and the foundation top edge is not greater than 1.80 m. If this value is exceeded a larger, more expensive crane may be required.

For hybrid towers, the transition (access ramp see Fig. 22) between the crane hard standing area and the filled foundation must be made with an inclination of max. 10 % in gravel construction with a load-carrying capacity of 120 kN, allowing site vehicles to enter the foundation area for assembly purposes. The ramp must be attached in a way that the main crane can operate unrestricted and the emergency roads are also maintained unrestricted. For tubular steel towers, a staircase see Fig. 23 (table + figure (item 4a/4b) may be constructed instead of a ramp.

The crane hard standing area and the erection and working area (e.g. clearance) of the crane must be free of obstacles, which might interfere with the erection and operation of the crane (see following drawings). The length of the rotor blades and the space for the assembly of the crane jib must in particular be considered for crane operation.

Excavated material must be stored only behind the foundation (see Fig. 20) or outside the illustrated assembly areas and the curve areas including slewing areas (see chapter 3.3.1 "Curves").

The transformer substation must not be placed on the crane hard standing area or the assembly area of the crane jib. To prevent dirt from entering the wind turbine, access to foundation and the ground must be compacted and covered with gravel to ensure a dry and clean surface.

A walkable working area, approx. 2 m wide, must be provided directly around the foundation. The nacelle must be placed only on the crane hard standing area or, using crane mats/wooden supports, on suitable stable ground.

For the assembly of the crane jib of lattice boom cranes, a long, level area with a minimum width of 5 m is required that can be accessed with 8 t. It must be in gravel or covered with bolted panels. The minimum length is shown in the following examples, depending on the tower height. The auxiliary crane must be able to move parallel to the entire length of the assembly area.

The assembly areas overlap with the compacted areas of the access roads and the crane hard standing areas. These areas are dashed and marked as aisles or storage areas.

The crane hard standing areas can be adapted to the individual site conditions for a particular project. The required space can be optimized by using adequate crane, transport and assembly technology. Any deviations from the following examples of crane hard standing areas may cause additional costs. Individual modifications or transport/assembly/crane concepts must be agreed with Nordex in writing in advance.

To ensure a smooth assembly process, storage areas for all components must be planned/provided at all crane hard standing areas. In the examples below these areas are shown as storage areas for rotor blades, for example. Tower sections can also be deposited outside the paved crane hard standing area on adequate supports. Any deviation leads to higher logistics costs due to added effort. Furthermore, any deviation must be coordinated individually with Nordex in advance.

**CAUTION:** No components must be deposited in the jib assembly area that prevent the sudden lowering of the crane jib.

At forest locations or sites with demanding topography where no storage areas can be provided, at least one central area must be provided where components can be deposited. The auxiliary crane areas may be stabilized with gravel or temporary with bolted panels. Alternatively, two crane hard standing areas must be dimensioned in a way that tower sections and rotor blades can be deposited on the crane hard standing area and/or in the area for the jib assembly. In these cases, higher costs must be expected due to greater logistics effort.

Sufficient space for at least two Nordex erection containers must be provided (for power generator and tools) as well as additional space for a Nordex material container for temporary material storage, garbage containers, staff containers, construction vehicles, etc.

The access roads to the wind turbine must always be kept free for ambulance and rescue, assembly and site vehicles. The escape paths must be designed for crane hard standing areas according to the following examples. A reliable escape route concept must be presented prior to commencing construction.

The following examples show crane hard standing areas for forest and open country for turbines up to 170 m tower height. The detailed layout for the specific site must be planned after the site has been inspected.



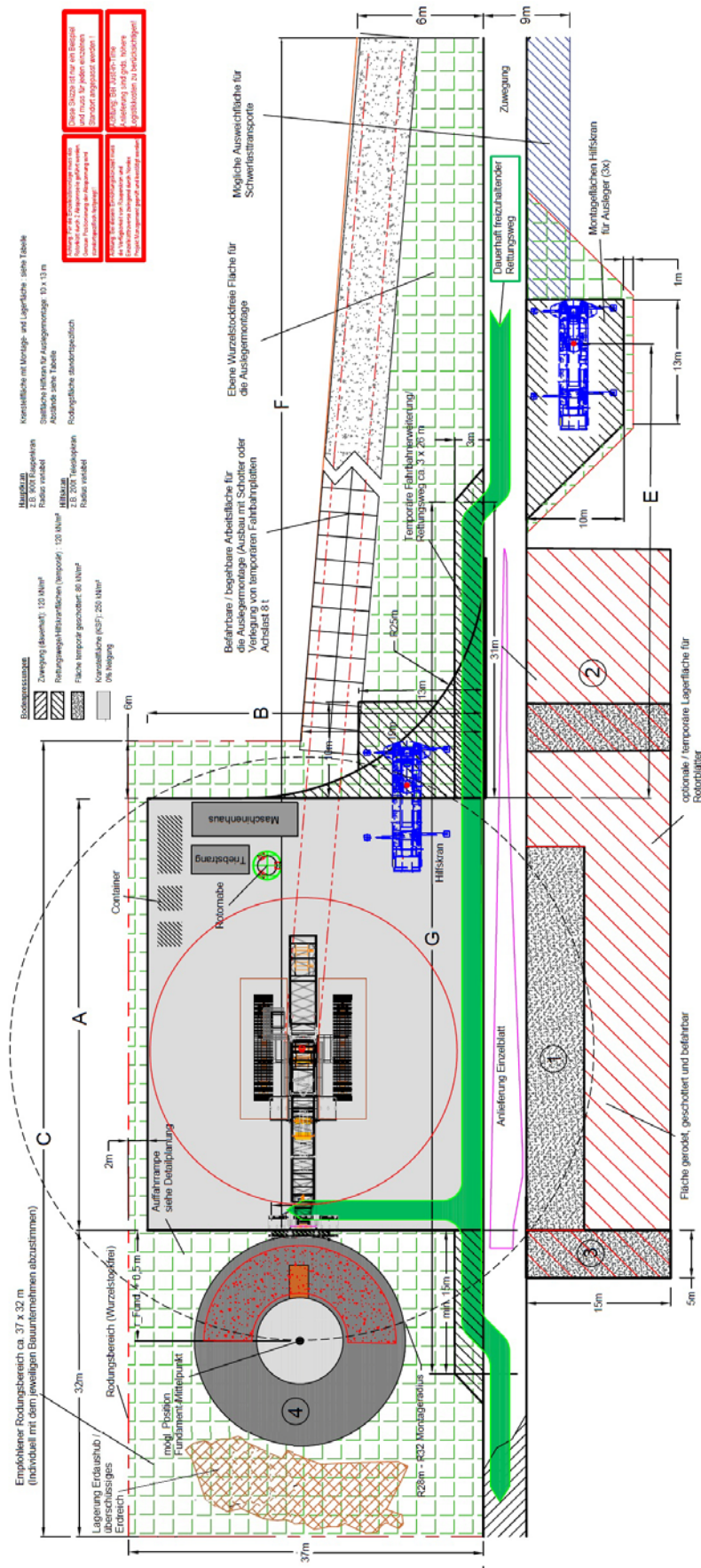


Fig. 20 Optimized crane hard standing area for forest sites (single blade assembly) for WTs of

---

*up to 170 m hub height*

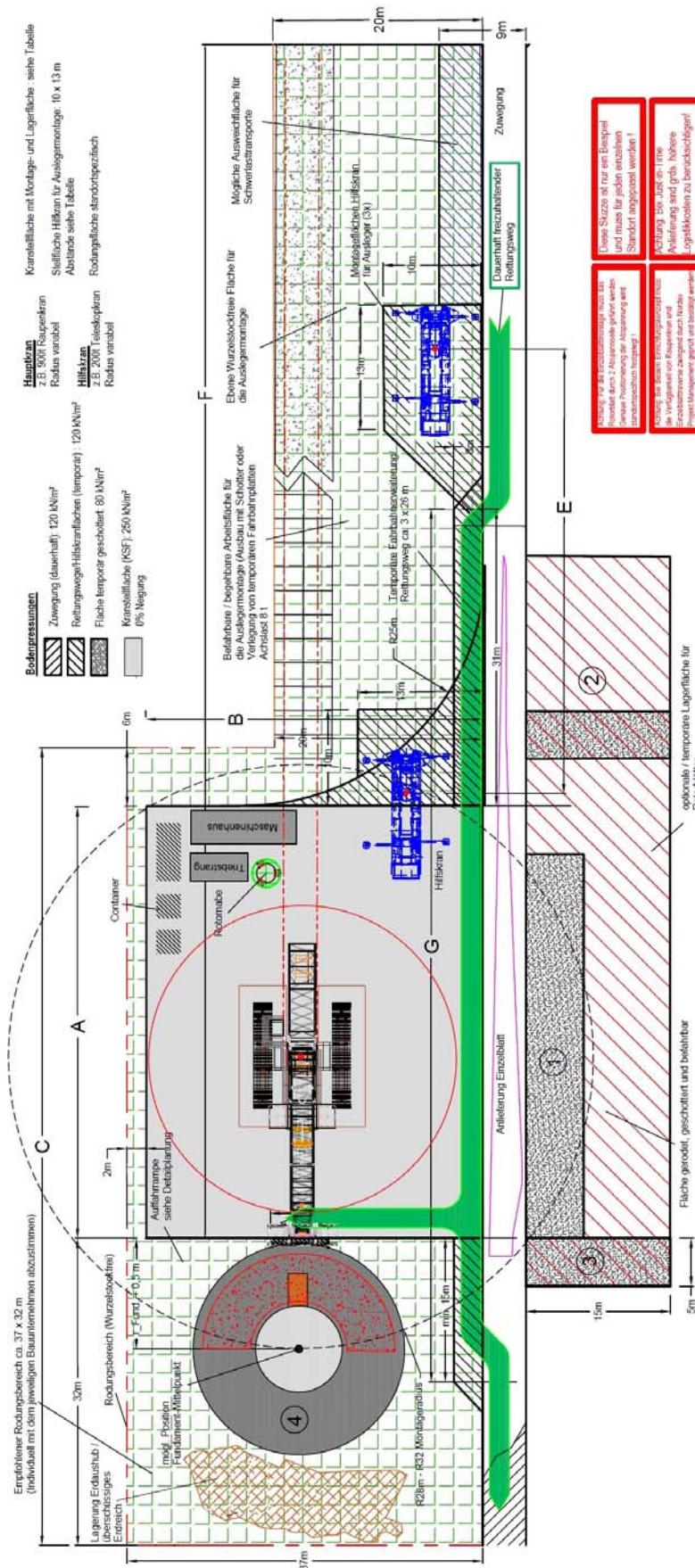


Fig. 21 Optimized crane hard standing area for open country sites (single blade assembly) for WT's of up to 170 m hub height

The working areas around the tubular steel tower must be constructed as follows:

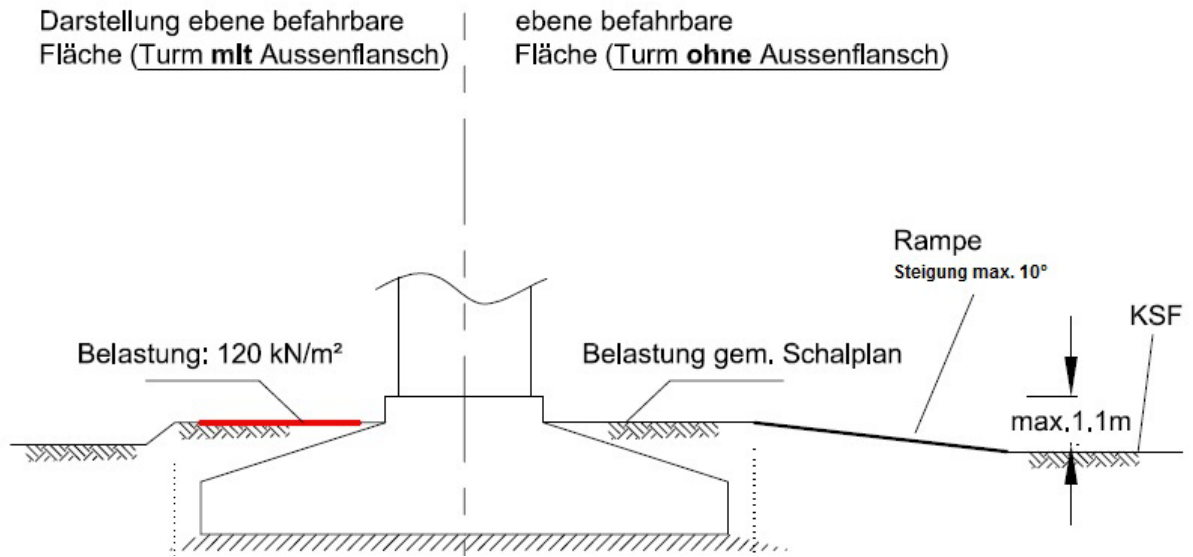


Fig. 22 Area around the tower – sectional view

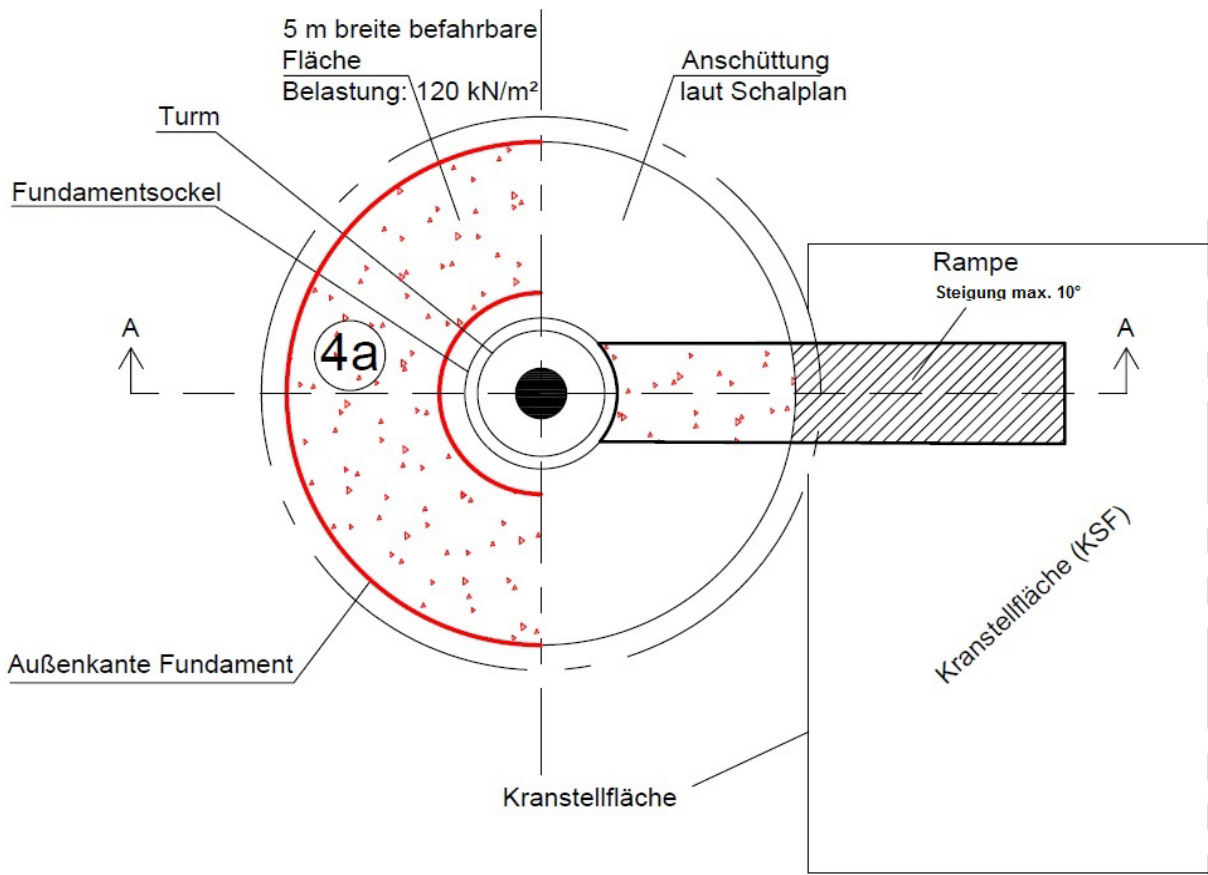


Fig. 23 Area around the tower (tubular steel tower) – top view

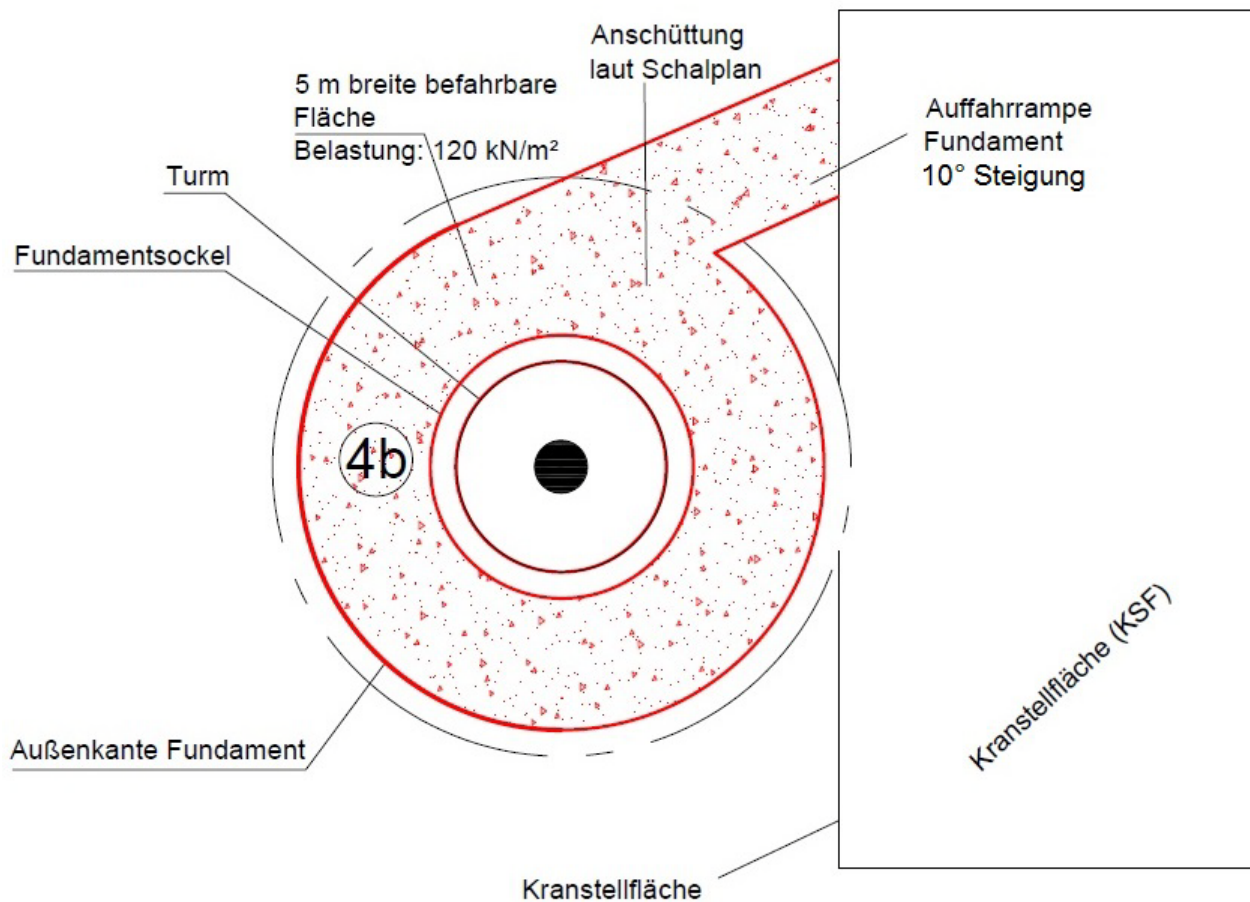


Fig. 24 Area around the tower (hybrid tower) – top view

**Table 6:** Values for crane hard standing areas

Crane hard standing area		All TS towers	TCS164
A (length CHSA)	m	40	45
B (width CHSA)	m	35	35
C (length of clearing area)	m	74	83
E (distance of auxiliary crane pockets / each to the center point)	m	40	50
F (length of the jib assembly area / measured from the transition of the foundation edge / crane hard standing area)	m	160	210
G (length of emergency lane / it must be possible to drive around the longest vehicle (85 m blade / current worst-case assumption))	m	91	91
1 (pre-assembly area / handling area)	m	6 x 40	6 x 40
2 (blade storage area / optional)*	m	15 x 76	15 x 76

Crane hard standing area		All TS towers	TCS164
3 (Blade fingers / support points for the rotor blade transport frames (distance in acc. with table, item 2.4))	m	5 x 15	5 x 15
4a (staircase to the foundation / table: inclination up to 10°: gravel / 11°-30° handrail + graveled steps / 31°-45° = steps + handrail)	m	necessary	-
4b (access ramp from the side of the crane hard standing area onto the foundation / graveled on the graveled/ accessible foundation area / load-carrying capacity 120 kN)	m	-	necessary

\* If present, no additional costs, if not present directly at the crane hard standing area: Additional costs for logistics (driving around the components / within the wind farm) must be included in the calculation.

Alternative design variants:

- Within the wind farm, a central area at the wind farm entrance (preferably open space) may be chosen. If necessary, panels must be laid out for the auxiliary cranes; the components may be deposited on wooden supports. Surface damage will be inevitable.
- The blade storage areas may be integrated into the jib assembly areas (in the area of the first two auxiliary crane pockets / the depth here corresponds approximately to the required depth and length "2"). In this case, at least 2 crane hard standing areas must be provided for this purpose (The components can be deposited only where either no WT has yet been erected or where a WT has already been erected; the deposited components must not prevent the jib assembly/disassembly).







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



# Noise level, Power curves, Thrust curves

Nordex N149/4.0-4.5  
Variable Power Curve Modes

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

### Nordex N149/4.0-4.5 – Noise level measurement requirements

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].

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 into 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; 2017-11
- [4] IEC 61400-14, Wind turbines - Part 14: Declaration of apparent sound power level and tonality values, first edition, 2005-03

Abbreviations

$L_{WA}$ ...	A-weighted sound power level
$v_s$ ...	wind speed converted to reference conditions (hub height 10 m, roughness length 0.05 m) using a logarithmic profile
$v_H$ ...	hub height wind speed
STE ...	Serrated Trailing Edge

**Nordex N149/4.0-4.5 – Noise level, rated power and available hub heights**

operating mode	rated power [kW]	Maximum sound power level over the complete operating range of the wind turbine		available hub heights [m]			
		L <sub>WA</sub> [dB(A)]	L <sub>WA</sub> (STE) [dB(A)]	105	125	145	164
Mode 0.b	4500	108.1	106.1	●	●	●	●
Mode 1.b	4380	107.5	105.5	●	●	●	●
Mode 2.a	4500	107.0	105.0	●	●	●	●
Mode 3.b	4200	106.6	104.6	●	●	●	●
Mode 5.a	4200	105.6	103.6	●	●	●	●
Mode 5.b	4000	105.6	103.6	●	●	●	●

● mode available

## Nordex N149/4.0-4.5 – Noise level – Mode 0.b

Standardized wind speed [m/s]	hub height 105 m			hub height 125 m		
	apparent sound power level [dB(A)]		hub height wind speed [m/s]	apparent sound power level [dB(A)]		hub height wind speed [m/s]
	$L_{WA}$ (w/o STE)	$L_{WA}$ (with STE)	$v_H$	$L_{WA}$ (w/o STE)	$L_{WA}$ (with STE)	$v_H$
$v_s$						
3.0	96.0	94.0	4.3	96.0	94.0	4.4
4.0	97.0	95.0	5.8	97.4	95.4	5.9
5.0	102.3	100.3	7.2	102.8	100.8	7.4
6.0	106.3	104.3	8.7	106.8	104.8	8.9
7.0	108.1	106.1	10.1	108.1	106.1	10.3
8.0	108.1	106.1	11.6	108.1	106.1	11.8
9.0	108.1	106.1	13.0	108.1	106.1	13.3
10.0	108.1	106.1	14.4	108.1	106.1	14.8
11.0	108.1	106.1	15.9	108.1	106.1	16.2
12.0	108.1	106.1	17.3	108.1	106.1	17.7

Standardized wind speed [m/s]	hub height 145 m			hub height 164 m		
	apparent sound power level [dB(A)]		hub height wind speed [m/s]	apparent sound power level [dB(A)]		hub height wind speed [m/s]
	$L_{WA}$ (w/o STE)	$L_{WA}$ (with STE)	$v_H$	$L_{WA}$ (w/o STE)	$L_{WA}$ (with STE)	$v_H$
$v_s$						
3.0	96.0	94.0	4.5	96.0	94.0	4.6
4.0	97.8	95.8	6.0	98.1	96.1	6.1
5.0	103.2	101.2	7.5	103.5	101.5	7.6
6.0	107.2	105.2	9.0	107.5	105.5	9.2
7.0	108.1	106.1	10.5	108.1	106.1	10.7
8.0	108.1	106.1	12.0	108.1	106.1	12.2
9.0	108.1	106.1	13.5	108.1	106.1	13.8
10.0	108.1	106.1	15.0	108.1	106.1	15.3
11.0	108.1	106.1	16.6	108.1	106.1	16.8
12.0	108.1	106.1	18.1	108.1	106.1	18.3

Nordex N149/4.0-4.5 – Noise level – Mode 1.b

Standardized wind speed [m/s]	hub height 105 m			hub height 125 m		
	apparent sound power level [dB(A)]		hub height wind speed [m/s]	apparent sound power level [dB(A)]		hub height wind speed [m/s]
	L <sub>WA</sub> (w/o STE)	L <sub>WA</sub> (with STE)	v <sub>H</sub>	L <sub>WA</sub> (w/o STE)	L <sub>WA</sub> (with STE)	v <sub>H</sub>
v <sub>s</sub>						
3.0	96.0	94.0	4.3	96.0	94.0	4.4
4.0	97.0	95.0	5.8	97.4	95.4	5.9
5.0	102.3	100.3	7.2	102.8	100.8	7.4
6.0	106.3	104.3	8.7	106.8	104.8	8.9
7.0	107.5	105.5	10.1	107.5	105.5	10.3
8.0	107.5	105.5	11.6	107.5	105.5	11.8
9.0	107.5	105.5	13.0	107.5	105.5	13.3
10.0	107.5	105.5	14.4	107.5	105.5	14.8
11.0	107.5	105.5	15.9	107.5	105.5	16.2
12.0	107.5	105.5	17.3	107.5	105.5	17.7

Standardized wind speed [m/s]	hub height 145 m			hub height 164 m		
	apparent sound power level [dB(A)]		hub height wind speed [m/s]	apparent sound power level [dB(A)]		hub height wind speed [m/s]
	L <sub>WA</sub> (w/o STE)	L <sub>WA</sub> (with STE)	v <sub>H</sub>	L <sub>WA</sub> (w/o STE)	L <sub>WA</sub> (with STE)	v <sub>H</sub>
v <sub>s</sub>						
3.0	96.0	94.0	4.5	96.0	94.0	4.6
4.0	97.8	95.8	6.0	98.1	96.1	6.1
5.0	103.2	101.2	7.5	103.5	101.5	7.6
6.0	107.2	105.2	9.0	107.3	105.3	9.2
7.0	107.5	105.5	10.5	107.5	105.5	10.7
8.0	107.5	105.5	12.0	107.5	105.5	12.2
9.0	107.5	105.5	13.5	107.5	105.5	13.8
10.0	107.5	105.5	15.0	107.5	105.5	15.3
11.0	107.5	105.5	16.6	107.5	105.5	16.8
12.0	107.5	105.5	18.1	107.5	105.5	18.3

Nordex N149/4.0-4.5 – Noise level – Mode 2.a

Standardized wind speed [m/s]	hub height 105 m			hub height 125 m		
	apparent sound power level [dB(A)]		hub height wind speed [m/s]	apparent sound power level [dB(A)]		hub height wind speed [m/s]
	L <sub>WA</sub> (w/o STE)	L <sub>WA</sub> (with STE)	v <sub>H</sub>	L <sub>WA</sub> (w/o STE)	L <sub>WA</sub> (with STE)	v <sub>H</sub>
v <sub>s</sub>						
3.0	96.0	94.0	4.3	96.0	94.0	4.4
4.0	97.0	95.0	5.8	97.4	95.4	5.9
5.0	102.3	100.3	7.2	102.8	100.8	7.4
6.0	106.3	104.3	8.7	106.7	104.7	8.9
7.0	107.0	105.0	10.1	107.0	105.0	10.3
8.0	107.0	105.0	11.6	107.0	105.0	11.8
9.0	107.0	105.0	13.0	107.0	105.0	13.3
10.0	107.0	105.0	14.4	107.0	105.0	14.8
11.0	107.0	105.0	15.9	107.0	105.0	16.2
12.0	107.0	105.0	17.3	107.0	105.0	17.7

Standardized wind speed [m/s]	hub height 145 m			hub height 164 m		
	apparent sound power level [dB(A)]		hub height wind speed [m/s]	apparent sound power level [dB(A)]		hub height wind speed [m/s]
	L <sub>WA</sub> (w/o STE)	L <sub>WA</sub> (with STE)	v <sub>H</sub>	L <sub>WA</sub> (w/o STE)	L <sub>WA</sub> (with STE)	v <sub>H</sub>
v <sub>s</sub>						
3.0	96.0	94.0	4.5	96.0	94.0	4.6
4.0	97.8	95.8	6.0	98.1	96.1	6.1
5.0	103.2	101.2	7.5	103.5	101.5	7.6
6.0	107.0	105.0	9.0	107.0	105.0	9.2
7.0	107.0	105.0	10.5	107.0	105.0	10.7
8.0	107.0	105.0	12.0	107.0	105.0	12.2
9.0	107.0	105.0	13.5	107.0	105.0	13.8
10.0	107.0	105.0	15.0	107.0	105.0	15.3
11.0	107.0	105.0	16.6	107.0	105.0	16.8
12.0	107.0	105.0	18.1	107.0	105.0	18.3

## Nordex N149/4.0-4.5 – Noise level – Mode 3.b

Standardized wind speed [m/s]	hub height 105 m			hub height 125 m		
	apparent sound power level [dB(A)]		hub height wind speed [m/s]	apparent sound power level [dB(A)]		hub height wind speed [m/s]
	L <sub>WA</sub> (w/o STE)	L <sub>WA</sub> (with STE)	v <sub>H</sub>	L <sub>WA</sub> (w/o STE)	L <sub>WA</sub> (with STE)	v <sub>H</sub>
v <sub>s</sub>						
3.0	96.0	94.0	4.3	96.0	94.0	4.4
4.0	97.0	95.0	5.8	97.4	95.4	5.9
5.0	102.3	100.3	7.2	102.8	100.8	7.4
6.0	106.3	104.3	8.7	106.6	104.6	8.9
7.0	106.6	104.6	10.1	106.6	104.6	10.3
8.0	106.6	104.6	11.6	106.6	104.6	11.8
9.0	106.6	104.6	13.0	106.6	104.6	13.3
10.0	106.6	104.6	14.4	106.6	104.6	14.8
11.0	106.6	104.6	15.9	106.6	104.6	16.2
12.0	106.6	104.6	17.3	106.6	104.6	17.7

Standardized wind speed [m/s]	hub height 145 m			hub height 164 m		
	apparent sound power level [dB(A)]		hub height wind speed [m/s]	apparent sound power level [dB(A)]		hub height wind speed [m/s]
	L <sub>WA</sub> (w/o STE)	L <sub>WA</sub> (with STE)	v <sub>H</sub>	L <sub>WA</sub> (w/o STE)	L <sub>WA</sub> (with STE)	v <sub>H</sub>
v <sub>s</sub>						
3.0	96.0	94.0	4.5	96.0	94.0	4.6
4.0	97.8	95.8	6.0	98.1	96.1	6.1
5.0	103.2	101.2	7.5	103.5	101.5	7.6
6.0	106.6	104.6	9.0	106.6	104.6	9.2
7.0	106.6	104.6	10.5	106.6	104.6	10.7
8.0	106.6	104.6	12.0	106.6	104.6	12.2
9.0	106.6	104.6	13.5	106.6	104.6	13.8
10.0	106.6	104.6	15.0	106.6	104.6	15.3
11.0	106.6	104.6	16.6	106.6	104.6	16.8
12.0	106.6	104.6	18.1	106.6	104.6	18.3



## Nordex N149/4.0-4.5 – Noise level – Mode 5.a

Standardized wind speed [m/s]	hub height 105 m			hub height 125 m		
	apparent sound power level [dB(A)]		hub height wind speed [m/s]	apparent sound power level [dB(A)]		hub height wind speed [m/s]
	$L_{WA}$ (w/o STE)	$L_{WA}$ (with STE)	$v_H$	$L_{WA}$ (w/o STE)	$L_{WA}$ (with STE)	$v_H$
$v_s$						
3.0	96.0	94.0	4.3	96.0	94.0	4.4
4.0	97.0	95.0	5.8	97.4	95.4	5.9
5.0	102.3	100.3	7.2	102.8	100.8	7.4
6.0	105.6	103.6	8.7	105.6	103.6	8.9
7.0	105.6	103.6	10.1	105.6	103.6	10.3
8.0	105.6	103.6	11.6	105.6	103.6	11.8
9.0	105.6	103.6	13.0	105.6	103.6	13.3
10.0	105.6	103.6	14.4	105.6	103.6	14.8
11.0	105.6	103.6	15.9	105.6	103.6	16.2
12.0	105.6	103.6	17.3	105.6	103.6	17.7

Standardized wind speed [m/s]	hub height 145 m			hub height 164 m		
	apparent sound power level [dB(A)]		hub height wind speed [m/s]	apparent sound power level [dB(A)]		hub height wind speed [m/s]
	$L_{WA}$ (w/o STE)	$L_{WA}$ (with STE)	$v_H$	$L_{WA}$ (w/o STE)	$L_{WA}$ (with STE)	$v_H$
$v_s$						
3.0	96.0	94.0	4.5	96.0	94.0	4.6
4.0	97.8	95.8	6.0	98.1	96.1	6.1
5.0	103.2	101.2	7.5	103.5	101.5	7.6
6.0	105.6	103.6	9.0	105.6	103.6	9.2
7.0	105.6	103.6	10.5	105.6	103.6	10.7
8.0	105.6	103.6	12.0	105.6	103.6	12.2
9.0	105.6	103.6	13.5	105.6	103.6	13.8
10.0	105.6	103.6	15.0	105.6	103.6	15.3
11.0	105.6	103.6	16.6	105.6	103.6	16.8
12.0	105.6	103.6	18.1	105.6	103.6	18.3

## Nordex N149/4.0-4.5 – Noise level – Mode 5.b

Standardized wind speed [m/s]	hub height 105 m			hub height 125 m		
	apparent sound power level [dB(A)]		hub height wind speed [m/s]	apparent sound power level [dB(A)]		hub height wind speed [m/s]
	L <sub>WA</sub> (w/o STE)	L <sub>WA</sub> (with STE)	v <sub>H</sub>	L <sub>WA</sub> (w/o STE)	L <sub>WA</sub> (with STE)	v <sub>H</sub>
v <sub>s</sub>						
3.0	96.0	94.0	4.3	96.0	94.0	4.4
4.0	97.0	95.0	5.8	97.4	95.4	5.9
5.0	102.3	100.3	7.2	102.8	100.8	7.4
6.0	105.6	103.6	8.7	105.6	103.6	8.9
7.0	105.6	103.6	10.1	105.6	103.6	10.3
8.0	105.6	103.6	11.6	105.6	103.6	11.8
9.0	105.6	103.6	13.0	105.6	103.6	13.3
10.0	105.6	103.6	14.4	105.6	103.6	14.8
11.0	105.6	103.6	15.9	105.6	103.6	16.2
12.0	105.6	103.6	17.3	105.6	103.6	17.7

Standardized wind speed [m/s]	hub height 145 m			hub height 164 m		
	apparent sound power level [dB(A)]		hub height wind speed [m/s]	apparent sound power level [dB(A)]		hub height wind speed [m/s]
	L <sub>WA</sub> (w/o STE)	L <sub>WA</sub> (with STE)	v <sub>H</sub>	L <sub>WA</sub> (w/o STE)	L <sub>WA</sub> (with STE)	v <sub>H</sub>
v <sub>s</sub>						
3.0	96.0	94.0	4.5	96.0	94.0	4.6
4.0	97.8	95.8	6.0	98.1	96.1	6.1
5.0	103.2	101.2	7.5	103.5	101.5	7.6
6.0	105.6	103.6	9.0	105.6	103.6	9.2
7.0	105.6	103.6	10.5	105.6	103.6	10.7
8.0	105.6	103.6	12.0	105.6	103.6	12.2
9.0	105.6	103.6	13.5	105.6	103.6	13.8
10.0	105.6	103.6	15.0	105.6	103.6	15.3
11.0	105.6	103.6	16.6	105.6	103.6	16.8
12.0	105.6	103.6	18.1	105.6	103.6	18.3

### Nordex N149/4.0-4.5 – Verification conditions power curve

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

Determinations for the power curve verification:

Verification according to:	IEC 61400-12-1
Type of anemometer:	Thies First Class (Advanced) or Vector A100
Type of LiDAR:	Windcube V2 or Zephir 300
Measurement of power:	low voltage side, 660 VAC
Air density:	normalization to the nearest air density shown in the table
Filter of turbulence intensity:	$9\% \leq TI \leq 20\%$
Filter of wind shear:	$0 \leq \alpha \leq 0.3$ 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 inflow angle:	$-2^\circ \leq \psi \leq +2^\circ$
Filter of temperature:	$\theta \leq 25^\circ\text{C}$
Ice / snow on the blades:	No (determined with ice detectors)
Filter of grid voltage U (for mode 2.a and 5.a only):	$U > 92\% U_N$ (of nominal voltage $U_N$ )
Filter of grid reactive power:	Power factor = 1.0
Status signal:	Ready for unlimited operation in the corresponding operational mode without consideration of the cut-out hysteresis

Abbreviations

TI ...	turbulence intensity
$\alpha$ ...	Hellmann exponent
$\psi$ ...	vertical inflow angle
$v_H$ ...	hub height wind speed

**Nordex N149/4.0-4.5 – Power curves – Mode 0.b**

for hub heights 105 m, 125 m, 145 m and 164 m									
wind speed $v_H$ [m/s]	Power $P_{el}$ [kW] at air density $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]								
	0.900	0.925	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100
3.0	9	11	13	14	16	18	19	21	23
3.5	77	80	84	87	91	94	98	101	105
4.0	169	175	181	187	193	199	205	211	217
4.5	282	291	300	309	318	327	336	346	355
5.0	417	430	443	455	468	481	494	507	520
5.5	576	593	611	628	645	662	680	697	714
6.0	763	786	808	831	853	875	898	920	942
6.5	982	1010	1039	1067	1095	1124	1152	1180	1208
7.0	1235	1271	1306	1341	1376	1411	1446	1481	1516
7.5	1526	1569	1612	1655	1698	1741	1784	1827	1870
8.0	1856	1908	1960	2012	2064	2115	2167	2219	2270
8.5	2228	2290	2351	2413	2475	2536	2597	2659	2720
9.0	2633	2705	2778	2850	2923	2995	3066	3137	3207
9.5	3051	3135	3218	3299	3379	3458	3530	3590	3649
10.0	3462	3551	3635	3702	3769	3836	3894	3942	3990
10.5	3816	3890	3960	4014	4068	4121	4167	4203	4238
11.0	4083	4142	4199	4239	4279	4319	4352	4376	4399
11.5	4273	4318	4360	4387	4414	4441	4460	4470	4479
12.0	4398	4429	4456	4468	4481	4493	4500	4500	4500
12.5	4470	4485	4498	4499	4500	4500	4500	4500	4500
13.0	4498	4499	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
13.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
14.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
14.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
15.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
15.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
16.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
16.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
17.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
17.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
18.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
18.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
19.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
19.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
20.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
20.5*	4455	4455	4455	4455	4455	4455	4455	4455	4455
21.0*	4307	4307	4307	4307	4307	4307	4307	4307	4307
21.5*	4131	4131	4131	4131	4131	4131	4131	4131	4131
22.0*	3951	3951	3951	3951	3951	3951	3951	3951	3951
22.5*	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776
23.0*	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
23.5*	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
24.0*	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245
24.5*	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065
25.0*	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885
25.5*	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705
26.0*	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529

\* These values are based on a yield and load optimized operation that is not feasible at all sites.

### Nordex N149/4.0-4.5 – Power curves – Mode 0.b

for hub heights 105 m, 125 m, 145 m and 164 m								
wind speed $v_H$ [m/s]	Power $P_{el}$ [kW] at air density $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]							
	1.125	1.150	1.175	1.200	1.225	1.250	1.275	1.300
3.0	24	26	28	29	31	32	34	36
3.5	108	112	115	119	122	126	129	133
4.0	223	229	235	241	247	253	259	265
4.5	364	373	382	391	400	409	419	428
5.0	533	545	558	571	584	597	610	622
5.5	731	748	766	783	800	817	834	852
6.0	964	987	1009	1031	1054	1076	1098	1120
6.5	1236	1265	1293	1321	1349	1377	1405	1433
7.0	1551	1586	1621	1656	1691	1726	1761	1796
7.5	1912	1955	1998	2040	2083	2125	2168	2210
8.0	2322	2373	2424	2476	2527	2578	2629	2680
8.5	2781	2842	2901	2959	3016	3072	3127	3180
9.0	3275	3339	3401	3458	3506	3553	3600	3644
9.5	3706	3759	3810	3857	3894	3930	3966	3999
10.0	4035	4077	4116	4151	4177	4203	4227	4250
10.5	4271	4301	4328	4351	4367	4381	4394	4407
11.0	4419	4437	4453	4465	4470	4474	4478	4481
11.5	4487	4493	4498	4500	4500	4500	4500	4500
12.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
12.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
13.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
13.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
14.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
14.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
15.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
15.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
16.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
16.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
17.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
17.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
18.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
18.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
19.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
19.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
20.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
20.5*	4455	4455	4455	4455	4455	4455	4455	4455
21.0*	4307	4307	4307	4307	4307	4307	4307	4307
21.5*	4131	4131	4131	4131	4131	4131	4131	4131
22.0*	3951	3951	3951	3951	3951	3951	3951	3951
22.5*	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776
23.0*	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
23.5*	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
24.0*	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245
24.5*	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065
25.0*	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885
25.5*	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705
26.0*	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529

\* These values are based on a yield and load optimized operation that is not feasible at all sites.

### Nordex N149/4.0-4.5 – Power curves – Mode 1.b

for hub heights 105 m, 125 m, 145 m and 164 m									
wind speed $v_H$ [m/s]	Power $P_{el}$ [kW] at air density $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]								
	0.900	0.925	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100
3.0	9	11	13	14	16	18	19	21	23
3.5	77	80	84	87	91	94	98	101	105
4.0	169	175	181	187	193	199	205	211	217
4.5	282	291	300	309	318	327	336	346	355
5.0	417	430	443	455	468	481	494	507	520
5.5	576	593	611	628	645	662	680	697	714
6.0	763	786	808	831	853	875	898	920	942
6.5	982	1010	1039	1067	1095	1124	1152	1180	1208
7.0	1235	1271	1306	1341	1376	1411	1446	1481	1516
7.5	1526	1569	1612	1655	1698	1741	1784	1827	1870
8.0	1856	1908	1960	2012	2064	2115	2167	2219	2270
8.5	2226	2288	2349	2411	2473	2534	2595	2657	2718
9.0	2619	2691	2762	2834	2906	2978	3051	3125	3199
9.5	3018	3101	3184	3268	3351	3434	3508	3572	3634
10.0	3410	3502	3594	3665	3735	3806	3866	3916	3965
10.5	3758	3835	3912	3968	4023	4079	4124	4159	4193
11.0	4015	4076	4137	4175	4214	4253	4283	4302	4322
11.5	4193	4236	4279	4301	4324	4346	4361	4366	4371
12.0	4304	4328	4354	4361	4369	4377	4380	4380	4380
12.5	4360	4369	4379	4380	4380	4380	4380	4380	4380
13.0	4378	4379	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
13.5	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
14.0	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
14.5	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
15.0	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
15.5	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
16.0	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
16.5	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
17.0	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
17.5	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
18.0	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
18.5	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
19.0	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
19.5	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
20.0	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
20.5*	4364	4364	4364	4364	4364	4364	4364	4364	4364
21.0*	4281	4281	4281	4281	4281	4281	4281	4281	4281
21.5*	4131	4131	4131	4131	4131	4131	4131	4131	4131
22.0*	3951	3951	3951	3951	3951	3951	3951	3951	3951
22.5*	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776
23.0*	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
23.5*	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
24.0*	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245
24.5*	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065
25.0*	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885
25.5*	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705
26.0*	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529

\* These values are based on a yield and load optimized operation that is not feasible at all sites.

**Nordex N149/4.0-4.5 – Power curves – Mode 1.b**

for hub heights 105 m, 125 m, 145 m and 164 m								
wind speed $v_H$ [m/s]	Power $P_{el}$ [kW] at air density $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]							
	1.125	1.150	1.175	1.200	1.225	1.250	1.275	1.300
3.0	24	26	28	29	31	32	34	36
3.5	108	112	115	119	122	126	129	133
4.0	223	229	235	241	247	253	259	265
4.5	364	373	382	391	400	409	419	428
5.0	533	545	558	571	584	597	610	622
5.5	731	748	766	783	800	817	834	852
6.0	964	987	1009	1031	1054	1076	1098	1120
6.5	1236	1265	1293	1321	1349	1377	1405	1433
7.0	1551	1586	1621	1656	1691	1726	1761	1796
7.5	1912	1955	1998	2040	2083	2126	2168	2211
8.0	2322	2373	2424	2476	2527	2578	2629	2678
8.5	2779	2840	2900	2959	3017	3076	3132	3186
9.0	3272	3346	3401	3453	3503	3552	3599	3644
9.5	3697	3761	3803	3842	3880	3918	3952	3985
10.0	4014	4063	4094	4120	4146	4170	4192	4213
10.5	4227	4262	4279	4293	4305	4316	4327	4337
11.0	4341	4361	4366	4368	4370	4372	4374	4376
11.5	4376	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
12.0	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
12.5	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
13.0	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
13.5	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
14.0	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
14.5	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
15.0	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
15.5	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
16.0	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
16.5	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
17.0	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
17.5	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
18.0	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
18.5	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
19.0	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
19.5	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
20.0	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380	4380
20.5*	4364	4364	4364	4364	4364	4364	4364	4364
21.0*	4281	4281	4281	4281	4281	4281	4281	4281
21.5*	4131	4131	4131	4131	4131	4131	4131	4131
22.0*	3951	3951	3951	3951	3951	3951	3951	3951
22.5*	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776
23.0*	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
23.5*	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
24.0*	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245
24.5*	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065
25.0*	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885
25.5*	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705
26.0*	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529

\* These values are based on a yield and load optimized operation that is not feasible at all sites.

Nordex N149/4.0-4.5 – Power curves – Mode 2.a

for hub heights 105 m, 125 m, 145 m and 164 m									
wind speed $v_H$ [m/s]	Power $P_{el}$ [kW] at air density $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]								
	0.900	0.925	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100
3.0	9	11	13	14	16	18	19	21	23
3.5	77	80	84	87	91	94	98	101	105
4.0	169	175	181	187	193	199	205	211	217
4.5	282	291	300	309	318	327	336	346	355
5.0	417	430	443	455	468	481	494	507	520
5.5	576	593	611	628	645	662	680	697	714
6.0	763	786	808	831	853	875	898	920	942
6.5	982	1010	1039	1067	1095	1123	1152	1180	1208
7.0	1235	1271	1306	1341	1376	1411	1446	1481	1516
7.5	1526	1569	1612	1655	1698	1741	1784	1827	1869
8.0	1857	1908	1960	2012	2064	2116	2167	2219	2270
8.5	2221	2282	2344	2405	2467	2528	2589	2650	2707
9.0	2599	2671	2742	2813	2885	2956	3027	3094	3151
9.5	2975	3056	3138	3220	3301	3380	3458	3526	3579
10.0	3341	3432	3520	3606	3691	3762	3827	3882	3923
10.5	3681	3773	3851	3922	3993	4050	4102	4145	4174
11.0	3957	4033	4097	4154	4211	4254	4293	4322	4341
11.5	4163	4224	4273	4316	4358	4389	4414	4432	4443
12.0	4311	4358	4393	4422	4450	4467	4479	4486	4491
12.5	4412	4444	4465	4479	4494	4499	4500	4500	4500
13.0	4472	4489	4497	4499	4500	4500	4500	4500	4500
13.5	4497	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
14.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
14.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
15.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
15.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
16.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
16.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
17.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
17.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
18.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
18.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
19.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
19.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
20.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
20.5*	4455	4455	4455	4455	4455	4455	4455	4455	4455
21.0*	4307	4307	4307	4307	4307	4307	4307	4307	4307
21.5*	4131	4131	4131	4131	4131	4131	4131	4131	4131
22.0*	3951	3951	3951	3951	3951	3951	3951	3951	3951
22.5*	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776
23.0*	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
23.5*	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
24.0*	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245
24.5*	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065
25.0*	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885
25.5*	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705
26.0*	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529

\* These values are based on a yield and load optimized operation that is not feasible at all sites.



**Nordex N149/4.0-4.5 – Power curves – Mode 2.a**

for hub heights 105 m, 125 m, 145 m and 164 m								
wind speed $v_H$ [m/s]	Power $P_{el}$ [kW] at air density $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]							
	1.125	1.150	1.175	1.200	1.225	1.250	1.275	1.300
3.0	24	26	28	29	31	32	34	36
3.5	108	112	115	119	122	126	129	133
4.0	223	229	235	241	247	253	259	265
4.5	364	373	382	391	400	409	419	428
5.0	533	545	558	571	584	597	610	622
5.5	731	748	766	783	800	817	834	852
6.0	964	987	1009	1031	1054	1076	1098	1120
6.5	1236	1265	1293	1321	1349	1377	1405	1433
7.0	1551	1586	1621	1656	1691	1726	1761	1796
7.5	1912	1955	1998	2041	2084	2126	2168	2209
8.0	2321	2371	2420	2468	2516	2562	2607	2650
8.5	2761	2814	2864	2912	2959	3004	3047	3088
9.0	3205	3256	3304	3349	3393	3434	3473	3510
9.5	3628	3674	3714	3749	3783	3814	3843	3870
10.0	3961	3996	4024	4049	4071	4092	4112	4130
10.5	4200	4224	4243	4259	4273	4286	4298	4309
11.0	4358	4374	4385	4394	4402	4409	4416	4422
11.5	4453	4462	4468	4471	4474	4477	4479	4482
12.0	4495	4499	4500	4500	4500	4500	4500	4500
12.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
13.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
13.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
14.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
14.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
15.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
15.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
16.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
16.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
17.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
17.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
18.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
18.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
19.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
19.5	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
20.0	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
20.5*	4455	4455	4455	4455	4455	4455	4455	4455
21.0*	4307	4307	4307	4307	4307	4307	4307	4307
21.5*	4131	4131	4131	4131	4131	4131	4131	4131
22.0*	3951	3951	3951	3951	3951	3951	3951	3951
22.5*	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776
23.0*	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
23.5*	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
24.0*	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245
24.5*	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065
25.0*	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885
25.5*	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705
26.0*	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529

\* These values are based on a yield and load optimized operation that is not feasible at all sites.

### Nordex N149/4.0-4.5 – Power curves – Mode 3.b

for hub heights 105 m, 125 m, 145 m and 164 m									
wind speed $v_H$ [m/s]	Power $P_{el}$ [kW] at air density $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]								
	0.900	0.925	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100
3.0	9	11	13	14	16	18	19	21	23
3.5	77	80	84	87	91	94	98	101	105
4.0	169	175	181	187	193	199	205	211	217
4.5	282	291	300	309	318	327	336	346	355
5.0	417	430	443	455	468	481	494	507	520
5.5	576	593	611	628	645	662	680	697	714
6.0	763	786	808	831	853	875	898	920	942
6.5	982	1010	1039	1067	1095	1123	1152	1180	1208
7.0	1235	1271	1306	1341	1376	1411	1446	1481	1516
7.5	1526	1569	1612	1655	1698	1741	1784	1827	1869
8.0	1856	1908	1960	2012	2064	2115	2167	2219	2270
8.5	2215	2280	2340	2402	2462	2522	2583	2644	2705
9.0	2583	2660	2730	2801	2872	2944	3017	3095	3173
9.5	2947	3038	3119	3204	3292	3379	3458	3525	3593
10.0	3307	3409	3504	3585	3660	3734	3799	3851	3901
10.5	3641	3724	3805	3870	3927	3983	4030	4062	4094
11.0	3892	3952	4014	4057	4093	4129	4156	4170	4184
11.5	4061	4100	4138	4162	4177	4193	4200	4200	4200
12.0	4158	4175	4193	4199	4200	4200	4200	4200	4200
12.5	4196	4198	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
13.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
13.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
14.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
14.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
15.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
15.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
16.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
16.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
17.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
17.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
18.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
18.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
19.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
19.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
20.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
20.5*	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
21.0*	4185	4185	4185	4185	4185	4185	4185	4185	4185
21.5*	4102	4102	4102	4102	4102	4102	4102	4102	4102
22.0*	3951	3951	3951	3951	3951	3951	3951	3951	3951
22.5*	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776
23.0*	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
23.5*	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
24.0*	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245
24.5*	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065
25.0*	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885
25.5*	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705
26.0*	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529

\* These values are based on a yield and load optimized operation that is not feasible at all sites.

### Nordex N149/4.0-4.5 – Power curves – Mode 3.b

for hub heights 105 m, 125 m, 145 m and 164 m								
wind speed $v_H$ [m/s]	Power $P_{el}$ [kW] at air density $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]							
	1.125	1.150	1.175	1.200	1.225	1.250	1.275	1.300
3.0	24	26	28	29	31	32	34	36
3.5	108	112	115	119	122	126	129	133
4.0	223	229	235	241	247	253	259	265
4.5	364	373	382	391	400	409	419	428
5.0	533	545	558	571	584	597	610	622
5.5	731	748	766	783	800	817	834	852
6.0	964	987	1009	1031	1054	1076	1098	1120
6.5	1236	1265	1293	1321	1349	1377	1405	1433
7.0	1551	1586	1621	1656	1691	1726	1761	1796
7.5	1912	1955	1998	2040	2083	2126	2168	2211
8.0	2322	2373	2424	2475	2526	2577	2628	2678
8.5	2766	2826	2894	2962	3029	3097	3159	3213
9.0	3250	3323	3383	3443	3502	3562	3615	3659
9.5	3659	3720	3765	3811	3856	3901	3940	3969
10.0	3952	3996	4026	4054	4083	4111	4135	4152
10.5	4127	4153	4166	4179	4191	4200	4200	4200
11.0	4198	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
11.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
12.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
12.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
13.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
13.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
14.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
14.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
15.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
15.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
16.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
16.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
17.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
17.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
18.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
18.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
19.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
19.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
20.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
20.5*	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
21.0*	4185	4185	4185	4185	4185	4185	4185	4185
21.5*	4102	4102	4102	4102	4102	4102	4102	4102
22.0*	3951	3951	3951	3951	3951	3951	3951	3951
22.5*	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776
23.0*	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
23.5*	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
24.0*	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245
24.5*	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065
25.0*	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885
25.5*	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705
26.0*	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529

\* These values are based on a yield and load optimized operation that is not feasible at all sites.

Nordex N149/4.0-4.5 – Power curves – Mode 5.a

for hub heights 105 m, 125 m, 145 m and 164 m									
wind speed $v_H$ [m/s]	Power $P_{el}$ [kW] at air density $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]								
	0.900	0.925	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100
3.0	9	11	13	14	16	18	19	21	23
3.5	77	80	84	87	91	94	98	101	105
4.0	169	175	181	187	193	199	205	211	217
4.5	282	291	300	309	318	327	336	346	355
5.0	417	430	443	455	468	481	494	507	520
5.5	576	593	611	628	645	662	680	697	714
6.0	763	786	808	831	853	875	898	920	942
6.5	982	1010	1039	1067	1095	1124	1152	1180	1208
7.0	1235	1271	1306	1341	1376	1411	1446	1481	1516
7.5	1526	1570	1613	1656	1699	1741	1784	1827	1870
8.0	1850	1902	1953	2005	2058	2108	2160	2212	2263
8.5	2186	2247	2308	2368	2435	2489	2554	2613	2673
9.0	2520	2590	2659	2728	2806	2868	2945	3014	3083
9.5	2842	2922	2999	3077	3166	3240	3329	3414	3496
10.0	3146	3237	3325	3416	3514	3598	3672	3743	3815
10.5	3441	3542	3640	3718	3795	3869	3921	3974	4028
11.0	3715	3800	3881	3941	3997	4050	4084	4118	4151
11.5	3926	3988	4051	4088	4125	4157	4172	4187	4200
12.0	4073	4113	4152	4169	4185	4199	4200	4200	4200
12.5	4159	4177	4195	4197	4199	4200	4200	4200	4200
13.0	4193	4197	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
13.5	4199	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
14.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
14.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
15.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
15.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
16.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
16.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
17.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
17.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
18.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
18.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
19.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
19.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
20.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
20.5*	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
21.0*	4185	4185	4185	4185	4185	4185	4185	4185	4185
21.5*	4102	4102	4102	4102	4102	4102	4102	4102	4102
22.0*	3951	3951	3951	3951	3951	3951	3951	3951	3951
22.5*	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776
23.0*	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
23.5*	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
24.0*	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245
24.5*	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065
25.0*	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885
25.5*	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705
26.0*	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529

\* These values are based on a yield and load optimized operation that is not feasible at all sites.

Nordex N149/4.0-4.5 – Power curves – Mode 5.a

for hub heights 105 m, 125 m, 145 m and 164 m								
wind speed $v_H$ [m/s]	Power $P_{el}$ [kW] at air density $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]							
	1.125	1.150	1.175	1.200	1.225	1.250	1.275	1.300
3.0	24	26	28	29	31	32	34	36
3.5	108	112	115	119	122	126	129	133
4.0	223	229	235	241	247	253	259	265
4.5	364	373	382	391	400	409	419	428
5.0	533	545	558	571	584	597	610	622
5.5	731	748	766	783	800	817	834	852
6.0	964	987	1009	1031	1054	1076	1098	1120
6.5	1236	1265	1293	1321	1349	1377	1405	1434
7.0	1551	1586	1621	1656	1691	1726	1761	1796
7.5	1913	1955	1998	2041	2083	2126	2169	2211
8.0	2314	2365	2416	2467	2518	2569	2617	2665
8.5	2733	2793	2852	2912	2978	3044	3097	3147
9.0	3158	3233	3309	3384	3444	3500	3544	3584
9.5	3563	3628	3694	3758	3803	3845	3875	3902
10.0	3865	3914	3963	4011	4040	4067	4081	4095
10.5	4060	4091	4122	4153	4166	4176	4182	4186
11.0	4166	4180	4193	4200	4200	4200	4200	4200
11.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
12.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
12.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
13.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
13.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
14.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
14.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
15.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
15.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
16.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
16.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
17.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
17.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
18.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
18.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
19.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
19.5	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
20.0	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
20.5*	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
21.0*	4185	4185	4185	4185	4185	4185	4185	4185
21.5*	4102	4102	4102	4102	4102	4102	4102	4102
22.0*	3951	3951	3951	3951	3951	3951	3951	3951
22.5*	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776
23.0*	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
23.5*	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
24.0*	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245
24.5*	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065
25.0*	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885
25.5*	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705
26.0*	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529

\* These values are based on a yield and load optimized operation that is not feasible at all sites.

**Nordex N149/4.0-4.5 – Power curves – Mode 5.b**

for hub heights 105 m, 125 m, 145 m and 164 m									
wind speed $v_H$ [m/s]	Power $P_{el}$ [kW] at air density $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]								
	0.900	0.925	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100
3.0	9	11	13	14	16	18	19	21	23
3.5	77	80	84	87	91	94	98	101	105
4.0	169	175	181	187	193	199	205	211	217
4.5	282	291	300	309	318	327	336	346	355
5.0	417	430	443	455	468	481	494	507	520
5.5	576	593	611	628	645	662	680	697	714
6.0	763	786	808	831	853	875	898	920	942
6.5	982	1010	1039	1067	1095	1124	1152	1180	1208
7.0	1235	1271	1306	1341	1376	1411	1446	1481	1516
7.5	1526	1570	1613	1656	1699	1741	1784	1827	1870
8.0	1850	1902	1953	2005	2059	2110	2160	2211	2262
8.5	2186	2247	2309	2369	2437	2496	2554	2614	2675
9.0	2520	2590	2664	2731	2812	2881	2952	3034	3115
9.5	2843	2921	3010	3091	3190	3280	3369	3440	3511
10.0	3156	3253	3359	3453	3535	3613	3688	3741	3793
10.5	3473	3562	3650	3729	3784	3841	3895	3925	3954
11.0	3725	3792	3852	3908	3939	3972	4000	4000	4000
11.5	3897	3937	3971	4000	4000	4000	4000	4000	4000
12.0	3991	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
12.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
13.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
13.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
14.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
14.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
15.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
15.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
16.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
16.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
17.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
17.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
18.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
18.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
19.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
19.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
20.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
20.5*	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
21.0*	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
21.5*	3992	3992	3992	3992	3992	3992	3992	3992	3992
22.0*	3918	3918	3918	3918	3918	3918	3918	3918	3918
22.5*	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776
23.0*	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
23.5*	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
24.0*	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245
24.5*	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065
25.0*	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885
25.5*	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705
26.0*	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529

\* These values are based on a yield and load optimized operation that is not feasible at all sites.

Nordex N149/4.0-4.5 – Power curves – Mode 5.b

for hub heights 105 m, 125 m, 145 m and 164 m								
wind speed $v_H$ [m/s]	Power $P_{el}$ [kW] at air density $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]							
	1.125	1.150	1.175	1.200	1.225	1.250	1.275	1.300
3.0	24	26	28	29	31	32	34	36
3.5	108	112	115	119	122	126	129	133
4.0	223	229	235	241	247	253	259	265
4.5	364	373	382	391	400	409	419	428
5.0	533	545	558	571	584	597	610	622
5.5	731	748	766	783	800	817	834	852
6.0	964	987	1009	1031	1054	1076	1098	1120
6.5	1236	1265	1293	1321	1349	1377	1405	1433
7.0	1551	1586	1621	1656	1691	1726	1761	1796
7.5	1913	1955	1998	2041	2084	2126	2169	2211
8.0	2314	2365	2416	2467	2518	2569	2620	2675
8.5	2735	2798	2869	2940	3012	3083	3146	3198
9.0	3196	3271	3336	3399	3464	3526	3578	3615
9.5	3582	3646	3692	3739	3785	3832	3866	3886
10.0	3845	3888	3915	3942	3969	3996	4000	4000
10.5	3984	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
11.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
11.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
12.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
12.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
13.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
13.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
14.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
14.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
15.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
15.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
16.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
16.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
17.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
17.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
18.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
18.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
19.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
19.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
20.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
20.5*	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
21.0*	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
21.5*	3992	3992	3992	3992	3992	3992	3992	3992
22.0*	3918	3918	3918	3918	3918	3918	3918	3918
22.5*	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776	3776
23.0*	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
23.5*	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420	3420
24.0*	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245	3245
24.5*	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3065
25.0*	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885	2885
25.5*	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705	2705
26.0*	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529	2529

\* These values are based on a yield and load optimized operation that is not feasible at all sites.

**Nordex N149/4.0-4.5 – General remarks thrust curves**

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.



**Nordex N149/4.0-4.5 – Thrust curves – Mode 0.b**

for hub heights 105 m, 125 m, 145 m and 164 m									
wind speed $v_H$ [m/s]	Thrust coefficients $c_T$ at air density $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]								
	0.900	0.925	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100
3.0	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827
3.5	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826
4.0	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817
4.5	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808
5.0	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800
5.5	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794
6.0	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791
6.5	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789
7.0	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788
7.5	0.787	0.787	0.787	0.787	0.787	0.787	0.788	0.787	0.787
8.0	0.783	0.783	0.783	0.783	0.783	0.783	0.783	0.783	0.783
8.5	0.767	0.767	0.767	0.767	0.767	0.767	0.767	0.764	0.762
9.0	0.744	0.743	0.743	0.741	0.738	0.736	0.734	0.729	0.724
9.5	0.712	0.709	0.706	0.702	0.698	0.694	0.690	0.684	0.679
10.0	0.671	0.667	0.663	0.658	0.652	0.647	0.642	0.636	0.629
10.5	0.626	0.621	0.616	0.610	0.604	0.598	0.593	0.586	0.579
11.0	0.580	0.574	0.568	0.562	0.555	0.549	0.543	0.536	0.528
11.5	0.533	0.527	0.521	0.514	0.507	0.500	0.494	0.486	0.479
12.0	0.487	0.480	0.474	0.467	0.459	0.453	0.446	0.438	0.431
12.5	0.442	0.435	0.428	0.421	0.413	0.406	0.400	0.392	0.384
13.0	0.398	0.391	0.384	0.377	0.369	0.362	0.356	0.348	0.340
13.5	0.358	0.350	0.343	0.336	0.328	0.321	0.315	0.307	0.299
14.0	0.321	0.314	0.307	0.299	0.292	0.285	0.278	0.271	0.264
14.5	0.288	0.281	0.274	0.267	0.259	0.252	0.246	0.240	0.234
15.0	0.259	0.251	0.244	0.238	0.231	0.225	0.219	0.214	0.209
15.5	0.232	0.225	0.219	0.213	0.207	0.202	0.197	0.193	0.188
16.0	0.209	0.203	0.197	0.192	0.187	0.183	0.178	0.174	0.171
16.5	0.190	0.184	0.180	0.175	0.171	0.166	0.163	0.159	0.156
17.0	0.174	0.169	0.164	0.160	0.156	0.153	0.149	0.146	0.143
17.5	0.160	0.156	0.152	0.148	0.145	0.141	0.138	0.135	0.132
18.0	0.149	0.145	0.141	0.138	0.134	0.131	0.128	0.126	0.123
18.5	0.139	0.136	0.132	0.129	0.126	0.123	0.120	0.118	0.115
19.0	0.131	0.128	0.124	0.122	0.119	0.116	0.114	0.111	0.109
19.5	0.124	0.121	0.118	0.115	0.112	0.110	0.108	0.105	0.103
20.0	0.118	0.115	0.112	0.110	0.107	0.105	0.103	0.101	0.098
20.5*	0.109	0.106	0.103	0.102	0.099	0.097	0.095	0.093	0.090
21.0*	0.099	0.096	0.094	0.092	0.090	0.088	0.086	0.085	0.082
21.5*	0.089	0.086	0.084	0.083	0.080	0.079	0.077	0.076	0.074
22.0*	0.080	0.078	0.076	0.074	0.072	0.071	0.070	0.068	0.066
22.5*	0.072	0.070	0.068	0.067	0.065	0.064	0.062	0.061	0.059
23.0*	0.064	0.063	0.061	0.060	0.058	0.057	0.056	0.055	0.054
23.5*	0.058	0.056	0.055	0.054	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048
24.0*	0.052	0.051	0.049	0.048	0.047	0.046	0.045	0.044	0.043
24.5*	0.047	0.046	0.045	0.044	0.043	0.042	0.041	0.040	0.039
25.0*	0.043	0.042	0.040	0.040	0.039	0.038	0.037	0.036	0.035
25.5*	0.038	0.037	0.036	0.036	0.035	0.034	0.033	0.033	0.032
26.0*	0.035	0.034	0.033	0.032	0.032	0.031	0.030	0.030	0.029

\* These values are based on a yield and load optimized operation that is not feasible at all sites.

### Nordex N149/4.0-4.5 – Thrust curves – Mode 0.b

for hub heights 105 m, 125 m, 145 m and 164 m								
wind speed $v_H$ [m/s]	Thrust coefficients $c_T$ at air density $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]							
	1.125	1.150	1.175	1.200	1.225	1.250	1.275	1.300
3.0	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827
3.5	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826
4.0	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817
4.5	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808
5.0	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800
5.5	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794
6.0	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791
6.5	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789
7.0	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788
7.5	0.787	0.787	0.787	0.786	0.786	0.785	0.785	0.784
8.0	0.783	0.783	0.781	0.778	0.774	0.770	0.767	0.763
8.5	0.760	0.757	0.753	0.748	0.741	0.735	0.730	0.725
9.0	0.720	0.716	0.711	0.704	0.696	0.690	0.683	0.677
9.5	0.674	0.668	0.662	0.654	0.646	0.639	0.632	0.625
10.0	0.624	0.618	0.611	0.603	0.594	0.586	0.579	0.572
10.5	0.572	0.566	0.559	0.550	0.542	0.534	0.526	0.519
11.0	0.522	0.515	0.507	0.499	0.490	0.482	0.474	0.467
11.5	0.472	0.465	0.458	0.449	0.440	0.432	0.424	0.417
12.0	0.424	0.417	0.409	0.401	0.392	0.384	0.376	0.369
12.5	0.378	0.371	0.363	0.354	0.346	0.338	0.330	0.323
13.0	0.333	0.326	0.319	0.311	0.303	0.296	0.290	0.283
13.5	0.292	0.285	0.279	0.272	0.266	0.260	0.254	0.249
14.0	0.257	0.251	0.245	0.240	0.234	0.230	0.225	0.220
14.5	0.228	0.223	0.218	0.213	0.209	0.205	0.201	0.197
15.0	0.204	0.200	0.196	0.192	0.188	0.184	0.180	0.177
15.5	0.184	0.180	0.176	0.173	0.170	0.166	0.163	0.160
16.0	0.167	0.163	0.160	0.157	0.154	0.151	0.148	0.146
16.5	0.152	0.149	0.146	0.143	0.141	0.138	0.136	0.133
17.0	0.140	0.137	0.134	0.132	0.129	0.127	0.125	0.122
17.5	0.130	0.127	0.124	0.122	0.120	0.118	0.116	0.114
18.0	0.121	0.118	0.116	0.114	0.112	0.110	0.108	0.106
18.5	0.113	0.111	0.109	0.107	0.105	0.103	0.101	0.100
19.0	0.107	0.105	0.103	0.101	0.099	0.097	0.096	0.094
19.5	0.101	0.099	0.097	0.096	0.094	0.092	0.091	0.089
20.0	0.097	0.095	0.093	0.091	0.090	0.088	0.087	0.085
20.5*	0.090	0.088	0.086	0.084	0.083	0.081	0.080	0.078
21.0*	0.081	0.080	0.078	0.076	0.076	0.074	0.073	0.071
21.5*	0.073	0.071	0.070	0.068	0.068	0.066	0.065	0.064
22.0*	0.066	0.064	0.063	0.062	0.061	0.060	0.059	0.058
22.5*	0.059	0.058	0.056	0.055	0.055	0.053	0.053	0.052
23.0*	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.048	0.046
23.5*	0.047	0.046	0.045	0.044	0.044	0.043	0.042	0.041
24.0*	0.043	0.042	0.041	0.040	0.040	0.039	0.038	0.037
24.5*	0.039	0.038	0.037	0.036	0.036	0.035	0.035	0.034
25.0*	0.035	0.034	0.034	0.033	0.032	0.032	0.031	0.031
25.5*	0.031	0.031	0.030	0.029	0.029	0.028	0.028	0.027
26.0*	0.029	0.028	0.027	0.027	0.027	0.026	0.026	0.025

\* These values are based on a yield and load optimized operation that is not feasible at all sites.

**Nordex N149/4.0-4.5 – Thrust curves – Mode 1.b**

for hub heights 105 m, 125 m, 145 m and 164 m									
wind speed $v_H$ [m/s]	Thrust coefficients $c_T$ at air density $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]								
	0.900	0.925	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100
3.0	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827
3.5	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826
4.0	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817
4.5	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808
5.0	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800
5.5	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794
6.0	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791
6.5	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789
7.0	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788
7.5	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786
8.0	0.776	0.776	0.776	0.776	0.776	0.776	0.776	0.776	0.776
8.5	0.756	0.756	0.756	0.756	0.756	0.756	0.756	0.753	0.751
9.0	0.728	0.728	0.728	0.727	0.724	0.722	0.720	0.716	0.712
9.5	0.695	0.692	0.690	0.687	0.682	0.679	0.675	0.670	0.665
10.0	0.653	0.649	0.645	0.641	0.636	0.631	0.627	0.621	0.615
10.5	0.608	0.603	0.598	0.593	0.587	0.582	0.577	0.570	0.564
11.0	0.561	0.556	0.550	0.545	0.538	0.532	0.527	0.520	0.513
11.5	0.514	0.508	0.502	0.496	0.490	0.484	0.478	0.470	0.464
12.0	0.468	0.462	0.456	0.449	0.442	0.436	0.430	0.423	0.416
12.5	0.423	0.417	0.410	0.404	0.397	0.390	0.384	0.377	0.370
13.0	0.381	0.374	0.368	0.361	0.354	0.347	0.341	0.334	0.327
13.5	0.343	0.336	0.329	0.323	0.316	0.309	0.303	0.295	0.288
14.0	0.309	0.302	0.295	0.288	0.281	0.274	0.268	0.261	0.254
14.5	0.278	0.271	0.264	0.257	0.250	0.244	0.237	0.232	0.226
15.0	0.250	0.243	0.236	0.230	0.223	0.218	0.212	0.207	0.202
15.5	0.224	0.218	0.212	0.206	0.201	0.196	0.191	0.186	0.182
16.0	0.202	0.196	0.191	0.186	0.182	0.177	0.173	0.169	0.165
16.5	0.184	0.179	0.174	0.170	0.165	0.161	0.158	0.154	0.151
17.0	0.168	0.164	0.159	0.155	0.152	0.148	0.145	0.142	0.138
17.5	0.155	0.151	0.147	0.144	0.140	0.137	0.134	0.131	0.128
18.0	0.144	0.140	0.137	0.134	0.130	0.127	0.125	0.122	0.119
18.5	0.135	0.131	0.128	0.125	0.122	0.119	0.117	0.114	0.112
19.0	0.127	0.124	0.121	0.118	0.115	0.112	0.110	0.108	0.106
19.5	0.120	0.117	0.114	0.112	0.109	0.107	0.104	0.102	0.100
20.0	0.115	0.112	0.109	0.106	0.104	0.102	0.100	0.098	0.096
20.5*	0.106	0.103	0.101	0.098	0.096	0.094	0.092	0.090	0.089
21.0*	0.096	0.094	0.091	0.089	0.087	0.086	0.084	0.082	0.081
21.5*	0.086	0.084	0.082	0.080	0.078	0.077	0.075	0.074	0.072
22.0*	0.078	0.076	0.074	0.072	0.070	0.069	0.068	0.066	0.065
22.5*	0.070	0.068	0.066	0.064	0.063	0.062	0.061	0.059	0.058
23.0*	0.063	0.061	0.060	0.058	0.057	0.056	0.055	0.054	0.052
23.5*	0.056	0.055	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047
24.0*	0.051	0.049	0.048	0.047	0.046	0.045	0.044	0.043	0.042
24.5*	0.046	0.045	0.043	0.042	0.041	0.041	0.040	0.039	0.038
25.0*	0.042	0.040	0.039	0.038	0.038	0.037	0.036	0.035	0.035
25.5*	0.037	0.036	0.035	0.034	0.034	0.033	0.032	0.032	0.031
26.0*	0.034	0.033	0.032	0.031	0.031	0.030	0.029	0.029	0.028

\* These values are based on a yield and load optimized operation that is not feasible at all sites.

### Nordex N149/4.0-4.5 – Thrust curves – Mode 1.b

for hub heights 105 m, 125 m, 145 m and 164 m								
wind speed $v_H$ [m/s]	Thrust coefficients $c_T$ at air density $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]							
	1.125	1.150	1.175	1.200	1.225	1.250	1.275	1.300
3.0	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827
3.5	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826
4.0	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817
4.5	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808
5.0	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800
5.5	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794
6.0	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791
6.5	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789
7.0	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788
7.5	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786	0.785	0.784	0.782
8.0	0.776	0.776	0.776	0.773	0.770	0.766	0.763	0.759
8.5	0.749	0.748	0.745	0.740	0.734	0.729	0.724	0.718
9.0	0.708	0.705	0.700	0.694	0.687	0.681	0.675	0.668
9.5	0.660	0.656	0.650	0.644	0.636	0.629	0.623	0.615
10.0	0.609	0.604	0.598	0.591	0.583	0.576	0.569	0.562
10.5	0.558	0.552	0.546	0.539	0.530	0.523	0.516	0.508
11.0	0.507	0.501	0.495	0.487	0.479	0.471	0.464	0.456
11.5	0.457	0.451	0.444	0.437	0.429	0.421	0.414	0.406
12.0	0.409	0.403	0.396	0.388	0.380	0.372	0.365	0.358
12.5	0.363	0.357	0.350	0.342	0.334	0.327	0.320	0.313
13.0	0.320	0.314	0.307	0.300	0.292	0.286	0.279	0.273
13.5	0.281	0.275	0.269	0.262	0.256	0.251	0.245	0.240
14.0	0.248	0.242	0.237	0.231	0.226	0.222	0.217	0.213
14.5	0.221	0.216	0.211	0.206	0.202	0.198	0.194	0.190
15.0	0.198	0.193	0.189	0.185	0.182	0.178	0.175	0.171
15.5	0.178	0.174	0.171	0.167	0.164	0.161	0.158	0.155
16.0	0.162	0.158	0.155	0.152	0.149	0.146	0.144	0.141
16.5	0.148	0.144	0.142	0.139	0.136	0.134	0.131	0.129
17.0	0.136	0.133	0.130	0.128	0.125	0.123	0.121	0.119
17.5	0.126	0.123	0.120	0.118	0.116	0.114	0.112	0.110
18.0	0.117	0.115	0.112	0.110	0.108	0.106	0.104	0.103
18.5	0.110	0.108	0.105	0.103	0.102	0.100	0.098	0.096
19.0	0.103	0.101	0.100	0.098	0.096	0.094	0.093	0.091
19.5	0.098	0.096	0.094	0.093	0.091	0.090	0.088	0.086
20.0	0.094	0.092	0.090	0.088	0.087	0.086	0.084	0.083
20.5*	0.087	0.085	0.083	0.081	0.080	0.079	0.078	0.077
21.0*	0.079	0.077	0.076	0.074	0.073	0.072	0.070	0.070
21.5*	0.071	0.069	0.068	0.066	0.065	0.065	0.063	0.062
22.0*	0.064	0.062	0.061	0.060	0.059	0.058	0.057	0.056
22.5*	0.057	0.056	0.055	0.053	0.053	0.052	0.051	0.050
23.0*	0.051	0.050	0.049	0.048	0.048	0.047	0.046	0.045
23.5*	0.046	0.045	0.044	0.043	0.042	0.042	0.041	0.041
24.0*	0.041	0.040	0.040	0.039	0.038	0.038	0.037	0.037
24.5*	0.037	0.037	0.036	0.035	0.035	0.034	0.033	0.033
25.0*	0.034	0.033	0.032	0.032	0.031	0.031	0.030	0.030
25.5*	0.030	0.030	0.029	0.028	0.028	0.028	0.027	0.027
26.0*	0.028	0.027	0.027	0.026	0.026	0.025	0.025	0.024

\* These values are based on a yield and load optimized operation that is not feasible at all sites.

**Nordex N149/4.0-4.5 – Thrust curves – Mode 2.a**

for hub heights 105 m, 125 m, 145 m and 164 m									
wind speed $v_H$ [m/s]	Thrust coefficients $c_T$ at air density $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]								
	0.900	0.925	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100
3.0	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827
3.5	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826
4.0	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817
4.5	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808
5.0	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800
5.5	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794
6.0	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791
6.5	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789
7.0	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788
7.5	0.784	0.784	0.784	0.784	0.784	0.784	0.784	0.784	0.785
8.0	0.769	0.769	0.769	0.769	0.769	0.770	0.769	0.769	0.769
8.5	0.745	0.745	0.745	0.745	0.745	0.745	0.745	0.745	0.744
9.0	0.715	0.715	0.715	0.715	0.715	0.714	0.712	0.710	0.707
9.5	0.681	0.680	0.680	0.678	0.675	0.673	0.670	0.666	0.662
10.0	0.642	0.640	0.637	0.634	0.630	0.627	0.623	0.618	0.613
10.5	0.598	0.595	0.592	0.587	0.583	0.579	0.574	0.569	0.563
11.0	0.553	0.549	0.545	0.540	0.535	0.530	0.525	0.519	0.513
11.5	0.508	0.503	0.498	0.493	0.487	0.482	0.476	0.470	0.464
12.0	0.462	0.457	0.452	0.446	0.440	0.435	0.429	0.423	0.417
12.5	0.418	0.413	0.407	0.401	0.396	0.390	0.384	0.378	0.371
13.0	0.378	0.372	0.367	0.361	0.355	0.349	0.343	0.337	0.330
13.5	0.342	0.336	0.331	0.324	0.318	0.313	0.306	0.300	0.294
14.0	0.310	0.304	0.298	0.292	0.286	0.280	0.273	0.267	0.261
14.5	0.280	0.274	0.269	0.262	0.256	0.250	0.244	0.238	0.232
15.0	0.254	0.248	0.242	0.236	0.229	0.224	0.218	0.212	0.208
15.5	0.230	0.224	0.218	0.212	0.206	0.201	0.196	0.191	0.187
16.0	0.208	0.202	0.196	0.191	0.186	0.182	0.177	0.173	0.169
16.5	0.189	0.183	0.178	0.174	0.169	0.165	0.161	0.158	0.154
17.0	0.172	0.168	0.163	0.159	0.155	0.152	0.148	0.145	0.142
17.5	0.159	0.155	0.151	0.147	0.144	0.140	0.137	0.134	0.131
18.0	0.148	0.144	0.140	0.137	0.133	0.130	0.127	0.125	0.122
18.5	0.138	0.134	0.131	0.128	0.125	0.122	0.119	0.117	0.114
19.0	0.130	0.127	0.124	0.120	0.118	0.115	0.112	0.110	0.108
19.5	0.123	0.120	0.117	0.114	0.112	0.109	0.107	0.104	0.102
20.0	0.117	0.114	0.112	0.109	0.106	0.104	0.102	0.100	0.098
20.5*	0.108	0.105	0.103	0.101	0.098	0.096	0.094	0.092	0.090
21.0*	0.098	0.096	0.094	0.091	0.089	0.087	0.086	0.084	0.082
21.5*	0.088	0.086	0.084	0.082	0.080	0.078	0.077	0.075	0.074
22.0*	0.079	0.077	0.076	0.074	0.072	0.070	0.069	0.068	0.066
22.5*	0.071	0.069	0.068	0.066	0.064	0.063	0.062	0.061	0.059
23.0*	0.064	0.062	0.061	0.060	0.058	0.057	0.056	0.055	0.054
23.5*	0.057	0.056	0.055	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048
24.0*	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.046	0.045	0.044	0.043
24.5*	0.047	0.045	0.045	0.043	0.042	0.041	0.041	0.040	0.039
25.0*	0.042	0.041	0.040	0.039	0.038	0.038	0.037	0.036	0.035
25.5*	0.038	0.037	0.036	0.035	0.034	0.034	0.033	0.032	0.032
26.0*	0.035	0.034	0.033	0.032	0.031	0.031	0.030	0.029	0.029

\* These values are based on a yield and load optimized operation that is not feasible at all sites.

### Nordex N149/4.0-4.5 – Thrust curves – Mode 2.a

for hub heights 105 m, 125 m, 145 m and 164 m								
wind speed $v_H$ [m/s]	Thrust coefficients $c_T$ at air density $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]							
	1.125	1.150	1.175	1.200	1.225	1.250	1.275	1.300
3.0	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827
3.5	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826
4.0	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817
4.5	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808
5.0	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800
5.5	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794
6.0	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791
6.5	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789
7.0	0.788	0.788	0.787	0.787	0.787	0.786	0.785	0.783
7.5	0.784	0.781	0.778	0.776	0.773	0.770	0.767	0.763
8.0	0.766	0.762	0.757	0.752	0.748	0.744	0.739	0.733
8.5	0.740	0.733	0.727	0.720	0.714	0.708	0.702	0.695
9.0	0.701	0.693	0.686	0.678	0.670	0.664	0.656	0.648
9.5	0.655	0.646	0.638	0.629	0.621	0.614	0.606	0.598
10.0	0.606	0.596	0.587	0.578	0.570	0.562	0.554	0.545
10.5	0.555	0.546	0.536	0.527	0.519	0.510	0.502	0.493
11.0	0.505	0.495	0.486	0.477	0.468	0.460	0.451	0.442
11.5	0.456	0.446	0.437	0.427	0.419	0.410	0.402	0.394
12.0	0.408	0.399	0.390	0.381	0.372	0.364	0.357	0.350
12.5	0.363	0.354	0.346	0.338	0.331	0.324	0.317	0.311
13.0	0.322	0.315	0.308	0.301	0.294	0.288	0.282	0.276
13.5	0.287	0.280	0.274	0.267	0.262	0.256	0.250	0.246
14.0	0.255	0.249	0.243	0.238	0.232	0.228	0.223	0.218
14.5	0.226	0.221	0.216	0.212	0.207	0.203	0.199	0.195
15.0	0.203	0.198	0.194	0.190	0.186	0.182	0.179	0.175
15.5	0.183	0.179	0.175	0.171	0.168	0.165	0.162	0.158
16.0	0.165	0.162	0.159	0.155	0.152	0.149	0.147	0.144
16.5	0.151	0.148	0.145	0.142	0.139	0.136	0.134	0.132
17.0	0.139	0.136	0.133	0.130	0.128	0.126	0.123	0.121
17.5	0.128	0.126	0.123	0.121	0.118	0.116	0.114	0.112
18.0	0.119	0.117	0.115	0.113	0.110	0.108	0.106	0.105
18.5	0.112	0.110	0.108	0.106	0.104	0.102	0.100	0.098
19.0	0.106	0.104	0.102	0.100	0.098	0.096	0.094	0.093
19.5	0.100	0.098	0.096	0.095	0.093	0.091	0.090	0.088
20.0	0.096	0.094	0.092	0.090	0.089	0.087	0.086	0.084
20.5*	0.089	0.087	0.085	0.083	0.082	0.080	0.079	0.078
21.0*	0.081	0.079	0.077	0.076	0.075	0.073	0.072	0.070
21.5*	0.072	0.071	0.069	0.068	0.067	0.065	0.065	0.063
22.0*	0.065	0.064	0.062	0.061	0.060	0.059	0.058	0.057
22.5*	0.058	0.057	0.056	0.055	0.054	0.053	0.052	0.051
23.0*	0.052	0.051	0.050	0.049	0.049	0.048	0.047	0.046
23.5*	0.047	0.046	0.045	0.044	0.043	0.042	0.042	0.041
24.0*	0.042	0.041	0.040	0.040	0.039	0.038	0.038	0.037
24.5*	0.038	0.037	0.037	0.036	0.035	0.035	0.034	0.033
25.0*	0.035	0.034	0.033	0.032	0.032	0.031	0.031	0.030
25.5*	0.031	0.030	0.030	0.029	0.029	0.028	0.028	0.027
26.0*	0.028	0.028	0.027	0.027	0.026	0.026	0.025	0.025

\* These values are based on a yield and load optimized operation that is not feasible at all sites.

**Nordex N149/4.0-4.5 – Thrust curves – Mode 3.b**

for hub heights 105 m, 125 m, 145 m and 164 m									
wind speed $v_H$ [m/s]	Thrust coefficients $c_T$ at air density $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]								
	0.900	0.925	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100
3.0	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827
3.5	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826
4.0	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817
4.5	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808
5.0	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800
5.5	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794
6.0	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791
6.5	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789
7.0	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788	0.788
7.5	0.782	0.782	0.782	0.782	0.782	0.782	0.782	0.782	0.782
8.0	0.764	0.764	0.764	0.764	0.764	0.764	0.764	0.764	0.764
8.5	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.736	0.734
9.0	0.705	0.705	0.705	0.704	0.702	0.700	0.698	0.695	0.692
9.5	0.669	0.667	0.665	0.663	0.659	0.655	0.652	0.648	0.643
10.0	0.626	0.623	0.619	0.616	0.611	0.607	0.603	0.598	0.592
10.5	0.580	0.576	0.572	0.567	0.562	0.557	0.552	0.546	0.541
11.0	0.533	0.528	0.523	0.519	0.513	0.507	0.502	0.496	0.490
11.5	0.486	0.481	0.476	0.470	0.464	0.458	0.453	0.447	0.440
12.0	0.440	0.435	0.429	0.424	0.417	0.411	0.405	0.399	0.392
12.5	0.397	0.391	0.385	0.379	0.373	0.367	0.361	0.354	0.348
13.0	0.358	0.352	0.346	0.340	0.333	0.327	0.321	0.315	0.308
13.5	0.323	0.316	0.310	0.305	0.298	0.292	0.286	0.279	0.272
14.0	0.291	0.285	0.279	0.273	0.266	0.260	0.254	0.248	0.241
14.5	0.263	0.256	0.250	0.244	0.238	0.231	0.226	0.220	0.215
15.0	0.237	0.230	0.224	0.218	0.212	0.207	0.202	0.197	0.192
15.5	0.213	0.207	0.202	0.196	0.191	0.186	0.182	0.178	0.174
16.0	0.192	0.187	0.182	0.177	0.173	0.169	0.165	0.161	0.157
16.5	0.175	0.170	0.166	0.162	0.158	0.154	0.150	0.147	0.144
17.0	0.160	0.156	0.152	0.148	0.145	0.141	0.138	0.135	0.132
17.5	0.148	0.144	0.140	0.137	0.134	0.131	0.128	0.125	0.122
18.0	0.138	0.134	0.131	0.127	0.124	0.122	0.119	0.116	0.114
18.5	0.129	0.125	0.122	0.119	0.117	0.114	0.111	0.109	0.107
19.0	0.121	0.118	0.115	0.112	0.110	0.107	0.105	0.103	0.101
19.5	0.115	0.112	0.109	0.107	0.104	0.102	0.100	0.098	0.096
20.0	0.110	0.107	0.104	0.102	0.099	0.097	0.095	0.093	0.091
20.5*	0.102	0.099	0.096	0.094	0.091	0.090	0.088	0.086	0.084
21.0*	0.092	0.090	0.087	0.086	0.083	0.081	0.080	0.078	0.076
21.5*	0.083	0.080	0.078	0.077	0.074	0.073	0.071	0.070	0.068
22.0*	0.074	0.072	0.070	0.069	0.067	0.066	0.064	0.063	0.062
22.5*	0.067	0.065	0.063	0.062	0.060	0.059	0.058	0.056	0.055
23.0*	0.060	0.058	0.057	0.056	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050
23.5*	0.054	0.052	0.051	0.050	0.048	0.047	0.046	0.045	0.044
24.0*	0.048	0.047	0.046	0.045	0.044	0.043	0.042	0.041	0.040
24.5*	0.044	0.043	0.041	0.041	0.039	0.039	0.038	0.037	0.036
25.0*	0.040	0.039	0.038	0.037	0.036	0.035	0.034	0.034	0.033
25.5*	0.036	0.035	0.034	0.033	0.032	0.031	0.031	0.030	0.029
26.0*	0.032	0.032	0.031	0.030	0.029	0.029	0.028	0.027	0.027

\* These values are based on a yield and load optimized operation that is not feasible at all sites.

### Nordex N149/4.0-4.5 – Thrust curves – Mode 3.b

for hub heights 105 m, 125 m, 145 m and 164 m								
wind speed $v_H$ [m/s]	Thrust coefficients $c_T$ at air density $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]							
	1.125	1.150	1.175	1.200	1.225	1.250	1.275	1.300
3.0	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827
3.5	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826
4.0	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817
4.5	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808
5.0	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800
5.5	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794
6.0	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791
6.5	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789
7.0	0.788	0.788	0.788	0.788	0.787	0.787	0.787	0.787
7.5	0.782	0.782	0.782	0.782	0.782	0.782	0.782	0.782
8.0	0.764	0.764	0.763	0.761	0.760	0.759	0.758	0.755
8.5	0.732	0.730	0.727	0.724	0.720	0.717	0.714	0.710
9.0	0.688	0.685	0.681	0.676	0.671	0.667	0.663	0.658
9.5	0.639	0.635	0.629	0.624	0.618	0.614	0.609	0.604
10.0	0.587	0.582	0.577	0.570	0.565	0.560	0.554	0.549
10.5	0.535	0.530	0.524	0.518	0.511	0.506	0.501	0.495
11.0	0.484	0.479	0.472	0.466	0.460	0.454	0.448	0.442
11.5	0.434	0.429	0.422	0.416	0.409	0.403	0.398	0.392
12.0	0.386	0.381	0.374	0.367	0.361	0.355	0.350	0.343
12.5	0.342	0.336	0.329	0.323	0.316	0.310	0.305	0.299
13.0	0.302	0.296	0.290	0.283	0.276	0.270	0.265	0.259
13.5	0.266	0.260	0.254	0.248	0.243	0.238	0.232	0.228
14.0	0.235	0.230	0.225	0.220	0.215	0.211	0.206	0.202
14.5	0.210	0.205	0.200	0.196	0.192	0.188	0.185	0.181
15.0	0.188	0.184	0.180	0.176	0.173	0.170	0.166	0.163
15.5	0.170	0.166	0.163	0.159	0.156	0.153	0.150	0.148
16.0	0.154	0.151	0.148	0.145	0.142	0.139	0.137	0.134
16.5	0.141	0.138	0.135	0.132	0.130	0.127	0.125	0.123
17.0	0.129	0.127	0.124	0.122	0.120	0.117	0.115	0.113
17.5	0.120	0.117	0.115	0.113	0.111	0.109	0.107	0.105
18.0	0.112	0.109	0.107	0.105	0.103	0.101	0.100	0.098
18.5	0.105	0.103	0.101	0.099	0.097	0.095	0.094	0.092
19.0	0.099	0.097	0.095	0.093	0.092	0.090	0.088	0.087
19.5	0.094	0.092	0.090	0.088	0.087	0.085	0.084	0.083
20.0	0.090	0.088	0.086	0.084	0.083	0.082	0.080	0.079
20.5*	0.083	0.081	0.079	0.078	0.077	0.076	0.074	0.073
21.0*	0.076	0.074	0.072	0.070	0.070	0.069	0.067	0.066
21.5*	0.068	0.066	0.065	0.063	0.062	0.062	0.060	0.059
22.0*	0.061	0.060	0.058	0.057	0.056	0.056	0.054	0.053
22.5*	0.055	0.053	0.052	0.051	0.050	0.050	0.048	0.048
23.0*	0.049	0.048	0.047	0.046	0.045	0.045	0.044	0.043
23.5*	0.044	0.043	0.042	0.041	0.041	0.040	0.039	0.039
24.0*	0.040	0.039	0.038	0.037	0.037	0.036	0.035	0.035
24.5*	0.036	0.035	0.034	0.033	0.033	0.033	0.032	0.031
25.0*	0.032	0.032	0.031	0.030	0.030	0.030	0.029	0.029
25.5*	0.029	0.028	0.028	0.027	0.027	0.026	0.026	0.026
26.0*	0.027	0.026	0.025	0.025	0.024	0.024	0.024	0.023

\* These values are based on a yield and load optimized operation that is not feasible at all sites.



**Nordex N149/4.0-4.5 – Thrust curves – Mode 5.a**

for hub heights 105 m, 125 m, 145 m and 164 m									
wind speed $v_H$ [m/s]	Thrust coefficients $c_T$ at air density $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]								
	0.900	0.925	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100
3.0	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827
3.5	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826
4.0	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817
4.5	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808
5.0	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800
5.5	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794
6.0	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791
6.5	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789
7.0	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786
7.5	0.770	0.770	0.770	0.770	0.770	0.770	0.770	0.770	0.770
8.0	0.744	0.744	0.744	0.744	0.744	0.744	0.744	0.744	0.744
8.5	0.712	0.712	0.712	0.712	0.712	0.712	0.712	0.712	0.712
9.0	0.675	0.675	0.675	0.675	0.675	0.675	0.674	0.672	0.670
9.5	0.636	0.636	0.636	0.635	0.633	0.631	0.629	0.626	0.623
10.0	0.595	0.594	0.592	0.589	0.586	0.584	0.580	0.576	0.573
10.5	0.550	0.548	0.545	0.542	0.538	0.535	0.531	0.526	0.522
11.0	0.505	0.501	0.498	0.494	0.490	0.486	0.482	0.477	0.472
11.5	0.459	0.455	0.451	0.447	0.442	0.438	0.433	0.428	0.423
12.0	0.416	0.412	0.407	0.403	0.398	0.393	0.388	0.382	0.377
12.5	0.377	0.372	0.368	0.363	0.358	0.353	0.348	0.342	0.337
13.0	0.342	0.337	0.332	0.327	0.322	0.317	0.312	0.306	0.301
13.5	0.310	0.305	0.300	0.295	0.290	0.285	0.279	0.274	0.268
14.0	0.282	0.277	0.271	0.266	0.261	0.256	0.250	0.245	0.239
14.5	0.256	0.251	0.245	0.240	0.235	0.230	0.224	0.219	0.214
15.0	0.232	0.227	0.222	0.217	0.211	0.206	0.201	0.196	0.191
15.5	0.211	0.206	0.200	0.195	0.190	0.185	0.181	0.177	0.173
16.0	0.192	0.186	0.181	0.176	0.172	0.168	0.164	0.160	0.156
16.5	0.174	0.170	0.165	0.161	0.157	0.153	0.149	0.146	0.143
17.0	0.160	0.155	0.151	0.148	0.144	0.140	0.137	0.134	0.131
17.5	0.147	0.143	0.140	0.136	0.133	0.130	0.127	0.124	0.121
18.0	0.137	0.133	0.130	0.127	0.124	0.121	0.118	0.116	0.113
18.5	0.128	0.125	0.122	0.119	0.116	0.113	0.111	0.108	0.106
19.0	0.121	0.118	0.115	0.112	0.109	0.107	0.104	0.102	0.100
19.5	0.114	0.111	0.109	0.106	0.104	0.101	0.099	0.097	0.095
20.0	0.109	0.106	0.104	0.101	0.099	0.097	0.094	0.092	0.091
20.5*	0.101	0.098	0.096	0.093	0.091	0.090	0.087	0.085	0.084
21.0*	0.091	0.089	0.087	0.085	0.083	0.081	0.079	0.077	0.076
21.5*	0.082	0.080	0.078	0.076	0.074	0.073	0.071	0.069	0.068
22.0*	0.074	0.072	0.070	0.068	0.067	0.066	0.064	0.062	0.062
22.5*	0.066	0.064	0.063	0.061	0.060	0.059	0.057	0.056	0.055
23.0*	0.060	0.058	0.057	0.055	0.054	0.053	0.051	0.050	0.050
23.5*	0.053	0.052	0.051	0.049	0.048	0.047	0.046	0.045	0.044
24.0*	0.048	0.047	0.046	0.044	0.044	0.043	0.041	0.040	0.040
24.5*	0.043	0.042	0.041	0.040	0.039	0.039	0.037	0.037	0.036
25.0*	0.039	0.038	0.038	0.036	0.036	0.035	0.034	0.033	0.033
25.5*	0.035	0.034	0.034	0.033	0.032	0.031	0.030	0.030	0.029
26.0*	0.032	0.031	0.031	0.030	0.029	0.029	0.028	0.027	0.027

\* These values are based on a yield and load optimized operation that is not feasible at all sites.

### Nordex N149/4.0-4.5 – Thrust curves – Mode 5.a

for hub heights 105 m, 125 m, 145 m and 164 m								
wind speed $v_H$ [m/s]	Thrust coefficients $c_T$ at air density $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]							
	1.125	1.150	1.175	1.200	1.225	1.250	1.275	1.300
3.0	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827
3.5	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826
4.0	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817
4.5	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808
5.0	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800
5.5	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794
6.0	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791
6.5	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789
7.0	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786
7.5	0.770	0.770	0.770	0.770	0.770	0.770	0.770	0.769
8.0	0.744	0.744	0.744	0.744	0.744	0.743	0.742	0.739
8.5	0.712	0.710	0.708	0.707	0.706	0.702	0.699	0.695
9.0	0.669	0.666	0.663	0.660	0.657	0.653	0.649	0.644
9.5	0.620	0.616	0.612	0.608	0.605	0.600	0.595	0.590
10.0	0.569	0.564	0.560	0.556	0.552	0.546	0.541	0.535
10.5	0.518	0.513	0.508	0.503	0.499	0.493	0.488	0.482
11.0	0.468	0.462	0.457	0.452	0.447	0.441	0.436	0.430
11.5	0.418	0.412	0.407	0.402	0.397	0.391	0.386	0.379
12.0	0.372	0.367	0.361	0.356	0.351	0.345	0.340	0.333
12.5	0.332	0.326	0.321	0.315	0.310	0.304	0.299	0.293
13.0	0.296	0.290	0.284	0.279	0.274	0.268	0.262	0.257
13.5	0.263	0.258	0.252	0.247	0.242	0.236	0.231	0.226
14.0	0.234	0.229	0.223	0.218	0.214	0.209	0.205	0.201
14.5	0.209	0.204	0.199	0.195	0.191	0.187	0.183	0.180
15.0	0.187	0.183	0.179	0.175	0.172	0.168	0.165	0.162
15.5	0.169	0.165	0.162	0.158	0.155	0.152	0.149	0.146
16.0	0.153	0.150	0.147	0.144	0.141	0.138	0.136	0.133
16.5	0.140	0.137	0.134	0.131	0.129	0.126	0.124	0.122
17.0	0.128	0.126	0.123	0.121	0.118	0.116	0.114	0.112
17.5	0.119	0.116	0.114	0.112	0.110	0.108	0.106	0.104
18.0	0.111	0.108	0.106	0.104	0.102	0.101	0.099	0.097
18.5	0.104	0.102	0.100	0.098	0.096	0.094	0.093	0.091
19.0	0.098	0.096	0.094	0.092	0.091	0.089	0.088	0.086
19.5	0.093	0.091	0.089	0.088	0.086	0.085	0.083	0.082
20.0	0.089	0.087	0.085	0.084	0.082	0.081	0.080	0.078
20.5*	0.082	0.080	0.078	0.078	0.076	0.075	0.074	0.072
21.0*	0.075	0.073	0.071	0.070	0.069	0.068	0.067	0.065
21.5*	0.067	0.065	0.064	0.063	0.062	0.061	0.060	0.059
22.0*	0.060	0.059	0.058	0.057	0.056	0.055	0.054	0.053
22.5*	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047
23.0*	0.049	0.048	0.046	0.046	0.045	0.044	0.044	0.043
23.5*	0.043	0.042	0.041	0.041	0.040	0.040	0.039	0.038
24.0*	0.039	0.038	0.037	0.037	0.036	0.036	0.035	0.034
24.5*	0.035	0.035	0.034	0.033	0.033	0.032	0.032	0.031
25.0*	0.032	0.031	0.031	0.030	0.030	0.029	0.029	0.028
25.5*	0.029	0.028	0.027	0.027	0.026	0.026	0.026	0.025
26.0*	0.026	0.026	0.025	0.025	0.024	0.024	0.024	0.023

\* These values are based on a yield and load optimized operation that is not feasible at all sites.

### Nordex N149/4.0-4.5 – Thrust curves – Mode 5.b

for hub heights 105 m, 125 m, 145 m and 164 m									
wind speed $v_H$ [m/s]	Thrust coefficients $c_T$ at air density $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]								
	0.900	0.925	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100
3.0	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827
3.5	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826
4.0	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817
4.5	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808
5.0	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800
5.5	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794
6.0	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791
6.5	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789
7.0	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786
7.5	0.770	0.770	0.770	0.770	0.770	0.770	0.770	0.770	0.770
8.0	0.744	0.744	0.744	0.744	0.744	0.744	0.744	0.744	0.744
8.5	0.712	0.712	0.712	0.712	0.712	0.712	0.712	0.711	0.710
9.0	0.675	0.675	0.675	0.675	0.674	0.672	0.670	0.668	0.665
9.5	0.636	0.635	0.633	0.631	0.629	0.625	0.622	0.619	0.615
10.0	0.592	0.590	0.586	0.584	0.580	0.576	0.572	0.568	0.563
10.5	0.546	0.542	0.538	0.535	0.530	0.526	0.521	0.517	0.511
11.0	0.498	0.495	0.490	0.486	0.481	0.476	0.471	0.466	0.461
11.5	0.452	0.447	0.442	0.438	0.433	0.427	0.422	0.417	0.411
12.0	0.408	0.403	0.398	0.393	0.388	0.382	0.377	0.371	0.365
12.5	0.368	0.363	0.358	0.353	0.347	0.342	0.336	0.331	0.325
13.0	0.333	0.328	0.322	0.317	0.311	0.306	0.300	0.294	0.288
13.5	0.301	0.296	0.290	0.285	0.279	0.273	0.268	0.262	0.256
14.0	0.272	0.267	0.261	0.256	0.250	0.244	0.239	0.233	0.227
14.5	0.246	0.241	0.235	0.230	0.224	0.218	0.213	0.208	0.203
15.0	0.223	0.217	0.211	0.206	0.201	0.196	0.191	0.186	0.182
15.5	0.201	0.196	0.190	0.185	0.181	0.176	0.172	0.168	0.164
16.0	0.182	0.177	0.172	0.168	0.164	0.160	0.156	0.152	0.149
16.5	0.166	0.161	0.157	0.153	0.149	0.146	0.142	0.139	0.136
17.0	0.152	0.148	0.144	0.140	0.137	0.134	0.131	0.128	0.125
17.5	0.140	0.137	0.133	0.130	0.127	0.124	0.121	0.118	0.116
18.0	0.130	0.127	0.124	0.121	0.118	0.115	0.113	0.110	0.108
18.5	0.122	0.119	0.116	0.113	0.110	0.108	0.106	0.103	0.101
19.0	0.115	0.112	0.109	0.107	0.104	0.102	0.100	0.098	0.096
19.5	0.109	0.106	0.104	0.101	0.099	0.097	0.095	0.093	0.091
20.0	0.104	0.101	0.099	0.096	0.094	0.092	0.090	0.088	0.087
20.5*	0.096	0.093	0.091	0.089	0.087	0.085	0.083	0.081	0.080
21.0*	0.087	0.085	0.083	0.081	0.079	0.077	0.076	0.074	0.073
21.5*	0.078	0.076	0.074	0.072	0.071	0.069	0.068	0.066	0.065
22.0*	0.070	0.068	0.067	0.065	0.064	0.062	0.061	0.060	0.059
22.5*	0.063	0.061	0.060	0.058	0.057	0.056	0.055	0.053	0.053
23.0*	0.057	0.055	0.054	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.048
23.5*	0.051	0.049	0.048	0.047	0.046	0.045	0.044	0.043	0.042
24.0*	0.046	0.044	0.044	0.042	0.041	0.040	0.040	0.039	0.038
24.5*	0.041	0.040	0.039	0.038	0.037	0.037	0.036	0.035	0.035
25.0*	0.038	0.036	0.036	0.035	0.034	0.033	0.032	0.032	0.031
25.5*	0.034	0.033	0.032	0.031	0.030	0.030	0.029	0.028	0.028
26.0*	0.031	0.030	0.029	0.028	0.028	0.027	0.027	0.026	0.026

\* These values are based on a yield and load optimized operation that is not feasible at all sites.

### Nordex N149/4.0-4.5 – Thrust curves – Mode 5.b

for hub heights 105 m, 125 m, 145 m and 164 m								
wind speed $v_H$ [m/s]	Thrust coefficients $c_T$ at air density $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]							
	1.125	1.150	1.175	1.200	1.225	1.250	1.275	1.300
3.0	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827	0.827
3.5	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826	0.826
4.0	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817	0.817
4.5	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808	0.808
5.0	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800
5.5	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794
6.0	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791	0.791
6.5	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789
7.0	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786
7.5	0.770	0.770	0.770	0.770	0.770	0.770	0.770	0.770
8.0	0.744	0.744	0.744	0.742	0.741	0.740	0.739	0.736
8.5	0.708	0.706	0.704	0.701	0.698	0.695	0.692	0.688
9.0	0.662	0.659	0.655	0.651	0.647	0.643	0.640	0.634
9.5	0.611	0.607	0.603	0.598	0.593	0.589	0.584	0.579
10.0	0.559	0.554	0.549	0.544	0.539	0.534	0.529	0.523
10.5	0.506	0.502	0.496	0.491	0.485	0.480	0.475	0.469
11.0	0.455	0.450	0.445	0.439	0.433	0.428	0.423	0.417
11.5	0.406	0.400	0.395	0.389	0.383	0.378	0.372	0.366
12.0	0.360	0.354	0.348	0.342	0.337	0.331	0.326	0.320
12.5	0.319	0.314	0.308	0.302	0.296	0.290	0.285	0.279
13.0	0.283	0.277	0.272	0.265	0.260	0.254	0.249	0.244
13.5	0.250	0.245	0.239	0.234	0.229	0.224	0.219	0.215
14.0	0.222	0.217	0.212	0.207	0.203	0.199	0.195	0.191
14.5	0.198	0.194	0.189	0.185	0.182	0.178	0.174	0.171
15.0	0.178	0.174	0.170	0.167	0.163	0.160	0.157	0.154
15.5	0.160	0.157	0.154	0.151	0.148	0.145	0.142	0.140
16.0	0.146	0.143	0.140	0.137	0.134	0.132	0.129	0.127
16.5	0.133	0.130	0.128	0.125	0.123	0.121	0.118	0.116
17.0	0.122	0.120	0.118	0.115	0.113	0.111	0.109	0.107
17.5	0.113	0.111	0.109	0.107	0.105	0.103	0.101	0.099
18.0	0.106	0.104	0.102	0.100	0.098	0.096	0.094	0.093
18.5	0.099	0.097	0.095	0.094	0.092	0.090	0.089	0.087
19.0	0.094	0.092	0.090	0.088	0.087	0.085	0.084	0.082
19.5	0.089	0.087	0.086	0.084	0.082	0.081	0.080	0.078
20.0	0.085	0.083	0.082	0.080	0.079	0.077	0.076	0.075
20.5*	0.078	0.077	0.076	0.074	0.073	0.071	0.070	0.069
21.0*	0.071	0.070	0.069	0.067	0.066	0.065	0.064	0.063
21.5*	0.064	0.062	0.062	0.060	0.059	0.058	0.057	0.056
22.0*	0.058	0.056	0.056	0.054	0.053	0.052	0.051	0.051
22.5*	0.052	0.050	0.050	0.048	0.048	0.047	0.046	0.045
23.0*	0.046	0.045	0.045	0.044	0.043	0.042	0.041	0.041
23.5*	0.041	0.041	0.040	0.039	0.039	0.038	0.037	0.037
24.0*	0.037	0.037	0.036	0.035	0.035	0.034	0.033	0.033
24.5*	0.034	0.033	0.033	0.032	0.031	0.031	0.030	0.030
25.0*	0.031	0.030	0.030	0.029	0.029	0.028	0.027	0.027
25.5*	0.027	0.027	0.026	0.026	0.026	0.025	0.025	0.024
26.0*	0.025	0.024	0.024	0.024	0.023	0.023	0.022	0.022

\* These values are based on a yield and load optimized operation that is not feasible at all sites.

---

## **OPERE CIVILI E STRUTTURE**

---

## ART. 1 NORME TECNICHE GENERALI

I materiali e le forniture occorrenti per la costruzione delle opere oggetto dell'appalto, dovranno essere approvvigionati dall'Impresa a sua totale cura e spese ed a tempo debito, in modo da evitare interruzione o ritardi nella esecuzione dei lavori e da assicurare l'ultimazione delle opere nel termine stabilito.

Essi dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio e possedere le caratteristiche stabilite dalle leggi e da regolamenti vigenti in materia ed inoltre dovranno corrispondere perfettamente alla specifica normativa del presente Capitolato o degli altri atti contrattuali.

L'Impresa sarà tenuta ad uniformarsi ad ogni modifica ed interruzione delle disposizioni vigenti in materia che si verificassero nel corso dell'appalto, senza alcun titolo per speciali compensi o aumento dei prezzi.

Salvo i casi esplicitamente indicati nel Capitolato, i materiali e le forniture proverranno da quelle località che l'Impresa riterrà di sua convenienza, purchè, ad insindacabile giudizio della D.L., ne sia riconosciuta l'idoneità e la rispondenza ai requisiti prescritti.

A richiesta della D.L., la provenienza dei materiali e delle forniture dovrà essere idoneamente documentata.

Per la fornitura di materiali ed apparecchiature particolari specialmente per quelli elettrici e di finitura, l'Impresa sarà tenuta a fornire tempestivamente (se del caso entro i termini fissati dalla D.L.) una adeguata campionatura completa che permetta una scelta sufficiente fra materiali aventi analoghe caratteristiche ed uguale rispondenza alle prescrizioni di Capitolato.

La campionatura approvata, munita dei sigilli a firma della D.L. medesima, dovrà essere conservata, a cura e spese dell'Impresa, fino al termine delle operazioni di collaudo per il controllo della corrispondenza fra questa ed i materiali che saranno successivamente approvvigionati ed impiegati nei lavori.

Tutti i materiali e le forniture in genere, prima di essere impiegati dovranno essere approvati dalla D.L., pena la demolizione e la ricostruzione a totale carico dell'Impresa di tutte le opere non riconosciute corrispondenti alle condizioni contrattuali.

L'Impresa sarà obbligata in ogni tempo a presentarsi per eseguire o per fare eseguire presso il laboratorio di cantiere, presso gli stabilimenti di produzione o presso gli Istituti autorizzati, tutte le prove prescritte dal presente Capitolato e gli accertamenti speciali che potrà prescrivere la D.L. in

---

corso d'opera, sui materiali da impiegarsi o già impiegati, nonché sui manufatti sia prefabbricati che formati in opera e sulle forniture in genere.

Il prelievo e la conservazione dei campioni sarà eseguito secondo la specifica normativa del C.N.R. e le particolari disposizioni della D.L.; i prelievi verranno effettuati in contraddittorio e saranno appositamente verbalizzati.

Tutte le spese per il prelevamento, la conservazione e l'inoltro dei campioni agli Istituti autorizzati, nonché le spese per gli esami e le prove, ovunque e da chiunque effettuate, sono a completo carico dell'Impresa, che dovrà assolverle direttamente.

La D.L. disporrà secondo l'esito delle prove e degli accertamenti effettuati, fin da ora si stabilisce che i risultati ottenuti presso gli Istituti autorizzati saranno i soli da considerare validi ed impegnativi a tutti gli effetti del presente appalto.

L'Impresa farà sì che tutti i materiali abbiano ad avere, durante il corso dei lavori, le medesime caratteristiche riconosciute ed accettate dalla D.L.

Qualora in corso di coltivazione di cave o di esercizio delle fabbriche, stabilimenti, ecc., i materiali e le forniture non fossero più rispondenti ai requisiti prescritti, ovvero venissero a mancare e si presentasse quindi la necessità di cambiamenti negli approvvigionamenti, nessuna eccezione potrà essere accampata dall'Impresa, né alcuna variazione dei prezzi, fermi restando gli obblighi di cui al precedente capoverso.

Qualsiasi provvista non accettata dalla D.L., in quanto non riconosciuta idonea all'impiego a suo insindacabile giudizio, dovrà essere immediatamente allontanata dal cantiere, a cure e spese dell'Impresa, e tempestivamente sostituita con altra rispondente ai requisiti richiesti.

L'accettazione in cantiere dei materiali e delle provviste in genere da parte della D.L. non pregiudica in alcun modo il diritto della D.L. stessa, in qualsiasi momento, anche dopo l'impiego e fino a collaudo avvenuto, di rifiutare i materiali stessi e gli eventuali lavori eseguiti con essi, ove vengano riscontrati e non corrispondenti alle condizioni contrattuali o ai campioni approvati.

In ogni caso l'Impresa resta sempre e comunque unica garante e responsabile della perfetta esecuzione dei lavori, anche per quanto può dipendere dai materiali impiegati, ancorché accettati dalla D.L.

Rimane infine espressamente convenuto che l'Amministrazione si riserva in ogni momento e a proprio insindacabile giudizio la facoltà di scorporare dall'appalto qualsiasi genere di materiale e di forniture occorrente per la esecuzione dei lavori che intendesse provvedere direttamente e di affidarne la posa in opera ad altra Ditta o alla stessa Impresa, che avrà l'obbligo di provvedere,

---

senza poter pretendere alcun compenso od indennizzo per la mancata fornitura.

## **1.1. ART. 2 NORME TECNICHE**

### **1.1.1. NORMATIVE**

Per tutto ciò che non sia in opposizione con le condizioni espresse nel presente Capitolato e nel Contratto, l'appalto deve tenersi sottoposto alla integrale e rigorosa applicazione di tutte le leggi, decreti, regolamenti e circolari aventi per oggetto l'appalto e l'esecuzione di opere pubbliche dello Stato che sono nelle attribuzioni del Ministero dei LL.PP. ed in modo particolare alla Legge 11.02.1994 n. 109 e successive modifiche ed integrazioni.

Per espresso patto contrattuale si stabilisce inoltre che, nell'esecuzione dei lavori, da parte dell'Impresa appaltatrice e sotto la sua totale ed esclusiva responsabilità dovranno essere integralmente e rigorosamente applicate tutte le leggi, decreti, regolamenti e circolari, vigenti o poste in vigore durante il corso dei lavori, emanati dallo Stato e, per i rispettivi ambiti territoriali, dalla Regione, dalla Provincia, dal Comune e dalle altre Autorità competenti, in materia di esecuzione di opere pubbliche, di caratteristiche, qualità e prove di accettazione dei materiali da costruzione e di norme tecniche per le costruzioni ed in materia di sicurezza ed igiene del lavoro, nonché tutte le norme tecniche dettate dalla Scienza delle costruzioni ed emanate dal C.N.R., dalla C.E.T. e tutta la normativa UNI, UNIPLAST, C.E.I.-UNEL, WIFE, attinenti alle opere eseguite nel corso dei lavori.

### **1.1.2. ACQUA**

L'acqua da impiegare nella formazione delle malte e dei calcestruzzi dovrà essere dolce, limpida, scevra di materie terrose od organiche e non aggressiva, dovrà avere un pH compreso fra 6 e 8 ed una torbidità non superiore al 2%.

L'acqua da impiegare negli impasti cementizi non dovrà presentare tracce di sali in percentuali dannose (in particolare solfati e cloruri in concentrazioni superiori allo 0,5%).

Tale divieto rimane tassativo ed assoluto per i calcestruzzi armati ed in genere per tutte le strutture inglobanti materiali metallici soggetti a corrosione.

### **1.1.3. GHIAIE, PIETRISCHI E SABBIE PER CONGLOMERATI CEMENTIZI**

Le ghiaie i pietrischi e le sabbie da impiegare nella formazione dei conglomerati cementizi per opere in calcestruzzo semplice ed armato, dovranno corrispondere al requisiti prescritti dal D.M. 14



---

Febbraio 1992, dalla circolare 24.06.1993 n°374061stc ed eventuali successive modifiche ed integrazioni, nonché alle normative UNI CNR.

Detti materiali dovranno essere costituiti da elementi omogenei, di natura preferibilmente silicea o silicatica, provenienti da rocce con alta resistenza alla compressione, compatte, uniformi e non gelive, con esclusione di rocce decomposte o gessose o marmose.

Dovranno risultare assolutamente esenti da sostanze organiche, limose od argillose e da altre sostanze estranee o comunque nocive.

La sabbia da usarsi in miscela con leganti idraulici dovrà essere assolutamente esente da solfati, ove necessario ripetutamente lavata con acqua dolce fino al raggiungimento dei requisiti richiesti.

Tra le ghiaie si escluderanno quelle contenenti elementi di scarsa resistenza meccanica, sfaldati o facilmente sfaldabili e quelle rivestite da incrostazioni.

L'assortimento granulometrico degli aggregati da impiegarsi nella formazione dei conglomerati dovrà sempre corrispondere a quello stabilito dalla D L. in relazione alla destinazione dei getti e alle modalità di posa in opera dei calcestruzzi.

L'impresa avrà l'obbligo di garantire comunque la costanza delle caratteristiche e dell'assorbimento granulometrico prescritto e di porre a disposizione della D.L. in cantiere gli strumenti di misura e la serie completa dei setacci e dei crivelli unificati.

#### **1.1.4. PIETRISCHI, PIETRISCHETTI, GRANIGLIE, SABBIE ED ADDITIVI PER PAVIMENTAZIONI**

Gli inerti e gli additivi (fillers) da impiegare nella formazione di conglomerati bituminosi dovranno corrispondere alle caratteristiche e ai requisiti di accettazione prescritti dalle “Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali” del C.N.R., Fascicolo n. 4 ed essere rispondenti alle rispettive norme di esecuzione lavori.

In particolare si prescrive:

a) Pietrischetti e graniglie.

I pietrischetti e le graniglie dovranno provenire dalla frantumazione di materiale litoide, preferibilmente di natura silicea o basaltica ed in ogni caso di alta resistenza alla compressione, all'urto, all'abrasione ed al gelo.

b) Sabbia

La sabbia naturale o di frantumazione dovrà essere preferibilmente di natura silicea o, in subordine, silicatica o calcarea, con esclusione di rocce decomposte o gessose e dovrà risultare

---

di grana omogenea e ben assortita. In ogni caso la sabbia dovrà risultare dura, ruvida al tatto e assolutamente esente da materie terrose e da sostanze organiche o comunque nocive, e corrispondere alle caratteristiche granulometriche prescritte dall'art. 2 delle “Norme per l'accettazione dei pietrischi, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali” CNR Fascicolo n. 4

c) **Additivi (fillers)**

Gli additivi dovranno provenire dalla frantumazione di rocce calcaree di ottima qualità e potranno essere sostituiti da cemento o da polvere di rocce asfaltiche passanti al setaccio 0.075 CNI 2332/1 con esclusione di polveri di amianto.

#### **1.1.5. TERRE E TERRENI PER RILEVATI E RINTERRI**

Le terre ed i terreni di fiume o di cava, naturali o vagliate, ed i detriti di cava da utilizzarsi per la costruzione dei rilevati e per i rinterrati, dovranno corrispondere integralmente alla descrizione e alle caratteristiche e requisiti di accettazione dell'art. 7 delle Norme CNR-UNI n. 10006 “costruzione dei rilevati”.

Il materiale dovrà risultare completamente esente da radici o da sostanze organiche e da toppe argillose o limose e dovrà essere costituito da aggregato fine legante (passante al setaccio 0,075 UNI) in quantità limitata e da aggregato grosso e medio composto da elementi litici duri e tenaci.

Per l'impiego, la qualità, le caratteristiche dei materiali e la loro accettazione, l'Impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo, a sua cura e spese, a fare eseguire presso gli Istituti autorizzati quelle prove che la D.L. riterrà opportune e necessarie.

#### **1.1.6. CALCI AEREE - GESSI PER EDILIZIA**

a) Calci aeree

Le calci aeree dovranno avere le caratteristiche e i requisiti prescritti dalle “Norme per l'accettazione delle calci”, di cui al R. D. 16 novembre 1939, n. 2231. Se non diversamente disposto sarà consentito esclusivamente l'impiego di calce idrata in polvere. Essa dovrà provenire dallo spegnimento totale di ottime calci in zolle, attuato in stabilimenti specializzati; la polvere dovrà presentarsi fine, omogenea e secca e dovrà essere confezionata in imballaggi idonei che saranno conservati in locali ben asciutti. Gli imballaggi dovranno portare ben visibili l'indicazione del produttore, il peso del prodotto e la specifica se si tratta di fiore di calce o di calce idrata da costruzione.

---

b) Gessi per edilizia

I gessi per edilizia dovranno avere le caratteristiche ed i requisiti prescritti dalle norme UNI 5371-84. Essi dovranno essere di recente cottura, perfettamente asciutti, di fine macinazione, scevri di materie eterogenee e senza parti alterate per estinzione spontanea. I gessi dovranno essere approvvigionati in sacchi sigillati di idoneo materiale riportanti il nome del produttore e la qualità del gesso contenuto. La conservazione dovrà essere effettuata con tutti gli accorgimenti atti ad evitare degradazioni da umido. Saranno senz'altro rifiutati ed allontanati dal cantiere i gessi che risultino avere una presa troppo lenta e che, bagnati, assumano colore grigio.

**1.1.7. LEGANTI IDRAULICI - ADESIVI – ADDITTIVI**

a) Leganti idraulici

I leganti idraulici dovranno avere le caratteristiche ed i requisiti prescritti dalla Legge 26 maggio 1965, n. 595 e dal D.M. 3 giugno 1968, 31 agosto 1972, D.M. 20.11.1984 e D.M. 13.09.1993.

La fornitura dei leganti idraulici in cantiere dovrà avvenire in sacchi sigillati, ovvero in imballaggi speciali a chiusura automatica a valvola, ovvero ancora allo stato sfuso. In ogni caso dovranno essere chiaramente indicati il peso e la qualità del legante, lo stabilimento di produzione, la quantità di acqua per malta normale e le resistenze minime a trazione e compressione a 28 gg. di stagionatura, a mezzo stampa nei primi due casi e con documenti di accompagnamento nell'ultimo. Per ogni tipo di legante la fornitura dovrà essere munita del contrassegno di garanzia della qualità. L'introduzione in cantiere di ogni partita di cemento sfuso dovrà risultare dal giornale dei lavori e dal registro dei getti. La conservazione dei leganti dovrà essere effettuata in locali asciutti, predisposti a cura e spese dell'Impresa, e su tavolati in legname. Per quelli allo stato sfuso lo stoccaggio sarà effettuato in sili adeguatamente protetti. Anche ad accettazione avvenuta di una partita, verranno rifiutati ed immediatamente allontanati dal cantiere tutti quei sacchi il cui contenuto presenti grumi o parti avariate o comunque dimostri di aver subito l'azione dell'umidità.

b) Adesivi

Per gli interventi di ripresa dei getti o di getti nuovi su vecchi, nonché per la stuccatura di giunti, è previsto l'impiego di particolari materiali quali resine viniliche, polisolfuri (thiokol) con relativi "primer". L'Impresa è obbligata ad impiegare materiali di prima qualità e a tal fine si impegna a sottoporre al giudizio della D.L. tre campioni di materiale di ogni tipo, forniti da Case di primaria

---

importanza e corredati da documentazione di prove di laboratorio e di pratiche applicazioni. La D.L. si riserva di far eseguire a spese dell'Impresa tutte le necessarie ulteriori prove di qualifica e di controllo. Una volta che la D.L. si riserva di far eseguire a spese dell'Impresa tutte le necessarie ulteriori prove di qualifica e di controllo. Una volta che la D.L. abbia effettuato la propria insindacabile scelta, l'Impresa è obbligata all'impiego, nei modi prescritti, dei materiali stessi, della cui rispondenza ai fini specifici, anche nel tempo, resta pienamente e totalmente responsabile.

c) Additivi

Analoghe prescrizioni si applicano ai materiali additivi da impiegare quali fluidificanti e antiritiro nelle malte di iniezione di bloccaggio di armature di ferro entro perforazioni. Per tale impiego l'Impresa potrà altresì proporre l'uso di resine poliesteri o di altro tipo, di cui l'Impresa stessa possa documentatamente offrire piena garanzia di efficienza e durevolezza. Su richiesta della D.L. l'impresa dovrà esibire i risultati di laboratorio ufficiale che attestino la conformità del prodotto alle norme UNI vigenti.

**1.1.8. EMULSIONI BITUMINOSE – BITUMI**

a) Emulsioni bituminose

Le emulsioni bituminose da impiegarsi nella costruzione delle pavimentazioni stradali dovranno corrispondere ai requisiti prescritti dalle “Norme per l'accettazione delle emulsioni bituminose per usi stradali”, fascicolo n. 3, ultima edizione, del C.N.R. L'emulsione bituminosa approvvigionata in cantiere dovrà risultare omogenea, priva di agglomerati e di filacce ed assicurare la perfetta rottura all'atto dell'impiego. L'emulsione che manifestasse nei fusti il fenomeno dell'agglomeramento, darà senz'altro motivo alla contestazione dell'intera partita, che l'Impresa dovrà provvedere immediatamente ad allontanare dal cantiere. L'emulsione cationica (o acida) dovrà garantire il suo impiego nella stagione piovosa con aggregati bagnati, anche quando gli stessi siano costituiti da rocce idrofile.

Per l'accettazione e l'impiego dell'emulsione, l'Impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo a fare eseguire presso gli Istituti autorizzati tutte le prove e le analisi richieste dalla D.L., sottostando ad ogni spesa di prelevamento ed invio dei campioni e di analisi.

L'Impresa accetta fin da ora di riconoscere tali risultati come gli unici validi ed impegnativi a tutti gli effetti del presente Capitolato.

b) Bitumi

---

I bitumi da impiegarsi per la confezione dei conglomerati bituminosi dovranno corrispondere ai requisiti prescritti dalle “Norme per l’accettazione dei bitumi per usi stradali”, Fascicolo n. 2151 dei C.N.R. ed ai BU CNR 24/71 35/73 43/74 50/76 e 44/74.

### **1.1.9. MATERIALI LATERIZI**

I materiali laterizi da impiegarsi nella esecuzione delle murature e nella costruzione dei solai e dei tetti dovranno provenire dalle migliori fornaci e dovranno rispondere alle “Norme per l’accettazione dei materiali laterizi” di cui al R.D. 16 novembre 1939, n. 2233.

Tutti i laterizi ed i manufatti ad uso nelle costruzioni dovranno inoltre rispondere alle condizioni stabilite dal D.P.R. 21/04/93 n 246.

Per laterizi da murature in genere si farà riferimento alle norme UNI 8942 1 ° 2° e 3°.

Per le opere in muratura non in zona sismica si farà riferimento al D.M. 20.11.87 “norme tecniche per la progettazione l’esecuzione ed il collaudo degli edifici in muratura” nonché la circolare LL.PP. 4.1.89 n. 30787.

Per i laterizi da impiegare nei solai si farà riferimento alle norme UNI 9730 1 ° 2° e 3°.

I laterizi, di qualsiasi tipo, forma e dimensioni (pieni, forati e per coperture) dovranno nella massa essere scevri da sassolini ed altre impurità; avere forma regolare, facce lisce e spigoli sani; presentare alla frattura (non vetrosa) grana fine, compatta ed uniforme; essere sonori alla percussione; assorbire acqua per immersione ed asciugarsi all’aria con sufficiente rapidità; non sfaldarsi o sfiorire sotto l’influenza degli agenti atmosferici e di soluzioni saline; non screpolarsi al fuoco e al gelo; avere resistenza adeguata, colore omogeneo e giusto grado di cottura, non contenere sabbia con sali di sodio o potassio, avere forma geometrica precisa ed infine un contenuto di solfati alcalini tali che il tenore di SO<sub>3</sub> sia minore dello 0,05%.

Per la definizione delle categorie, dei requisiti e delle prove si dovrà fare riferimento alle norme U.N.I. 2105, 2106, 2107, 8942/1, 8942/2, 8942/3, 9730/1, 9730/2, 9730/3.

#### 1) Mattoni pieni e semipieni, mattoni e blocchi forati per murature

Per quanto riguarda le categorie, le caratteristiche e le prove di qualificazione si farà riferimento alla normative UNI 8942/1 e 8942/3, ed alle prescrizioni di cui all’allegato 7 dei DM 14 febbraio 1992.

I materiali dovranno presentare facce piane e spigoli regolari, essere esenti da screpolature, fessure e cavità, ed avere superfici atte alla adesione delle malte. I mattoni da paramento dovranno presentare in modo particolare regolarità di forma, integrità superficiale e sufficiente uniformità di

---

colore per l'intera partita. La categoria non dovrà essere inferiore alla 3°.

2) Mattoni pieni

Per la designazione del tipo e delle dimensioni, si farà riferimento alla normativa UNI 8942/1.

Se non diversamente disposto i mattoni impiegati dovranno essere dei tipo A 5,5 x 12/2 UNI 8942/1, di categoria non inferiore alla 2°.

3) Mattoni semipieni

Per la designazione delle dimensioni si farà riferimento alla normativa UNI 8942/1. Se non diversamente disposto, dovranno essere impiegati mattoni di tipo 12 x 12/2 UNI 8942/1, di categoria non inferiore alla 2°. L'efflorescenza in prova dovrà risultare nulla ed il potere di imbibizione non superiore al 15%.

4) Blocchi forati per murature

Per la designazione delle dimensioni si farà riferimento alla normativa UNI 8942/1. Se non diversamente disposto, dovranno essere impiegati blocchi forati di tipo 12 x 12 x 25/4 UNI 8942/1, di categoria non inferiore alla 4°, se portanti. Le facce dei blocchi dovranno essere leggermente rigate per aumentare l'aderenza delle malte e gli spigoli longitudinali arrotondati; l'area di ciascun foro non dovrà superare il 10% della superficie della faccia forata.

5) Mattoni forati

Per la designazione delle dimensioni si farà riferimento alla normativa UNI 8942/1. Salvo diversa specifica i mattoni forati dovranno corrispondere alla 1° categoria, se portanti.

6) Blocchi forati per solai

Per la designazione del tipo e delle dimensioni si farà riferimento alla normativa UNI 8942/1, e per le caratteristiche e le prove di qualificazione alla normativa UNI 8942/1. Se non diversamente disposto, verranno utilizzati esclusivamente blocchi di tipo A 8942/1 (volterrane). La resistenza a compressione, riferita alla sezione netta delle pareti e dei setti dovrà risultare non inferiore a 200 Kg./cmq.; dovranno inoltre essere rispettate le norme di cui al punto 7., Parte 1° D.M. 1 aprile 1983.

7) Tavelle e tavelloni

---

Le tavelle ed i tavelloni dovranno possedere le caratteristiche ed i requisiti prescritti dalla normativa UNI 2107 e per la designazione del tipo e delle dimensioni si farà riferimento alla normativa UNI 2105 e UNI 2106.

8) Tegole piane e tegole curve

Dovranno corrispondere alle caratteristiche ed ai requisiti prescritti dalla normativa UNI 8635 e per la designazione del tipo e delle dimensioni si farà riferimento alla normativa UNI 8626.

Tali materiali, sottoposti alla prova di impermeabilità, dopo 24 ore non dovranno presentare trasudi di acqua.

#### **1.1.10. MATERIALI FERROSI**

I materiali ferrosi da impiegare nei lavori oggetto del presente appalto dovranno essere esenti da scorie, soffiature, saldature, paglie e da qualsiasi altro difetto apparente o latente di fusione, laminazione, profilature, fucinature e simili.

Essi dovranno soddisfare tutte le condizioni generali previste dal D.M. 14 febbraio 1992 e tutte le particolari prescrizioni di seguito riportate.

- Acciai per calcestruzzi

Gli acciai per barre ad aderenza migliorata da impiegarsi nella esecuzione delle opere in calcestruzzo armato dovranno rispondere alle prescrizioni di cui al D.M. 14 febbraio 1992 e successive modifiche ed integrazioni.

- Acciai per strutture metalliche

Gli acciai, i bulloni ed i chiodi da impiegarsi nella esecuzione delle strutture metalliche portanti, dovranno rispondere alle prescrizioni di cui al D.M. 14 febbraio 1992 e successive modifiche ed integrazioni ed in particolare:

- I. Gli acciai da impiegare, di uso generale laminati a caldo in profilati, barre, larghi piatti, lamiere e tubi, dovranno essere del tipo 1 o del tipo 2 definiti, per le caratteristiche meccaniche, al punto 2.1. 2.1. della Parte 2° di che trattasi. Per la classificazione dell'acciaio si farà riferimento alla normativa UNI EN 10020. Tra gli acciai di tipo 1 verranno utilizzati gli acciai Fe 42 grado B della norma UNI EN 10025.

---

II Per l'esecuzione delle parti in getto sarà impiegato acciaio fuso di tipo Fe G 38 VR e Fe G 52 VR della norma UNI 3158-68. Per gli apparecchi metallici di appoggio, fissi o scorrevoli, che trasmettono pressioni per contatto, dovrà essere utilizzato esclusivamente acciaio di tipo Fe G 52 VR.

- Profilati, barre e larghi piatti di uso generale; lamiere di acciaio

Per qualità e caratteristiche i materiali dovranno essere conformi alle prescrizioni della Norma UNI EN 10025. Per le dimensioni e le tolleranze ammesse nei profilati e nelle lamiere si farà riferimento alla seguente normativa: UNI 5397-64; UNI 5398-64; UNI 5679-73; UNI 5681-73; UNI EN 10029 ed UNI EN 10025. Le superfici dei laminati dovranno essere esenti da cretti, scaglie, paglie, ripiegature, cricche od altri difetti.

#### **1.1.11. TUBI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO SEMPLICE – TUBI IN CEMENTO ARMATO**

##### ***I) TUBI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO SEMPLICE***

###### **a) Definizione**

Appartengono a questa categoria e sono soggetti alle seguenti norme i condotti in conglomerato cementizio nei quali o non esiste armatura metallica, ovvero la stessa sia prevista esclusivamente per le necessità di trasporto e di posa.

###### **b) Forme**

Sono normalizzati in questo articolo tubi e pezzi speciali, con o senza piede, con giunto a maschio e femmine o a bicchiere, con spessori normali o, per i tubi circolari, rinforzati, aventi le seguenti forme:

- tipo C: circolare senza piede (UNI 9534/89)
- tipo CR: circolare senza piede rinforzato
- tipo CP: circolare con piede (UNI SS90 - EO7.04.088.0)
- tipo CPR: circolare con piede rinforzato
- tipo OP: ovoidale con piede

###### **c) Dimensioni**

La lunghezza dei tubi in mm deve essere un multiplo di 500. Le dimensioni dei tubi sono indicate nelle tabelle che seguono.



d) Indicazioni di riconoscimento

I tubi devono essere contrassegnati in modo durevole sulla parete esterna, con l'indicazione di:

- 1) marchi di fabbrica
- 2) anno e mese di fabbricazione
- 3) dimensioni nominali e tipo del giunto.

e) Caratteristiche generali di qualità

I tubi e i pezzi speciali devono avere caratteristiche uniformi. Essi non devono presentare difetti che possano compromettere la loro resistenza, impermeabilità o durata.

Piccoli fori e screpolature superficiali fini, a tela di ragno, non hanno importanza, purchè siano rispettate le prescrizioni del presente Capitolato; Le estremità dei tubi devono presentare spigoli netti.

f) Tolleranze

La tolleranza sulla lunghezza nominale dei tubi è pari a  $\pm 1\%$ . Le tolleranze dalle dimensioni trasversali sono indicate nelle tabelle seguenti.

Le superfici interne dei tubi e la superficie del piede (per i tubi con piede) devono avere generatrici rettilinee; è ammesso uno scostamento massimo della retta pari allo 0,5% della lunghezza del tubo.

TUBI CIRCOLARI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO SEMPLICE - DI MENSIONI E TOLLERANZE										
(misure in mm.)										
DIAMETRO NOMINALE		MASSIMO SCARTO DELLE SUPERFICI FRONTALI (1)	LARGHEZZA DEL PIEDE	SPESSORI MINIMI						
MISURA	TOLLERANZA			TIPO C	TIPO CP		TIPO CR	TIPO CPR		
					Imposta	Chiave		Imposta	Chiave	Piede
100	$\pm 2$	3	80	22	22	22				
150	$\pm 2$	3	120	24	24	24				
200	$\pm 3$	4	160	26	26	26				
250	$\pm 3$	4	200	30	30	30				
300	$\pm 4$	5	240	36	36	36	50	50	50	50
400	$\pm 4$	6	320	42	42	42	65	50	65	90
500	$\pm 5$	6	400	50	50	58	85	70	85	110
600	$\pm 6$	8	450	58	58	70	100	85	100	130
700	$\pm 6$	8	500	66	66	80	115	100	115	150
800	$\pm 7$	10	550	74	74	90	130	115	130	170

900	± 7	10	600	( <sup>2</sup> )	( <sup>2</sup> )	( <sup>2</sup> )	145	130	145	195
1000	±8	12	650	( <sup>2</sup> )	( <sup>2</sup> )	( <sup>2</sup> )	160	145	160	215
1100	± 8	12	680	( <sup>2</sup> )	( <sup>2</sup> )	( <sup>2</sup> )	175	160	175	240
1200	± 10	14	730	( <sup>2</sup> )	( <sup>2</sup> )	( <sup>2</sup> )	190	170	190	260
1300	± 10	14	780	( <sup>2</sup> )	( <sup>2</sup> )	( <sup>2</sup> )	205	185	205	280
1400	± 10	16	840	( <sup>2</sup> )	( <sup>2</sup> )	( <sup>2</sup> )	220	200	220	300
1500	± 10	16	900	( <sup>2</sup> )	( <sup>2</sup> )	( <sup>2</sup> )	235	215	235	320

**TUBI OVOIDALI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO SEMPLICE - DIMENSIONI E TOLLERANZE**  
(misure in mm)

DIAMETRO NOMINALE		MASSIMO SCARTO SUP. FRONTAL ( <sup>1</sup> )	LARGHEZZA DEL PIEDE	SPESSORI MINIMI		
MISURA	TOLLERANZA			Imposta	Chiave	Piede
400x600	± 4	6	265	52	68	68
500x750	± 5	6	320	64	84	84
600x900	± 6	8	375	74	98	98
700x1050	± 6	8	430	84	110	110
800x1200	± 7	10	490	94	122	122
900x1350	± 7	10	545	102	134	134
1000x1500	± 8	12	600	110	146	146
1200x1800	± 10	14	720	122	160	160

(<sup>1</sup>) Per scarto delle superfici frontali si intende la massima distanza tra le superfici frontali e i piani perpendicolari all'asse tangenti al bordo esterno del tubo

(<sup>2</sup>) Da concordare con la direzione dei lavori

(<sup>3</sup>) Per scarto delle superfici frontali si intende la massima distanza tra le superfici frontali e i piani perpendicolari all'asse tangenti al bordo esterno del tubo.

g) Resistenza meccanica

I tubi, caricati al vertice, devono presentare i valori minimi di resistenza meccanica indicati nella tabella seguente.

h) Impermeabilità

I tubi, alla pressione interna di 0,5 bar (5 m di colonna d'acqua) per 15 minuti non devono assorbire quantitativi d'acqua superiori a quelli indicati nella tabella seguente.

La comparsa di macchie di umidità e di singole gocce sulla superficie esterna del tubo non è determinante per il giudizio di impermeabilità.

i) Esecuzione delle prove

Le misure per la verifica delle tolleranze e le prove di resistenza meccanica e di impermeabilità dei tubi devono essere eseguite secondo le modalità delle norme DIN 4032, che si intendono integralmente trascritte.

<b>TUBI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO SEMPLICE</b>			
Diametro nominale in tubi circolari (mm)	RESISTENZA MECCANICA		IMPERMEABILITA'
	FORZA DI SCHIACCIAMENTO AL VERTICE (kN/m)		Assorb. max. amm. di acqua (cm <sup>3</sup> /m)
	Tipo C e CP	Tipo CR e CPR	
100	24		100
150	26		110
200	27		120
250	28		140
300	30	50	160
400	32	63	210
500	35	80	270
600	38	98	290
700	41	111	300
800	43	125	360
900	( <sup>4</sup> )	138	400
1000	( <sup>4</sup> )	152	440
1100	( <sup>4</sup> )	166	480
1200	( <sup>4</sup> )	181	520
1300	( <sup>4</sup> )	194	560
1400	( <sup>4</sup> )	207	600
1500	( <sup>4</sup> )	220	640

<b>TUBI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO SEMPLICE</b>		
Dimensioni nominale tubi ovoidali (mm)	RESISTENZA MECCANICA	IMPERMEABILITA'
	FORZA DI SCHIACCIAMENTO AL VERTICE (kN/m)	Massimo assorbimento ammisibile di acqua (cm <sup>3</sup> /m)
400x600	50	270
500x750	61	320
600x900	69	360
700x1050	75	400
800x1200	77	440
900x1350	80	480
1000x1500	83	560
1200x1800	86	640

(<sup>4</sup>) La forza di schiacciamento deve essere stabilita conformemente alle esigenze statiche

---

l) Prove sulla produzione ordinaria

Per l'autocontrollo a cura del produttore, ai sensi dei precedenti articoli di Capitolato, i tubi verranno divisi nelle seguenti classi: con diametro nominale da 100 a 400, da 500 a 1000 mm, da 1100 a 1500, separate per spessori normali e rinforzati. Per ogni classe verranno eseguite le seguenti prove, con le frequenze accanto indicate:

- verifiche di tolleranza: 3 tubi alla settimana
- resistenza meccanica: 1 tubo ogni due settimane
- impermeabilità: 1 tubo alla settimana

I controlli presso i laboratori riconosciuti a cura del produttore, ai sensi dei precedenti articoli di Capitolato, verranno eseguiti almeno due volte all'anno su tre tubi per ognuna delle suddette classi.

m) Prove dirette

Per le prove dirette di laboratorio a carico dell'Appaltatore, ai sensi dei precedenti articoli di Capitolato, verranno prelevate le seguenti percentuali di pezzi riferite al complesso della fornitura divisa nelle classi sopraindicate:

- 1% per la prova di impermeabilità;
- 0,5% per la prova di resistenza meccanica allo schiacciamento.

## **II) TUBI IN CEMENTO ARMATO**

a) Definizione

Appartengono a questa categoria e sono soggetti alle norme seguenti i condotti in conglomerato cementizio con armatura metallica ortogonale o eventualmente anche parallela all'asse, calcolata in base alle esigenze statiche.

b) Forme

La forma abituale è quella circolare, con o senza piede. Possono essere usate altre forme in funzione delle esigenze idrauliche e statiche. I giunti possono essere a bicchiere o a manicotto.

c) Dimensioni

---

I diametri nominali dei tubi circolari vanno da 250 a 4.000 e più mm. La lunghezza dei tubi deve essere pari ad almeno 2.500 mm; essa deve essere multipla preferibilmente di 500 mm e come minimo di 140 mm per diametri da 250 a 1500 mm e di 100 mm per diametri maggiori di 1600.

d) Calcoli statici

Per l'esecuzione dei calcoli statici dei tubi, l'Appaltatore dovrà fornire al produttore tutte le necessarie indicazioni sulle condizioni di carico e messa in opera, e precisamente:

- peso proprio,
- grado di riempimento del tubo con i liquami,
- altezze minima e massima di copertura sopra il vertice dei tubi, se necessario suddividendo la canalizzazione in tratte con diverse altezze di copertura,
- carichi stradali,
- altri carichi (ad es materiali scaricati)
- profondità della falda freatica,
- sollecitazioni straordinarie dovute al trasporto, all'accatastamento ed alla messa in opera,
- tipo e forma del letto di posa: angolo di posa; posa su suoli naturali, su letto di sabbia e ghiaietto, su letto di calcestruzzo, su selle, ecc.,
- tipo di messa in opera:
- posa in fossa con pareti verticali o con scarpate, larghezza delta fossa, tipo dell'armatura e modalità del suo allontanamento;
- posa in superficie, su suolo naturale o di riporto; quota di fondo del tubo rispetto al suolo naturale,
- introduzione nel sottosuolo mediante spingitubo, con i relativi dettagli tecnici dell'operazione.

e) Armature

I tubi circolari dovranno avere un'armatura circolare, in uno o più strati, ovvero un'armatura ellittica adattata alla curva dei momenti flettenti.

L'armatura anulare deve essere disposta ad una distanza regolare, pari al massimo a 150 mm, su tutta la lunghezza del tubo, eventualmente piegate nel bicchiere ed unite nei punti di giunzione. Per ogni strato di armatura, devono essere disposte almeno 6 bacchette longitudinali, a distanze regolari lungo la circonferenza del tubo. La distanza tra due bacchette longitudinali vicine non può superare i 450 mm.

---

Con un'armatura in più strati, le bacchette longitudinali devono essere disposte sfalsate.

La gabbia dell'armatura deve essere saldamente collegata ed assicurata contro spostamenti, ad es. mediante distanziatori.

Qualora la gabbia dell'armatura venga collegata mediante saldature, queste non devono essere messe in conto nei calcoli statici.

I tubi la cui armatura anulare è stata disposta in funzione della curva dei momenti flettenti, e che quindi non possono essere installati in modo qualsiasi devono essere contrassegnati al vertice in modo durevole.

Le coperture minime dei ferri di armatura sono indicate nella tabella seguente.

<b>MISURE MINIME DELLE COPERTURE DEI FERRI NEI TUBI DI CEMENTO ARMATO</b>		
CONDIZIONI AMBIENTALI	COPERTURE DEI FERRI (mm)	
	Rapporto acqua/cemento A/C £ 0,4	Rapporto acqua/cemento A/C £ 0,5
Tubi in ambiente non aggressivo con umidità costante,	10	10
Tubi in ambiente debolmente aggressivo con umidità variabile	15	20
Tubi in ambiente fortemente aggressivo	20	25

N.B. Per tubi con un solo strato di armatura e spessore delle pareti s £ 60 mm e per tubi con più strati di armatura e spessore delle pareti s £ 90 mm, i valori della tabella possono essere diminuiti di 5 mm.

f) Indicazioni di riconoscimento

I tubi devono essere contrassegnati in modo durevole sulla parete esterna, con l'indicazione di:

- marchio di fabbrica
- anno e mese di fabbricazione
- dimensioni nominali e tipo del giunto
- posizione del vertice (se necessario in funzione della disposizione dell'armatura).

g) Caratteristiche generali di qualità

I tubi devono avere caratteristiche uniformi. Non sono ammessi tubi con segni di danneggiamento

---

che possano diminuire la loro possibilità di utilizzazione, ovvero la resistenza meccanica, l'impermeabilità e la durata. Le estremità dei tubi devono essere a spigoli vivi, con la fronte perpendicolare all'asse del tubo.

Piccoli intagli sulla superficie esterna e piccole fessure, di ampiezza inferiore a 0,2 mm, disposte irregolarmente, a tela di ragno, non hanno importanza ai fini del giudizio di qualità.

#### h) Tolleranze

Nella tabella seguente sono indicate le tolleranze ammissibili per la luce netta dei tubi e per il parallelismo delle superfici frontali.

<b>TOLLERANZE NELLE DIMENSIONI DEI TUBI DI CEMENTO ARMATO</b> (misure in mm)		
LUCE NETTA "d"	Tolleranza della luce netta	Massimo scarto delle superfici frontali
d ≤ 275	± 3	4
275 < d ≤ 350	± 4	5
350 < d ≤ 450	± 4	6
450 < d ≤ 550	± 5	7
550 < d ≤ 750	± 6	8
750 < d ≤ 950	± 7	9
950 < d ≤ 1150	± 8	10
1150 < d ≤ 1350	± 9	10
1350 < d ≤ 1550	± 10	12
1550 < d ≤ 1950	± 12	12
1950 < d ≤ 2350	± 14	14
2350 < d ≤ 2750	± 16	16
2750 < d ≤ 3050	± 18	18
<u>d &gt; 3050</u>	± 20	20

Le tolleranze ammissibili per la lunghezza nominale del tubo non possono superare +/-1%.

La superficie interna dei tubi deve avere generatrici rettilinee; è ammesso uno scostamento massimo dalla retta pari allo 0,5% della lunghezza del tubo.

#### i) Impermeabilità

I tubi, alla pressione interna di 0,5 bar (5 m di colonna d'acqua) per 15 minuti, non devono assorbire quantitativi d'acqua superiori a quelli indicati dalla tabella seguente.

---

## IMPERMEABILITA' DEI TUBI DI CEMENTO ARMATO

Forma	Diametro nominale "d" (mm)	Assorbimento max ammissibile (l/mq di superficie)
	250 £ d £ 600	0,08
Circolare	700 £ d £ 1000	0,07
	d <sup>3</sup> 1100	0,05

La comparsa di macchie di umidità e di singole gocce sulla superficie esterna del tubo non è determinante per il giudizio di impermeabilità.

### l) Resistenza meccanica

I tubi, caricati al vertice, devono presentare i valori minimi di resistenza meccanica di cui alle norme DIN 4035

### m) Esecuzione delle prove

Le misure per le verifiche di tolleranza e le prove di resistenza meccanica e di impermeabilità dei tubi devono essere eseguite secondo le modalità delle norme DIN 4035, che si intendono integralmente trascritte.

Le prove sul calcestruzzo e sull'armatura metallica devono essere eseguite secondo la vigente legislazione italiana.

## PROVE SULLA PRODUZIONE ORDINARIA

Per l'autocontrollo a cura del produttore, ai sensi dei precedenti articoli di Capitolato, i tubi verranno divisi nelle seguenti classi: con diametro nominale fino a 400 mm, da 500 a 1.000 mm, da 1.100 a 1.600 mm, oltre 1700 mm compresi.

Verranno eseguite le seguenti prove, con le frequenze a fianco indicate:

- Caratteristiche generali di qualità e tolleranze 1 tubo alla settimana per ogni classe
- Resistenza a compressione del calcestruzzo 3 cubetti alla settimana da diversi impasti
- Resistenza a trazione della armatura 5 campioni al mese per ogni saldatrice
- Esecuzione della saldatura 10 campioni al mese per ogni saldatrice
- Resistenza a fatica della armatura 5 campioni all'anno per ogni saldatrice
- Impermeabilità dei tubi 1 tubo alla settimana per ogni classe



---

I controlli presso i laboratori riconosciuti a cura del produttore, verranno eseguiti almeno due volte all'anno per le classi di tubi sopra specificate e per le prove e il numero di campioni sottoindicati:

- Caratteristiche generali di qualità e tolleranze 3 tubi per classe
- Resistenza a compressione del calcestruzzo 3 cubetti
- Resistenza a trazione della armatura ed esecuzione della saldatura 3 campioni
- Impermeabilità dei tubi 3 tubi per classe

#### PROVE DIRETTE

Per le prove dirette di laboratorio, a carico dell'Appaltatore, ai sensi dei precedenti articoli di Capitolato, verranno prelevate le seguenti percentuali di tubi, riferite al complesso della fornitura divisa nelle classi sopra indicate:

- 1% per la prova di impermeabilità
- 0,5% per la prova di resistenza meccanica allo schiacciamento

### 1.1.12. PRESCRIZIONI GENERALI SULLA GIUNZIONE DEI TUBI

#### 1) CONCETTI GENERALI

##### 1.1) Giunzione dei tubi

###### *1.1.1) Giunzione per introduzione*

La giunzione per introduzione è una giunzione mobile il cui effetto di tenuta viene realizzato mediante introduzione della punta di un tubo del bicchiere o manicotto del tubo vicino, assieme a materiale sigillante, eventualmente compresso da un anello.

###### *1.1.2) Giunzione per serraggio*

La giunzione per serraggio è una giunzione, il cui effetto di tenuta viene realizzato mediante incollaggio delle estremità dei tubi da collegare. Secondo il tipo del materiale adesivo utilizzato vengono realizzate giunzioni rigide oppure mobili.

###### *1.1.3) Giunzione per saldatura*

La giunzione rigida, il cui effetto di tenuta viene realizzato mediante saldatura delle estremità dei tubi da collegare.

###### *1.1.4) Giunzione per flangiatura*

La giunzione a flangiatura è una giunzione rigida, il cui effetto di tenuta viene realizzato mediante

---

compressione di un materiale sigillante tra le flange.

## 1.2) Materiali sigillanti

### 1.2.1) *Materiali sigillanti elastici*

I materiali sigillanti elastici sono costituiti da elastomeri che vengono introdotti nei giunti da sigillare mediante deformazione elastica. Il loro effetto di tenuta rispetto a liquami in pressione dipende dalla tensione elastica di ritorno che si sviluppa mediante la deformazione del materiale.

### 1.2.2) *Materiali sigillanti plastici*

I materiali sigillanti plastici sono costituiti da sostanze non reticolate, che mediante un processo di scorrimento si adattano alla forma dei giunti da sigillare. Il loro effetto di tenuta rispetto a liquami in pressione dipende dalla forza di adesione alle superfici del giunto e dal comportamento di scorrimento in relazione alla temperatura.

## 2) PRESCRIZIONI

### 2.1) Tenuta

Le giunzioni dei tubi devono essere durevolmente impermeabili contro pressioni interne ed esterne da 0 a 0,5 bar, che si possono verificare nelle interazioni con il loro ambiente.

A richiesta della Direzione dei Lavori, dovrà essere eseguita una prova di impermeabilità sulla giunzione, con le modalità di seguito indicate.

Prima, di iniziare la prova, si procederà a sigillare i due tubi estremi del tratto da esaminare. La tubazione verrà quindi riempita d'acqua avendo cura che non subisca spostamenti o sollevamenti, per il che, se necessario, si dovranno adottare idonei congegni di sicurezza, lasciando in ogni caso libere le giunzioni, in modo da poter individuare con facilità eventuali punti permeabili.

L'acqua sarà quindi sottoposta per 15 minuti alla pressione di 0,5 bar, che potrà essere indifferentemente controllata con un manometro o un piezometro. Se durante il tempo prescritto la pressione diminuisce, si deve aggiungere altra acqua, in modo da mantenere costantemente il valore iniziale; se tuttavia si notano punti permeabili, la prova deve essere interrotta per riparare i difetti, eventualmente mediante sostituzione dell'intero tubo che perde, e successivamente ripetuta durante altre 15 minuti.

### 2.2) Comportamento alle sollecitazioni meccaniche

#### 2.2.1) *Modifiche longitudinali dei tubi*

Le giunzioni devono consentire le modifiche longitudinali dei tubi, che si possono verificare durante

l'esercizio per effetto della temperatura dell'acqua secondo la tabella XIV (sollecitazioni continue) e con una temperatura esterna di - 10 °C, conservando la tenuta conformemente al punto 2.1.

#### 2.2.2) *Angolatura*

Le giunzioni dei tubi devono conservare la tenuta conformemente al punto 2.1., nel caso di una reciproca angolatura dei tubi secondo la tabella seguente, semprechè il tipo di giunzione consenta l'angolatura.

Qualora il tipo di giunzione non consenta l'angolatura (giunzione rigida), la tubazione nella posa deve ricevere una corrispondente inflessione, conservando la giunzione la tenuta conformemente al

punto 2.1.

RESISTENZA DEI GIUNTI ALLA ANGOLATURA DEI TUBI	
Diametro nominale "d" (mm)	Angolatura minima (cm per m di lunghezza)
$d \leq 200$	<sup>3</sup> 5
$200 \leq d < 500$	<sup>3</sup> 3
$500 \leq d < 1000$	<sup>3</sup> 2
$d \geq 1000$	<sup>3</sup> 1

### 2.2.3) *Spostamento ortogonale all'asse*

Le giunzioni devono conservare la tenuta conformemente al punto 2.1. sotto l'effetto di una forza di gravità con un valore numerico in Newton pari almeno a 10 volte il diametro nominale o con uno spostamento reciproco degli assi dei tubi di almeno 2 mm.

### 2.3) Posa

Le giunzioni elastiche devono poter essere messe in opera a temperature da - 10 °C a + 50 °C.

#### 2.3.1) *Esercizio*

Le giunzioni devono conservare la tenuta alle temperature indicate nella tabella seguente

RESISTENZA DEI GIUNTI ALLE SOLLECITAZIONI TERMICHE	
--	--

Tipo di tubazione	Temperatura dei liquami (°C)		Durata della prova (h)
	Sollecitazione al-ternata	Sollecitazione continua	
Condotti di allacciamento	15÷95	90	20
Condotti stradali con $d < 400$ mm		45	168
Condotti stradali con $D \geq 400$ mm e tutti i condotti per acque di pioggia		35	168

Per i condotti di allacciamento si esegue la-prova delle sollecitazioni alternate, costituite da 300 cicli da + 15 °C a + 95 °C nell'arco di 20 ore, e delle sollecitazioni continue a 90 °C per 20 ore. Per gli altri condotti si esegue solo la prova delle sollecitazioni continue per sette giorni alle temperature di 45 °C o 35 °C.

Al termine di queste prove, la tenuta della giunzione viene verificata conformemente al punto 2.1.

### 2.4) Comportamento all'attacco chimico

Le giunzioni a contatto con acque, suoli o gas aggressivi devono resistere all'attacco chimico senza compromettere la loro funzionalità.

---

La resistenza viene considerata accettabile se la giunzione, sottoposta all'attacco chimico per un periodo di almeno 7 giorni alla temperatura di almeno 35 °C, conserva la tenuta conformemente al punto 2.1.

In particolare si deve tener conto di:

- compatibilità dei componenti la miscela del materiale sigillante,
- reattività del materiale del tubo,
- perdita di componenti volatili del materiale sigillante,
- effetti dell'aria e dei gas di putrefazione sul materiale sigillante

## 2.5) Resistenza alle radici

Nelle canalizzazioni interrato le giunzioni devono resistere alla penetrazione delle radici.

### **1.1.13. GIUNZIONI PLASTICHE A FREDDO PER TUBI E PEZZI SPECIALI IN CALCESTRUZZO**

#### 1) Concetti generali

##### *1.1) Materiali sigillanti*

I materiali sigillanti sono costituiti da sostanze durevolmente plastiche, che contengono come leganti bitume, catrame di carbon fossile, materie plastiche o miscele di questi prodotti e sono lavorabili a temperature attorno ai 20 °C senza uso di sorgenti di calore. Tali sostanze vengono utilizzate come mastici spatolabili o come nastri.

##### *1.2) Vernici isolanti idrofughe*

Le vernici isolanti idrofughe sono soluzioni o dispersioni di bitume, catrame di carbon fossile, materie plastiche o miscele di questi prodotti e sono lavorabili a temperature attorno ai 20 °C senza uso di sorgenti di calore. Tali sostanze vengono utilizzate come mastici spatolabili o come nastri

#### 2) Prescrizioni di qualità

Vengono adottate e si intendono integralmente trascritte le prescrizioni specifiche DIN 4062 relative alle caratteristiche di resistenza alla pressione, rigonfiamento, invecchiamento, punto di rammollimento, stabilità dimensionale al calore, comportamento a freddo, resistenza alle radici, lavorabilità ed alle corrispondenti metodologie di prova.

I materiali sigillanti e le relative vernici isolanti idrofughe non devono contenere additivi che possano risultare nocivi alla salute degli operai addetti alla esecuzione dei giunti o danneggiare le acque freatiche sottostanti la fossa di posa delle tubazioni.

#### 3) Indicazioni di riconoscimento

Sull'imballaggio dei materiali sigillanti e delle relative vernici isolanti idrofughe, devono essere riportate in modo chiaro ed indelebile le seguenti indicazioni:

- nome o marchio del produttore
- anno di fabbricazione
- se il materiale sigillante e la relativa vernice contengono bitume o catrame

Ogni imballaggio deve contenere le istruzioni d'uso.

---

#### 4) Controlli e collaudo della fornitura

Per l'autocontrollo presso lo stabilimento di produzione, ai sensi dei precedenti articoli di Capitolato, ogni giorno dovranno essere eseguite almeno le prove su: punto di rammollimento, stabilità dimensionale al calore, comportamento a freddo e resistenza alle radici.

Quest'ultima prova può essere tralasciata se l'aggiunta dell'additivo tossico per le radici è affidata ad un responsabile, che certifica con documento scritto e firmato la quantità di additivo utilizzato, indicando inoltre la data ed il numero della carica.

I controlli esterni a cura del produttore devono essere eseguiti almeno due volte all'anno per l'intera gamma delle prove indicate al punto 2.

#### 5) Prescrizioni sulla messa in opera

I materiali sigillanti e le vernici isolanti idrofughe devono essere immagazzinati in luogo secco, conformemente alle indicazioni del produttore, e protetti da inquinamenti e sfavorevoli influssi meteorologici.

Devono essere utilizzate solo le vernici indicate come idonee dal produttore del materiale sigillante. In particolare le sostanze contenenti catrame non possono essere messe in opera assieme alle sostanze contenenti bitume.

##### *5.1) Caratteristiche delle superfici di applicazione*

Le superfici di applicazione devono avere la stessa qualità del corpo del manufatto, a cui sono legate

in modo compatto e impermeabile. Esse devono essere asciutte, pulite e libere da sostanze con cui i materiali sigillanti e le vernici isolanti idrofughe siano incompatibili

##### *5.2) Realizzazione della giunzione*

In aggiunta alle seguenti prescrizioni, si devono applicare le istruzioni del fabbricante del materiale sigillante, da allegare ad ogni fornitura.

##### *5.2.1) Verniciatura preliminare*

Le superfici da sigillare devono, se prescritto dal fabbricante del materiale sigillante, essere preliminarmente trattate con la corrispondente vernice isolante idrofuga. Si può iniziare la messa in opera del materiale sigillante e la realizzazione della giunzione solo quando la vernice è asciutta.

Fino a questo momento, le superfici trattate devono essere protette da imbrattamenti.

##### *5.2.2) Messa in opera del materiale sigillante*

###### *5.2.2.1) Nastri*

La quantità del materiale sigillante necessaria dipende dalle dimensioni dello spazio del giunto.

Non si può comunque scendere sotto i valori indicati in tabella seguente.

**MATERIALI SIGILLANTI PLASTICI A FREDDO**

Diametro dei tubi circolari (mm)	Sezione minima dei nastri (mm <sup>2</sup> )	Dimensione dei tubi ovoidali (mm)	Sezione minima dei nastri (mm <sup>2</sup> )	Diam pezzi prefabb. per pozzi di discesa (mm)	Sezione minima dei nastri (mm <sup>2</sup> )
250	350	400x600	600	800	600
300	450	500x750	800	1000	600
400	500	600x900	1100	1200	600
500	600	700x1050	1300	1500	1200
600	800	800x1200	1450	2000	1200
700	1100	900x1350	1600	2500	1200
800	1300	1000x1500	1800		
900	1450	1200x1800	2000		
1000	1600				
1200	1800				
1400	2000				

Forme e dimensioni del nastro devono essere scelte in modo tale che, congiungendo le parti dei manufatti, almeno il 20% del materiale sigillante venga spinto nello spazio del giunto ancora aperto. Nei tubi la parte interna del giunto, particolarmente nell'ambito della suola, deve essere chiusa a raso dal materiale sigillante plastico. Nei manufatti verticali (ad es. pozzi di discesa nella fognatura), il materiale sigillante plastico deve essere applicato in modo tale che, dopo la realizzazione della giunzione, la fessura residua tra le parti possa essere sigillata internamente o esternamente con malta di cemento.

Prima dell'applicazione del nastro, si deve fare attenzione ad allontanare eventuali materiali antiadesivi. Il nastro deve essere applicato e fortemente compresso alle superfici da sigillare, osservando le istruzioni del fabbricante. Nel giunto le estremità del nastro devono essere tagliate obliquamente e saldamente incollate le une alle altre.

Qualora il fabbricante del nastro espressamente lo consenta nelle sue istruzioni, in tempo freddo il nastro può essere brevemente esposto ad una sorgente di calore, per facilitarne l'applicazione.

5.2.2.2) Mastici

I mastici devono essere applicati osservando le prescrizioni del fabbricante e con i volumi minimi indicati nella tabella seguente.

**MATERIALI SIGILLANTI PLASTICI A FREDDO**

Diametro dei tubi circolari (mm)	Volume minima del mastice (cm <sup>3</sup> )	Dimensione dei tubi ovoidali (mm)	Volume minima del mastice (cm <sup>3</sup> )	Diam. dei pezzi prefabb. per pozzi di discesa (mm)	Volume minima del mastice (cm <sup>3</sup> )
250	0.4	400x600	1.1	800	3.0
300	0.6	500x750	1.7	1000	3.5
400	0.8	600x900	2.7	1200	4.5

500	1.1	700x1050	3.7	1500	5.5
600	1.7	800x1200	4.5	2000	7.5
700	2.7	900x1350	5.5	2500	10.0
800	3.7	1000x1500	7.5		
900	4.5	1200x1800	11.		
1000	5.5				
1200	7.5				
1400	9.0				

Nei tubi la quantità del mastice deve essere scelta in modo tale che dopo l'unione dei pezzi il giunto sia completamente riempito ed il mastice formi un cordone lungo tutta la circonferenza, esternamente ed internamente. Nei manufatti verticali il mastice deve formare un cordone lungo la circonferenza solo da una parte, per consentire di completare la sigillatura dell'altra parte in modo rigido con malta di cemento, come indicato al punto 5.2.2.1.

### 5-3) Congiunzione dei tubi e pezzi speciali

Per la congiunzione dei tubi o altri pezzi speciali orizzontali si deve usare un dispositivo di trazione e di pressione.

I dispositivi di trazione devono essere appoggiati contro il primo tubo, quelli di pressione su fondamenta ausiliarie.

La pressione di contatto deve essere scelta in modo tale da realizzare le condizioni indicate al punto 5.2.2.

Si deve fare attenzione che la forza della pressione agisca in direzione assiale.

Per la congiunzione dei pezzi speciali verticali, per lo più è sufficiente la forza di pressione generata dal peso proprio dei pezzi messi a contatto.

In caso contrario, si può ricorrere a pesi aggiuntivi applicati temporaneamente.

Si deve allora fare attenzione che il peso riportato sia centrale e non danneggi i manufatti.

Inoltre mediante adatti distanziatori, si deve provvedere a conservare una fessura con larghezza <sup>3</sup>10 mm, per assicurare spazio sufficiente alla sigillatura con malta di cemento ed impedire un'eccessiva fuoriuscita del materiale sigillante dal giunto.

Il materiale sigillante pressato deve essere, con un adatto attrezzo, asportato a raso della superficie esterna o interna dei manufatti. Esso non può essere riutilizzato.

## 1.1.14. GIUNZIONI PLASTICHE A CALDO

Vengono realizzate in opera, per la sigillatura di condotti con giunti a bicchiere, mediante corda di canapa catramata e mastice bituminoso versato a caldo.

### a) Prodotti specifici

La corda catramata da impiegare per la sigillatura dei giunti dovrà essere uniformemente imbevuta e sufficientemente secca, in modo che 500 g della stessa, sottoposti per 5 minuti ad un carico di 300 Kg, non lascino uscire, alla temperatura di 35 °C, nemmeno una goccia della sostanza di imbibizione.

Con la dizione "mastice bituminoso" sono qui indicati dei particolari prodotti ottenuti mescolando ad una base di bitume, pece di catrame di carbonfossile, o altre simili sostanze plastiche, dei materiali riempitivi insolubili in acqua.

---

Tali prodotti debbono avere un punto di rammollimento di almeno 70 °C, non infragilirsi, ma rimanere ancora sufficientemente tenaci e resistenti ai colpi, alla temperatura di 0 °C, e presentare un punto di fusibilità inferiore a 180 °C.

La prima prova sarà eseguita con il metodo dell'anello e della palla; la seconda consisterà nell'accertare

che almeno due palle su tre, formate con 50 g di prodotto e lasciate cadere da un'altezza di 3 m alla temperatura di 0 °C, non abbiano ne a scoppiare, ne a fessurarsi; per la terza verrà utilizzato un viscosimetro da catrame con ugello da 7 mm di diametro, dal quale, alla temperatura prescritta, dovranno uscire 50 cmc di prodotto in meno di 25 secondi.

I prodotti impiegati nella fabbricazione dei mastici bituminosi, forma la corrispondenza di quest'ultimi alle prestazioni di cui sopra, non dovranno avere effetti tossici sugli operai addetti all'esecuzione della giunzione o sulle acque freatiche circostanti.

In particolare è proibito utilizzare fenoli volatili come additivi per impedire la penetrazione delle radici.

#### b) Modalità esecutive

Per la realizzazione delle giunzioni plastiche a caldo, si dovrà operare su tubi perfettamente puliti ed asciutti.

Provveduto all'accurata pulizia delle estremità da collegare, queste verranno anzitutto verniciate con il mastice da impiegare nella giunzione e si inizierà la posa solo allorchè la vernice sera ben secca.

L'operazione potrà anche essere eseguita fuori dalla trincea; in questo caso, si avrà cura, nel calare il tubo, di non danneggiare il rivestimento e se ne ripeterà, prima della posa, la pulizia.

Effettuato l'infilaggio del tubo, la canapa verrà ben compressa a stecca e mazzuolo fino a riempire il bicchiere, se del caso con aggiunta e zeppaggio di altri giri del materiale, per 1/3 della sua profondità.

Dopo la posa di un tratto di condotto, si provvederà a rettificarne la posizione planimetrica ed altimetrica ed a bloccarlo nella esatta giacitura e livellata.

Si provvederà quindi alla posa dell'apposito anello per la chiusura dello spazio cavo del bicchiere rimasto libero, curando che in alto, ma con leggera asimmetria rispetto alla generatrice superiore, sia lasciata un'apertura da 5 a 10 cm di larghezza; gli anelli dovranno avere, per ciascun tipo di tubo, la corrispondente forma, lunghezza e spessore; essi verranno bloccati, rendendo nel contempo impermeabile la cavità, mediante un cuscinetto in argilla.

Questa dovrà essere pulita, plastica e possedere buone caratteristiche di aderenza; si provvederà a bagnarla in un adatto contenitore e a lavorarla con continuità, in modo da formare una massa malleabile.

Il mastice deve essere fuso con cura in un idoneo crogiuolo e portato alla temperatura prescritta dal fabbricante, comunque non superiore ai 180 °C, da mantenere costante e continuamente controllata con un termometro.

Esso sarà frequentemente mescolato, soprattutto prima di versarlo nel giunto, in modo che le sostanze di riempimento si ripartiscano uniformemente nella massa.

Installato l'anello di colatura, il materiale verrà travasato con un cucchiaio in un apposito secchiello preriscaldato, munito di becco per il corretto versamento nel giunto.

La colatura verrà eseguita nel lato più basso della cavità predisposta, si da consentire all'aria di uscire dall'alto, al vertice del tubo, verrà versato a più riprese altro materiale, finchè il livello non si abbasserà più.

Il contenuto del secchiello che non venga subito riutilizzato deve essere versato nel cangiolo.

Eventuali residui di quest'ultimo dovranno essere rimossi prima di ogni nuovo riempimento.



---

Eseguite le giunzioni, i tubi dovranno essere protetti da scosse sino a completo irrigidimento del materiale colato, e gli anelli non dovranno essere levati anzitempo.

## **1.2. MODO DI ESECUZIONE OPERE CIVILI**

### **1.3. NORME GENERALI DI ESECUZIONE**

#### **1.3.1. OPERE PROVVISORIALI - MACCHINARI E MEZZI D'OPERA**

Tutte le opere provvisorie occorrenti per l'esecuzione dei lavori, quali ponteggi, impalcature, armature, centinature, casseri, puntellature, ecc. dovranno essere progettate e realizzate in modo da garantire le migliori condizioni di stabilità, sia delle stesse, che delle opere ad esse relative.

Inoltre, ove le opere provvisorie dovessero risultare particolarmente impegnative, l'Impresa dovrà predisporre apposito progetto esecutivo, accompagnato da calcoli statici, da sottoporre alla preventiva approvazione della D.L.

Resta stabilito comunque che l'Impresa resta unica responsabile degli eventuali danni ai lavori, alle case, alle proprietà ed alle persone, che potessero derivare dalla mancanza o dalla imperfetta esecuzione di dette opere.

Tali considerazioni si ritengono estese anche ai macchinari e mezzi d'opera.

Per i relativi oneri si richiama quanto stabilito all'art. "oneri ed obblighi diversi a carico dell'impresa" del presente Capitolato.

#### **1.3.2. INDAGINI E RILIEVI GEOGNOSTICI**

L'Impresa, prima dell'esecuzione dei lavori, dovrà provvedere ad eseguire o a far eseguire a propria cura e spese tutte le indagini ed i rilievi geognostici che la D.L. riterrà necessari ed opportuni al fine di determinare con la dovuta approssimazione la natura e le caratteristiche del terreno di impianto, nonché la presenza di eventuali discontinuità ed i livelli d'acqua.

Le indagini ed i rilievi, eseguiti secondo le raccomandazioni AGI, saranno sviluppati con ampiezza diversa, a seconda delle caratteristiche strutturali e delle dimensioni dei singoli manufatti, dei carichi da questi esercitati e della consistenza dei terreni di fondazione, con le tecniche di indagine che saranno specificate od autorizzate dalla D.L.

Ad indagini, prove e rilievi ultimati, l'Impresa sarà tenuta a presentare alla D.L. una esauriente relazione, corredata da grafici e moduli riepilogativi, al fine di fornire un quadro sufficientemente chiaro di tutte le caratteristiche generali e particolari del terreno di impianto e di tutte le condizioni che possono influire sul dimensionamento e sulla stabilità delle fondazioni.

La relazione sarà firmata da un geologo regolarmente iscritto all'Albo professionale.

#### **1.3.3. AZIONI E CARICHI SULLE COSTRUZIONI**

Il progetto strutturale delle opere oggetto del presente appalto dovrà essere condotto tenendo conto delle azioni principali e delle azioni complementari che potranno influire sulle stesse nonché delle azioni sismiche determinate dal grado di sismicità attribuito dalla normativa vigente alla località dove le opere verranno eseguite.

Per le azioni sulle costruzioni si dovrà fare riferimento al DM 17.01.2018.

---

Per quanto non in contrasto con altre specifiche Norme Tecniche in vigore e ove non previste in progetto o prescritte dalla D.L. condizioni più vincolanti, dovranno ritenersi valide le ipotesi di carico riportate nel D.M. 18 Gennaio 2018 e le azioni sismiche riportate nelle stesse Norme Tecniche.

#### **1.3.4. DISPOSIZIONI COMUNI A TUTTI I LAVORI**

All'atto della consegna dei lavori l'Impresa, sulla base del progetto delle opere in generale e delle strutture in particolare, nonché degli eventuali dettagli costruttivi forniti dalla D.L., dovrà esaminare e valutare, in tutti gli aspetti, i metodi ed i procedimenti costruttivi particolari prescritti nel presente Capitolato.

L'Impresa dovrà provvedere a verificare la stabilità e la efficienza di tutte le opere e strutture, dei procedimenti provvisori, degli scavi lineari od armati, delle strutture di sostegno rigide e flessibili,

dei rilevati ed argini, degli effetti di falda, ecc. e ciò anche nei riguardi dei manufatti già esistenti in prossimità delle opere in costruzione.

Ogni titolo di lavoro sarà accettato soltanto se eseguito ed ultimato in ogni sua parte a perfetta regola d'arte, in conformità dei disegni di progetto e delle prescrizioni del presente Capitolato, e ciò anche nel caso che nelle stesse possano riscontrarsi mancanze od omissioni.

E' facoltà della D.L. ordinare (a totale cura e spese dell'Impresa) o eseguire d'ufficio (non prestandosi l'Impresa) il rifacimento dei lavori eseguiti in difformità dalle prescrizioni contrattuali o dalle disposizioni della D.L.

Nel caso che il rifacimento o la rimozione di tali lavori comporta demolizioni o degni di altri lavori, eseguiti dall'Impresa o da altre Ditte, ciò non costituisce titolo per evitare tali rifacimenti o rimozioni, né per chiedere compensi per il risarcimento dei lavori propri od altrui forzatamente demoliti o rimossi.

L'Impresa ha l'onere e la responsabilità della corretta esecuzione dei lavori, in relazione ai disegni di progetto e alle disposizioni impartite dalla D.L.

Eventuali difformità o disuguaglianze, che si riscontrino durante l'esecuzione delle opere scorporate, e che possano comportare aggravii negli oneri che fanno capo alle varie Ditte, devono essere tempestivamente rettificati dall'Impresa, a tutte sue cure e spese.

Resta espressamente stabilito che, nel caso di discordanza fra disegni di contratto e disposizioni di Capitolato, tale da comportare oneri fra loro diversi, l'Impresa dovrà eseguire il lavoro in conformità delle prescrizioni più vantaggiose per l'Amministrazione, senza che ciò possa dare adito a richiesta di particolari compensi.

Resta infine convenuto che nella esecuzione delle categorie di lavoro per le quali nel presente Capitolato risultino mancanti le modalità costruttive corrispondenti, per quanto possibile si farà riferimento agli articoli di pertinenza del Capitolato Speciale tipo per lavori edilizi, ultima edizione, predisposto dal Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei LL.PP., ovvero si lascerà libera l'Impresa di scegliere i metodi ed i procedimenti costruttivi che riterrà più opportuni, previa approvazione della D.L., che deciderà in via definitiva dopo avere esaminate le proposte e la documentazione presentatagli.

---

## **1.4. NORME PARTICOLARI DI ESECUZIONE DI ALCUNE CATEGORIE DI LAVORO**

### **1.4.1. TRACCIAMENTI**

L'Impresa è obbligata ad eseguire a proprie spese, in base ai disegni di progetto, ai capisaldi ed ai riferimenti che le verranno forniti dalla D.L. in sede di consegna dei lavori, il tracciamento dettagliato

delle opere, materializzando sul terreno nei modi più opportuni gli assi longitudinali, i vertici delle strutture e l'esatta ubicazione dei manufatti.

Nel caso che a giudizio della D.L. ciò tornasse utile nell'interesse del lavoro, il tracciamento, rilievo e definizione di alcuni tracciati delle opere, potrà essere ripetuto per migliorarne i risultati, senza che l'Impresa possa chiedere in nessun caso particolari compensi.

Per qualunque alterazione o variazione arbitraria od erronea nei tracciamenti, l'Impresa dovrà provvedere alla correzione, demolendo e ricostruendo a tutte sue spese i lavori irregolarmente eseguiti a causa di tali variazioni o errori.

Eventuali verifiche dei tracciamenti effettuate dalla D.L. non sollevano l'Impresa dalle responsabilità e dagli obblighi sopra accennati in qualunque momento si riscontrassero errori.

### **1.4.2. DEMOLIZIONI E RIMOZIONI**

Tutte le demolizioni di murature, calcestruzzi, ecc., sia in rottura che parziali o complete e le rimozioni

dovranno essere eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni in modo da non recare danno alle contigue strutture, residue murature, agli edifici e ai macchinari adiacenti o sottostanti e da prevenire qualsiasi infortunio o danno agli addetti al lavoro e al personale della Amministrazione operante nel luogo.

Ferma restando l'esclusione da ogni responsabilità connessa all'esecuzione dei lavori di che trattasi dell'Amministrazione e del personale tutto di Direzione e di sorveglianza, della quale l'Impresa rimane unico garante, i lavori verranno eseguiti secondo la tecnica, le opere provvisoriale, i mezzi d'opera, i macchinari e l'impiego del personale che l'Impresa riterrà più idonei. In ogni caso dovranno essere integralmente osservate tutte le disposizioni vigenti emanate dall'ENPI dall'ISPESL e dagli Enti competenti in materia di igiene, polizia urbana, ecc. e ciò anche per quanta riguarda i trasporti dei materiali dal luogo della demolizione alle discariche o ai magazzini.

Prima dell'inizio dei lavori l'Impresa dovrà accertare con ogni cura la natura, lo stato ed il sistema costruttivo delle opere da demolire, disfare o rimuovere al fine da affrontare con tempestività ed adeguatezza di mezzi ogni evenienza che possa comunque presentarsi e dovrà provvedere ad intercettare e ad interrompere tutte le eventuali erogazioni di energia, gas acqua, nonchè gli attacchi e gli sbocchi di qualunque genere; dovranno altresì essere vuotati tubi e serbatoi La zona dei lavori dovrà essere opportunamente delimitata ed i passaggi ben individuati ed idoneamente protetti; analoghe protezioni saranno adottate per tutte le zone, interne ed esterne al cantiere, che possano, comunque, essere interessate da caduta di materiali.

### **1.4.3. SCAVI**

a) Scavi in genere

Gli scavi in genere, eseguiti a mano o con mezzi meccanici, dovranno corrispondere ai disegni di progetto e alle particolari prescrizioni impartite all'atto esecutivo della D.L.

---

Le superfici di scavo verticali, orizzontali od inclinate, dovranno essere accuratamente spianate, con intervento di mano d'opera manuale, sia per le rifiniture che per l'esecuzione delle parti di scavo ove tale intervento sia necessario.

Gli scavi saranno eseguiti su terreno di qualsiasi natura e consistenza, anche bagnato o in presenza di acqua, ove occorra saranno preceduti da sgomberi superficiali, dall'abbattimento e dallo sgombero di alberi ed arbusti e dalla estirpazione di radici e ceppaie, nonché dalla demolizione di residui di manufatti presenti in superficie o rinvenuti nel terreno, senza che all'Impresa competano particolari compensi oltre quelli stabiliti nei prezzi di elenco per gli scavi.

Qualora, nella esecuzione degli scavi o in attesa della esecuzione delle opere previste entro gli scavi stessi, per la natura del terreno, per il genere di lavoro e per qualsiasi altro motivo, si rendesse necessario puntellare, sbadacchiare od armare le pareti degli scavi, l'Impresa vi dovrà provvedere di propria iniziativa e a sue spese, adottando tutte le precauzioni necessarie per impedire smottamenti e franamenti, per garantire l'incolumità degli addetti ai lavori e per evitare danni alle proprietà confinanti e alle persone.

L'Impresa provvederà allo scopo secondo norme e necessità, impiegando i mezzi più idonei e nel modo che riterrà migliore essendo qui espressamente stabilito che l'Impresa sarà ritenuta in ogni caso unica responsabile di eventuali danni alle persone e alle cose e di tutte le conseguenze di ogni genere che derivassero dalla mancanza, dalla insufficienza o dalla poca solidità delle opere provvisorie adottate, dagli attrezzi adoperati e dalla poca diligenza nel sorvegliare gli operai, nonché alla inosservanza delle disposizioni vigenti in materia sui lavori pubblici e sulla polizia stradale.

L'Impresa inoltre resta obbligata a provvedere a sua cura e spese alla manutenzione degli scavi, allo sgombero dei materiali franati o comunque caduti negli stessi e al conseguente ripristino delle sezioni e ciò indipendentemente dal tempo trascorso fra l'apertura degli scavi e il loro rinterro.

Con il provvedere dei lavori l'Impresa potrà recuperare i legnami costituenti le armature; quelli, però, che a giudizio della D.L. non potranno essere tolti senza che ciò costituisca alcun titolo per la richiesta di speciali compensi.

Nell'esecuzione di tutti gli scavi l'Impresa dovrà provvedere di propria iniziativa e a sue spese affinché

le acque scorrenti alla superficie del terreno siano deviate e non si riversino negli scavi e a tale scopo provvederà a togliere ogni impedimento al regolare deflusso delle acque superficiali ricorrendo anche, ove necessario, all'apertura di fossi di guardia e di canali fuggatori.

Inoltre, tanto durante le operazioni di scavo, quanta durante l'esecuzione dei lavori all'interno degli scavi stessi, l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, ad assicurare il regolare ed immediato smaltimento delle acque di infiltrazione che eventualmente scaturissero dal fondo e dalle pareti dello scavo, procedendo, ove possibile da valle verso monte, in modo da favorire lo scolo naturale, ovvero ricorrendo all'esaurimento ed aggotamento delle acque con i mezzi più opportuni, nel numero e delle portate sufficienti a mantenere costantemente asciutto il fondo dello scavo.

Di ogni onere relativo e quindi del relativo compenso e stato tenuto conto nella formazione dei prezzi di elenco per gli scavi.

---

Saranno considerati scavi subacquei, e come tali valutati e compensati secondo la relativa voce di elenco tutti gli scavi eseguiti in presenza di acqua di falda, limitatamente alla sola parte eseguita al di sotto della quota alla quale si stabilizzano le acque stesse.

Le materie provenienti dagli scavi in genere, se non utilizzabili o non ritenute idonee, a giudizio insindacabile della D.L., per l'esecuzione di tombamenti, rinterrati o per la formazione di rilevati o per altro impiego nei lavori, dovranno essere allontanate dal cantiere e portate a rifiuto a cura e spese dell'Impresa, alle pubbliche discariche ovvero su aree da procurarsi a cura e spese dell'Impresa.

Qualora le materie provenienti dagli scavi dovessero essere utilizzate in tempo differito per tombamenti, rinterrati o per la formazione di rilevati, esse saranno eventualmente depositate in prossimità degli scavi o all'interno del cantiere, in luogo adatto, accettato dalla D.L. ed in modo tale da non ostacolare lo svolgimento dei lavori, anche di altre Imprese, per poi essere riprese a tempo opportuno.

In nessun caso le materie depositate dovranno riuscire di danno alle proprietà pubbliche o private confinanti, provocare frane, ostacolare il libero deflusso delle acque superficiali od intralciare il traffico delle strade pubbliche o private. La D.L. si riserva di fare allontanare immediatamente a spese dell'Impresa le materie depositate in contravvenzione alle precedenti disposizioni.

Qualora l'Impresa, per proprio esclusivo comodo od interesse, ivi compresa la necessità di disporre di spazio libero all'interno del cantiere, decida di portare a rifiuto materie che potrebbero essere riutilizzate, dovrà successivamente provvedere a rifornirsi di materie altrettanto idonee, senza che ciò costituisca alcun titolo per la richiesta di speciali compensi oltre al pagamento degli scavi con i relativi prezzi di elenco.

Durante l'esecuzione degli scavi che interferiscono con canalizzazioni esistenti, l'Impresa, senza diritto a particolari compensi, dovrà adottare tutte le precauzioni e le disposizioni necessarie a garantire la perfetta funzionalità ed efficienza delle canalizzazioni, secondo le richieste delle Amministrazioni interessate.

Analogamente, durante l'esecuzione degli scavi lungo le strade di ogni genere e categoria e per tutto il tempo in cui questi restano aperti, l'Impresa dovrà provvedere, di propria iniziativa e a sue spese, ad adottare ogni disposizione e precauzione necessaria per garantire la libertà e la sicurezza del transito dei pedoni, degli animali e dei veicoli, restando in ogni caso unica responsabile di eventuali danni alle persone e alle case e di tutte le conseguenze di ogni genere che derivassero dalla mancanza o dalla insufficienza delle precauzioni adottate.

#### b) Scavi di sbancamento

Per scavi di sbancamento o sterri andanti si intenderanno quelli occorrenti per lo spianamento o sistemazione del terreno, per tagli di terrapieni, per la formazione di piani di appoggio di platee di fondazione, vespai e rampe incassate, per l'apertura della sede stradale, compresi cassonetti e banchine laterali, per la formazione di vasche, per l'impianto di opere d'arte, se ricadenti al di sopra del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno naturale o per il punto più depresso delle trincee o splateamenti precedentemente eseguiti ed aperti da almeno un lato e per l'apertura o l'approfondimento di canali e fossi di sezione non inferiore a due metri quadrati.

---

In generale saranno comunque considerati scavi di sbancamento tutti i tagli a larga sezione che, pur non rientrando nelle precedenti casistiche e definizioni, siano sufficientemente ampi da consentire l'accesso con rampa ai mezzi meccanici di scavo, nonché a quelli di caricamento e trasporto di materie.

La profondità e la configurazione degli scavi dovranno corrispondere esattamente ai disegni di progetto e alle particolari prescrizioni impartite all'atto esecutivo dalla D.L.

Sia in fase di esecuzione che a lavori ultimati e fino a collaudo l'Impresa dovrà curare la perfetta sagomatura e spianatura del fondo e dalle scarpate e la perfetta profilatura dei cigli, provvedendo a proprie spese ai tagli, alle riprese e alle sistemazioni delle scarpate e delle banchine ed agli espurghi che si rendessero necessari.

Per far luogo all'eventuale rivestimento dei fossi e dei canali, l'Impresa dovrà curare a proprie spese che, sia durante le operazioni di scavo che durante il getto dei rivestimenti, gli scavi siano mantenuti all'asciutto e liberi da vegetazione di qualsiasi natura e dimensione l'uso di eventuali idonei diserbanti chimici dovrà essere autorizzato dalla D.L. ed in quanta effettuato per comodità dell'Impresa sarà a suo totale carico.

c) Scavi di fondazione

Per scavi di fondazione si intenderanno quelli incassati e a sezione obbligata ristretta occorrenti per far luogo a fondazioni, fognature, canalizzazioni, ecc., per l'apertura o l'approfondimento di fossi, canali, cunette di sezione inferiore a due metri quadrati, ed in generale tutti gli scavi chiusi da pareti, di norma verticali, effettuati al di sotto del piano di sbancamento o, in mancanza, al di sotto del piano orizzontale convenzionale corrispondente alla quota più depressa del terreno naturale entro il perimetro dello scavo.

Tale piano sarà determinato, a giudizio della D.L., o per l'intera area dello scavo, o per parti in cui questa può essere suddivisa, a seconda sia delle accidentalità del terreno sia delle quote dei piani finiti di fondazione.

Qualunque sia la natura e la qualità del terreno interessato, gli scavi verranno spinti alla profondità ritenuta necessaria ed ordinata dalla D.L. all'atto della loro esecuzione.

Le profondità che si trovano indicate nei disegni di consegna sono, perciò di semplice avviso e l'Amministrazione, tramite la piena facoltà di variarle, nella misura che riterrà necessaria, senza che ciò possa dare all'Impresa motivo alcuno di fare eccezioni o domande di speciali compensi, avendo essa diritto al pagamento del lavoro eseguito con i prezzi contrattuali stabiliti per le varie profondità da raggiungere.

I piani di fondazione dovranno essere accuratamente spianati, generalmente orizzontati o disposti a gradoni o con leggera contro pendenza, secondo le disposizioni della D.L., si riserva piena facoltà di variarle, nella misura che riterrà necessaria, senza che ciò possa dare all'Impresa motivo alcuno di fare eccezioni o domande di speciali compensi, avendo essa diritto al pagamento del lavoro eseguito con i prezzi contrattuali stabiliti per le varie profondità da raggiungere.

E vietato all'Impresa, sotto pena di demolire il già fatto, di porre mano alle murature o ai getti prima

---

che la D.L. abbia verificato ed accettato i piani delle fondazioni.

Ove ragioni speciali non lo vietino, se l'Impresa lo ritenesse di sua convenienza, gli scavi potranno essere eseguiti anche con pareti a scarpa, o a sezione più larga, ma in tale caso non sarà pagato il maggiore scavo eseguito di conseguenza.

L'Impresa, anzi, dovrà successivamente provvedere, a sua cura e spese, al riempimento e al costipamento, con le stesse materie scavate, dei vani rimasti intorno e sopra alle opere murarie, sino al piano del terreno naturale primitivo ed al ripristino, con gli stessi oneri, delle maggiori quantità di pavimentazione divelte, ove lo scavo dovesse interessare strade pavimentate.

Nel caso che, a giudizio della D.L., le condizioni nelle quali i lavori si svolgono lo richiedano, l'Impresa è tenuta a coordinare opportunamente la successione e l'esecuzione delle opere di scavo e di fondazione, essendo gli oneri relativi compensati nei prezzi contrattuali.

d) Scavi per la posa in opera cavi elettrici

Nell'esecuzione degli scavi per la posa dei cavi dovrà essere rigorosamente rispettato l'andamento piano-altimetrico previsto in progetto ovvero stabilito all'atto esecutivo dalla Direzione Lavori.

Le quote di fondo degli scavi dovranno corrispondere a quelle prescritte: esse dovranno comunque consentire un'altezza di ricoprimento sulla generatrice superiore dei cavi non inferiore a m 1,00; alla D.L. è riservata peraltro la facoltà insindacabile di disporre - all'atto esecutivo - qualsiasi variante, con aumento o diminuzione delle profondità predette senza che l'Impresa possa trarne motivo per avanzare richiesta di compensi speciali o di prezzi diversi da quelli riportati in elenco.

Il fondo degli scavi aperti per il collocamento in opera dei cavi dovrà essere ben spianato: non saranno tollerate sporgenze o infossature superiori ai cm 3 dal piano delle livellette indicate nel profilo longitudinale.

Le pareti degli scavi non dovranno presentare blocchi sporgenti o massi pericolanti che, in ogni caso, dovranno essere tempestivamente abbattuti o sgombrati a cura e spese dell'Impresa.

Per tutto il tempo in cui le sezioni dovranno rimanere aperte, saranno ad esclusivo carico dell'Impresa tutti gli oneri per eventuali armature, esaurimenti di acqua, sgombero del materiale e la perfetta manutenzione dello scavo, indipendentemente dal tempo trascorso dall'apertura dello stesso e dagli eventi meteorici verificatesi, ancorché eccezionali.

L'avanzamento degli scavi dovrà essere adeguato all'effettivo avanzamento della posa in opera dei cavi. Le eventuali discontinuità nel ritmo della posa in opera non potranno in alcun caso dare titolo all'Impresa per richiedere compensi di sorta oltre quelli previsti in Capitolato o per variare l'avanzamento del proprio lavoro in maniera non adeguata a quella della fornitura dei cavi.

Pertanto, gli scavi per cavidotti potranno essere sospesi a giudizio insindacabile della D.L., qualora le lavorazioni già iniziate non vengano sollecitamente completate, compreso il rinterro.

Per il riempimento delle trincee si adopereranno di massima i materiali provenienti dagli scavi, ove riconosciuti idonei dalla D.L. Il rinterro dovrà essere iniziato adoperando per il primo strato, fino ad un'altezza di ricoprimento di 30 cm sulla generatrice superiore dei cavi, materiali minuti sciolti e di

---

preferenza aridi, con esclusione di ciottoli, pietre e scapoli di roccia di dimensioni maggiori di 5 cm, erba, frasche, ecc.

Il rinterro sarà effettuato in strati con l'onere dell'adeguata posa dei cavi. Il riempimento successivo sarà eseguito fino a superare il piano di campagna con un colmo di altezza sufficiente a compensare gli assestamenti che potranno aversi successivamente.

L'Impresa resta sempre unica responsabile dei danni e delle avarie comunque prodotti ai cavi in dipendenza del modo con cui si esegue il rinterro.

Nel caso che i materiali provenienti dagli scavi non risultassero, a insindacabile giudizio della D.L., idonei per il rinterro, l'Impresa avrà l'obbligo di sostituirli, in tutto o in parte con altri accettati dalla D.L. e provenienti da cave di prestito a qualsiasi distanza.

Qualora lungo le strade di ogni genere e categorie, sia durante l'esecuzione dei lavori per l'apertura della fossa di scavo, sia per tutto il tempo in cui questa resta aperta, non fosse possibile, a giudizio insindacabile della D.L. depositare lateralmente alla trincea le materie di scavo, queste dovranno essere trasportate in luoghi più adatti, donde saranno riprese per i riempimenti, senza che per ciò possa competere all' Impresa altro compenso all'infuori dei prezzi stabiliti in elenco per gli scavi.

#### **1.4.4. CARATTERISTICHE E RIPARAZIONE DEL PIANO DI POSA DEI RILEVATI**

##### **Piano di posa**

Il piano di posa dei rilevati dovrà essere adeguatamente preparato, procedendo anzitutto all'abbattimento di alberi, siepi e cespugli e all'estirpazione delle radici e quindi all'asportazione del terreno vegetale per tutta la superficie e per la profondità fissata nel progetto o stabilita dalla D.L. in corso d'opera.

Ai fini dell'accertamento dell'idoneità del terreno sottostante a sopportare il peso del rilevato senza eccessivi cedimenti o rifluimenti, l'Impresa dovrà preventivamente provvedere, a sua cura e spese, a far eseguire, presso i laboratori ufficiali, tutte le terminazioni necessarie alla caratterizzazione del terreno secondo le norme CNR-LNI 10006-63.

In presenza di terreni torbosi si dovrà provvedere alla sostituzione del terreno in sito con altro di tipo sabbioso e ghiaioso, per uno spessore tale da garantire una sufficiente ripartizione del carico, secondo le disposizioni della D.L.

L'Impresa avrà cura di garantire l'immediato e continuo smaltimento delle acque dagli scavi.

Il terreno proveniente dagli scavi suddetti dovrà essere trasportato a rifiuto a cura e spese dell'Impresa, ad eccezione della terra vegetata, il quale verrà accatastata in zone di deposito all'uopo predisposte a cura e spese dell'Impresa ed in modo tale da non ostacolare lo smaltimento delle acque, e qui disponibile per un successivo impiego.

Successivamente, ed indipendentemente dai controlli che verranno eseguiti dalla D.L., l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese all'esecuzione delle seguenti prove:

1- classificazione CNR UNI 10006;



- 
- 2- determinazione del rapporto percentuale tra la densità del secco in sito e quella massima relativa alla prova AASHO Mod.;
  - 3- determinazione dell'umidità in sito;
  - 4- determinazione dell'altezza massima delle acque sotterranee;
  - 5- indice di portanza CBR del terreno.

Quando il piano di posa dei rilevati (sottofondo) appartiene ai gruppi A 1 A2 A3 (CNR UNI 10006), si dovrà provvedere al costipamento del terreno con adatto macchinario fino a raggiungere per almeno 30 cm. di profondità, un grado di costipamento pari al 90% delta densità massima relativa alla prova AASHO Mod.

Per sottofondi appartenenti ai gruppi A4 A5 A6 A7, si dovrà provvedere alla stabilizzazione del terreno, sostituendo 30 cm circa di terreno naturale con altro appartenente ai gruppi AI A3 (CNR UNI 10006), costipato fino a raggiungere il 90% delta densità massima relativa alla prova AASHO Mod,

In ogni caso lo strato finale di sottofondo sul quale impostare il rilevato dovrà avere un modulo di deformazione "Md"  $\geq 150$  kg/cm<sup>2</sup> nell'intervallo di carico compreso tra 0.5 e 1.5 kg/cm<sup>2</sup>.

#### **Strati intermedi terreno naturale-rilevato**

In relazione a locali caratteristiche idrogeologiche e geomeccaniche ed in genere allo scopo di migliorare le caratteristiche del piano di posa del rilevato, la D.L. potrà richiedere:

- 1 interporre tra lo strato naturale di sottofondo e il riporto un telo di geotessile (tessuto non tessuto) sovrapposto ai bordi per circa cm 30. Il tessuto non tessuto dovrà essere di poliestere a filo continuo secondo le caratteristiche di cui all'articolo apposito del presente capitolato, inoltre dovrà essere resistente all'invecchiamento ed imputrescibile, stabile ai solventi ed alle reazioni chimiche inattaccabile dai roditori di peso tra 300 e 400 g/m<sup>2</sup> con resistenza a punzonatura  $\geq 15$  kg, resistenza a trazione 110 kg/8cm in senso longitudinale con allungamento tra il 30 ed il 70%
- 2 in presenza di condizioni idrauliche particolarmente sfavorevoli si dovrà provvedere ad opportune opere di drenaggio, secondo le disposizioni impartite dalla D.L. Tali opere saranno valutate a parte e compensate con le relative voci di Elenco.
- 3 qualora la D.L. lo ritenga necessario e lo ordini, sul piano di posa dovrà essere steso e compattato un idoneo diaframma anticapillare in misto granulare di fiume o di cava, pulito ed esente da materiali eterogenei e terrosi, della granulometria e dello spessore che saranno stabiliti dalla D.L. medesima e comunque per uno spessore compreso tra 0.3 e 0.5 metri con inerti con granulometria assortita da 2 mm a 50 mm con passante al vaglio da mm 2  $\leq$  al 15% in peso e passante a mm 0.075  $<$  al 3%.

Inoltre, qualora i rilevati da costruire risultino addossati a declivi con pendenza trasversale superiore al 15% la costruzione del rilevato dovrà essere preceduta, oltre che dalle operazioni di cui sopra, anche da una gradonatura del pendio, da eseguirsi in contro pendenza e secondo le disposizioni impartite dalla D.L. Tale lavoro sarà valutato a parte e compensato con il relativo prezzo di Elenco.

#### **1.4.5. RILEVATI E CORPI ARGINALI**

##### **Costruzione dei rilevati**

---

Prima di dare inizio alla costruzione dei rilevati, l'Impresa procederà al loro accurato tracciamento, installando picchetti e modine che indichino i limiti del terrapieno in relazione alle scarpate e alle larghezze in sommità previste in progetto o prescritte dalla D.L.

I rilevati saranno costituiti da terre idonee, accuratamente scelte, con esclusione soprattutto di terre contenenti humus, radici, erbe e materie organiche. Le terre verranno caratterizzate secondo le norme CNR - UNI 10006 - 63 art. 7. "Costruzione dei rilevati"

Di norma per la costruzione dei rilevati dovranno essere impiegate terre appartenenti ai gruppi AI, A2-4 e A2-5 e A3.

Ad esclusivo giudizio della D.L., e limitatamente alla costruzione dei soli rilevati stradali, potrà essere ammesso anche l'impiego di terre appartenenti ai gruppi A2-6, A2-7, A4, A5, A6, purché l'Impresa, a sua cura e spesa, provveda alle necessarie manipolazioni ed integrazioni ed alla protezione del corpo stradale dalla eventuale risalita di acqua capillare proveniente da falde poco profonde mediante idonei diaframmi anticapillari in misto granulare, secondo le disposizione della D.L. medesima.

In ogni caso sono assolutamente da escludere le terre appartenenti al gruppo A7.

Agli ultimi due strati dei rilevati stradali, adiacenti alla fondazione della sovrastruttura dovranno essere riservate le terre migliori disponibili. In ogni caso dovranno essere costituiti da terre a granulometria continua, non soggette a ritiro, preferibilmente appartenenti ai gruppi A1 e A3.

Le cave di prestito, da aprirsi a totale cura e spese dell'Impresa e con gli opportuni permessi ed autorizzazioni da parte degli enti interessati (Forestale, Consorzi ecc.) dovranno essere coltivate in modo che, tanto durante l'esecuzione degli scavi, quanta a scavo ultimata, non abbiano a verificarsi franamenti, ristagni d'acqua o impaludamenti, o comunque condizioni pregiudizievoli per la salute ed incolumità pubblica, restando espressamente inteso che l'Impresa è totalmente responsabile di qualunque danno od anomalia arrecata ad Enti pubblici o privati ed a proprietà di terzi.

La stesa del materiale per la formazione del rilevato dovrà essere eseguita in strati regolari di spessore proporzionale alla natura del materiale stesso e alla potenza, tipo e peso dei mezzi costipanti utilizzati, secondo le disposizioni all'uopo impartite dalla D.L., ma in ogni caso non superiore a cm 50 e con pendenza trasversale non inferiore al 2% e non superiore al 4%, onde permettere un rapido smaltimento delle acque piovane.

Il materiale costituente il corpo del rilevato dovrà essere messo in opera per strati non eccedenti i 30 cm e costipato con mezzi meccanici riconosciuti idonei dalla D.L. fino a raggiungere una densità secca max. AASHO mod. non inferiore a 190% negli strati inferiori ed al 95% in quello superiore (ultimi 30 cm).

Per tale ultimo strato si dovrà raggiungere un modulo di deformazione "Md"  $\geq$  500 kg/cmq nell'intervallo di carico compreso tra 1.5 e 2.5 kg/cmq.

La D.L. provvederà al controllo dell'esecuzione dei rilevati almeno ogni 200 me di materiale posto in opera, sia determinando il grado di compattazione e di umidità durante l'esecuzione, sia effettuando prelievi in sito ed analisi di laboratorio allo scopo di comprovare le caratteristiche dei materiali effettivamente impiegati. Per tali prove e controlli la D.L. si avvarrà di laboratori autorizzati.

---

In base alle risultanze verranno impartite le eventuali disposizioni correttive per la prosecuzione dei lavori, alle quali l'Impresa dovrà scrupolosamente attenersi.

Tutte le spese relative ai controlli di cui sopra, dai prelievi al trasporto ed alle analisi, sono a carico dell'Impresa che è obbligata a presenziare ai prelievi ed alle prove a mezzo di un suo incaricato.

Durante la costruzione dei rilevati l'Impresa dovrà provvedere a propria cura e spese a proteggere la base del terrapieno dall'azione delle acque piovane mediante l'apertura a monte di appositi fossi di guardia scolanti, anche provvisori, atti a garantire l'immediato e continuo smaltimento delle acque.

Nel caso di rilevati appoggiati su base stabilizzata, i fossi di guardia dovranno essere aperti ad una profondità superiore a quella di impianto dello strato stabilizzato.

L'opera di compattamento deve essere preceduta ed accompagnata dal servizio di motolivellatrici che curino in continuità la sagomatura della superficie e infatti della massima importanza che questa, nel corso della formazione del rilevato, presenti sagoma spiovente lateralmente con falde di opportuna pendenza e si evitino buche e solchi dove l'acqua possa ristagnare.

La parte superiore del terrapieno verrà sagomata a doppia falda con pendenze trasversali tali da assicurare lo smaltimento superficiale delle acque ed in ogni caso non superiore al 4%.

Per una maggiore protezione del rilevato dall'azione diretta degli agenti atmosferici, l'Impresa dovrà provvedere, senza ulteriori compensi, a rivestire la superficie esterna dei terrapieno con una strata di terra vegetale, dello spessore indicato nei disegni costruttivi o stabilito dalla D.L. in corso d'opera, onde favorire l'attecchimento e lo sviluppo di vegetazione spontanea o di seminagioni che la D.L. ritenesse opportuno effettuare.

La terra potrà provenire dai depositi di terreno vegetale asportato nella preparazione del piano di posa del rilevato stesso o da altre zone, purché possieda le caratteristiche necessarie.

Il rivestimento seguirà dappresso la costruzione del rilevato e dovrà essere eseguito con cura scrupolosa procedendo a cordoli orizzontali da costiparsi con mezzi meccanici idonei, previa gradonatura di ancoraggio, onde evitare possibili superfici di scorrimento ed in modo da assicurare una superficie regolare.

A lavoro ultimato la sagomatura e le livellette dei rilevati dovranno essere conformi ai disegni e alle quote stabilite dal progetto e prescritte dalla D.L. in fase d'esecuzione.

Sarà pertanto obbligo dell'Impresa, escluso qualsiasi compenso addizionale, di assegnare ai rilevati, durante la loro costruzione, quelle maggiori dimensioni richieste dal costipamento e dall'assestamento delle terre e dalla loro rifilatura alla sagoma voluta, dovendosi in ogni caso evitare il riporto superficiale di nuove materie sovrapposte a quelle già consolidate.

Tutti gli oneri e prescrizioni di cui sopra, nonché le riparazioni e le ricostruzioni che si rendessero necessarie, anche dopo la ultimazione e fino a collaudo, per la mancata o imperfetta osservanza delle prescrizioni medesime sono a totale carico dell'Impresa, la quale quindi non potrà richiedere alcun compenso.

---

#### **1.4.6. RILEVATI E RINTERRI ADDOSSATI ALLE STRUTTURE - DRENAGGI**

Per i rilevati e rinterri da addossarsi alle murature di manufatti o di qualsiasi altra opera, si dovranno sempre impiegare terre sciolte, sabbiose o ghiaiose, di granulometria opportune ed approvate dalla D.L., restando assolutamente vietato l'impiego di terre argillose, ed in generale di tutte quelle che con assorbimento di acque si rammolliscono e si gonfiano, generando spinte.

Nella formazione dei suddetti rilevati e rinterri dovrà essere posta ogni diligenza perchè la loro esecuzione proceda per strati orizzontali di uguale altezza da tutte le parti, disponendo contemporaneamente le terre con la maggiore regolarità e precauzione, in modo da caricare uniformemente le murature e da evitare le sfiancature che potrebbero derivare da un carico male distribuito.

Le terre trasportate a rilevato o rinterro non dovranno essere scaricate direttamente contro le murature.

Il materiale dovrà essere steso a strati successivi di spessore non superiore a cm. 30, adeguatamente bagnati e pilonati, fino a raggiungere un grado di costipamento pari al 95% della densità massima relativa alla prova AASHD Mod.

I terrapieni saranno addossati alle murature solo dopo che queste abbiano raggiunto sufficiente stagionatura, salvo diversa disposizione della D.L. Tutte le riparazioni o ricostruzioni che si rendessero necessarie per la mancata o imperfetta osservanza delle prescrizioni del presente Articolo, saranno ad esclusivo carico dell'Impresa.

Qualora la D.L. lo ritenga necessario e lo ordini, a tergo delle murature verranno costruiti drenaggi, valutati a parte e compensati con il relativo prezzo di Elenco, di spessore non inferiore a cm. 30 ed eseguiti con pietrame o ciottoli consistenti, accomodati a mano.

Negli strati inferiori verranno disposti gli elementi di dimensioni maggiori, mentre per l'ultimo strato superiore verrà utilizzato pietrame minuto, ghiaia od anche pietrisco onde impedire al terreno di copertura di penetrare nella massa ed otturare gli interstizi.

#### **1.4.7. FONDAZIONE DELLA PAVIMENTAZIONE - STRATO IN MISTO GRANULARE STABILIZZATO**

Per la costruzione della fondazione della pavimentazione dovranno impiegarsi miscele stabilizzate granulometricamente di ghiaia e sabbia mista di fiume o di cava, naturali od opportunamente vagliate, o detriti di cava provenienti dalla frantumazione di rocce idonee, di spessore proporzionato alle previsioni di progetto o alle particolari disposizioni impartite dalla D.L. in corso d'opera in relazione alla natura e alla portanza del sottofondo e alle caratteristiche del traffico.

I materiali impiegati dovranno avere qualità e caratteristiche corrispondenti alle prescrizioni di cui agli specifici articoli del presente Capitolato.

La composizione granulometrica della miscela dovrà essere mantenuta costantemente nei limiti indicati nel prospetto seguente, salvo eventuali correzioni o più precise limitazioni prescritte all'atto esecutivo dalla D.L., specialmente per quanto riguarda il contenuto dell'aggregato fine

---

limosoargilloso e la massima dimensione dell'aggregato grosso, in relazione a particolari usi o a particolari esigenze di protezione dalla azione dell'acqua e del gelo:

- passante ai crivello 71                      UNI 2334      100%
- passante al crivello 40                    UNI 2334      da 75 a 100%
- passante al crivello 25                    UNI 2334      da 60 a 87%
- passante al crivello 10                    UNI 2334      da 35 a 67%
- passante al crivello 5                     UNI 2334      da 25 a 55%
- passante al crivello 2                     UNI 2332/1    da 15 a 40%
- passante al crivello 0,4                  UNI 2332/1    da 7 a 22%
- passante al crivello 0.075                UNI 2332/1    da 2 a 10%

Il rapporto tra il passante al setaccio 0,075 UNI 2332/1 ed il passante al setaccio 0.4 UNI 2332/1 dovrà risultare inferiore a 213.

La perdita in peso alla prova "Los Angeles" eseguita sulle singole pezzature dovrà essere inferiore al 30% per miscele con < del 60% in peso di elementi a spigoli vivi. L'indice di portanza CBR per la frazione granulometrica passante al crivello n. 25, dopo 96 ore di imbibizione in acqua, dovrà risultare  $\geq 50$ , valore richiesto anche per provini costipati con umidità maggiore dei 2% rispetto a quella ottima.

L'equivalente in sabbia (E.S.) misurato sulla frazione passante al setaccio n. 4 ASTM dovrà essere compresa tra 25 e 65. Per E.S. tra 25 e 35, a prescindere dalla percentuale in peso degli elementi a spigoli vivi; l'indice di portanza CSR dovrà risultare  $\geq 50$ .

Per la messa in opera il materiale, depositato in cordoni lungo la superficie stradale dovrà essere convenientemente ed uniformemente umidificato (o aerato, nel caso fosse troppo umido) fino al raggiungimento della umidità ottima di costipamento.

Successivamente, mediante motor-grader, si provvederà ad omogeneizzare il materiale e a stenderlo sulla intera superficie in strati di spessore proporzionato al tipo e al rendimento dei mezzi di costipamento, ma in ogni caso non superiore a cm. 25 sciolto.

E' fatto assoluto divieto di procedere ai lavori in condizioni di eccessiva umidità e nel caso di temperature inferiori a 3 °C.

A stesa avvenuta il materiale dovrà presentarsi completamente omogeneo, con assenza assoluta di zone ghiaiose, sabbiose o limose o di toppe di argilla.

Qualsiasi area che risulti danneggiata per effetto di lavori eseguiti in contravvenzione alle disposizioni precedenti, dovrà essere completamente scarificata, rimiscelata e costipata in conformità alle prescrizioni della D.L., il tutto a cura e spese dell'Impresa.

In corso d'opera l'Impresa sarà tenuta alla verifica della corrispondenza dei requisiti geotecnica richiesti per i materiali impiegati.

Ciascun strato, quindi, dovrà essere adeguatamente costipato sino al raggiungimento del 95% della densità massima fornita dalla prova AASHD mod. (con esclusione della sostituzione degli elementi trattenuti al setaccio da 314"), con i mezzi riconosciuti idonei ed approvati dalla D.L., procedendo dal lato verso il centro della carreggiata e proseguendo le operazioni fino a che la capacità portante

---

dello strato finale, determinata alla prova di carico con piastra di cm. 30 di diametro non abbia raggiunto il valore di 800 Kg./cmq nell'intervallo di carico compreso tra 1.5 e 2.5 kg/cmq.

#### **1.4.8. SOVRASTRUTTURA – PAVIMENTAZIONI IN CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO**

##### **a) Inerti:**

la qualità degli inerti dovrà rispondere ai requisiti ed alle caratteristiche di accettazione di cui all'articolo specifico del presente capitolato ed alle prescrizioni dei fascicolo IV delle norme CNR 1953 art. 213141516.

Pietrischi pietrischetti e graniglie: saranno costituiti da frantumati (non inferiore al 30% del totale in peso), qualunque sia la loro destinazione di impiego, dovranno essere costituiti da elementi sostanzialmente uniformi e compatti, di forma pressoché poliedrica, con spigoli vivi e superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da altre materie estranee, con una perdita per decantazione in acqua non superiore all' I %.

Saranno senz'altro rifiutati materiali con elementi di forma allungata, lamellare o scagliosa con percentuale in peso > del 15% del totale.

Sabbia. La sabbia alla prova di decantazione in acqua dovrà presentare una perdita in peso non superiore al 2%. Ove necessario, la sabbia dovrà essere ripetutamente lavata con acqua dolce fino al raggiungimento di tali requisiti e corrispondere alle caratteristiche granulometriche prescritte dall'art. 2 Fascicolo n. 4, non idrofila e con E.S. compreso tra 50 e 80.

Additivi Gli additivi (fillers) dovranno risultare totalmente passanti al setaccio n. 80 ASTM e per il 85% al setaccio n. 200 ASTM UNI 2332/1.

##### **b) Bitume:**

il bitume utilizzare per la confezione degli impasti dovrà rispondere alle caratteristiche e requisiti di accettazione di cui all'art. apposito del presente Capitolato:

- penetrazione a 25 °C uguale a 60:70;
- punto di rammollimento 47:56 °C;
- duttilità a 25 °C oltre 100 cm;
- solubilità in solfuro di carbonio 99,80%.
- indice di penetrazione tra -1 e +1

La composizione granulometrica dei conglomerati bituminosi dovrà risultare ben assortita e costantemente compresa nei limiti prescritti nel presente Capitolato per ogni tipo di impasto.

##### **c) Caratteristiche e requisiti degli inerti e delle miscele:**

le formule di composizione e le caratteristiche dei vari tipi di impasti dovranno essere contenute entro i limiti di seguito riportati:

##### **1) Conglomerato bituminoso di tipo semiaperto per strati di collegamento (base)**

- passante al crivello 40 UNI 2334 ..... 100%

- 
- passante al crivello 30 UNI 2334 ..... da 80 a 100%
  - passante al crivello 25 UNI 2334 ..... da 70 a 95% o
  - passante al crivello 15 UNI 2334 ..... da 45 a 70%
  - passante al crivello 10 UNI 2334 ..... da 35 a 60%
  - passante al crivello 5 UNI 2334 ..... da 25 a 50%
  - passante al setaccio 2 UNI 233211..... da 20 a 40%
  - passante al setaccio 0,4 UNI 233211..... da 6 a 20%
  - passante al setaccio 0,18 UNI 233211.... da 4 a 14%
  - passante al setaccio 0,075 UNI 233211.... da 4 a 8%

Percentuale di bitume dal 3,50 al 4.50% in peso riferito al totale degli inerti.

Stabilità Mashall (CNR n. 30) eseguita a 60°C su provini costipati con 75 colpi per faccia  $\geq 700$  kg. rigidezza Marshall  $> 250$ ;

Percentuale dei vuoti residui dei provini Mashall compresa tra il 4 ed il 7%

Inerti: requisiti come da fasc. 4 CNR 1953, materiali ottenuti da rocce con resistenza meccanica non inferiore a 1200 Kg./cmq, coefficiente di frantumazione  $\leq$  a 140 e "Los Angeles"  $<$  di 25. con inerti ad elementi sani, durevoli a superficie ruvida.

Tali materiali dovranno inoltre presentare un coefficiente di imbibizione non superiore a 0,015, indice dei vuoti delle singole pezzature  $< 0.85$ , materiale non idrofilo e sopportare senza inconvenienti il riscaldamento occorrente per la preparazione degli impasti.

## 2) Conglomerato bituminoso di tipo semiaperto per strati di collegamento (binder) -

- passante al crivello 25 UNI 2334..... 100%
- passante al crivello 15 UNI 2334 ..... da 65 a 100%
- passante al crivello 10 UNI 2334 ..... da 50 a 80%
- passante al crivello 5 UNI 2334 ..... da 30 a 60%
- passante al setaccio 2 UNI 2332/1..... da 20 a 45%
- passante al setaccio 0.4 UNI 2332/1..... da 7 a 25%
- passante al setaccio 0.18 UNI 2332/1..... da 5 a 15%
- additivo passante al setaccio 0.075 UNI 2332/1. da 4 a 8%

Percentuale di bitume dal 4 al 5.50% in peso riferito al totale degli inerti.

Stabilità Mashall CNR n. 30 eseguita a 60°C su provini costipati con 75 colpi per faccia  $\geq 900$  kg, rigidezza Marshall  $> 300$ ; Percentuale dei vuoti residui dei provini Mashall compresa tra il 3 ed il 7%. Il peso di volume apparente del conglomerato bituminoso in opera, dovrà essere  $\geq 98\%$  di quello ricavato in lab. su provini Mashall.

Inerti: ottenuti da rocce con resistenza meccanica non inferiore a 1200 Kg./cmq, coefficiente di frantumazione  $\leq$  a 140 e "Los Angeles"  $<$  di 25. coefficiente di imbibizione non superiore a 0,015, indice dei vuoti delle singole pezzature  $< 0.80$ , materiale non idrofilo e sopportare senza inconvenienti il riscaldamento occorrente per la preparazione degli impasti.

---

### 3) Conglomerato bituminoso di tipo chiuso per strati di usura

- passante al crivello 15 UNI 2332/1.... 100%
- passante al crivello 10 UNI 2332/1.... da 70 a 100%
- passante al crivello 5 UNI 2334 ..... da 43 a 67%
- passante al setaccio 2 UNI 2332/1.... da 25 a 45%
- passante al setaccio 0,4 UNI 2332/1.... da 12 a 24%
- passante al setaccio 0,18 UNI 2332/1.... da 7 a 15%
- additivo passante al setaccio 0,075 UNI 2332/1... da 6 a 11%

Percentuale di bitume dal 4.5 at 6.0% in peso riferito al totale degli inerti.

Stabilità Mashall CNR n. 30 eseguita a 60°C su provini costipati con 75 colpi per faccia  $\geq 1000$  kg rigidità Marshall  $> 300$ . Percentuale dei vuoti residui dei provini Mashall compresa tra il 3 ed il 6%

Il peso di volume apparente del conglomerato bituminoso in opera, dovrà essere  $\geq 98\%$  di quello ricavato in lab. su provini Mashall

Inerti: per lo strato di usura gli inerti dovranno provenire da rocce con resistenza alla compressione non inferiore a 1400 Kg./cmq, con coefficiente di frantumazione non superiore a 130 ed una perdita in peso per abrasione "Los Angeles" inferiore a 20, indice dei vuoti delle singole pezzature  $<$  di 0.85, coefficiente di imbibizione  $<$  0.015, materiale non idrofilo

#### **d) Controllo e requisiti di accettazione**

Nei limiti sopraindicati la formula di composizione adottata per i vari tipi di impasti dovrà essere preventivamente comunicata alla D.L. e dovrà essere documentata sulla base dei risultati di prove sperimentali eseguite per ogni tipo di impasto presso Laboratori ufficiali, in conformità alle modalità stabilite dalle norme UNI.

Resta espressamente stabilito che nulla è dovuto all'Impresa se, in funzione della qualità e della granulometria degli inerti prescelti, dovessero essere necessari dosaggi di bitume superiori a quelli sopraindicati.

La D.L. si riserva la facoltà di approvare i risultati ottenuti, ovvero di richiedere nuove prove sperimentali, e comunque senza che tale approvazione riduca in alcun modo la responsabilità dell'Impresa, la quale, per espresso patto contrattuale, resta in ogni caso unica e totale garante dell'esecuzione del lavoro in conformità alle prescrizioni del presente articolo ed obbligata a rifare a sue spese, fino a collaudo eseguito, tutte quelle applicazioni che dopo la loro esecuzione non abbiano dato risultati soddisfacenti.

In corso d'opera, sulla formula di composizione adottata ed approvata dalla D.L., e sempre nei limiti estremi prescritti per ogni tipo di impasto, non saranno assolutamente consentite variazioni in più o in meno superiori allo 0,5% per il bitume, all' 1 % per l'additivo e al 5% per ciascun assortimento granulometrico dell'aggregato.

I conglomerati bituminosi all'atto della stessa dovranno rispondere alle seguenti caratteristiche:

- elevatissima resistenza meccanica interna



- 
- marcata scabrezza specifica (elevatissima resistenza all'usura superficiale per conglomerati di tipo chiuso)
  - grande compattezza: a costipamento ultimato, campioni di materiale tagliati ed estratti dal manta dovranno avere un volume dei vuoti residui non superiori al 4% e all'8% del totale, rispettivamente per conglomerati di tipo chiuso e conglomerati di tipo semiaperto.
  - marcata impermeabilità: carote di campioni di materiale sottoposti alla prova con colonna d'acqua costante di cm. 50 di altezza, dopo 24 ore dovranno presentare un coefficiente di permeabilità  $< 10^{-6}$  cm/sec.

#### **e) Formazione e confezione degli impasti**

Gli impasti dovranno essere confezionati a caldo in impianti di potenzialità proporzionata all'entità complessiva del lavoro da compiere e capaci di assicurare il perfetto essiccamento degli aggregati; la loro depurazione dalla polvere ed il riscaldamento a temperature comprese tra i 150° C ed i 170° C; la classificazione dei singoli aggregati mediante vagliatura ed il controllo della granulometria; la perfetta dosatura degli aggregati mediante idonea apparecchiatura che consenta di usare almeno tre categorie fra pietrischetti e sabbie già vagliate prima dell'invio al mescolatore; il riscaldamento del bitume a temperatura e viscosità uniforme fino al momento dell'impasto; il perfetto dosaggio del bitume e dell'additivo.

La D.L., si riserva la espressa facoltà di esaminare le varie fasi della preparazione dei conglomerati e al tal uopo l'Impresa è obbligata a fornire il nome commerciale e l'indirizzo della Ditta di produzione dei conglomerati, unitamente al formale impegno di questa di consentire alla D.L. e al personale di assistenza sopralluoghi nel cantiere di produzione in qualsiasi momento, con facoltà di operare prelievi di materiali ed assistere e verificarne le fasi di manipolazione e di confezione.

#### **f) Posa in opera di conglomerati**

Il trasporto e la posa in opera del materiale dovranno essere eseguiti in modo da evitare di modificare o sporcare gli impasti ed ogni separazione dei componenti.

Gli impasti dovranno essere portati sul cantiere e stesi ad una temperatura non inferiore a 120° C.

La posa in opera degli impasti sarà preceduta da una accurata pulizia della superficie da rivestire, mediante energico lavaggio e ventilazione, e dalla spalmatura di un velo continuo di emulsione bituminosa al 55% del tipo e della qualità accettata dalla D.L., in ragione di Kg.0,700 a mq. per la mano di attacco del conglomerato di tipo semiaperto e di Kg.0,400 a mq. per la mano di attacco del conglomerato di tipo chiuso.

Farà immediatamente seguito la stesa del conglomerato che verrà effettuata mediante idonee macchine vibrofinitrici, del tipo approvato dalla D.L. ed in perfetto stato d'uso, capaci di assicurare il mantenimento della uniformità degli impasti e la stesa di strati di livellette e profili perfettamente regolari e dello spessore stabilito dalla D.L., compensando eventuali irregolarità della fondazione.

La cilindratura del conglomerato dovrà essere effettuata con compressori meccanici a rapida inversione di marcia, del peso di 5-10 tonn.

---

La cilindratura comincerà iniziando il primo passaggio con le ruote motrici anteriori, procedendo dai bordi della strada verso il centro con passaggi paralleli in modo che ogni passaggio si sovrapponga parzialmente all'altro per una striscia di 25-30 cm. di lunghezza, dopo il primo consolidamento la cilindratura dovrà essere eseguita anche in senso diagonale e dovrà essere continuata fino ad ottenere il grado di addensamento prescritto per il conglomerato.

In corrispondenza delle giunzioni, dei cordoni laterali, delle bocchette dei servizi sotterranei e dei margini comunque limitanti la pavimentazione ed i suoi singoli tratti, prima della stesa del manto si dovrà procedere alla spalmatura di uno strato di bitume a caldo in modo da assicurare la perfetta impermeabilità ed adesione delle superfici a contatto. Ogni giunzione e margine dovranno quindi essere battuti e rifiniti a mano con gli appositi pestelli da giunta a base rettangolare, opportunamente scaldati.

Dopo la stesa dello strato di collegamento la strada verrà aperta al traffico per un periodo di tempo che sarà stabilito dalla D.L. Successivamente, previa eliminazione degli eventuali piccoli cedimenti mediante l'aggiunta di binder, si procederà alla stesa dello strato di usura che a costipamento ultimato dovrà avere lo spessore stabilito dalla D.L.

Il manto di usura dovrà essere eseguito senza soluzione di continuità lungo una serie di tratti contigui e su tutta la strada alla volta.

Alla fine della giornata lavorativa l'impresa è obbligata a completare tutto il tratto di strada sul quale ha inizio il trattamento al mattino.

A lavoro ultimato i manti dovranno presentare superficie regolarissima in ogni punto e perfettamente corrispondente alle sagome ed alle livellette di progetto o prescritte dalla D.L.

Ad un accurato controllo effettuato con un'asta rettilinea della lunghezza di m. 4, in nessun punto dovranno risultare ondulazioni od irregolarità superiori a mm. 5.

## **1.5. OPERE IN CALCESTRUZZO ARMATO E IN ACCIAIO**

### **1.5.1. DISPOSIZIONI LEGISLATIVE**

Nella progettazione e nella esecuzione delle strutture in conglomerato cementizio armato ed in acciaio dovranno essere tassativamente e perfettamente osservate le prescrizioni stabilite dalle Norme Tecniche di cui al D.M. 18 Gennaio 2018.

Per quanto di competenza dell'impresa, dovranno inoltre essere rispettate le disposizioni di cui alla L. 5 novembre 1971, n.1086, alla L. 2 febbraio 1974.

### **1.5.2. PROGETTO E DIREZIONE DELLE OPERE - RESPONSABILITÀ DELL'IMPRESA**

Il progetto delle strutture in c.a. dovrà essere controfirmato dall'impresa, assumendo tale firma il significato di accettazione degli esecutivi e calcoli, nonché di assunzione delle responsabilità.

L'esecuzione delle opere in c.a. dovrà aver luogo sotto la direzione, per conto dell'impresa, di tecnico di provata esperienza. Il nominativo di tale tecnico (che potrà anche coincidere con il

---

Direttore del Cantiere) ed il relativo indirizzo dovranno essere preventivamente comunicati all'Amministrazione.

### **1.5.3. CONGLOMERATI CEMENTIZI**

#### **a) Composizione dei conglomerati**

I materiali da impiegarsi per la formazione dei conglomerati cementizi da adoperarsi per l'esecuzione di opere di qualsiasi genere, sia in fondazione che in elevazione, armate o meno, dovranno possedere qualità e caratteristiche perfettamente corrispondenti alle prescrizioni di cui agli specifici articoli contenuti nel Capo III del presente Capitolato.

Di norma dovrà essere usato cemento portland o pozzolanico o d'altoforno, del tipo 325 o 425, a seconda della necessità di impiego e delle prescrizione della D.L.

Gli inerti dovranno soddisfare i requisiti dell'all. 1 del D.M. 14. febbraio 1992 ed essere almeno di tre pezzature: sabbia pietrisco e pietrischetto, lavati e vagliati e di composizione costantemente corrispondente alla curva granulometrica preventivamente sottoposta alla approvazione della D.L.

La massima dimensione dei grani dell'inerte dovrà essere tale da permettere il riempimento del getto in ogni sua parte, tenendo conto della lavorabilità dell'impasto, dell'armatura metallica e relativo copriferro, della carpenteria, delle modalità del getto e dei mezzi d'opera.

Particolare attenzione dovrà essere rivolta alla granulometria della sabbia, al fine di ridurre al minimo il fenomeno del "bleeding" nel conglomerato.

L'idoneità dell'inerte sarà verificata su prelievi rappresentativi della fornitura.

Oltre ai requisiti di cui sopra, saranno accertati il tenore di impurità organiche, il materiale passante al setaccio 0,075 LTNI 2332, che dovrà essere minore dello 1,5% in massa per la ghiaia ed il pietrisco, ed il coefficiente di forma, che dovrà essere 0,15.

L'impiego dei conglomerati di norma sarà sempre preceduto da uno studio preliminare, con relative prove, sia sui materiali da impiegare, che sulla composizione granulometrica degli inerti e sul dosaggio dei vari componenti.

Studio che l'Impresa si obbliga ad effettuare, a sue spese e sotto la sorveglianza della D.L., presso Laboratori Ufficiali od altri autorizzati; ciò allo scopo di determinare, con sufficiente anticipo e mediante certificazione di laboratorio, la migliore formulazione atta a garantire i requisiti richiesti dal presente Capitolato, sia nell'impasto fresco (consistenza, omogeneità, pompabilità) che in quello indurito (resistenza, permeabilità, modulo elastico, ritiro, fluage, ecc.).

#### **b) Confezione degli impasti**

La produzione del conglomerato dovrà essere effettuata con mezzi meccanici, possibilmente in impianti di betomaggio centralizzati, muniti dei necessari dispositivi di pesatura atti a garantire il dosaggio costante dei componenti.

---

L'impasto dovrà risultare di consistenza omogenea ed uniformemente coesivo, tale da essere trasportato e manipolato senza che si verifichi la separazione dei singoli componenti.

La consistenza dell'impasto dovrà essere compatibile con il particolare destinazione del getto e con il procedimento di posa in opera adottato.

In nessun caso è ammesso di ottenere una maggiore lavorabilità con impegno di acqua superiore a quanto previsto nella composizione del calcestruzzo, tenendo conto anche dell'acqua contenuta negli inerti.

L'eventuale uso di additivi aereanti e fluidificanti dovrà essere volta per volta autorizzato dalla D.L., previa idonea documentazione e sperimentazione dei tipi proposti dall'Impresa.

L'uso di tali sostanze, in quanto effettuato per iniziativa e comodità dell'Impresa, non dà luogo ad alcun compenso od indennizzo oltre al prezzo stabilito per i calcestruzzi nelle relative voci di Elenco.

L'eventuale fornitura, a mezzo di autobetoniere, di conglomerato già confezionati dovrà essere autorizzato dalla D. L., alla quale deve essere preventivamente avanzata specifica richiesta con l'indicazione della Ditta fornitrice, della qualità dei leganti e degli inerti usati e della quantità di acqua di impasto.

L'accettazione di conglomerati preconfezionati sarà comunque subordinata al rispetto della specifica normativa UNI 9858, che ne precisa la definizione, le condizioni di fabbricazione e di trasporto, le caratteristiche dei componenti, le caratteristiche del prodotto che dovranno essere garantite e le prove atte a verificarne la conformità, nonché alle particolari prescrizioni della D.L.

### **c) Classe di qualità del conglomerato – controlli**

La resistenza caratteristica a compressione,  $R'_{bk}$ , determinata a 28 giorni di stagionatura, dei calcestruzzi da adoperarsi nelle opere previste nel contratto dovrà corrispondere alle prescrizioni del presente Capitolato alle voci dell'Elenco Prezzi per i vari tipi di impasto, ed a quanto di volta in volta verrà ordinato dalla D.L.

L'accertamento della resistenza caratteristica richiesta verrà effettuato mediante prove di resistenza eseguite presso laboratori ufficiali od altri autorizzati su campioni di calcestruzzo prelevati sul luogo dell'impiego, in conformità alle prescrizioni dell'Allegato 2 del D.M. 14 febbraio 1992 indicate dalla normativa UNI 6126-72, UNI 6127-72, UNI 6130/1, 6130/2 e UNI 6132-72.

Per getti non armati o solo debolmente armati (fino ad un massimo di 30 Kg./mc.) il numero dei prelievi sarà stabilito dalla D. L., a suo insindacabile giudizio, ma in ogni caso non inferiore ad un prelievo ogni 100 metri cubi.

Tutte le spese per la preparazione, conservazione e trasporto dei provini e quelle per l'esecuzione delle prove sono a totale carico dell'Impresa, che dovrà assolvere direttamente e consegnare quindi alla D.L. i documenti con i risultati ottenuti.

Nel caso di risultati inferiori rispetto alle resistenze prescritte, la D.L. ordinerà il prelievamento di

---

campioni in sito da sottoporre ad analoghe prove sperimentali.

Se i risultati inferiori alle prescrizioni saranno confermati, la D. L., in relazione alla funzione delle opere eseguite con il calcestruzzo di qualità scadente, avrà la facoltà di ordinare la demolizione ed il rifacimento delle opere o l'esecuzione di adeguate opere di consolidamento, il tutto a spese dell'impresa, ovvero di applicare una congrua detrazione al prezzo di Elenco.

Le prove sclerometriche, eventualmente effettuate per controllo speditivo, avranno solo valore indicativo.

#### **1.5.4. CASSEFORME - ARMATURE – CENTINATURE**

Le casseforme e le relative armature di sostegno dovranno essere sufficientemente rigide per resistere, senza deformazioni apprezzabili, al peso proprio del conglomerato e alle sollecitazioni provocate dai carichi accidentali di lavoro, dalla battitura e dalla eventuale vibrazione del getto.

Qualora la luce delle membrature oltrepassasse i 6 metri, sotto le casseforme e sotto i puntelli dovranno essere disposti opportuni apparecchi, idonei a garantire in ogni caso che il disarmo delle armature avvenga con gradualità e simultaneamente in ogni punto delle membrature.

Le superfici interne delle casseforme dovranno presentarsi lisce, pulite e senza incrostazioni di sorta; dovranno essere assolutamente evitate mancanze di allineamento, tolleranze eccessive e sbrodolamenti con conseguenti impoverimenti di malta, scolorimenti e scarso costipamento in corrispondenza degli spigoli.

Pertanto i giunti delle casseforme dovranno essere eseguiti con la massima cura, non soltanto tra i singoli elementi che costituiscono i pannelli, ma anche nelle giunzioni verticali ed orizzontali dei pannelli stessi.

Nel prezzo delle casseforme si intenderà compreso l'onere dell'inserimento di tubi pezzi speciali, canne, scatole, tappi, ecc., di qualsiasi materiale, forma e dimensioni, necessari alla predisposizione dei passaggi per la successiva posa in opera delle condutture, degli scarichi, degli impianti tecnologici, ecc., secondo quanto previsto nel progetto o prescritto dalla Direzione Lavori.

Nel caso di strutture in vista, le superfici dei getti dovranno risultare perfettamente piane, senza concavità, risalti, nidi di ghiaia, sbavature, o irregolarità di sorta, tali da non richiedere comunque alcun tipo di intonaco, ne tanto meno spianamenti, abbozzi o rinzaffi.

A tale scopo le casseforme dovranno essere preferibilmente metalliche, oppure se di legno di ottima fattura e formate da tavole rettificate e piallate perfettamente connesse.

La qualità e la stagionatura delle tavole dovrà essere uniforme, onde evitare differenze di colore nelle superfici da lasciare in vista, così come dovrà essere assolutamente evitata ogni inclusione di elementi metallici che fuoriescano dai getti, anche se usati di norma per la tenuta in posizione delle casseforme, nel qual caso andranno sostituiti con adeguati rinforzi esterni.

---

Per iniziativa e comodità dell'Impresa, ed in ogni caso a tutte sue spese, sarà ammesso l'uso di idonei

disarmanti, previa autorizzazione della D.L. e purché di qualità tale da non provocare macchie o danni alla superficie del conglomerato.

Di norma essi dovranno essere costituiti da olii puri con aggiunta di attivanti superficiali (surfactant)

per ridurre la tensione superficiale o da emulsioni cremose di acqua in olio con aggiunta di attivanti. Il disarmante dovrà essere steso uniformemente sull'intera superficie.

Ove previsto in progetto o richiesto dalla D .L., la confezione delle casseforme dovrà essere integrata

con l'applicazione di listelli, strisce di sigillatura in poliuretano od elementi di altri materiali idonei per evidenziare i giunti e per ottenere scanalature, gocciolatoi, decorazioni in vista o zigrinature.

L'onere relativo, ove non diversamente disposto nelle relative voci dell'Elenco, dovrà intendersi compreso nel prezzo delle casseforme.

### **1.5.5. OPERE IN CALCESTRUZZO ARMATO E NORMALE**

#### **a) Armature metalliche**

Gli acciai da impiegarsi per l'esecuzione delle armature metalliche dovranno rispondere, con riguardo

alle sezioni di calcolo, alle tensioni ammissibili ed alle modalità di fornitura, lavorazione e posa in opera, a quanto indicato nei disegni esecutivi particolareggiati di progetto ed alle norme contenute a riguardo nel D.M. 18.01.2018. E' assolutamente vietata la lavorazione delle barre di armatura con piegature a caldo.

Le giunzioni delle barre in zona tesa, quando non fossero evitabili, dovranno essere sfalsate in modo che ciascuna interruzione non interessi una sezione metallica maggiore di 1/4 di quella complessiva e sia distanze delle interruzioni contigue di non meno 60 volte il diametro delle barre di maggiore diametro.

Nella posa in opera delle barre l'Impresa dovrà provvedere alla realizzazione di tutti gli accorgimenti

necessari affinché durante l'esecuzione del getto le armature si mantengano sollevate alle pareti delle casseforme delle distanze prescritte per i copriferri, così come dovrà provvedere ad ogni

legatura ed irrigidimento necessario a mantenere tutte le barre nella posizione di calcolo.

Particolari accorgimenti dovranno essere adoperati per evitare spostamenti nelle armature delle strutture a vista. E' fatto assoluto divieto all'Impresa di procedere all'esecuzione del getto prima che la D.L. abbia provveduto ad accertare la rispondenza delle armature al progetto esecutivo ed alle disposizioni all'uopo impartite.

#### **b) Posa in opera dei conglomerati**

Oltre a quanto prescritto nel precedente articolo l'Impresa dovrà attenersi alle seguenti prescrizioni:

##### **1) Trasporto del conglomerato**

---

Il trasporto del conglomerato al luogo di impiego dovrà essere effettuato con mezzi idonei, atti ad escludere la separazione dei singoli componenti e comunque ogni possibilità di deterioramento delle caratteristiche del conglomerato.

Il termine trascorso tra l'inizio delle operazioni di impasto ed il termine dello scarico in opera

dovrà essere tale da non causare un aumento di consistenza superiore di cm. 5 alla prova del cono di Abrams.

E' fatto assoluto divieto all'Impresa di diminuire la consistenza degli impasti aggiungendo acqua dopo lo scarico dalla betoniera.

## 2) Esecuzione del getto

Prima di procedere all'esecuzione del getto dovrà essere eseguito un accurato controllo delle dimensioni e del perfetto posizionamento delle casseforme, delle condizioni di stabilità dei sostegni e della pulizia delle pareti interne; per i pilastri in modo particolare dovrà essere curata

l'assoluta pulizia del fondo.

Si provvederà inoltre ad una abbondante bagnatura delle casseforme.

Nell'esecuzione del getto, e successivamente, l'Impresa dovrà provvedere ad adottare tutti gli accorgimenti necessari perchè la temperatura dell'impasto non venga a superare i  $30^{\circ}\text{C}$  e non

scenda al di sotto dei  $13^{\circ}\text{C}$ , per i getti di spessore inferiore ai 20 cm., e di  $10^{\circ}\text{C}$ , negli altri casi, eventualmente ricorrendo anche all'uso di particolari additivi ritardanti, acceleranti o aereanti, approvati dalla D.L. e a tutto suo carico.

In particolare, nei periodi freddi, dovrà essere verificato che non si formino blocchi di inerti agglomerati con ghiaccio, né che avvengano formazioni di ghiaccio sulle superficie del getto,

sulle armature o nelle casseforme

E' in facoltà della D.L. ordinare la sospensione dei getti ovvero l'adozione di tutti i provvedimenti necessari, a suo esclusivo giudizio, senza che l'Impresa possa avanzare richiesta di speciali compensi od indennizzi di sorta.

La posa in opera del conglomerato dovrà essere eseguita con tutte le attrezzature e gli accorgimenti necessari ad evitare la segregazione di componenti. .

Di norma il getto dovrà essere eseguito a strati orizzontali di altezza limitata e comunque non

superiore a cm .30, resi dopo costipamento e dovrà essere debitamente pigiato e battuto.

Qualora sia previsto nelle relative voci di Elenco, o comunque quando la D.L. lo ritenga necessario e lo ordini, in relazione ai particolari requisiti richiesti per il conglomerato e alle caratteristiche dell'impasto utilizzato, ed in questo caso senza diritto a particolari compensi, la

costipazione del conglomerato dovrà essere eseguita mediante idonea vibrazione, secondo le prescrizioni e con le modalità concordate con la D.L. medesima.

Di norma dovranno essere utilizzati vibratori interni, restando limitata solo alle solette di piccolo e media spessore (massimo cm .20),l'applicazione di vibratori esterni, nel qual caso si provvederà a rinforzare convenientemente le casseforme.

I vibratori interni dovranno essere del tipo ad elevata frequenza, da 6.000 a 12.000 cicli al minuto.

La vibrazione verrà eseguita immergendo verticalmente il vibratore in punti distanti fra loro

---

da 40 a 80 cm. (in rapporto al raggio di azione del vibratore), ad una profondità non superiore a cm. 40 (interessando comunque la parte superficiale del getto precedente per circa cm. 10) e, a vibrazione ultimata, ritirando lo stesso lentamente, in modo da non lasciare fori o impronte nel conglomerato.

La vibrazione dovrà essere eseguita con uniformità fino ad interessare tutta la massa del getto e verrà sospesa all'apparizione, in superficie, di un lieve strato di malta umida.

L'eventuale uso di additivi fluidificanti dovrà essere autorizzato dalla D. L., previa idonea documentazione di prove preliminari e certificazioni di laboratorio sulle caratteristiche degli additivi proposti; tale uso, in quanto effettuato per iniziativa e comodità dell'Impresa, non dà luogo a speciali compensi.

Di norma l'esecuzione del getto dovrà procedere senza interruzioni.

Qualora la D.L. consenta che vi siano interruzioni esse dovranno essere effettuate nelle posizioni e secondo le modalità approvate dalla D.L. medesima.

In ogni caso tra le successive riprese del getto non dovranno verificarsi distacchi o discontinuità

o differenze di aspetto.

Se al momento della ripresa del getto il conglomerato sottostante si presentasse ancora molle, sarà sufficiente effettuare la ripresa con uno strato di conglomerato più ricco dell'impasto normale, curando di amalgamare i due strati di contatto.

Nel caso, invece, che il conglomerato fosse già indurito, la ripresa del getto dovrà essere preceduta da una idonea preparazione della superficie di contatto, che dovrà essere accuratamente raschiata, se necessario lavorata alla punta, e quindi lavata abbondantemente con

acqua in pressione e ripresa con malta liquida dosata a ql. 5 di cemento per ogni metro cubo di sabbia; nel caso di strutture contro acqua dovranno essere utilizzati speciali collanti o malte brevettate.

### 3) Maturazione del conglomerato

A getto ultimato e per tutto il tempo necessario al raggiungimento di un sufficiente grado di maturazione, in ogni caso per un periodo non inferiore a dieci giorni, il conglomerato dovrà essere adeguatamente protetto da urti, vibrazioni e sollecitazione meccaniche di qualsiasi

genere.

Inoltre, per tutto il periodo di presa, in ogni caso per un periodo non inferiore a tre giorni, l'Impresa dovrà provvedere a periodiche inaffiature delle superficie dei getti in modo da evitare un rapido prosciugamento della stessa.

Se necessario, in rapporto alle condizioni stagionali ed in modo particolare per le strutture sottili

ed i rivestimenti, l'Impresa dovrà provvedere, di sue iniziativa e spese, a stendere sopra la superficie dei getti uno strato di sabbia o dare sopra la superficie dei getti uno strato di sabbia o

di altro materiale idoneo approvato dalla D. L., affinché gli stessi siano mantenuti sempre in condizioni di umidità e siano adeguatamente protetti dall'azione del gelo e del sovrariscaldamento.

Nei periodi freddi la temperatura del getto durante la presa non potrà scendere al di sotto di 5° C, per almeno 4 giorni nelle strutture sottili e per almeno 3 giorni nelle altre strutture.



---

4) **Disarmo dei getti**

Per il disarmo dei getti dovranno essere integralmente osservate le prescrizioni ed i tempi di cui al punto 6.1.5. Parte 1<sup>^</sup>, delle Norme Tecniche contenute nel D.M. 1 aprile 1983 e successive modifiche ed integrazioni.

Durante la stagione fredda i tempi di disarmo dovranno essere convenientemente protratti per tenere conto dei maggiori tempi di maturazione.

L'autorizzazione a procedere sarà lasciata in ogni caso al giudizio della D.L.

Subito dopo il disarmo, ove occorra, si dovrà procedere alla regolarizzazione della superficie dei getti mediante malta cementizia dosata a ql.6 di cemento.

In ogni caso gli eventuali difetti dei getti nelle strutture a vista saranno sempre sottoposti al giudizio della D.L., la quale, caso per caso, potrà ordinare la demolizione di quanto difettosamente eseguito, ovvero autorizzare la ripresa con materiali idonei, ivi compreso l'uso di speciali collanti, riservandosi il giudizio definitivo ad avvenuta riparazione, la quale non potrà dar luogo a speciali compensi, bensì potrà costituire oggetto di detrazioni sul compenso previsto.

c) **Documenti di cantiere**

Nel cantiere, dal giorno di inizio delle opere in calcestruzzo armato fino a quello di ultimazione,

l'Impresa dovrà provvedere a conservare un apposito giornale dei lavori nel quale dovranno essere accuratamente registrate le date delle forniture ed i tipi di cemento, la composizione dei

conglomerati, il tipo e le partite di acciaio, le date e l'ora di inizio e di ultimazione dei getti e dei

disarmi, nonché le particolari condizioni di esecuzione dei getti stessi, gli eventuali additivi usati e le temperature esterne all'inizio e al termine dei lavori.

Detto giornale dovrà essere vistato periodicamente dal Direttore delle opere, di cui alla lettera b) del presente articolo, particolarmente nella fasi più importanti delle esecuzione delle opere, delle prove sui materiali e delle prove di carico.

d) **Prove di carico e collaudo statico**

Le strutture delle opere in conglomerato cementizio armato non potranno essere poste in servizio, né sottoposte a carichi, anche provvisori, prima che ne sia stato effettuato il collaudo statico.

Le prove di carico saranno eseguite osservando integralmente le disposizioni di cui al Norme Tecniche contenute nel D.M. 18 Gennaio 2018.

---

Per strutture contro acqua, quali vasche, serbatoi e simili, le prove di carico dovranno essere integrate da opportune prove di tenuta, atte ad accertare l'assoluta impermeabilità del conglomerato posto in opera.

Nel corso delle prove, dovrà accertarsi che nelle strutture, sottoposte ai carichi di esercizio per un periodo non inferiore a quindici giorni consecutivi, non abbiano a verificarsi gocciolamenti e trasudi di alcun genere.

Nel caso di un eventuale esito sfavorevole, l'Impresa dovrà, provvedere a suo completo carico a tutti gli interventi che si rendessero necessari, senza limiti di spesa e di entità e a ripetere le prove fino ad avere esito favorevole.

Delle prove suddette sarà redatto apposito verbale da sottoscrivere dall'Impresa, dal Direttore dei Lavori e, se effettuato dopo la nomina del Collaudatore, dal Collaudatore stesso. .

#### **1.5.6. SOLAI IN CEMENTO ARMATO**

##### **a) Solai gettati in opera**

Per l'esecuzione dei solai in argomento, in cemento armato o misti di cemento armato e laterizi, si richiamano integralmente tutte le norme e le prescrizioni per l'esecuzione delle opere in conglomerato cementizio armato di cui al D.M. 18 Gennaio 2018.

I laterizi impiegati dovranno rispondere ai requisiti di accettazione e alle prove di cui all'art. "Materiali Laterizi" del presente Capitolato; i relativi accertamenti verranno effettuati in conformità delle modalità prescritte dalle Norme Tecniche citate.

I laterizi dovranno essere posti in opera con giunti sfalsati; scrupolosamente al riempimento degli elementi terminali, oppure alla loro eliminazione, a filari alternati, e all'esecuzione di un getto pieno di saldatura. Prima del getto i laterizi dovranno essere abbondantemente e ripetutamente bagnati. Per il getto delle nervature e della soletta dovrà essere impiegato conglomerato cementizio di classe non inferiore a Rbk 250, formato con inerti di categoria D10 per spessori di getto fino a cm. 7 e di categoria D20 per spessori superiore.

##### **b) Solai con elementi prefabbricati**

Per i solai misti con laterizio o meno, costituiti o composti da elementi prefabbricati in calcestruzzo armato normale o precompresso prodotti in serie in stabilimento, completati o meno in opera, oltre alle disposizioni generali di cui alla precedente lettera a) e al punto 7.2., Parte 2°, delle Norme Tecniche citate, dovranno essere integralmente osservate tutte le disposizioni di cui alla Parte 3° delle Norme stesse.

---

Tutti gli elementi dovranno risultare chiaramente e durevolmente contrassegnati con marchio di fabbrica e numero di serie, onde poter risalire al controllo di produzione; le Ditte produttrici dovranno

fornire tutte le prescrizioni e le indicazioni relative alle operazioni di trasporto e di montaggio, nonché alle caratteristiche di impiego, alle quali l'Impresa dovrà attenersi scrupolosamente.

Particolare attenzione dovrà essere posta nel dimensionamento degli elementi, essendo tassativamente

vietato procedere a tagli od allungamenti, con qualunque mezzo o sistema, per consentire eventuali adattamenti a luci non corrispondenti a quelle di prefabbricazione.

Il progettista delle strutture sarà ritenuto responsabile dell'organico inserimento e della previsione di utilizzazione di tali elementi nel progetto delle strutture dell'opera.

### **1.5.7. MALTE – QUALITA' E COMPOSIZIONE**

#### **a) Malte comuni, idrauliche e cementizie**

I materiali da impiegarsi per la composizione delle malte in argomento dovranno corrispondere alle caratteristiche e ai requisiti prescritti dagli specifici articoli riportata nel Capo III, " Qualità, provenienza e norme di accettazione dei materiali e delle forniture ", del presente Capitolato.

Salvo quanto disposto nelle relative voci di Elenco prezzi per alcune particolari categorie di lavoro, la composizione delle malte dovrà corrispondere alle proporzioni sotto elencate, riferite a metro cubo di inerte:

##### 1) Malta di calce comune per intonaci

..... calce spenta in pasta	Me. 0,66
..... sabbia	me. 1,00

##### 2) Malta di calce idraulica per intonaci

..... calce idraulica in polvere	q.li. 5,50
..... sabbia	mc. 1,00

##### 3) Malta cementizia per murature

..... cemento tit. 325	q.li. 4,00
..... sabbia	me. 1,00

##### 4) Malta cementizia per opere di rifinitura e intonaci civili

..... cemento tit. 325	q.li. 5,00
..... sabbia	mc. 1,00

##### 5) Malta cementizia per intonaci impermeabilizzati a cemento

..... cemento tit.325	q.li. 9,04
..... sabbia	mc. 1 00

Qualora la D.L. ritenesse necessario od opportuno variare le proporzioni dei componenti in rapporto ai quantitativi sopra specificati, l'Impresa sarà obbligata ad uniformarvisi.

---

In tale caso ad essa saranno addebitate od accreditate unicamente le differenze di peso o di volume dei materiali per i quali sarà stato variato il dosaggio, con i relativi prezzi di Elenco.

Ad ogni impasto, i vari componenti, esclusi quelli forniti in sacchi di peso determinato, dovranno essere misurati a peso od a volume, a mezzo di apposite casse delta capacità prescritta dalla D.L., che l'Impresa sarà in obbligo di provvedere e di mantenere a sue spese in cantiere per tutto il tempo di esecuzione dei lavori.

La manipolazione delle matte dovrà essere eseguita di norma a mezzo di idonee macchine mescolatrici, oppure, quando non sia possibile, a braccia d'uomo su aree convenientemente pavimentate.

I componenti delle matte idrauliche e cementizie dovranno prima essere mescolati a secco, fino ad ottenere un miscuglio omogeneo di tinta uniforme, il quale verrà poi asperso ripetutamente con la minore quantità di acqua possibile, ma sufficiente, e continuamente rimescolato.

Gli impasti dovranno essere preparati esclusivamente nella quantità necessaria per l'impiego immediato e, per quanto possibile, in prossimità del lavoro.

I residui di impasto che per qualsiasi ragione non avessero immediato impiego, dovranno essere gettati a rifiuto, ad eccezione di quelli formati con calce comune che dovranno comunque essere utilizzati nello stesso giorno della loro manipolazione.

Se necessario la D.L. potrà ordinare che le malte siano passate al setaccio; tale operazione dovrà comunque essere effettuata per le matte da impiegare nella finitura degli intonaci e per le malte fini (setaccio 4 UNI 233211) e per le colle (setaccio 2 UNI 233211).

#### **b) Malte espansive (antiritiro)**

Saranno ottenute con impasto di cemento classe 325, sabbia ed un particolare additivo costituito da un aggregato metallico catalizzato agente come riduttore dell'acqua di impasto.

La sabbia dovrà avere granulometria corrispondente alla curva di massima compattezza; le proporzioni dei componenti saranno di 1:1:1: in massa. La resistenza a compressione della malta, a 28 gg. di stagionatura, non dovrà essere inferiore a 600 Kg/cmq.

Se non confezionate in cantiere, le malte in argomento potranno essere fornite come prodotto industriale, in confezioni sigillate di marca qualificata.

### **1.5.8. MURATURE DI MATTONI**

Tutte le murature dovranno essere realizzate secondo i disegni di progetto nonché, per le strutture resistenti, secondo gli esecutivi che l'Impresa sarà tenuta a fornire od a verificare a norma delle disposizioni generali sull'argomento riportate nel precedente art. "Disposizioni comuni a tutti i lavori" del presente Capitolato.

Per la costruzione delle murature in genere dovranno essere impiegati laterizi e malte cementizie rispondenti alle prescrizioni di cui all'art. "Materiali laterizi" del presente Capitolato.

---

I laterizi, di ottima scelta e perfettamente spigolati, prima del loro impiego dovranno essere bagnati fino a saturazione per immersione prolungata in appositi recipienti, mai per aspersione.

E' fatto assoluto divieto di procedere all'esecuzione dei lavori nei periodi di gelo, nei quali la temperatura si mantenesse al di sotto di 0° C per molte ore.

Nella costruzione delle murature in genere, dovrà essere curata la perfetta esecuzione degli spigoli, la formazione di voltine, piattabande, archi e verranno lasciati tutti i necessari incavi, sfondi, canne e fori per passaggi di pluviali, impianti idrici e di scarico, canne da fumo, ecc., in modo da evitare di scalpellare i muri già costruiti.

La costruzione delle murature dovrà iniziarsi e proseguire uniformemente a filari allineati, assicurando il perfetto collegamento sia con le murature esistenti, sia tra le varie parti di esse.

La posa in opera dei laterizi dovrà avvenire con le connessure alternate, in corsi orizzontali e normali alle superfici esterne; i mattoni dovranno essere posati sopra un adeguato strato di malte e ben premuti sopra (mai battuti con martello) onde provocare il rifluimento della malta ed il riempimento delle connessure; la larghezza delle connessure dovrà essere compresa fra 5 e 8 mm. per i tipi a paramento sarà costante e pari a 5 mm.; le facce delle murature dovranno essere mantenute bagnate per almeno 15 giorni dalla loro ultimazione ed anche più, se richiesto dalla D.L.

### **1.5.9. OPERE E MANUFATTI IN FERRO**

#### **a) Accettazione dei Materiali**

Il ferro e gli acciai da impiegarsi nella esecuzione delle opere e dei manufatti previsti in progetto dovranno avere caratteristiche e requisiti di accettazione perfettamente rispondenti alle norme di cui all'art. " Materiali ferrosi " del presente Capitolato, alle prescrizioni di Elenco ed alle disposizioni che più in particolare potrà impartire la D.L.

L'Impresa sarà tenuta a dare tempestivo avviso dell'arrivo in officina dei materiali approvvigionati affinché la D.L., prima che ne venga iniziata la lavorazione, possa disporre il prelievo dei campioni da sottoporre ai controlli che riterrà necessari od opportuni.

#### **b) Modalità di lavorazione**

I materiali dovranno essere lavorati con regolarità di forme e di dimensioni e nei limiti delle tolleranze consentite.

Il raddrizzamento e lo spianamento, quando necessari, dovranno essere eseguiti con dispositivi agenti per pressione; riscaldamenti locali, se ammessi, non dovranno creare eccessive concentrazioni di tensioni residue.

I tagli potranno essere eseguiti con la cesoia od anche ad ossigeno, purché regolari; i tagli irregolari, in special modo quelli in vista dovranno essere rifiniti con la smerigliatrice.

Le superfici di laminati diversi, di taglio o naturali, destinate a trasmettere per mutuo contrasto forze di compressione, dovranno essere piattate, fresate, molate o limate per renderle perfettamente combacianti.

---

I fori per chiodi e bulloni dovranno sempre essere eseguiti con trapano, tollerandosi l'impiego dei punzoni per fori di preparazione, in diametro minore di quello definitivo (per non meno di 3 mm.), da allargare poi e rifinire mediante trapano e alesatore; per tali operazioni sarà vietato comunque l'uso della fiamma.

I pezzi destinati ad essere chiodati o bullonati in opera, dovranno essere marcati in modo da poter riprodurre, nei montaggi definitivi, le posizioni d'officina all'atto dell'alesatura dei fori.

**c) Modalità esecutive delle unioni**

Le unioni dei vari elementi componenti le strutture od i manufatti dovranno essere realizzate conformemente alle prescrizioni di progetto ed in particolare:

1) Unioni chiodate

Le unioni chiodate saranno eseguite fissando nella giusta posizione relativa, mediante bulloni di montaggio ed eventuale ausilio di morse, gli elementi da chiodare, previamente ripuliti; i chiodi dovranno essere riscaldati con fiamma riduttrice od elettricamente e liberati da ogni impurità (come scorie, tracce di carbone) prima di essere introdotti nei fori.

A fine ribaditura dovranno ancora essere di colore rosso scuro.

Le teste ottenute con la ribaditura dovranno risultare ben centrate sul fusto, ben nutrite alla loro base, prive di screpolature e ben combacianti con la superficie dei pezzi; dovranno poi essere liberate dalle bavature mediante scalpello curve, senza intaccare i pezzi chiodati. Per le chiodature degli elementi strutturali in acciaio dovranno altresì

2) Unioni con bulloni normali e ad attrito

Tali unioni dovranno sempre essere precedute dalla perfetta pulizia delle superfici di combaciamento, mediante sgrassaggio, fiammatura o sabbiatura a metallo bianco, secondo i casi.

Nelle unioni si dovrà sempre fare uso di rosette; nelle unioni con bulloni normali, in presenza di vibrazioni o di inversioni di sforzo, si dovranno impiegare controdadi oppure rosette elastiche.

Nelle unioni ad attrito le rosette dovranno avere uno smusso a 45° in un orlo interno ed identico smusso sul corrispondente orlo esterno, smussi che dovranno essere rivolti, nel montaggio, verso la testa della vite o verso il dado.

Per il serraggio dei bulloni si dovranno usare chiavi di manometriche a mano, con o senza meccanismo limitatore della coppia applicata; tutte comunque dovranno essere tali da garantire

una precisione non minore del 5%.

Per le bullonature degli elementi strutturali in acciaio dovranno altresì essere rispettate le disposizioni di cui ai punti 2.5, 2.6, 3.2, 3.4 e successivi del D.M. citato.

3) Unioni saldate

Tali unioni potranno essere eseguite mediante procedimenti di saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti o con procedimenti automatici ad arco sommerso o sotto gas protettivo o con altri procedimenti preventivamente approvati dalla D.L.

---

In ogni caso si dovranno ottemperare le disposizioni contenute nel D.M. 14.02.1992 al punto specifico 2.3, 2.4, 3.5 e successivi.

I procedimenti dovranno essere tali da permettere di ottenere dei giunti di buon aspetto esteriore, praticamente esenti da difetti fisici nella zona fusa ed aventi almeno resistenza a trazione, su provette ricavate trasversalmente al giunto, non minore di quella del metallo base.

La preparazione dei lembi da saldate sarà effettuata mediante macchina utensile, smerigliatrice od ossitaglio automatico, e dovrà risultare regolare e ben liscia; i lembi, al momento della saldatura, dovranno essere esenti da incrostazioni, ruggine, scaglie, grassi, vernici, irregolarità locali ed umidità.

Per le saldature degli elementi strutturali in acciaio dovranno altresì essere rispettate le disposizioni di cui ai punti 2.4 e successivi del D.M. citato.

Tanto in officina quanta in cantiere, le saldature da effettuate con elettrodi rivestiti dovranno essere eseguite da saldature che abbiano superato, per la relativa qualifica, le prove richieste dalla UNI 4634; per le costruzioni tubolari si farà riferimento anche alla UNI 4633 per i giunti di testa.

Qualunque sia il sistema di saldatura impiegato, a lavorazione ultimata la superficie delle saldature dovrà risultare sufficientemente liscia e regolare e ben raccordata con materiale di base.

Tutti i lavori di saldatura dovranno essere eseguiti al riparo da pioggia, neve e vento, salvo l'uso di speciali precauzioni, saranno inoltre sospesi qualora la temperatura ambiente dovesse scendere sotto i -5° C.

#### **d) Montaggio di prova**

Per strutture o manufatti particolarmente complessi ed in ogni caso se disposto dalla D.L., dovrà essere, eseguito il montaggio provvisorio in officina; tale montaggio potrà anche essere eseguito in più riprese, purché in tali montaggi siano controllati tutti i collegamenti.

Del montaggio stesso si dovrà approfittare per eseguire le necessarie operazioni di marcatura.

Nel caso di strutture complesse costruite in serie sarà sufficiente il montaggio di prova del solo campione, purché la foratura venga eseguita con maschere o con procedimenti equivalenti.

L'Impresa sarà tenuta a modificare, a tempo debito, l'inizio del montaggio provvisorio in officina di manufatti e strutture, o relative parti, affinché la D. L. possa farvi presenziare, se lo ritiene opportuno, i propri incaricati.

I pezzi presentati all'accettazione provvisoria dovranno essere esenti da verniciatura, fatta eccezione per le superfici di contatto dei pezzi uniti definitivamente fra di loro.

Quelli rifiutati saranno marcati con un segno apposito, chiaramente riconoscibile, dopo di che saranno subito allontanati.

#### **e) Pesatura dei manufatti**

---

Sarà eseguita in officina od in cantiere, secondo i casi e prima del collocamento in opera, verbalizzando i risultati in contraddittorio, fra il D.L. e l'Impresa.

**f) Controllo del tipo e della quantità delle opere - Verifica delle strutture murarie**

L'Impresa è obbligata a controllare il fabbisogno dei vari manufatti, rilevando in posto il tipo, la quantità e le misure esatte degli stessi.

Dovrà altresì verificare l'esatta corrispondenza plano-altimetrica e dimensionale tra le strutture metalliche e strutture murarie, ciò in special modo quando i lavori in metallo fossero stati appaltati in forma scorporata.

Delle discordanze riscontrate in sede di controllo dovrà esserne data tempestivo avviso alla D.L. per i necessari provvedimenti di competenza; in difetto, o qualora anche dall'insufficienza o dall'omissione di tali controlli dovessero nascere inconvenienti di qualunque genere, l'Impresa sarà tenuta ad eliminarli a propria cura e spese, restando peraltro obbligata al risarcimento di eventuali danni.

**g) Collocamento e montaggio in opera - Oneri connessi**

L'Impresa dovrà far tracciare od eseguire direttamente, sotto la propria responsabilità, tutti gli incassi, tagli, le incamerazioni, ecc. occorrenti per il collocamento in opera dei manufatti metallici; le incamerazioni ed i fori dovranno essere svasati in profondità e, prima che venga eseguita la sigillatura, dovranno essere accuratamente ripuliti.

Nel collocamento in opera dei manufatti le zanche, le staffe e qualunque altra parte destinata ad essere incamerata nelle strutture murarie, dovranno essere murate a cemento se cadenti entro murature o simili, mentre saranno fissate con piombo fuso o con malte epossidiche se cadenti entro pietre, marmi o simili.

I manufatti per i quali siano previsti movimenti di scorrimento o di rotazione dovranno poter compiere tali movimenti, a collocazione avvenuta, senza impedimenti od imperfezioni di sorta.

Per le strutture metalliche, qualora in sede di progetto non fossero prescritti particolari procedimenti di montaggio, l'Impresa sarà libera di scegliere quello più opportuno, previo benestare della D.L.

Dovrà porre per la massima cura affinché le operazioni di trasporto, sollevamento e premontaggio non impongano alle strutture condizioni di lavoro più onerose di quelle risultanti a montaggio ultimato e tali perciò da poter determinare deformazioni permanenti, demarcature, autotensioni, ecc. Decorrendo, pertanto, le strutture dovranno essere opportunamente e provvisoriamente irrigidite.

Nel collocamento in opera dei manufatti e nel montaggio delle strutture sono compresi tutti gli oneri connessi a tali operazioni, quali ad esempio ogni operazione di movimento e stoccaggio (carichi, trasporti, scarichi, ricarichi, sollevamenti, ecc.), ogni opera provvisoria, di protezione e mezzo d'opera occorrente, l'impiego di ogni tipo di mano d'opera (anche specializzata), ogni lavorazione di



---

preparazione e di ripristino sulle opere e strutture murarie, le ferramenta accessorie e quant'altro possa occorrere per dare le opere perfettamente finite e rifinite.

#### **h) Verniciatura**

Salvo disposizioni contrarie, prima dell'inoltro in cantiere tutti i manufatti in ferro, le strutture o parti di esse dovranno ricevere una mano di vernice antiruggine; l'operazione dovrà essere preceduta da un'accurata preparazione delle superfici.

Di norma nelle strutture chiodate o bullonate, dovranno essere verniciate con una ripresa di pittura antiruggine non soltanto le superfici esterne, ma tutte le superfici a contatto (ivi comprese le facce dei giunti da effettuare in opera) e le superfici interne dei cassoni; saranno esclusi solo i giunti ad attrito, che dovranno essere accuratamente protetti non appena completato il serraggio definitivo, verniciando a saturazione i bordi dei pezzi a contatto, le rosette, le teste ed i dadi dei bulloni, in modo da impedire qualsiasi infiltrazione all'interno del giunto.

A pie d'opera, e prima ancora di iniziare il montaggio, si dovranno ripristinare tutte le verniciature eventualmente danneggiate dalle operazioni di trasporto; infine, qualora la posizione di alcuni pezzi desse luogo, a montaggio ultimato, al determinarsi di fessure o spazi di difficile accesso per le operazioni di verniciatura successive, tali fessure o spazi dovranno essere, prima dell'applicazione delle mani di finitura, accuratamente chiusi con materiali sigillanti.

A montaggio ultimato si provvederà al completamento delle operazioni di verniciatura con applicazione del numero di mani e delle vernici prescritte nelle relative voci di Elenco per le varie opere e manufatti.

Per tutto quello non specificato nel seguente articolo si rimanda alle disposizioni integrali dettate dal D.M. del 14 Febbraio 1992.

#### **1.5.10. GABBIONI E MANTELLATE DI RETE METALLICA**

Per la costruzione di gabbionate metalliche dovrà provvedersi, prima del riempimento, a cucire i singoli spigoli degli elementi in modo da ottenere le sagome previste; successivamente si procederà al collegamento degli spigoli con quelli degli elementi contigui, comprendendo nella cucitura gli eventuali fili di bordatura.

Le cuciture saranno eseguite in modo continuo, passando il filo entro ogni maglia e con un giro doppio ogni due maglie. Il filo occorrente per cuciture e tiranti dovrà avere caratteristiche non inferiori a quelle dei gabbioni.

La chiusura degli elementi dovrà essere effettuata cucendo i bordi del coperchio a quelli delle pareti con l'apposito filo per cuciture, passando il filo entro ogni maglia e con un giro doppio ogni due maglie. Nell'allestimento, unione e chiusura degli elementi è vietata ogni attorcigliatura dei filoni di bordatura.

Il materiale di riempimento dovrà essere riconosciuto idoneo dalla D.L. e le sue dimensioni dovranno essere comprese tra il 120 e 130 per cento delta maggior dimensione della maglia delta rete, sempre che questo consente di ottenere pareti piane e parallele tra loro, e spessore costante del manufatto.

---

### 1.5.11. MANTI IMPERMPEABILIZZANTI

I manti impermeabilizzanti da impiegarsi nella realizzazione delle opere di impermeabilizzazione artificiale dovranno possedere le caratteristiche fisiche riportate nello specifico articolo del presente Capitolato:

#### a) Posa in opera del manto in HDPE

Le saldature verranno eseguite (all'asciutto e a temperature  $> +5$  °C) sormontando i fogli di ca. 20 cm ed estrudendo un cordone di HDPE fuso, previa molatura delle superfici da unire e preriscaldamento dei lembi con aria surriscaldata (saldatura interposta).

Nel caso di brevi tratti di saldatura, riparazioni, raccordi, situazioni sfavorevoli, pareti a forte pendenza le saldature saranno eseguite riportando il cordone di saldatura sovrapposto al giunto (saldatura sovrapposta)

Il rapporto lunghezza saldatura/superficiale dovrà essere  $< 2$  ml/ 10 mq (senza presaldatura). Il coefficiente di saldatura dovrà essere  $> 0,9$  (riferito al carico snervamento) Le saldature verranno eseguite da specialisti patentati (di cui dovrà essere esibito il curriculum)

Il cordone di saldatura, dello stesso HDPE dei fogli, dovrà avere:

- Larghezza 40 mm
- Spessore 1 mm

#### Collaudi delle saldature dei manti in HDPE

Tutte le saldature dovranno essere collaudate dall'Appaltatore in presenza di un incaricato della D.L. come segue:

#### 1. Prove distruttive

Tali prove devono verificare che il coefficiente di saldatura sia  $> 0,9$ . Il coefficiente di saldatura è dato dal rapporto fra il carico di snervamento del provino saldato e quello del foglio originale. (Norme DVS-Dicembre 1,1982). Si eseguiranno tali provini su campioni prelevati ogni 300 metri lineari di saldature, semplici prove qualitative sono eseguibili in cantiere e saranno considerate positive se la rottura non ha luogo nell'area di saldatura.

#### 2 Prove non distruttive sul 100% delle saldature

2.1. Collaudo ad ultrasuoni: le saldature con cordolo interposto a facce parallele verranno collaudate con ultrasuoni per individuare eventuali discontinuità della saldatura stessa.

2.2. Collaudo a vista: le saldature con cordone sovrapposto di forma arrotondata. non collaudabili con ultrasuoni, verranno collaudate a vista forzando una punta metallica lungo tutta la lunghezza del cordone di saldatura.

#### b) Posa in opera del manto in PVC

Le saldature verranno eseguite (all'asciutto ed a temperature  $> +5$  °C) sormontando i fogli di almeno 5 cm.

---

La saldatura dei manti in PVC potrà essere effettuata a freddo mediante solvente tetraidrofurano, oppure ad aria calda mediante cannello LEISTER. Le saldature verranno eseguite da specialisti patentati (di cui dovrà essere esibito il curriculum).

#### Collaudi delle saldature dei manti in PVC

Tutte le saldature dovranno essere collaudate dall'Appaltatore in presenza di un incaricato della D.L. mediante lo scorrimento sulle giunzioni di una punta metallica.

#### **c) Documenti di collaudo e verbale di accettazione della posa in opera**

##### 1) Diagramma di posa

L'Appaltatore deve eseguire un diagramma di posa che descrive la disposizione dei fogli. Su tale diagramma, verranno:

- Trascritti i numeri di matricola dei fogli posati nei singoli spazi.
- Indicati i punti di prelievo dei provini di saldature.
- Indicati i punti difettosi risultanti dal collaudo non distruttivo e successivamente ripresi con saldature.

##### 2) Verbale di accettazione

La Direzione Lavori assiste alla esecuzione dei collaudi meccanici e distruttivi, ai rifacimenti dei punti difettosi ed alla compilazione delle annotazioni sul diagramma di posa e firma il verbale di accettazione del manto posato in opera.

#### **d) Garanzie**

I manti devono soddisfare i requisiti richiesti dal DPR n° 915 del 10.09.1982 e dalle norme di prima Applicazione le specifiche tecniche del Progetto.

Il fornitore garantisce per 10 anni che l'opera è priva di gravi difetti (Art. 1669 Codice Civile) e si cautela con una polizza assicurativa per risarcire eventuali danni di inquinamento per un valore adeguato al progetto.

#### **1.5.12. TESSUTO NON TESSUTO E MATERASSI DRENANTI**

I manti in tessuto non tessuto saranno utilizzati per costituire elemento di ripartizione dei carichi e/o di protezione della geomembrana.

Essi saranno posti generalmente in opera al di sotto dei punti critici della geomembrana (piegature, risvolti, zone di contatto con i manufatti ecc.), con le modalità e nelle quantità indicate negli allegati grafici di progetto

I manti saranno giuntati mediante cucitura meccanica continua, oppure con semplice sovrapposizione dei lembi contigui per una profondità non inferiore a 20 cm. per tutto lo sviluppo del manto posato.

I materassi drenanti saranno posti in opera secondo le esigenze di progetto e saranno giuntati mediante cucitura continua meccanizzata o semplice sovrapposizione per una porzione non inferiore a 25 Cm.

---

Ove si tratti di posizionarli su alte pendenze di scarpata essi saranno fissati ad intervalli regolari, stabiliti dalla D.L., alla scarpata od alla eventuale rete sottostante di protezione.

Ad ogni buon conto essi dovranno essere saldamente ancorati sulla testa della scarpata con cordoli o, dove possibile, con puntoni metallici.

### **1.5.13. TRASPORTO E ACCATAMENTO DI TUBI E PEZZI SPECIALI IN CALCESTRUZZO**

#### **a) Trasporto**

I tubi e i pezzi speciali in calcestruzzo devono essere trasportati in modo tale da non essere danneggiati dalle sollecitazioni meccaniche. Si deve perciò fare attenzione a caricare i mezzi di trasporto in condizioni di sicurezza.

I tubi vengono disposti in orizzontale, parallelamente od ortogonalmente rispetto all'asse del veicolo, oppure in verticale. Nel trasporto ferroviario si deve preferire la disposizione parallela all'asse del veicolo. Se esistono i presupposti, i tubi possono essere disposti in parecchi strati.

Si devono osservare le prescrizioni in materia di prevenzione degli infortuni e le specifiche tecniche delle ditte e delle associazioni di categoria. Durante i processi di carico e scarico, gli operatori devono portare idonee protezioni, come elmetto, guanti, scarpe rinforzate, ecc. Durante le operazioni di carico e scarico è vietato fermarsi nella zona di pericolo.

#### **b) Mezzi di trasporto**

Il mezzo di trasporto (ad es. veicolo, apparecchio di sollevamento, dispositivo di presa ed alloggiamento) deve essere adatto al trasporto del materiale.

La superficie di carico deve essere libera da residui, che potrebbero favorire lo slittamento di tubi e pezzi speciali. Il carico deve essere effettuato tenendo conto dei limiti ammissibili sia in termini di peso totale che di peso sui singoli assi del veicolo.

Il baricentro deve essere tenuto il più basso possibile. Le sponde laterali dei veicoli stradali possono essere abbassate, se le dimensioni del materiale caricato lo richiedono.

#### **c) Carico e scarico con operazioni manuali**

Se il peso del materiale lo consente, le operazioni di carico e scarico possono essere fatte manualmente. È vietato il gettito del materiale.

Il rotolamento è consentito solo con tubi rotondi, mediante adatti trasportatori a rulli (in legname squadrato). Nei tratti in pendenza, il materiale deve essere guidato con mezzi idonei, per impedire un rotolamento troppo veloce ed irregolare.

Si deve impedire l'urto contro i materiali già scaricati.; nel rotolamento si devono tenere a portata di mano dei ceppi frenanti.

---

**d) Carico e scarico con veicoli per trasporti interni**

I veicoli per trasporti interni devono essere equipaggiati con dispositivi di sollevamento e accatastamento. Nel trasporto di tubi lunghi si deve fare attenzione al loro stabile posizionamento. La superficie di transito deve essere sufficientemente solida e piana.

**e) Carico e scarico con apparecchi di sollevamento**

Apparecchi di sollevamento idonei possono essere ad es. gru, pale cariatrici ed escavatori. Essi devono essere equipaggiati con dispositivi di sollevamento e abbassamento graduate, in modo tale da impedire movimenti bruschi del carico.

**f) Carico e scarico con dispositivi di presa ed alloggiamento**

I dispositivi di presa ed alloggiamento del carico devono essere realizzati e applicati in modo tale da non compromettere la sicurezza e non danneggiare il materiale trasportato.

Possono essere utilizzati cinghie, pinze e ganci per tubi, colli di cigno, funi di acciaio e di fibra, catene ed altri dispositivi adatti. Non è ammessa l'utilizzazione di funi tirate longitudinalmente.

Non è ammesso applicare dispositivi di imbragamento ai denti del cucchiaio di escavatori e pale cariatrici.

Più tubi possono essere fissati contemporaneamente solo per mezzo di palette o simili adatti dispositivi.

Con tubi e pezzi speciali dotati di protezione interna, si devono utilizzare cinghie larghe o altri dispositivi di alloggiamento che non danneggino il rivestimento protettivo; non sono ammesse funi di acciaio senza camicia.

**g) Assicurazione del carico**

Tubi e pezzi speciali devono essere assicurati per il trasporto in modo tale da non compromettere la stabilità del carico.

Il carico viene assicurato mediante sponde, pezzi di legno, cunei e, in caso di necessità, mediante reggiature addizionali con catene di ancoraggio, cinghi o funi di acciaio.

I mezzi per assicurare il carico devono essere applicati in modo tale da evitare sollecitazioni concentrate in punti singoli. Si deve fare attenzione che catene, cinghie e funi di acciaio siano ben tesi.

I cunei devono essere assicurati su legni squadrati o direttamente sulle superfici del carico. Nel caso di accumulo dei tubi in strati sovrapposti, i tubi dello strato superiore possono essere disposti sopra tavole di legno squadrato, oppure nelle selle ricavate tra i tubi dello strato inferiore. Le tavole in legno devono essere disposte il più possibile una accanto all'altra ed assicurate con cunei anche nella parte inferiore.

---

I cunei devono essere applicati alle tavole di legno in modo tale che non si possano muovere. Prima dell'uso, tavole e cunei devono essere accuratamente ispezionati.

#### **h) Trasporto**

Nei trasporto su strada, la velocità deve essere fissata in relazione alle condizioni di traffico ed alle caratteristiche del carico e del veicolo onde poter garantire l'assoluta integrità dei condotti.

#### **i) Deposito e accatastamento**

Tutti i pezzi speciali devono essere depositati ed accatastati in modo tale da non essere danneggiati. Le cataste di tubi devono essere assicurate contro il pericolo di caduta per rotolamento.

La stabilità delle fosse di scavo non deve essere messa in pericolo dal materiale depositato o accatastato. A tal fine, si deve lasciar libera una striscia di almeno 60 cm. di larghezza lungo le fosse di scavo.

#### **1) Difesa contro effetti meccanici**

Sia nel deposito di singoli tubi che nell'accumulo in cataste, si deve tener conto della resistenza statica dei tubi, evitando in particolare sollecitazioni unilaterali sui bicchieri.

Come supporto inferiore si devono usare il più possibile tavole di legno; come supporti intermedi legno, trucioli di legno, funi e simili.

#### **m) Difesa contro effetti di temperatura**

Tutti i pezzi speciali in calcestruzzo devono essere protetti contro dannosi influssi della temperatura, in particolare quando sono stati protetti con rivestimenti a base di catrame.

Nel caso in cui tubi e pezzi speciali debbano essere depositati all'aperto in condizioni di gelo, ci si deve preoccupare che non gelino con il suolo e non si raccolga acqua al loro interno.

### **1.5.14. POSA IN OPERA DEI CAVI**

#### **a) Posa**

Sul fondo dello scavo, adeguatamente preparato, verrà steso uno strato di sabbia dello spessore di circa 15cm.

Prima della posa, si dovrà verificare che i cavi non mostrino danneggiamenti; calandoli nella fossa, poi, si dovrà procedere con la cura necessaria a non rovinare il letto di posa predisposto.

Non si procederà in alcun caso al rinterro se prima non sia stata controllata la corretta posizione della canalizzazione mediante esami condotti con funi, traguardi, tabelle di mira, apparecchi di livellazione, o con altri idonei mezzi.

#### **b) Rinterri**

---

Per il riempimento dei cavidotti si adopereranno i materiali provenienti dagli scavi, riconosciuti idonei dalla Direzione dei Lavori, che si trovano depositati lungo la trincea o in luoghi di deposito qualunque sia lo stato di costipamento delle materie stesse.

Il primo stralcio, fino ad un' altezza di ricoprimento di circa 20 cm sulla generatrice superiore del cavo, sarà realizzato ancora con sabbia vagliata.

Il riempimento successivo, da eseguirsi appena ultimato e compattato lo strato precedente, sarà eseguito per strati successivi di altezza non maggiore di 30 cm., regolarmente spianati e bagnati ed accuratamente compattati fino a superare il piano di campagna con un colmo di altezza sufficiente a compensare gli assestamenti che potranno aversi successivamente.

Qualora le materie di scavo fossero costituite da pietrame o da frammenti rocciosi di dimensioni maggiori di 10 cm., questi saranno messi in opera a mano nella parte di rinterro superiore a quello di prima copertura, in guisa da evitare, col loro getto alla rinfusa, i danneggiamenti dei cavi.

Gli spazi vuoti saranno riempiti con terre minute anche se dovranno essere trasportati da siti più lontani.

In nessun caso il rinterro totale dovrà risultare inferiore alla profondità di scavo, e se per raggiungere tale scopo non bastasse il materiale scavato e depositato lateralmente, l'Appaltatore dovrà provvedere a tutte sue cure e spese agli eventuali trasporti longitudinali ovvero a prelevarlo e trasportarlo da cave di prestito.

Dette cave dovranno essere aperte a tutte cure e spese dell'assuntore e dovranno essere mantenute in modo che non si abbiano a verificare in esse ristagni di acqua.

Allorché per raggiungere la necessaria altezza di ricoprimento dei cavi, che sarà ordinata dalla Direzione dei Lavori, occorresse spingere il rilevato al di sopra del piano naturale di campagna, questo sarà sagomato a sezione trapezoidale con scarpe ben profilate di adatta inclinazione, secondo le prescrizioni che saranno impartite all'atto pratico dalla Direzione dei Lavori.

Il materiale di rinterro dovrà comunque essere sistemato in modo da superare il piano di campagna con un colmo di altezza sufficiente a compensare gli assestamenti che potranno aversi successivamente.

Se, anche dopo aver raggiunto la minima altezza di ricoprimento sulla generatrice superiore dei cavi restasse ancora il materiale, questo - ad eccezione di quando possa essere necessario per eventuali successivi ricarichi - dovrà essere rimosso, a tutte cure e spese dell'Appaltatore.

#### **1.5.15. PALIFICAZIONI**

Per il dimensionamento, l'esecuzione della posa in opera ed il collaudo dei pali si dovrà tener conto delle disposizioni di cui al DM 18 Gennaio 2018.

---

**a) Palificazioni in legno**

I pali in legno per fondazione, cioè quelli destinati a reggere direttamente una fondazione saranno esclusivamente di quercia, rovere, larice rosso, di pino rosso, di ontano o di castagno secondo che sarà ordinato dalla Direzione dei Lavori, diritti sani e scortecciati e debitamente congruati alla superficie.

Il diametro dei pali è misurato sul mezzo della loro lunghezza.

I pali debbono essere battuti fino a rifiuto col maglio di idoneo peso (il peso del maglio deve essere stabilito in relazione alle dimensioni e peso dei pali ed alla natura del terreno).

Il rifiuto si intende raggiunto quando l'affondamento prodotto da un determinato numero di colpi di maglio (volata) caduti successivamente dalla medesima altezza, non superi il limite stabilito dalla Direzione dei Lavori.

Le ultime riprese debbono essere sempre battute in presenza di un incaricato della Direzione dei Lavori, ne l'appaltatore può in alcun caso recidere un palo senza che ne abbia ottenuta autorizzazione dall'incaricato della Stazione Appaltante preposto all'Alta Sorveglianza dell'opera.

Dal detto agente è tenuto uno speciale registro da firmarsi giornalmente dall'incaricato dell'appaltatore, nel quale registro notata la profondità raggiunta da ogni palo giuste le constatazioni che debbono essere fatte in contraddittorio, ed il rifiuto presentato dal palo stesso e quindi il carico che ogni palo può sostenere.

I pali debbono essere debitamente foggiate a punta ad un capo, e se si stimerà necessario dal

Direttore dei Lavori, muniti di cuspidi di ferro, con o senza punta di acciaio, di quel peso e forma che sarà stabilito; all'altro capo, sottoposto ai colpi di maglio, debbono essere opportunamente accomodati e muniti di cerchiatura o viera di ferro che impedisca durante la battitura ogni spezzatura o guasto.

Ogni palo che si spezzasse durante l'infissione o deviasse, deve, secondo sarà richiesto dall'Ing. Direttore dei Lavori, tagliato o svelto e surrogato da altro a spese e cure dell'appaltatore.

L'appaltatore è obbligato a mettere in opera tanti battipali, quanti ne permetterà lo spazio disponibile e quanti ne potrà esigere una buona e sollecita esecuzione dei lavori.

Quando la testa dei pali debba essere spinta sotto acqua, può l'Ing. Direttore dei Lavori permettere l'uso di un contropalo di conveniente lunghezza e diametro munito di perno di ferro, per la sua temporanea unione col palo che deve essere infisso.

**b) Palificazione con pali in cemento armato formati fuori opera**

Per la confezione dei pali fuori opera si seguiranno le norme stabilite per i lavori in cemento armato; si aggiunge soltanto che la preparazione dei pali dovrà farsi di massima in forme verticali battendo il conglomerato a piccoli strati orizzontali e che i pali stessi dovranno essere muniti di puntazze metalliche robustamente ancorate al conglomerato di cemento.



---

La infissione di questi pali si farà d'ordinario secondo i sistemi in uso per i pali in legname. Soltanto i magli dovranno essere di peso non inferiore al peso dei pali, e speciali cautele saranno adottate per impedire la spezzatura delle teste, collocandovi sopra prismi e segatura di legname entro cerchiature di ferro ed attuando quelle altre disposizioni che all'atto pratico fossero ritenute necessarie, a giudizio del Direttore dei Lavori.

Per ottenere un più facile affondamento, specialmente nei terreni sabbiosi e ghiaiosi, la infissione, oltre che con la battitura, potrà farsi col sussidio dell'acqua in pressione, facendo arrivare, mediante un tubo metallico oppure da apposito foro lasciato lungo l'asse di ogni palo, un getto di acqua a pressione sotto la punta del palo.

Gli ultimi colpi di assestamento dovranno però essere dati col solo maglio.

Se durante l'infissione si verificasse in qualche palo lesioni, scheggiature, guasti di qualsiasi genere o deviazione che a giudizio dell'Ing. Direttore dei Lavori non fossero tollerabili, il palo stesso deve essere rimosso e sostituito da altro palo a totali spese dell'appaltatore.

### **c) Palificazione con pali battuti formati in opera**

I pali battuti formati in opera, del tipo Simplex e derivati, Franchi, etc., saranno eseguiti conficcando nel terreno con uno dei sistemi in uso, o speciali brevettati, un tubo forma, del diametro corrispondente a quello del palo che si vuole costruire, sino a raggiungere la profondità necessaria per ottenere il rifiuto corrispondente al carico che il palo deve sostenere, quale risulta dai calcoli.

I tubi metallici saranno provvisti all'estremità inferiore di puntazze di ghisa o di cemento armato o di acciaio atte a garantire la chiusura stagna durante la battitura, e di tipo da abbandonarsi sul terreno.

Per la battitura dei tubi forma i magli non dovranno essere inferiori al peso di kg 2000 per tubi del diametro di m 0,45 e kg 1.200 per tubi del diametro di cm 30.

Raggiunta la profondità necessaria, il tubo forma verrà riempito con conglomerati cementizio (composto con inerti del volume di mc 1.200 complessivamente avente una granulometria che dovrà essere stabilita a priori mediante apposita prova di laboratorio, in mancanza di tale determinazione la composizione potrà essere fissata in mc 0,800 di ghiaia o pietrisco e mc 0,400 di sabbia per mc di conglomerato) e ql 3,50 di cemento che potrà essere del tipo 500 o del tipo 680, battuto e compresso secondo l'uso, o sistemi brevettati riconosciuti idonei dalla Direzione dei Lavori.

A richiesta della Direzione dei Lavori, detti pali potranno essere armati per l'intera lunghezza o per parte di essa, mediante opportuna ingabbatura metallica da collocarsi nel tubo forma, prima del getto del conglomerato.

Per tutti i pali formati in opera, e quando non siano completamente armati, il collegamento fra teste dei pali e le strutture superiori avverrà mediante una armatura longitudinale costituita da un minimo di 4 tondini la cui area complessiva non dovrà essere inferiore a 0,6% dell'area del conglomerato, estesa nel palo per una lunghezza non inferiore a quattro volte il diametro interno del tubo forma e

---

nella struttura superiore per una lunghezza non inferiore a 40 volte il diametro del ferro impiegato.

Detti ferri dovranno essere muniti, alla sola estremità superiore, da ganci, come da regolamento, la cui lunghezza non dovrà essere compresa nel calcolo dei 40 diametri suaccennato.

L'armatura longitudinale così descritta potrà essere staffata su disposizione della Direzione dei Lavori da una armatura trasversale a spirale continua del diametro minimo di mm 6 e con passo massimo corrispondente a 20 volte il diametro della armatura longitudinale.

Tanto per i pali trivellati come per quelli formati in opera, la battitura del conglomerato deve essere sorvegliata da agenti della amministrazione i quali dovranno segnare su apposito registro, in contraddittorio, le massime profondità raggiunte, il quantitativo di conglomerato posto in opera, etc.

L'appaltatore non potrà porre in opera le armature in ferro, né effettuare il versamento del conglomerato senza aver fatto prima constatare le profondità raggiunte ed i quantitativi di conglomerato e di ferro impiegati. In difetto di ciò saranno a suo carico tutti gli oneri e le spese occorrenti per i controlli ed accertamenti che la Direzione dei Lavori riterrà insindacabilmente indispensabili.

Per la confezione ed il getto del conglomerato cementizio varranno le norme stabilite negli articoli che seguono relativi alla esecuzione delle opere in cemento armato.

Per la esecuzione del bulbo od espansione di base, dopo raggiunta con l'estremità inferiore del tubo la quota stabilita, senza ritirare o sollevare il tubo formeranno si verseranno piccole quantità di conglomerato e le si comprimeranno energicamente con maglio del peso non inferiore a quello del maglio impiegato per la battitura del tubo-forma sino ad ottenere, sotto l'azione di una volata di 10 colpi di maglio aventi una caduta libera di m 1,50, un rifiuto non maggiore di quello indicato dal Direttore dei Lavori in relazione alla natura del terreno.

Si procederà poi alla esecuzione del fusto sollevando gradatamente il tubo con tutti gli accorgimenti necessari per non abbandonare il calcestruzzo ed evitare l'introduzione dell'acqua.

Al di sotto delle strutture di collegamento delle testate dei pali dovrà eseguirsi un getto di calcestruzzo magro (200 Kg. per metro cubo) dello spessore minimo di 115 del diametro di tubo forma.

L'interasse dei pali, salvo nei casi particolari da ordinarsi dalla Direzione dei lavori (ad es. quando la palificazione debba servire anche al compito di paratia) non dovrà essere inferiore a 3 diametri. Per i pali battuti la portanza del Palo verrà calcolata con la formula del Brix applicando un adeguato coefficiente di sicurezza da stabilite dalla Direzione dei Lavori dopo rilevate le caratteristiche geognostiche del terreno e basandosi sui risultati di una preventiva prova di carico eseguita su uno o più pali pilota.

In ogni caso, la portata di esercizio non dovrà mai provocare nel calcestruzzo alla testa del palo (la cui superficie sarà considerata corrispondente a quella del tubo forma) una sollecitazione superiore a 40 chilogrammi per cmq quando sia usato conglomerato confezionato con ql. 3,50 di cemento tipo 504 per me di impasto e kg 50 per cmq quando, con lo stesso dosaggio, sia impiegato cemento tipo 680.

---

Precisate all'atto esecutivo le condizioni geognostiche del terreno nel quale sono da eseguire le palificate, a palificata ultimata dovranno eseguirsi, delle prove di carico su singoli pali.

Tali prove ordinate dalla Direzione dei Lavori, saranno eseguite a cure e spese dell'impresa su almeno

il 2% dei pali interessanti la medesima opera, e dovranno dimostrare il buon comportamento del palo sotto un carico massimo pari a due volte la portata prefissata e mantenuto per 24 ore.

Il recupero del cedimento durante lo scarico non dovrà essere inferiore ad 1/3 del cedimento totale misurato. Nel caso di opere d'arte aventi un numero di pali inferiore a 50, la prova di carico dovrà essere effettuata su di un palo scelto dalla Direzione dei Lavori.

#### **d) Palificazione eseguita in opera con tubo infisso (pali trivellati)**

Per i pali eseguiti in opera con tubi infissi mediante trivellazione, con procedimento quindi che non modifica le proprietà meccaniche e la consistenza in genere del terreno entro il quale verrà eseguito il getto del conglomerato, si eseguirà la perforazione del terreno facendo scendere via via un tubo metallico (tubo forma) con elemento di estremità con ghiera tagliente, di diametro uguale a quello teorico del Palo.

Il tubo metallico, ove non sia di un sol pezzo, dovrà essere formato con elementi filettati che assicurano la perfetta direzione del palo e garantisca la perfetta coassialità.

Comunque dovrà essere possibile applicare all'estremità superiore un coperchio con presa per tubazione ad aria compressa ove occorresse adoperarlo o per espellere l'acqua o per provvedere con tale metodo all'esecuzione e costipamento della base e prima tronco del fusto sino a che non vi sia più introduzione di acqua.

Si dovrà avere la possibilità di proseguire la perforazione mediante appositi scalpelli quando si incontrano trovanti e vecchie murature.

Quando sia stata raggiunta la profondità voluta, si fermerà l'affondamento del palo e senza sollevarlo o ritirare il tubo e messa in opera la gabbia metallica se questa sia prevista per tutta la lunghezza, si inizierà la formazione della base gettando con una benna (chiusa all'estremità inferiore da una valvola automatica) o con altro sistema idoneo piccole e successive quantità di calcestruzzo e costipandole o mediante battitura (con maglio di peso variabile da ql. 12 per tubi del diametro di cm 45, a ql. 6 per tubi del diametro di cm 30) o con una dei pistoni in uso.

Prima di procedere al getto sarà resa stagna la estremità inferiore del tubo provvedendo alla costruzione di un tappo di conglomerato alla base del palo e sarà estratta l'acqua eventualmente penetrata nel tubo.

La sbulbatura di base ottenuta con la pisonatura del calcestruzzo od in qualsiasi altro modo che la natura del terreno e le modalità di esecuzione possono consigliare, sarà la maggiore possibile.

Eseguita la base, si procederà poi alla esecuzione del fusto mediante piccole successive introduzioni di calcestruzzo per tratti di altezza conveniente, in relazione alla natura del terreno, e sollevando

---

gradatamente il tubo-forma metallico, in modo tale che restino net tuba almeno 50 cm di conglomerato, senza abbandonarlo mai in modo da evitare che net tubo si introducano acqua o terra; dopo il getto di ciascuno dei tratti si procederà al costipamento del calcestruzzo o con battitura con una dei sistemi brevettati e dalla Direzione dei Lavori riconosciuto idoneo in relazione alla lunghezza dei pali.

Nel caso di attraversamento di vene dilavanti si effettuerà l'incamiciatura del tratto di palo con un controtubo di lamierino leggero esterno al tubo forma, che verrà lasciato in posto. Cura particolare dovrà usarsi affinché non si verificino soluzioni di continuità net getto di calcestruzzo, in particolare quando il costipamento avviene per pestonatura e ciò specialmente al momento della sfilatura del tuba forma.

In presenza di terre sciolte in acqua potrà procedersi al getto del conglomerato per maggiori altezze, senza pestonamento al fine di evitare sifonamenti net tubo.

Per i pali trivellati la portata limite verrà determinate in sede di progetto in relazione alle caratteristiche geognostiche degli strati attraversati e con l'uso di formule ben conosciute (Dorr, Cagnot, Kerisel o altre) considerando nella sua probabile realtà l'attrito laterale. La portata di esercizio sarà data dalla portata limite divisa per il coefficiente di sicurezza derivante dalla formula usata. La effettiva portata verrà valutata all'atto esecutivo mediante prove di carico su prototipi.

Per le prove di carico si terranno presenti le norme e prescrizioni indicate per i pali battuti formati in opera.

#### **e) Micropali**

I micropali saranno eseguiti mediante trivellazione a rotazione o rotopercolazione a mezzo di speciale attrezzatura atta a consentire l'esecuzione del palo con una prevista inclinazione in terreno di qualsiasi natura e consistenza, compresa la roccia.

A trivellazione compiuta si procederà al getto che sarà eseguito ad aria compressa con l'aiuto di apposita testa di tenuta con estrazione graduale del tubo forma.

L'impasto sarà dosato con b q.li/mc di cemento 425 per me di sabbia vagliata e con eventuale aggiunta di sostanze speciali per rendere l'impasto fluido. Il getto dovrà essere compatto e privo di vuoti.

#### **f) Tiranti di ancoraggio**

Sono costituiti da elementi orizzontali o sub-orizzontali di collegamento fra parade ed il terreno retrostante, aventi lo scopo di assorbire le spinte da monte, per consolidamento di opere preesistenti e contenimento di masse di terreno instabile.

I tiranti sono costituiti da nuclei di acciaio ad elevato limite elastico tipo c.a.p., formati con fili, trecce, trefoli, barre, alloggiati in appositi fori dove sono avvolti da malta cementizia ed ancorati saldamente al terreno mediante la parte terminate (bulbo): sono sottoposti ad adeguata tensione preventiva attraverso l'apposita testata di ancoraggio.

---

I fori del diametro di 154 mm. e di lunghezza fino a 30 m, saranno eseguiti con sonde a rotazione o a rotopercolazione, con rivestimento se necessario e con eventuale impiego di fanghi bentonitici; le iniezioni di adatta miscela dovranno assicurare da prima la formazione del bulbo terminale e quindi il rivestimento della parte libera, sino alla testata.

La pretensione da applicare ai tiranti sarà effettuata solo dopo sufficiente maturazione del bulbo di ancoraggio (28 giorni dall'ultima iniezione, o meno secondo il tipo di miscela), e dovrà raggiungere un valore finale pari a  $1,15 T$ , dove  $T$  è la capacità utile della pretensione definita nello 0,55 della trazione corrispondente all'allungamento permanente dello 0,2%; l'aumento del 15% è previsto per assorbire la caduta di tensione per rilassamento.

Prima di iniziare la tesatura di ogni singolo tirante, saranno tirati singolarmente e con forza opportuna gli elementi componenti, per eliminare le eventuali differenze di lunghezze nella parte libera; la tensione finale al valore di carico verrà raggiunta per successivi incrementi di  $0,25 T$  e con un'ultima quinta fase di tiro, pari allo  $0,15 T$ , di cui sopra si è detto.

Per alcuni tiranti (uno ogni 10 o frazioni) scelti dalla Direzione Lavori, si dovranno lasciare accessibili le teste di ancoraggio, per eventuali controlli o ritature.

In caso di cedimenti all'atto del tiro, saranno sospese le operazioni per riprendere le iniezioni del bulbo di ancoraggio.

Le altre norme da applicare per il controllo degli acciai, per l'esecuzione delle iniezioni e della tesatura, ecc. sono le stesse del D.M. 14.02.1992 e successivi aggiornamenti emanati in applicazione dell'art. 21 della Legge 511111971 n. 1086.

Le opere murarie interessate dai descritti tiranti di ancoraggio saranno costituite in precedenza, o potranno venir eseguite mano a mano che i tiranti si realizzano; le relative modalità esecutive così come quelle per la loro misurazione e valutazione sono riportate nei rispettivi articoli.

#### **g) Ordine da tenersi nell'andamento dei lavori**

Prima di dare inizio ai lavori l'Impresa è tenuta ad informarsi presso i proprietari se eventualmente nelle zone nelle quali ricadono le opere esistono cavi sotterranei (telefonici, telegrafici, elettrici) o condutture (acquedotti, fognature, metanodotti, etc.).

In caso affermativo l'Impresa dovrà comunicare agli Enti proprietari di dette opere la data presumibile della esecuzione dei lavori nelle zone interessate chiedendo altresì tutti quei dati (ubicazione, profondità, etc.) necessari al fine di mettersi in grado di eseguire i lavori con quelle cautele opportune per evitare danni alle accennate opere.

Qualora, una volta riconosciuta l'esatta ubicazione di dette opere, ad insindacabile giudizio della Direzione dei Lavori, si ritenesse indispensabile lo spostamento di alcune di queste che necessariamente intralciano o la cui posizione non è compatibile con la realizzazione delle opere previste in progetto si procederà al loro spostamento, dandone avviso ai rispettivi proprietari.

Qualsiasi opera che verrà danneggiata ed il cui spostamento non sarà stato preventivamente concordato con la Direzione dei Lavori, sarà ripristinata a spese della Ditta appaltatrice. Nei

---

confronti dei proprietari delle opere danneggiate l'unica responsabile rimane l'Impresa, rimanendo del tutto estranea l'Amministrazione da qualsiasi vertenza, sia essa civile che penale.

Nella demolizione si dovrà avere particolare attenzione a non deteriorare quei materiali o manufatti che possono ancora, a giudizio della Direzione dei Lavori, impegnarsi utilmente sottopena di rivalsa danni verso la Ditta appaltatrice.

In genere l'Appaltatore avrà facoltà di sviluppare i lavori nel modo che crederà più conveniente per darli perfettamente compiuti nel termine contrattuale, purché essa, a giudizio della Direzione, non riesca pregiudizievole alla buona riuscita delle opere.

La Stazione Appaltante si riserva in ogni modo il diritto di ordinare l'esecuzione di un determinato lavoro entro un prestabilito termine di tempo o di disporre l'ordine di esecuzione dei lavori nel modo che riterrà più conveniente, specialmente in relazione alle esigenze dipendenti dalla esecuzione di opere ed alla consegna delle forniture escluse dall'appalto, senza che l'Appaltatore possa rifiutarsi o farsene oggetto di richiesta di speciali compensi.

#### **1.5.16. LAVORI DIVERSI NON SPECIFICATI NEI PRECEDENTI ARTICOLI**

Per tutti i materiali, le forniture e le categorie di lavoro previste nei prezzi di Elenco, ma non specificate

o descritte negli articoli precedenti, si applicheranno integralmente, per quanto applicabili, le norme

di accettazione e le modalità di esecuzione (nonché i criteri di misurazione) prescritte negli articoli

di pertinenza del "Capitolato Speciale tipo per appalti di lavori edilizi" stampato dalla Tipografia dello Stato a cura del Ministero dei LL.PP., ultima edizione, nonché tutte le norme legislative successivamente emanate a modifica delle stesse materie.

---

# OPERE ELETTRICHE

---

## INDICE

<b>1. DATI DI PROGETTO.....</b>	<b>4</b>
<b>2. CARATTERISTICHE GENERALI DELLE OPERE.....</b>	<b>5</b>
<b>3. OPERE CIVILI.....</b>	<b>5</b>
3.1 CAVIDOTTI.....	5
3.2 PREFABBRICATO PER CABINA ELETTRICA DI SMISTAMENTO.....	5
3.3 RECINZIONE PERIMETRALE.....	6
3.4 STAZIONE DI TRASFORMAZIONE E DI CONSEGNA MT/AT.....	7
<b>4. OPERE DI ELETRIFICAZIONE.....</b>	<b>7</b>
4.1 ELETTRDOTTO MT.....	8
4.1.1 Cavo.....	8
4.1.2 Segnalazione della presenza dei cavi.....	9
4.1.3 Giunzioni e terminazioni MT.....	9
4.1.4 Tubazioni.....	9
<b>5. SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE E CONSEGNA 150/20 KV.....</b>	<b>10</b>
5.1 MONTANTE AT.....	11
5.1.1 Dimensionamento della sottostazione lato AT.....	11
5.1.2 Sezionatore AT di linea rotativo con lame di terra.....	12
5.1.3 Trasformatori di tensione capacitivi.....	12
5.1.4 Interruttori tripolari AT in SF <sub>6</sub> .....	13
5.1.5 Trasformatori di corrente.....	14
5.1.6 Trasformatori di tensione induttivi.....	15
5.1.7 Scaricatori di sovratensione.....	15
5.1.8 Trasformatore AT/MT.....	16
5.1.9 Conduttori, morsetti e collegamenti AT.....	17
5.1.10 Strutture metalliche di sostegno.....	18
5.1.11 Apparato per la connessione ai morsetti del trasformatore AT/MT.....	18
5.2 QUADRO MT.....	18
5.2.1 Norme di riferimento.....	19
5.2.2 Dati ambientali (riferiti al locale ove è installato il quadro).....	20
5.2.3 Struttura del quadro.....	20
5.2.4 Celle apparecchiature MT.....	20
5.2.5 Collegamenti equipotenziali di terra.....	22
5.2.6 Interblocchi.....	22



---

5.2.7	Apparecchiature ausiliarie ed accessori .....	22
5.3	TRASFORMATORE SERVIZI AUSILIARI.....	23
5.4	GRUPPO ELETTROGENO.....	23
5.5	COLLEGAMENTI AUSILIARI .....	23
5.6	IMPIANTO DI TERRA .....	24
5.7	ILLUMINAZIONE ED IMPIANTO FM .....	24
5.8	IMPIANTI SPECIALI.....	24
<b>6.</b>	<b>PROTEZIONE APPARECCHIATURE SOTTOSTAZIONE.....</b>	<b>25</b>
6.1	PROTEZIONE LATO MT.....	25
6.2	PROTEZIONE DI INTERFACCIA.....	25
6.3	PROTEZIONE DEL TRASFORMATORE MT/AT .....	25
<b>7.</b>	<b>RTU E SCADA DELLA SOTTOSTAZIONE.....</b>	<b>25</b>
7.1	RTU DI SOTTOSTAZIONE.....	25
7.2	RTU DELLA CABINA DI SMISTAMENTO .....	26
7.3	UNITÀ DI CONTROLLO DELLO STALLO AT.....	27
7.4	SCADA.....	27
<b>8.</b>	<b>APPARECCHIATURE DI MISURA DELL'ENERGIA.....</b>	<b>27</b>
8.1	SPECIFICHE GENERALI .....	27
8.2	ADM SU CONSEGNA 150 KV .....	28
8.3	ADM A BOCCA DI CENTRALE .....	29
8.4	ADM SU SERVIZI AUSILIARI .....	29

---

## 1. DATI DI PROGETTO

<b>DATI TECNICI</b>	
Potenza nominale dell'impianto	48,00 Mwe
Range di tensione in corrente continua in ingresso ai trasformatori di ciascuna torre	< 1000 V
Tipo di intervento richiesto: Descrizione della rete di collegamento Tensione nominale (Un) Vincoli della Società Distributrice da rispettare	MT neutro isolato Trasporto 30.000 V - Consegna 150 kV Normativa Terna ed Enel
Misura dell'energia	Contatore proprio nel punto di consegna per misure GSE Contatore proprio e UTF sulla MT per la misura della produzione
Punto di consegna	Futura SSE 150 kV Pietramontecorvino

---

## **2. CARATTERISTICHE GENERALI DELLE OPERE**

Le opere oggetto della presente, avranno le seguenti caratteristiche generali:

- potenza nominale del parco eolico: 48,00 MW;
- n. 1 cabina di sezionamento (CS), punto di partenza del cavidotto di vettoramento;
- n. 1 sottostazione elettrica di trasformazione AT/MT (SE) da collegare ad una futura SSE a 150 kV questa collegata, in *entra-esce*, alla linea 150 kV "Casalvecchio – Pietramontecorvino";
- rete elettrica esterna alle aree di centrale, 30 kV tra la cabina di sezionamento (CS) e la sottostazione di trasformazione (SE).

## **3. OPERE CIVILI**

### **3.1 CAVIDOTTI**

Saranno eseguiti scavi a sezione ridotta e obbligata di profondità 120 cm salvo particolari situazioni che dovessero verificarsi in corso d'opera.

Si procederà quindi con:

- posizionamento allettamenti in sabbia di cava lavata;
- posa dei cavi MT ad elica e del conduttore di terra;
- riempimento con sabbia di cava lavata;
- posizionamento di eventuali tegolini di tipo prefabbricato in C.A.V. o similare di protezione e individuazione;
- posa di uno o più nastri segnalatori;
- rinterro con materiale arido proveniente dagli scavi, preventivamente approvato dalla D.L., per gli attraversamenti di terreni agricoli; rinterro con conglomerato cementizio classe Rck 150 con inerti calcarei o di fiume nel caso di attraversamenti zone carrabili;
- eventuale ripristino della pavimentazione stradale nel caso di attraversamenti di strade asfaltate.

### **3.2 PREFABBRICATO PER CABINA ELETTRICA DI SMISTAMENTO**

Il manufatto sarà costituito da struttura monolitica autoportante completamente realizzata e rifinita nello Stabilimento di produzione del Costruttore.

Sarà conforme alle norme CEI e alla legislazione vigente in materia.

---

L'armatura interna del fabbricato dovrà essere totalmente collegata elettricamente per creare una gabbia di Faraday a protezione dalle sovratensioni di origine atmosferica ed a limitazione delle tensioni di passo e contatto.

L'elemento scatolare tipico, risulta formato da:

- n. 4 pareti verticali;
- n. 1 soletta di copertura smontabile;
- n. 1 pavimento interno realizzato in ripresa di getto, solidale alle pareti stesse;
- eventuali pannelli divisorii interni;
- basamento di fondazione di tipo prefabbricato a vasca (o in alternativa realizzazione del basamento con cunicoli in calcestruzzo sul posto), che fuoriesce dal p.c. di circa 10 cm.

Le caratteristiche della cabina sono tali da garantire:

- grado di sismicità  $S = 12$ ;
- grado di protezione IP = 33 (Norme CEI 70-1).

Le pareti esterne dovranno essere prive di giunzioni e trattate con rivestimento che garantisca il perfetto ancoraggio sul manufatto, l'impermeabilizzazione, l'inalterabilità del colore e la stabilità agli sbalzi di temperatura. Il vano cavi è realizzato tramite basamento di fondazione a vasca preforato.

Gli ingressi dei cavi dovranno essere tamponati in modo da impedire l'ingresso dell'acqua e di animali. Nei cunicoli, la sistemazione dei cavi entranti nei quadri deve garantire il raggio minimo di curvatura. Le normali condizioni di funzionamento delle apparecchiature installate, sono garantite da un sistema di ventilazione naturale ottenuto con griglie di aerazione. Le griglie del fabbricato dovranno essere secondo l'unificazione Enel e i disegni progettuali e dovranno essere provviste di rete antinsetto.

### **3.3 RECINZIONE PERIMETRALE**

La recinzione perimetrale prevista sarà scelta in fase esecutiva, in base a valutazioni di carattere tecnico ed economico, in questa fase può essere consigliata, quale tipologia da adottare ottenendo un buon compromesso tecnico/economico quella del tipo "a pettine" in cemento armato, costituita da elementi prefabbricati di altezza 2,40 m circa fuori terra costituiti da basamento pieno con serie di piastrini incorporati a sezione trapezoidale, collegati tra loro con doppia piastra e doppio bullone o con bloccaggio mediante saldatura su piastra predisposta.

---

La struttura del cordolo fuori terra permette la raccolta e il deflusso delle acque meteoriche superficiali attraverso tratti di tubazione in PVC di diametro 75 mm inseriti nella parte bassa del cordolo. Il calcestruzzo da utilizzare dovrà avere resistenza Rck 25 N/mm<sup>2</sup>. Le armature dei cordoli saranno in barre ad aderenza migliorata tipo Fe B 44 K.

Il cancello d'ingresso sarà del tipo a battenti e dovrà essere realizzato in acciaio zincato, sorretto da pilastri in scatolare metallico e da una trave a piano campagna in continuità con il cordolo di fondazione della recinzione.

Le dimensioni saranno tali da permettere un agevole ingresso dei mezzi pesanti impiegati in fase di realizzazione e manutenzione. In fase esecutiva sarà considerata la possibilità di dotare il cancello di azionamento elettrico.

### **3.4 STAZIONE DI TRASFORMAZIONE E DI CONSEGNA MT/AT**

Tutti i componenti della stazione saranno ubicati all'interno delle relative recinzioni insieme con gli apparati di controllo e protezione della stazione; un edificio chiuso ospiterà le celle di misura, controllo e protezione.

Per l'esecuzione del progetto sono necessarie le seguenti opere civili:

- recinzione perimetrale del tipo "a pettine" in cemento armato, costituita da elementi prefabbricati di altezza 2,40 m circa fuori terra a sezione trapezoidale;
- strutture di fondazione degli apparati elettromeccanici costituite da travi, platee e plinti in cemento armato;
- reti di cavidotti interrati;
- pavimentazioni dei piazzali con bitume per le parti carrabili e inghiaiate per le restanti.

## **4. OPERE DI ELETRIFICAZIONE**

Tutti i materiali impiegati nella realizzazione dei lavori dovranno essere conformi alle prescrizioni indicate nella presente specifica tecnica, nelle norme CEI, alle dimensioni unificate secondo le tabelle UNEL e provvisti del marchio IMQ (quando ammessi al regime del marchio) e marchio CE. Essi dovranno essere nuovi di costruzione e dovranno inoltre essere scelti per qualità e provenienza di primarie case costruttrici e fra quanto di meglio il mercato sia in grado di fornire.

Particolare attenzione dovrà essere posta nella scelta delle apparecchiature in considerazione anche della continuità del servizio e della facilità di manutenzione.

---

## 4.1 ELETTRODOTTO MT

### 4.1.1 Cavo

Dovranno essere impiegate terne di cavi cordati ad elica visibile con isolamento estruso, tipo ARE4H1RX (per linee Mt) – XPLE 400R (per linea At):

<b>CAVIDOTTI</b>			
<b>Impianto eolico Volturino</b>			
<b>TORRI</b>	<b>TIPO DI CAVO</b>	<b>SEZIONE</b>	<b>LUNGHEZZA LINEA</b>
	18/30 kV	[mmq]	[ml]
<b>da Id. T1 a T2</b>	<b>ARE4H1RX</b>	95	886
<b>da Id. T2 a T3</b>	<b>ARE4H1RX</b>	95	1080
<b>da Id. T3 a T4</b>	<b>ARE4H1RX</b>	185	1783
<b>da Id. T4 a T5</b>	<b>ARE4H1RX</b>	400	1737
<b>da Id. T5 a CS</b>	<b>ARE4H1RX</b>	500	813
<b>da Id. T10 a T9</b>	<b>ARE4H1RX</b>	95	3172
<b>da Id. T9 a T8</b>	<b>ARE4H1RX</b>	95	595
<b>da Id. T8 a T7</b>	<b>ARE4H1RX</b>	185	4962
<b>da Id. T7 a T6</b>	<b>ARE4H1RX</b>	400	2918
<b>da Id. T6 a CS</b>	<b>ARE4H1RX</b>	400	1739
<b>da CS a SE</b>	<b>ARG7H1E</b>	630	8792

Il conduttore è in alluminio a corda rigida rotonda e compatta di cui alla norma CEI 20-29. Tra il conduttore e l'isolante è interposto uno strato di semiconduttore estruso, di spessore minimo 0,3 mm. L'isolante è in polietilene reticolato (XLPE) rispondente alle norme HD 620 DIX8 e CEI 20-13.

Tra l'isolante e lo schermo metallico è interposto uno strato di semiconduttore estruso, di spessore compreso fra 0,3 e 0,6 mm, che, a sua volta è coperto da un nastro semiconduttore (eventuale)

---

realizzato con nastri avvolti con sormonto min. 25%. Lo schermo metallico esterno è costituito da fili di rame ricotto non stagnato disposti secondo un'elica unidirezionale o a senso periodicamente invertito, con nastro equalizzatore di rame non stagnato oppure uno o più fili di rame disposti longitudinalmente. Il rivestimento protettivo esterno è una guaina in PVC di qualità Rz/ST2 di colore rosso.

Il cavo suddetto è definito a campo radiale in quanto, essendo ciascuna anima rivestita da uno schermo metallico, le linee di forza elettriche risultano perpendicolari agli strati dell'isolante.

#### **4.1.2 Segnalazione della presenza dei cavi**

All'interno dello scavo, al fine di evitare danneggiamenti, è prevista la posa di un nastro di segnalazione in polietilene rosso riportante indicazioni in merito alla presenza dei cavi elettrici in media tensione e la loro tensione nominale; in questo modo si faciliterà l'individuazione degli stessi da parte di terzi durante l'esecuzione di scavi nelle immediate vicinanze dell'elettrodotto.

Il suddetto nastro dovrà essere posato lungo il percorso dei cavi sotto la pavimentazione, a non meno di 20 cm dal tegolino di protezione più alto.

Nell'attraversamento di aree private fino all'imbocco delle strade pubbliche dovrà essere segnalata la presenza dell'elettrodotto interrato posizionando opportuna segnaletica (ad esempio paline indicanti la presenza dei cavi MT).

#### **4.1.3 Giunzioni e terminazioni MT**

Per le giunzioni elettriche si devono utilizzare giunti in materiale retraibile con connettori di tipo a compressione dritti o del tipo a rottura, adatti alla giunzione di cavi in alluminio ad isolamento estruso con ripristino dell'isolamento.

Per la terminazione dei cavi scelti e per l'attestazione sui quadri in cabina ed in sottostazione si devono applicare terminali unipolari per interno con isolante in materiale retraibile e capicorda di sezione idonea.

#### **4.1.4 Tubazioni**

In casi particolari e secondo la necessità la protezione meccanica potrà essere realizzata mediante tubazioni di materiale plastico (PVC), flessibili, di colore rosso, di diametro nominale 160 mm o 200 mm, a doppia parete con parete interna liscia, rispondenti alle norme CEI EN 50086-1 e CEI EN 50086-2-4 e classificati come normali nei confronti della resistenza all'urto.

---

## **5. SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE E CONSEGNA 150/30 kV**

Per poter procedere alla messa in esercizio del parco eolico è necessario poter effettuare, in parallelo con la rete di Trasmissione Nazionale, un'ulteriore sezione di trasformazione MT/AT. Tutte le apparecchiature AT sono dimensionate per sopportare la tensione massima nominale a frequenza industriale della sezione a 150 kV nel rispetto delle specifiche Terna. Inoltre il valore previsto, in base al quale vengono dimensionate le stesse, per la corrente nominale di corto circuito trifase, per le diverse sezioni di impianto, è di 31,5 kA. La durata nominale di corrente corto circuito trifase prevista è di 1 s.

Dal punto di vista meccanico, le apparecchiature AT sono dimensionate in modo da poter sopportare in sicurezza le sollecitazioni meccaniche e termiche derivanti da tali correnti di corto circuito, in conformità a quanto indicato dalle Norme EN 61936-1 ed EN 50522. La stazione si collegherà alla RTN mediante la futura Stazione a 150 kV da costruirsi in agro di Pietramontecorvino (FG).

Partendo dal punto di consegna Terna, la parte AT della sottostazione include:

- N. 1 sezione di sbarre a 150 kV;
- N. 1 montante trasformatori 150 kV e misure fiscali;
- N.1 montante di collegamento con impianto di Terna;
- N. 1 Quadri MT 30 kV;
- N. 1 trasformatori di potenza 150/30 kV:
  - 50/60 MVA (ONAN/ONAF)

Tutti i componenti della sottostazione saranno ubicati all'interno di una recinzione, di altezza 2,40 m circa, insieme con gli apparati di controllo e protezione della sottostazione; un edificio chiuso ospiterà le celle di media tensione e i quadri di misura, controllo e protezione.

Per l'esecuzione del progetto, oltre ai fabbricati, sono necessarie le seguenti opere civili:

- recinzione perimetrale del tipo "a pettine" in cemento armato, costituita da elementi prefabbricati di altezza 2,40 m circa fuori terra a sezione trapezoidale;



- 
- strutture di fondazione degli apparati elettromeccanici che saranno costituite da travi, platee e plinti in cemento armato;
  - reti di cavidotti interrati;
  - pavimentazioni dei piazzali con bitume per le parti carrabili e inghiaiate per le restanti.

## **5.1 MONTANTE AT**

Tutte le apparecchiature ed i componenti AT di stazione sono progettati per sopportare la tensione massima nominale a frequenza di rete a 150 kV, cui si collegano e devono essere conformi alla specifica tecnica Terna "Requisiti e caratteristiche di riferimento delle stazioni elettriche della RTN" dove sono riportate le caratteristiche più in dettaglio e alle specifiche Enel applicabili alle apparecchiature di seguito riportate.

### **5.1.1 Dimensionamento della sottostazione lato AT**

I dati generali utilizzati per il dimensionamento delle sottostazione sono indicati nel seguente schema:

Tensione di esercizio del sistema:	150 kV
Tensione massima del sistema:	170 kV
Frequenza nominale:	50 Hz
Tensione di tenuta a frequenza industriale:	325 kV
Tensione di tenuta ad impulso atmosferico:	750 kV
Corrente nominale di breve durata:	31,5 KA per 1 s
Corrente di guasto monofase a terra:	10 kA

Le apparecchiature AT saranno posizionate in accordo con la norma CEI 11-1 rispettando in particolare i seguenti requisiti:

- altezza minima da terra delle parti in tensione: 4500 mm
- distanza tra gli assi delle fasi delle apparecchiature: 2500 mm

Le caratteristiche tecniche e funzionali alla base della progettazione della stazione di interconnessione rispondono ai criteri generali stabiliti da Enel Distribuzione S.p.A. e Terna S.p.A.

---

### 5.1.2 Sezionatore AT di linea rotativo con lame di terra

Viene utilizzata questa tipologia di sezionatore al fine di garantire il massimo livello di sicurezza durante le operazioni di manutenzione sulle sbarre e le apparecchiature AT, la migliore visibilità del sezionamento ed il minimo ingombro in senso longitudinale. Le caratteristiche nominali sono di seguito riportate:

Norme di riferimento	IEC 129
Tensione nominale	170 kV
Corrente nominale	1250 A
Frequenza nominale	50 Hz
Numero di poli	3
Corrente nominale di breve durata (valore efficace)	20 kA
Corrente nominale di breve durata (valore di cresta)	50 kA
Durata ammissibile della corrente di cortocircuito	1 s
Tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico verso massa	650 kV
Tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico al sezionamento	750 kV
Tensione nominale di tenuta a frequenza di esercizio verso massa	275 kV
Tensione nominale di tenuta a frequenza di esercizio sul sezionamento	315 kV
Sforzi meccanici nominali sui morsetti (orizzontale longitudinale)	800 N
Sforzi meccanici nominali sui morsetti (orizzontale trasversale)	320 N
Sforzi meccanici nominali sui morsetti (verticale)	170N
Tempo di apertura/chiusura	≤ 15 s
Operazione delle lame di linea	manuale/motorizzata
Operazione delle lame di terra	manuale/motorizzata
Contatti ausiliari disponibili	4NA + 4NC
Tensioni ausiliarie	110 Vcc

### 5.1.3 Trasformatori di tensione capacitivi

Si tratta di trasformatori di tensione di tipo capacitivo per uso esterno le cui caratteristiche sono qui riportate:

Norme di riferimento	IEC 185
Tensione massima di isolamento	170 kV

Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale per 1 min	325 kV
Tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico	150000 $:\sqrt{3}/100:\sqrt{3}$ V/100: $\sqrt{3}$
Capacità nominale	4000 pF
Prestazioni nominali	40VA/CI.0.2-50VA/CI.0.2-100VA/3P
Fattore di tensione nominale con tempo di funzionamento di 30 s	1.5
Tolleranza sulla capacità equivalente serie in A.F. dal valore nominale a frequenza di rete	-20% - + 50%
Resistenza equivalente in A.F.	$\leq 40 \ \Omega$
Capacità parassite del terminale di bassa tensione a frequenza compresa tra 40 e 500 kHz, compresa l'unità elettromagnetica di misura	$\leq (300 + 0.05 C_n)$ pF
Conduttanza parassita del terminale di bassa tensione a frequenza compresa tra 40 e 500 kHz, compresa l'unità elettromagnetica di misura	$\leq 50 \ \mu S$
Sforzi meccanici nominali sui morsetti orizzontali, applicato a 600 mm sopra la flangia B	2000 N
Sforzi meccanici nominali sui morsetti verticali, applicato sopra la flangia B	5000 N
Sforzi meccanici nominali sui morsetti verticali, applicato sopra il terminale orizzontale	1000 N
Sforzi meccanici nominali sui morsetti verticali, applicato sopra il terminale verticale (verso l'alto)	1000 N

#### 5.1.4 Interruttori tripolari AT in SF6

Gli interruttori sono dimensionati per una tensione nominale di 150 kV. La tabella seguente ne riassume le principali caratteristiche:

Norme di riferimento	IEC 56.1
Mezzo di estinzione dell'arco	gas SF6
Tensione nominale	150 kV
Tensione massima	170 kV
Corrente nominale	1250 A
Frequenza nominale	50 Hz
Numero di poli	3
Tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico verso massa	750 kV

Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale verso massa	325 kV
Corrente nominale di cortocircuito	31,5 kA
Potere di stabilimento nominale in corto circuito	50 kA
Durata nominale di cortocircuito	1 s
Sequenza nominale di operazioni	O – 0.3" – CO – 1' - CO
Potere di interruzione nominale in discordanza di fase	5 kA
Potere di interruzione nominale su linee a vuoto	63 A
Potere di interruzione nominale su cavi a vuoto	160 A
Potere di interruzione nominale su batteria di condensatori	600 A
Durata massima di interruzione chiusura/apertura	≤ 60 ms
Durata massima di stabilimento/interruzione per bobina a lancio	≤ 80 ms
Durata massima di stabilimento/interruzione per bobina a mancanza di tensione:	≤ 120 ms
Durata massima di chiusura	≤ 150 ms
Massima non contemporaneità tra i poli in chiusura	5 ms
Massima non contemporaneità tra i poli in apertura	3.3 ms
Comando manovra	tripolare
Tensioni di alimentazione ausiliaria: - Motore - Bobine di apertura/chiusura - Relè ausiliari - Resistenza di riscaldamento/anticondensa	110 Vcc 110 Vcc 110 Vcc 220 Vca
Contatti ausiliari	4NA + 4NC

L'interruttore deve inoltre essere conforme alle prescrizioni del D.M. del 1.12.80 e del 10.9.81 relativi alla "Disciplina dei contenitori a pressione a gas con membrane miste di materiale isolante e di materiale metallico, contenenti parti attive di apparecchiature elettriche".

### 5.1.5 Trasformatori di corrente

Norme di riferimento	IEC 185
Montaggio	Esterno
Tensione nominale	150 kV
Tensione massima	170 kV
Isolamento	SF6
Tensione nominale di tenuta a impulso atmosferico	750 kV
Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale per 1 minuto	325 kV

Frequenza nominale	50 Hz
Rapporto di trasformazione	00 – 400 – 800 - 1200/5 – 5 – 5 A
Numero nuclei	3
Corrente massima permanente	1.2 p.u.
Corrente termica nominale di corto circuito	20 kA
Corrente nominale dinamica	50 kA
Prestazione e classe di precisione 1° nucleo (misure)	30VA/Cl. 0.2 e 50VA/Cl. 0.5
Prestazione e classe di precisione 2° e 3° nucleo (protezioni)	30VA/5P30
Impedenza secondaria 2° e 3° nucleo a 75 °C	≤ 0,4 &
Reattanza secondaria alla frequenza industriale	Trascurabile
Fattore sicurezza nucleo misure	≤ 10

### 5.1.6 Trasformatori di tensione induttivi

Norme di riferimento	IEC 185
Tensione nominale	150 kV
Tensione massima di riferimento per l'isolamento	170 kV
Isolamento	SF6
Tensione nominale di tenuta a impulso atmosferico	750 kV
Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale per 1 minuto	325 kV
Frequenza nominale	50 Hz
Rapporto di trasformazione	150000 : $\sqrt{3}$ /100: $\sqrt{3}$
Numero nuclei	1
Corrente termica di corto circuito	20 kA
Prestazione nominale	50 VA
Classe di precisione	0,2 - 0,5 - 3P
Fattore di tensione nominale (funzionamento x 30 s)	1.5
Montaggio	esterno

### 5.1.7 Scaricatori di sovratensione

Gli scaricatori sono provvisti di basi isolate e dispositivo conta scariche su ciascuna fase.

Norme di riferimento	IEC 99-4
----------------------	----------

Tipo di isolamento	Normale
Tipo costruttivo	Ad ossido di zinco
Frequenza nominale	50 Hz
Corrente nominale di scarica	10 kA
Tensione di esercizio continuativo	110 kV
Tensione temporanea massima per 1 s	158 kV
Tensione massima residua alla corrente nominale di scarica (onda 8/20 $\mu$ s):	396 kV
Tensione massima residua all'impulso di corrente a fronte rapido (10 kA, fronte 1 $\mu$ s)	455 kV
Tensione massima residua all'impulso di corrente di manovra (500 A, 30/60 $\mu$ s):	318 kV
Impulso di forte corrente per la prova di esercizio	100 kA
Classe di scarica alla prova di tenuta ad impulsi di lunga durata	2
Corrente elevata per la prova del dispositivo di sicurezza contro le esplosioni	31.5 kA
Linea di fuga della porcellana	Normale
Carico per la prova di resistenza meccanica a flessione	2000 N

### 5.1.8 **Trasformatore AT/MT**

Per la trasformazione 150/30 kV si impiega un trasformatore trifase in olio minerale per installazione all'esterno, con raffreddamento naturale dell'aria e dell'olio (ONAN) e con solo raffreddamento forzato dell'aria (ONAF), con radiatori addossati al cassone, completo di serbatoio dell'olio per il funzionamento e di serbatoio dell'olio di riserva.

Norme di riferimento	CEI EN 60076.1 (1998-09)
Tipo di servizio	continuo
Temperatura ambiente di riferimento	40° C
Classe di isolamento	A
Tipo di isolamento	in olio
Tipo di raffreddamento	ONAN/ONAF
Tipo di installazione	Esterno
Potenza nominale	50/60 MVA
Tensione nominale AT	150 kV

Tensione nominale MT	20 kV
Frequenza nominale	50 Hz
Regolazione tensione AT sotto carico	+/- 10 x 1,5 %
Collegamento fasi avvolgimento AT	stella
Collegamento fasi avvolgimento MT	triangolo
Gruppo vettoriale di collegamento	Ynd11
Tensione di prova ad impulso atmosferico avvolgimento AT (valore di cresta)	650 kV
Tensione di prova ad impulso atmosferico avvolgimento MT (valore di cresta):	125 kV
Tensione di prova indotta a frequenza industriale avvolgimento AT	275 kV
Tensione di prova indotta a frequenza industriale avvolgimento MT	50 kV

### **5.1.9 Conduttori, morsetti e collegamenti AT**

Le connessioni tra le varie apparecchiature AT a partire dal sezionatore di ingresso all'area utente fino ai trasformatore di potenza dovranno essere realizzate con conduttori in lega di alluminio in tubo P – Al Mg Si UNI 3569-66. Le giunzioni lungo il sistema di sbarre dovranno consentire le normali espansioni e contrazioni dei tubi, previste con il variare della temperatura; i morsetti destinati allo scopo non dovranno trasmettere, durante le oscillazioni dei tubi, alcun momento sugli isolatori portanti del sistema di sbarre.

La morsetteria utilizzata dovrà essere di tipo monometallico in lega di alluminio a profilo antieffluvio con serraggio a bulloni in acciaio inox. Nell'accoppiamento eventuale alluminio-rame si utilizzerà pasta antiossidante per impedire la corrosione galvanica tra i due metalli.

Gli isolatori utilizzati per le sbarre e per le colonne portanti dovranno essere realizzati in conformità alle Norme CEI 36-12 e CEI EN 60168 e costituiti da colonnini in porcellana di supporto sbarre AT costituiti da isolatori portanti per esterno a nucleo pieno per il sostegno delle sbarre e assemblati su sostegni tripolari e con le seguenti caratteristiche:

- tipo: IEC C4-650
- linea di fuga minima: normale (16 mm/kV)
- carico di rottura a torsione: 450 daN\*m
- carico di rottura a flessione: 400 daN
- momento flettente di rottura in testa: 350 daN\*m

---

• tensione nominale:	132 kV
• tensione di esercizio:	150 kV
• tensione di tenuta ad impulso atmosferico:	650 kV
• tensione di tenuta sotto pioggia:	275 kV

Si dovrà prestare particolare attenzione alla sagomatura delle tubazioni di collegamento per mantenere le distanze verso massa superiori a quanto prescritto dalla CEI 11-1.

#### **5.1.10 Strutture metalliche di sostegno**

Le strutture metalliche previste sono di tipo tubolare dimensionate in accordo al DPR 1062 del 21/06/1968. La zincatura a fuoco verrà eseguita nel rispetto delle indicazioni della norma CEI 7-6 fasc. 239. Qualora durante il montaggio la zincatura fosse asportata o graffiata, si provvederà al ripristino mediante applicazione di vernici zincate a freddo.

#### **5.1.11 Apparato per la connessione ai morsetti del trasformatore AT/MT**

L' apparato per la connessione ai morsetti del trasformatore AT/MT è costituito da n. 3 sbarre in rame, sorrette mediante isolatori da un castelletto in acciaio zincato per la risalita cavi e la connessione alle suddette sbarre. E' necessario grigliare opportunamente il perimetro del castelletto per impedire l'accesso ai cavi. Inoltre, si dovrà eseguire una nastratura di isolamento delle sbarre MT mediante guaina termoretraibile al fine di evitare incidenti dovuti alla presenza di animali selvatici.

### **5.2 QUADRO MT**

La presente specifica ha lo scopo di definire i requisiti fondamentali per il progetto, le modalità di collaudo, di fornitura e di offerta di quadri di Media Tensione fino a 36 kV di tipo protetto, atti a realizzare le cabine di ricevimento, distribuzione e trasformazione MT/BT necessarie al funzionamento dell'impianto. Ogni quadro SM6 sarà completo e pronto al funzionamento entro i seguenti limiti meccanici ed elettrici:

- lamiere di chiusura laterali e per chiusura passaggio cavi comprese;
- attacchi per collegamento cavi di potenza compresi; cavi e terminali esclusi;
- morsettiera per collegamento cavi ausiliari esterni compresa; cavi e capicorda esclusi.



---

### 5.2.1 Norme di riferimento

I quadri e le apparecchiature saranno progettate, costruite e collaudate in conformità alle Norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano), IEC (International Electrical Code) in vigore ed in particolare le seguenti:

- quadro:
  - CEI Norma 17-21                      CEI EN 60694
  - IEC Norma 694
  - CEI Norma 17-6                      CEI EN 60298
  - IEC Norma 298
- interruttori:
  - CEI Norma 17-1
  - IEC Norma 56
- IMS:
  - CEI Norma 17-9                      CEI EN 60265
  - IEC Norma 265
- sezionatori:
  - CEI Norma 17-4
  - IEC Norma 129
- IMS combinato con fusibili:
  - CEI Norma 17-46
  - IEC Norma 420
- trasformatore di corrente:
  - CEI Norma 38-1
  - IEC Norma 185
- trasformatore di tensione:
  - CEI Norma 38-2
  - IEC Norma 186
- conformità alle regolamentazioni e normative previste dalla Legislazione Italiana per la prevenzione degli infortuni;
- conformità al D. Lgs. 81/08;
- conformità al p.to 11 del D.P.R. 341 relativo ai recipienti in pressione.

I quadri saranno inoltre fabbricati seguendo un sistema di Garanzia di Qualità conforme alla norma UNI EN ISO 9001.

---

### **5.2.2 Dati ambientali (riferiti al locale ove è installato il quadro)**

Temperatura ambiente	max +40 °C
	min - 5 °C
Umidità relativa	95% massima
Altitudine	< 1000 metri s.l.m.

### **5.2.3 Struttura del quadro**

Il quadro sarà formato da unità affiancabili tipo SM6, ognuna costituita da celle componibili e standardizzate. Il quadro realizzato in esecuzione protetta sarà adatto per installazione all'interno in accordo alla normativa CEI/IEC.

La struttura portante dovrà essere realizzata con lamiera d'acciaio di spessore non inferiore a 2 mm. L'involucro metallico di ogni unità comprenderà:

- due aperture laterali in cella sbarre per il passaggio delle sbarre principali;
- un pannello superiore di chiusura della cella sbarre smontabile dall'esterno fissato con viti;
- un pannello frontale di accesso alla cella apparecchiature;
- due ganci di dimensioni adeguate per il sollevamento di ciascuna unità;
- le pareti posteriore e laterali di ciascuna unità saranno fisse, pertanto potranno essere rivettate od imbullonate. In questo ultimo caso dovranno essere smontabili solo dall'interno.

Tale pannello sarà interbloccato con le apparecchiature interne come previsto nella descrizione delle varie unità, ed avrà un oblò di ispezione della cella. Il grado di protezione dell'involucro esterno sarà IP2XC secondo norme CEI EN 60529.

Il grado di protezione tra le celle che compongono l'unità e le celle di unità adiacenti sarà IP20 secondo le norme CEI EN 60529.

Le unità saranno realizzate in modo da permettere eventuali futuri ampliamenti sui lati del quadro, pertanto saranno previste delle chiusure laterali di testa, con pannelli in lamiera smontabili dall'interno mediante l'utilizzo di appositi attrezzi.

### **5.2.4 Celle apparecchiature MT**

Il quadro generale MT di sottostazione, del tipo a tenuta d'arco interno, è realizzato in lamiera zincata con unità separate protette con interruttori e sezionatori in SF6 e sarà composto da:

- n. 1 unità di protezione del trasformatore AT/MT lato MT;
- n. 1 unità di arrivo linea MT da centrale con protezione;
- n. 1 unità di prelievo segnali di tensione di sbarra;
- n. 1 unità di protezione trasformatore servizi ausiliari di stazione.

---

Il quadro MT di tipo protetto per interni è composto da unità modulari con funzioni di protezione e/o sezionamento, (come da schema unifilare allegato) con le seguenti caratteristiche comuni:

- tensione nominale: 36 kV;
- tensione di prova a 50 Hz: 70 kV;
- tensione di prova ad impulso: 170 kV;
- tensione di esercizio: 30 kV;
- corrente nominale termica: 1250 A;
- corrente ammissibile di breve durata: 16 kA;
- durata nominale del corto circuito: 1 s.

La cella apparecchiature MT sarà sistemata nella parte inferiore frontale dell'unità con accessibilità tramite porta incernierata o pannello asportabile. La cella, in base alle diverse funzioni, potrà contenere:

- interruttore in SF<sub>6</sub> tipo SF1 o SFset, montato su carrello, in esecuzione asportabile, connesso al circuito principale con giunzioni flessibili imbullonate e completo di blocchi e accessori, con polo in pressione secondo il concetto di "sistema sigillato a vita" in accordo alla normativa IEC 56 allegato EE con pressione relativa del SF<sub>6</sub> di primo riempimento a 20 °C uguale a 0,5 bar;
- IMS o sezionatore rotativo a 3 posizioni (chiuso sulla linea, aperto e messo a terra) isolato in SF<sub>6</sub>, contenuto in un involucro "sigillato a vita", (IEC 56 allegato EE) di resina epossidica con pressione relativa del SF<sub>6</sub> di primo riempimento a 20°C uguale a 0.4 Bar; il potere di chiusura della messa a terra dell'IMS sarà uguale a 2.5 volte la corrente nominale ammissibile di breve durata;
- fusibili di media tensione tipo FUSARC – CF;
- terna di derivatori capacitivi, installati in corrispondenza dei terminali cavi;
- attacchi per l'allacciamento dei cavi di potenza; • trasformatori di misura (TA e TV), conformi alle norme e alle prescrizioni UTF;
- canalina riporto circuiti ausiliari in eventuale cella BT;
- comando e leverismi dei sezionatori;
- sbarra di messa a terra;
- sbarre principali e derivazioni, realizzate in tondo di rame rivestito con isolanti termo restringenti e dimensionate per sopportare le correnti di corto circuito fino a 25 kA per 1 secondo.

---

### **5.2.5 Collegamenti equipotenziali di terra**

L'impianto di terra principale di ciascuna unità sarà realizzato con corda di rame di sezione non inferiore a 70 mm<sup>2</sup> al quale saranno collegati con conduttori o sbarre di rame i morsetti di terra dei vari apparecchi, i dispositivi di manovra ed i supporti dei terminali dei cavi. In prossimità di tali supporti sarà previsto un punto destinato alla messa a terra delle schermature dei cavi stessi. La sbarra di terra sarà predisposta al collegamento all'impianto di messa a terra della cabina.

### **5.2.6 Interblocchi**

Le unità saranno dotate di tutti gli interblocchi necessari per prevenire errate manovre che potrebbero compromettere oltre che l'efficienza e l'affidabilità delle apparecchiature, la sicurezza del personale addetto all'esercizio dell'impianto. In particolare saranno previsti i seguenti interblocchi:

- 1) blocco a chiave tra l'interruttore e il sezionatore di linea, l'apertura del sezionatore di linea sarà subordinata all'apertura dell'interruttore;
- 2) blocco meccanico tra sezionatore di linea e sezionatore di terra. La chiusura del sezionatore di terra sarà subordinata all'apertura del sezionatore di linea e viceversa;
- 3) blocco meccanico tra il sezionatore di terra e la portella di accesso. Sarà possibile aprire la porta solo a sezionatore di terra chiuso.

Le serrature di interblocco saranno a matrice non riproducibile tipo Profalux in unica copia.

### **5.2.7 Apparecchiature ausiliarie ed accessori**

Il quadro sarà completo di tutti gli apparecchi di comando e segnalazione indicati e necessari per renderlo pronto al funzionamento.

Sul fronte di ciascuna unità saranno presenti i seguenti cartelli:

- a) Targa indicante il nome del costruttore, il tipo dell'unità l'anno di fabbricazione, la tensione nominale, la corrente nominale, corrente di breve durata nominale e il numero di matricola;
- b) Schema sinottico;
- c) Indicazioni del senso delle manovre;
- d) Targa monitoria.

---

### **5.3 TRASFORMATORE SERVIZI AUSILIARI**

Ciascun trasformatore di potenza sarà dotato di trasformatore dei servizi ausiliari che sarà ubicato in apposito box di contenimento, con le caratteristiche tecniche riportate in tabella, la cui parte frontale del box è apribile a cerniera con chiusura mediante serratura interbloccata con il sezionatore di terra dello scomparto a MT di protezione, mediante chiave di blocco. Il trasformatore sarà dotato delle necessarie protezioni termiche e di sonde PT100 con centrali di controllo per l'intervento sul dispositivo generale di bassa tensione. Il trasformatore sarà 20/0.4 kV con una potenza nominale di 25kVA, del tipo in resina o olio minerale a seconda delle scelte effettuate in fase di progettazione esecutiva.

### **5.4 GRUPPO ELETTROGENO**

E' previsto l'utilizzo di un gruppo elettrogeno standard aperto 400V 50 Hz di potenza pari ad almeno 25 kW (tale potenza verrà definita in maniera più puntuale in fase esecutiva), con serbatoio di gasolio incorporato dotato di base in lamiera zincata con traversi per la movimentazione dai quattro lati, pompa ac, antivibranti tra base e generatore, alternatore caricabatteria, batteria, motorino di avviamento, regolatore di giri, marmitta residenziale, liquidi primo riempimento, liquido refrigerante ed olio motore, quadro di controllo manuale, pannello operatore, dispositivi di sicurezza (isolamento parti calde, protezione bassa pressione olio, protezione alta temperatura motore, protezione sovraccarico, protezione cortocircuito), allarme riserva carburante, quadro di intervento automatico, interruttore differenziale, morsettiera prelievo carico, avviamento remoto da consenso esterno, pulsante di emergenza remoto. Il gruppo sarà destinato ad alimentare le utenze BT nel caso di mancata tensione dal trasformatore dei servizi ausiliari.

### **5.5 COLLEGAMENTI AUSILIARI**

Per i collegamenti ausiliari si utilizzeranno cavi multipolari con conduttori in corda flessibile in rame isolato in EPR sotto guaina in PVC, tipo FG7OR 0.6/1 kV, in ottemperanza alle norme CEI 20-22 II, con sezione minima pari a 2,5 mm<sup>2</sup>. Per il collegamento lato secondario certificato UTF dei trasformatori di corrente la tipologia di cavo dovrà essere del tipo schermato, tipo FG7H2OR 0.6/1 kV o similari di sezione minima almeno pari a 4 mm<sup>2</sup>.

---

## **5.6 IMPIANTO DI TERRA**

L'impianto di terra sarà costituito, conformemente alle prescrizioni del Cap. 9 della Norma CEI 11-1 ed alle prescrizioni della Guida CEI 11-37, da una maglia di terra realizzata con conduttori nudi in rame elettrolitico di sezione pari a 63 mmq, interrati ad una profondità di almeno 0,8 m. Per le connessioni alle apparecchiature At e agli armadi verranno impiegati conduttori in corda di rame nudo di sezione pari a 125 mmq.

## **5.7 ILLUMINAZIONE ED IMPIANTO FM**

L'impianto di illuminazione esterno sarà realizzato con corpi illuminanti opportunamente distanziati dalle parti in tensione ed in posizione tale da non ostacolare la circolazione dei mezzi.

I proiettori saranno del tipo con corpo di alluminio, a tenuta stagna, grado di protezione IP65, con lampade al sodio alta pressione e verranno montati su pali in vetroresina di altezza adeguata, aventi alla base una casetta di derivazione.

Il valore medio di illuminamento minimo sul piazzale di circolazione ed in prossimità delle apparecchiature AT sarà di 30 lux mentre all'interno dei locali del cliente dovrà essere garantito un valore medio di 100 lux con organi di comando indipendenti per singoli locali. Ogni locale sarà inoltre dotato di illuminazione di emergenza che garantisca l'evacuazione dei locali ai termini di legge. Tutti i locali utente dovranno essere dotati di impianto di distribuzione del FM.

## **5.8 IMPIANTI SPECIALI**

L'area di utente e i fabbricati andranno protetti dall'ingresso di non autorizzati tramite un sistema di antintrusione, conforme alla CEI 79-2, composto da:

- barriere perimetrali sui quattro lati del perimetro dell'area utente;
- contatti sulle porte di accesso ai locali di utente, con eccezione del locale misure;
- sirena auto-alimentata antischiuma;
- centrale elettronica di allarme con almeno 4 zone;
- trasponder o chiave elettronica con interfaccia presso il cancello di ingresso;
- compositore GSM.

L'area utente dovrà, inoltre, essere dotata di impianto di videosorveglianza.

---

## **6. PROTEZIONE APPARECCHIATURE SOTTOSTAZIONE**

### **6.1 PROTEZIONE LATO MT**

La sottostazione, come precedentemente descritto, sarà dotata di interruttori automatici MT, sezionatori di terra, lampade di presenza rete ad accoppiamento capacitivo, trasformatori di misura. Gli interruttori MT (con azionamento motorizzato) forniranno tramite relè indiretto la protezione dai corto circuiti, dai sovraccarichi, dai guasti a terra.

Sarà presente anche un trasformatore MT/BT per l'alimentazione dei servizi ausiliari di sottostazione.

### **6.2 PROTEZIONE DI INTERFACCIA**

Tale protezione ha lo scopo di separare i gruppi di generazione a MT dalla rete di trasmissione ad alta tensione in caso di malfunzionamento della rete. Sarà realizzata tramite rilevatori di minima e massima tensione, minima e massima frequenza, minima tensione omopolare.

La protezione agirà sugli interruttori delle linee in partenza verso le sezioni del parco eolico.

### **6.3 PROTEZIONE DEL TRASFORMATORE MT/AT**

La protezione di macchina è costituita da due interruttori automatici, uno sul lato MT, l'altro sul lato AT, corredati di relativi sezionatori e sezionatori di terra, lampade di presenza tensione ad accoppiamento capacitivo, scaricatori di sovratensione, trasformatori di misura e di rilevazione guasti. Sarà così realizzata sia la protezione dai corto circuiti e dai sovraccarichi che la protezione differenziale.

---

## **7. RTU E SCADA DELLA SOTTOSTAZIONE**

### **7.1 RTU DI SOTTOSTAZIONE**

Tale sistema dovrà rispondere alle specifiche Terna S.p.A. contenute nel documento DRRTX04092.

- Le caratteristiche degli apparati periferici RTU saranno tali da rispondere ai requisiti di affidabilità e disponibilità richiesti e potranno variare in funzione della rilevanza dell'impianto;

- 
- L'apparato RTU sarà equipaggiato con CPU ridondate.

Considerando che il Committente dovrà poter connettere l'apparato RTU anche ai propri sistemi, il firmware in esso installato dovrà poter gestire le connessioni multiple (multisessione IEC104): quelle del Committente e quelle dedicate ai sistemi Terna, con separazione logica dei dati e dei relativi identificatori IEC 60870-5-104.

Se l'apparato RTU sarà predisposto per gestire il riconoscimento del centro chiamante (master IEC104) attraverso l'indirizzo IP dello stesso, ogni sessione dovrà poter gestire almeno 4 indirizzi IP da utilizzare alternativamente in funzione del centro Terna chiamante. La RTU dovrà svolgere i seguenti compiti:

- Interrogazione delle protezioni della sottostazione, della cabina di smistamento per l'acquisizione di segnali e misure attraverso le linee di comunicazione;
- Comando della sezione AT e MT della sottostazione e della cabina di smistamento;
- Acquisizione di segnali generali di tutta la rete elettrica;
- Trasmettere a Terna S.p.A. i dati richiesti, secondo i criteri e le specifiche dei documenti Terna DRRTX04092 e DRRTX02034 fermo restando che la fornitura dei collegamenti fisici CDN e Frame relay resta di competenza del Committente.

L'unità dovrà consentire di sviluppare logiche di interblocco e di automazione, per soddisfare le esigenze di sicurezza operativa e di risposta automatica ad eventi di impianto.

Ad esempio, il raggiungimento di condizioni certe in seguito a black-out della rete AT, il ripristino della connessione ed ogni altra automazione prevista. La connessione con le protezioni a MT avverrà su linee seriali ottiche, passando per un concentratore ottico.

Si utilizzerà, pertanto, un canale trasmissivo ottico della rete a fibra ottica che collega la sottostazione con la cabine di smistamento.

La RTU sarà comandabile in locale dalla sottostazione tramite un quadro sinottico che riporterà lo stato degli organi di manovra di tutta la rete MT e AT, i comandi, gli allarmi, le misure delle grandezze elettriche.

## **7.2 RTU DELLA CABINA DI SMISTAMENTO**

Il controllo della cabina di smistamento sarà realizzato con una RTU installata in cabina che comunicherà con la RTU di sottostazione tramite collegamento in fibra ottica su rete Ethernet con protocollo TCP/IP secondo la EN60870-5-104. La RTU sarà in grado di acquisire misure e stati logici



---

dei dispositivi di comando e misura ed effettuare il comando da remoto. La RTU dovrà essere in grado di sviluppare logiche di interblocco e di automazione.

### **7.3 UNITÀ DI CONTROLLO DELLO STALLO AT**

Lo stallo AT dovrà essere gestito e protetto da un unico componente dotato di doppia CPU in grado di assicurare sia le funzioni protezione elettrica che quelle di controllo dello stato AT, assicurando la sopravvivenza di una delle due funzioni in caso di guasto hardware.

L'apparato dovrà essere dotato di display grafico per la rappresentazione della posizione degli organi di stallo ed il comando locale, subordinatamente alle opportune abilitazioni. Tra le informazioni gestite si evidenziano le posizioni degli organi AT dello stallo, i relativi comandi ed allarmi, gli allarmi del trasformatore, gli allarmi del Variatore Sotto carico, le misure delle grandezze elettriche.

### **7.4 SCADA**

Lo SCADA dovrà essere modulare e configurabile secondo le necessità e con configurazione basata su PC locale con WebServer per l'accesso remoto. La struttura delle pagine video del sistema SCADA dovrà includere:

- Schema generale di impianto;
- Pagina allarmi con finestra di preview;
- Schemi dettagliati di stallo.

Lo SCADA dovrà acquisire, gestire e archiviare ogni informazione significativa per l'esercizio e la manutenzione, nonché i tracciati oscillografici generati dalle protezioni qualora fossero previsti in fase esecutiva.

## **8. APPARECCHIATURE DI MISURA DELL'ENERGIA**

### **8.1 SPECIFICHE GENERALI**

L'apparecchiatura di misura (AdM) è costituita da:

- un complesso di misura, composto da:
  - trasformatori di tensione induttivi;

- 
- trasformatori di corrente;
  - armadi;
  - cablaggi, collegamenti e vie cavi;
  - morsettiere;
  - contatore.
- un dispositivo di comunicazione.

A seconda del tipo, della tensione nominale e della funzione dell'apparecchiatura di misura potranno essere assenti alcuni elementi:

- AdM solo UTF: non è presente il dispositivo di comunicazione;
- AdM servizi ausiliari: non sono presenti i trasformatori di tensione.

Dovranno essere suggellabili dagli addetti dell'ex Ufficio Tecnico di Finanza (UTF), ora Agenzia delle Dogane:

- gli sportelli di chiusura della scatola degli avvolgimenti secondari dei trasformatori di misura;
- il selettore per il cambio di rapporto primario del trasformatore di misura, nel caso di primario a prese;
- lo sportello dell'armadio di smistamento;
- le morsettiere;
- parti terminali dei tubi flessibili;
- i contatori;
- il dispositivo di comunicazione;
- su tutto ciò che è accessibile a sportello aperto e la cui modifica può influenzare l'ottenimento dei dati di misura di interesse del Gestore e UTF con la precisione ed i requisiti richiesti.

Per la realizzazione e la prova delle apparecchiature di misura dovranno essere rispettate tutte le normative e circolari dell'UTF, nonché le specifiche tecniche Terna INSPX3, INSPX7 e INSPX9 per la misurazione sulla consegna a 150 kV. A tali documenti tecnici si rimanda per le specifiche delle vie cavi, dei collegamenti, degli armadi di smistamento, di misura, per i carichi zavorra, i dispositivi di protezione, la messa a terra dei riduttori e degli schermi dei cavi, ecc..

## **8.2 ADM SU CONSEGNA 150 kV**

L'AdM sarà ad utilizzo, oltre che del Committente anche di Terna S.p.A. e dell'UTF. Il contatore, conforme a quanto previsto dal par. 13 della specifica Terna INSPX3, sarà statico multifunzione GME teleleggibile, completo di modem PSTN, avente le seguenti caratteristiche generali:

- 
- misura dell'energia attiva in due direzioni e reattiva in quattro quadranti;
  - classe di precisione energia attiva 0,2s e reattiva 0,5s;
  - periodo di integrazione programmabile per intervalli fino a 15 minuti, programmato per periodi di integrazione di 15 minuti con termine di ciascun periodo coincidente con 00, 15, 30, 45, di ogni ora;
  - accessibilità ed integrazione con il SAPR Terna.

Sarà previsto un armadio di smistamento sigillabile direttamente sotto lo stallo AT, contenente un interruttore tetrapolare automatico per la protezione del TV e le morsettiere del TV e del TA e un armadio di misura all'interno del locale misure contenente la morsettiera sigillabile antisfilamento, il contatore e il dispositivo di comunicazione.

La cavetteria dei circuiti di misura sarà realizzata con cavo schermato e protetto, lungo tutto il percorso, con tubo flessibile da 1" in acciaio zincato rivestito esternamente con guaina in PVC. Ogni tubo dovrà avere alle estremità opportuni raccordi filettati atti ad impedire lo sfilamento dal contenitore a cui è connesso. All'interno del locale misure i tubi devono essere fissati a vista sulle pareti.

### **8.3 ADM A BOCCA DI CENTRALE**

In cabina di smistamento dovrà essere predisposto, uno per ogni linea in partenza verso la sottostazione, una apparecchiatura di misura al solo fine UFT. Lo schema di inserzione è quello Aron con l'utilizzo di 2 TA e 2 TV. Il contatore sarà statico multifunzione, avente le seguenti caratteristiche generali:

- misura dell'energia attiva in due direzioni;
- classe di precisione energia attiva 0,5s;
- periodo di integrazione programmabile per intervalli fino a 15 minuti, programmato per periodi di integrazione di 15 minuti con termine di ciascun periodo coincidente con 00, 15, 30, 45, di ogni ora.

All'interno della cabina di smistamento sarà ubicato l'armadio di misura che ospiterà i tre contatori e le tre morsettiere sigillabili. Non è previsto l'utilizzo di un armadio di smistamento.

### **8.4 ADM SU SERVIZI AUSILIARI**

Subito a valle del secondario dei trasformatori dei servizi ausiliari della sottostazione è previsto l'impiego di un contatore in inserzione semidiretta Aron per la contabilizzazione dell'energia assorbita dai servizi ausiliari. Il contatore, a solo uso fiscale UTF, sarà unidirezionale e potrà essere

---

anche elettromeccanico, avrà inoltre classe di precisione 1. Il contatore sarà ubicato in apposito armadio di misura prossimo al quadro di bassa tensione.