

# REGIONE BASILICATA

## PROVINCIA DI POTENZA

### COMUNE DI CANCELLARA



# PROGETTO DEFINITIVO DI UN PARCO EOLICO E DELLE OPERE CONNESSE SITO NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI CANCELLARA DI POTENZA COMPLESSIVA PARI A 32 MW

Proponente:



**BUONVENTO s.r.l.**  
via Tiburtina, 1143 - 00156 ROMA  
tel. +39 06 4111087 mail: office@buonvento srl.it  
Dott. Luca RAINOLDI

Progettisti:



*Responsabile opere civili:*  
**STUDIO DI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA  
MARGIOTTA ASSOCIATI**  
via N. Vaccaro, 37 - 85100 POTENZA (PZ)  
tel. +39 0971 37512 mail: studio@associatimargiotta.it  
**Arch. Donata M.R. MARGIOTTA**  
**Prof. Ing. Salvatore MARGIOTTA**

*Responsabile opere elettriche:*  
**STUDIO ACQUASANTA**  
via D. Alighieri, 13/D - 75100 MATERA (MT)  
tel. +39 0835 336718 mail: ing.acquasanta@gmail.com  
**Ing. Paolo ACQUASANTA**  
**Ing. Eustachio SANTARSIA**

*Responsabile S.I.A.:*  
**STUDIO ALESSANDRIA**  
via Circonvallazione Nomentana, 138 - 00162 ROMA  
tel. +39 348 5145564 mail: f.ales@libero.it  
**Prof. arch. Francesco ALESSANDRIA**



*Responsabile geologia:*  
**GEO-STUDIO DI GEOLOGIA E GEOINGEGNERIA**  
via del Seminario Maggiore, 35 - 85100 POTENZA (PZ)  
tel. +39 0971 1800373 mail: studiogeopotenza@libero.it  
**Dott. geol. Antonio DE CARLO**

SCALA: -:-	NOME FILE: A.15_ DISCIPLINARE
CODICE ELABORATO:	TITOLO ELABORATO:  <b>A.15_ DISCIPLINARE</b>

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	Consegna progetto	03/2023	E. Santarsia	P. Acquasanta	P. Acquasanta

Il presente documento e quelli in esso richiamati sono proprietà del proponente BUONVENTO srl ; come tali non possono essere divulgati né riprodotti in tutto o in parte, senza l'autorizzazione scritta della proprietà.

## Indice

Introduzione.....	2
ELEMENTI STRUTTURALI E TRASMISSIONE.....	3
1. Navicella.....	3
2. Rotore.....	4
3. Blade.....	4
4. Mozzo Asta e cuscinetto principale.....	5
5. Gear Box.....	5
6. Sistema di oscillazione.....	6
7. Torri.....	6
8. Sistema di raffreddamento.....	7
9. Plinti di fondazione.....	7
SISTEMA ELETTRICO AEROGENERATORE.....	9
10. Generatore elettrico.....	9
11. Convertitore AC/AC.....	10
12. Trasformatore.....	10
13. Cavi di Media tensione Aerogeneratore.....	11
14. Quadro di media tensione.....	11
15. Quadri di Bassa tensione.....	12
16. Gruppo di continuità.....	12
17. Messa a terra.....	12
18. Compatibilità elettromagnetica EMC.....	13
19. Protezione da cto. CTO.....	13
SISTEMA DI CONTROLLO E PROCESSO.....	13
20. Sensori di vento.....	13
21. Controller VMP.....	14
22. Sistema di frenata.....	14
23. Protezione per velocità di fuga.....	15
Sicurezza.....	15
Cavidotti.....	16
24. Interferenze.....	20
Condizioni di ordinario funzionamento e prestazioni di progetto.....	24
25. Condizioni STD.....	24
DATA SHEET.....	25

## Introduzione

Il progetto in esame prevede l'installazione di 8 aerogeneratori di potenza unitaria pari a 4 MW, per una potenza complessiva di 32 MW. La tipologia di aerogeneratore previsto per l'impianto in oggetto è un aerogeneratore ad asse orizzontale con rotore a tre eliche, in particolare. Il modello previsto è il Vestas V136 da 4 MW, caratterizzato da un diametro massimo del rotore pari a 136 m (lunghezza pala pari a 66,7 m) e da un'altezza dell'hub (mozzo) di 82 m, quindi si tratterà di impianti di grande generazione.

I principali componenti dell'impianto risultano essere, quindi:

- Aerogeneratori
- Quadri di media tensione per la distribuzione dell'energia
- Elettrodotto a 36 kV per il collegamento del parco eolico alla SSE.

Ogni aerogeneratore produrrà energia elettrica rinnovabile alla tensione di 720 V circa. All'interno di ciascuna torre è installato un trasformatore 0.72/36 kV che provvederà all'innalzamento della tensione a 36 kV. L'energia sarà quindi immessa in una rete in cavo interrato a 36 kV per il trasporto alla Sottostazione Elettrica, dove subirà un'ulteriore trasformazione di tensione (36/150 kV) prima dell'immissione nella rete di alta tensione.

Come noto, tutte le apparecchiature a funzionamento elettrico generano, durante il loro funzionamento, campi elettromagnetici. Le onde elettromagnetiche sono fondamentalmente suddivise in due gruppi: radiazioni non ionizzanti e radiazioni ionizzanti.

Il presente documento precisa, sulla base delle specifiche tecniche, tutti i contenuti prestazionali tecnici degli elementi previsti nel progetto. Il disciplinare contiene, inoltre, la descrizione, anche sotto il profilo estetico, delle caratteristiche, della forma e delle principali dimensioni dell'intervento, dei materiali e di componenti previsti nel progetto. In ogni caso il disciplinare fornisce indicazioni specifiche almeno sui componenti dell'impianto quali rotore, sistema di orientamento del rotore, sistema di controllo, ecc.).

## ELEMENTI STRUTTURALI E TRASMISSIONE

### 1. Navicella

La tipologia di turbina del progetto proposto è la VESTAS V136 da 4 MW a tre pale con un passo sopravento delle stesse ad imbardata regolata.

La Vestas V136–4 MW ha un diametro del rotore di 136 m ed una potenza di uscita nominale di 4 MW.

La copertura della navicella è realizzata in plastica rinforzata con vetro. Portelli di accesso sono posti al piano per l'abbassamento o l'innalzamento di equipaggiamento alla navicella e per l'evacuazione del personale. La sezione di piano è equipaggiata con sensori di vento e lucernari, i lucernari possono essere aperti sia dall'interno della navicella che dall'esterno per accedere al piano o fuori alla navicella stessa. È possibile accedere alla navicella dalla torre attraverso il sistema di oscillazione.

Il basamento della navicella è in due parti e consiste in un getto di ghisa per la parte frontale, e di una struttura reticolare per quella posteriore. La parte frontale del basamento della navicella svolge la funzione di portare il mozzo principale di trasmissione (il mozzo di alta velocità) e trasmette le forze dal rotore alla torre tramite il sistema di oscillazione. La superficie inferiore lavorata e connessa al cuscinetto di oscillazione, e le otto marce di oscillazione sono bullonate alla base della navicella.

Le travi della gru sono attaccate alla cima della struttura. Le aste in basso della struttura a trave sono connesse al termine della parte posteriore. La parte posteriore del basamento serve come supporto ai pannelli di controllo, il sistema di raffreddamento ed il trasformatore. La copertura della navicella è montata sul basamento.

<b>Descrizione tipo</b>	<b>Materiale</b>
<b>Copertura della navicella</b>	GRP – Plastica rinforzata con vetro
<b>Parte anteriore del basamento</b>	Getto di ghisa
<b>Parte posteriore del basamento</b>	Struttura reticolare

La turbina utilizza un sistema di potenza basato su di un generatore a magneti permanenti del convertitore. Con queste caratteristiche la turbina eolica è in grado di lavorare anche a velocità variabile mantenendo una potenza in prossimità di quella nominale anche in caso di vento forte.

Alle basse velocità del vento, il sistema consente di lavorare massimizzando la potenza erogata alla velocità ottimale del rotore e l'opportuno angolo di inclinazione delle pale.

## 2. Rotore

La V136-4 MW è equipaggiata con un rotore di 136 m di diametro costituito di tre pale ed un mozzo. Le pale sono controllate per mezzo di un microprocessore nel sistema del controllo del passo. Basandosi sulle prevalenti condizioni del vento, le pale sono continuamente posizionate per ottimizzare l'angolo di passo.

<b>Rotore</b>	
<b>Diametro</b>	136
<b>Velocità massima di rotazione</b>	12 rpm
<b>Velocità, intervallo dinamico di funzionamento</b>	3 – 25 m/s
<b>Direzione di rotazione</b>	<i>In senso orario (vista di fronte)</i>
<b>Orientamento</b>	<i>Sopravento</i>
<b>Tilt</b>	6°
<b>Numero delle pale</b>	3
<b>Freni aerodinamici</b>	<i>Frangere intere</i>

## 3. Blade

<b>Pale</b>	
<b>Descrizione tipo</b>	Gusci a profilo alare vincolati ad una trave
<b>Lunghezza della pala</b>	Circa 66,7 m
<b>Materiale</b>	Fibra di vetro rinforzata con fibre epossidiche e di carbonio
<b>Connessione delle pale</b>	Inseriti in acciaio
<b>Profili</b>	Profilo ad alta portanza
<b>Corda massima</b>	4,1 m
<b>Cuscinetto</b>	
<b>Lubrificazione</b>	Grasso, con pompa automatica di lubrificazione

#### 4. Mozzo Asta e cuscinetto principale

Il mozzo supporta le tre pale e trasferisce le forze di reazione al cuscinetto principale e la torsione alla scatola del cambio. La struttura del mozzo supporta anche i cuscinetti della pala e il cilindro di passo.

<b>Mozzo</b>	
<b>Tipo</b>	Corpo del mozzo a palla di ghisa
<b>Materiale</b>	Ghisa

L'asta principale trasferisce le forze di reazione al cilindro principale e la torsione alla scatola del cambio.

<b>Asta principale</b>	
<b>Descrizione tipo</b>	Tubo cavo
<b>Materiale</b>	Ghisa
<b>Scatola del cuscinetto principale</b>	
<b>Materiale</b>	Ghisa
<b>Cuscinetto principale</b>	
<b>Tipo</b>	Doppia fila di cuscinetti a sfera
<b>lubrificazione</b>	Circolazione dell'olio

#### 5. Gear Box

L'ingranaggio principale converte la rotazione di bassa velocità del rotore a quella veloce del generatore. La scatola del cambio è un differenziale a quattro stadi dove i primi tre sono di tipo epicicloidale e il quarto è di tipo elicoidale.

Il freno a disco è montato sull'asse dell'alta velocità. Il sistema di lubrificazione della scatola del cambio è un sistema alimentato a pressione.

<b>Scatola del cambio</b>	
<b>Tipo</b>	Differenziale, tre stadi epicicloidali + uno elicoidale
<b>Alloggiamento materiale del cambio</b>	Ghisa
<b>Rapporto</b>	1:113,2
<b>Potenza meccanica</b>	3300 kW

<b>Sistema di lubrificazione</b>	Lubrificazione con olio in pressione
<b>Volume totale dell'olio del cambio</b>	800-1000 l
<b>Codici dell'olio di pulizia</b>	ISO 4406-/15/12
<b>Guarnizioni di tenuta</b>	labirinto

## 6. Sistema di oscillazione

Il sistema di oscillazione è un sistema attivo basato sul concetto di cuscinetto piano con PEPT come materiale di frizione.

<b>Sistema di oscillazione</b>	
<b>Tipo</b>	Sistema di supporto piano
<b>Materiale</b>	Anello di oscillazione forgiato a caldo. Cuscinetti PETP piani
<b>Velocità di imbardamento (50 Hz)</b>	0,46°/sec.
<b>Velocità di imbardamento (60 Hz)</b>	0,6°/sec.
<b>Marcia di oscillazione</b>	
<b>Tipo</b>	Tre stadi epicicloidale ed uno ellittico
<b>Numero delle marcie</b>	8
<b>Rapporto totale</b>	944:1
<b>Velocità di rotazione a pieno carico</b>	1,4 rpm all'albero di uscita

## 7. Torri

Torri tubolari con flange di connessione, certificate con le specifiche e correnti approvazioni, sono disponibili in differenti altezze standard.

Le torri sono progettate con la maggioranza delle connessioni saldate sostituite da supporti magnetici per ottenere delle torri rinforzate e lisce. I magneti forniscono il supporto in una direzione orizzontale ed interna, così come piattaforme, scale etc. sono supportate verticalmente (per esempio nella direzione della forza di gravità) da connessioni meccaniche. Il design liscio delle torri riduce l'esigenza di maggiore spessore metallico, rendendo la torre più leggera se comparata ad altre con saldature interne dei gusci.

Le altezze del mozzo elencate includono una distanza dalla sezione di fondazione al livello del terreno di approssimativamente 0,2 m dipendendo dallo spessore della flangia in basso, ed una distanza dalla flangia più in alto al centro del mozzo di 2,5 m.

<b>Torri</b>	
<b>Tipo</b>	Tubolare cilindrico/conico
<b>Altezza mozzo</b>	125 m
<b>Materiale</b>	Acciaio

## 8. Sistema di raffreddamento.

Il generatore e il convertitore dei sistemi di raffreddamento operano in parallelo. Un sistema dinamico di valvole di flusso montate nel circuito di raffreddamento del generatore divide il flusso di raffreddamento. Il liquido di raffreddamento rimuove il calore dall'unità del generatore e del convertitore usando un radiatore a libero flusso d'aria posizionato in cima alla navicella. In aggiunta al generatore, l'unità del convertitore ed il radiatore, il sistema di circolazione include una pompa elettrica ed una valvola termostatica a tre vie. Il generatore ed il sistema idraulico di raffreddamento sono accoppiati in parallelo. Una valvola dinamica di flusso, montata nel circuito di raffreddamento della scatola del cambio, divide il flusso di raffreddamento.

Il liquido di raffreddamento rimuove il calore dalla scatola del cambio e dall'unità idraulica di potenza attraverso scambiatori di calore e un radiatore a flusso libero di aria posizionato in cima alla navicella. In aggiunta agli scambiatori di calore ed il radiatore, il sistema di circolazione include una pompa elettrica e una valvola termostatica a tre vie. Il trasformatore è equipaggiato con un raffreddamento ad aria forzata. Il sistema di ventilazione consiste di un ventilatore centrale, piazzato di sotto il piano di servizio e un condotto guida l'aria sotto ed in mezzo agli avvolgimenti dell'alto e basso voltaggio del trasformatore. L'aria calda generata dagli equipaggiamenti meccanici ed elettrici viene rimossa dalla navicella per mezzo di due ventole posizionate in ogni lato della stessa. Il flusso d'aria entra attraverso una presa d'aria nel basso della navicella.

Le ventole ruotano a bassa od alta velocità a seconda della temperatura all'interno della navicella.

## 9. Plinti di fondazione

Particolare importanza riveste la fondazione che deve sopportare le notevoli sollecitazioni statiche e dinamiche prodotte dalle turbine.

Oltre al considerevole peso che gli aerogeneratori concentrano su una superficie molto piccola, sono rilevanti le tensioni orizzontali prodotte sul terreno dovute alla spinta orizzontale del vento su una

superficie pari a quella spazzata dalle pale, provenendo il vento da ogni direzione. A queste condizioni di carico si sommano quelle dovute ai probabili eventi sismici; pertanto la fondazione è costituita da un plinto in c.a. su pali tale da evitare fenomeni di punzonamento, dimensionato per resistere agli sforzi di slittamento e di ribaltamento (cfr. elaborati grafici di progetto).

Negli elaborati grafici è rappresentato il tipologico della fondazione calcolata per la turbina VESTAS V136-4 MW con altezza hub di 82 metri di altezza.

Il calcolo e il progetto sono realizzati partendo da alcune assunzioni di base. Assunzioni per il terreno:

- Angolo di attrito di  $31,5^\circ$ . Densità minima di  $21.2 \text{ KN/m}^3$ .
- Coesione =  $0 \text{ KPa}$ ;
- Assenza di acqua superficiale.
- Rigidezza rotazionale minima:  $30 \text{ GNM/barra}$  eguale a un modulo dinamico di elasticità di  $8000 \text{ KN/ m}^2$  ( $v = 0.35$ ) per la sabbia, o di  $4000 \text{ KN/ m}^2$  ( $v = 0.340$ ) per l'argilla.
- Massima compressione plastica:  $303 \text{ KN/ m}^2$ , costante sull'area di sostituzione, con un PSF di 1.35 sul vento, 0.9 sul peso della torre e del rinterro, 1.0 sul peso della fondazione.
- Massima compressione elastica del terreno di  $250 \text{ KN/ m}^2$  con PSF uguale a 1.0 per tutti i carichi.

Specifiche:

- Tutti i lavori sono effettuati in accordo all'Euro Codice 2: "EN 1992-1-1-2004 Progettazione di Strutture in Calcestruzzo", e l'Euro Codice 7: "EN 1997-1 Progettazione geotecnica"

La gabbia d'ancoraggio, tra torre e fondazione, inclusi i bulloni, viene fornita da Vestas come unità montata. La gabbia d'ancoraggio è impostata sul livello del magrone di fondazione e regolata per l'aggiustamento della posizione, verticale e orizzontale, per mezzo di bulloni di aggiustamento al livello della flangia più bassa. Durante la colata, che può essere fatta simultaneamente dentro e fuori la gabbia, molta attenzione dev'essere impiegata perché la gabbia non si sposti e che la flangia in basso sia a completo contatto con il calcestruzzo. Il peso della flangia è di  $10325 \text{ kg}$ .

I lavori in calcestruzzo sono in accordo con l'ENV 13670 – 1 “Esecuzione Delle Strutture In Calcestruzzo – Parte I” Il calcestruzzo dev'essere composto, mescolato e preparato in accordo con l'EN 206 – 1-.

- Classe di resistenza: C30/37 per il plinto; C45/55 per il piedistallo; C35/30 per i pali
- Classe di esposizione: xC4 / xD1/ xS1 / xF3 / xA2.
- Taglia massima della ghiaia: 32 mm.
- Densità del calcestruzzo minima richiesta per la stabilità: 2221 kg/m<sup>3</sup>.
- Rivestimento: C<sub>nom</sub> = 65+/-10 contro forma o livello di pulizia, e C<sub>nom</sub> = 100+/-10 contro terra.
- Il controllo di qualità del calcestruzzo dev'essere in accordo alla EN 206-1.

## SISTEMA ELETTRICO AEROGENERATORE

### 10. Generatore elettrico

Il generatore è del tipo sincrono a tre fasi con rotore a magneti permanenti connesso in rete attraverso un convertitore. Il contenitore del generatore è costruito con un cilindro e dei canali. I canali circolano il liquido di raffreddamento attorno al corpo dello statore.

<b>Generatore</b>	
<b>Tipo</b>	Sincrono con magnete permanente
<b>Potenza nominale</b>	Fino a 5850 kW (variabile in funzione della turbine)
<b>Frequenza (range) [f<sub>N</sub>]</b>	0-138 Hz
<b>Tensione Statore [U<sub>Ns</sub>]</b>	3 X 800 V (alla velocità nominale)
<b>Numero di poli</b>	36
<b>Tipo dell'avvolgimento</b>	Impregnante pressurizzato sotto vuoto
<b>Connessione dell'avvolgimento</b>	Stella
<b>Velocità nominale</b>	0-460 giri/minuto
<b>Limite di fuori giri in accordo con IEC (2 minuti)</b>	TBD – To Be Defined
<b>Sensori di temperatura, statore</b>	3 sensori PT 100 posizionati nei punti caldi e 3 di riserva
<b>Sensori di temperatura, cuscinetti</b>	1 per cuscinetto ed uno di riserva per ognuno
<b>Classe di isolamento</b>	H

<b>Allegato</b>	IP 54
-----------------	-------

## 11. Convertitore AC/AC

Il convertitore è un sistema convertitore su larga scala che controlla sia il generatore che la qualità della potenza messa in rete. Il convertitore consiste in quattro unità convertitrici che lavorano in parallelo con un controllore comune. Il convertitore controlla la conversione della frequenza variabile della potenza dal generatore in una frequenza fissata AC di potere con i desiderati livelli di potere attivo e reattivo (ed altri parametri di connessione alla rete) adatti per la rete. Il convertitore è posizionato nella navicella ed ha una griglia laterale di tensione di 800 V.

<b>Convertitore</b>	
<b>Potere nominale apparente</b>	6850 kVA
<b>Tensione nominale di rete</b>	3 x 720 V
<b>Tensione nominale del generatore</b>	3 x 800 V
<b>Corrente di rete nominale</b>	5500 A
<b>Allegato</b>	IP54

## 12. Trasformatore

Il trasformatore di elevazione è posizionato in una stanza chiusa a parte nella navicella con un interruttore di corrente montato sul lato dell'alta tensione del trasformatore. Il trasformatore è a due avvolgimenti, tre fasi, tipo a secco autoestinguente. Gli avvolgimenti sono delta connessi sul lato dell'alta tensione, se non diversamente specificato, l'avvolgimento della bassa tensione è connesso a stella. Il sistema di bassa tensione dal generatore tramite il convertitore è un sistema TN – S, il che significa che il punto a stella è connesso a terra. Il trasformatore è equipaggiato con 6 sensori PT 100 per la misurazione delle temperature del nucleo e degli avvolgimenti nel trifase. La fornitura di potenza supplementare è data da un trasformatore 650/400 V separato posizionato nella navicella.

<b>Trasformatore MT</b>	
<b>Descrizione tipo</b>	Getto di resina a secco
<b>Tensione primaria [U<sub>N</sub>]</b>	30 kV
<b>Tensione secondaria [U<sub>Ns</sub>]</b>	3 x 720 V

<b>Potenza nominale apparente [S<sub>N</sub>]</b>	7000 kVA
<b>Senza perdite di carico [P<sub>0</sub>] (tolleranze IEC)</b>	6,6 kW

<b>Trasformatore HT</b>	
<b>Tensione avvolgimento secondario</b>	3 x 720 V
<b>Potere Nominale Apparente</b>	7000 kVA
<b>Perdite di carico (@ 75° C) [P<sub>N</sub>]</b>	≤ 58.40 - ≤ 61.73 kW
<b>Senza potenza di carico reattiva [Q<sub>0</sub>]</b>	Ca. 35 kWAr
<b>Piena potenza di carico reattiva [Q<sub>N</sub>]</b>	Ca. 700 kWAr
<b>Gruppo vettore</b>	Dyn11
<b>Frequenza [f<sub>N</sub>]</b>	50/60 Hz
<b>Corrente di inserzione</b>	5.8 x I <sub>n</sub>
<b>Impedenza della sequenza positiva di corto circuito alla potenza nominale e 75°C</b>	9.9%
<b>Resistenza della sequenza positiva di corto circuito alla potenza nominale e 75°C</b>	1.0 %
<b>Impedenza della sequenza zero di corto circuito alla potenza nominale e 75°C</b>	9.0 %
<b>Resistenza della sequenza zero di corto circuito alla potenza nominale e 75°C</b>	1.0 %
<b>Classe di resistenza alla corrosione</b>	kC3

### 13. Cavi di Media tensione Aerogeneratore

Il cavo di media tensione corre dal trasformatore nella navicella giù per la torre al quadro collocato al fondo della stessa. Il cavo di alta tensione è un cavo con nucleo quadripartito, isolato in gomma, libero da alogeni.

<b>Cavi di media tensione</b>	
<b>Cavo isolato composto ad alta tensione</b>	Etilpropilene (EP) migliorato, basato su materiali EPR o alto grado di etilpropilene in gomma HEPR
<b>Sezione del conduttore</b>	3 x 70/70 mm <sup>2</sup>
<b>Massima tensione</b>	42 kV per 22.1-36 kV tensione nominale

### 14. Quadro di media tensione

<b>Tipo di isolamento</b>	Isolato a gas SF6
<b>Frequenza Nominale</b>	50/60Hz
<b>Tensione Nominale</b>	24 / 36 / 40.5 kV
<b>Tensione massima di isolamento</b>	22 / 33 /36 / 40 kV
<b>Corrente</b>	20 / 25 kA

## 15. Quadri di Bassa tensione

Il sistema ausiliario è alimentato da un trasformatore 650/400 V separato, localizzato nella navicella. Tutti i motori, le pompe, i ventilatori e i riscaldatori sono alimentati da questo sistema.

Tutti gli apparecchi a 230 V sono alimentati da un trasformatore 400/230 V localizzato alla base della torre.

<b>Prese di corrente</b>	
<b>Monofase (Navicella e piattaforme della torre)</b>	230 V (16 A)/110 V (16 A) 2 x 55 V (16)
<b>Trifase (Navicella e base della torre)</b>	3 x 400 V (16 A)

## 16. Gruppo di continuità

L'UPS è equipaggiata con un convertitore AC/DC; DC/AC e celle di batterie collocate nella stessa cabina del convertitore. Durante le interruzioni della rete, l'UPS alimenta le unità a 230 V AC. Il tempo di riserva per il sistema UPS è proporzionale al consumo di energia.

## 17. Messa a terra

L'impianto di terra della Vestas è costituito da un numero di elettrodi di messa a terra individuali interconnessi come un unico sistema. Include il sistema TN e il sistema di protezioni contro i fulmini per ogni singola turbina. Esso funziona come un sistema di distribuzione di media tensione entro la centrale eolica.

Il sistema di messa a terra della Vestas è adattato per i differenti tipi di fondazioni delle turbine. Un insieme separato di documenti descrive il sistema di messa a terra in dettaglio, in dipendenza del tipo di fondazione.

In termini di protezione della turbina dai fulmini, Vestas non ha un requisito separato per una certa minima resistenza a terra per questo sistema. L'impianto di terra per il sistema di protezione dai fulmini è basato sul progetto e la costruzione del sistema di messa a terra della Vestas.

Una parte primaria del sistema di messa a terra Vestas è il collettore principale di terra posizionata dove tutti i cavi entrano nella turbina. Tutti gli elettrodi di messa a terra sono ad esso connessi. Inoltre sono realizzate delle connessioni equipotenziali per tutti i cavi in entrata o in uscita dalla turbina.

Le specifiche richieste dal sistema di messa a terra Vestas e le descrizioni del lavoro sono minime. I requisiti locali e nazionali, così come i requisiti di progetto, possono richiedere misure aggiuntive.

## 18. Compatibilità elettromagnetica EMC

La turbina ed il relativo equipaggiamento adempiono alla legislazione dettata dal EU Elettromagnetic Compatibility (EMC):

DIRECTIVE 2004/108/EC OF THE EUROPEAN PARLAMIEN T AND OF THE COUNCIL del 15

dicembre 2005 sulla approssimazione delle leggi degli Stati membri circa la compatibilità elettromagnetica che abroga la direttiva 89/336/EEC.

## 19. Protezione da cto. CTO.

<b>Interruttori</b>	<b>Interruttore per energia ausiliaria T4L 250 A TMD 4P 690 V</b>	<b>Interruttore per i moduli del convertitore T7M1200L PR332/P LSIG 000 A 3P 690V</b>
<b>Potere d'interruzione nominale di servizio</b>	70 kA@690 V	50 kA@690 V
<b>Potere di interruzione estremo</b>	154 kA@690 V	105 kA@690 V

## SISTEMA DI CONTROLLO E PROCESSO

### 20. Sensori di vento

Il sistema ausiliario è alimentato da un trasformatore 650/400 V separato, localizzato nella navicella. Tutti i motori, le pompe, i ventilatori e i riscaldatori sono alimentati da questo sistema. Tutti gli apparecchi a 230 V sono alimentati da un trasformatore 400/230 V localizzato alla base della torre. I sensori di vento sono ridondanti, e la turbina può operare con un unico sensore.

<b>Sensori di Vento</b>	
<b>Tipo</b>	FT02LT
<b>Principio</b>	Risonanza acustica

## 21. Controller VMP

La turbina è controllata e monitorata da un sistema di controllo VMP8000.

Il VMP8000 è un sistema di controllo multiprocessore costituito da quattro processori principali (base, navicella, mozzo e converter), interconnessi da una rete ottica Mbit ArcNet.

In aggiunta ai quattro processori principali, il VMP8000 è composto da moduli I/O interconnessi da una rete CAN a 500 kbit. I moduli I/O sono connessi ai moduli dell'interfaccia CAN da una serie di circuiti CTBus.

Il sistema di controllo VMP8000 svolge le seguenti principali funzioni:

- Monitoraggio e supervisione complessiva delle operazioni.
- Sincronizzazione del generatore sulla rete durante la sequenza di connessione allo scopo di limitare la corrente di spunto.
- Funzionamento della turbina durante varie situazioni di errore.
- Imbardata automatica della navicella.
- Controllo di passo delle pale.
- Controllo della capacità di reazione e variazione di velocità.
- Controllo delle emissioni sonore.
- Monitoraggio delle condizioni ambientali.
- Monitoraggio della rete.
- Monitoraggio del sistema di detenzione dei fumi.

## 22. Sistema di frenata

Il freno principale sulla turbina è aerodinamico. L'arresto della turbina è fatto per mezzo della rotazione delle pale (rotazione individuale per singola pala). Ogni pala ha un accumulatore che fornisce l'energia per la rotazione. La frenata della turbina è inoltre supportata da un resistore di frenata che è connesso al magnete permanente del generatore durante il rallentamento. Questo assicura che il momento è mantenuto, per esempio, durante una situazione di perdita della rete.

In aggiunta, c'è un disco per la frenata meccanica sull'albero dell'alta velocità del cambio con un sistema idraulico dedicato. Il freno meccanico è usato solamente come un freno di sosta e quando sono attivi i pulsanti per l'arresto d'emergenza.

### 23. Protezione per velocità di fuga

Le velocità del generatore e dell'albero veloce sono registrate da sensori ad induzione e calcolati da un controllo del vento per la protezione contro la sovravelocità ed errori di rotazione (eccentricità).

In aggiunta, la turbina è equipaggiata con un sistema PLC di sicurezza, un modulo computer indipendente che misura la velocità del rotore. In caso di situazione di fuori giri, il sistema PLC di sicurezza attiva la rotazione delle tre pale in posizione di sicurezza, indipendentemente dal sistema di controllo della turbina.

### Sicurezza

Le specifiche di sicurezza in questa sezione forniscono le informazioni generali circa le caratteristiche di sicurezza della turbina e non sostituiscono, per il compratore ed i suoi agenti, il prendere tutte le appropriate precauzioni, incluso, ma non solo, il rispetto di tutte le norme di sicurezza, la manutenzione, gli accordi di servizio, le istruzioni, le ordinanze e le condotte appropriate in materia di formazione per la sicurezza. L'accesso alla turbina dall'esterno avviene tramite la parte bassa della torre. La porta è equipaggiata con una serratura. L'accesso alla piattaforma in cima avviene tramite una scala. L'accesso alla stanza del trasformatore nella navicella è controllato con una serratura. Un accesso non autorizzato ai quadri e ai pannelli elettrici nella turbina è proibito in accordo con la IEC 60204-1 2006. In aggiunta alle normali vie di accesso, vie di fuga alternative dalla navicella sono possibili attraverso la botola della gru, attraverso un portello apribile sul muso della navicella, e attraverso il pavimento della stessa. Nella navicella è localizzato l'equipaggiamento di sicurezza. Il portello nel pavimento può essere aperto da entrambi i lati. Una via di fuga è rappresentata dalla scala dell'elevatore di servizio. Un piano di emergenza, collocato nella turbina, descrive le vie di fuga ed evacuazione.

La torre e la navicella sono equipaggiate con prese di corrente per l'uso di strumenti elettrici per il servizio e la manutenzione della turbina.

Tutti i pavimenti sono anti sdrucciolo. C'è un pavimento per ogni sezione della torre. Piattaforme di sosta sono presenti ad intervalli di 9 metri lungo la scala della torre. Supporti di appoggio sono localizzati nella turbina per gli scopi di servizio e manutenzione.

La turbina V136-4 MW è fornita con un elevatore standard di servizio installato. Servizi per l'arrampicata. Una scala con sistema di arresto caduta è montata per l'intera lunghezza della torre.

Ci sono punti di ancoraggio nella torre, nella navicella e nel mozzo, e sul pavimento per l'attacco di equipaggiamenti di sicurezza. Sul portello della gru c'è un punto di ancoraggio per l'equipaggiamento di discesa d'emergenza. Punti di ancoraggio sono colorati di giallo e sono calcolati e testati per 22.2 kN.

### Cavidotti

L'impianto eolico in oggetto si sviluppa in un'area ubicata a circa 2 km dal centro abitato di Cancellara (Pz) e a circa 5 km dal centro abitato di Vaglio di Basilicata (PZ). Esso è costituito da 8 aerogeneratori di potenza nominale pari a 4 MW, per una potenza massima complessiva pari a 32 MW. La soluzione di connessione (STMG) prevede il collegamento alla futura stazione Terna localizzata nel Comune di Cancellara in provincia di Potenza. In relazione all'ubicazione degli aerogeneratori e del punto di connessione il vettoriamento dell'energia elettrica prodotta dai singoli aerogeneratori alla RTN sarà assicurato da:

- a) la rete di cavidotti in media tensione ;
- b) Il collegamento alla nuova stazione Terna sita nel comune di Cancellara
- c) raccordo aereo in alta tensione;
- d) Il Raccordo con la stazione Terna esistente di Vaglio di Basilicata.

Scopo del presente documento è di definire le caratteristiche e descrivere i criteri di progettazione e dimensionamento della rete di cavidotti in media tensione per il vettoriamento dell'energia elettrica prodotta dai singoli aerogeneratori alla sottostazione di trasformazione. Il cavo è di tipo unipolare o tripolari in alluminio, del tipo ARG7H1R-18/40 kV o ARE4H1RX- 18/40 kV o equivalente con conduttore in alluminio e giunti con muffe a colata di resina.

Vi saranno 6260 m di cavo da 240mmq e 6945 m di sezione pari a 120 mmq. Le giunzioni elettriche saranno realizzate mediante utilizzo di connettori del tipo dritto a compressione adeguati alle caratteristiche e tipologie dei cavi sopra detti.

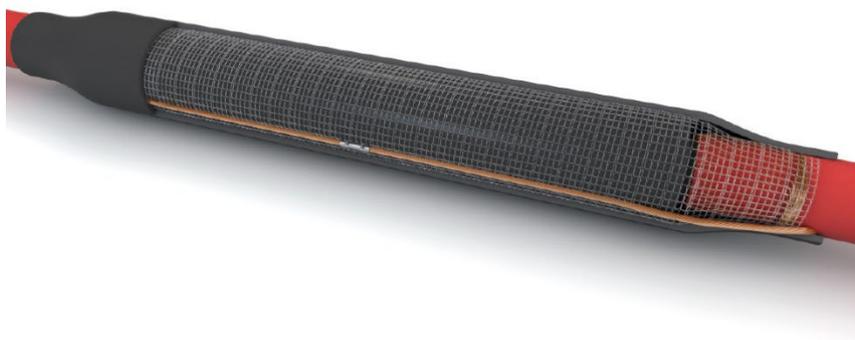
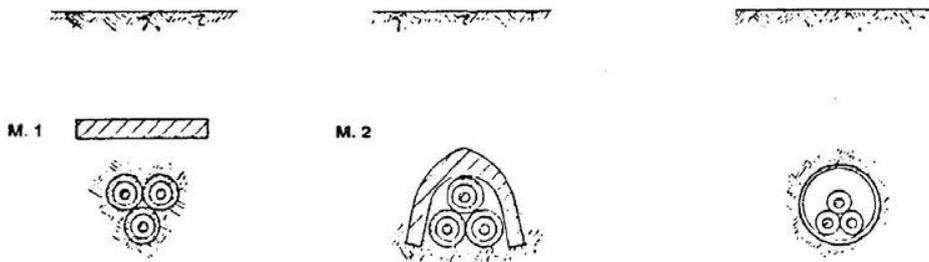


Figura 1 - Giunzione di tipo dritto

L'isolamento è garantito mediante guaina termo-restringente. Il cavo a fibre ottiche per il monitoraggio e il telecontrollo delle turbine sarà di tipo mono modale e sarà alloggiato all'interno di un tubo corrugato in PVC posto nello stesso scavo del cavo di potenza. Insieme al cavo di potenza e a fibre ottiche vi sarà anche un dispersore di terra a corda di 35 mm<sup>2</sup> che collegherà gli impianti di terra delle singole turbine allo scopo di abbassare le tensioni di passo e di contatto e di disperdere le correnti dovute alle fulminazioni.

Numero delle fibre	12/24
Tipo di fibra	9/125/250
Diametro cavo	9 mm
Peso del cavo	75 kg/km circa
Massima trazione a lungo termine	3000 N
Massima trazione a breve termine	4000 N
Minimo raggio di curvatura in installazione	20 cm
Minimo raggio di curvatura in servizio	15 cm

Con riferimento alla norma CEI 11-17 le modalità di posa dei cavi potranno essere secondo la configurazione M.1 o M.2



### Modalità di posa

L'integrità dei cavi deve essere garantita da una robusta protezione meccanica supplementare in grado di assorbire senza danni per il cavo stesso le sollecitazioni meccaniche, statiche e dinamiche derivanti dal traffico veicolare (resistenza a schiacciamento) e degli abituali attrezzi manuali di scavo (resistenza all'urto). Per quanto concerne le profondità minime di posa nel caso di attraversamento della sede stradale vale il Nuovo Codice della Strada che fissa un metro, dall'estradosso della protezione per le strade di uso pubblico, mentre valgono le profondità minime stabilite dalla norma CEI 11-17 per tutti gli altri suoli. La profondità di posa dei cavi sarà generalmente di 1,2 m rispetto ai piani finiti di strade o piazzali o alla quota del piano di campagna. Eventuali variazioni si potrebbero rendere necessarie in corrispondenza d'incroci con altri servizi tecnologici interrati. Nei tratti con più terne gli interassi misureranno circa 30 cm. Le trincee avranno una larghezza pari a 60 cm sia nel caso di una che di due terne di cavi. La fascia di terreno potenzialmente impegnata durante la fase di costruzione/manutenzione sarà di circa 6 m. I cavi di potenza, a fibre ottiche e il dispersore di terra saranno posati in uno strato di terreno di scavo o eventuale materiale sabbioso (pezzatura massima: 5 mm) di circa 50 cm su cui saranno appoggiati i tegoli o le lastre copri cavo. Un nastro segnalatore sarà posto all'interno del rimanente volume dello scavo riempito con materiale arido a circa 50 cm dalla superficie.

La posa dei cavi si articolerà nelle seguenti attività:

- scavo a sezione obbligata della larghezza e della profondità precedentemente menzionate;
- posa del cavo di potenza e del dispersore di terra;
- rinterro parziale con strato di sabbia vagliata (eventuale);
- posa del tubo contenente il cavo in fibre ottiche;
- posa dei tegoli protettivi;
- rinterro parziale con terreno di scavo;
- posa nastro monitore;

- rinterro complessivo con ripristino della superficie originale;
- apposizione di paletti di segnalazione presenza cavo.

Nella posa degli stessi cavi dovranno essere rispettati alcuni criteri particolari per l'esecuzione delle opere in accordo con la regola d'arte come di seguito indicata. Laddove il tracciato dei cavidotti è caratterizzato da ampi tratti rettilinei, la posa del cavo può essere effettuata con il metodo a bobina fissa; in questo caso la bobina deve essere posta sull'apposito alza bobine, con asse di rotazione perpendicolare all'asse mediano della trincea ed in modo che si svolga dal basso. Sul fondo della trincea devono essere collocati ad intervalli variabili in dipendenza del diametro e della rigidità del cavo i rulli di scorrimento. Tale distanza non deve comunque superare i 3 m. In alternativa potrà essere utilizzata la tecnica della bobina mobile: in questo caso il cavo deve essere steso percorrendo con il carro porta bobine il bordo della trincea e quindi calato manualmente nello scavo. L'asse del cavo posato nella trincea deve scostarsi dall'asse della stessa di qualche centimetro a destra ed a sinistra, al fine di evitare dannose sollecitazioni dovute all'assestamento del terreno. Durante le operazioni di posa, gli sforzi di tiro devono essere applicati ai conduttori e non devono superare i 60 N/mm<sup>2</sup> rispetto alla sezione totale. Il raggio di curvatura dei cavi durante le operazioni d'installazione non dovrà essere inferiore a 3 m. Lo schermo metallico dei singoli spezzoni di cavo dovrà essere messo a terra da entrambe le estremità della linea. È vietato usare lo schermo dei cavi come conduttore di terra per altre parti di impianto. In corrispondenza dell'estremità di cavo connesso alla stazione di utenza, onde evitare il trasferimento di tensioni di contatto pericolose a causa di un guasto sull'alta tensione, la messa a terra dello schermo avverrà solo all'estremità connessa alla stazione di utenza. Per la posa dei cavi in fibra ottica lo sforzo di tiro che può essere applicato a lungo termine sarà al massimo di 3000 N. Il raggio di curvatura dei cavi durante le operazioni d'installazione non dovrà essere inferiore a 20 cm. Durante le operazioni di posa è indispensabile che il cavo non subisca deformazioni temporanee. Il rispetto dei limiti di piegatura e di tiro è garanzia di inalterabilità delle caratteristiche meccaniche della fibra durante le operazioni di posa. Se inavvertitamente il cavo subisce delle deformazioni o schiacciamenti visibili la posa deve essere interrotta e dovrà essere effettuata una misurazione con OTDR per verificare eventuali rotture o attenuazioni eccessive provocate dallo stress meccanico. La realizzazione delle giunzioni dovrà essere effettuata secondo le seguenti indicazioni:

- prima di tagliare i cavi controllare l'integrità della confezione e l'eventuale presenza di umidità;

- non interrompere mai il montaggio del giunto o del terminale;
- utilizzare esclusivamente materiali contenuti nella confezione.

A operazione conclusa devono essere applicate delle targhe identificatrici su ciascun giunto in modo da poter individuare l'esecutore, la data e le modalità d'esecuzione.

Su ciascun tronco fra l'ultima turbina e la stazione elettrica di utenza dovranno essere collocati dei giunti d'isolamento tra gli schermi dei due diversi impianti di terra (dispersore di terra della stazione elettrica e dispersore di terra dell'impianto eolico). Essi dovranno garantire la tenuta alla tensione che si può stabilire tra i due schermi dei cavi MT.

Nell'esecuzione delle terminazioni all'interno dei quadri MT di aerogeneratori e stazione, si deve realizzare il collegamento di terra degli schermi dei cavi con trecce flessibili di rame stagnato, eventualmente prolungandole e dotandole di capocorda a compressione per l'ancoraggio alla presa di terra dello scomparto.

Lo schermo dovrà essere collegato a terra da entrambe le estremità. Ogni terminazione deve essere dotata di una targa di riconoscimento in PVC atta a identificare esecutore, data e modo d'esecuzione e indicazione della fase (R, S o T). La messa a terra dovrà essere eseguita da entrambe le parti del cavo.

Le terminazioni dei cavi in fibra ottica dovranno essere portate a termine nella seguente maniera:

- posa del cavo, da terra al relativo cassetto ottico, previa eliminazione della parte eccedente, con fissaggio del cavo o a parete o ad elementi verticali con apposite fascette, ogni 0.50 m circa
- sbucciatura progressiva del cavo;
- fornitura ed applicazione, su ciascuna fibra ottica, di connettore;
- esecuzione della "lappatura" finale del terminale;
- fissaggio di ciascuna fibra ottica.

## 24. Interferenze

La risoluzione delle interferenze sarà effettuata in conformità alla norma CEI 11-17. Eventuali deroghe saranno possibili previo parere dell'ente gestore dell'opera interferente.

a) Parallelismo e incroci tra cavi elettrici. I cavi aventi la stessa tensione possono essere posati alla stessa profondità, ad una distanza di circa 3 volte il loro diametro nel caso di posa diretta. I cavi a diversa tensione devono essere invece segregati (posti all'interno di condutture o canalette).

b) Incroci tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione. Negli incroci il cavo elettrico, di regola, deve essere situato inferiormente al cavo di telecomunicazione. La distanza fra i due cavi non deve essere inferiore a 0,30 m e inoltre il cavo posto superiormente deve essere protetto, per una lunghezza non inferiore a 1 m, mediante un dispositivo di protezione identico a quello previsto per i parallelismi. Tali dispositivi devono essere disposti simmetricamente rispetto all'altro cavo. Ove, per giustificate esigenze tecniche, non possa essere rispettato il distanziamento minimo di cui sopra, anche sul cavo sottostante deve essere applicata una protezione analoga a quella prescritta per il cavo situato superiormente. Non è necessario osservare le prescrizioni sopraindicate quando almeno uno dei due cavi è posto dentro appositi manufatti che proteggono il cavo stesso e ne rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza necessità di effettuare scavi.

c) Parallelismo tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione. Nei parallelismi con cavi di telecomunicazione i cavi elettrici devono, di regola, essere posati alla maggiore distanza possibile fra loro e quando vengono posati lungo la stessa strada si devono posare possibilmente ai lati opposti di questa. Ove, per giustificate esigenze tecniche, non sia possibile attuare quanto sopra è ammesso posare i cavi in vicinanza purché sia mantenuta tra due cavi una distanza minima, in proiezione sul piano orizzontale, non inferiore a 0.30 m. Qualora detta distanza non possa essere rispettata è necessario applicare sui cavi uno dei seguenti dispositivi di protezione:

- cassetta metallica zincata a caldo;
- tubazione in acciaio zincato a caldo;
- tubazione in PVC o fibrocemento, rivestite esternamente con uno spessore di calcestruzzo non inferiore a 10 cm.

I predetti dispositivi possono essere omessi sul cavo posato alla maggiore profondità quando la differenza di quota tra i due cavi è uguale o superiore a 0,15 m. Le prescrizioni di cui sopra non si applicano quando almeno uno dei due cavi è posato, per tutta la parte interessata in appositi manufatti (tubazioni, cunicoli, etc.), che proteggono il cavo stesso e rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza la possibilità di effettuare scavi.

d) Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici e tubazioni o strutture metalliche interrato. La distanza in proiezione orizzontale tra cavi elettrici e tubazioni metalliche interrato parallelamente a esse non deve essere inferiore a 0.30 m. Si può tuttavia derogare alla prescrizione suddetta previo accordo tra gli esercenti quando:

- la differenza di quota fra le superfici esterne delle strutture interessate è superiore a 0.50 m;
- tale differenza è compresa tra 0.30 m e 0.50 m, ma si interpongono fra le due strutture elementi separatori non metallici nei tratti in cui la tubazione non è contenuta in un manufatto di protezione non metallico. Non devono mai essere disposti nello stesso manufatto di protezione cavi di energia e tubi convoglianti fluidi infiammabili; per le tubazioni per altro tipo di posa è invece consentito, previo accordo tra gli Enti interessati, purché il cavo elettrico e la tubazione non siano posti a diretto contatto fra loro. Le interferenze con eventuali gasdotti sono disciplinate dal D.M. 24/11/1984 e saranno risolte in accordo con l'ente proprietario. Nei casi di parallelismi, sopra e sottopasso i cavi dovranno essere posati all'interno di tubazioni e/o cunicoli. La distanza misurata fra le superfici affacciate del cavidotto e del gasdotto deve essere tale da consentire eventuali interventi di manutenzione su entrambi i servizi interrati.

L'incrocio fra cavi d'energia e tubazioni metalliche interrato non deve essere effettuato sulla proiezione verticale di giunti non saldati delle tubazioni stesse. Non si devono effettuare giunti sui cavi a distanza inferiore ad 1 m dal punto di incrocio. Nel caso di incrocio con un gasdotto interrato i cavi dovranno essere alloggiati all'interno di un manufatto di protezione, che dovrà essere prolungato da una parte e dall'altra dell'incrocio stesso per almeno 1 metro nei sovrappassi e 3 metri nei sottopassi, misurati a partire dalle tangenti verticali alle pareti esterne del gasdotto.

Nessuna prescrizione è data nel caso in cui la distanza minima, misurata fra le superfici esterne di cavi elettrici e di tubazioni metalliche o fra quelle di eventuali loro manufatti di protezione, è superiore a 0.50 m.

Tale distanza può essere ridotta fino ad un minimo di 0.30 m, quando una delle strutture di incrocio è contenuta in manufatto di protezione non metallico, prolungato per almeno 0.30 m per parte rispetto all'ingombro in pianta dell'altra struttura oppure quando fra le strutture che si incrociano si venga interposto un elemento separatore non metallico (ad esempio lastre di calcestruzzo o di materiale isolante rigido); questo elemento deve poter coprire, oltre alla superficie di sovrapposizione in pianta delle strutture che si incrociano, quella di una striscia di circa 0.30 m di

larghezza ad essa periferica. Le distanze suddette possono ulteriormente essere ridotte, previo accordo fra gli Enti proprietari o Concessionari, se entrambe le strutture sono contenute in un manufatto di protezione non metallico. Prescrizioni analoghe devono essere osservate nel caso in cui non risulti possibile tenere l'incrocio a distanza uguale o superiore a 1 m dal giunto di un cavo oppure nei tratti che precedono o seguono immediatamente incroci eseguiti sotto angoli inferiori a 60° e per i quali non risulti possibile osservare prescrizioni sul distanziamento. e)

Attraversamenti di linee in cavo con strade pubbliche, ferrovie, tranvie, filovie, funicolari terrestri. In corrispondenza degli attraversamenti delle linee in cavo interrato con ferrovie, tranvie, filovie, funicolari terrestri in servizio pubblico o in servizio privato per trasporto di persone, autostrade, strade statali e provinciali e loro collegamenti nell'interno degli abitati, il cavo deve essere disposto entro robusti manufatti (tubi, cunicoli, ecc.) prolungati di almeno 0.60 m fuori della sede ferroviaria o stradale, da ciascun lato di essa, e disposti a profondità non minore di 1.50 m sotto il piano del ferro di ferrovie di grande comunicazione, non minore di 1.00 m sotto il piano del ferro di ferrovie secondarie, tranvie, funicolari terrestri, e sotto il piano di autostrade, strade statali e provinciali. Le distanze vanno determinate dal punto più alto della superficie esterna del manufatto. Le gallerie praticabili devono avere gli accessi difesi da chiusure munite di serrature a chiave. Quando il cavo è posato in gallerie praticabili sottopassanti l'opera attraversata, non si applicano le prescrizioni di cui sopra purché il cavo sia o interrato a profondità non minore di 0.50 m sotto il letto della galleria, o sia protetto contro le azioni meccaniche mediante adatti dispositivi di protezione (di cemento, mattoni, legno o simili).

f) Attraversamenti di corsi d'acqua, canali. L'attraversamento di corsi d'acqua, canali e simili può essere effettuato mediante staffaggio su ponti e strutture preesistenti ovvero mediante perforazione teleguidata. Quest'ultima in particolare consente grande sicurezza ed evita, inoltre, interventi su argini e/o sponde. L'intervento sarà effettuato nelle fasi seguenti:

a. Realizzazione di un foro pilota, infilando nel terreno, mediante spinta e rotazione, una successione di aste che guidate opportunamente dalla testa, che creano un percorso sotterraneo che va da un pozzetto di partenza ad uno di arrivo.

b. Recupero delle aste con dietro un alesatore che, opportunamente avvitato al posto della testa, ruotando con le aste genera il foro del diametro voluto. Insieme all'alesatore, o in seguito, sono posate le condutture ben sigillate entro cui verrà posizionato il cavo.

La trivellazione viene eseguita ad una profondità tra 5 e 10 m sotto l'alveo del corso d'acqua, tale da non essere interessata da fenomeni di erosione, mentre i pozzetti di ispezione che coincidono con quello di partenza e di arrivo della tubazione di attraversamento vengono realizzati alla quota del terreno.

### Condizioni di ordinario funzionamento e prestazioni di progetto

Il clima e le condizioni del sito comprendono molte variabili e dovrebbero essere considerate nella valutazione delle prestazioni della turbina. Il progetto e i parametri operativi stabiliti in questa sezione non costituiscono garanzie, o rappresentazione delle performance in riferimento ai siti specifici.

#### 25. Condizioni STD

Il clima e le condizioni del sito comprendono molte variabili e dovrebbero essere considerate nella valutazione delle prestazioni della turbina. Il progetto e i parametri operativi stabiliti in questa sezione non costituiscono garanzie, o rappresentazione delle performance in riferimento ai siti specifici.

<b>Parametri estremi</b>	
<b>Condizioni climatiche del vento</b>	<b>IEC IIA</b>
<b>Intervallo della Temperatura Ambiente (temperature standard della turbina)</b>	-20° a +45°C
<b>Velocità estrema di vento (media di 10 minuti)</b>	36.1 m/s
<b>Velocità del vento limite al danno (3 raffiche al secondo)</b>	50.5 m/s
<b>Intensità di turbolenza</b>	12.7%
<b>Vento di taglio</b>	0,20
<b>Angolo di flusso (verticale)</b>	8°

<b>Condizioni di funzionamento – Temperatura e vento.</b>	
<b>Intervallo della temperatura Ambiente (Low Temperature Turbine)</b>	-30° a +45°
<b>Avvio</b>	3 m/s
<b>Arresto</b>	25 m/s
<b>Riavvio (10 minuti di media)</b>	23 m/s



# 4 MW Platform

**Wind.** It means the world to us.™

The 4 MW platform covers all wind segments enabling you to find the best turbine for your specific site.

#### WINDCLASSES

TURBINE TYPE	Low Wind Speeds	Medium Wind Speeds	High Wind Speeds
<b>4 MW TURBINES</b>			
V105-3.45 MW™ IEC IA			■
V112-3.45 MW <sup>®</sup> IEC IA			■
V117-3.45 MW <sup>®</sup> IEC IB/ IEC IIA			■
V117-4.2 MW™ IEC IB-T/ IEC IIA-T/ IEC S-T			■
V126-3.45 MW <sup>®</sup> IEC IIA/ IEC IIB		■	
V136-3.45 MW <sup>®</sup> IEC IIB/ IEC IIIA		■	
V136-4.2 MW™ IEC IIB/ IEC S		■	
V150-4.2 MW™ IEC IIIB/ IEC S	■		
V155-3.6 MW™ IEC S	■		

#### Options available for the 4 MW platform

An option is an extra feature that can be added to the turbine to suit a project's specific needs. By adding options to the standard turbine, we can enhance the performance and adaptability of the wind power project and facilitate a shorter permitting cycle at restricted sites. The options can even be a decisive factor in realising your specific project, and the business case certainty of the investment.

Here is a list of the options available for the 4 MW platform:

- Power Optimised Modes
- Load Optimised Modes
- Condition Monitoring System
- Service Personnel Lift
- Vestas Ice Detection
- Vestas De-Icing
- Vestas Anti-Icing System™
- Low Temperature Operation to -30°C
- Fire Suppression
- Shadow detection
- Vestas Bat Protection System
- Aviation Lights
- Aviation Markings on the Blades
- Vestas IntelliLight™

#### Life testing

The Vestas Test Centre has the unique ability to test complete nacelles using technologies like Highly Accelerated Life Testing (HALT). This rigorous testing of new components ensures the reliability of the 4 MW platform.



# V136-4.2 MW™

## IEC IIB/IEC S

### Facts & figures

**POWER REGULATION** Pitch regulated with variable speed

**OPERATING DATA**  
 Rated power 4,000 kW/4,200 kW  
 Cut-in wind speed 3m/s  
 Cut-out wind speed 25m/s  
 Re cut-in wind speed 23m/s  
 Wind class IEC IIB/IEC S  
 Standard operating temperature range from -20°C to +45°C with de-rating above 30°C (4,000 kW)

\*subject to different temperature options

**SOUND POWER**  
 Maximum 103.9dB(A)\*\*  
 \*\*Sound Optimised modes dependent on site and country

**ROTOR**  
 Rotor diameter 136m  
 Swept area 14,527m<sup>2</sup>  
 Air brake full blade feathering with 3 pitch cylinders

**ELECTRICAL**  
 Frequency 50/60Hz  
 Converter full scale

**GEARBOX**  
 Type two planetary stages and one helical stage

**TOWER**  
 Hub heights Site and country specific

**NACELLE DIMENSIONS**  
 Height for transport 3.4m  
 Height installed (incl. CoolerTop\*) 6.9m  
 Length 12.8m  
 Width 4.2m

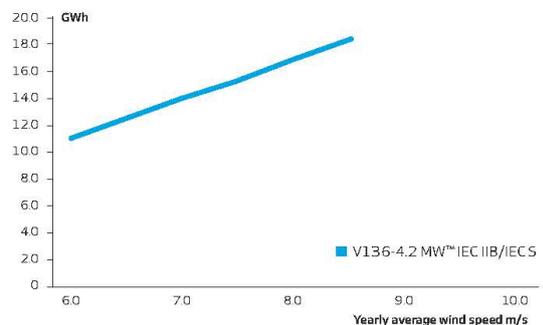
**HUB DIMENSIONS**  
 Max. transport height 3.8m  
 Max. transport width 3.8m  
 Max. transport length 5.5m

**BLADE DIMENSIONS**  
 Length 66.7m  
 Max. chord 4.1m

Max. weight per unit for transportation 70 metric tonnes

- TURBINE OPTIONS**
- 4.2 MW and 4.5 MW Power Optimised Modes (site specific)
  - High Wind Operation
  - Load Optimised Modes down to 3.6 MW
  - Condition Monitoring System
  - Service Personnel Lift
  - Vestas Anti-Icing System
  - Vestas Ice Detection™
  - Low Temperature Operation to -30°C
  - Fire Suppression
  - Shadow detection
  - Vestas Bat Protection System
  - Aviation Lights
  - Aviation Markings on the Blades
  - Vestas IntelliLight®

**ANNUAL ENERGY PRODUCTION**



**Assumptions**  
 One wind turbine, 100% availability, 0% losses, k factor =2,  
 Standard air density = 1.225, wind speed at hub height