



REGIONE BASILICATA



PROVINCIA DI POTENZA



COMUNE DI FORENZA



COMUNE DI MASCHITO



COMUNE DI
RIPACANDIDA

Committente:



Oggetto:

PROGETTO DEFINITIVO
"PARCO EOLICO PIANO DELLA SPINA"

Titolo:

Relazione tecnica impianto eolico

Tavola:

A.9

-Progettista Architettonico/Elettromecc.:

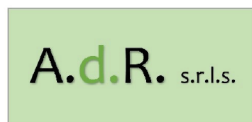
Ing. Paolo Battistella

-Consulenza Geologica:

Dott. Geologo Antonio Viviani

-Responsabile V.I.A.:

Ing. Rocco Sileo



INGEGNERIA - ARCHITETTURA
TOPOGRAFIA

-Consulenza Topografica:

Geom. Rocco Galasso

0	Emissione	10/2021	G.M.	P.B.	Data: Ottobre 2021
N°	REVISIONE	DATA	RED.	APPR.	

Committente:
EN POWER S.r.l.s.
 Via Principe Amedeo, 7 – 85010 Pignola (PZ)

Parco Eolico Piano della Spina
RELAZIONE TECNICA IMPIANTO EOLICO
A9

A. DESCRIZIONE DEI DIVERSI ELEMENTI PROGETTUALI CON LA RELATIVA ILLUSTRAZIONE ANCHE SOTTO IL PROFILO ARCHITETTONICO.....	2
A.1 FONDAZIONI.....	3
A.2 TORRE.....	6
A.3 PIAZZOLE.....	7
A.4 VIABILITÀ.....	9
A.5 TURBINE.....	14
A.6 SISTEMI DI CONTROLLO.....	15
A.7 STAZIONE DI CONSEGNA.....	16
A.8 CAVIDOTTO.....	20
B. DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO.....	26
B.1 SITO INSTALLAZIONE.....	26
B.2 POTENZA TOTALE.....	28
B.3 REGIME DI VENTO NEL SITO.....	28
B.4 DISPOSIZIONE ED ORIENTAMENTO DEGLI AEROGENERATORI.....	28
B.5 PREVISIONE DI PRODUZIONE ENERGETICA.....	29
B.6 REQUISITI TECNICI MINIMI.....	33
C. SOLUZIONI DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI.....	35
C.1 DESCRIZIONE FENOMENO.....	35
C.2 FULMINE E AEROGENERATORE.....	35
C.3 RETE DI TERRA.....	37
D. ALLEGATI.....	38

	Redatto	Approvato	Note	Data
Emissione	G.Montanari	P.Battistella		Ottobre 2021

A. DESCRIZIONE DEI DIVERSI ELEMENTI PROGETTUALI CON LA RELATIVA ILLUSTRAZIONE ANCHE SOTTO IL PROFILO ARCHITETTONICO

Il progetto dell'impianto eolico "Piano della Spina" prevede la realizzazione delle seguenti opere:

Opere civili:

- **plinti di fondazione**, del tipo diretto o su pali a seconda delle caratteristiche del sottosuolo, su cui vengono solidarizzati gli aerogeneratori;
- **piazzole** a servizio delle singole macchine con superficie più estesa nella fase di costruzione/montaggio in quanto, oltre ad alloggiare gru principale e gru di servizio, dovrà permettere il deposito momentaneo dei componenti da installare (tronchi di torre, navicella e pale). Quest'ultima funzione sarà svolta tramite l'occupazione temporanea di superficie limitrofa che, una volta completata l'operazione di montaggio, sarà ripristinata nelle condizioni originarie. La piazzola rimarrà invece disponibile per l'esercizio e la manutenzione, ovvero per permettere l'accesso dei mezzi di supporto compreso mezzo con cestello per raggiungere le parti più elevate della turbina;
- **viabilità interna** di collegamento delle piazzole, da realizzare con scavi a sezione aperta di sbancamento al di sotto del piano di campagna, formazione di ossatura stradale, compattazione e cilindratura dello strato definitivo in macadam. Non sono previste opere di impermeabilizzazione della sede stradale tramite asfaltatura. Per i tratti di massima pendenza (>16%) sarà invece da valutare l'opportunità di eseguire un fondo di calcestruzzo;
- **cavidotto interrato** da realizzarsi con scavi a sezione obbligata, posa di sabbione su fondo scavo, stesura dei cavi elettrici e di segnale, protezione con coppelle prefabbricate, rinterro, compattazione e segnalazione. Non sono previsti tratti di collegamento elettrico aereo;
- **adeguamento strade di accesso** al sito. In particolare, dopo una verifica puntuale da eseguire congiuntamente al trasportatore, si dovranno eventualmente adeguare le strade di accesso al sito (strade comunali o provinciali) intervenendo sui raggi di raccordo delle curve, le pendenze e la larghezza della carreggiata.

Opere impiantistiche - fornitura e posa in opera:

- sedici **aerogeneratori** completi costituiti da torre, navicella, rotore e di tutta la parte impiantistica. Comprendono sistema di regolazione pale (pitch), albero principale, moltiplicatore di giri, albero veloce, generatore elettrico, inverter, trasformatore di potenza, collegamento al cavidotto a 30kV. Gli aerogeneratori attualmente previsti sono di fabbricazione Vestas di due diversi modelli a seconda del punto di installazione: V136 e V162;
- impianto di **monitoraggio e controllo** della singola macchina e del parco eolico nel suo insieme;
- **cavidotti** in Media Tensione (30kV);

- opere relative alla realizzazione delle opere elettromeccaniche di uno **stallo produttori** in area Terna in fase di progettazione.

Le voci più importanti delle opere previste vengono brevemente descritte nei paragrafi seguenti.

A.1 Fondazioni

Le fondazioni di un aerogeneratore sono progettate in base alle caratteristiche del terreno e quindi non è possibile definire la soluzione ideale prima di aver completato tutti gli studi geotecnici.

In linea di principio, le fondazioni si dividono in due tipologie principali:

- ✓ plinto diretto
- ✓ plinto a pali.

Per entrambe le soluzioni si prevede che il loro piano superiore sia ad almeno 1 metro al di sotto del piano di campagna: ciò permetterà, in fase di dismissione, la rimozione della struttura per un metro di profondità.

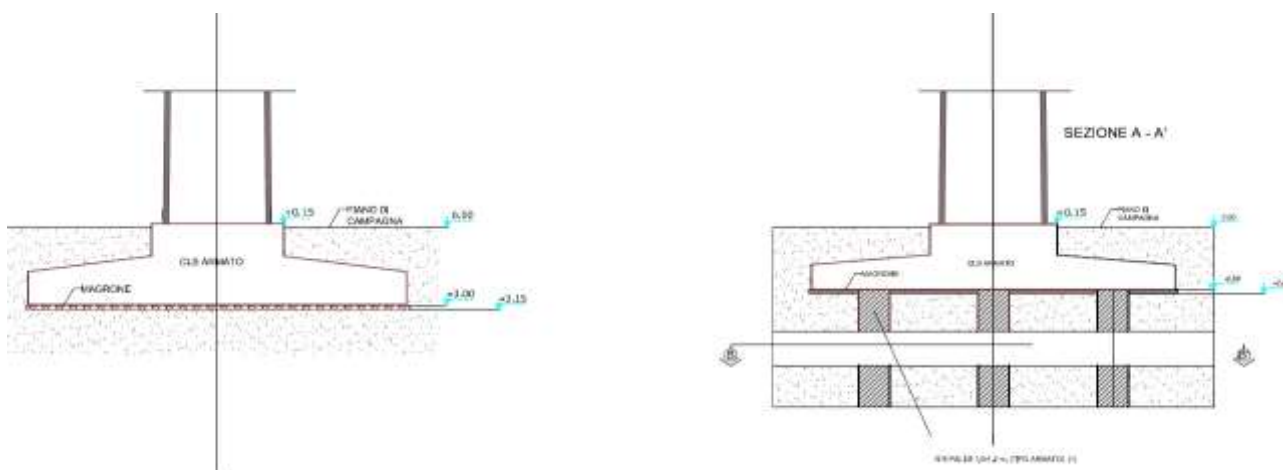


Figura 1 Tipico sezione fondazione diretta e a pali

La soluzione prevista per l'impianto è orientata sull'utilizzo di soluzione diretta (a gravità) per la gran parte delle postazioni. La decisione sarà però effettuata non appena conclusi gli studi geotecnici sulla base dei sondaggi specifici previsti per ogni postazione.

La pianta della fondazione può assumere varie forme geometriche, dal classico plinto quadro, a quello esagonale al più moderno circolare. La scelta del tipo di fondazione, la forma e il dimensionamento definitivo verranno eseguiti in sede di progetto esecutivo ottimizzando gli aspetti strutturali.

Le figure seguenti indicano le scelte tipiche delle macchine Vestas: il plinto è di pianta cilindrica con diametro variabile a seconda delle caratteristiche del terreno. Il sistema di ancoraggio adottato è quello a "tirafondi".

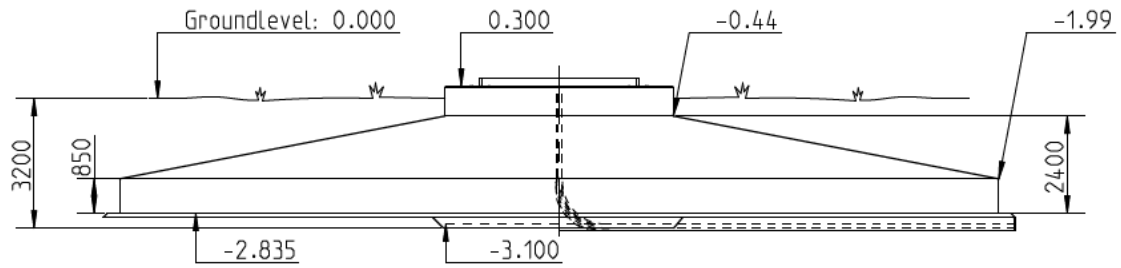


Figura 2 Fondazione: sezione tipica VESTAS¹

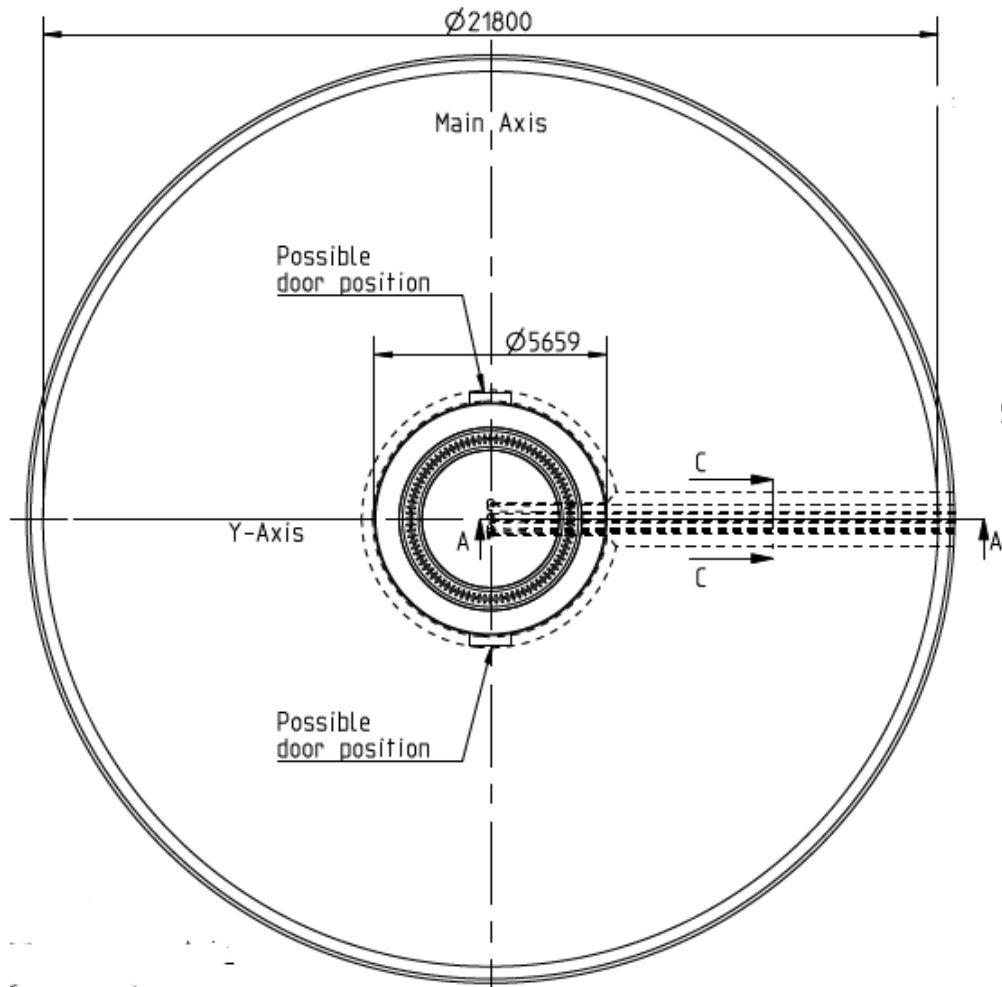


Figura 3 Fondazione: pianta tipica VESTAS

¹ Le dimensioni indicate sono rappresentative per la classe di turbine scelte ma devono essere definite dal Progettista civile.

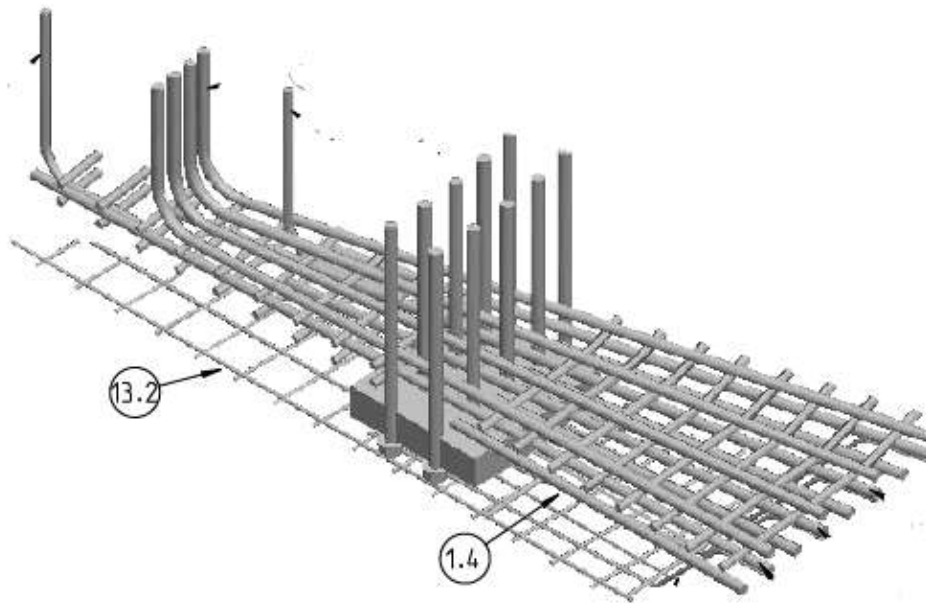


Figura 4 Particolare del sistema di ancoraggio dei tirafondi

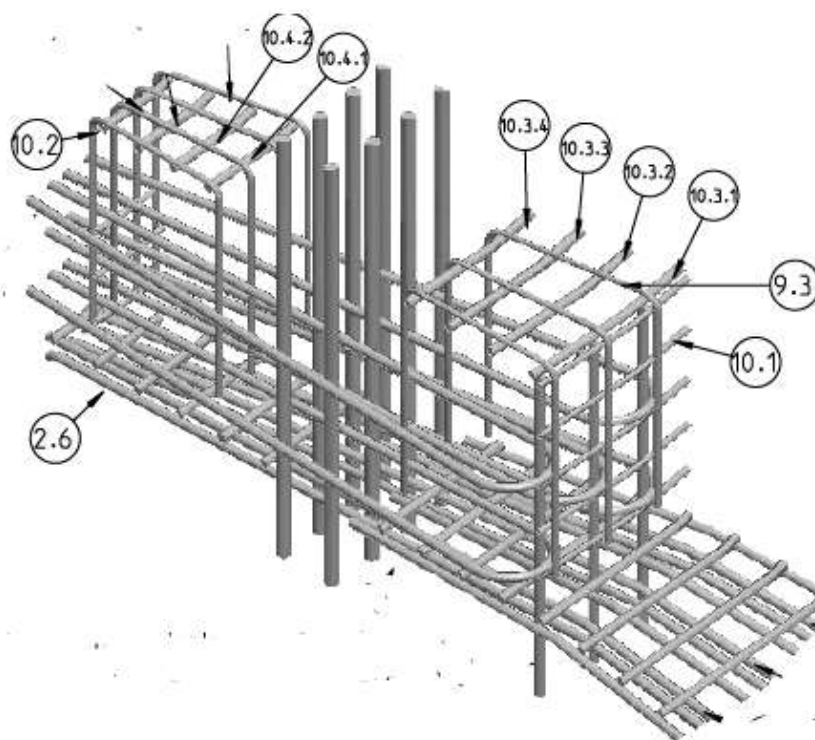


Figura 5 Particolare del sistema dei tirafondi in corrispondenza della flangia torre

Il Progetto Definitivo è stato sviluppato considerando diametri di fondazione con i valori massimi attesi pari a 22m per la V136 e 25m per la V162.

Viste le caratteristiche del terreno è però ipotizzabile una dimensione inferiore. Lo spessore del plinto è previsto di 2-3m. Nel caso di plinto a pali le dimensioni saranno più contenute.

A.2 Torre

I due aerogeneratori scelti (V136 e V162) hanno altezza al mozzo diverse ovvero:

- I. Hhub 86m per V136;
- II. Hhub 125m per V162.

Entrambe le torri hanno le seguenti caratteristiche;

- ✓ torre tubolare in acciaio;
- ✓ colore grigio antiriflesso;
- ✓ suddivisione in elementi collegati a mezzo flangiatura per permettere il trasporto dei singoli segmenti sul sistema viario nazionale;
- ✓ la frequenza propria della torre è superiore alla frequenza di giri del rotore per evitare problemi di risonanza;
- ✓ nessuna restrizione nel range di velocità di rotazione per assenza di sovrapposizione nelle frequenze;
- ✓ la progettazione della torre sarà eseguita secondo NTC2018 considerando i carichi operativi ed eccezionali secondo normativa IEC61400-1. Inoltre sarà eseguita verifica sismica;
- ✓ la costruzione sarà eseguita in conformità alle leggi nazionali;
- ✓ alcune torri saranno dotate del sistema di segnalazione per l'Aeronautica.

Per i particolari si veda la tavola "A.16.b2 Sezioni tipo degli aerogeneratori".

A.3 Piazzole

Il progetto prevede la riduzione al minimo dei movimenti di terra, e quindi degli impatti sul territorio. Le necessità di spazio per il montaggio dell'aerogeneratore è però importante, infatti è necessario:

- posizionare la gru principale, considerare che la distanza dall'asse della fondazione deve essere di 25m e che il montaggio del traliccio della gru richiede uno spazio libero rettilineo di 100m circa;
- posizionare la gru ausiliaria;
- permettere l'arrivo dei trasporti entro il raggio di lavoro della gru principale;
- eseguire le operazioni di scarico dei componenti (tronchi di torre, navicella, pale, ecc.) prevedendo aree libere per lo stoccaggio momentaneo;
- montare a terra il rotore
- considerare la presenza della fondazione e relativa distanza operativa.

Un tipico esempio di piazzola richiesta per la turbina V136 è riportata. Si sottolinea la possibilità di adeguare la geometria al caso specifico.

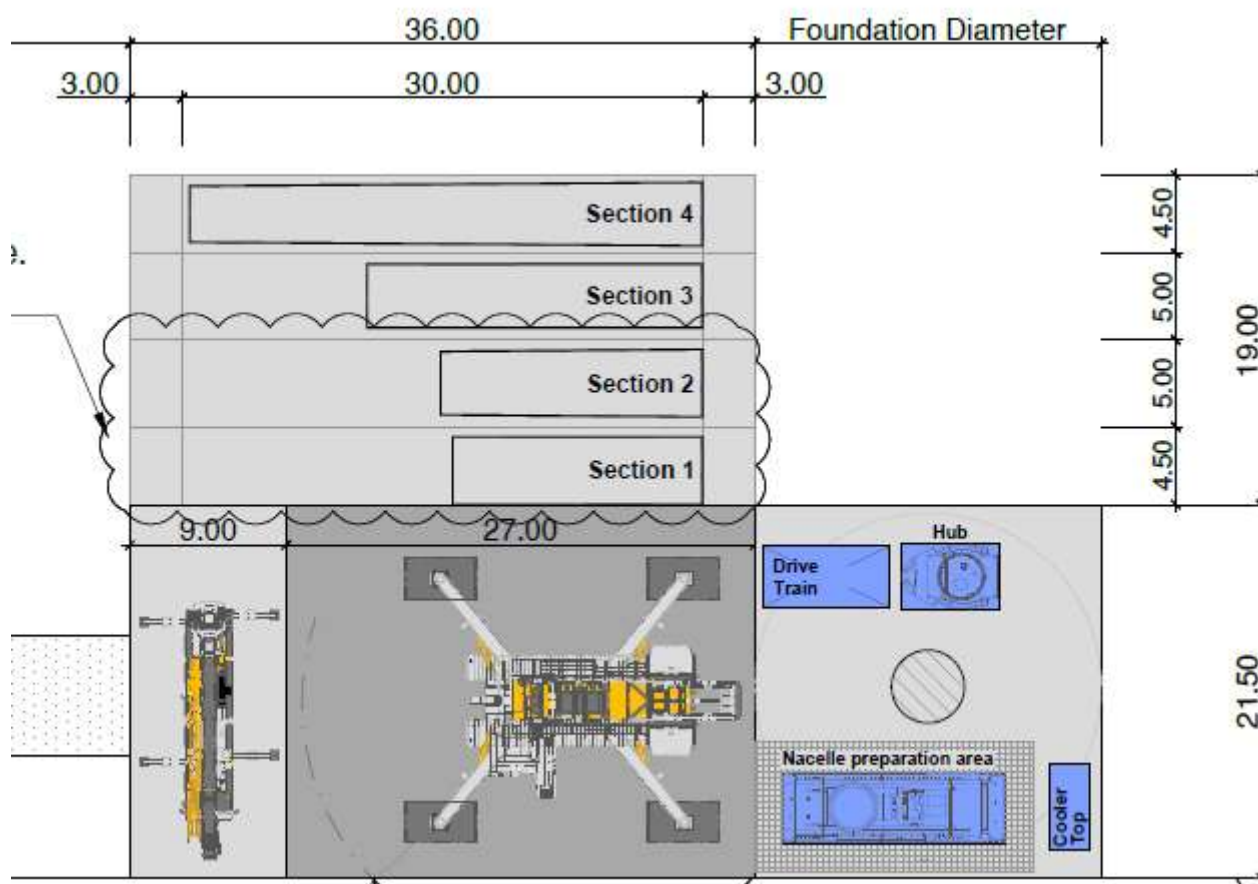


Figura 6 Piazzola tipica per WTG V136 82m²

² Si consideri l'area di stoccaggio delle torri quale area provvisoria. Previo accordi con Vestas, è possibile limitare lo stoccaggio a due sezioni di torre. Il diametro di fondazione massimo atteso è di 20m.

Il posizionamento della gru richiede un margine di sicurezza dal margine della scarpata in riporto come mostrato in figura. Nel caso ciò non fosse garantito si dovrà provvedere ad apposito lavoro di consolidamento in accordo con VESTAS.

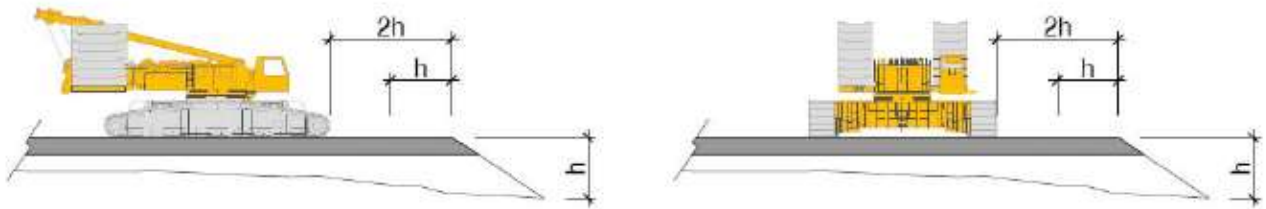


Figura 7 Posizionamento della gru e scarpata in riporto

Per l'area di stoccaggio delle pale è previsto l'utilizzo provvisorio di una superficie adiacente alla piazzola nella quale verranno predisposte, dopo una pulizia dell'intera area da vegetazione o altro, due strutture di appoggio come visibile nella seguente figura.

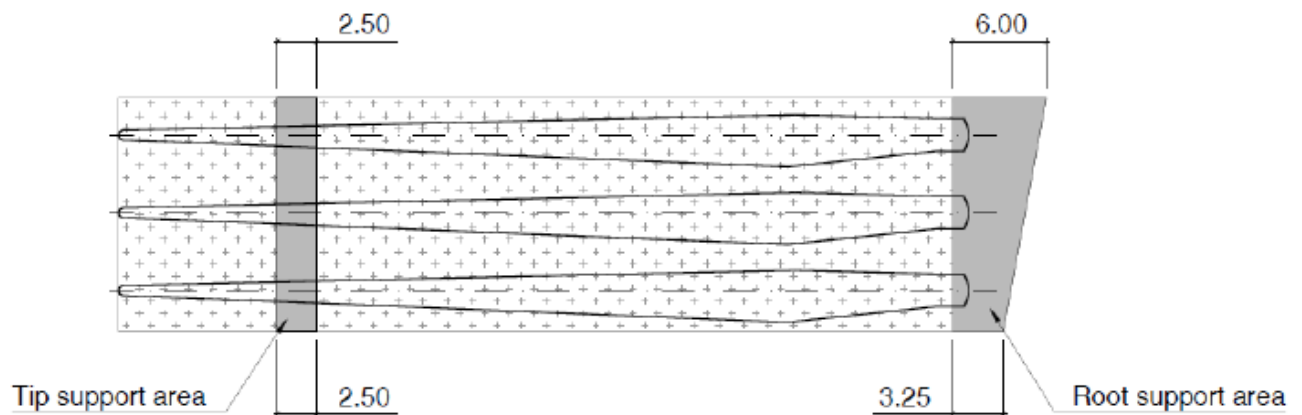


Figura 8 Area di stoccaggio delle pale con evidenziate le due zone di appoggio.

Finito il montaggio le due aree di appoggio verranno ripristinate allo stato originale.

A.4 Viabilità

Le caratteristiche delle strade di accesso devono essere tali da soddisfare le richieste di trasporto che sono di seguito elencate.

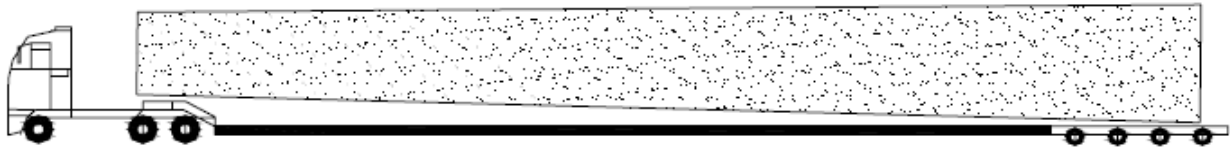


Figura 9 Trasporto tratto di torre metallica

Pendenza Massima

La pendenza massima della strada che i camion dei componenti delle turbine eoliche possono superare è direttamente proporzionale alla qualità della pavimentazione.

Come criterio generale di progettazione, su strade sterrate in ghiaia o un aggregato classificato la massima pendenza longitudinale stradale dei parchi eolici non dovrebbe superare un valore del 10%. Migliorando le condizioni della superficie è consentito arrivare al 14% superando i quali è necessario accordarsi con il costruttore al fine di prendere in considerazione l'uso di autocarri speciali o veicoli aggiuntivi per trainare i camion in condizioni di sicurezza.

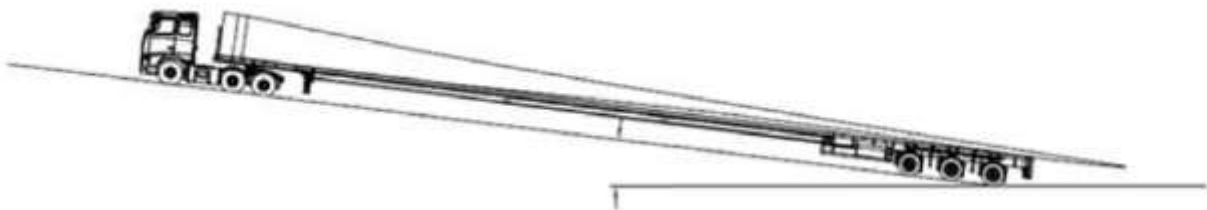


Figura 10 Pendenza longitudinale

Raggio raccordo verticale

I cambi di pendenza longitudinali devono essere raccordati con un raggio di raccordo minimo di 500m per la V136.

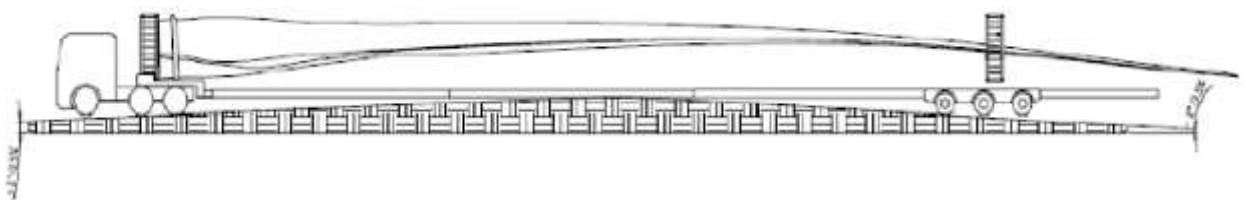


Figura 11 Trasporto pala

Pendenza trasversale

La pendenza trasversale della sezione stradale non deve eccedere il 2%.



Figura 12 Pendenza trasversale

Altezza libera

Lo spazio libero sopra il piano stradale deve essere di almeno 4,7m. Questo valore dipende dalla disponibilità di speciali rimorchi idraulici a pianale ribassato per il trasporto delle sezioni della torre.

Qualsiasi ostacolo o pericolo permanente situato in alto (ad esempio linee elettriche e telefoniche) deve essere segnalato con appositi marker visivi che saranno mantenuti in posizione per tutta la durata della costruzione e installazione del parco eolico.

Capacità portante delle strade

La capacità di carico delle strade del parco eolico deve essere di almeno 2 Kg/cm^2 . Come ulteriore criterio le strade saranno progettate per sopportare un carico per asse di camion di 12 Ton.

Geometria delle strade

Le richieste legate alla geometria del percorso stradale sono quindi importanti e vanno attentamente analizzate specialmente verificando la larghezza della carreggiata e i raggi di curvatura, i quali sono nell'ordine dei 40m di raggio alla corda interna della curva.

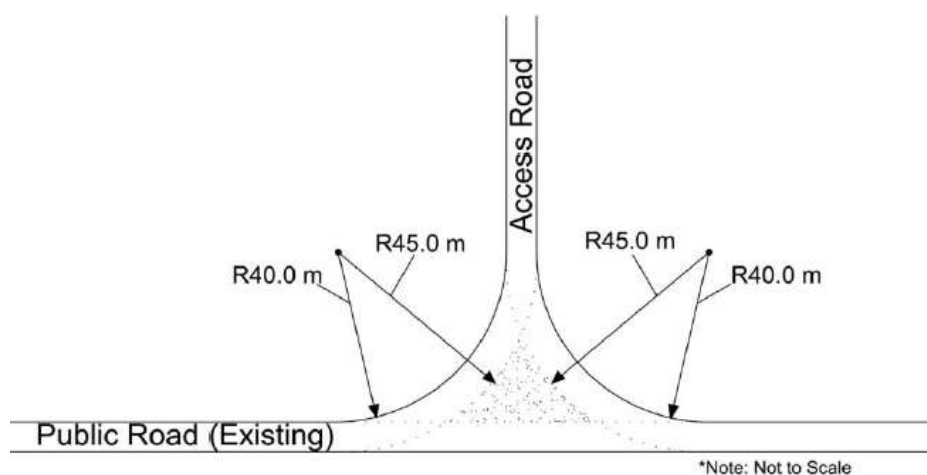


Figura 13 Schema di intersezione delle strade

In figura è rappresentata una intersezione a T. Per le considerazioni sulle curve si veda documento Vestas "Wind Farm Roads Requirements" VESTAS doc. nr. 0054-6051 del 6/09/18 vers.7.

Stato attuale

Per la viabilità interna al parco si mette in evidenza che le strade attualmente esistenti necessitano adeguamenti e manutenzioni straordinarie per permettere il passaggio dei vari componenti e dei normali carichi per i lavori civili. Si tratta soprattutto di una rettifica della sede stradale e di un adeguamento della banchina ai carichi massimi previsti.

I nuovi tratti vengono invece costruiti secondo i tracciati riportati. Per tutti questi brevi tratti di collegamento non sono state evidenziati particolari problematiche e verranno costruite secondo le seguenti indicazioni:

- A. Pendenza laterale per drenaggio acque meteoriche max 2%
- B. Larghezza Carreggiata: 5,5m.
- C. Garanzia drenaggio Massicciata

Il carico per asse massimo previsto è di 17ton. La capacità portante minima del piano stradale deve essere di 180kN/m².

La pendenza massima delle piste per i trasporti è di 14° salvo due piste che per brevi tratti raggiungono i 16°. Tali segmenti saranno analizzati singolarmente in collaborazione con il trasportatore per valutare eventuali soluzioni particolari (fondo in calcestruzzo ad esempio).

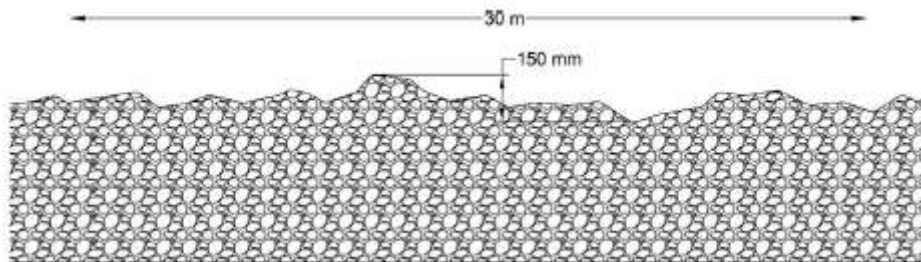


Figura 14 Piano stradale

Le irregolarità del piano stradale devono essere inferiori ai 15cm su tratti di 30m.

Salvo gli eventuali brevi tratti in calcestruzzo, non verranno alterate le caratteristiche di permeabilità del terreno e su indicazione del Geologo, dove richiesto, sarà effettuata una attenta analisi della regimentazione delle acque meteoriche.

Per quanto riguarda la viabilità nazionale, non sono stati individuati particolari criticità per il trasporto, anche dei componenti più ingombranti, dal porto di Brindisi fino all'impianto.

Curve nel piano

Considerando le esigenze di trasporto per la classe di aerogeneratori maggiore (V150-V162) Vestas ha elaborato delle geometrie di riferimento standard che fanno riferimento al carico speciale della seguente figura.

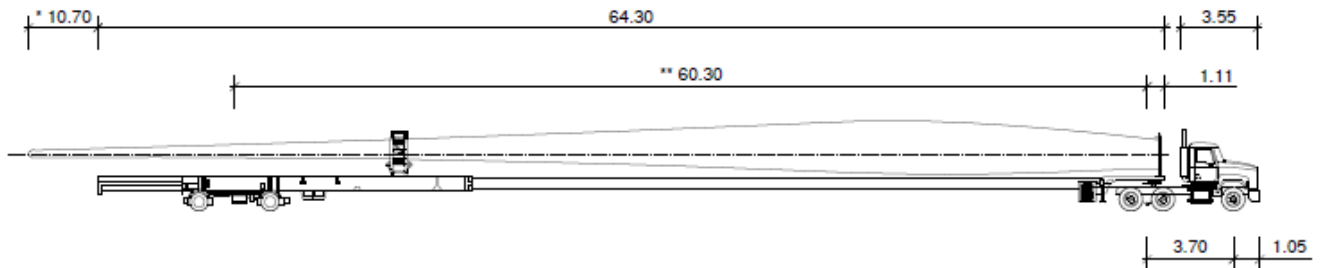


Figura 15 Carico speciale Standard per Aerogeneratori V150-V162 - Dimensioni Massime

Sulla base di tali dimensioni Vestas ha indicato le dimensioni caratteristiche minime che devono avere le curve (si veda documento “Wind farm Roads Requirements - Vestas Wind Systems A/S - DMS no: 0054-6051 – 6 novembre 2018”).

Nel caso non fossero rispettate si dovrà procedere ad un confronto con l'autotrasportatore per individuare possibili soluzioni.

60° BEND WIDENING - 5 METERS WIDE ROAD											
Radius	External						Internal				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
70m	-	0.2	1.2	1.6	1.2	0.1	-	1.3	1.1	0.4	0.2
75m	-	-	0.8	1.4	0.8	-	-	1.0	0.8	0.3	-
80m	-	-	0.8	1.1	0.7	-	-	1.0	0.7	0.3	-

60° BEND WIDENING - 6 METERS WIDE ROAD											
Radius	External						Internal				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
70m	-	-	0.4	0.8	0.4	-	-	0.2	0.2	-	-
75m	-	-	0.2	0.6	0.2	-	-	0.2	-	-	-
80m	-	-	-	0.2	-	-	-	0.2	-	-	-

60° BEND WIDENING - 6.5 METERS WIDE ROAD											
Radius	External						Internal				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
70m	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-
75m	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
80m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

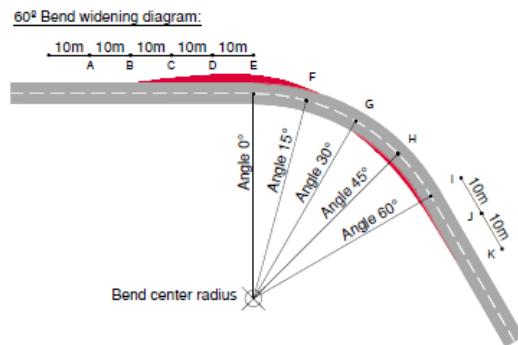


Figura 16 Curva di 60° (misure in m)³

³ Sono indicate, per ogni sezione di strada indicata in figura, gli spazi “eccedenti alla carreggiata” interni ed esterni alla curva richiesti per il passaggio nel caso di diverse larghezze di carreggiata.

90° BEND WIDENING - 5 METERS WIDE ROAD													
Radius	External							Internal					
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
70m	-	0.7	1.5	1.7	1.3	0.2	-	-	-	1.2	1.7	1.1	0.4
75m	-	0.5	1.2	1.4	1.0	-	-	-	-	1.0	1.4	0.8	0.2
80m	-	0.2	1.0	1.3	0.9	-	-	-	-	0.6	0.9	0.6	0.2

90° BEND WIDENING - 6 METERS WIDE ROAD													
Radius	External							Internal					
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
70m	-	-	0.5	0.6	0.2	-	-	-	-	0.6	0.1	-	-
75m	-	-	0.4	0.6	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-
80m	-	-	0.3	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-

90° BEND WIDENING - 6.5 METERS WIDE ROAD													
Radius	External							Internal					
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
70m	-	-	0.2	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
75m	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
80m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

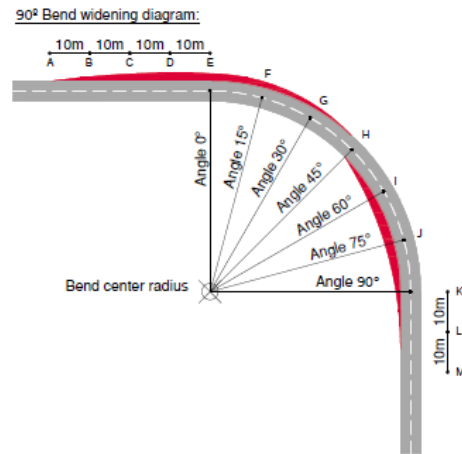


Figura 17 Curva 90°

120° BEND WIDENING - 5 METERS WIDE ROAD															
Radius	External								Internal						
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
70m	-	0.9	1.8	2.0	1.2	0.1	-	-	-	-	0.7	1.6	0.9	0.2	-
75m	-	0.6	1.5	1.6	1.0	-	-	-	-	-	0.5	1.2	0.8	0.2	-
80m	-	0.3	1.1	1.4	1.0	-	-	-	-	-	-	0.9	0.7	0.2	-

120° BEND WIDENING - 6 METERS WIDE ROAD															
Radius	External								Internal						
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
70m	-	-	0.6	0.8	0.2	-	-	-	-	-	0.5	0.3	-	-	-
75m	-	-	0.4	0.5	-	-	-	-	-	-	0.4	0.2	-	-	-
80m	-	-	0.2	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

120° BEND WIDENING - 6.5 METERS WIDE ROAD															
Radius	External								Internal						
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
70m	-	-	0.2	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
75m	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
80m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

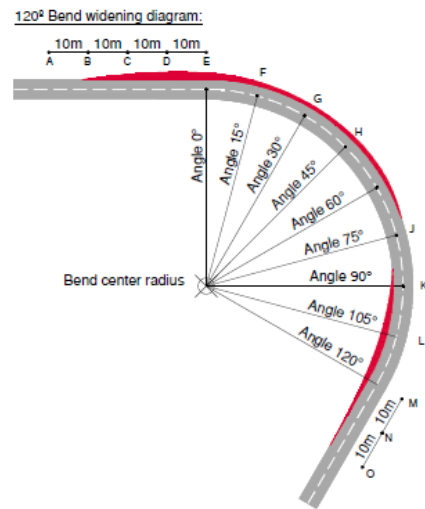


Figura 18 Curva 120°

150° BEND WIDENING - 5 METERS WIDE ROAD																
Radius	External								Internal							
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
70m	-	0.7	1.7	2.0	1.4	-	-	-	-	-	-	0.3	1.3	1.1	0.8	0.4
75m	-	0.5	1.4	1.8	1.2	-	-	-	-	-	-	0.2	1.0	0.8	0.6	0.3
80m	-	0.2	1.1	1.3	0.9	-	-	-	-	-	-	-	0.6	0.7	0.5	0.3

150° BEND WIDENING - 6 METERS WIDE ROAD																	
Radius	External								Internal								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
70m	-	-	0.8	1.0	0.4	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-
75m	-	-	0.4	0.7	0.2	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-
80m	-	-	0.2	0.3	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

150° BEND WIDENING - 6.5 METERS WIDE ROAD																	
Radius	External								Internal								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
70m	-	-	0.4	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
75m	-	-	-	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
80m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

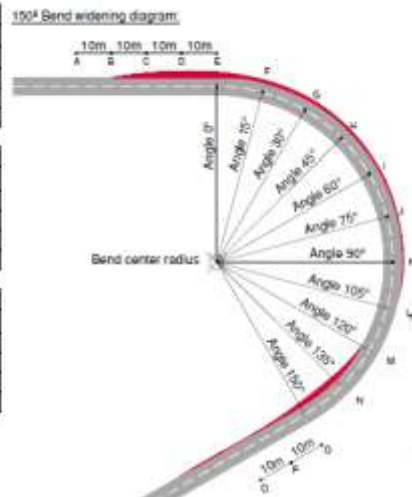


Figura 19 Curva 150°

A.5 Turbine

Viste le caratteristiche del sito sotto il profilo anemologico, orografico e ambientale si è reso necessario individuare due diversi modelli di aerogeneratori di grande taglia.

Gli aerogeneratori scelti sono entrambi prodotti dal costruttore VESTAS e sono:

- modello V162 da 5.6 MW di potenza nominale con altezza mozzo di 125m;
- modello V136 da 4.2 MW di potenza nominale con altezza mozzo di 86 m.

Lo schema costruttivo delle due macchine è quello classico, in cui la navicella è progettata con struttura portante saldata. Al suo interno sono alloggiati il sistema di trasmissione con moltiplicatore di giri, il generatore elettrico e i dispositivi ausiliari.

L'avvio della turbina avviene con un vento di 3 m/s, a passo massimo.



Figura 20 – Navicella della serie EnVentus, a cui appartiene la V162-5.6 MW

Il flusso d'aria sulle pale aziona il rotore e quindi il generatore attraverso il moltiplicatore a due stadi.

Data la bassa velocità di rotazione e l'ampia sezione trasversale del generatore, i livelli di rumore non sono elevati e sono soggetti a minori fluttuazioni.

A velocità del vento alte, oltre quella di raggiungimento della potenza nominale, il sistema di regolazione del passo e quello del generatore mantengono la potenza al valore prefissato, indipendentemente da variazioni di velocità del vento, di carico, di temperatura o di densità dell'aria.

Quando necessario, l'aerogeneratore frena aerodinamicamente mettendo completamente in bandiera le pale.

Tutte le funzioni dell'aerogeneratore sono monitorate e controllate da diverse unità di controllo basate su microprocessori.

Le pale del rotore, aventi forte influenza sull'*output* della turbina e sull'emissione sonora, sono di materiale a base epossidica rinforzato da fibre di vetro e di carbonio, quindi caratterizzate da durezza, resistenza all'abrasione e alta resistenza ai fattori chimici e alle radiazioni solari. Hanno inoltre un rivestimento di protezione contro i fattori atmosferici.

Il profilo alare si estende fino alla navicella, ottimizzando così l'andamento delle linee di corrente per l'intera lunghezza della pala.

A.6 Sistemi di Controllo

I sistemi di controllo, come accennato, sono il *pitch control* e lo *yaw control*.

Il primo, *pitch control*, di cui è dotata ciascuna pala in modo indipendente, esegue la rotazione delle pale intorno al loro asse principale e permette la riduzione della potenza al suo valore nominale, evitando così l'utilizzo di freni meccanici. Gli angoli aerodinamici e costruttivi sono costantemente monitorati, in modo da permettere veloci regolazioni in funzione del vento.

Il secondo, *yaw control* detto anche *imbardata*, modifica l'orientamento della navicella, allineando la macchina rispetto alla direzione del vento e garantendo, indipendentemente dalla direzione del vento, la migliore esposizione del rotore ovvero perpendicolare alla direzione del vento in posizione sopravento rispetto alla torre.

A.7 Stazione di Consegna

La Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) elaborata da Terna⁴ prevede il collegamento dell’Impianto eolico Piano della Spina in antenna a 150kV su futura Stazione Elettrica SE di smistamento a 150kV della RTN da inserire in entra.esce alla linea 150 kV “Genzano – Palazzo San Gervasio – Forenza Maschito” previa realizzazione di:

- Nuova SE di trasformazione 380/150kV da inserire in entra-esce alla linea RTN 380 kV “Genzano 380 – Melfi 380”
- Un nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento tra le future SE suddette.

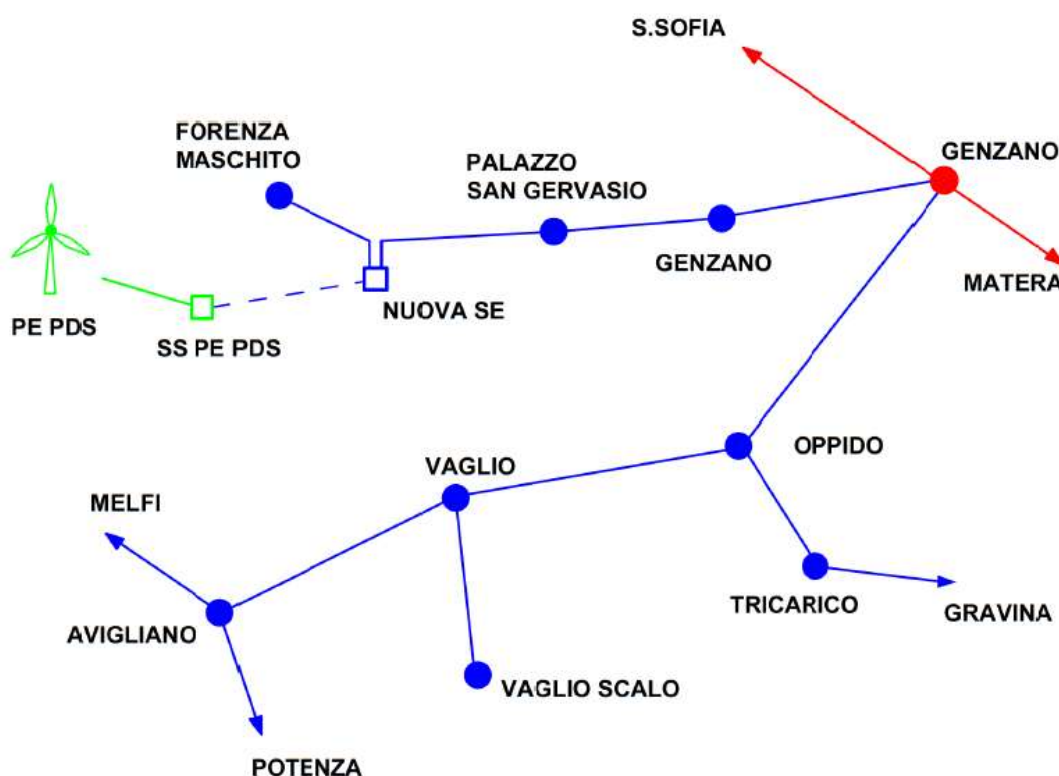


Figura 21 Allaccio alla Rete Nazionale

dove:

	Linea 30 kV PE Piano della Spina		Sottostazione PE PdS
	Linea PE 150 kV		Stazione RTN 150 kV
	Linea RTN 150 kV		Nuova stazione RTN 150 kV
	Linea RTN 380 kV		Stazione RTN 380/150 kV

⁴ Codice pratica: 202001335 – Comuni di Palazzo San Gervasio e Forenza (PZ) – Preventivo di connessione 35237571.

Il sito per la connessione è stato scelto in quanto è:

- ✓ su strade pubblica con un accesso diretto;
- ✓ vicinanza alla progettata Stazione Elettrica da 150 kV di proprietà di Terna Spa;
- ✓ lontano dai centri abitati, abitazioni e da insediamenti di qualsiasi natura e genere.

L'impianto di "UTENZA" a 150 kV è stato ubicato a sud della SE di Terna Spa ed individuato catastalmente al foglio n.23 particella 60 con accesso dalla strada vicinale nel comune di Palazzo San Gervasio (PZ) con accesso da altre strade pubbliche presenti in zona di facile accessibilità.

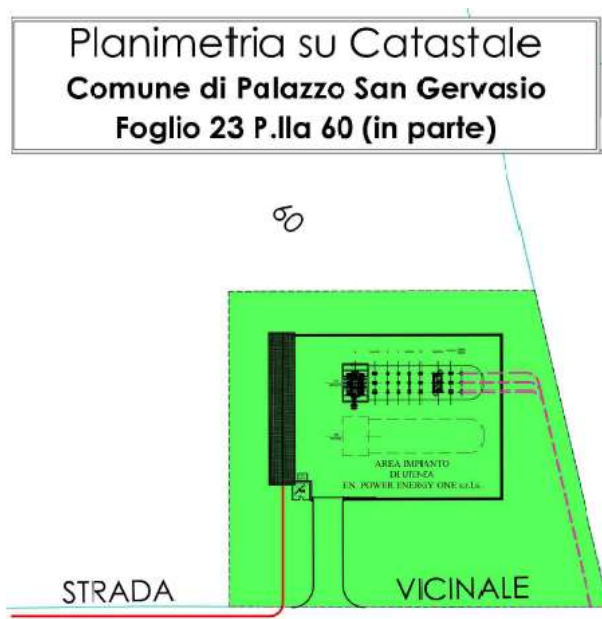


Figura 22 Sottostazione di allaccio

L'individuazione del sito e la sistemazione della stazione elettrica nello stesso risultano facilitati sia dalla dimensione del lotto individuato, sia dalla vicinanza delle stazione 150 kV in parola e sia soprattutto dalla mancanza di qualsiasi tipo di infrastruttura agricola e/o residenziale in genere.

La Stazione Elettrica Utente a 150 kV interesserà un'area di circa 30*50 m e verrà interamente recintata; sarà connessa in "antenna" alla stazione di RETE 150 kV di Terna Spa.

Un unico edificio conterrà i quadri 30 kV, ove si assesteranno le linee MT proveniente dalla cabina di raccolta, la sala protezione e di telegestione nonché la sala dei SA in c.a. e c.c. alimentati dalla batteria.

Nello stesso edificio è stato ricavato il locale misure con accesso indipendente direttamente dal piazzale esterno antistante;

La recinzione lungo il perimetro del lotto è del tipo a "a pettine" in elementi prefabbricati di altezza così come prevede la normativa vigente.

La realizzazione del collegamento "in antenna" alla SE Terna avverrà secondo le indicazioni Terna. Sono previste due soluzioni:

- con linea aerea a 150 kV con campata unica che si attesterà sui portali di ammarco delle rispettive stazioni (Rete ed utente);
- con cavidotto interrato da 150kV.

La produzione elettrica del parco eolico, costituito da 16 aerogeneratori, viene raccolta in una cabina di impianto. Da cui un cavidotto in doppia terna collegherà il Parco Eolico alla Stazione di Allaccio.

Lo schema elettrico dell'impianto di è descritto dall'unifilare di tav. A16b7.

COMPONENTI PRINCIPALI

Il macchinario principale sarà costituito da n° 1 **trasformatore** 30/150 kV le cui caratteristiche principali sono:

- ✓ Potenza nominale 80/90 MVA
- ✓ Tensione nominale 150/30 kV
- ✓ Vcc% 10%
- ✓ Commutatore sotto carico variazione del $\pm 10\%$ Vn con +5 e -5 gradini
- ✓ Raffreddamento ONAN/ONAF
- ✓ Gruppo DYn11
- ✓ Potenza sonora <82 dB (A)

Le principali caratteristiche tecniche complessive della stazione saranno le seguenti:

- ✓ Tensione massima sezione 150 kV 170 kV
- ✓ Frequenza nominale 50 Hz

Correnti limite di funzionamento permanente:

- ✓ Potere di interruzione interruttori 150 kV 40 kA
- ✓ Corrente di breve durata 150 kV 40 kA
- ✓ Condizioni ambientali limite - 25/+40 °C
- ✓ Salinità di tenuta superficiale degli isolamenti:
- ✓ Elementi 150 kV 14 g/l

La sezione 150 kV con isolamento in aria sarà costituita da:

- ✓ n° 1 stallo linea per il collegamento alla stazione di Terna;
- ✓ n° 1 stallo TR AT/MT;

EDIFICI

La struttura degli edifici sarà realizzata a telai in cemento armato e sarà calcolata secondo le leggi 1086/71, 64/74 e D.M. 17.01.2018 e s.m.i.

Le fondazioni verranno scelte a seguito dello studio geologico-tecnico.

La costruzione degli edifici è in c.a. e tamponature in muratura di laterizio rivestite con intonaco di tipo civile.

La copertura a tetto è a falda, sarà opportunamente coibentata ed impermeabilizzata. Gli infissi saranno realizzati in alluminio anodizzato naturale.

Particolare cura sarà osservata ai fini dell'isolamento termico impiegando materiali isolanti idonei in funzione della zona climatica e dei valori minimi e massimi dei coefficienti volumici globali di dispersione termica, nel rispetto delle norme di cui alla Legge n. 373 del 04/04/1975 e successivi aggiornamenti nonché alla Legge n. 10 del 09/01/1991, il D.Lgs. 192/05 e successivi regolamenti di attuazione.

All'interno di detti edifici sono stati ricavati tutti i locali per le apparecchiature MT, bt e di telecontrollo, locale protezione e gestione dell'impianto nonché il locale misure.

Per la componentistica si veda la Relazione "A15 Disciplinare degli Elementi Tecnici".

A.8 Cavidotto

POSA IN OPERA

In linea generale la scelta del tracciato è eseguita tenendo in considerazione i seguenti fattori:

- Minimizzazione dei percorsi;
- Far coincidere il tracciato con piste/strade esistenti o da costruire;
- Evitare il più possibile l'attraversamento di centri abitati;

L'impatto ambientale dell'elettrodotto viene sostanzialmente annullato adottando la soluzione di completo interramento del cavo ad una profondità di almeno 120cm. La trincea avrà poi una larghezza di circa 70cm in singola o doppia terna, di almeno 90cm in tripla (o più) terna.

La posa avviene realizzando uno scavo largo avente le caratteristiche dimensionali secondo i tipici qui riportati.

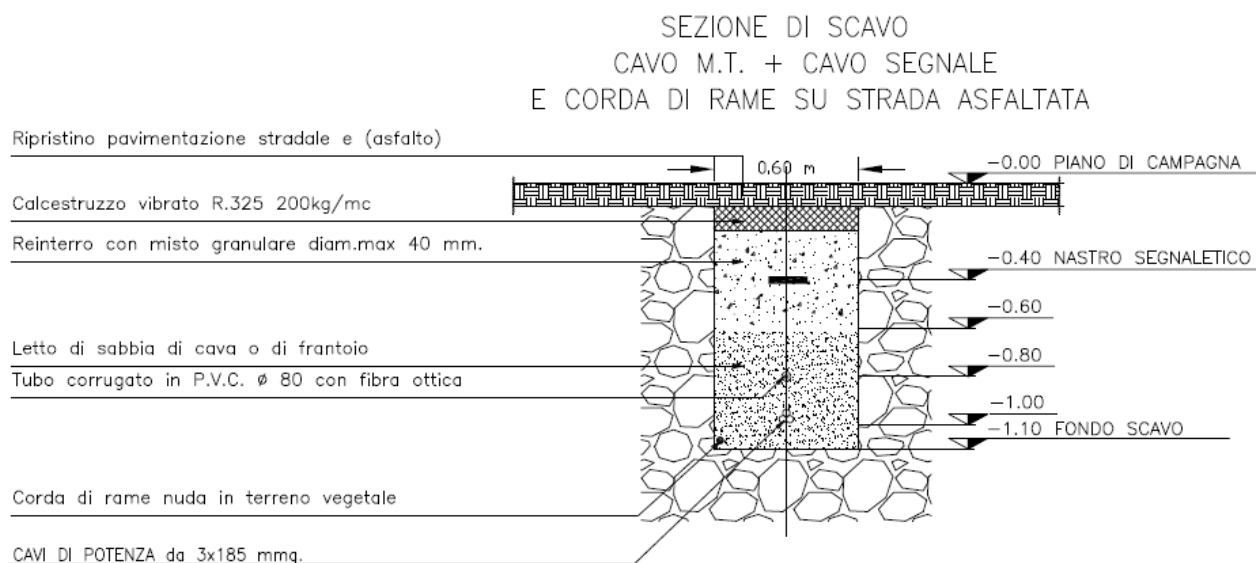


Figura 23 Tipico sistemazione cavidotto su strada

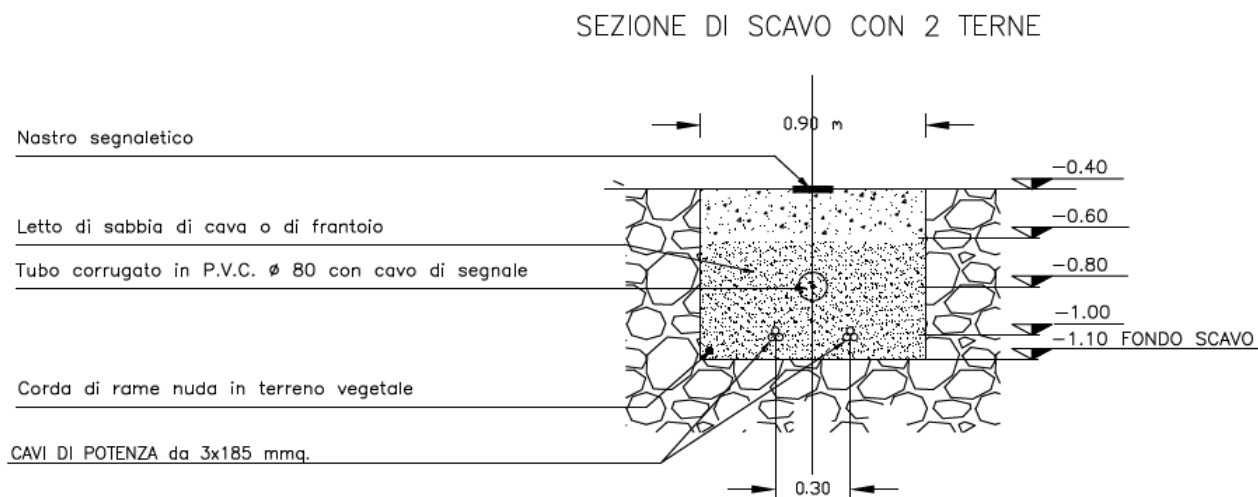


Figura 24 Tipico posizionamento di due terne

Poco al di sopra viene posizionato un elemento protettivo in resina ed a una profondità di 30cm viene posto un nastro segnalatore per evitare il rischio di interferenze con nuovi scavi.

Il ripristino dopo lo scavo sarà curato al fine di rendere agevole ed idoneo il transito sia alle macchine agricole sia a tutti i mezzi di comune circolazione. Si provvederà inoltre all'apposizione di cippi segnalatori.

Il cavo di segnale è del tipo multifibre armato con polimeri ad alta resistenza e privo di parti metalliche, protetto all'interno di un tubo corrugato in PVC.

Nel caso di attraversamento di aree a rischio frana si procederà con tutte le tecniche e cautele del caso secondo le normative applicabili (scavo a 45° etc) in accordo con Geologo e con gli Enti Preposti.

Per le soluzioni delle interferenze con altri servizi (metanodotto, linea telefonica) si veda Tav. A10 Relazione Tecnica Opere Architettoniche.

DIMENSIONAMENTO ELETTRICO

La scelta della tipologia di cavi elettrici da utilizzare per la rete di impianto in media tensione (30kV) deve tener conto del vincolo sulla corrente massima ammissibile, propria di ogni sezione) minimizzando contestualmente le cadute di tensione, cercando il giusto compromesso tra la minimizzazione delle perdite e il contenimento dei costi.

Il primo criterio adottato per la scelta dei cavi prevede che la massima corrente circolante (corrispondente al funzionamento delle macchine eoliche alla potenza nominale) sia sempre minore di quella massima ammissibile, in ogni tratto della linea.

Il valore della massima corrente ammissibile, espresso in Ampere, è funzione della tipologia di cavo scelto e della sua sezione. Per ogni tipologia di cavo, la tabella delle caratteristiche tecniche fornisce un valore di riferimento, che deve essere corretto secondo le modalità previste dalla normativa.

In particolare, per cavi a terra, la IEC 60502-2:2014⁵ definisce:

$$I_z = I_r \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4$$

dove:

I_z è la massima corrente ammissibile in un tratto di linea

I_r è la massima corrente ammissibile per un singolo conduttore posato a terra in condizioni di riferimento (riportata quindi nelle tabelle)

K_1 è il fattore di correzione se la temperatura del terreno è diversa da 20°C

K_2 è il fattore di riduzione in caso di gruppi di cavi

K_3 è il fattore di correzione se la resistività termica del terreno è diversa da 1.5 [K m/W]

K_4 è il fattore di correzione se la profondità di posa è diversa da quella di riferimento di 0.8 m

Il criterio di sicurezza e durabilità adottato impone, in ogni sezione, un rapporto:

$$\frac{I_z}{I_r} \leq 95\%$$

Si definiscono quindi le cadute di tensione, che sono calcolate mediante la formula approssimata:

$$cdt(I) = \sqrt{3} \times I \times \frac{L}{1000} \times (R_{cavo} * \cos \varphi + X_{cavo} \sin \varphi)$$

I parametri R_{cavo} e X_{cavo} sono espressi in Ω/km e sono ricavati dalla tabella delle caratteristiche tecniche dei cavi presi in considerazione in questa fase del progetto (vedi schede allegate).

Si impone, in ogni sezione, di avere cadute di tensione inferiori al 3%.

⁵ IEC 60502-2:2014: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV (Um = 1,2 kV) up to 30 kV (Um = 36 kV) - Part 2: Cables for rated voltages from 6 kV (Um = 7,2 kV) up to 30 kV (Um = 36 kV)

INDIVIDUAZIONE DEI RAMI DI CONNESSIONE

Di seguito si riporta lo schema di connessione del parco eolico.

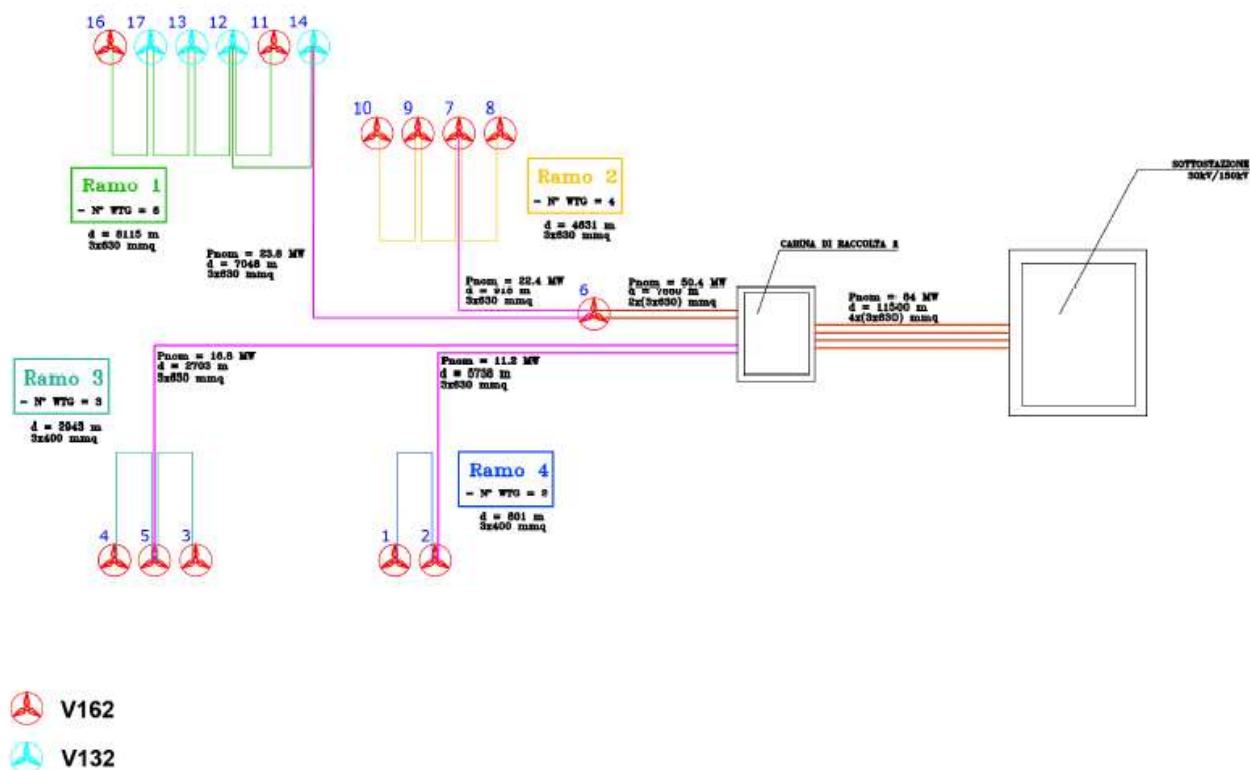


Figura 25 Schema elettrico Parco Eolico⁶

In rosso sono rappresentate le macchine V162 da 5.6 MW di potenza nominale, in azzurro le V132 da 4.2 MW di potenza nominale.

Per il progetto in esame sono stati individuati quattro sottocampi, così composti:

Ramo 1, potenza nominale 28 MW

Macchine V132 con potenza nominale 4.2 MW: 4 (WTG 12,13,14,17)

Macchine V162 con potenza nominale 5.6 MW: 2 (WTG 11,16)

Ramo 2, potenza nominale 22.4 MW

Macchine V132 con potenza nominale 4.2 MW: 0

Macchine V162 con potenza nominale 5.6 MW: 4 (WTG 7,8,9,10)

Ramo 3, potenza nominale 16.8 MW

Macchine V132 con potenza nominale 4.2 MW: 0

Macchine V162 con potenza nominale 5.6 MW: 3 (WTG 3,4,5)

Ramo 4, potenza nominale 11.2 MW

Macchine V132 con potenza nominale 4.2 MW: 0

Macchine V162 con potenza nominale 5.6 MW: 2 (WTG 1,2)

⁶ Vedi Tavola A.16.b.7 "Schema Elettrico Parco Eolico"

All'interno di ogni sottocampo, il dimensionamento è stato fatto in corrispondenza della sezione più sollecitata, assumendo la potenza massima nel tratto considerato (corrispondente alla potenza nominale di tutte le macchine eoliche interessate) e una lunghezza del cavo pari alla lunghezza totale del cavidotto nel ramo, adottando quindi un approccio conservativo dal punto di vista della caduta di tensione e delle perdite.

	Tratto considerato per il dimensionamento	Potenza per il dimensionamento [MW]	Corrente di impiego [A]	Lunghezza [km]
Ramo 1	WTG12 - WTG14	23.8	458	8.115
Ramo 2	WTG9 - WTG7	11.2	216	4.631
Ramo 3	WTG4 - WTG5	5.6	108	2.943
Ramo 4	WTG1 - WTG2	5.6	108	0.801

Tabella 1 Definizione sottocampi

La macchina WTG 6 da 5.6 MW costituisce il punto di congiunzione tra i rami 1 e 2 e la cabina di raccolta, alla quale afferiscono anche i cavi provenienti dai rami 3 e 4.

Da qui, due cavi tripolari si raccordano alla cabina, dalla quale partono quattro cavi tripolari diretti alla sottostazione 30kV/150kV.

Il dimensionamento di questi tratti è stato effettuato considerando la somma delle potenze nominali delle macchine interessate, trascurando le perdite all'interno dei sottocampi stessi e nei collegamenti a monte, e quindi in modo conservativo.

DIMENSIONAMENTO CAVI

Insieme ai criteri di affidabilità e durevolezza, è stato adottato un criterio di minimizzazione dei costi: se da un lato all'aumento della sezione corrispondono minori perdite, e dunque un minor costo (in termini di mancati ricavi), dall'altro scegliendo cavi più spessi o aumentandone il numero crescono anche i costi.

Si è proceduto quindi alla ricerca di un punto di ottimo per ogni tratto, supponendo di considerare i mancati ricavi causati dalle perdite come costi annuali, e di distribuire l'investimento iniziale per la fornitura dei cavi su un periodo di cinque anni.

È stato scelto un cavo in alluminio del tipo⁷ ARE4H1RX per tensioni 18/30kV.

Nella tabella seguente, vengono presentati i risultati del dimensionamento.

⁷ Per le caratteristiche si veda il documento allegato.

Tratto	Formazione	Corrente ammissibile [A]	Corrente impiego /ammissibile %	Lunghezza [km]
Ramo 1	3x630 mm ²	556.2	82.35	8.115
Ramo 2	3x630 mm ²	556.2	38.75	4.631
Ramo 3	3x400 mm ²	432	24.95	2.943
Ramo 4	3x400 mm ²	432	24.95	0.801
Ramo 1 - WTG6	3x630 mm ²	556.2	96.88	7.048
Ramo 2 - WTG6	3x630 mm ²	556.2	77.51	0.918
Ramo 3 - cabina di raccolta	3x630 mm ²	556.2	58.13	2.703
Ramo 4 - cabina di raccolta	3x630 mm ²	556.2	38.75	0.801
WTG6 - cabina di raccolta	2x (3x630) mm ²	500.58	96.88	7.860
Cabina di raccolta - SE	4x (3x630) mm ²	439.40	91.98	11.500

Tabella 2 Dimensionamento cavi

Sono state calcolate le perdite effettive, ovvero considerando la produzione attesa del Parco eolico, per ogni tratto considerando.

I valori vengono indicati nella seguente tabella:

Tratto	Perdite Effettive MWh/anno	Perdite tratto/ totale %	Caduta di tensione (alla corrente massima) %
Ramo 1	995	10.57	1.37
Ramo 2	133	1.41	0.37
Ramo 3	34	0.36	0.19
Ramo 4	9	0.10	0.05
Ramo 1 - WTG6	1187	12.60	1.40
Ramo 2 - WTG6	105	1.12	0.15
Ramo 3 - cabina di raccolta	175	1.85	0.32
Ramo 4 - cabina di raccolta	23	0.24	0.06
WTG6 - cabina di raccolta	2206	23.44	1.41
Cabina di raccolta - SS	4547	48.30	1.72

Tabella 3 Perdite effettive, relative e caduta di tensione nei singoli tratti.

B. DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

B.1 Sito Installazione

L'impianto è situato nell'entroterra della Regione Basilicata, sul versante medio occidentale dell'Appennino Lucano, nei seguenti Comuni: Forenza, Maschito e Ripacandida. ad un'altitudine compresa tra i 600 e gli 800m s.l.m.

Il progetto prevede l'installazione di 16 aerogeneratori di grande taglia posizionate come mostrato nell'immagine seguente.



Figura 26 Lay-out Parco Eolico Piano della Spina

Il Parco Eolico Piano della Spina è stato ideato verificando che intorno ai parchi esistenti ci sono aree che risultano libere da vincoli e vanno a completare la linea di aerogeneratori presente. In altre parole l'impianto risulta un "completamento" dell'area rendendo il tutto armonico dal punto di vista paesaggistico.

Lo studio del sito, sotto il profilo della produzione energetica e dell'impatto ambientale, hanno suggerito di adottare due diversi modelli di turbina:

- Nr.12 V162 da 5.6 MW di potenza nominale con diametro rotore di 162m e altezza mozzo di 125m
- Nr.4 V136 da 4.2 MW di potenza nominale con diametro rotore di 136m e altezza mozzo di 86 m.

Le configurazioni dei singoli aerogeneratori sono riportate nella seguente tabella insieme alle coordinate UTM Wgs84 e al Comune di appartenenza:

WTG	Modello	UTM33T Wgs84		Comune
		Est	Nord	
1	V162	568732	4521710	Forenza
2	V162	568227	4522163	Forenza
3	V162	568672	4524371	Forenza
4	V162	568297	4525044	Forenza
5	V162	569057	4524958	Forenza
6	V162	565872	4527801	Maschito
7	V162	566156	4528398	Maschito
8	V162	565640	4528798	Maschito
9	V162	565221	4529299	Maschito
10	V162	564672	4529665	Maschito
11	V162	563820	4527728	Ripacandida
12	V136	563324	4528153	Ripacandida
13	V136	562576	4528124	Ripacandida
14	V136	562854	4528828	Ripacandida
16	V162	561686	4526724	Ripacandida
17	V136	561456	4527348	Ripacandida

Figura 27 Lay-out PE Piano della Spina

B.2 Potenza totale

La potenza dell'impianto è data dalla somma di quella prevista per i due modelli di macchina:

- Nr.12 V162 da 5.6 MW;
- Nr.4 V136 da 4.2 MW;

Per una potenza totale di **84MW**

B.3 Regime di vento nel sito

Per quanto riguarda gli aspetti anemologici è importante sottolineare che la rosa dei venti della macroarea indica due direzioni prevalenti:

- Sud-Ovest (maggiore)
- Nord

A questo bisogna aggiungere le valutazioni locali che indicano una rotazione dei venti dovuta alla disposizione Est-ovest della valle. Il vento di libeccio (SW) che apporta la maggior quantità di energia, tende pertanto a ruotare in senso orario disponendosi da Ovest e la conseguente disposizione delle macchine è stata fatta cercando di sfruttare al meglio tale componente. Di conseguenza la disposizione in linee risulta pressoché ortogonale a tale direzione.

Per maggiori dettagli si veda la relazione specialistica "Studio anemologico" (Tav. A5)..

B.4 Disposizione ed orientamento degli aerogeneratori

La scelta progettuale fondamentale, caratterizzata dal tipo di macchine da impiegare e dal loro posizionamento sul terreno, è stata formulata in modo da ottenere il massimo rendimento degli aerogeneratori tenendo a riferimento i seguenti aspetti:

- caratteristiche anemologiche del sito, favorevoli all'insediamento produttivo, relativamente a direzione ed intensità del vento;
- orografia e morfologia dell'area d'intervento, di tipo ottimale;
- posizionamento delle macchine tali da evitare interferenze negative indotte da effetti scia;
- utilizzo di due diverse altezze di torri a seconda della posizione della turbina;
- accessibilità all'area di impianto idonea a macchine di grande taglia;
- distanze ottimali da insediamenti civili;
- assenza di vincoli paesistici;
- morfologia di zona in grado di garantire un ottimo grado d'inserimento ambientale.

B.5 Previsione di produzione energetica

Per il calcolo della stima della produzione energetica del Parco eolico è stato utilizzato il codice numerico *WindFarm di Resoft Ltd*, inserendo le caratteristiche dei due modelli di aerogeneratore, il lay-out, i dati di vento elaborati dalle misure sul sito e il modello del terreno (orografia, ostacoli e rugosità). Inoltre è stata introdotta la correzione dovuta alla temperatura media dell'aria e all'altitudine del sito che vanno a modificare la densità dell'aria e, di conseguenza, la produzione.

Le caratteristiche dei due modelli di aerogeneratore sono:

Vestas V162-5.6 MW

È una turbina con regolazione del passo con imbardata attiva e rotore sopravento a tre pale. Il diametro del rotore è di 162 m e la potenza nominale di 5.6 MW.

Le caratteristiche ambientali riassunte nella seguente tabella⁸ sono compatibili con i dati di progetto del Parco Eolico Piano della Spina ma la scelta finale della turbina dovrà essere validata da Vestas.

Wind Climate	IEC S	IEC S	IEC S
Power Rating	5.6 MW	5.6 MW	5.6 MW
Hub Height	119	125	149
Average design parameters - IEC			
Wind Speed (10 min average), V_{ave}	7.4 m/s	8.5 m/s	7.9 m/s
Weibull Scale Factor, C	8.4 m/s	9.6 m/s	8.9 m/s
Weibull Shape Factor, k	2.48	2.3	2.48
I_{ref} acc. to IEC 61400-1	0.15	0.14	0.15
Turbulence Intensity acc. to IEC 61400-1, Including Wind Farm Turbulence (@15 m/s) I_{90} (90% quantile)	16.9%	15.7%	16.9 %
Wind Shear, α	0.30	0.20	0.30
Inflow Angle (vertical)	8°	8°	8°
Extreme design parameters – IEC			
Extr. Wind Speed (10 min average), V_{50}	37.1 m/s	37.5 m/s	39.5 m/s
Survival Wind Speed (3 s gust), V_{e50}	51.9 m/s	52.5 m/s	55.3 m/s
Turbulence Intensity, I_{V50}	11%	11 %	11 %

Tabella 4 Caratteristiche V162-5.6 MW per Hh 125 m

⁸ Si veda documento "Performance Specification V162-5.6 MW 50/60 Hz – Document nr.: 0081-5098 V01 2019-01-24" di Vestas Wind Systems

CURVA DI POTENZA

Nella tabella⁹ seguente è riportata la curva di potenza (espressa in kW) in Mode 0

Wind speed [m/s]	Air density [kg/m ³]													
	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	27	9	10	12	13	15	16	18	20	21	23	25	29	32
3.5	144	91	95	100	105	110	115	120	125	129	134	139	149	153
4.0	289	205	212	220	228	235	243	251	258	266	274	281	297	304
4.5	464	341	352	363	375	386	397	408	419	430	441	452	475	486
5.0	669	502	517	532	547	563	578	593	608	624	639	654	685	700
5.5	919	693	714	734	755	775	796	816	837	857	878	899	940	960
6.0	1220	925	952	979	1005	1032	1059	1086	1113	1139	1166	1193	1246	1273
6.5	1574	1200	1235	1269	1303	1337	1371	1405	1439	1473	1506	1540	1608	1641
7.0	1990	1525	1567	1610	1652	1694	1737	1779	1821	1864	1906	1948	2032	2074
7.5	2467	1896	1948	2000	2052	2104	2156	2208	2260	2312	2364	2415	2519	2570
8.0	3010	2319	2382	2445	2508	2571	2634	2697	2760	2822	2885	2948	3073	3135
8.5	3617	2794	2869	2945	3020	3095	3170	3245	3320	3394	3469	3543	3690	3764
9.0	4257	3313	3401	3489	3577	3665	3751	3836	3922	4008	4091	4174	4337	4418
9.5	4834	3851	3947	4043	4139	4235	4324	4414	4504	4593	4673	4753	4903	4973
10.0	5256	4377	4475	4572	4670	4767	4846	4924	5002	5080	5139	5198	5301	5346
10.5	5482	4852	4934	5016	5098	5180	5233	5285	5338	5390	5421	5451	5499	5516
11.0	5578	5238	5294	5349	5405	5460	5483	5506	5528	5551	5560	5569	5583	5588
11.5	5598	5460	5485	5509	5533	5558	5565	5573	5581	5589	5592	5595	5598	5599
12.0	5600	5548	5558	5568	5578	5589	5591	5594	5597	5599	5600	5600	5600	5600
12.5	5600	5576	5582	5587	5592	5598	5598	5599	5599	5600	5600	5600	5600	5600
13.0	5600	5587	5590	5594	5597	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
13.5	5600	5593	5595	5597	5598	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
14.0	5600	5595	5596	5598	5599	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
14.5	5600	5596	5597	5598	5599	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
15.0	5600	5597	5598	5598	5599	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
15.5	5600	5597	5598	5599	5599	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
16.0	5600	5598	5598	5599	5599	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
16.5	5600	5598	5599	5599	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
17.0	5600	5599	5599	5599	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
17.5	5600	5599	5599	5599	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
18.0	5600	5594	5595	5596	5597	5598	5598	5598	5598	5599	5599	5599	5600	5600
18.5	5568	5528	5532	5536	5540	5544	5548	5551	5555	5558	5562	5565	5571	5574
19.0	5418	5335	5343	5351	5359	5367	5374	5381	5388	5396	5403	5410	5425	5432
19.5	5179	5073	5082	5091	5100	5110	5120	5129	5139	5149	5159	5169	5189	5199
20.0	4894	4796	4804	4812	4820	4828	4837	4846	4855	4864	4874	4884	4903	4913
20.5	4609	4516	4525	4533	4541	4549	4558	4566	4575	4584	4592	4601	4618	4628
21.0	4329	4242	4250	4257	4265	4272	4280	4288	4295	4303	4312	4320	4338	4346
21.5	4043	3960	3967	3974	3982	3989	3996	4004	4011	4019	4027	4035	4051	4059
22.0	3764	3689	3696	3702	3709	3715	3722	3729	3736	3744	3750	3757	3772	3780
22.5	3488	3414	3420	3425	3431	3437	3444	3451	3458	3465	3473	3480	3495	3501
23.0	3203	3133	3139	3145	3151	3156	3164	3170	3178	3184	3191	3197	3209	3214
23.5	2914	2849	2855	2860	2866	2872	2878	2885	2891	2897	2903	2909	2920	2926
24.0	2616	2551	2556	2562	2567	2573	2579	2585	2591	2598	2604	2610	2622	2627

Figura 28 - Curva della potenza al variare di velocità e densità dell'aria

La curva di potenza è definita in conformità alla norma IEC61400/12 “Power performance measurements of electricity producing wind turbines”

⁹ Si veda documento “Performance Specification V162-5.6 MW 50/60 Hz – Document nr.: 0081-5098 V01 2019-01-24” di Vestas Wind Systems

Vestas V136-4.0/4.2 MW

È una turbina con regolazione del passo con imbardata attiva e rotore sopravento a tre pale. Il diametro del rotore è di 136 m e la potenza nominale di 4.0 MW.

La versione scelta per il Parco Eolico Piano di Spina è dotata di modalità Power Optimized (PO) che eleva la potenza a 4.2 MW.

Le caratteristiche ambientali riassunte nella seguente tabella¹⁰ sono compatibili con i dati di progetto ma la scelta finale della turbina dovrà essere validata da Vestas.

Wind Climate	IEC IIB	IEC S
Hub Height	82 m	82 m
Power Rating	4.0MW	4.2MW
Wind Speed (10 min average), V_{ave}	8.5 m/s	8.0 m/s
Weibull Scale Factor, C	9.6 m/s	8.9 m/s
Weibull Shape Factor, k	2.0	2.0
I_{ref} acc. to IEC 61400-1	0.14	0.14
Turbulence Intensity acc. to IEC 61400-1, Including Wind Farm Turbulence (@15 m/s) I_{90} (90% quantile)	15.7%	15.7%
Wind Shear, α	0.20	0.20
Inflow Angle (vertical)	8°	8°

Tabella 5 - Caratteristiche V136 4/4.2MW per Hh82m

CURVA DI POTENZA

La curva è data secondo i parametri dettati dalla IEC61400-11ed 3, ovvero:

- per specifiche densità dell'aria (il valore sarà automaticamente corretto dal codice considerando quota e temperatura media del sito);
- turbolenza ad altezza mozzo massima del 30%;
- angolo del flusso di verticale compreso tra +/- 2°.

Nella tabella¹¹ seguente è riportata la curva di potenza (espressa in kW) in Mode 0

¹⁰ Si veda documento "Performance Specification V136-4.0/4.2 MW 50/60 Hz (Low HH)" – Document nr 0067-7066 V07 del 2020-04-14 – Vestas Wind System

¹¹ Si veda documento "Performance Specification V162-5.6 MW 50/60 Hz – Document nr.: 0081-5098 V01 2019-01-24" di Vestas Wind Systems

Air density [kg/m ³]														
Wind speed [m/s]	1.225	0.95	0.975	1.0	1.025	1.05	1.075	1.1	1.125	1.15	1.175	1.2	1.25	1.275
3.0	55	31	33	35	38	40	42	44	46	48	51	53	57	59
3.5	130	89	93	97	100	104	108	111	115	119	122	126	133	137
4.0	220	159	165	170	176	182	187	193	198	204	209	215	226	231
4.5	331	245	253	260	268	276	284	292	299	307	315	323	338	346
5.0	471	353	364	374	385	396	407	417	428	439	449	460	481	492
5.5	639	483	497	511	526	540	554	568	582	596	610	624	653	667
6.0	841	640	659	677	695	714	732	750	768	787	805	823	860	878
6.5	1080	826	849	872	895	919	942	965	988	1011	1034	1057	1104	1127
7.0	1361	1044	1073	1102	1131	1160	1189	1218	1247	1276	1304	1333	1390	1419
7.5	1681	1293	1329	1364	1399	1435	1470	1505	1541	1576	1611	1646	1715	1750
8.0	2042	1578	1620	1663	1706	1748	1790	1833	1875	1917	1959	2000	2083	2124
8.5	2441	1897	1947	1998	2048	2099	2148	2198	2247	2296	2345	2393	2488	2535
9.0	2845	2242	2300	2358	2415	2473	2527	2582	2636	2691	2742	2794	2894	2943
9.5	3214	2591	2652	2713	2774	2836	2892	2948	3004	3060	3111	3163	3263	3311
10.0	3547	2923	2985	3048	3110	3172	3228	3284	3340	3396	3447	3497	3592	3637
10.5	3809	3228	3290	3354	3416	3480	3532	3585	3638	3691	3731	3770	3838	3867
11.0	3949	3504	3561	3618	3676	3733	3772	3810	3849	3888	3908	3929	3960	3972
11.5	3992	3739	3781	3824	3866	3908	3925	3942	3959	3976	3981	3986	3994	3996
12.0	3999	3902	3921	3940	3960	3979	3983	3988	3992	3996	3997	3998	3999	4000
12.5	4000	3970	3977	3983	3990	3996	3997	3998	3999	4000	4000	4000	4000	4000
13.0	4000	3992	3994	3996	3997	3999	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
13.5	4000	3994	3995	3997	3998	3999	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
14.0	4000	3998	3998	3999	3999	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
14.5	4000	3999	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
15.0	4000	3999	3999	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
15.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
16.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
16.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
17.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
17.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
18.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
18.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
19.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
19.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
20.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
20.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
21.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
21.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
22.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
22.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
23.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
23.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
24.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
24.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
25.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
25.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
26.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
26.5	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
27.0	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000

Figura 29 - Curva della potenza al variare di velocità e densità dell'aria

La simulazione eseguita con il codice di calcolo ha definito, macchina per macchina, la produzione elettrica e le relative ore equivalenti di funzionamento.

Tenere ben presente che nel calcolo **non** sono state inserite le perdite dovute alla disponibilità dell'aerogeneratore e alle perdite elettriche complessive del parco.

I risultati sono riportati nella seguente tabella:

WTG	Produzione	Potenza	Ore equivalenti
Nr.	GWh/a	MW	h/a
1	17,654	5,6	3.153
2	18,648	5,6	3.330
3	17,433	5,6	3.113
6	16,885	5,6	3.015
7	17,822	5,6	3.182
8	17,816	5,6	3.181
9	17,422	5,6	3.111
10	14,729	5,6	2.630
11	15,894	5,6	2.838
12	15,769	5,6	2.816
13	15,871	5,6	2.834
14	10,664	4,2	2.539
16	10,513	4,2	2.503
17	9,247	4,2	2.202

Figura 30 Produzione Parco Eolico Poggio d'Oro

La produzione complessiva lorda del Parco eolico è pari a 243GWh/anno per 2.896 ore equivalenti di funzionamento.

B.6 Requisiti Tecnici Minimi

Si riportano i requisiti tecnici richiesti dal PIEAR calcolati sulla base dello studio anemologico effettuato (Vedi Tav.A5 Studio Anemologico).

Le analisi dei requisiti tecnici minimi sono le seguenti:

- a) **Velocità media annua** ad altezza 25m: L'anemometro di riferimento ("Serra Carpaneto") ha una raccolta di dati che supera i tre anni di durata. Elaborando i dati e correlandoli al sito di "Piano del Casino" la velocità a 25m di altezza risulta compresa tra i 6,0 e i 4,9m/s, a seconda della turbina considerata, e quindi la velocità media risulta superiore ai 4,50 m/s richiesti dal PIEAR.
- b) **Ore equivalenti** di funzionamento dell'aerogeneratore (media della producibilità dell'intero parco eolico): il calcolo eseguito con apposito codice di calcolo indica un valore medio pari a 2.896 Ore Equivalenti/anno e quindi superiore alle 2.000 ore richieste dal PIEAR. Per il valore relativo alle singole macchine si veda la tabella di figura precedente;

c) Verifica del valore della **densità volumetrica** di Energia annua (Ev) unitaria:

$$Ev = E / (18 D^2 H)$$

dove: D diametro del rotore

H altezza totale dell'aerogeneratore (Raggio+altezza mozzo)

E Energia prodotta singola macchina

Sviluppando la verifica per ogni singolo aerogeneratore:

WTG	Produzione	Diametro rotore	Altezza mozzo	Densità Ev
Nr.	GWh/a	m	m	kW/m ³
1	17,654	162	125	0,30
2	18,648	162	125	0,32
3	17,433	162	125	0,30
6	16,885	162	125	0,29
7	17,822	162	125	0,30
8	17,816	162	125	0,30
9	17,422	162	125	0,30
10	14,729	162	125	0,25
11	15,894	162	125	0,27
12	15,769	162	125	0,27
13	15,871	162	125	0,27
14	10,664	132	82	0,41
16	10,513	132	82	0,41
17	9,247	132	82	0,36

Figura 31 Verifica requisito Ev

Il valore di Ev risulta sempre maggiore di 0,15 e pertanto il requisito minimo risulta soddisfatto.

d) Il **numero di macchine** complessive è minore di 30.

C. SOLUZIONI DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

C.1 Descrizione Fenomeno

Il fulmine è una forma di elettricità statica creata dal movimento delle gocce di pioggia e della grandine all'interno delle nuvole.

La maggior parte dei fulmini si formano, sviluppano e concludono all'interno delle nuvole, senza toccare il terreno.

Un fulmine scarica a terra in media una corrente negativa di 40.000 ampere (40 kA) e trasferisce 500 MJ di energia.

Durante la fase iniziale del fulmine, la corrente aumenta di circa 40 kA/ μ s, per raggiungere anche i 120 kA e oltre.

Il fulmine riscalda l'aria circostante fino a circa 10.000°C istantaneamente, provocando un'onda d'urto che noi percepiamo come un tuono.

Le correnti dei fulmini contengono un mix di frequenze che raggiungono anche centinaia di kHz. A queste alte frequenze, la corrente scorre preferenzialmente vicino alla superficie dei conduttori elettrici (skin effect), causando alcune complicazioni per i progettisti dei sistemi parafulmine.

Quando cade un fulmine, edifici e alberi vengono regolarmente danneggiati e può persino accadere che persone o animali rimangano uccisi. Non c'è dunque da sorprendersi che le turbine eoliche, ben più alte degli alberi e collocate deliberatamente nei luoghi più esposti, siano obiettivi privilegiati.

C.2 Fulmine e aerogeneratore

Oggi le turbine eoliche Vestas sono praticamente immuni dai danni provocati dai fulmini, ma in passato abbiamo affrontato innumerevoli problemi.

Il raggiungimento di questo livello di affidabilità ha richiesto un lungo lavoro. L'uso di maggiore quantità di fibra di carbonio nelle pale della turbina, in particolare, ha richiesto un'attenta ricerca e verifica dei sistemi di protezione contro i fulmini.

Vestas, inoltre, ha sviluppato metodi efficaci per impedire che le scariche elettriche danneggino i cuscinetti e i sistemi elettrici che consentono di trasportare la corrente del fulmine lungo la torre e disperderla in sicurezza al suolo.

Le turbine Vestas sono progettate per picchi di corrente fino a 200 kA.

PALE DANNEGGIATE

L'estremità della pala è il punto più alto della turbina e quindi la parte che ha maggiori probabilità di essere colpita da un fulmine. I materiali compositi utilizzati per la fabbricazione delle pale, come la fibra di vetro, la fibra di carbonio e a volte il legno, vengono facilmente danneggiati dai fulmini.

Un fulmine che colpisce una pala non protetta provoca generalmente un solco di un centimetro o due attraverso il quale l'acqua penetra nella struttura delle pale indebolendola e rendendola ancora più esposta ai fulmini. Il risultato finale è un'avaria ma un fulmine potente è in grado di distruggere una pala all'istante.

Una prima soluzione per proteggere la struttura principale è stata quella di utilizzare punte delle pale in metallo. Cavi interni conducono la corrente del fulmine in sicurezza fino al piede della pala. Questo sistema ha dato ottimi risultati e molte turbine Vestas sono ancora funzionanti con la punta della pala in metallo.

La soluzione successiva è stata l'adozione di piccoli dischetti in metallo posizionati con precisione lungo la pala che assumono il ruolo di ricettori di fulmini. Le più moderne pale degli aerogeneratori Vestas sono dotate di un ricettore all'estremità e di una serie di ricettori collocati ad intervalli di cinque metri lungo tutta la pala, fino ad un raggio di venti metri dal mozzo.

LA FIBRA DI CARBONIO

Fare in modo che i fulmini colpiscano i ricettori è solo una parte del lavoro. La fibra di carbonio utilizzata nelle moderne pale conduce l'elettricità, anche se non allo stesso modo del metallo. Il progetto della pala deve considerare il diverso comportamento del carbonio e del metallo, considerando che la corrente del fulmine lascia i cavi di metallo collegati ai ricettori dopo aver individuato un percorso preferenziale lungo la fibra di carbonio.

La corrente che viaggia lungo la fibra di carbonio non costituisce di per sé un problema, sono piuttosto le modalità costruttive della pala a creare delle difficoltà. Ad esempio le pale della V90-3.0 MW presentano sezioni in composto di carbonio inserite in una struttura in fibra di vetro. Non vi è quindi alcun percorso continuo attraverso la fibra di carbonio e, come risultato, la corrente del fulmine deve "saltare" dalle parti in carbonio a quelle metalliche. Il risultante "flashover" (combustione generalizzata) può danneggiare o addirittura incendiare la fibra di carbonio. Per impedirlo bisogna introdurre delle buone connessioni elettriche tra il carbonio e il metallo nei punti critici della pala.

SISTEMI INTERNI

La corrente dei fulmini è in grado di danneggiare anche gli ingranaggi e i cuscinetti, perciò è importante mantenere al di fuori del percorso della scarica elettrica il mozzo della pala, il moltiplicatore di giri e il cuscinetto principale.

Per raggiungere tale scopo vengono inseriti contatti striscianti a molla tra la fascia in acciaio inossidabile fissata al mozzo attorno alla parte esterna della pala, e il conduttore in metallo interno alla pala stessa. Questo mantiene il contatto quando la pala gira secondo la velocità del meccanismo di controllo del passo posizionato all'interno del mozzo.

L'intero impianto, noto come unità di trasferimento della corrente del fulmine (LCTU), assicura che le scariche elettriche bypassino gli ingranaggi del controllo del passo, il moltiplicatore di giri e il cuscinetto principale.

Confinare la corrente del fulmine alla struttura della navicella riduce notevolmente il rischio di danno ai componenti elettronici interni, alla navicella e alla torre. I dispositivi elettronici necessitano tuttavia di un'ulteriore protezione che viene realizzata attraverso schermature, collegamenti a terra e inibitori (tutti sistemi che impediscono alle correnti dei fulmini di indurre voltaggi pericolosi nei circuiti circostanti) e scegliendo componenti robusti capaci di resistere a voltaggi incredibilmente alti.

TORRE

Il passo successivo è incanalare in sicurezza la corrente lungo la torre fino a terra. L'ostacolo principale è il supporto della ralla che fa ruotare la navicella nella direzione del vento, che viene perciò protetta da un altro gruppo di contatti striscianti.

All'interno della torre, i conduttori arrivano fino al livello del terreno. L'acciaio, presente in abbondanza all'interno della torre, funge da percorso obbligato per la corrente. Alla base della torre, il sistema di messa a terra disperde infine la corrente del fulmine al suolo.

Nella torre gli scaricatori sono collegati senza interruzione dalla fondazione fino alla sezione in acciaio garantendo una scarica sicura della corrente del fulmine.

C.3 Rete di terra

La rete di terra è costituita da una serie di conduttori nudi in rame, collegati con la struttura metallica della torre e posati all'interno dello scavo della fondazione dell'aerogeneratore in quantità adeguata, in conformità con la normativa vigente in merito alla sicurezza degli impianti elettrici.

Nella fondazione vengono disposti dispersori ad anello in posizioni diverse. Essi consistono in nastri di acciaio zincato a caldo e collegati tra di loro attraverso appositi connettori per i dispersori di fondazione.

La protezione interna riguarda i componenti elettrici ed elettronici.

I componenti elettronici interni all'aerogeneratore sono isolati galvanicamente e sono collocati all'interno di contenitori metallici collegati a terra. In caso di fulmini o di insolite sovratensioni, tutti i componenti elettrici ed elettronici sono protetti da componenti fissi ad assorbimento di energia.

Il quadro elettrico di controllo e il generatore sono protetti mediante scaricatori di sovratensione. Tutte le schede elettroniche con le rispettive unità di alimentazione sono equipaggiate con filtri ad elevata attenuazione. I dispositivi elettronici di controllo e di regolazione sono disaccoppiati galvanicamente.

D. ALLEGATI

1. Cavi media tensione per impianti eolici – Com cavi

CAVI MEDIA TENSIONE - PER IMPIANTI EOLICI
MEDIUM VOLTAGE CABLES - WIND POWER PLANTS

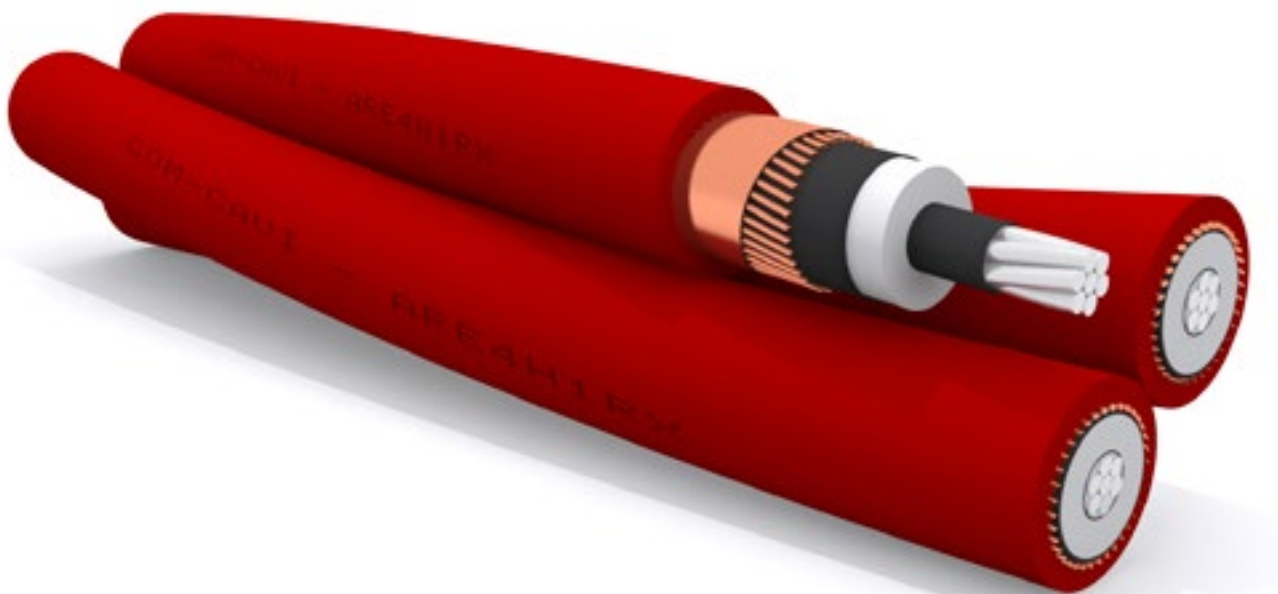
ARE4H1RX - Elica visibile 12/20 kV - 18/30 kV

MEDIA TENSIONE - ENERGIA
MEDIUM VOLTAGE - ENERGY



RIFERIMENTO NORMATIVO/STANDARD REFERENCE

Costruzione e requisiti/Construction and specifications	EC 60502-2
Propagazione fiamma/Flame propagation	CEI 20-35
Direttiva RoHS/RoHS Directive	2011/65/CE



CARATTERISTICHE FUNZIONALI:

- Tensione nominale U_0/U : : 12/20 kV - 18/30 kV
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura minima di posa: 0°C
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C

CARATTERISTICHE PARTICOLARI:

Cavi media tensione non propaganti la fiamma. Adatti per impianti eolici.

CONDIZIONI DI IMPIEGO:

Adatti per installazioni in canale interrato; tubo interrato; interro diretto; aria libera; interrato con protezione.

FUNCTIONAL CHARACTERISTICS

- Nominal voltage U_0/U : 12/20 kV - 18/30 kV
- Maximum operating temperature: 90°C
- Minimum installation temperature: 0°C
- Maximum short circuit temperature: 250°C

SPECIAL FEATURES







Medium voltage cable, not propagating flame. Suitable for wind power plants.

USE AND INSTALLATION

Suitable for installations in buried trough; buried duct; directly buried; open air; buried with protection.

ARE4H1RX - Elica visibile 12/20 kV - 18/30 kV

COSTRUZIONE DEL CAVO / CABLE CONSTRUCTION

	CONDUTTORE Materiale: Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio	CONDUCTOR Material: stranded wire aluminium
	SEMICONDUTTIVO INTERNO Materiale: Mescola estrusa Colore: Nero	INNER SEMICONDUCTIVE Material: extruded compound Colour: Black
	ISOLANTE Materiale: Mescola di polietene reticolato Colore: Naturale	INSULATION Material: polyethylene compound Colour: Natural
	SEMICONDUTTIVO ESTERNO Materiale: Mescola estrusa Colore: Nero	OUTER SEMICONDUCTIVE Material: extruded compound Colour: Black
	SCHERMO Tipo: Fili di rame rosso e contospirale Materiale: Rame rosso (R max 3 Ω/km)	SCREEN Type: Copper wire Colour: Copper (R max 3 Ω/km)
	GUAINA ESTERNA Materiale: PVC di qualità Rz/ST2 Colore: Rosso	OUTER SHEATH Material: PVC compound, Rz quality Colour: grey

MARCATURE:

- COM-CAVI - ARE4H1RX 12/20 kV - <N° COND. X SEZIONE> <ANNO> <MARCATURA METRICA>

MARKINGS

- CCOM-CAVI - ARE4H1RX 12/20 kV - <N° CONDUCT. S SECTION> <YEAR> <METRIC MARKING>

ARE4H1RX - Elica visibile 12/20 kV

12/20 kV Dati dimensionali - size characteristics

Formazione	Ø nominale conduttore	Spessore isolante	Spessore guaina	Ø nominale cavo	Peso nominale cavo	Raggio minimo di curvatura
Size	Nominal conduct. Ø	Insulation thickness	Sheath thickness	Nominal cable Ø	Nominal cable weight	Minimum bending radius
n° x mm ²	mm	mm	mm	mm	kg/km	mm
25	6,0	5,5	1,8	29,6	610	350
35	7,0	5,5	1,8	30,7	670	360
50	8,1	5,5	1,8	31,7	720	380
70	9,9	5,5	1,8	33,3	840	400
95	11,5	5,5	1,9	35,4	955	430
120	12,9	5,5	1,9	37,0	1060	450
150	14,2	5,5	2,0	38,5	1210	470
185	15,9	5,5	2,0	40,0	1345	490
240	18,3	5,5	2,1	43,2	1590	530
300	20,7	5,5	2,2	45,8	1845	570
400	23,5	5,5	2,3	49,0	2175	610
500	26,5	5,5	2,4	52,0	2620	650
630	30,1	5,5	2,5	56,2	3110	710
3x1x25	6,0	5,5	1,8	63,9	1834	350
3x1x35	7,0	5,5	1,8	66,3	2014	360
3x1x50	8,1	5,5	1,8	68,5	2164	380
3x1x70	9,9	5,5	1,8	71,9	2525	400
3x1x95	11,5	5,5	1,9	76,5	2871	430
3x1x120	12,9	5,5	1,9	79,9	3186	450
3x1x150	14,2	5,5	2,0	83,2	3637	470
3x1x185	15,9	5,5	2,9	86,4	4043	490
3x1x240	18,3	5,5	2,1	93,3	4780	530
3x1x300	20,7	5,5	2,2	98,9	5546	570
3x1x400	23,5	5,5	2,3	105,8	6538	610
3x1x500	26,5	5,5	2,4	112,3	7876	650

Per i cavi con isolamento in G7 i dati dimensionali sono da ritenersi identici.
 For cables with insulation G7 dimensional data are to be considered identical.

ARE4H1RX - Elica visibile 12/20 kV

12/20 kV Caratteristiche elettriche - electrical characteristics

Formazione Size	Capacità nominale Nominal capacity	Corrente capacitiva nominale a tensione U_0 Nominal capacitive current at voltage U_0	Reattanza di fase a 50 HZ Reactance phase 50HZ	Resistenza massima in CC del conduttore a 20°C Conductor max electrical resist. CC at 20°C	Resistenza massima in CC dello schermo a 20°C Screen max electrical resist. CC at 20°C	Resistenza massima in CA del conduttore a 90°C Conductor max electrical resist. CA at 90°C	Portata di corrente Current rating A		Corrente di corto circuito del conduttore Short circuit current con- ductor (1s)
n° x mm ²	mm	A/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	in aria a in air at 30° C	interrato a 20° C Underground at 20° C Rt=1m°C/W	kA
25	0,15	0,56	0,155	1,200	3,0	1,540	136	133	2,3
35	0,16	0,65	0,147	0,868	3,0	1,115	160	156	3,2
50	0,17	0,71	0,141	0,641	3,0	0,852	198	181	4,6
70	0,20	0,80	0,132	0,443	3,0	0,570	243	222	6,5
95	0,22	0,89	0,125	0,320	3,0	0,412	296	263	8,8
120	0,24	0,96	0,120	0,253	3,0	0,328	338	296	11,1
150	0,25	1,03	0,117	0,206	3,0	0,268	387	337	13,8
185	0,28	1,12	0,112	0,164	3,0	0,213	441	378	17,0
240	0,30	1,23	0,108	0,125	3,0	0,163	517	436	22,1
300	0,33	1,34	0,105	0,100	3,0	0,132	586	493	27,6
400	0,37	1,48	0,101	0,0778	3,0	0,103	677	567	36,8
500	0,40	1,62	0,098	0,0605	3,0	0,081	775	626	46,0
630	0,44	1,80	0,095	0,0469	3,0	0,064	882	700	58,0
3x1x25	0,15	0,56	0,155	1,200	3,0	1,540	136	133	2,3
3x1x35	0,16	0,65	0,147	0,868	3,0	1,115	160	156	3,2
3x1x50	0,17	0,71	0,141	0,641	3,0	0,825	198	181	4,6
3x1x70	0,20	0,80	0,132	0,443	3,0	0,570	243	222	6,5
3x1x95	0,22	0,89	0,125	0,320	3,0	0,412	296	263	8,8
3x1x120	0,24	0,96	0,120	0,253	3,0	0,328	338	296	11,1
3x1x150	0,25	1,03	0,117	0,206	3,0	0,268	387	337	13,8
3x1x185	0,28	1,12	0,112	0,164	3,0	0,213	441	378	17,0
3x1x240	0,30	1,23	0,108	0,125	3,0	0,163	517	436	22,1
3x1x300	0,33	1,34	0,105	0,100	3,0	0,132	586	493	27,6
3x1x400	0,37	1,48	0,101	0,0778	3,0	0,103	677	567	36,8
3x1x500	0,40	1,62	0,098	0,0605	3,0	0,081	775	626	46,0

Per i cavi con isolamento in G7 le portate di corrente sono da ritenersi più basse di 4-6 A.
For cables with insulation G7 current rating are to be considered more low 4-6 A.

Accessori Consigliati/Recommended accessories

Accessori per cavi con tensione di esercizio/Cables accessories with voltage 12/20 kV

Sezione nominale conduttore Nominal section conductor	Terminazione termorestringente da interno unipolare Xxxxxxx	Terminazione termorestringente da esterno unipolare Xxxxxxx	Giunto termorestringente unipolare Xxxxxxx
35	24TTMI1-50C12	24TTME1-50C12	24GTS1-50C
50	24TTMI1-50C12	24TTME1-50C12	24GTS1-50C
70	24TTMI1-185C12	24TTME1-185C12	24GTS1-185E2AC
95	24TTMI1-185C12	24TTME1-185C12	24GTS1-185E2AC
120	24TTMI1-185C12	24TTME1-185C12	24GTS1-185E2AC
150	24TTMI1-185C12	24TTME1-185C12	24GTS1-185E2AC
185	24TTMI1-185C12	24TTME1-185C12	24GTS1-185E2AC
240	24TTMI1-300C16	24TTME1-300C16	24GTS1-185E2AC
300	24TTMI1-300C16	24TTME1-300C16	24GTS1-300C
400	24TTMI1-630C16	24TTME1-630C16	24GTS1-630C
500	24TTMI1-630C16	24TTME1-630C16	24GTS1-630C
630	24TTMI1-630C16	24TTME1-630C16	24GTS1-630C

N.B. Per i cavi tripolari utilizzare tre confezioni unipolari della sezione corrispondente.

CAVI MEDIA TENSIONE - PER IMPIANTI EOLICI
MEDIUM VOLTAGE CABLES - WIND POWER PLANTS

ARE4H1RX - Elica visibile - 18/30 kV

18/30 kV Dati dimensionali - size characteristics

Formazione	Ø nominale conduttore	Spessore isolante	Spessore guaina	Ø nominale cavo	Peso nominale cavo	Raggio minimo di curvatura
Size	Nominal conduct. Ø	Insulation thickness	Sheath thickness	Nominal cable Ø	Nominal cable weight	Minimum bending radius
n° x mm ²	mm	mm	mm	mm	kg/km	mm
35	7,0	8,0	1,9	36,0	920	430
50	8,1	8,0	2,0	37,5	990	460
70	9,9	8,0	2,0	39,5	1140	480
95	11,5	8,0	2,1	41,1	1265	500
120	12,9	8,0	2,1	42,5	1380	530
150	14,2	8,0	2,2	44,2	1510	550
185	15,9	8,0	2,2	45,8	1665	570
240	18,3	8,0	2,3	49,0	1940	610
300	20,7	8,0	2,4	51,5	2245	640
400	23,5	8,0	2,5	57,6	2625	690
500	26,5	8,0	2,6	57,7	3065	730
630	30,1	8,0	2,7	63,4	3860	810
3x1x35	7,0	8,0	1,9	77,8	2766	430
3x1x50	8,1	8,0	2,0	81,0	2976	560
3x1x70	9,9	8,0	2,0	85,3	3427	480
3x1x95	11,5	8,0	2,1	88,8	3803	500
3x1x120	12,9	8,0	2,1	91,8	4148	530
3x1x150	14,2	8,0	2,2	95,5	4539	550
3x1x185	15,9	8,0	2,2	98,9	5005	570
3x1x240	18,3	8,0	2,3	105,8	5832	610
3x1x300	20,7	8,0	2,4	111,2	6748	640

Per i cavi con isolamento in G7 i dati dimensionali sono da ritenersi identici.
 For cables with insulation G7 dimensional data are to be considered identical.

ARE4H1RX - Elica visibile - 18/30 kV

18/30 kV Caratteristiche elettriche - electrical characteristics

Formazione Size	Capacità nominale Nominal capacity	Corrente capacitiva nominale a tensione U_0 Nominal capacitive current at voltage U_0	Reattanza di fase a 50 HZ Reactance phase 50HZ	Resistenza massima in CC del conduttore a 20°C Conductor max electrical resist. CC at 20°C	Resistenza massima in CC dello schermo a 20°C Screen max electrical resist. CC at 20°C	Resistenza massima in CA del conduttore a 90°C Conductor max electrical resist. CA at 20°C	Portata di corrente Current rating A		Corrente di corto circuito del conduttore Short circuit current con- ductor (1s)
n° x mm ²	mm	A/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	in aria a in air at 30° C	interrato a 20° C Underground at 20° C Rt=1m°C/W	kA
35	0,13	0,74	0,153	0,868	3,0	1,115	160	156	3,2
50	0,13	0,83	0,149	0,641	3,0	0,825	198	181	4,6
70	0,15	0,92	0,140	0,443	3,0	0,570	243	222	6,5
95	0,16	1,01	0,132	0,320	3,0	0,412	289	263	8,8
120	0,18	1,10	0,127	0,253	3,0	0,328	334	296	11,1
150	0,19	1,16	0,123	0,206	3,0	0,268	373	337	13,8
185	0,21	1,22	0,119	0,164	3,0	0,213	426	371	17,0
240	0,22	1,37	0,115	0,125	3,0	0,163	494	419	22,1
300	0,24	1,49	0,111	0,100	3,0	0,132	555	469	27,6
400	0,27	1,64	0,107	0,0778	3,0	0,103	630	526	36,8
500	0,29	1,79	0,103	0,0605	3,0	0,081	714	581	46,0
630	0,32	1,96	0,100	0,0469	3,0	0,064	793	625	58,0
3x1x35	0,13	0,74	0,153	0,868	3,0	1,115	160	156	3,2
3x1x50	0,13	0,83	0,149	0,641	3,0	0,825	198	181	4,6
3x1x70	0,15	0,92	0,140	0,443	3,0	0,570	243	222	6,5
3x1x95	0,16	1,01	0,132	0,320	3,0	0,412	289	263	8,8
3x1x120	0,18	1,10	0,127	0,253	3,0	0,328	334	296	11,1
3x1x150	0,19	1,16	0,123	0,206	3,0	0,268	373	337	13,8
3x1x185	0,21	1,22	0,119	0,164	3,0	0,213	426	371	17,0
3x1x240	0,22	1,37	0,115	0,125	3,0	0,163	494	419	22,1
3x1x300	0,24	1,49	0,111	0,100	3,0	0,132	555	469	27,6

Per i cavi con isolamento in G7 le portate di corrente sono da ritenersi più basse di 4-6 A.
For cables with insulation G7 current rating are to be considered more low 4-6 A.

Accessori Consigliati/Recommended accessories

Accessori per cavi con tensione di esercizio/Cables accessories with voltage 18/30 kV

Sezione nominale conduttore Nominal section conductor	Terminazione termorestringente da interno unipolare Xxxxxx	Terminazione termorestringente da esterno unipolare Xxxxxx	Giunto termorestringente unipolare Xxxxxx
35	36TTMI1-70C12	36TTME1-70C12	36GTS1-95C
50	36TTMI1-70C12	36TTME1-70C12	36GTS1-95C
70	36TTMI1-70C12	36TTME1-70C12	36GTS1-95C
95	36TTMI1-240C12	36TTME1-240C12	36GTS1-95C
120	36TTMI1-240C12	36TTME1-240C12	36GTS1-240C
150	36TTMI1-240C12	36TTME1-240C12	36GTS1-240C
185	36TTMI1-240C12	36TTME1-240C12	36GTS1-240C
240	36TTMI1-240C16	36TTME1-240C12	36GTS1-240C
300	36TTMI1-300C16	36TTME1-300C16	36GTS1-300C
400	36TTMI1-630C16	36TTME1-630C16	36GTS1-630C
500	36TTMI1-630C16	36TTME1-630C16	36GTS1-630C
630	36TTMI1-630C16	36TTME1-630C16	36GTS1-630C

N.B. Per i cavi tripolari utilizzare tre confezioni unipolari della sezione corrispondente.