

																										
COMUNE DI SUNI	REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA	PROVINCIA DI ORISTANO																								
<p align="center"><b>PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA SINGOLA TURBINA EOLICA DELLA POTENZA PARI A 975 kWp</b></p> <p align="center">Sito in Comune di Suni (OR) – Loc. “Funtana Ide”</p>																										
<b>AUTORIZZAZIONE UNICA</b> Ai sensi dell'art. 12 – D.lgs. n. 387 del 29 Dicembre 2003		<b>VALUTAZIONE IMPATTO AMBIENTALE</b> Allegato B1 – DGR 45/24 del 27.9.2017																								
<b>PROCEDURA P.A.U.R</b> ( <i>Legge regionale 08 febbraio 2021, n. 2</i> ) Disciplina del provvedimento unico regionale in materia ambientale (PAUR), di cui all'articolo 27 bis del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 (Norme in materia ambientale), e successive modifiche e integrazioni.																										
PROPONENTE:																										
		<b>EWT ITALIA DEVELOPMENT S.r.l.</b> Via Giuseppe Rovani, 7 20123 Milano (MI) P. IVA 10525690961																								
OGGETTO:		CODICE ELABORATO:																								
<b>RELAZIONE ELETTRICA IMPIANTO E DISTANZE DI PRIMA APPROSSIMAZIONE (DPA)</b> <i>Relazione integrativa</i>		<div align="center">  </div>																								
SCALA / FORMATO	DATA EMISSIONE:																									
<b>Relazione (f.to) A4</b>	<b>29 novembre 2021</b>																									
PROGETTAZIONE:		SVILUPPO PROGETTO																								
<b>EWT ITALIA DEVELOPMENT S.R.L.</b>		 Eman s.r.l. Via San Quintino 26/A - 10121 Torino - P.I. 11439230019 technical@emansrl.it - eman.srl@pec.it																								
Project Management <i>PM Alberto Laudadio (L. 4/2013)</i>	Responsabile Tecnico Committente <i>Ing. Daniele Lucchi</i>																									
Coordinatore progettista <i>Ing. Daniele Lucchi</i>	Responsabile Tecnico Elaborato <i>Ing. Daniele Lucchi</i>																									
Collaboratori		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">REVISIONI</th> </tr> <tr> <th>N°</th> <th>DATA</th> <th>DESCRIZIONE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>01</td> <td>29 novembre 2021</td> <td>EMISSIONE</td> </tr> <tr> <td>02</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>03</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>04</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>05</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>06</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	REVISIONI			N°	DATA	DESCRIZIONE	01	29 novembre 2021	EMISSIONE	02			03			04			05			06		
REVISIONI																										
N°	DATA	DESCRIZIONE																								
01	29 novembre 2021	EMISSIONE																								
02																										
03																										
04																										
05																										
06																										
<i>Dott. Geol. Pasquale D'ambrosio</i>	<i>Geom. Alberto Cosso</i>																									
<i>Ing. Gian Luca Cadeddu</i>	<i>Ing. Andrea Ortolani</i>																									
<i>Agr. Dott. Roberto Fazzi</i>	<i>Dott. Agr. Fabrizio Vinci</i>																									

## Sommario

1.	OGGETTO .....	3
2.	GENERALITA' .....	3
3.	CABINA DI CONSEGNA – GENERALITA' .....	4
4.	CABINA UTENTE .....	5
5.	RIFERIMENTI NORMATIVI, LEGGI E PRESCRIZIONI .....	7
6.	SPECIFICHE TECNICHE ELETTRICHE .....	9
6.1.	TURBINA .....	10
6.2.	Quadro elettrico di protezione MT .....	14
6.3.	Quadro elettrico di protezione BT .....	15
7.	DETERMINAZIONI DELLE CORRENTI NOMINALI .....	17
8.	CAVI ELETTRICI IN PROGETTO .....	17
8.1.	Linee di distribuzione MT .....	17
8.2.	Caratteristiche dei cavi BT .....	18
8.3.	Caratteristiche del cavo a fibra ottica .....	19
8.4.	Giunzione cavi MT .....	19
8.5.	Terminazione ed attestazione cavi MT .....	20
8.6.	Terminazione ed attestazione cavi in fibra ottica .....	20
9.	MODALITA' DI POSA .....	20
9.1.	Generalità .....	20
9.2.	Modalità di posa cavi MT .....	21
9.3.	Modalità di posa cavi BT .....	22
9.4.	Modalità di posa del dispersore di terra .....	22
9.5.	Modalità di posa cavi in fibra ottica .....	22
10.	COLLAUDI E PROVE DI ACCETTAZIONE .....	23
10.1.	COLLAUDO CAVI MT .....	23
10.2.	COLLAUDO CAVI IN FIBRA OTTICA .....	23
10.3.	PROTEZIONI MECCANICHE: TUBI IN POLIETILENE .....	24
11.	CAMPI ELETTRROMAGNETICI E D.P.A. ....	26
11.1.	CONSIDERAZIONI PRELIMINARI .....	26
11.2.	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	27
11.3.	DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI .....	28
11.4.	LIMITI DI ESPOSIZIONE E VALORI DI ATTENZIONE .....	30
11.5.	DESCRIZIONE DEL PROGETTO .....	31
11.6.	MODELLO DI CALCOLO .....	31
11.6.1.	PREMESSA .....	31

11.6.2.	CAMPO ELETTRICOMAGNETICO GENERATO DALLA TURBINA .....	32
11.6.3.	CAMPO ELETTRICOMAGNETICO GENERATO DAL CAVIDOTTO MT .....	32
11.6.4.	CAMPO ELETTRICOMAGNETICO GENERATO DALLA CABINA UTENTE .....	33
11.6.5.	CONCLUSIONI .....	35

## 1. OGGETTO

La presente relazione tecnica descrive gli aspetti generali riferiti alla progettazione elettrica esecutiva dell'impianto **di utenza per la connessione** dell'impianto eolico sito nel **Comune di Suni (OR)** da collegare alla rete MT di e-distribuzione S.p.A.; risulta, pertanto, non oggetto del presente documento, lo sviluppo dell'impianto di rete per la connessione, richiamata nell'elaborato PD0168-TNN-PRO.REL.R10 RTN.

L'impianto di utenza per la connessione è finalizzato alla connessione, di un impianto eolico, composto da una turbina avente potenza nominale pari a di **0,975 MW**, alla rete elettrica di E-distribuzione S.p.A. con cessione dell'energia prodotta.

Si premette che il progetto è stato sviluppato conformemente la norma CEI 0-16 ed alle altre norme CEI relative ai singoli componenti dell'impianto richiamate di seguito.

Ogni sezione costituente l'impianto in oggetto, è stata sviluppata in altre relazioni così come indicato nell'elenco elaborati. Nelle suddette relazioni sono riportati i calcoli elettrici di dettaglio e le specifiche tecniche realizzate per consentire il reperimento dei componenti sul mercato e la realizzazione dell'impianto a regola d'arte.

Pertanto, nella presente relazione tecnica verrà descritta la composizione generale dell'impianto nel suo essere; rimandando alle relazioni specifiche i dettagli costruttivi dei vari componenti.

## 2. GENERALITA'

L'impianto in oggetto, nel suo complesso, può essere suddiviso nelle seguenti distinte sezioni:

### **a) Generatore**

Il generatore risulta costituito da una singola turbina eolica di potenza nominale 975 kW tipo EWT DW61 della casa costruttrice EWT (olandese).

### **b) collegamento tra la turbina eolica e le apparecchiature elettriche poste nella cabina utente posizionata alla base della torre eolica. .**

Il generatore sarà connesso, mediante una linea BT in cavo interrato, al trasformatore BT/MT di produzione avente potenza pari a 1000 kVA posto all'interno della cabina utente, nella stessa cabina trova alloggiamento anche il quadro elettrico di media tensione a cui è sotteso il trasformatore di produzione e il quadro di bassa tensione per l'alimentazione dei servizi di impianto quest'ultimo sotteso ad un trasformatore BT/BT di potenza pari a 2,5 kVA connesso all'uscita del gruppo generatore..

Tutti i collegamenti di impianto, e fino alla cabina MT/CS, saranno realizzati mediante linee interrate in media tensione.

Come si evince dallo schema elettrico unifilare è prevista una linea elettrica linea che collega l'aerogeneratore con il locale utente della cabina di consegna MT ("*linea principale*").

#### **c) Collegamento attraverso fibre ottiche**

La supervisione ed il monitoraggio dell'intero sistema viene gestito attraverso l'implementazione di un sistema SCADA. Per l'acquisizione dei segnali e la trasmissione ed il collegamento, saranno posati cavi a fibre ottiche disposti all'interno del tritubo installato nel medesimo scavo dove trovano alloggio i cavi d'energia MT e BT.

#### **d) Collegamento tra la cabina utente e la cabina di consegna ENEL.**

Il collegamento del quadro di media tensione MT di produzione, posizionato nella cabina utente, con il quadro di connessione del distributore posizionato nella cabina di consegna di competenza del distributore (non oggetto del presente documento), avverrà tramite cavo MT interrato del tipo tripolare ad elica di sezione pari a  $95 \text{ mm}^2$  ..

### **3. CABINA DI CONSEGNA – GENERALITA'**

La Cabina di Consegna MT sarà ubicata nello stesso terreno in disponibilità della Società proponente (particella 810), e sarà costituita da 2 locali distinti:

- **Locale Consegna**, con accesso riservato a e-distribuzione, non oggetto del presente progetto ma del Progetto Elettrico RTN.
- **Locale Misure**, contenente l'insieme dei gruppi di misura dell'energia elettrica prelevata ed immessa. Tale locale sarà caratterizzato da un accesso dedicato al personale sia di e-distribuzione che del proponente. Tale locale non è oggetto del presente progetto. L'installazione di un secondo gruppo di misura per la fornitura di energia elettrica in BT, richiesta dal proponente, per l'alimentazione dei servizi ausiliari di cabina, si ipotizza di installarlo anch'esso in tale locale.

Il Locale Consegna sarà collegato elettricamente alla cabina utente attraverso un cavo il più corto possibile (massimo 20 m) di sezione  $95 \text{ mm}^2$  ad elica, con tensione nominale. I dati generali utilizzati per il dimensionamento dell'impianto sono riportati nella tabella seguente:

- **Caratteristiche elettriche del sistema:**

	Attuale
Tensione di esercizio del sistema (kV)	15
Tensione massima del sistema (kV)	17.5
Frequenza nominale (Hz)	50
Tensione di tenuta a frequenza industriale (kV)	50
Tensione di tenuta ad impulso atmosferico (1,2/50µs) (kV)	125
Corrente di corto circuito di breve durata (1s) (kA)	16
Corrente di guasto monofase a terra (A)	100
Tempo di eliminazione del guasto monofase (s)	0.5
(Valori comunicati da e-distribuzione)	

A tale scopo si sottolinea che la tensione di esercizio attuale del sistema elettrico della rete di distribuzione gestita da e-distribuzione nella zona di competenza di ubicazione dell'impianto in oggetto è 15 kV.

- **Condizioni Ambientali di riferimento**

I componenti del sistema elettrico in oggetto sono stati dimensionati sulla base delle seguenti condizioni ambientali del sito di installazione (norma CEI 11-1 par. 3.3, CEI 11-35 par.7.1.3, CEI EN 60721-3-4):

Parametro	Valore	U.M.
Altitudine s.l.m.	395	m
Temperatura ambiente (min/Max)	+12 / +30	°C
Umidità relativa max	100	%
Velocità max del vento	130	Km/h
Tenuta alle sollecitazioni sismiche	0.2	g

#### 4. CABINA UTENTE

La cabina utente, come precedentemente riportato, è posizionata alla base della torre eolica e sarà destinata a contenere le apparecchiature elettriche deputate alla connessione in rete lato utente. La cabina è composta da un unico ambiente suddiviso in 2 aree, l'area dove verranno posizionati il trasformatore (TR1) di produzione da BT/MT 1000 KVA e il piccolo trasformatore (TR2) destinato ad alimentare i servizi ausiliari quali l'illuminazione di cabina, una presa e l'estrattore d'aria utilizzato per la ventilazione forzata della cabina il quale entra in funzione al surriscaldamento

Di seguito si riporta planimetrie e sezioni della cabina utente.



## 5. RIFERIMENTI NORMATIVI, LEGGI E PRESCRIZIONI

Tutte le opere, se non diversamente specificato nel presente documento, dovranno essere progettate, realizzate e collaudate in osservanza dei riferimenti normativi (CEI, IEC, CENELEC, ISO, UNI, etc.), leggi, decreti, regolamenti e prescrizioni citati nel testo e tutte le altre leggi e norme pertinenti attualmente in vigore con particolare riferimento a:

- Norma CEI 0-16 “Regole Tecniche di Connessione (RTC) per Utenti attivi ed Utenti passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica” Ed.2 – 2008-07;
- Norma CEI 11-1 “Impianti elettrici con tensione superiore ad 1 kV in corrente alternata”;
- Norma CEI 11-35 “Guida per l’esecuzione di cabine elettriche MT/BT del Cliente/Utente finale”;
- Norma CEI 11-4 “Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne”;
- Norma CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo”;
- Norma CEI 11-20 “Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria”;
- Norma CEI EN 60529 “Gradi di protezione degli involucri (codice IP)”
- Norma CEI 11-46 “Strutture sotterranee polifunzionali per la coesistenza di servizi a rete diversi – Progettazione, costruzione, gestione ed utilizzo – Criteri generali di posa”;
- Norma CEI 11-47 “Impianti tecnologici sotterranei – Criteri generali di posa”;
- Norma CEI 64-8 “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua”;
- Norma CEI 103-6 “Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell’induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto”;
- Norma CEI EN 50086 2-4 “Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche Parte 2-4: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati”;
- DK 4452: “Criteri di taratura degli impianti di distribuzione MT ed esempi tipici di coordinamento delle protezioni di rete e di utenza”;
- DK 4460: “Corrente di guasto a terra nelle reti MT”;
- DK 4461: “Impianti di terra delle cabine secondarie”;
- D.P.R. 22 Ottobre 2001 n. 462 “Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi”
- Decreto Legislativo 1 agosto 2003 n. 259 "Codice delle comunicazioni elettroniche"



- D.M. 25 settembre 1992 “Approvazione della convenzione-tipo prevista dall'art. 22 della legge 9 gennaio 1991, n. 9, recante norme per l'attuazione del nuovo Piano energetico nazionale: aspetti istituzionali, centrali idroelettriche ed elettrodotti, idrocarburi e geotermia, autoproduzione e disposizioni fiscali”.
- D.L. n. 186 del 1/3/1968 Costruzione di impianti a regola d'arte;
- Regio Decreto 11 dicembre 1933 n° 1775 "Testo Unico delle disposizioni di legge in merito alle acque ed agli impianti elettrici;
- Legge sulla prevenzione degli infortuni sul lavoro: Dlgs. 81/08 ed integrazioni, aggiornamenti e circolari successive;
- DM 22/1/2008 n. 37 Norme per la sicurezza degli impianti;
- D.P.R. n. 447 del 6/12/1991;
- DM 21/03/1988;
- DM 05/08/1998;
- DPCM 08/07/2003
- DM 29/05/2008
- Prescrizioni e raccomandazioni della Struttura Pubblica di Controllo Competente (ASL/USSL/ISPELS).

Inoltre:

- Norma CEI 20-11 “Caratteristiche tecniche e requisiti di prova delle mescole per isolanti e guaine per energie”;
- Norma CEI 20-13 “Cavi isolanti con gomma EPR con grado di isolamento superiore a 3 (per sistemi elettrici con tensione nominale da 1 a 20 kV”
- Norma CEI 20-14 “Cavi isolanti con polivinilcloruro di qualità R2 con grado di isolamento superiore a 3 (per sistemi elettrici con tensione nominale da 1 a 20 kV”
- Norma CEI 20-21 “Calcolo delle portate dei cavi elettrici”
- Norma CEI 20-22 “Prova dei cavi non propaganti l’incendio”
- Norma CEI 20-27 “Sistema di designazione dei cavi di energia e per segnalamento”
- Norma CEI 20-29 “Conduttori per cavi isolati”
- Norma CEI 20-36 “Prove di resistenza al fuoco dei cavi elettrici”
- Norma CEI 20-37 “Prove sui gas emessi durante la combustione di cavi elettrici”
- Norma CEI 20-38 “Cavi isolati con gomma non propaganti l’incendio e a basso sviluppo di fumi dei gas tossici e corrosivi”
- Norma CEI 20-40 “Guida per l’uso dei cavi a bassa tensione”
- Tabella CEI UNEL 00722 “Colori distintivi delle anime dei cavi isolati”

- Tabella CEI UNEL 35011 “Cavi per energia e segnalamento”
- Norma CEI 20-45 “Cavi resistenti al fuoco”
- Norma CEI 20-68 “Cavi con isolamento estruso a spessore ridotto, isolati in XLPE sotto guaina termoplastica aventi caratteristiche di resistenza all’urto – cavi con tensione nominale 12/20 kV”
- Norma CEI 7-1 “Corde di rame”
- Norma CEI 64-8 “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua”
- Norma CEI 11-1 “Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata”
- Norma CEI 11-17 “Norme per gli impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica: linee in cavo”.

Il rispetto della normativa sopra specificata sarà inteso nel modo più restrittivo, nel senso che non solo la progettazione sarà adeguata a quanto stabilito dai suddetti criteri, ma vi sarà un'analoga rispondenza alle normative da parte di tutti i materiali ed apparecchiature che saranno impiegati.

Con preciso riferimento a quanto prescritto dalle Norme d'installazione degli impianti elettrici, saranno scelti materiali provvisti di Marchio Italiano di Qualità (I.M.Q.) per tutti i prodotti per i quali il marchio è ammesso.

Saranno comunque pure rispettate le prescrizioni delle presenti specifiche, ove sono previsti dimensionamenti in lieve misura eccedenti i limiti minimi consentiti dalle Norme.

Gli impianti dovranno rispondere ai seguenti requisiti generali:

- Sicurezza ed affidabilità;
- Capacità di ampliamento;
- Accessibilità;
- Facilità di gestione.

## 6. SPECIFICHE TECNICHE ELETTRICHE

Nel presente paragrafo si riportano le caratteristiche meccaniche ed elettriche del generatore, del quadro di media tensione e bassa tensione. :

Tutti gli altri elementi componenti del sistema elettrico (Quadri elettrici secondari, rete di terra etc.) appartenenti all'impianto d'utenza sono descritti in specifiche relazioni tecniche di cui è composto il progetto esecutivo.

## 6.1.TURBINA

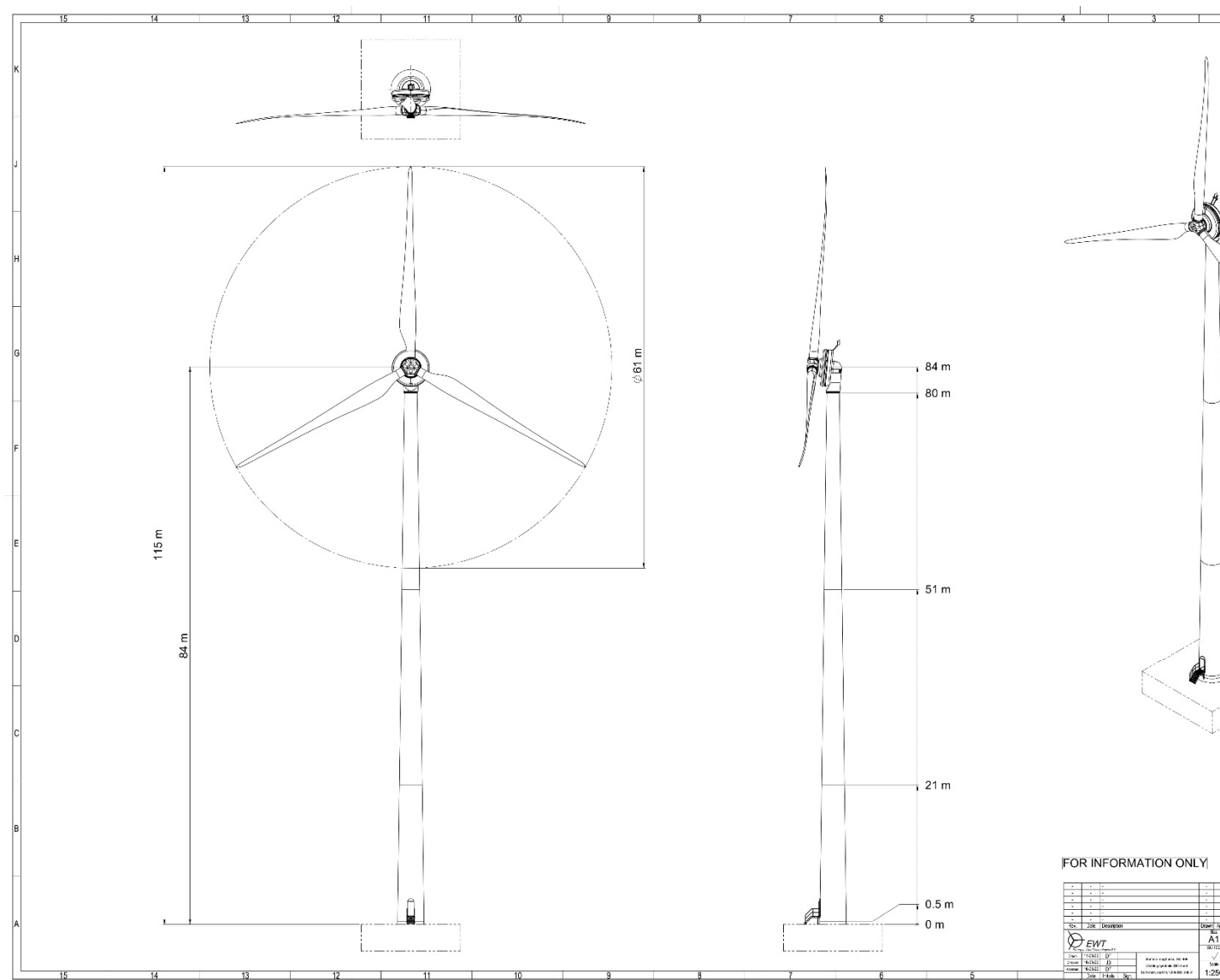
La turbina utilizzata per il presente progetto è una turbina classe EWT DW61 (0,975 MW); essa è costituita da un rotore ad asse orizzontale, azionato da 3 pale con regolazione del passo controvento e imbardata attiva. Le pale sono costituite in fibra di vetro rinforzata con resina epossidica. È dotato di un sistema di controllo che, in corrispondenza di alta velocità del vento, mantiene la produzione di potenza al suo valore nominale indipendentemente dalla temperatura e dalla densità dell'aria; in corrispondenza, invece, di bassa velocità del vento, il sistema a passo variabile e quello di controllo ottimizzano la produzione di potenza scegliendo la combinazione tra velocità del rotore e angolo di orientamento in modo da avere il massimo del rendimento e riducono le emissioni di rumore. Il funzionamento dell'aerogeneratore è continuamente monitorato e controllato da diverse unità di controllo basate su microprocessori.

Il sistema di controllo dell'aerogeneratore assolve alle seguenti funzioni:

- Monitoraggio e supervisione del funzionamento.
- Sincronizzazione del generatore alla rete durante la sequenza di connessione, al fine di limitare i picchi di corrente.
- Funzionamento dell'aerogeneratore in caso di guasto.
- Imbardata automatica della navicella in funzione della direzione del vento.
- Controllo del passo della pala.
- Controllo della potenza reattiva e velocità variabile.
- Controllo rumorosità.
- Monitoraggio delle condizioni ambientali (vento, temperatura, ecc.).
- Monitoraggio della rete.
- Monitoraggio e registrazione di fulmini.
- Supervisione del sistema di rilevamento fumo.
- Diminuzione di potenza in caso di temperature particolarmente elevate.

garantendo, così, l'ottenimento anche dei seguenti vantaggi:

- Smorzamento attivo delle oscillazioni della torre
- Smorzamento attivo delle oscillazioni torsionali del gruppo propulsore
- Miglioramento della qualità di rete



**Figura:** particolare costruttivo standard della turbina EWT DW61 (HH84 m – Ø61 m) da 0,975 MW

*Tab. 2.1 Caratteristiche generali della turbina – Parametri di operatività*

Nominal power $P_N$	975 kW	
Registered capacity		
Active power export		
Rated kW		
Max active power sent out (kW <sub>so</sub> max)	975 kW	
Rated MW <sub>so</sub>	0.975 MW <sub>so</sub>	
Nominal voltage $U_N$	690 / 620 V	(Note 620V is required for HVRT option)
Rated terminal voltage		
Nominal current $I_N$	816 / 908 A	
Rated apparent power $S_N$	1100 kVA	
Rated MVA	1.1 MVA	
Rated		
Maximum capacity of network connection		
Nominal reactive power $Q_N$	0 kvar (controllable)	
Min reactive power at $P_N$ & $U_N$ (importing)	-433 / -383 kvar	
Max reactive power at $P_N$ & $U_N$ (exporting)	508 / 450 kvar	
(see Appendix A: Reactive power control)		
Maximum power $P_{mc}$	$P_N + 15\%$	
0.2 second average power $P_{0.2\text{-sec}}$	$P_N + 15\%$	
1-minute average power $P_{1\text{-min}}$	$P_N + 5\%$	
10-minute average power $P_{10\text{-min}}$	$P_N$	

L'albero principale trasmette la potenza al generatore tramite un sistema di riduzione. Da questo la potenza è trasmessa tramite l'accoppiamento a giunto cardanico al generatore. Pertanto, il riduttore converte la potenza d'ingresso caratterizzata da valori bassi di velocità e valori elevati di coppia meccanica a valori d'uscita di potenza meccanica caratterizzata da valori alti di velocità e valori bassi di coppia meccanica.

L'aerogeneratore frena mettendo completamente in bandiera le pale del rotore. I singoli cilindri di attuazione del passo garantiscono la tripla sicurezza in frenata. Inoltre, un sistema idraulico fornisce pressione a un freno a disco posto sull'albero veloce del moltiplicatore principale. Il sistema del freno a disco è costituito da 3 pinze di frenata idrauliche.

Ciascun aerogeneratore può essere schematicamente suddiviso, dal punto di vista elettrico, nei seguenti componenti:

- generatore elettrico;
- interruttore di macchina BT;
- trasformatore di potenza MT/BT;
- cavo MT di potenza;
- quadro elettrico di protezione MT;

- servizi ausiliari;
- rete di terra.

Nel seguito, si procede alla descrizione dei componenti sopra elencati.

Il generatore è un generatore sincrono a 84 poli.

Il sistema di controllo consente di variare la velocità del rotore entro una determinata gamma, diminuendo così le fluttuazioni della tensione di rete e riducendo al minimo i carichi sui componenti principali dell'aerogeneratore. Inoltre, il sistema ottimizza la produzione di energia, in particolare in caso di velocità del vento ridotta.

La tecnologia di cui è dotato l'aerogeneratore consente di controllare il fattore di potenza reattiva dell'aerogeneratore da 0,96 induttivo a 0,98 capacitivo, misurato sul lato a bassa tensione.

Il generatore è dotato di raffreddamento ad acqua.

*Tab. 2.2 Caratteristiche del generatore*

Type	84-pole synchronous
Type of generating plant	Series full power converter
Method of excitation for rotating plant	Separately/Electrically excited rotor field
Type of prime mover/energy source	Wind
Rated Apparent Power	1150 kVA
Voltage	720 V
Field Excitation	Active wound rotor
Rated speed	24 rpm
Protection	IP 54
Number of phases	6 (2 x 3-phase 30° shifted)
Insulation class	F

Tutte le funzioni dell'aerogeneratore sono monitorate e controllate da diverse unità di controllo basate su microprocessori. L'unità di controllo è costituita da più sistemi di controllo secondari singoli. Ciascun sistema provvede a funzioni distinte e comunica mediante una rete ottica.

Gli accessori dell'unità di controllo sono posti nella sezione inferiore della torre, nella navicella e nel mozzo.

Il sistema operativo utilizzato risponde ai requisiti di stabilità, flessibilità e sicurezza che si richiedono a un aerogeneratore moderno e "intelligente".

Le funzioni di input/output digitale e analogico della turbina sono interfacciate con l'impiego di unità di distribuzione che comunicano con il protocollo CAN-open.

L'unità di controllo è dotata di sistema di batteria di riserva.

L'unità di controllo assolve alle seguenti funzioni:

1. Monitoraggio e supervisione del funzionamento.

2. Sincronizzazione del generatore alla rete durante la sequenza di connessione, al fine di limitare i picchi di corrente.
3. Funzionamento dell'aerogeneratore in caso di guasto.
4. Imbardata automatica della navicella in funzione della direzione del vento.
5. Controllo del passo della pala.
6. Controllo della potenza reattiva e velocità variabile.
7. Controllo rumorosità.
8. Monitoraggio delle condizioni ambientali (vento, temperatura, ecc.).
9. Monitoraggio della rete.
10. Monitoraggio e registrazione di fulmini.
11. Supervisione del sistema di rilevamento fumo.
12. Diminuzione di potenza in caso di temperature particolarmente elevate.

## 6.2. Quadro elettrico di protezione MT

L'apparecchiatura elettrica completamente isolata SF6 a media tensione è costituita da due armadi elettrici separati. I due armadi sono costituiti da un quadro di distribuzione primaria con un interruttore di carico e un interruttore automatico. L'interruttore di carico ha 3 posizioni: chiuso, aperto e messa a terra. Quando l'interruttore si trova in posizione di messa a terra, il cavo di rete è collegato a massa. L'armadio contenente l'interruttore automatico contiene un interruttore di carico e un interruttore automatico con un relè autoalimentato.

Anche l'interruttore di carico è a 3 posizioni e può eseguire la messa a terra del cavo del trasformatore attraverso l'interruttore automatico. Il relè offre la possibilità di sganciare dall'esterno l'interruttore automatico (230 V) mediante l'unità di controllo VMP, il rilevatore di arco, il rilevatore di fumo o manualmente dalla navicella.

L'interruttore di media tensione deve essere provvisto di un interruttore di messa a terra sul lato dell'aerogeneratore (trasformatore) e di un interruttore di messa a terra sul lato della rete.

La funzione dell'apparecchiatura elettrica consiste nel proteggere l'aerogeneratore dalle sovracorrenti, dai cortocircuiti e dai guasti a massa.

### Funzione alimentatore:

Tensione nominale (kV) max.	24
Corrente Nominale (A)	400/630
Corrente di breve durata ammissibile (1 o 3 s) (kA)	16/20
Livello di isolamento:	

Frequenza industriale (1min) (kV)	50
Impulso fulmine (kV <sub>peak</sub> )	125
Potere di chiusura (kA <sub>peak</sub> )	40/50
Potere di interruzione:	
Corrente attiva principale (A)	400/630
Corrente capacitiva(A)	31,5
Corrente induttiva (A)	16

### 6.3. Quadro elettrico di protezione BT

I quadri sono conformi alle principali norme nazionali ed internazionali in vigore:

Devono corrispondere alla classificazione "AS" (apparecchiatura di serie) come definita nelle norme CEI 17.13/1 §2.1.1.1.

L'involucro esterno assicura un grado di protezione idoneo all'ambiente di installazione.

La temperatura aria ambiente interna al quadro raggiunta con tutti i componenti a regime nominale (con particolare riguardo alle apparecchiature di interruzione e/o manovra), non deve eccedere di 10 °C quella dell'aria ambiente esterna al quadro stesso.

I parametri nominali di tutti i componenti devono essere riferiti alla loro effettiva temperatura di funzionamento, così come definiti dal costruttore dei componenti stessi. In relazione alle condizioni termoigrometriche limite dell'ambiente il fornitore deve prevedere opportune aperture di ventilazione che, se necessario, può essere forzata con comando a termostato. In particolare, i quadri elettrici con grado di protezione maggiore di IP 4X possono essere dotati di resistenze anticondensa. Gli scomparti alloggianti trasformatori di potenza sono sempre dotati di ventilazione con comando a termostato.

Il quadro contiene montata una sbarra di terra in rame con morsetti di sezionamento alle estremità per il collegamento del circuito di terra esterno.

Le sbarre secondarie devono essere dimensionate per la somma delle correnti nominali delle apparecchiature principali servite, con coefficiente di contemporaneità unitario, e non per eventuali correnti inferiori d'esercizio o nominali di componenti secondari (ad esempio sganciatori).

Le sbarre e le loro giunzioni devono essere inguainate. Esse possono essere nude solo se totalmente segregate: in tale caso la loro compartimentazione dedicata deve essere dotata di idonee aperture di ventilazione e di proprio collegamento a terra. Il materiale conduttore deve essere in rame; i cavi sono conformi alle Norme CEI 20-22.

I cavi devono essere riuniti in canalini con coperchio di PVC forati o di metallo con collegamento a terra; coefficiente di riempimento  $\leq 2,5 \text{ mm}^2$  per i circuiti amperometrici e  $\geq 1,5 \text{ mm}^2$  per gli altri



circuiti. Le relative terminazioni devono essere dotate di idonee boccolette e di capicorda a puntale o forcilla. I conduttori relativi a circuiti di misura analogica devono essere twistati a doppiini con schermatura sui singoli doppiini, ed ulteriore schermatura totale nel caso di cavi multidoppiini.

Se ubicate nella parte bassa del quadro, le morsettiere devono essere installate ad un'altezza da terra  $\geq 300$  mm.

Ogni morsetto deve essere largamente proporzionato rispetto alla sezione del cavo da collegare, comunque per sezione  $\geq 6$  mm<sup>2</sup>, ed alloggia non più di 2 conduttori per ogni lato.

I componenti accessibili dal fronte quadro (organi di manovra ed/od interruzione, strumentazione, etc.) devono essere dotati di doppia targhetatura: una interna al quadro riportante il codice di riferimento con gli schemi, ed una esterna riportante la dicitura funzionale. La targhetatura deve essere realizzata con porta targhetta, avvitato o rivettato (è vietata l'adesività e l'incollatura), alloggiante la targhetta dedicata.

La composizione del quadro dovrà tenere conto di future partenze.

Se espressamente richieste, le riserve saranno equipaggiate di tutto quanto necessario per l'inserimento degli interruttori, in particolare delle parti fisse e delle connessioni di alimentazione.

In ogni caso, l'aggiunta di altre unità funzionali o la modifica della disposizione degli apparecchi nel quadro, dovrà essere possibile mediante l'aggiunta o l'asportazione di elementi modulari senza bisogno di alcun adattamento.

## 7. DETERMINAZIONI DELLE CORRENTI NOMINALI

La potenza nominale dell'aerogeneratore è di 975 kW. La tensione di generazione lato BT è 690/620 V. Considerando un fattore di potenza  $\cos\varphi=1$ , la corrente di impiego sul lato di bassa tensione risulta pari a:

$$I_{BT} = 975000 / (\sqrt{3} \cdot 690 \cdot 1) = 816 \text{ A}$$

Tale corrente riportata sul lato media tensione (15 kV) corrisponde ad una corrente di:

$$I_{MT} = 816 \cdot (690 / 15000) = 37,5 \text{ A}$$

## 8. CAVI ELETTRICI IN PROGETTO

### 8.1.LINEE DI DISTRIBUZIONE MT

Il collegamento tra il trasformatore di produzione e il quadro MT di produzione e tra questi e la cabina di consegna verrà dimensionato tenendo conto dei livelli di corrente sul lato media tensione considerando la condizione di posa più sfavorevole tra quelle in progetto nel presente caso consideriamo che i cavi siano inrterrati.

Le sezioni impiegate sono state dimensionate con il criterio termico utilizzando un cavo in cui la portata non risulti, in alcun caso, inferiore alla corrente di impiego del circuito, ma che ne sia maggiore di almeno di 1.25 volte, in ottemperanza alle prescrizioni della norma CEI.

Il percorso di ciascuna linea è stato individuato sulla base dei seguenti criteri:

- minima distanza;
- massimo sfruttamento degli scavi delle infrastrutture di collegamento da realizzare;
- migliore condizione di posa

Si procede al calcolo elettrico dei cavi MT in accordo alle norme CEI 11-17 Ed. III che forniscono i criteri da adottare per la progettazione, per l'esecuzione, per le verifiche e per l'esercizio delle linee di energia in cavo a corrente sia alternata sia continua.

Il campo di applicazione delle Norme CEI 11-17 Ed.III è rivolto agli impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica quando la tensione nominale è superiore a 1000 V in corrente alternata ed a 1500 V in corrente continua. Per tale calcolo si assume che l'aerogeneratore abbia le proprietà elettriche indicate nella tabella seguente.

*Tab. Caratteristiche elettriche nominali dell'aerogeneratore*

<b>Potenza attiva nominale:</b>	975 kW
<b>Frequenza nominale:</b>	50 Hz
<b>Tensione nominale:</b>	15 kV
<b>Fattore di potenza d'impostazione:</b>	$\cos\phi = 1$
<b>Corrente nominale MT:</b>	37,5 A

I cavi a seguito dei calcoli eseguiti mediante software MT avranno le seguenti caratteristiche:

- Designazione: ARE4H5EX 12/20 kV -
- Grado di isolamento: 12/20 kV
- Tensione nominale: 15 kV
- Isolamento: G7
- Guaina esterna: termoplastica in PVC
- Conduttore: tripolare ad elica alluminio
- Sezione 3x95 mmq

Le specifiche tecniche fornite di seguito sono il risultato del calcolo elettrico realizzato nel paragrafo precedente. Le linee elettriche sono riportate dettagliatamente nel piano cavi in cui si evince:

- Punto di partenza ed arrivo delle linee di alimentazione;
- Lunghezza della linea;
- Caratteristiche tecniche dei cavi

Tutte le linee saranno realizzate con cavidotti interrati, che avranno come punti di partenza ed arrivo i manufatti che costituiscono l'impianto (turbina cabina utente e cabina di consegna). Per tutti i conduttori dovrà essere lasciato un adeguato margine in lunghezza onde consentire l'attestazione degli stessi ai quadri ed alle apparecchiature.

L'esecutore dovrà farsi carico, specialmente se la posa dei cavi dovesse avvenire prima dell'installazione dei manufatti suddetti, di proteggere in modo adeguato le estremità dei conduttori; in particolare per la fibra ottica dovranno essere adottate misure protettive per fare in modo che non vi possano essere infiltrazioni di acqua all'interno della stessa, proteggendo le estremità con nastro auto agglomerante.

## 8.2.CARATTERISTICHE DEI CAVI BT

Il cavo da utilizzare per l'alimentazione delle apparecchiature ausiliarie avrà le seguenti caratteristiche:

- Designazione: FG7OR

- Tensione nominale: 0,6/1 kV
- Conduttore: flessibile di rame ricotto stagnato
- Isolamento: in gomma HEPR ad alto modulo di qualità G7
- Guaina esterna: in mescola termoplastica in PVC
- Tensione d'isolamento  $E_0$ : 4 kV

### 8.3.CARATTERISTICHE DEL CAVO A FIBRA OTTICA

Il cavo a fibre ottiche da utilizzare per l'implementazione del sistema di supervisione e controllo dell'impianto, avrà le seguenti caratteristiche:

- Tipo di fibra: monomodale 9/125  $\mu\text{m}$
- Diametro cavo: 6.90 mm
- Peso del cavo: 42 kg/km circa

Inoltre, si forniscono una serie di informazioni tecniche utili per la gestione dell'attività di posa:

- Carico di trazione massimo: 750N
- Curvatura statica min.: 69 mm
- Curvatura dinamica min.: 104 mm
- Schiacciamento max: 2000N
- Impatto: 15 Nm
- Torsione: 5 rotazioni/m

Normativa di riferimento: è richiesta la totale rispondenza alle normative EC 794-1, E1, E3, E4, E6, E7, E11, F1 ed F5 con riferimento del fornitore di poter eseguire la prova che dimostri che la penetrazione all'acqua, con 0,1 bar di pressione, sia inferiore ad 1 m in 14 giorni.

### 8.4.GIUNZIONE CAVI MT

Per le tratte non coperte interamente dalle pezzature di cavo MT disponibile, si dovrà provvedere alla giunzione di due spezzoni. La giunzione elettrica sarà realizzata mediante l'utilizzo di connettori del tipo diritto, a compressione, adeguati alle caratteristiche e tipologie dei cavi sopra detti. Tutti i materiali occorrenti e le attività di giunzione sono a carico dell'appaltatore. Le giunzioni dovranno essere effettuate in accordo alla norma CEI 20-24 seconda edizione ed alle indicazioni riportate dal costruttore dei giunti. L'esecuzione delle giunzioni deve avvenire con la massima accuratezza, seguendo le indicazioni contenute in ciascuna confezione. In particolare, occorre:

- 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 i materiali contenuti nella confezione.

Ad operazione conclusa devono essere applicate sul giunto delle targhe identificatrici (o consegnate delle schede) per ciascun giunto in modo da poter individuare, l'esecutore, la data e le modalità di esecuzione. Ciascun giunto sarà segnalato esternamente mediante un cippo di segnalazione.

## 8.5.TERMINAZIONE ED ATTESTAZIONE CAVI MT

L'esecuzione delle terminazioni deve essere eseguita esclusivamente da personale specializzato seguendo scrupolosamente le istruzioni fornite dalle ditte costruttrici in merito alle modalità sia alle attrezzature necessarie. Nell'esecuzione delle terminazioni all'interno delle celle dei quadri, l'appaltatore deve realizzare il collegamento di terra degli schermi con trecce flessibili di rame stagnato, eventualmente prolungandole e dotandole di capicorda a compressione completo di relativa bulloneria per l'ancoraggio alla presa di terra dello scomparto.

Ogni terminazione deve essere dotata di una targa di riconoscimento in PVC atta ad identificare: appaltatore, esecutore, data e modalità di esecuzione nonché l'indicazione della fase (R, S, T).

La messa a terra dello schermo dovrà avvenire con un conduttore di rame di sezione 35 mm<sup>2</sup>.

I particolari costruttivi dei terminali dei cavi MT sono riportati nei disegni tecnici della turbina, in riferimento agli scomparti MT del locale utente realizzati in quadro blindato SF6, agli scomparti MT in aria degli aerogeneratori ed allo scomparto MT di consegna del locale e-distribuzione.

## 8.6.TERMINAZIONE ED ATTESTAZIONE CAVI IN FIBRA OTTICA

I cavi a fibra ottica dovranno essere terminati su appositi cassette ottici che l'appaltatore dovrà fornire e porre in opera secondo. Tali cassette saranno da interno a parete, per aerogeneratori e locale cabina MT, con grado di protezione IP41, a 24 fori; devono essere di lamiera metallica verniciata e devono contenere n°2 frontalini standard aventi n° 12 bussole tipo ST femmina ciascuno. Il cassetto deve avere chiusura meccanica con sportello/i incernierato/i e serratura con chiave; all'interno devono essere presenti n°2 cartelline fermacavo, clips fermacavo e pressa cavo in uscita in numero idoneo

## 9. MODALITA' DI POSA

### 9.1.GENERALITÀ

Tutte le linee elettriche (MT, BT e fibre ottiche) oggetto della presente committenza, saranno posate in cavidotti all'interno di tubi protettivi. Le proprietà dei suddetti tubi protettivi sono riportate in Appendice C.

Per la posa del cavidotto fare riferimento ai tipici allegati al progetto, ed alle sezioni indicate nelle tavole specifiche. La posa dei cavi si articolerà essenzialmente nelle seguenti attività:

- Scavo a sezione obbligata della larghezza e della profondità come indicata nelle tavole di progetto.
- Posa dei tubi protettivi e successivo infilaggio dei cavi di energia MT e BT e fibre ottiche. Particolare attenzione dovrà essere rivolta per l'interramento della corda di rame che costituisce il dispersore di terra dell'impianto; infatti, questa dovrà essere interrata in uno strato di terreno vegetale di spessore adeguato.
- Rinterro parziale con sabbia vagliata;
- Rinterro con terreno di scavo;
- Inserimento nastro per segnalazione tracciato.

## 9.2.MODALITÀ DI POSA CAVI MT

### **Sollecitazioni meccaniche**

Le prescrizioni contenute nella norma CEI 11-17 Ed. III art. 4.3.04 riportano le regole da rispettare durante l'attività di posa del cavo. Esse definiscono che le sollecitazioni di trazione da imporre al cavo durante la posa, devono essere applicate non ai rivestimenti protettivi di cui è dotato il cavo stesso, bensì unicamente ai conduttori. Per un conduttore in rame di sezione  $70 \text{ mm}^2$  lo sforzo di trazione massimo consentito applicato ad ogni singola anima, non deve essere superiore ai seguenti valori: **60 N/mm<sup>2</sup> € 4200 N**

Pertanto, quando la posa del cavo viene eseguita mediante un argano idraulico occorrerà prevedere l'utilizzo di un dispositivo dinamometrico per l'impostazione ed il controllo del tiro, nonché un freno ad intervento automatico. Inoltre, durante l'applicazione di tale sollecitazione di trazione, occorre prevedere l'utilizzo di sistemi che possano impedire rotazioni del cavo intorno al proprio asse. Pertanto, per realizzare la posa conformemente a tale prescrizione, occorrerà interporre tra la testa del conduttore del cavo e la fune di tiro, un dispositivo d'ancoraggio realizzato attraverso un giunto snodabile, indispensabile per evitare che sul cavo si trasmetta la sollecitazione di torsione che si sviluppa sulla fune traente.

### **Raggi di curvatura**

L'articolo 4.03.03 della norma CEI 11-17 Ed.III, riporta il valore dei raggi di curvatura minimi da rispettare nella posa del cavo, per impedire l'insorgere di deformazioni permanenti al cavo stesso che possano compromettere l'affidabilità in esercizio. Indicato con  $D$  = diametro esterno del cavo, per la formazione in oggetto  $3 \times 1 \times 70 \text{ mm}^2$  il valore minimo del raggio di curvatura, misurata sulla generatrice interna dei cavi, da rispettare nella posa è:  **$14D - 0,80 \text{ m}$**

### 9.3.MODALITÀ DI POSA CAVI BT

La posa del cavo BT che alimenta i sistemi ausiliari della turbina dal quadro BT della cabina utente, sarà posato congiuntamente ai cavi MT ed a quelli a fibre ottiche, nel medesimo scavo, all'interno del tritubo. Durante la posa del suddetto cavo occorrerà rispettare le prescrizioni generali riportate nel paragrafo precedente per i cavi MT, in riferimento alle indicazioni riferite agli attraversamenti e parallelismi con sottoservizi specifici vari; in particolare per il suddetto cavo si riportano le seguenti prescrizioni aggiuntive:

- Temperatura di posa: durante la procedura di installazione la temperatura dei cavi non deve essere inferiore a  $0^\circ\text{C}$ ;
- Sforzi di tiro durante la posa: trattandosi di un cavo con conduttore in rame lo sforzo di tiro non dovrà essere superiore a  $60 \text{ N/mm}^2$ .
- Raggio di curvatura: il massimo raggio di curvatura dovrà essere uguale a 4 volte il diametro esterno del cavo, in tal caso 200mm.

### 9.4.MODALITÀ DI POSA DEL DISPERSORE DI TERRA

Il dispersore di terra dell'impianto costituito dalla doppia corda di rame di sezione  $50 \text{ mm}^2$ , deve essere interrato all'interno del medesimo scavo del cavidotto, dove sono installati i cavi MT, BT e fibre ottiche. Tale doppio conduttore corda di rame nuda di sezione  $50 \text{ mm}^2$  dovranno essere interrati in uno strato di terreno vegetale di spessore adeguato, ubicato nel fondo dello scavo della trincea. L'esecutore dovrà avere particolare cura nella posa dei suddetti conduttori, per fare in modo che lo stesso sia ben interrato nel terreno vegetale e che lo rimanga anche dopo la finitura della posa.

### 9.5.MODALITÀ DI POSA CAVI IN FIBRA OTTICA

I cavi in fibra ottica dell'impianto saranno installati all'interno del medesimo scavo in cui sono installati i cavi MT- BT ed il conduttore di terra. Essi saranno installati all'interno di uno dei tubi componenti il tritubo. Le caratteristiche da rispettare per eseguire correttamente la posa sono:

- Sforzi di tiro: valore massimo operativo (a lungo termine) 750N
- Raggio di curvatura: durante la posa il raggio di curvatura non dovrà essere a 20 cm

Durante le operazioni di posa è indispensabile che il cavo non subisca deformazioni temporanee. Il rispetto dei limiti di piegatura e tiro è garanzia di inalterabilità delle caratteristiche meccaniche della fibra. Se inavvertitamente il cavo dovesse subire 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. Nel caso in cui il cavo dovesse subire sforzi di taglio pronunciati, con conseguente rottura della guaina esterna, deve essere segnalato il punto danneggiato e si potrà procedere alla posa del cavo dopo aver preventivamente isolato la parte di guaina lacerata con nastro gommato vulcanizzante tipo 3M. Le bobine con ancora avvolto il cavo ottico, vanno manipolate con cura evitando ripetuti spostamenti. Non sono ammesse giunzioni lungo il percorso dei cavi in fibra ottica.

## 10.COLLAUDI E PROVE DI ACCETTAZIONE

### 10.1. COLLAUDO CAVI MT

Al termine delle operazioni di stesura, giunzione cavi e realizzazione delle terminazioni e prima dell'attestazione dei cavi ai quadri elettrici saranno eseguite le seguenti prove:

- Verifica della continuità dei conduttori;
- Prova d'isolamento dei circuiti
- Verifica della corretta corrispondenza dei cablaggi e verifica sequenza fasi;
- Verifica della corretta identificazione dei conduttori.

### 10.2. COLLAUDO CAVI IN FIBRA OTTICA

Dopo che i cavi in fibra ottica sono stati connettorizzati e collegati ai rispettivi frontalini, deve essere eseguito il collaudo funzionale di ciascun cavo, da parte di operatori qualificati, mediante apparecchiatura OTDR, a cura ed onere dell'appaltatore. L'esecutore è tenuto ad informare, con congruo anticipo, la Direzione Lavori, sulle date dei suddetti collaudi in modo che la D.L. possa eventualmente presenziare alle stesse.



Di tale collaudo deve essere redatta apposita certificazione secondo le normative IOS/IEC 11801 e norme successive; la suddetta certificazione deve contenere, tra l'altro:

- I report su carta e su supporto magnetico prodotti dalla suddetta apparecchiatura OTDR;
- Descrizione della strumentazione utilizzata per l'attestazione, allineamento e lappatura delle fibre ottiche;
- Il valore dell'attenuazione misurata per ciascun connettore e per ciascuna fibra ottica

Il valore dell'attenuazione massima ammessa per i connettori è 0,5 dB; nel caso in cui il valore misurato, per ciascun connettore non risulti congruente con il valore suddetto, l'appaltatore è tenuto, a sua cura ed onere, ad eseguire nuovamente la connettorizzazione.

### 10.3.     PROTEZIONI MECCANICHE: TUBI IN POLIETILENE

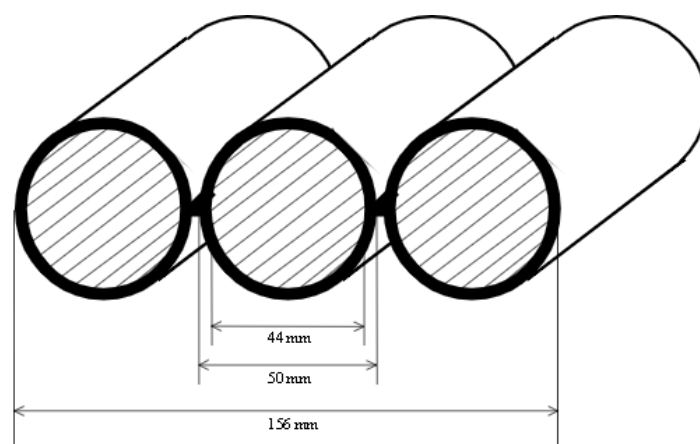
Tubi protettivi conformi alle norme CEI-EN 50086-1; CEI-EN 50086-2-4; CEI-EN 50086-2-4/A1

Prova d'urto "Normale"

Prova di schiacciamento min 450 N.

#### **Tritubo per cavi a fibre ottiche e cavo BT**

Il tritubo è un profilato in polietilene ad alta densità (PEHD) opportunamente stabilizzato con nerofumo per resistere all'invecchiamento. La sua massa termoplastica deve risultare inerte agli agenti atmosferici e resistere ai batteri, alle spore e ai funghi, deve essere esente da irregolarità o difetti, la sezione deve essere compatta e priva di cavità o bolle. È costituito da tre tubi a sezione circolare di uguale diametro esterno posta nel medesimo piano orizzontale e uniti tra loro senza soluzione di continuità, da un setto; viene fornito su matasse con le estremità dei singoli tubi chiuse con cappellotti termo restringenti o altro sistema analogo onde evitare l'ingresso di corpi estranei. Il tritubo ha ingombro totale di 156 mm, ogni tubo che lo costituisce ha diametro 50 mm e diametro interno 44 mm; sul tritubo è riportata, ad intervalli regolari e su tutta la lunghezza della pezzatura, una stampigliatura indicante la ditta costruttrice, l'anno di costruzione, la lunghezza metrica.



Tipo	Diametro interno [mm]	Spessore tubo [mm]	Larghezza complessiva [mm]	Peso minimo [g/m]
Monotubo 18	15 +0 -0,5	1,5 +0,5 -0	18 +0,3 -0	95
Monotubo 25	22 +0 -0,5	1,5 +0,5 -0	25 +0,3 -0	105
Monotubo 40	34 +0,5 -0	3 +/- 0,3	40 +1,1 -0,6	
Monotubo 50	44 +0,5 -0	3 +/- 0,3	50 +1,1 -0,6	390
Tritubo 18	15 +0 -0,5	1,5 +0,5 -0	36 +1,9 -0	
Tritubo 50	44 +0,5 -0	3 +/- 0,3	156 +4,3 -2,8	1160

**Tabella 1: Dimensioni e pesi**

## 11.CAMPI ELETTROMAGNETICI E D.P.A.

Il presente capitolo ha lo scopo stimare le Distanze di Prima Approssimazione (DPA) previste dal DM 29/05/08 nell'intorno della cabina utente di trasformazione MT/bt e relativo cavidotto MT tra questa e la cabina di consegna..

### 11.1. CONSIDERAZIONI PRELIMINARI

La popolazione ed i lavoratori sono esposti a campi elettromagnetici prodotti da una grande varietà di sorgenti che utilizzano l'energia elettrica a varie frequenze.

Tali campi, variabili nel tempo, occupano la parte dello spettro elettromagnetico che si estende dai campi statici alle radiazioni infrarosse. In questa gamma di frequenze (0 Hz – 300 GHz) i fenomeni di ionizzazione nel mezzo interessato dai campi sono trascurabili: pertanto le radiazioni associate a queste frequenze rientrano in quelle cosiddette radiazioni non-ionizzanti. Alle più basse frequenze, quando i campi sono caratterizzati da variazioni lente nel tempo, per esempio alle frequenze industriali di 50/60 Hz, o, più in generale, quando l'esposizione ai campi elettromagnetici avviene a distanze dalla sorgente piccole rispetto alla lunghezza d'onda, i campi elettrici e i campi magnetici possono essere considerati indipendentemente.

Alle frequenze più alte o, più in generale, a distanze elevate rispetto alla lunghezza d'onda, i campi elettrici e i campi magnetici sono strettamente correlati tra di loro: dalla misura di uno di essi si può in genere risalire all'altro.

Negli ultimi decenni l'uso dell'elettricità è aumentato considerevolmente, sia per la distribuzione dell'energia elettrica sia per lo sviluppo dei sistemi di telecomunicazione, con conseguente aumento dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici.

I campi variabili nel tempo più comuni a cui le persone sono permanentemente esposti sono quelli derivanti dai sistemi di generazione, trasmissione, distribuzione ed utilizzazione dell'energia elettrica a 50/60 Hz, dai sistemi di trazione ferroviaria (0 Hz, 16 2/3 Hz e 25 Hz), dai sistemi di trasporto pubblico (da 0 Hz a 3 kHz) e dai sistemi di telecomunicazione (trasmettitori radiofonici e televisivi, ponti radio a microonde, stazioni radiobase per telefonia mobile, radar, ecc.).

La popolazione è anche esposta a campi di bassa intensità prodotti da apparecchiature domestiche (forni a microonde, televisori, videoterminali, ecc.) o industriali (azionamenti elettrici, apparecchi ad induzione, automobili elettriche, ecc.).

Per proteggere la popolazione dagli eventuali effetti nocivi dell'esposizione ai campi elettromagnetici prodotti da tali sorgenti, sono stati sviluppati in ambiti nazionali e internazionali

diversi tipi di linee-guida: esse sono generalmente basate sull'individuazione di valori da non superare per alcune grandezze di base, derivanti da valutazioni biologiche (grandezze interne al corpo, quali la densità di corrente e la sovratemperatura corporea), cui corrispondono altre grandezze derivate esterne, facilmente misurabili e calcolabili, quali il campo elettrico e il campo magnetico.

L'esposizione umana dipende non solo dall'intensità dei campi elettromagnetici generati, ma anche dalla distanza dalla sorgente. Nel caso specifico, non esistendo sorgenti di emissione ad alta frequenza, si analizza l'entità del campo elettromagnetico generato dalle installazioni elettriche al fine di verificare che i valori di campo siano minori di quelli ammessi dalla legge per salvaguardare la salute pubblica. In particolare, poiché gli elettrodotti e sottostazione di trasformazione e distribuzione produrranno campi elettromagnetici a bassa frequenza verranno valutati gli effetti delle radiazioni alle frequenze industriali di 50 Hz.

## 11.2. RIFERIMENTI NORMATIVI

- Legge 22 Febbraio 2001, n. 36 – “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”;
- D.P.C.M. 8 Luglio 2003 - “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”.
- D.M. 29/05/2008 (G.U. del 05/07/2008) – “Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare – Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”;
- Allegato al D.M. 29/05/2008 (G.U. del 05/07/2008) – “Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici (APAT) - Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”.
- Legge Regionale 12 Giugno 2006, N.9 (Art.54) “Conferimento di funzioni e compiti agli enti locali”.
- Delibera regionale del 25 Marzo 2010, N 12/24 “avente per oggetto “Direttive regionali in materia di inquinamento elettromagnetico”.
- “CEI ENV 50166-1 1997-06 - Esposizione umana ai campi elettromagnetici Bassa frequenza (0-10 kHz)”.
- “CEI 11-60 2000-07 - Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV”.

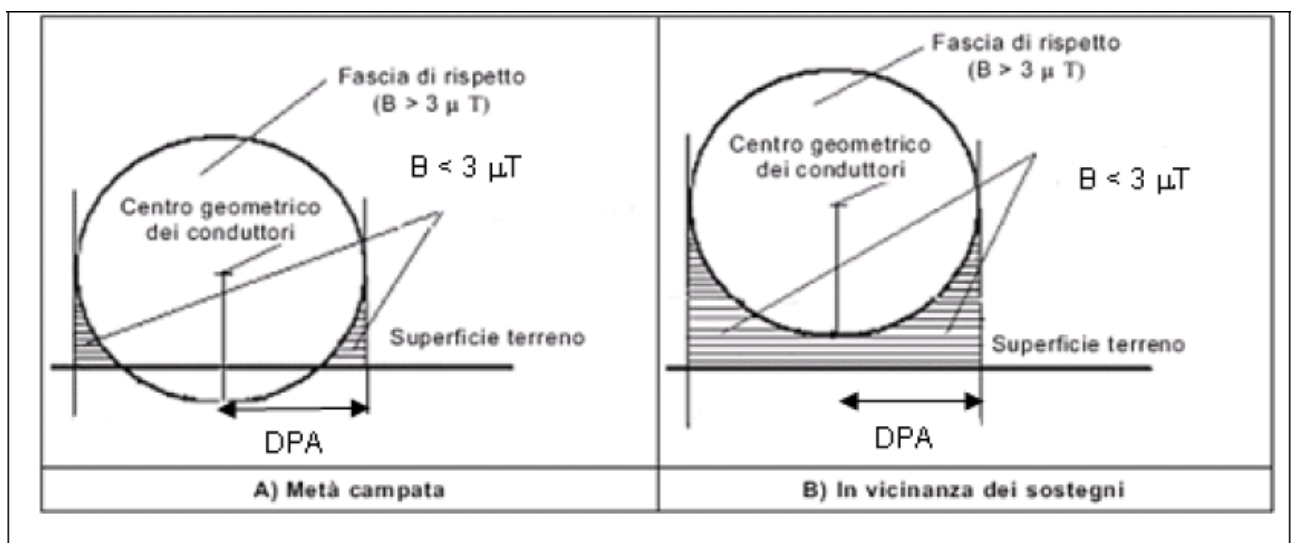
- “CEI 211-6 2001-01 - Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell’intervallo di frequenza 0 Hz – 10 kHz, con riferimento all’esposizione umana”.
- “CEI 106-11 2006-02 - Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 Luglio 2003 (Art. 6). Parte 1 Linee elettriche aeree o in cavo.
- “CEI 211-4 2008-09 - Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche”.

### 11.3. DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI

Valgono le definizioni di seguito riportate, per la maggior parte contenute nella Legge 36/2001, nel DPCM 8 luglio 2003 e nel Decreto 29 maggio 2008.

- Distanza di Prima Approssimazione (DPA): per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più della DPA si trovi all’esterno delle fasce di rispetto (Figura 2). Per le cabine secondarie è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra (Scheda B10).

- Fascia di rispetto: è lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un’induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all’obiettivo di qualità ( $3 \mu\text{T}$ ). Come prescritto dall’articolo 4, c. 1 lettera h) della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all’interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario e ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.



**Figura:** Schema Fasce di rispetto e DPA in corrispondenza di metà campata e in vicinanza dei sostegni.

Si ricorda che le Regioni (fermi i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità) nella definizione dei tracciati degli elettrodotti che ricadono nella loro competenza autorizzativa, devono tener conto anche delle fasce di rispetto determinate secondo la metodologia in allegato al Decreto 29 maggio 2008 (art. 8, c. 1, lett. b) della Legge 36/2001).

*N.B. La dimensione della DPA delle linee elettriche viene fornita approssimata per eccesso al metro superiore (interpretazione prevalente delle ARPA).*

- Limiti di esposizione (DPCM 8 luglio 2003 art. 3 c. 1): nel caso di esposizione, della popolazione, a campi elettrici e magnetici, alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100  $\mu$ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

- Luoghi tutelati (Legge 36/2001 art. 4 c.1, lettera h): aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere.

- Obiettivo di qualità (DPCM 8 luglio 2003 art. 4): nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze giornaliere non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

- Portata in corrente in servizio normale: è la corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento. Essa è definita nella norma CEI 11-60 § 2.6.

La corrente di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto è la “portata di corrente in servizio normale relativa al periodo stagionale in cui essa è più elevata”:

- per le linee con tensione >100 kV, è definita dalla norma CEI 11-60;
- per gli elettrodotti aerei con tensione <100 kV, i proprietari/gestori fissano la portata in corrente in regime permanente in relazione ai carichi attesi con riferimento alle condizioni progettuali assunte per il dimensionamento dei conduttori;
- per le linee in cavo è definita dalla norma CEI 11-17 § 3.5 e § 4.2.1 come portata in regime permanente (massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato).

- Valore di attenzione (DPCM 8 luglio 2003 art. 3 c. 2): a titolo di misura di cautela per la protezione della popolazione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10  $\mu$ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

#### 11.4. LIMITI DI ESPOSIZIONE E VALORI DI ATTENZIONE

Le disposizioni del DPCM del 8/07/2003 fissano i limiti di esposizione e valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti.

Nel medesimo ambito, il decreto stabilisce anche un obiettivo di qualità per il campo magnetico, ai fini della progressiva minimizzazione delle esposizioni.

L'Art 3 definisce i limiti di esposizione ed i valori di attenzione:

*“1) Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100  $\mu$ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.*

*2) A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10  $\mu$ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio”.*

L'Art 4 definisce gli obiettivi di qualità:

*“Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio”.*

## 11.5. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il parco eolico oggetto della presente relazione sarà costituito da 1 aerogeneratore della potenza unitaria di **975 kW**. Il circuito sarà costituito da cavi interrati il cui percorso sarà interno al lotto di pertinenza dello stesso proprietario di cui si ha disponibilità.

Il produttore, ai sensi del TICA e s.m.i ha optato per intraprendere l'iter procedurale per l'ottenimento delle autorizzazioni necessarie per la costruzione e l'esercizio delle opere di rete, che sono descritte nel preventivo di connessione di cui al codice di rintracciabilità **250249775** e che prevedono una intercettazione di un cavidotto MT interrato, da linea esistente passante sulla strada consortile denominata via Marmolada.

La costruzione delle opere di rete in oggetto, sono meglio descritte nella relazione specifica allegata al progetto (REL.R10).

## 11.6. MODELLO DI CALCOLO

### 11.6.1. PREMESSA

Si analizza l'entità del campo elettromagnetico generato dalle installazioni elettriche al fine di verificare che i valori di campo siano minori di quelli ammessi dalla legge per salvaguardare la salute pubblica. Alla frequenza di 50 Hz il campo elettrico (misurato in V/m) e quello magnetico (misurato in Tesla) possono essere considerati disaccoppiati, e analizzati, dal punto di vista fisico-matematico, separatamente.

Per sua natura (costante dielettrica notevolmente diversa da quella dell'aria) il corpo umano ha eccellenti capacità schermanti nei confronti del campo elettrico. Il campo elettrico quindi ha, per i valori di campo generato da qualsiasi installazione elettrica convenzionale, effetti del tutto trascurabili (si consideri a tal proposito che solo in prossimità di linee AT a 400kV, tensione non raggiunta in Italia in nessuna linea di trasmissione AT, si raggiungono valori di 4kV/m prossimi al limite di legge per zone frequentate, valore che si abbatte in maniera esponenziale all'aumentare della distanza del conduttore). Il campo elettrico risulta essere proporzionale alla tensione dell'installazione elettrica.

Il corpo umano, avendo permeabilità magnetica relativa pari a quella dell'aria, non ha capacità schermanti contro il campo magnetico, il quale lo attraversa completamente rendendo i suoi effetti più pericolosi di quelli del campo elettrico. Il campo magnetico è proporzionale al valore di corrente che circola nei conduttori elettrici ed i valori di corrente che si possono avere nelle ordinarie



installazioni elettriche possono generare campi magnetici che possono superare i valori imposti dalle norme.

### 11.6.2.CAMPO ELETTRICOMAGNETICO GENERATO DALLA TURBINA

Gli aerogeneratori possono essere fonte di interferenza elettromagnetica a causa della riflessione e della diffusione delle onde radio che investono la struttura. L'origine di disturbi elettromagnetici dovuti alla presenza di aerogeneratori è da ricercare nella interferenza delle pale (specialmente se in materiali metallici o riflettenti o se dotate di strutture metalliche all'interno) e dei sostegni con campi elettromagnetici, supporto di telecomunicazioni (televisione, segnali di ponti radio, mezzi di aiuto alla radionavigazione, ecc.).

Gli effetti di questo fenomeno possono essere studiati e calcolati facendo ricorso a modelli matematici predittivi che permettono di individuare, in maniera conservativa, la zona oltre la quale il rapporto tra segnale e disturbo è tale da non incidere sulla qualità del radioservizio. La misurazione degli effetti è possibile attraverso prove sperimentali. Sulla base di quanto riportato a questo proposito in letteratura sulla caratterizzazione di macchine di media taglia, considerando che l'impianto è costituito da un solo aerogeneratore e che lo stesso non si frappone a ripetitori di segnali di telecomunicazione, si ritiene che il rischio di tali disturbi possa considerarsi irrilevante. Si consideri altresì che i moderni aerogeneratori utilizzano pale in materiale non metallico e antiriflettente, cosa che come detto riduce ulteriormente il disturbo.

### 11.6.3.CAMPO ELETTRICOMAGNETICO GENERATO DAL CAVIDOTTO MT

Per la realizzazione dei cavidotti di collegamento, sono stati considerati tutti gli accorgimenti che consentono la minimizzazione degli effetti elettromagnetici sull'ambiente e sulle persone.

Le DPA permettono, nella maggior parte delle situazioni, una valutazione esaustiva dell'esposizione ai campi magnetici. Con riferimento al presente progetto si precisa, inoltre, che secondo quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 sopra citato, la tutela in merito alle fasce di rispetto di cui all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 si applica alle linee elettriche aeree ed interrate, esistenti ed in progetto ad esclusione di:

- linee esercite a frequenza diversa da quella di rete (50Hz);
- linee di classe zero ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (come le linee di telecomunicazione);
- linee di prima classe ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (quali le linee di bassa tensione);

- linee di Media Tensione in cavo cordato ad elica (interrate o aeree - Figura 1); in quanto le relative fasce di rispetto hanno un'ampiezza ridotta, inferiore alle distanze previste dal DM 21 marzo 1988, n. 449 e dal MDLP 16 Gennaio 1991.

Per il presente progetto verranno utilizzati cavi MT cordati ad elica pertanto non si applica il su citato decreto.

Non si effettua quindi un'analisi puntuale del campo generato ritenendolo trascurabile,

Infatti per quanto riguarda il cavidotto MT si può affermare che esso non provoca emissioni pericolose essendo questo costituito da una linea MT in cavo cordato ad elica che ha una fascia di ampiezza inferiore alle distanze previste dal Decreto interministeriale n. 449/88 e dal decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 16 gennaio 1991. Pertanto non è richiesto il calcolo delle DPA.

Si evidenzia infine che le fasce di rispetto (comprese le correlate DPA) non sono applicabili ai luoghi tutelati esistenti in vicinanza di elettrodotti esistenti. In tali casi, l'unico vincolo legale è quello del non superamento del valore di attenzione del campo magnetico ( $10 \mu\text{T}$  da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio); solo ove tale valore risulti superato, si applicheranno le disposizioni dell'art. 9 della Legge 36/2001.

#### 11.6.4.CAMPO ELETTRICOMAGNETICO GENERATO DALLA CABINA UTENTE

Per quanto riguarda la cabina elettrica si premette che per la verifica dei limiti di esposizione, trattasi di locali isolati e che prevedono esclusivamente la presenza di personale lavoratore e per un limitato periodo cioè il tempo strettamente necessario alle operazioni di manutenzione.

Per verificare che non vi siano esposizioni, oltre i limiti di legge, al di fuori dell'area di pertinenza dell'impianto calcoliamo la DPA (Distanza di prima Approssimazione)

Per valutare la Distanza di prima approssimazione (DPA) consideriamo che il limite fissato dall'obiettivo di qualità di 3 microTesla di cui all'art. 4 del del D.P.C.M. 08/07/2003 risulta rispettato per le aree ad una distanza superiore. Per il calcolo della DPA consideriamo la valutazione dei campi generati dal trasformatore partendo da dati sperimentali su una taglia e tipo standard di trasformatore. Nella in oggetto è presente il trasformatore di produzione da 1000 kVA

Il metodo di calcolo approssimato del DM 29/05/08 è valido per cabine fino a 630kVA, quindi non può essere applicato al presente progetto.

Si considera che il valore dell'induzione magnetica decresce rapidamente al crescere della distanza dal trasformatore.

Per distanze comprese tra 1 m e 10 m da un trasformatore in resina si può calcolare il valore del campo magnetico con la seguente formula:

$$B = B_0 \frac{u_{cc}}{6} \sqrt{\frac{S_n}{630}} \left( \frac{3}{a} \right)^{2,8}$$

Dove:

$B_0 = 5 \mu\text{T}$

$U_{cc}$  = tensione di cortocircuito del trasformatore

$S_n$  = Potenza nominale in kilovoltampere

$a$  = distanza dal trasformatore in metri .

Da cui possiamo ricavare la seguente tabella dove notiamo che per un trasformatore da 1000 kVA Considerando il trasformatore da 1000 kVA con  $u_{cc}\% = 6 \%$  otteniamo che l'obiettivo a  $3 \mu\text{T}$  è ottenuta per una distanza pari a circa **3,9 m** oltre la quale l'induzione scende sotto i  $3 \mu\text{T}$ .

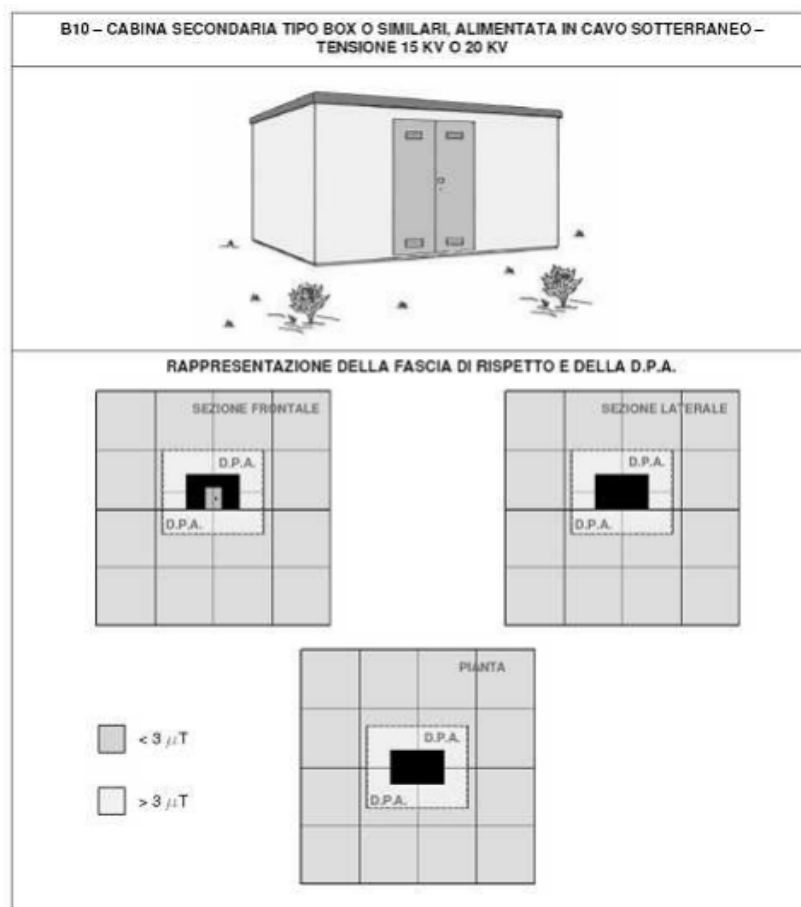


Figura 7: Rappresentazione delle DPA per cabina MT

### 11.6.5.CONCLUSIONI

In definitiva possiamo concludere che la fascia di rispetto da comunicare alle autorità ai sensi del DPCM 08/07/2003 è completamente all'interno dell'area di pertinenza dell'azienda, pertanto lo stesso DPCM non si applica, essendo espressamente finalizzato alla tutela della popolazione e non ai soggetti esposti al campo magnetico per ragioni professionali.

A conclusione di quanto esposto si può dedurre che i lavori saranno eseguiti nel pieno rispetto delle vigenti norme di sicurezza dei lavoratori, in relazione anche all'ambiente esterno ed alla tutela dell'incolumità pubblica.