

COMMITTENTE



GRV WIND SARDEGNA 6 S.R.L.  
Via Durini, 9 Tel. +39.02.50043159  
20122 Milano PEC: grwindsardegna6@legalmail.it

*GRV WIND SARDEGNA 6 S.R.L.*

PROGETTISTI



Progettazione e coordinamento:  
Ing. Giuseppe Frongia  
I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l.  
Via Giua s.n.c. - Z.I. CACIP  
09122 Cagliari (I)

Tel./Fax: +39.070.658297  
Email: info@iatprogetti.it  
PEC: iat@pec.it



REGIONE SARDEGNA



PROVINCIA SUD SARDEGNA



BARUMINI



ESCOLCA



GERGEI



LAS PLASSAS



VILLANOVAFRANCA



GENONI



GESTURI



NURAGUS

PROGETTO

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DENOMINATO "LUMINU" COMPOSTO DA 17 AEROGENERATORI DA 6.6 MW, PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 112.2 MW SITO NEI COMUNI DI BARUMINI, ESCOLCA, GERGEI, LAS PLASSAS E VILLANOVAFRANCA (SU), CON OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI BARUMINI, ESCOLCA, GENONI, GERGEI, GESTURI, LAS PLASSAS, NURAGUS E VILLANOVAFRANCA (SU)**

ELABORATO

Titolo:

Studio previsionale per la valutazione dei campi elettromagnetici

Tav: / Doc:

WGG\_RA8

Codice elaborato:

WGG\_RA8 Studio previsionale per la valutazione dei campi elettromagnetici

Scala / Formato:

A4

0	Gennaio 2023	Prima emissione	IAT PROGETTI	IAT PROGETTI	GRVALUE
REV.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE



31/12/2022

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DENOMINATO "LUMINU" COMPOSTO DA 17 AEROGENERATORI DA 6.6 MW, PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 112.2 MW SITO NEI COMUNI DI BARUMINI, ESCOLCA, GERGEI, LAS PLASSAS E VILLANOVAFRANCA (SU), CON OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI BARUMINI, ESCOLCA, GENONI, GERGEI, GESTURI, LAS PLASSAS, NURAGUS E VILLANOVAFRANCA (SU)**

**PROPONENTE:**

**GRV WIND SARDEGNA 6 S.R.L. - Via Durini,9 20122 Milano (MI)  
pec grvwindsardegna6@legalmail.it**

**ELABORATO N°RA8**

**STUDIO PREVISIONALE PER LA  
VALUTAZIONE DEI CAMPI  
ELETTROMAGNETICI**

**Progettazione**

I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l.  
www.iatprogetti.it  
Ing. Giuseppe Frongia / n. ordine 3453 CA

**Codice elaborato**

*WGG\_RA8\_Studio previsionale per la valutazione  
dei campi elettromagnetici*

**PROGETTAZIONE:**

**I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l.**

**Ing. Giuseppe Frongia (Direttore tecnico)**

**Gruppo di progettazione:**

Ing. Giuseppe Frongia (Coordinatore e responsabile)

Ing. Marianna Barbarino

Ing. Enrica Batzella

Pian. Terr. Andrea Cappai

Ing. Paolo Desogus

Pian. Terr. Veronica Fais

Ing. Gianluca Melis

Ing. Andrea Onnis

Pian. Terr. Eleonora Re

Ing. Elisa Roych

**Collaborazioni specialistiche:**

Verifiche strutturali: Ing. Gianfranco Corda

Aspetti geologici e geotecnici: Dott. Geol. Maria Francesca Lobina e Dott. Geol. Mauro Pompei

Aspetti faunistici: Dott. Nat. Maurizio Medda

Caratterizzazione pedologica: Agr. Dott. Nat. Nicola Manis

Acustica: Ing. Antonio Dedoni

Aspetti floristico-vegetazionali: Dott. Nat. Francesco Mascia

Aspetti archeologici: NOSTOI S.r.l. Dott.ssa Maria Grazia Liseno

## INDICE

<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>4</b>
<b>2. PROTEZIONE DAI CAMPI ELETTROMAGNETICI.....</b>	<b>5</b>
<b>3. OPERE DA REALIZZARE E ASSOGGETTAMENTO AL DM 29.05.08 .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1 DESCRIZIONE GENERALE AEROGENERATORI.....</b>	<b>7</b>
<b>3.2 DESCRIZIONE LINEE DI DISTRIBUZIONE MT .....</b>	<b>9</b>
<b>3.3 DESCRIZIONE GENERALE DELL'ELETTRODOTTO AT .....</b>	<b>10</b>
<b>3.4 DESCRIZIONE GENERALE SOTTOSTAZIONE ELETTRICA UTENTE .....</b>	<b>11</b>
<b>4. CALCOLO DPA AEROGENERATORI.....</b>	<b>12</b>
<b>5. CALCOLO DPA ELETTRODOTTI DI DISTRIBUZIONE MT .....</b>	<b>13</b>
<b>5.1 RISULTATO DEL CALCOLO .....</b>	<b>14</b>
5.1.1 Cavidotto composto da una terna 3x1x630 mm <sup>2</sup> .....	14
5.1.2 Cavidotto composto da due terne 3x1x630 mm <sup>2</sup> .....	15
5.1.3 Cavidotto composto da tre terne 3x1x630 mm <sup>2</sup> .....	16
5.1.4 Cavidotto composto da quattro terne 3x1x630 mm <sup>2</sup> .....	17
<b>6. CALCOLO DPA STALLO AT STAZIONE ELETTRICA PRODUTTORE.....</b>	<b>18</b>
<b>7. CALCOLO DPA CAVO AT CONNESSIONE SSE UTENTE - SE TERNA .....</b>	<b>20</b>
<b>8. PRESENZA DI PERSONE NELL'IMPIANTO .....</b>	<b>22</b>
<b>9. CONCLUSIONI .....</b>	<b>23</b>
<b>10. LEGGI, NORME E REGOLAMENTI .....</b>	<b>24</b>
10.1 NORME LEGISLATIVE.....	24
10.2 NORME TECNICHE.....	24
10.3 GUIDE ENEL .....	24
10.4 ALTRI RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....	24

## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica è parte integrante del progetto di un parco eolico che la società GRV Wind Sardegna 6 S.r.l. ha in programma di realizzare nei territori comunali di Barumini, Escolca, Gergei, Las Plassas e Villanovafranca (SU).

Il progetto prevede l'installazione di n. 17 aerogeneratori, con diametro del rotore pari a 170 m, posizionate su torri di sostegno in acciaio di altezza pari a 115 m, nonché la realizzazione di tutte le opere e infrastrutture indispensabili per garantire un ottimale funzionamento e gestione della centrale (viabilità e piazzole di servizio, distribuzione elettrica di impianto, opere per la successiva immissione dell'energia prodotta alla Rete di Trasmissione Nazionale - RTN).

Considerata la potenza nominale di ciascun aerogeneratore pari a 6,6 MW, l'intero parco eolico raggiungerà complessivamente una potenza di 112,2 MW, coincidente con il valore di potenza elettrica in immissione definita dal preventivo di connessione rilasciato dal Gestore della RTN (Terna), con codice pratica 202200248 del 07/10/2022.

Le opere funzionali alla connessione elettrica dell'impianto alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN), e segnatamente il cavidotto MT, interessano anche i comuni di Gesturi, Nuragus e Genoni, nel quale, precisamente presso la località *Aruni*, si prevede la realizzazione di una Sottostazione Elettrica (SSE) Utente 150/30 kV e di una Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150 kV da inserire tramite doppio collegamento entra-esce alle linee a 150 kV "Taloro - Villadoro" e "Taloro - Tuili".

In particolare, in accordo con la menzionata STMG, l'impianto eolico in questione sarà collegato in antenna sulla sezione a 150 kV della futura SE della RTN.

La relazione, in conformità al procedimento per il calcolo della fascia di rispetto di cui al § 5.1.3 del D.M. 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008), fornisce una valutazione previsionale dei campi elettromagnetici associati all'esercizio delle opere impiantistiche relative alla messa in esercizio delle infrastrutture elettriche necessarie, stimando quantitativamente i valori delle fasce di rispetto (distanza di prima approssimazione - DPA) dalle opere previste dal progetto.

La determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle opere elettromeccaniche che insistono sulla porzione di territorio interessata dal progetto è stata condotta in accordo con i seguenti criteri:

- sono stati considerati i dati caratteristici delle linee e si è assunta come portata in corrente circolante nelle linee, la relativa "corrente in servizio normale" così come definita all'interno della norma CEI 11-60 per le parti aeree e la CEI 11-17 per le linee in cavo;
- le linee sono schematizzate secondo quanto previsto dalla norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche";
- delimitazione delle regioni di spazio definite dal luogo delle superfici di isocampo di induzione magnetica pari a 3  $\mu$ T (art. 4 DPCM 8 luglio 2003, obiettivi di qualità);
- le proiezioni verticali a livello del suolo di dette superfici determinano le fasce di rispetto arrotondando all'intero più vicino le dimensioni espresse in metri;
- detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

## 2. PROTEZIONE DAI CAMPI ELETTROMAGNETICI

Ai fini della protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati da linee e cabine elettriche, il DPCM 8 luglio 2003 (artt. 3 e 4) fissa, in conformità alla Legge 36/2001 (art. 4, c. 2):

- i limiti di esposizione del campo elettrico (5 kV/m) e del campo magnetico (100  $\mu$ T) come valori efficaci, per la protezione da possibili effetti a breve termine;
- il valore di attenzione (10  $\mu$ T) e l'obiettivo di qualità (3  $\mu$ T) del campo magnetico da intendersi come mediana nelle 24 ore in normali condizioni di esercizio, per la protezione da possibili effetti a lungo termine connessi all'esposizione nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere (luoghi tutelati).

Il valore di attenzione si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti; l'obiettivo di qualità si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti.

Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al D.M. 29 maggio 2008 (Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti). Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti prevede una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA) nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T del campo magnetico (art. 4 del DPCM 8 luglio 2003), si applica nel caso di realizzazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati.

Al fine di facilitare la lettura della presente relazione si richiamano le seguenti definizioni:

- Fascia di rispetto: spazio circostante un elettrodotto (Figura 2.1) che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, con induzione magnetica  $\geq$  all'obiettivo di qualità (3  $\mu$ T), alla portata in corrente in servizio normale come definita dalla norma CEI 11-60 (DPCM 08-07-03, art. 6 c. 1).

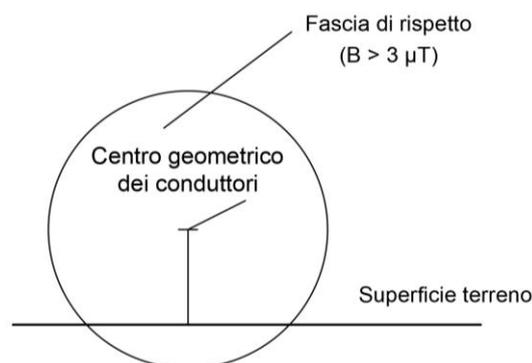


Figura 2.1 - Fascia di rispetto intorno all'elettrodotto

All'interno della fascia di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere (Legge 36/01, art. 4, c. 1, lettera h).

Per la determinazione delle fasce di rispetto si deve far riferimento a:

- obiettivo di qualità ( $B = 3 \mu\text{T}$ );
- portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto relativa al periodo stagionale in cui essa è più elevata (per le linee in cavo è definita dalla norma CEI 11-17).
- Distanza di prima approssimazione (DPA): garantisce che ogni punto distante dall'elettrodotto più di DPA si trovi all'esterno della fascia di rispetto (Figura 2.2). Per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea (rappresenta una semi-fascia). Per le sottostazioni/cabine elettriche è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti (tetto e pavimento compresi).

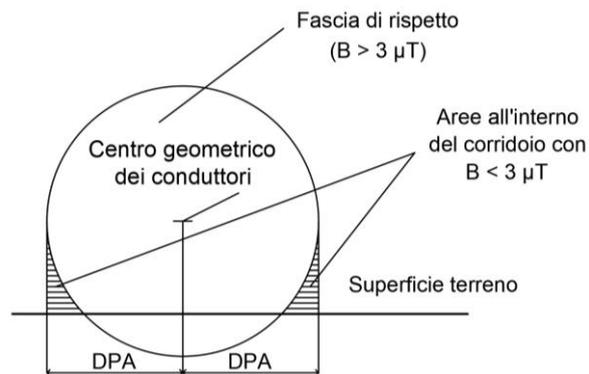


Figura 2.2- Calcolo della DPA per un elettrodotto

All'interno della DPA sono individuabili anche aree che, in condizioni di esercizio normali, presentano una induzione magnetica  $< 3 \mu\text{T}$ .

- Elettrodotto: insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione;
- Linea: collegamenti con conduttori elettrici, delimitati da organi di manovra, che permettono di unire due o più impianti allo stesso livello di tensione;
- Tronco: collegamento metallico che permette di unire due impianti (compresi gli allacciamenti);
- Tratta: porzione di tronco di linea avente caratteristiche omogenee di tipo elettrico, meccanico e relative alla proprietà e appartenenza alla RTN;
- Impianto: officina elettrica destinata, simultaneamente o separatamente, alla produzione, allo smistamento, alla trasformazione e/o conversione dell'energia elettrica transitante (Centrali di produzione, Stazioni elettriche, Cabine di trasformazione primarie e secondarie e Cabine utente).

Il DM 29.05.08 fornisce quindi le procedure per il calcolo delle fasce di rispetto delle linee elettriche, esistenti ed in progetto, in particolare, secondo quanto previsto al § 3.2, 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 di 50 Hz (ad esempio linee in corrente continua);
- 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);

in quanto le relative fasce di rispetto hanno un'ampiezza ridotta, inferiore alle distanze previste dal DM 21 marzo 1988, n. 449 e s.m.i..

### 3. OPERE DA REALIZZARE E ASSOGGETTAMENTO AL DM 29.05.08

Per quanto riguarda l'assoggettamento alla disciplina del D.M. 29.05.08, le opere da realizzare nell'impianto in questione, in merito all'area Produttore, si riferiscono a:

1. Aerogeneratori;
2. Linee di distribuzione MT a 30 kV per l'interconnessione degli aerogeneratori tra loro e con la sottostazione elettrica (SSE) utente;
3. SSE Utente di connessione alla RTN 150 kV;
4. Cavo AT a 150 kV per la connessione della SSE Utente alla Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150 kV da inserire tramite doppio entra - esce alle linee 150 kV "Taloro - Villasor" e "Taloro - Tuili".

#### 3.1 DESCRIZIONE GENERALE AEROGENERATORI

Il parco eolico in progetto da realizzarsi nei territori comunali di Barumini, Escolca, Gergei, Las Plassas e Villanovafranca (SU) prevede n. 17 aerogeneratori riferibili in via preliminare al modello Siemens-Gamesa 6.6-170, ognuno di potenza nominale pari a 6,6 MW e con altezza al mozzo e diametro del rotore rispettivamente pari a 115 e 170 m (Figura 3.1).

Complessivamente la potenza nominale del parco eolico sarà di 112,2 MW.

Le opere funzionali alla connessione elettrica dell'impianto alla Rete di Trasmissione Nazionale, e segnatamente il cavidotto MT interessano anche i comuni di Gesturi, Nuragus e Genoni, dove è prevista la realizzazione di una SSE Utente 150/30 kV e di una SE della RTN a 150 kV da inserire in doppio entra-esce alle linee a 150 kV "Taloro - Villasor" e "Taloro - Tuili".



Figura 3.1- Aerogeneratore Siemens-Gamesa tipo SG 6.6-170

Ferme restando le caratteristiche dimensionali dell'aerogeneratore, infatti, non può escludersi, che la scelta definitiva possa ricadere su un modello simile con migliori prestazioni di esercizio, qualora disponibile sul mercato prima dell'ottenimento della Autorizzazione Unica di cui all'art. 12 del D.Lgs. 387/2003.

I componenti principali dell'aerogeneratore sono i seguenti:

- il rotore;
- il generatore elettrico;
- il sistema di orientamento che consente la rotazione orizzontale del sistema motore;
- la gondola o navicella (carenatura che racchiude il sistema motore e gli ausiliari);
- la torre di sostegno;
- il trasformatore di macchina che modifica la tensione generata in quella di rete;

Le caratteristiche geometriche principali delle macchine sono illustrate in Figura 3.2 e nell'allegato elaborato *WGG-RC15\_Aerogeneratore tipo con segnalazioni per la navigazione aerea*.

Le turbine avranno altezza al mozzo di 115 m ed altezza complessiva 200 m dal suolo.

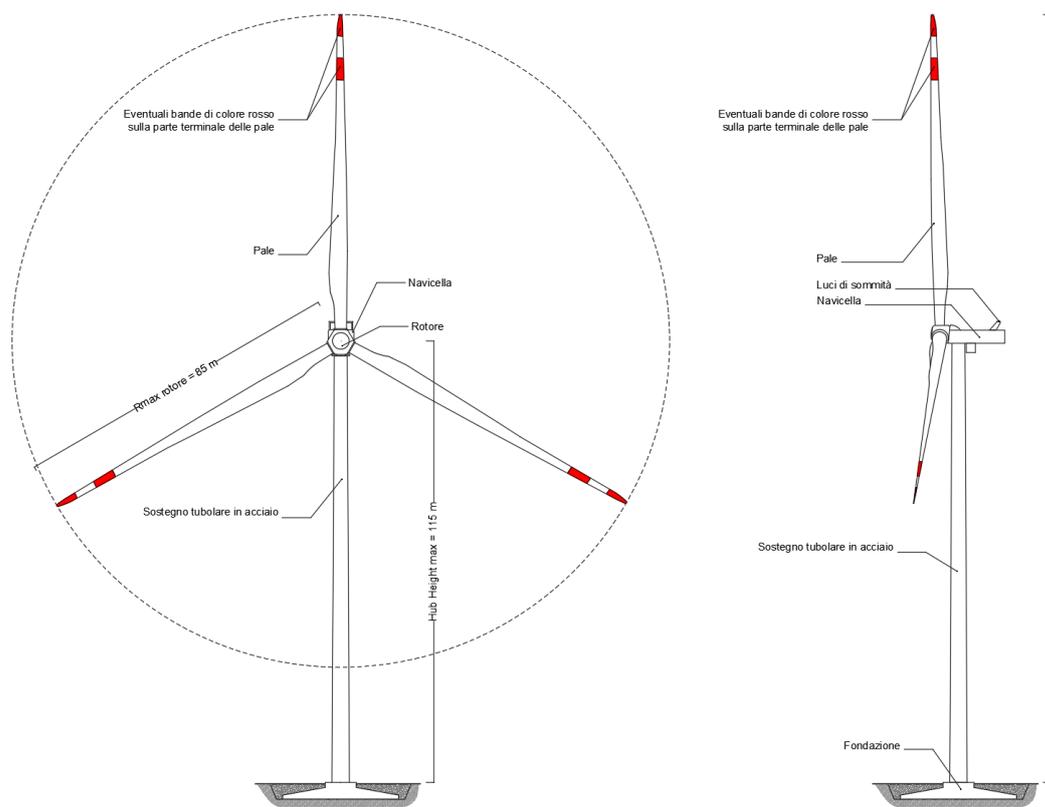


Figura 3.2 – Aerogeneratore tipo SG 6.6-170 altezza al mozzo 115 m e diametro rotore di 170 m

Le caratteristiche principali della macchina eolica che sarà installata sono di seguito riportate:

- rotore tri-pala a passo variabile, posto sopravvento al sostegno, in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro, con mozzo rigido in acciaio;
- controllo della potenza attraverso la regolazione automatica dell'angolo di calettamento delle pale (pitch control);
- velocità del vento di stacco (cut-in wind speed) di circa 3 m/s;
- velocità del vento di stallo (cut-out wind speed) 25 m/s;
- vita media prevista di 30 anni.

La curva di potenza della macchina tipo è illustrata in Figura 3.3.

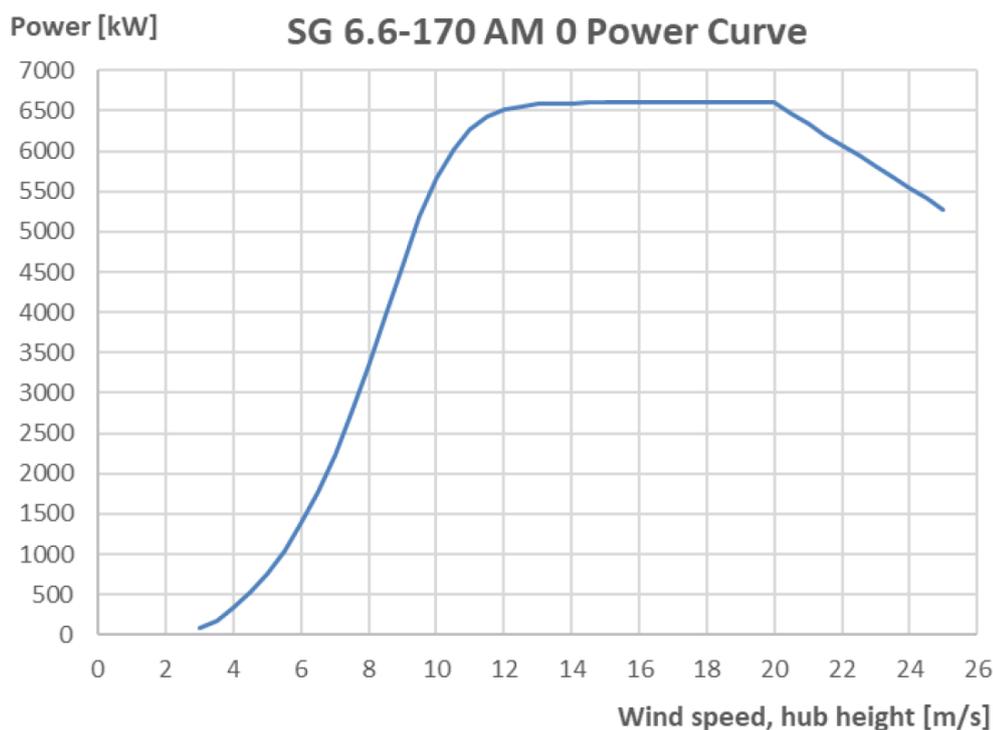


Figura 3.3 - Curva di potenza generatore tipo SG 6.6-170

### 3.2 DESCRIZIONE LINEE DI DISTRIBUZIONE MT

I cavi MT saranno di tipo tripolare elicordato con conduttore in alluminio della tipologia ARE4H1RX-18/30 kV e del tipo unipolari con conduttore in alluminio della tipologia ARE4H1R-18/30 kV il cui utilizzo è indicato per impianti eolici, adatti per posa con interrimento diretto, in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17.

Le principali caratteristiche tecniche del cavo a 18/30 kV sono:

- Conduttore: Corda rotonda compatta di alluminio;
- Semiconduttivo interno: Mescola estrusa;
- Isolamento: Mescola di polietilene reticolato;
- Semiconduttivo esterno: Mescola estrusa;
- Schermatura: Fili di rame rosso e contospirale ( $R_{max} 3 \Omega/km$ );
- Guaina esterna: PVC di qualità Rz/ST2;
- Colore: Rosso;
- Costruzione e requisiti: EC 60502-2;
- Prova di non propagazione della fiamma: secondo normative CEI 20-35;
- Tensione nominale  $U_0/U$ : 18/30 kV;
- Temperatura massima di esercizio del conduttore di fase: 90°C;
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C;
- Temperatura minima di posa: 0°C.

I cavi verranno posati direttamente interrati, riempiendo la trincea con il materiale di risulta dello scavo, senza usare ulteriori protezioni meccaniche, e riducendo notevolmente il materiale di risulta eccedente. Facoltativamente si potranno posare su un eventuale letto di sabbia al fine di garantire una maggior protezione agli urti e allo schiacciamento.

Le sezioni tipiche di posa dei cavidotti MT in progetto sono riportate nell'Elaborato WGG-TE5\_Sezioni tipo vie cavo.

### 3.3 DESCRIZIONE GENERALE DELL'ELETTRODOTTO AT

L'impianto sarà collegato in antenna alla futura SE della RTN 150 kV a mezzo di nuovo elettrodotto AT interrato. In particolare, per il collegamento tra la SSE del Produttore e la SE di TERNA si utilizzerà una terna di cavi unipolari isolati in XLPE (Cross-linked polyethylene) del tipo ARE4H1H5E per tensioni di esercizio 150 kV, in conformità al documento Cenelec HD 632 ovvero alla norma IEC 60840.

In Figura 3.4 si riporta a titolo illustrativo la sezione del cavo che verrà utilizzato:

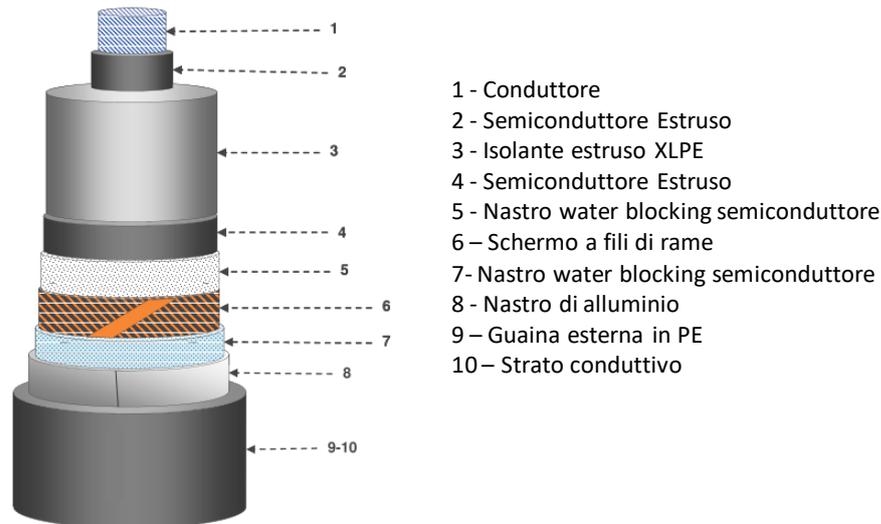


Figura 3.4 - Cavo AT 150 kV tipo ARE4H1H5E 87/150 kV

Le principali caratteristiche tecniche del cavo a 150 kV sono di seguito riportate:

- Frequenza nominale: 50 Hz
- Tensione nominale ( $U_0/U/U_m$ ): 87/150/170 kV
- Corrente nominale: 1000 A
- Sezione nominale del conduttore: 1600 mm<sup>2</sup>

La tipologia di posa prevalente prevista è quella a trifoglio con cavi direttamente interrati in trincea schematizzata in Figura 3.5.

La profondità media di scavo sarà di circa 1,5 ÷ 1,6 metri mentre la profondità media di interrimento (letto di posa) sarà di 1,3 metri sotto il piano di calpestio; tale profondità potrà variare in relazione al tipo di terreno attraversato. Saranno inoltre previsti opportuni nastri di segnalazione. Normalmente la larghezza dello scavo della trincea è limitata entro 1 metro salvo diverse necessità riscontrabili in caso di terreni sabbiosi o con bassa consistenza. Il letto di posa può essere costituito da un letto di sabbia vagliata o da un piano in cemento magro, saranno altresì utilizzate piastre di protezione del cavo in CAV.

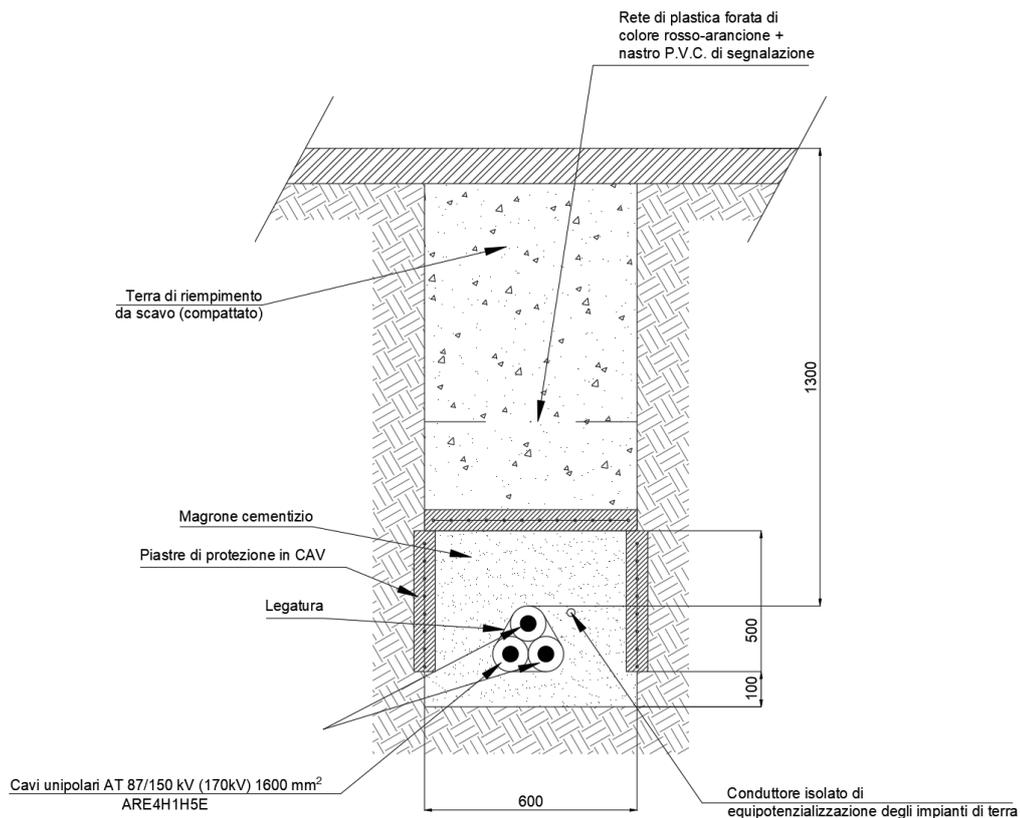


Figura 3.5 - Modalità di posa Cavo AT 150 kV

### 3.4 DESCRIZIONE GENERALE SOTTOSTAZIONE ELETTRICA UTENTE

L'impianto eolico verrà connesso alla RTN mediante la realizzazione di una nuova sottostazione elettrica 30/150 kV di utenza completa di locali tecnici funzionali all'impianto per l'alloggiamento delle apparecchiature del Sistema di Protezione Comando e Controllo e di alimentazione dei Servizi Ausiliari e Servizi Generali.

L'impianto utente per la connessione dell'impianto eolico si comporrà di:

- Stallo AT trasformatore composto da: trasformatore elevatore 30/150  $\pm$  12 x 1,25% kV da 120 MVA, scaricatori AT, TV AT ad uso combinato fiscale/misura/protezione fiscale, TA AT ad uso combinato fiscale/misura/protezione, interruttore tripolare 150 kV e sezionatore rotativo 150 kV con lame di terra;
- Quadro MT a 30 kV isolato in gas SF6 al quale si attestano i cavidotti provenienti dal parco eolico. Il quadro di media tensione si completa di scomparti arrivo trafo e scomparto trasformatore servizi ausiliari;
- Edificio servizi composto da: sala quadri BT, sala quadri MT, locale trasformatore servizi ausiliari, locale gruppo elettrogeno, locale SCADA e telecomunicazioni, WC;
- Cavo AT 150 kV di connessione SSE Utente - SE RTN.

#### 4. CALCOLO DPA AEROGENERATORI

I componenti principali dell'aerogeneratore in cui si ha emissione di campi elettromagnetici sono i seguenti:

- il generatore elettrico;
- le linee di connessione MT dalla navicella fino al quadro MT a base torre.

Nella valutazione del campo magnetico si considera il cavidotto di collegamento al generatore elettrico nell'ipotesi che questo sia attraversato dalla corrente in condizioni di massima produzione calcolabile come:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{6,6 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 30 \cdot 10^3 \cdot 0,95} = 134 \text{ A} \quad (3)$$

Considerando i conduttori sulla parete del sostegno dell'aerogeneratore, il campo generato si può calcolare con la relazione ottenuta dalla norma CEI 116-11 e valida per una terna di conduttori disposti in piano o in verticale (a bandiera) con distanza tra i conduttori adiacenti pari a S [m], percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A], l'induzione magnetica B[ $\mu$ T] in un generico punto distante R [m] dal conduttore centrale, con  $R \gg S$ , è data dalla seguente equazione:

$$B = 0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} \quad (4)$$

Dalla relazione (4) si può calcolare la distanza R corrispondente ad un valore di B pari a 3  $\mu$ T (soglia obiettivo di qualità D.P.C.M. 8 luglio 2003).

$$R = 0,34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad (5)$$

Assumendo S pari a 0,1m, risulta:

$$R = 0,34 \cdot \sqrt{0,1 \cdot 134} = 1,25 \text{ m} \quad (6)$$

Di conseguenza viene assunta una DPA di 1,5 m misurata a partire dalle pareti esterne della torre.

## 5. CALCOLO DPA ELETTRODOTTI DI DISTRIBUZIONE MT

Gli aerogeneratori verranno inseriti su un elettrodotto (dorsale) costituito da cavi interrati a 30 kV che si svilupperanno all'interno dell'area di centrale mediante collegamenti in entra-esce verso gli aerogeneratori stessi, per attestarsi quindi alla SSE Utente di trasformazione 30/150 kV.

I cavi MT impiegati per la distribuzione interna all'impianto saranno del tipo ARE4H1RX e ARE4H1R, entrambi con tensione nominale 18/30 kV, di varie sezioni o equivalente e posati con interrimento diretto o entro tubi corrugati a doppia parete interrati con resistenza allo schiacciamento di 750N ad una profondità di 1,1 m, con una quota maggiore di 1 m all'estradosso (Figura 5.1). Per tale ragione, le relative fasce di rispetto hanno un'ampiezza ridotta e inferiore alle distanze previste dal DM 21 marzo 1988, n. 449 e s.m.i..

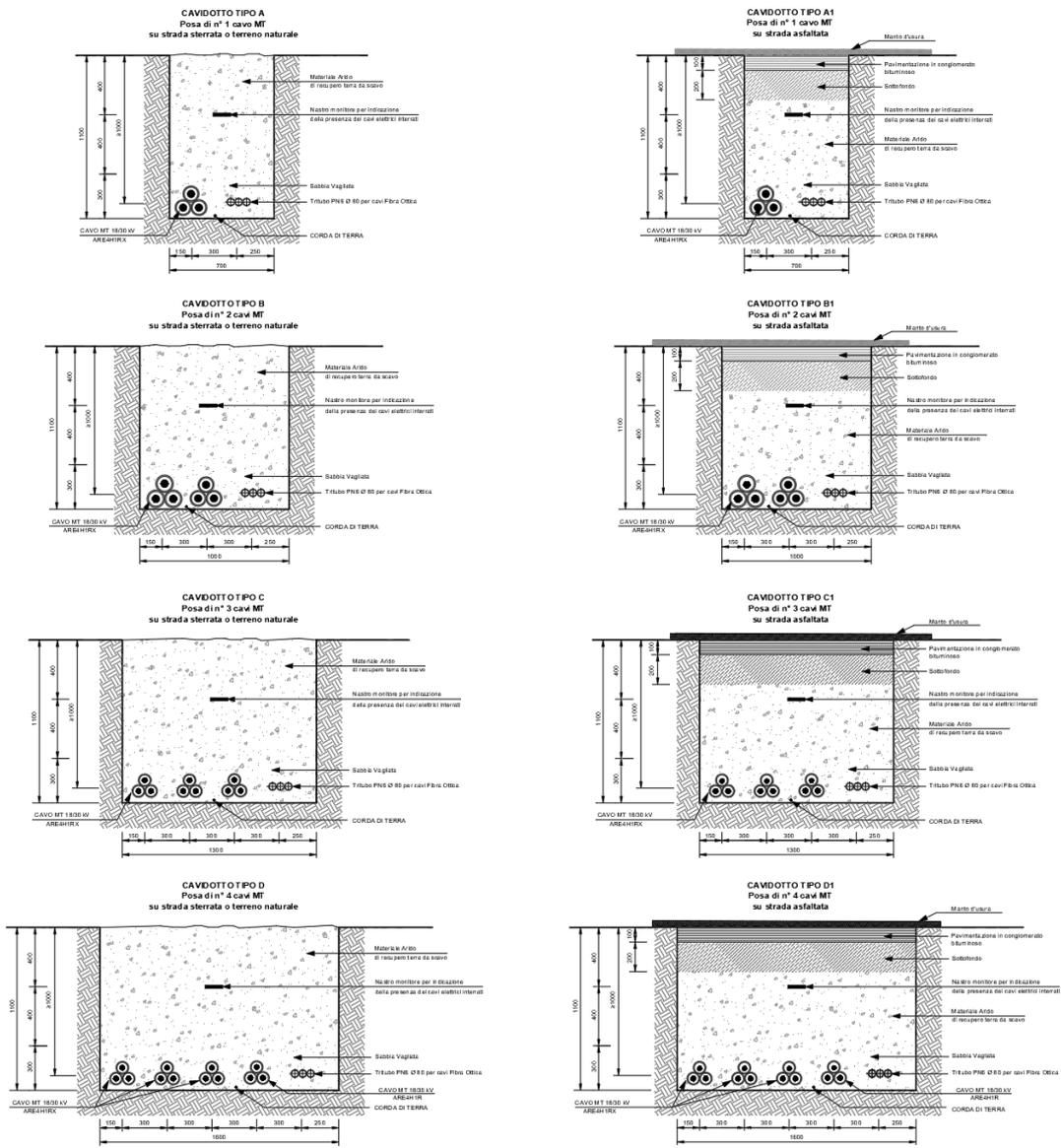


Figura 5.1 – Cavidotti in progetto tipo ARE4H1RX e ARE4H1R con sezioni variabili 50 a 630 mm<sup>2</sup>

Nella distribuzione interna all'impianto sono previste varie configurazioni con terne multiple di cavi. Nei casi in cui si verificano tali configurazioni, si indicano i valori di induzione magnetica calcolati a una quota di 1 m dal suolo tramite il software di simulazione di campi elettromagnetici Magnetic Induction Calculation (MAGIC) della società Be Shielding s.r.l..

## 5.1 RISULTATO DEL CALCOLO

### 5.1.1 Cavidotto composto da una terna 3x1x630 mm<sup>2</sup>

In Figura 5.2 viene illustrata graficamente la curva equilivello a 3 μT dell'induzione magnetica generata da un cavidotto interrato costituito da una terna di cavi 3x1x630 mm<sup>2</sup> disposti a trifoglio e attraversati dalla corrente nominale della sezione sopracitata pari a 710 A.

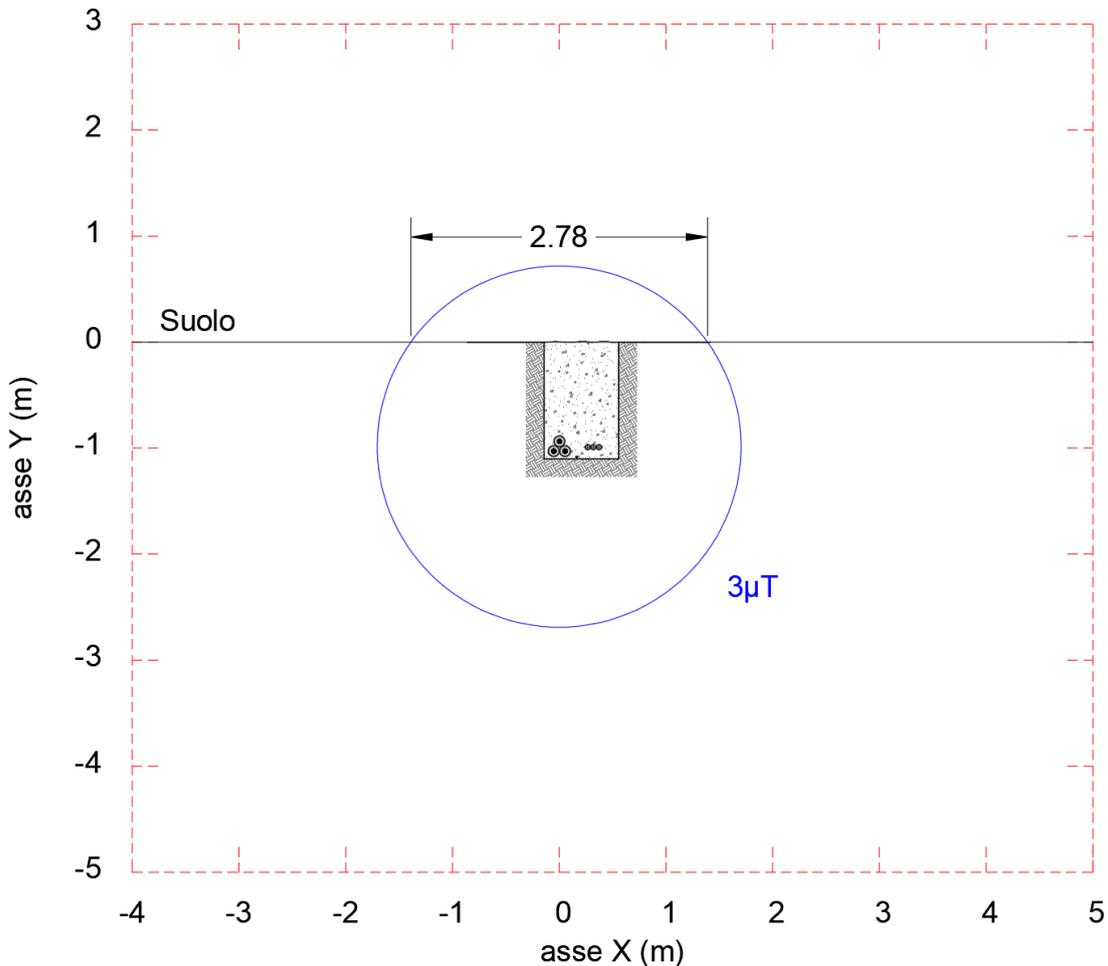


Figura 5.2 - Curva Equilivello 3μT - 1 terna di cavi MT

Le analisi effettuate evidenziano che nel caso di elettrodotto realizzato con una terna di cavi a 30 kV attraversati da una corrente di 710 A, pari alla portata della sezione più alta presente nell'impianto in questione, i valori di induzione magnetica calcolati ad una quota di 1 m dal suolo sono inferiori alla soglia di 3 μT per una distanza di circa 2,78 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto. Tale valore di distanza corrisponde alla fascia di rispetto. Pertanto, per le tratte in cui è presente una terna di conduttori, si assumerà una fascia di rispetto pari a 3 m.

In seguito, si riportano i parametri presi in considerazione per effettuare il calcolo attraverso il software:

Tabella 5.1 - Sezione Tipo "1C" - 1 circuito di cavi MT interrati

Formazione [mm <sup>2</sup> ]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro conduttore [m]
3×1×630	710	1,00	0,05

### 5.1.2 Cavidotto composto da due terne 3x1x630 mm<sup>2</sup>

In Figura 5.3 viene illustrata graficamente la curva equilivello a 3 μT dell'induzione magnetica generata da un cavidotto a 30 kV interrato costituito da due terne di cavi 3x1x630 mm<sup>2</sup> disposti a trifoglio e attraversati dalla corrente nominale della sezione sopracitata pari a 710 A.

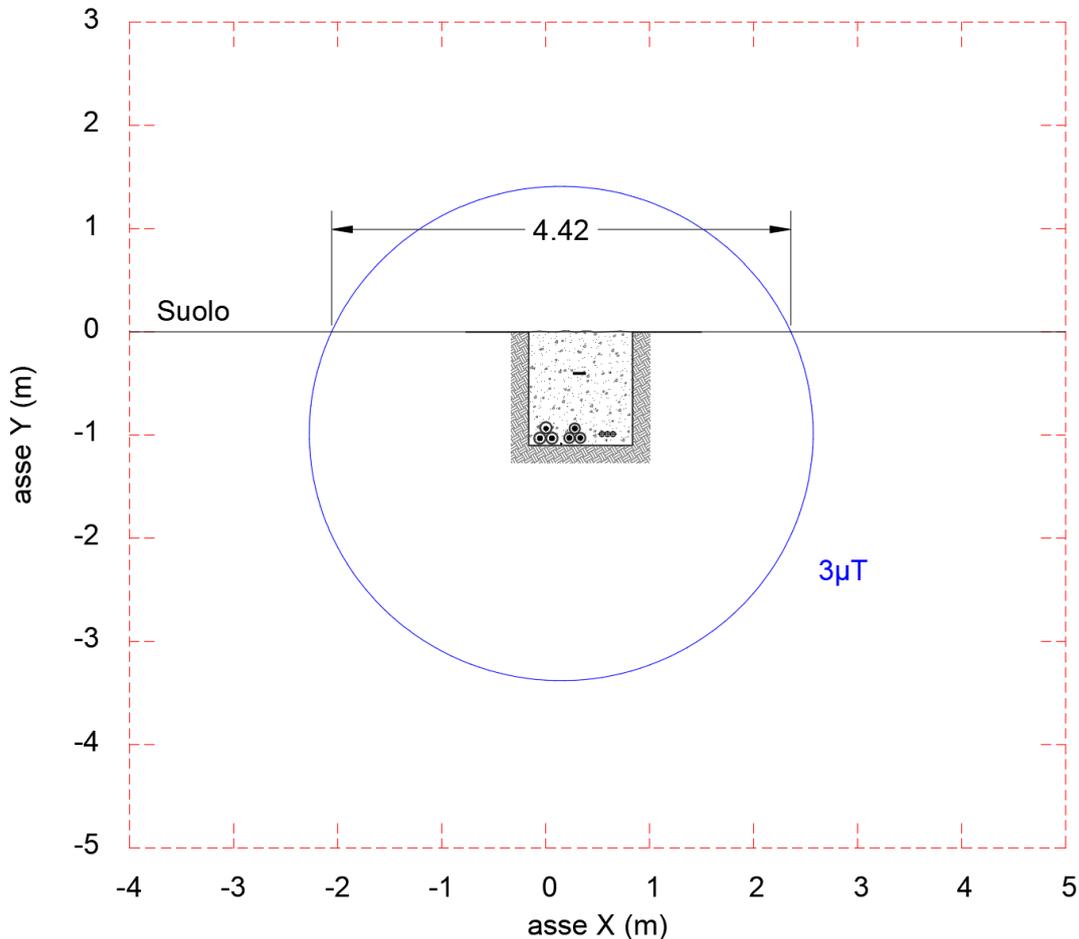


Figura 5.3 - Curva Equilivello 3μT - 2 terne di cavi MT

Le analisi effettuate evidenziano che nel caso di elettrodotto realizzato con due terne di cavi a 30 kV attraversati da una corrente di 710 A, pari alla portata della sezione più alta presente nell'impianto in questione, i valori di induzione magnetica calcolati ad una quota di 1 m dal suolo sono inferiori alla soglia di 3 μT per una distanza di circa 4,42 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto. Tale valore di distanza corrisponde alla fascia di rispetto. Pertanto, per le tratte in cui sono presenti due terne di conduttori, si assumerà una fascia di rispetto pari a 5 m.

In seguito, si riportano i parametri presi in considerazione per effettuare il calcolo attraverso il software:

Tabella 5.2 - Sezione Tipo "2C" - 2 circuiti di cavi MT interrati

Formazione [mm <sup>2</sup> ]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro conduttore [m]
3×1×630	710	1,00	0,05

### 5.1.3 Cavidotto composto da tre terne 3x1x630 mm<sup>2</sup>

In Figura 5.4 viene illustrata graficamente la curva equilivello a 3 μT dell'induzione magnetica generata da un cavidotto a 30 kV interrato costituito da tre terne di cavi 3x1x630 mm<sup>2</sup> disposti a trifoglio e attraversati dalla corrente nominale della sezione sopracitata pari a 710 A.

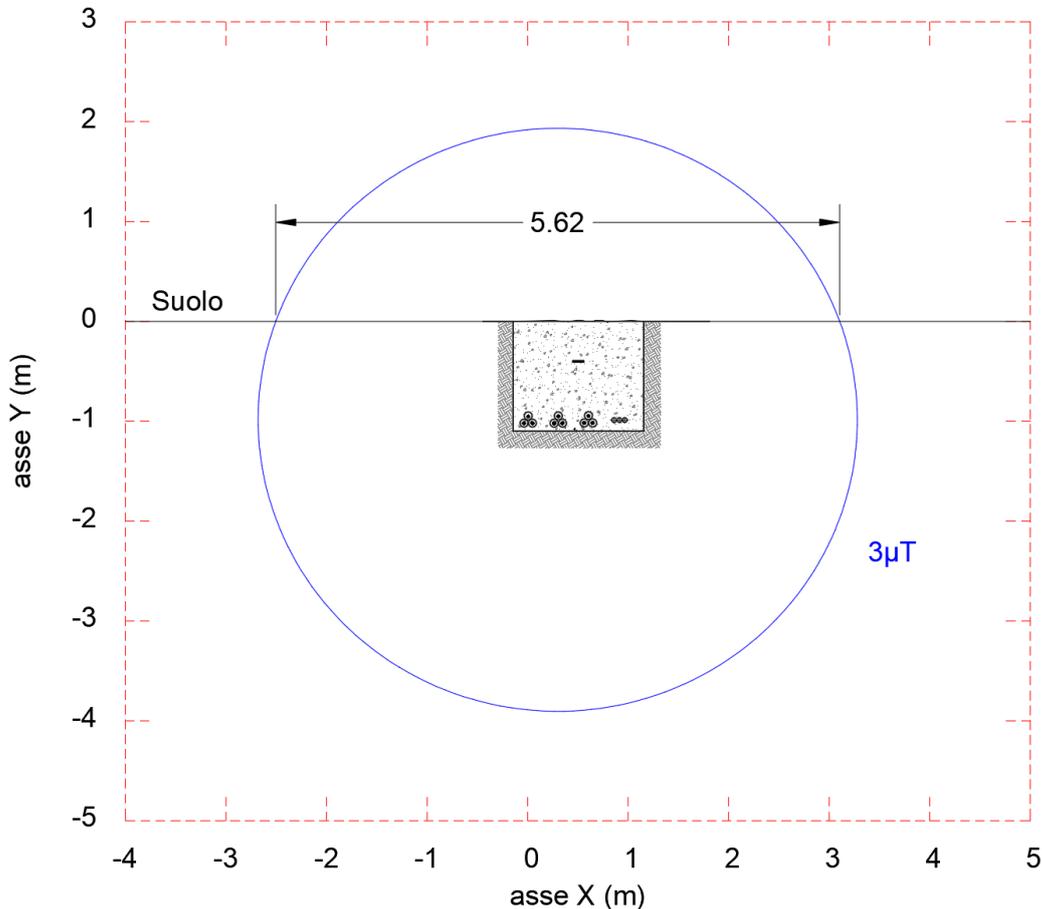


Figura 5.4 - Curva Equilivello 3μT – 3 terne di cavi MT

Le analisi effettuate evidenziano che nel caso di elettrodotto realizzato con tre terne di cavi a 30 kV attraversati da una corrente di 710 A, pari alla portata della sezione più alta presente nell'impianto in questione, i valori di induzione magnetica calcolati ad una quota di 1 m dal suolo sono inferiori alla soglia di 3 μT per una distanza di circa 5,62 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto. Tale valore di distanza corrisponde alla fascia di rispetto. Pertanto, per le tratte in cui sono presenti tre terne di conduttori, si assumerà una fascia di rispetto pari a 6 m.

In seguito, si riportano i parametri presi in considerazione per effettuare il calcolo attraverso il software:

Tabella 5.3 - Sezione Tipo "3C" - 3 circuiti di cavi MT interrati

Formazione [mm <sup>2</sup> ]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro conduttore [m]
3×1×630	710	1,00	0,05

### 5.1.4 Cavidotto composto da quattro terne 3x1x630 mm<sup>2</sup>

In Figura 5.5 viene illustrata graficamente la curva equilivello a 3 μT dell'induzione magnetica generata da un cavidotto a 30 kV interrato costituito da quattro terne di cavi 3x1x630 mm<sup>2</sup> a trifoglio e attraversati dalla corrente nominale della sezione sopracitata, pari a 710 A.

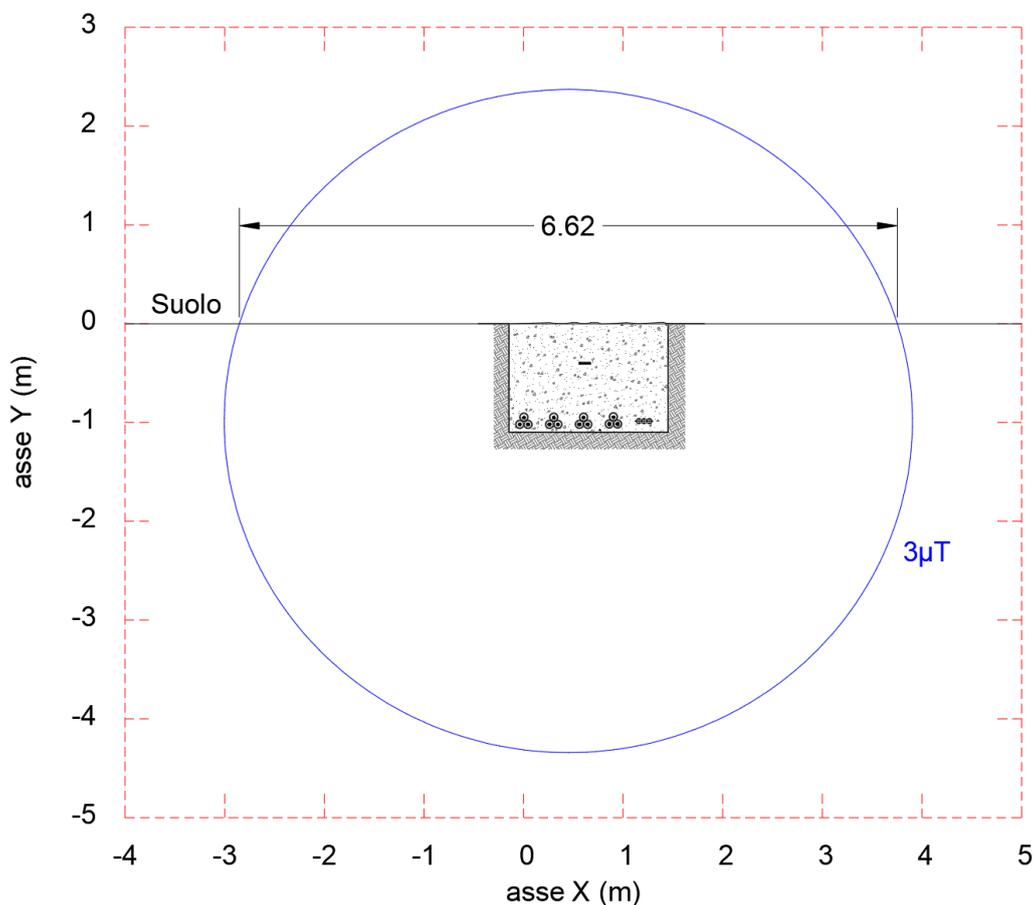


Figura 5.5 - Curva Equilivello 3μT - 4 terne di cavi MT

Le analisi effettuate evidenziano che nel caso di elettrodotto realizzato con quattro terne di cavi a 30 kV attraversati da una corrente di 710 A, pari alla portata della sezione più alta presente nell'impianto in questione, i valori di induzione magnetica calcolati ad una quota di 1 m dal suolo sono inferiori alla soglia di 3 μT per una distanza di circa 6,62 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto. Tale valore di distanza corrisponde alla fascia di rispetto. Pertanto, per le tratte in cui sono presenti quattro terne di conduttori, si assumerà una fascia di rispetto pari a 7 m.

In seguito, si riportano i parametri presi in considerazione per effettuare il calcolo attraverso il software:

Tabella 5.4 - Sezione Tipo "4C" - 4 circuiti di cavi MT interrati

Formazione [mm <sup>2</sup> ]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro conduttore [m]
3×1×630	710	1,00	0,05

## 6. CALCOLO DPA STALLO AT STAZIONE ELETTRICA PRODUTTORE

Analogamente alle linee elettriche, anche nel caso delle cabine primarie e delle stazioni lo spazio definito da tutti i punti caratterizzati da valori di induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità definisce attorno a tali impianti un volume. La superficie di tale volume delimita la fascia di rispetto.

Per le stazioni, la DPA, e di conseguenza la fascia di rispetto, rientrano generalmente nei confini dell'area di pertinenza dell'impianto stesso (DM del 29 maggio 2008).

In particolare, nel caso in oggetto, per una terna di conduttori disposti in piano con una corrente di esercizio (stallo linea) pari a 1250 A ed una distanza  $S$  tra le fasi AT pari a 2,2 m, la distanza  $d$  dal baricentro delle sbarre, a cui corrisponde un campo di 3  $\mu$ T, si può calcolare con la formula (2) che segue (norma CEI 106-11):

$$d = 0.34 * \sqrt{(S * I)} \quad (7)$$

Dalla quale si ricava una distanza pari a 18 m.

Nel funzionamento atteso della stazione con la potenza complessiva di connessione sullo stallo di 112,2 MW e correnti previste fino a:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{112,2 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 150 \cdot 10^3} = 432 \text{ A} \quad (8)$$

si ottiene una distanza  $d$  pari a 10,5 m.

Pertanto, si assume una DPA pari a 11 m che, come illustrato in Figura 6.1, ricade nei confini dell'area della SSE Utente.

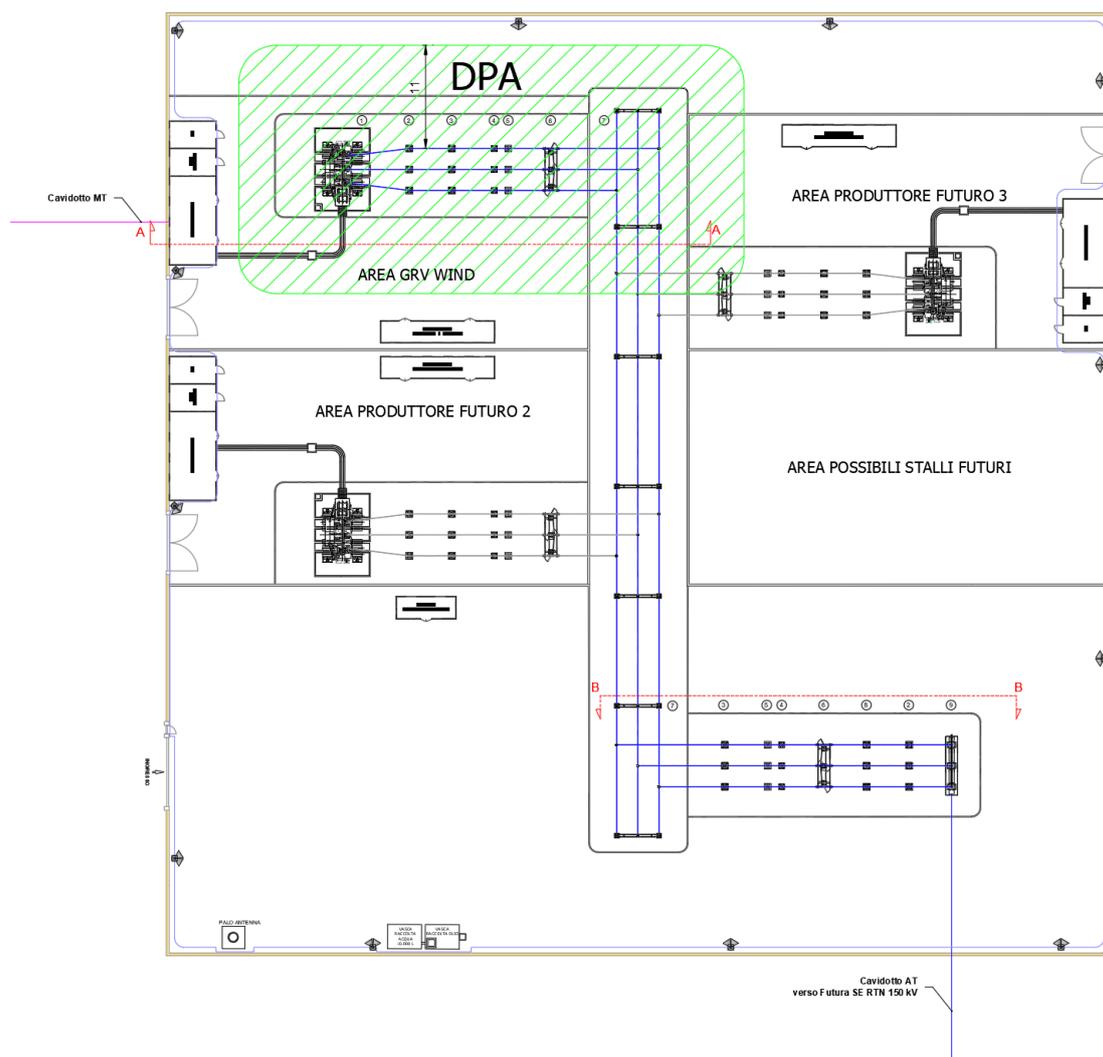


Figura 6.1 - DPA (in metri) per lo stallo trasformazione nella SSE Utente 150/30 kV

## 7. CALCOLO DPA CAVO AT CONNESSIONE SSE UTENTE – SE TERNA

Per l'applicazione del par. 5.1.3 dell'Allegato al DM 29/05/08 "Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche" si deve considerare la portata di corrente in servizio normale relativa al periodo stagionale in cui essa è più elevata e, nel caso in esame di cavi a 150 kV con sezione di 1600 mm<sup>2</sup>, si considera un valore di corrente pari a 1000 A.

La norma CEI 106-11 permette di determinare la distanza  $R_0$  dall'asse della linea al livello del suolo ( $h = 0$ ) oltre la quale l'induzione magnetica scende al di sotto di un valore prefissato (3  $\mu$ T).

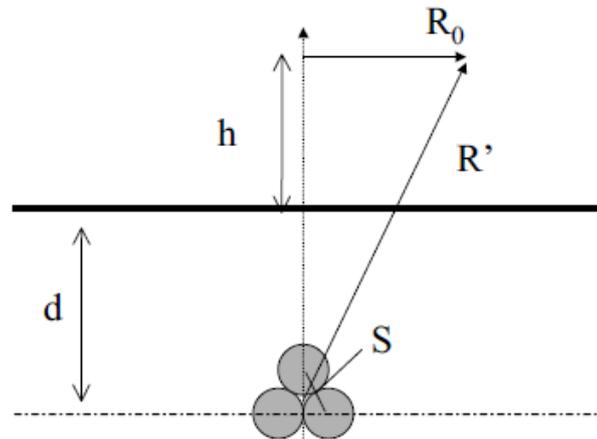


Figura 7.1 - Schema di principio per il calcolo delle distanze da terne di cavi interrati con posa a trifoglio oltre le quali l'induzione magnetica è inferiore all'obiettivo di qualità (3  $\mu$ T)

La formula semplificata per il calcolo diretto della distanza  $R_0$  dall'asse della linea al livello del suolo ( $h=0$ ) oltre la quale l'induzione magnetica scende al di sotto del valore di 3  $\mu$ T è la seguente:

$$R_0 = \sqrt{0,082 \cdot S \cdot I - d^2} \quad (9)$$

Applicando la formula indicata nella norma CEI 106-11 per il calcolo della distanza da terne di cavi unipolari interrati posati a trifoglio oltre la quale la distanza è inferiore all'obiettivo di qualità per il caso considerato,  $S = 0,25$  m e  $d = 1,15$  m (equivalente alla profondità di posa di 1,2 m), ne deriva  $R_0=2,63$ m; si assume pertanto una DPA = 1,5 m dall'asse della linea.

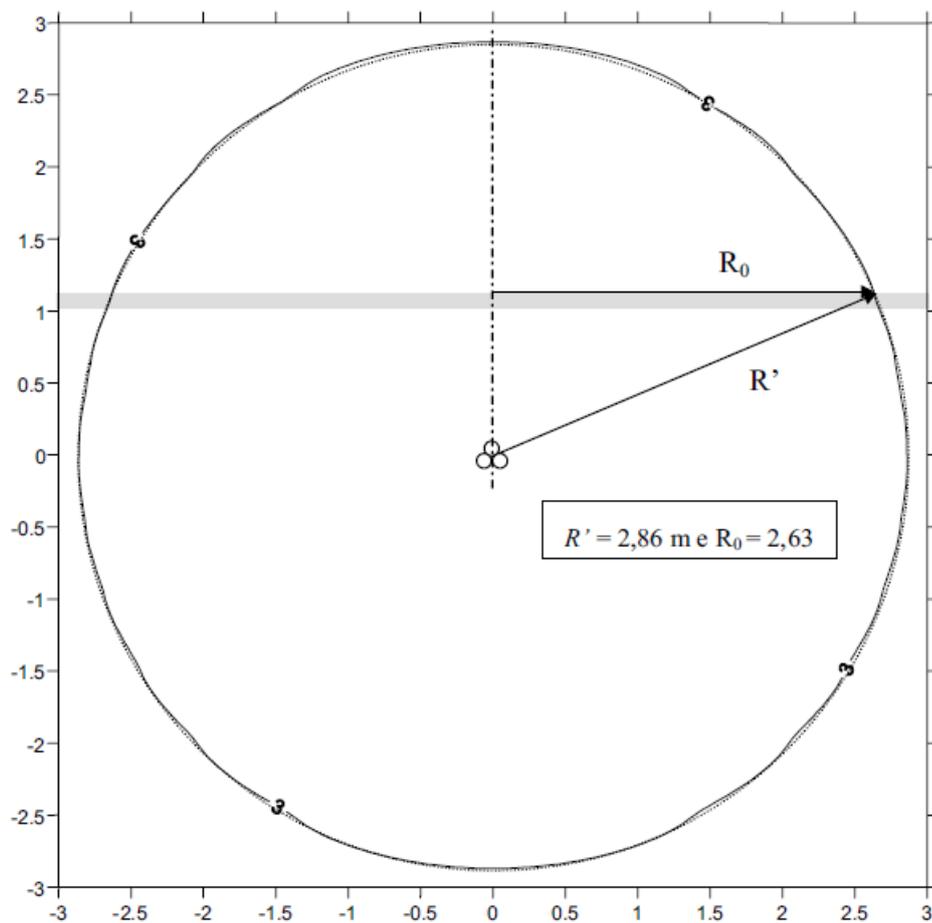


Figura 7.2 – Visualizzazione grafica calcolo  $R_0$  Cavi AT posati a trifoglio

## 8. PRESENZA DI PERSONE NELL'IMPIANTO

L'impianto in progetto verrà telecontrollato a distanza e non richiede presenza costante di personale negli edifici durante il normale funzionamento.

I locali tecnici dell'impianto saranno non presidiati e con presenza umana limitata ai brevi tempi necessari per l'effettuazione di controlli, verifiche, ispezioni e manovra impianti delle apparecchiature elettromeccaniche, le quali saranno conformi alle normative in vigore in termini di protezione ed emissione di campi elettromagnetici. Non saranno presenti apparecchiature che introducono problematiche particolari in termini di emissione di onde elettromagnetiche e/o radiazioni non ionizzanti.

Il personale sarà presente solo saltuariamente per controlli e quindi con permanenze limitate e prevalentemente inferiori alle quattro ore, oppure per manutenzione straordinaria o programmata con permanenze sicuramente superiori alle quattro ore.

La manutenzione che potrebbe esporre il personale a campi elettromagnetici riguarda la stazione di smistamento del gestore. Nella quasi totalità dei casi la manutenzione avviene fuori servizio e con gli impianti in sicurezza, quindi in assenza di tensione e corrente e quindi anche in assenza di campi elettromagnetici.

In definitiva, per quanto sopra esposto, la presenza di persone nell'impianto non le espone a rischi specifici.

## 9. CONCLUSIONI

La presente relazione ha valutato le fasce di rispetto per gli elementi dell'impianto eolico in progetto avente potenza massima in immissione di 112,2 MW.

Le parti di impianto assoggettabili al DM 29.05.08 sono costituite da:

- aerogeneratori;
- cavidotti MT a 30 kV per la interconnessione degli aerogeneratori con percorso interrato;
- sottostazione utente di trasformazione 150/30 kV;
- cavidotto AT a 150 kV.

Dal punto di vista del calcolo delle fasce di rispetto dalle opere assoggettabili al DM 29.05.08 si può concludere che:

- Per gli aerogeneratori viene assunta una DPA di 1,5 m misurata a partire dalle pareti esterne della torre di sostegno;
- Per le linee MT relative alle interconnessioni tra gli aerogeneratori e il collegamento dei sottocampi con la SSE Utente, considerando cautelativamente la sezione più alta presente in tale impianto (3x1x630 mm<sup>2</sup>), la DPA varia a seconda del numero di terne inserite nello stesso scavo:

*Tabella 9.1: DPA, Fascia di rispetto in funzione del numero di terne interrate*

<b>N. terne nello stesso scavo</b>	<b><math>B \leq 3\mu T</math></b>	<b>DPA</b>	<b>Fascia di Rispetto</b>
1 Terna	2,78 m	1,5 m	3,0 m
2 Terne	4,42 m	2,5 m	5,0 m
3 Terne	5,62 m	3,0 m	6,0 m
4 Terne	6,62 m	3,5 m	7,0 m

- Per la stazione 150/30 kV che include i trasformatori 150/30 kV e stallo trasformazione, l'obiettivo di qualità è raggiunto all'interno dell'area della stazione stessa e non è pertanto necessario considerare alcuna DPA esterna;
- Per il cavidotto AT a 150 kV la DPA si può assumere pari a 1,5 m dall'asse del cavidotto;
- All'interno delle succitate DPA, ricadenti all'interno di aree entro la quale non è consentito l'accesso al pubblico, non sono previste destinazioni d'uso che comportino una permanenza prolungata di persone oltre le quattro ore giornaliere.

## 10.LEGGI, NORME E REGOLAMENTI

### 10.1 NORME LEGISLATIVE

- Legge n. 36, del 22 febbraio 2001: "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici". G. U. n. 55 del 7 marzo 2001;
- DPCM 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" - G. U. n. 200 del 29 agosto 2003;
- Decreto Ministeriale 29 maggio 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. (Supplemento ordinario n.160 alla G.U. 5 luglio 2008 n. 156).

### 10.2 NORME TECNICHE

- CEI 211-6. 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 211-4. Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche;
- CEI 106-11. 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 e in cavo;
- CEI 11-17. Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo.

### 10.3 GUIDE ENEL

- Enel. Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08. Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche.

### 10.4 ALTRI RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- M. Bruni e altri. Modellistica previsionale applicata allo studio dei campi magnetici in prossimità di cabine di trasformazione elettrica (MT/BT). ARPA Emilia Romagna;
- G. Licitra, F. Francia, N. Colonna. Esposizione al campo magnetico generato da cabine elettriche MT/BT di U.O. Fisica Ambientale Dipartimento ARPAT di Livorno;
- Stefano Cheli, Federica Fratini, Mauro Salvadori. Enel. Aspetti tecnici e autorizzativi per l'installazione di cabine secondarie nel rispetto dei limiti normativi esposizione a campi elettromagnetici. Metodologia di valutazione semplificata della fascia di rispetto (DPA). Padova 19/06/09.