



Green Power

Engineering & Construction



CONSULENZA
E PROGETTI

GRE CODE

GRE.EEC.R.99.IT.W.15590.10.001.00

PAGE

1 di/of 30

TITLE:
IT

AVAILABLE LANGUAGE:

IMPIANTO EOLICO "TELTI"

Comuni di Telti e Calangianus (OT)

Relazione verifica impatto elettromagnetico



File: GRE.EEC.R.99.IT.W.15590.10.001.00 - Relazione verifica impatto elettromagnetico.docx

00	16/09/22	Issued	MD	GF	GF
REV.	DATE	DESCRIPTION	Name (Contractor)	Name (Contractor)	Name (Contractor)
			PREPARED	VERIFIED	APPROVED

GRE VALIDATION

Name (GRE)	Name (GRE)	A. Puosi (GRE)
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT 	GRE CODE																		
	GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT	SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISIO									
	GR	EEC	R	9	9	I	T	W	1	5	5	9	0	1	0	0	0	1	0

CLASSIFICATIO N	UTILIZATION SCOPE
--------------------	----------------------

This document is property of Enel Green Power S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green Power S.p.A.



Green Power

Engineering & Construction



CONSULENZA
E PROGETTI

GRE CODE

GRE.EEC.R.99.IT.W.15590.10.001.00

PAGE

2 di/of 30

INDEX

1. PREMESSA	3
2. ACRONIMI	4
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3.1. Norme legislative	5
3.2. Norme tecniche	5
3.3. Guide Enel	5
3.4. Altri riferimenti bibliografici	5
4. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
5. CONSIDERAZIONI SU POSSIBILE ESPOSIZIONE LAVORATORI (D.LGS 59/2016)	7
6. RICHIAMI SULLA PROTEZIONE DAI CAMPI ELETTROMAGNETICI	9
7. DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO	11
8. DESCRIZIONE COMPONENTI DELL'IMPIANTO ASSOGGETATI AL D.M. 29.05.08	13
8.1. Descrizione generale aerogeneratori	13
8.2. Descrizione linee di distribuzione a MT	14
8.3. Descrizione generale dell'elettrodotto AT	15
8.4. Sottostazione elettrica 33/150 kV produttore	16
9. INDIVIDUAZIONE RECETTORI SENSIBILI	17
10. METODOLOGIA DI CALCOLO E SOFTWARE UTILIZZATO	18
11. RISULTATI DI CALCOLO	19
11.1. AEROGENERATORI	19
11.2. CAVIDOTTI MT	19
11.3. Cavidotto AT	24
11.4. Sottostazione di trasformazione 33/150 kV	27
11.4.1. Trasformatore AT/MT	28
11.4.2. Cavidotto MT in sottostazione	28
12. CONCLUSIONI	30

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica è parte integrante del progetto di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica denominato "Telti" proposto dalla Enel Green Power Italia S.p.A., nei territori di Telti e Calangianus (OT).

Il presente progetto prevede la realizzazione delle seguenti opere principali:

- l'installazione di 11 aerogeneratori che saranno selezionati sulla base delle più innovative tecnologie disponibili sul mercato con potenza nominale delle turbine pari a massimo 6,0 MW;
- la realizzazione di piazzole e fondazioni per l'installazione degli aerogeneratori, di nuovi tratti di viabilità e l'adeguamento della viabilità esistente, al fine di garantire l'accesso per il trasporto degli aerogeneratori;
- la realizzazione della rete di distribuzione dell'energia tra gli aerogeneratori e fino alla sottostazione elettrica utente, comprensiva dell'impianto di terra e degli impianti di comunicazione, supervisione e automazione d'impianto;
- la realizzazione del cavidotto di alta tensione a 150 kV per la connessione alla Sottostazione Elettrica (SE) RTN "Tempio" per l'immissione dell'energia prodotta alla RTN attraverso la realizzazione di una Sottostazione elettrica di condivisione con altri produttori e interfaccia con la RTN.

Le caratteristiche tecniche dell'impianto in progetto sono sinteticamente riassunte nella Tabella 1.

Tabella 1 - Tabella riassuntiva Impianto Eolico "Telti"

Numero Aerogeneratori	11
Altezza Hub Aerogeneratore	135 m
Potenza Installata	11 x 6 MW
Storage	Non previsto
Potenza Nominale	66 MW
Potenza in Immissione	54 MW
Tensione sistema MT	33 kV
Tensione Sistema AT	150 kV
Connessione RTN	SE RTN GIS 150kV "Tempio"
Codice S.T.M.G trasmessa da Terna	202100928

Il tipo e la taglia esatta dell'aerogeneratore saranno individuati in seguito della fase di acquisto della macchina e verranno descritti in dettaglio in fase di progettazione esecutiva, in linea con gli standard più alti presenti sul mercato.

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 così come prevede la 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 μ 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. ACRONIMI

Per le finalità del presente documento si potranno trovare degli acronimi. Nel seguente elenco si riportano alcuni di essi:

BT	Bassa Tensione
MT	Media Tensione
AT	Alta Tensione
V	Volt
A	Ampere
W	Watt
I	Corrente
P	Potenza Attiva
Q	Potenza Reattiva
S	Potenza Apparente
RTN	Rete di Trasmissione Nazionale
DPA	Distanza di Prima Approssimazione
VLE	Valori Limite di Esposizione
VA	Valori d'Azione

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

3.1. 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.
- DM 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).
- DM del 21 marzo 1988 n. 449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne".
- D.Lgs 81/2008 del 9/4/2008 "Testo unico sulla sicurezza"
- D.Lgs 159/2016 del 1/08/2016 "Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE".

3.2. 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.
- Norma CEI 106-11: "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003".
- Guida CEI CLC/TR 50453 "Valutazione dei campi elettromagnetici attorno ai trasformatori di potenza".
- Norma CEI EN 61936-1, "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. Parte 1: Prescrizioni comuni".

3.3. 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.

3.4. 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.

4. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

I documenti associati al progetto che sono stati elaborati sono:

- GRE.EEC.H.99.IT.W.15590.10.008.00 – Schema elettrico Unifilare generale (impianto eolico e sottostazione 150/33 kV);
- GRE.EEC.D.99.IT.W.15590.10.010.00 – Sezioni tipiche cavidotti;
- GRE.EEC.R.99.IT.W.15590.10.001.00 – Relazione verifica impatto elettromagnetico;
- GRE.EEC.H.99.IT.W.15590.10.011.00 – Schema rete di terra impianto eolico;
- GRE.EEC.D.99.IT.W.15590.10.012.00 – Schema rete di terra WTG;
- GRE.EEC.D.99.IT.W.15590.16.008.00 – Planimetria elettromeccanica sottostazione MT-AT e SE 150kV condivisa;
- GRE.EEC.R.99.IT.W.15590.16.009.00 – Relazione tecnica opere di utenza – sottostazione e cavo AT;
- GRE.EEC.D.99.IT.W.15590.16.010.00 – Rete di terra sottostazione 150/33 kV;
- GRE.EEC.D.99.IT.W.15590.16.011.00 – Tipici sezioni elettrodotto interrato AT;
- GRE.EEC.D.99.IT.W.15590.10.007.00 – Planimetria interferenze cavidotti.

5. **CONSIDERAZIONI SU POSSIBILE ESPOSIZIONE LAVORATORI (D.LGS 59/2016)**

Il Lgs. 159/2016 riguarda l'attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettro-magnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE. In particolare, il decreto arreca modifiche ad alcuni articoli del D.Lgs 81/2008, che già prevedeva le disposizioni di salute e sicurezza dei lavoratori anche in relazione all'esposizione ai campi elettromagnetici. Come stabilito dall'art. 206 del D.Lgs. 81/2008, così come modificato dal D.Lgs. 159/2016, il campo di applicazione è riferito alla determinazione dei "requisiti minimi per la protezione dei lavoratori contro i rischi per la salute e la sicurezza derivanti dall'esposizione ai campi elettromagnetici (da 0Hz a 300GHz), come definiti dall'articolo 207, durante il lavoro. Le disposizioni riguardano la protezione dai rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori dovuti agli effetti biofisici diretti e agli effetti indiretti noti provocati dai campi elettromagnetici."

Il decreto definisce tra gli altri parametri:

- "Valori Limite di Esposizione (VLE)", valori stabiliti sulla base di considerazioni biofisiche e biologiche, in particolare sulla base degli effetti diretti acuti e a breve termine scientificamente accertati, ossia gli effetti termici e la stimolazione elettrica dei tessuti";
- "Valori di azione (VA)", livelli operativi stabiliti per semplificare il processo di dimostrazione della conformità ai pertinenti VLE e, ove appropriato, per prendere le opportune misure di protezione o prevenzione specificate" (n.d.a. sempre nel medesimo capo del D.Lgs.)
- Come riportato all' Art. 208 (Valori Limite di esposizione e valori di azione):
 1. Le grandezze fisiche relative all'esposizione ai campi elettromagnetici sono indicate nell'allegato XXXVI, parte I. I VLE relativi agli effetti sanitari, i VLE relativi agli effetti sensoriali e i VA sono riportati nell'allegato XXXVI, parti II e III.
 2. Il datore di lavoro assicura che l'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici non superi i VLE relativi agli effetti sanitari e i VLE relativi agli effetti sensoriali, di cui all'allegato XXXVI, parte II per gli effetti non termici e di cui all'allegato XXXVI, parte III per gli effetti termici. Il rispetto dei VLE relativi agli effetti sanitari e dei VLE relativi agli effetti sensoriali deve essere dimostrato ricorrendo alle procedure di valutazione dell'esposizione di cui all'articolo 209. Qualora l'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici superi uno qualsiasi dei VLE, il datore di lavoro adotta misure immediate in conformità dell'articolo 210, comma 7. [...]"

L'articolo prosegue indicando le condizioni in cui si considera che i VLE sono rispettati e le condizioni in cui è possibile superare i valori di esposizione (adottando specifiche misure/condizioni operative).

In ogni caso tutti i rischi per i lavoratori derivanti da campi elettromagnetici sul luogo di lavoro dovranno essere opportunamente valutati dal datore di lavoro nell'ambito della valutazione dei rischi di cui all'art.181 del D.Lgs. 81/2008, ed in caso si rendesse necessario il datore di lavoro dovrà provvedere alla misura o al calcolo dei livelli dei campi elettromagnetici a cui i lavoratori sono esposti, tenendo conto (come indicato nell'art. 209 del D.Lgs. 81/2008 e ss.mm.ii.) anche delle guide pratiche della Commissione europea, delle norme tecniche europee e di quelle del Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI), nonché delle buone prassi individuate o emanate dalla Commissione consultiva permanente di cui all'art. 6 del D.Lgs.81/2008, delle informazioni reperibili presso le banche dati INAIL o delle Regioni.

In generale, sia per la fase di cantiere relativa alla costruzione dell'impianto, sia per la fase di esercizio e dunque per le operazioni di gestione, controllo e manutenzione dell'impianto e delle opere connesse, dovranno essere rispettati i disposti del D.Lgs. 81/2008 e ss.mm.ii. (anche relativamente alle modifiche sull'esposizione ai campi elettromagnetici introdotte con il D.Lgs. 159/2016) ed i rischi di esposizione per i lavoratori, nonché le relative misure di prevenzione e protezione, dovranno essere attentamente valutate nell'ambito della valutazione dei rischi e riportati nel Documento di Valutazione dei Rischi (DVR) e nel Documento Unico di Valutazione dei Rischi Interferenziali (DUVRI).

Nello specifico si rileva che:

- il dipartimento dell'organizzazione della Proponente denominato unità "HSEQ wind" - tra le diverse attività svolte a tutela della salute e sicurezza dei lavoratori - effettua campagne di misure del campo elettromagnetico negli impianti più rappresentativi attualmente in esercizio;



Green Power

Engineering & Construction



CONSULENZA
E PROGETTI

GRE CODE

GRE.EEC.R.99.IT.W.15590.10.001.00

PAGE

8 di/of 30

- gli impianti (dalle turbine alla SSE) non sono presidiati e perciò viene esclusa a priori la permanenza di personale durante l'esercizio per una durata >4h;
- le operazioni di manutenzione, soprattutto in SSE e lungo il cavidotto, riguardano componenti elettrici per i quali - in caso di intervento - viene disalimentata la corrente e quindi dette operazioni avvengono in assenza di campi elettromagnetici.

Sulla base delle misurazioni dei campi elettromagnetici in impianti che per struttura e condizioni operative sono paragonabili a quelli previsti dal Progetto e in virtù delle procedure operative/di manutenzione usualmente adottate dalla Proponente, è quindi fondatamente ipotizzabile che i livelli di esposizione dei lavoratori (e della popolazione) a campi elettromagnetici non superino i limiti di esposizione. In ogni caso la specifica valutazione dei rischi di esposizione inerente al Progetto dovrà essere effettuata nelle fasi successive e comunque prima dell'inizio lavori.

6. RICHIAMI SULLA PROTEZIONE DAI CAMPI ELETTROMAGNETICI

Ai fini della protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) 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 μ T) come valori efficaci, per la protezione da possibili effetti a breve termine;
- il valore di attenzione (10 μ T) e l'obiettivo di qualità (3 μ 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 μ 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 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 μ T), alla portata in corrente in servizio normale come definita dalla norma CEI 11-60 (DPCM 08-07-03, art. 6 c. 1).

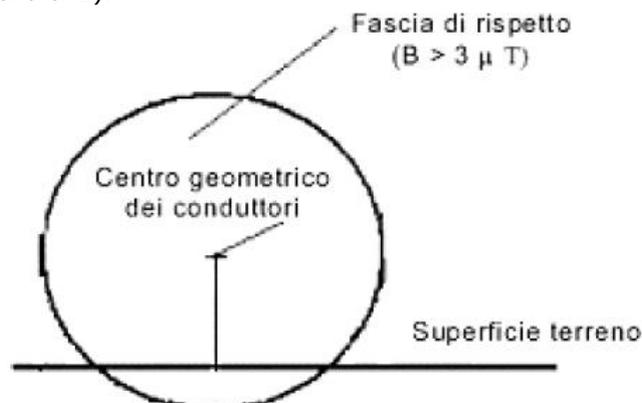


Figura 1 - Fascia di rispetto intorno all'elettrodotto

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 (Legge 36/01, art. 4, c. 1, lettera h) giornaliere.

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

- obiettivo di qualità ($B = 3 \mu$ 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 della DPA si trovi all'esterno della fascia di rispetto (Figura 2).

Per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea (rappresenta una semi-fascia).

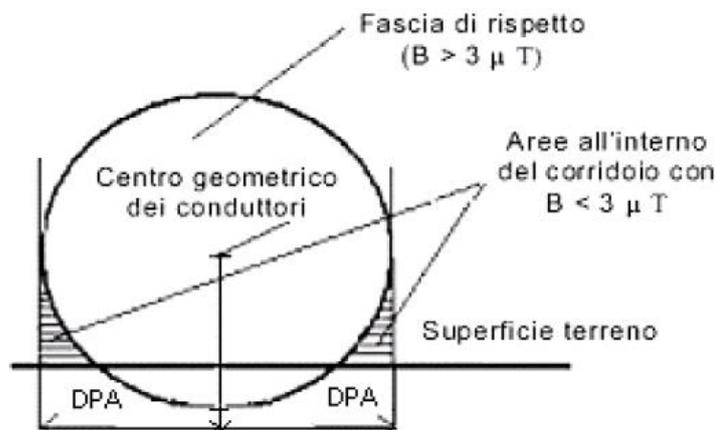


Figura 2 - Calcolo della DPA per un elettrodotto

Per le cabine elettriche è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti (tetto e pavimento compresi).

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);
- linee di Media Tensione in cavo cordato ad elica (interrate o aeree);

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.



Green Power

Engineering & Construction



CONSULENZA
E PROGETTI

GRE CODE

GRE.EEC.R.99.IT.W.15590.10.001.00

PAGE

11 di/of 30

7. DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO

L'energia prodotta dagli aerogeneratori in BT 690V a 50 Hz verrà trasformata in MT (33 kV) in corrispondenza del trasformatore di macchina, posto sulla navicella di ogni torre eolica, e fatta confluire nel circuito principale, costituito da elettrodotti interrati in MT; attraverso la distribuzione MT l'energia verrà convogliata verso la prevista sottostazione elettrica dove verrà trasformata in AT (150 kV) per essere diretta verso la Sottostazione di condivisione e da lì verso la futura SE RTN per essere immessa nella Rete elettrica di Trasmissione Nazionale.

Il trasporto dell'energia in MT avverrà mediante elettrodotti interrati, costituiti da cavi MT posati secondo quanto descritto dalla modalità M delle norme CEI 11-17.

I cavi che si prevede di utilizzare sono del tipo ARE4H5E(X) 18/30kV con conduttore in alluminio, isolamento in polietilene reticolato (XLPE) e guaina in PVC.

La sezione dei cavi di ciascun tronco di linea è stata calcolata in modo da essere adeguata ai carichi da trasportare nelle condizioni di massima produzione delle turbine.

Le sezioni scelte per i cavi sono tali da garantire una caduta di tensione in ciascuna linea ampiamente nei limiti determinati dalle regolazioni di tensione consentite dai trasformatori 33/150 kV ed una perdita complessiva di potenza inferiore al 5%.

Lo schema di distribuzione è del tipo radiale; in Figura 3 è rappresentato lo schema elettrico unifilare:

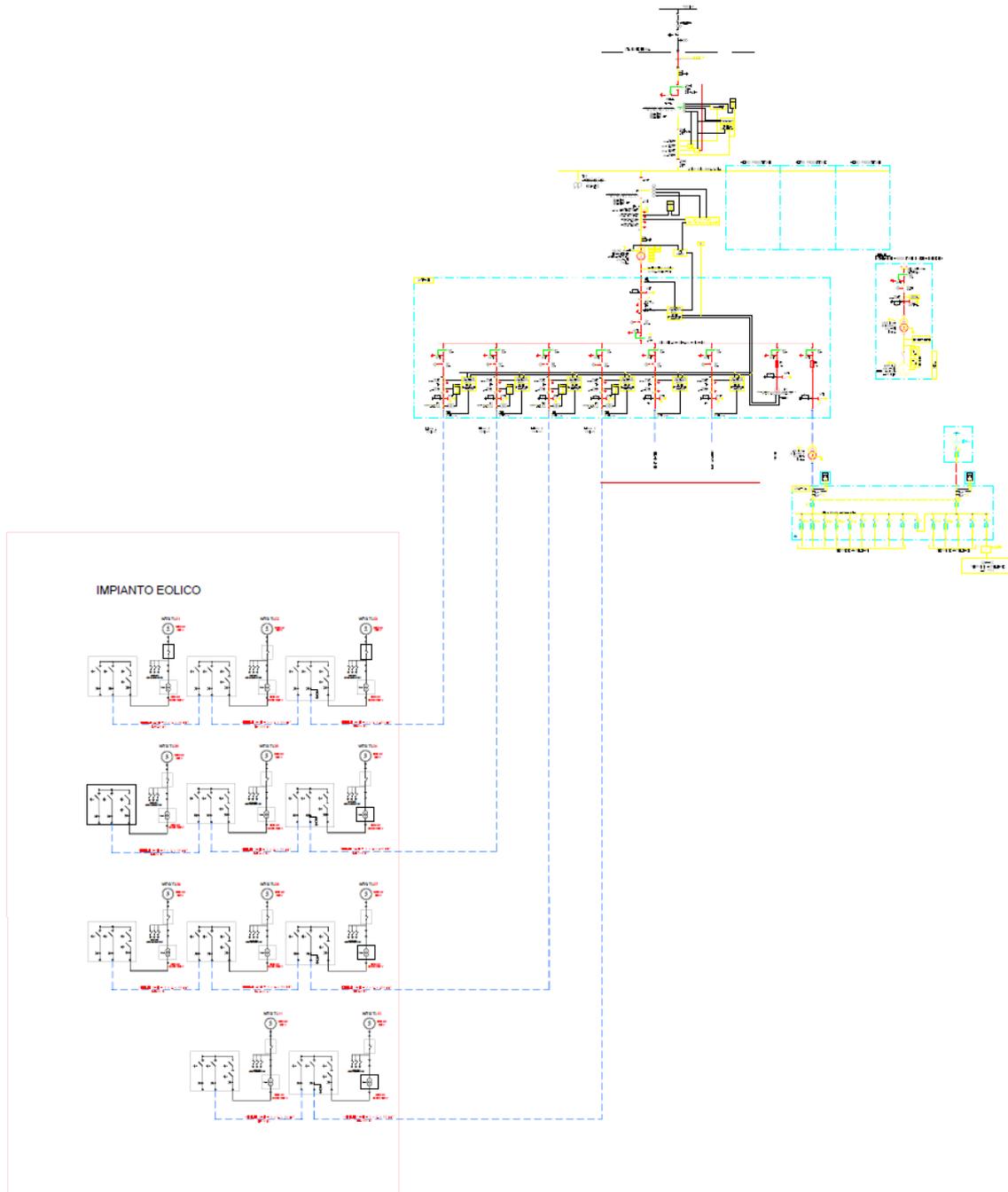


Figura 3 - Schema di collegamento tra WTG - SSU - SE

8. DESCRIZIONE COMPONENTI DELL'IMPIANTO ASSOGGETATI AL D.M. 29.05.08

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

1. Aerogeneratori;
2. Linee di distribuzione MT per l'interconnessione degli aerogeneratori tra loro e con la Sottostazione elettrica utente;
3. Sottostazione di trasformazione 33/150kV;
4. Sottostazione di condivisione e interfacciamento alla RTN 150 kV;
5. Cavo AT alla tensione di 150kV per la connessione della Sottostazione di trasformazione 33/150 kV alla Sottostazione di condivisione e di interfacciamento alla RTN, e per il successivo collegamento alla Sottostazione RTN 150 kV di Tempio.

8.1. DESCRIZIONE GENERALE AEROGENERATORI

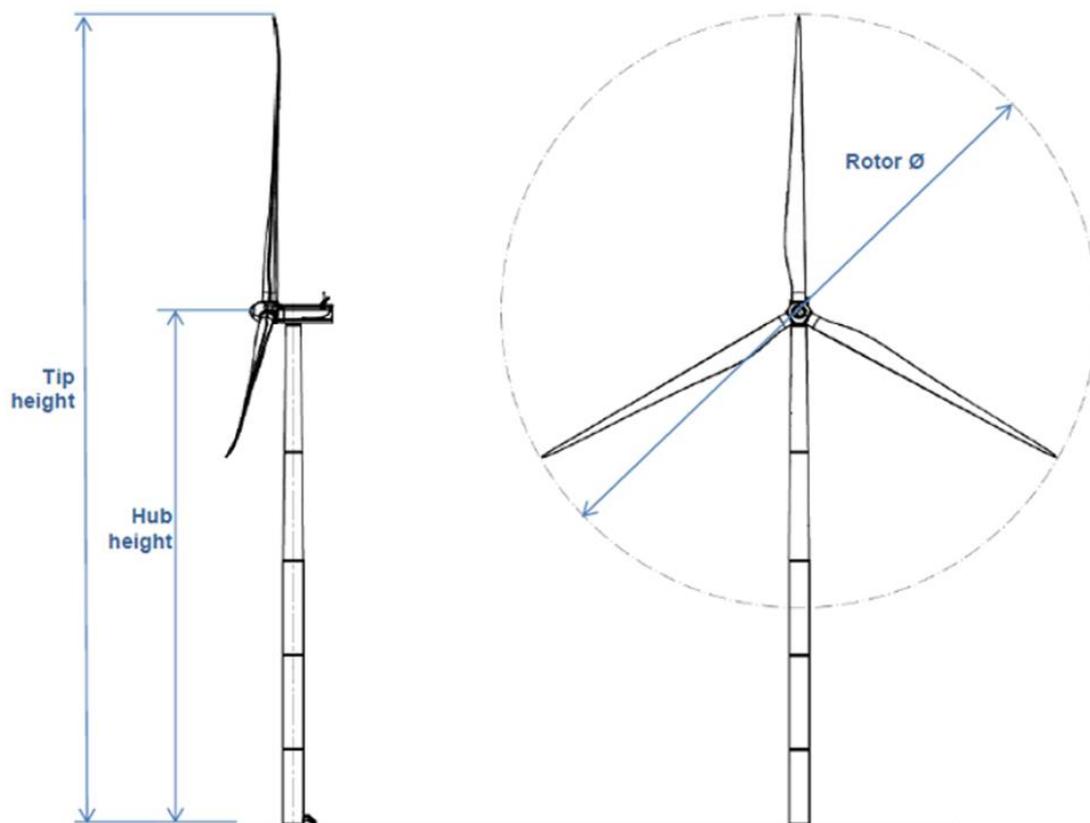
Gli aerogeneratori che verranno installati saranno selezionati sulla base delle più innovative tecnologie disponibili sul mercato. La potenza nominale delle turbine previste sarà pari a massimo 6 MW. Il tipo e la taglia esatta dell'aerogeneratore saranno comunque individuati in seguito della fase di acquisto della macchina e verranno descritti in dettaglio in fase di progettazione esecutiva.

Si riportano in Tabella 2 le principali caratteristiche tecniche di un aerogeneratore con potenza nominale pari a 6 MW:

Tabella 2 - Caratteristiche tecniche aerogeneratore

Potenza nominale	6 MW
Diametro del rotore	170 m
Lunghezza della pala	83,5 m
Corda massima della pala	4,5 m
Area spazzata	22.698 m ²
Altezza al mozzo	135 m
Classe di vento IEC	IIIA
Velocità cut-in	3 m/s
V nominale	10 m/s
V cut-out	25 m/s

in Figura 4 è rappresentata una turbina con rotore di diametro pari a 170 m e potenza massima fino a 6 MW:



Diametro rotore (Rotor Ø)	170 m
Altezza mozzo (Hub height)	135 m
Altezza massima (Tip height)	220 m

Figura 4 - Vista e caratteristiche di un aerogeneratore da 6,0 MW

Ogni aerogeneratore è equipaggiato di generatore elettrico asincrono, di tipo DFIG (Directly Fed Induced Generator) che converte l'energia cinetica in energia elettrica ad una tensione nominale di 690 V. È inoltre presente su ogni macchina il trasformatore MT/BT per innalzare la tensione di esercizio da 690 V a 33 kV.

8.2. DESCRIZIONE LINEE DI DISTRIBUZIONE A MT

I cavi MT saranno del tipo cordato ad elica con conduttore in alluminio della tipologia ARE4H5EX 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 controspirale ($R \max 3 \Omega/\text{km}$);
- 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 GRE.EEC.D.99.IT.W.15590.10.010.00 - Sezioni tipiche cavidotti.

8.3. DESCRIZIONE GENERALE DELL'ELETTRODOTTO AT

L'impianto sarà collegato in antenna alla futura Sottostazione RTN a 150 kV in GIS denominata "Tempio" a mezzo di nuovo elettrodotto AT interrato. Per il collegamento tra la sottostazione elettrica del produttore e la SE di TERNA si utilizzerà una terna di cavi unipolari isolati in XLPE (Cross-linked polyethylene), tipo ARE4H1H5E per tensioni di esercizio 87/150 kV conformi al documento Cenelec HD 632 ovvero alla norma IEC 60840.

In Figura 5 si riporta a titolo illustrativo la sezione del cavo che verrà utilizzato:

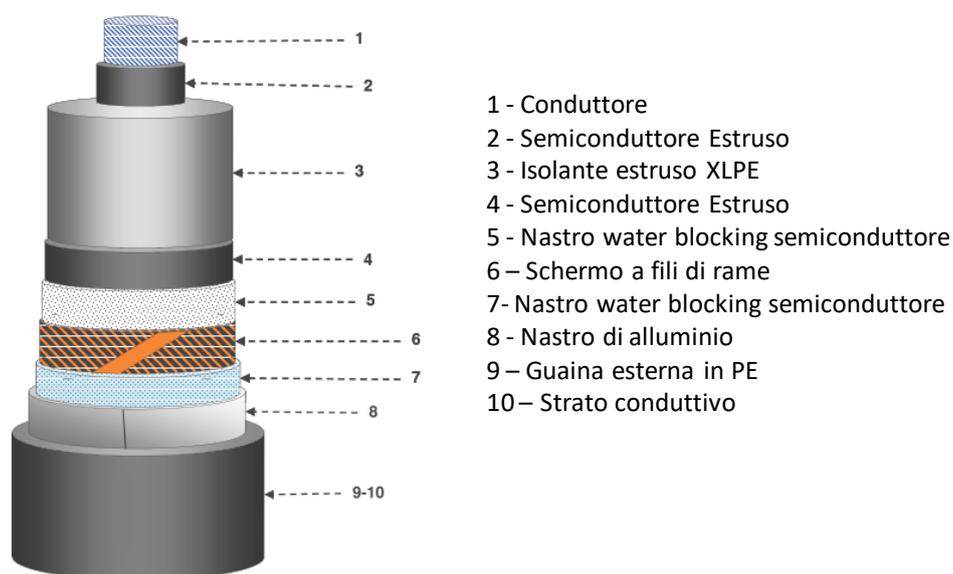


Figura 5 - Cavo AT 150 kV tipo ARE4H1H5E 87/150kV

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

- Frequenza nominale: 50 Hz
- Tensione nominale (U_o/U_{Um}): 87/150/170 kV
- Corrente nominale: 1000 A
- Sezione nominale del conduttore: 1000 mm²

La tipologia di posa prevalente prevista è quella a trifoglio con cavi direttamente interrati in trincea schematizzata in Figura 6.

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.

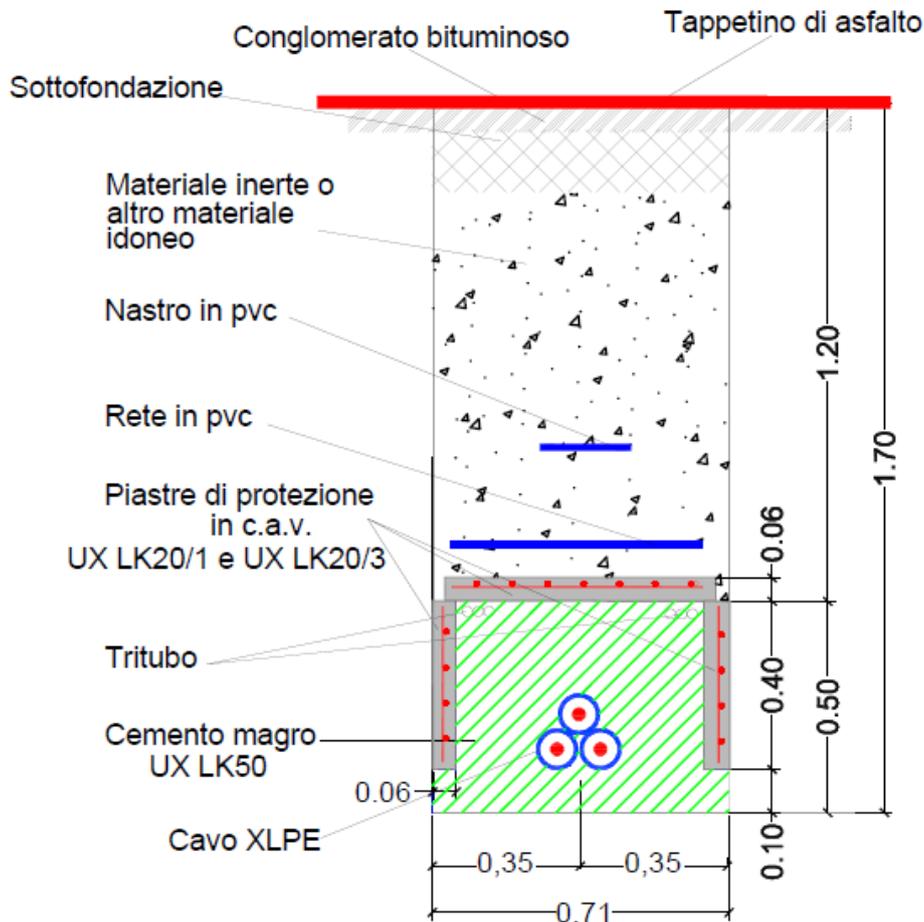


Figura 6 - Modalità di posa Cavo AT 150 kV

8.4. SOTTOSTAZIONE ELETTRICA 33/150 KV PRODUTTORE

L'impianto eolico verrà connesso alla RTN mediante la realizzazione di una nuova Sottostazione di condivisione e di una nuova sottostazione elettrica MT/AT 33kV/150kV 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 33/150 $\pm 12 \times 1,25\%$ kV da 66/80 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 di media tensione 33kV 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 150kV connessione SSE di Trasformazione - SE di Condivisione - SE RTN.



Green Power

Engineering & Construction



iat CONSULENZA
E PROGETTI

GRE CODE

GRE.EEC.R.99.IT.W.15590.10.001.00

PAGE

17 di/of 30

9. INDIVIDUAZIONE RECETTORI SENSIBILI

In prossimità delle opere in progetto non sono presenti recettori sensibili.

10. METODOLOGIA DI CALCOLO E SOFTWARE UTILIZZATO

L'intensità del campo magnetico prodotto dagli elettrodotti (sia linee in cavo che conduttori nudi aerei) e/o dalle apparecchiature elettriche installate nelle sottostazioni elettriche può essere calcolata con formule approssimate secondo i modelli bidimensionali indicati dal DPCM 8/7/2003 e dal DM 29/5/2008, inoltre l'intensità del campo magnetico può essere simulata tramite software, in tal caso tali simulazioni sono state effettuate con il software Magnetic Induction Calculation (MAGIC) della società Be Shielding s.r.l che è stato utilizzato per eseguire il calcolo delle DPA relative ai cavidotti MT.

La Norma CEI 106-11 costituisce una guida per la determinazione della fascia di rispetto per gli elettrodotti in accordo al suddetto DPCM.

La fascia di rispetto comprende lo spazio circostante un elettrodotto, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, dove l'induzione magnetica è uguale o maggiore dell'obiettivo di qualità.

Secondo la Legge 36/01 e il DPCM 8/7/03 allegato A l'obiettivo di qualità corrisponde al limite di 3 μ T (microtesla) da rispettare nella costruzione dei nuovi elettrodotti.

Dalla proiezione al suolo della fascia di rispetto si ottiene la DPA (distanza di prima approssimazione) misurata tra la proiezione al suolo del baricentro dei conduttori e la proiezione al suolo della fascia di rispetto.

Infine, si tenga presente che l'intensità del campo magnetico è funzione dell'intensità della corrente e della distanza tra i conduttori e diminuisce all'aumentare della distanza dal baricentro dei conduttori.

A favore della sicurezza per il calcolo della fascia di rispetto, il DM 29/5/2008 impone che si utilizzi la portata massima dell'elettrodotto e/o delle linee in cavo, e non la corrente di massimo impiego. La portata massima è definita in funzione delle caratteristiche costruttive delle apparecchiature e delle linee elettriche.

Il software Magnetic Induction Calculation (MAGIC) riporta il calcolo dei campi magnetici generati da sorgenti di tipo elettrico, quali trasformatori, sistemi di linee elettriche, cabine MT/BT, buche giunti, blindosbarre e impianti elettrici.

Grazie a questo si è potuta effettuare l'analisi di impatto dei campi magnetici e per la determinazione delle fasce di rispetto per linee elettriche, secondo quanto previsto dalla Legge Quadro n.36/2001 (esposizione ai campi magnetici della popolazione) e dal D.Lgs. 81/08 (valutazione dei rischi in ambiente lavorativo).

11. RISULTATI DI CALCOLO

11.1. AEROGENERATORI

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

il generatore elettrico;

le linee di connessione a 33 kV dalla navicella fino al quadro a 33 kV 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 potenza che si calcola con la relazione (1) e risulta pari a 110,62 A:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{6,0 \text{ M}}{\sqrt{3} \cdot 33 \text{ k} \cdot 0,95} = 110,62 \text{ A} \quad (1)$$

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[μT] in un generico punto distante R [m] dal conduttore centrale, con R >> S, è data dalla seguente equazione (2):

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

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

$$R = 0,34 \sqrt{S \cdot I} \quad (3)$$

Assumendo S pari a 0,1 m, quindi risulta, $R = 0,34 \sqrt{0,1 \cdot 110,62} = 1,13 \text{ m}$ e viene quindi assunta una DPA di 1,5 m misurata a partire dalle pareti esterne della torre.

11.2. CAVIDOTTI MT

Gli aerogeneratori verranno inseriti su un elettrodotto (dorsale) costituito da cavi interrati in MT, che si svilupperanno all'interno dell'area dell'impianto mediante collegamenti in entrata verso gli aerogeneratori stessi, per attestarsi quindi alla Sottostazione di trasformazione 33/150kV.

In Figura 7 è visibile il tracciato del cavidotto di media tensione, in cui sono stati indicati con diversa colorazione i vari tipi di trincea (strada di tipo sterrata o asfaltata) e considerando il diverso numero di terne presenti nello scavo (1 terna, 2 terne, 3 terne, 4 terne e 5 terne).

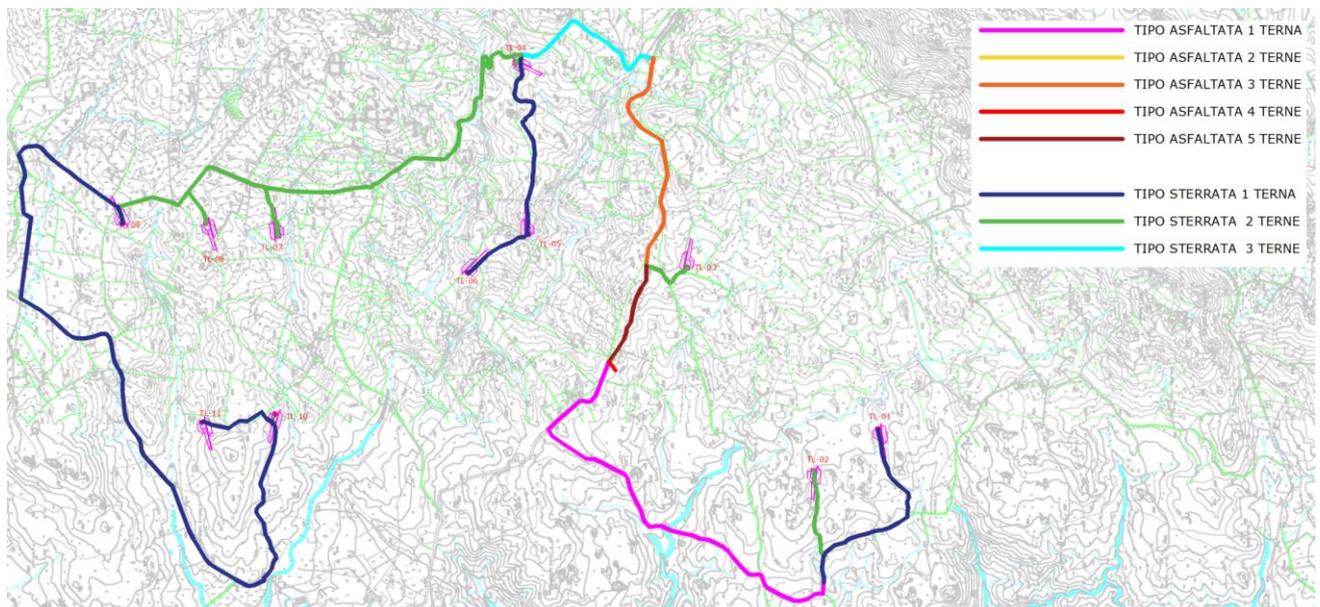


Figura 7 - Cavidotto MT

I cavi MT impiegati per la distribuzione interna all'impianto saranno del tipo ARE4H5EX di varie sezioni (cavi per media tensione tripolari ad elica visibile per posa interrata) o equivalente.

Nei casi in cui si verifica una configurazione complessa con terne multiple di cavi si indicano i valori di induzione magnetica calcolati a una quota di 1m dal suolo tramite il software di simulazione di campi elettromagnetici Magnetic Induction Calculation (MAGIC) della società Be Shielding s.r.l.

In Figura 8 viene illustrata graficamente la curva equilivello a $3\ \mu\text{T}$ dell'induzione magnetica generata da una terna MT interrata costituita da una terna di cavi $3 \times 1 \times 240\text{mm}^2$ con i conduttori disposti a trifoglio e, analizzando la situazione più gravosa, attraversati dalla corrente nominale della sezione più alta presente in tale impianto, pari a 370 A.

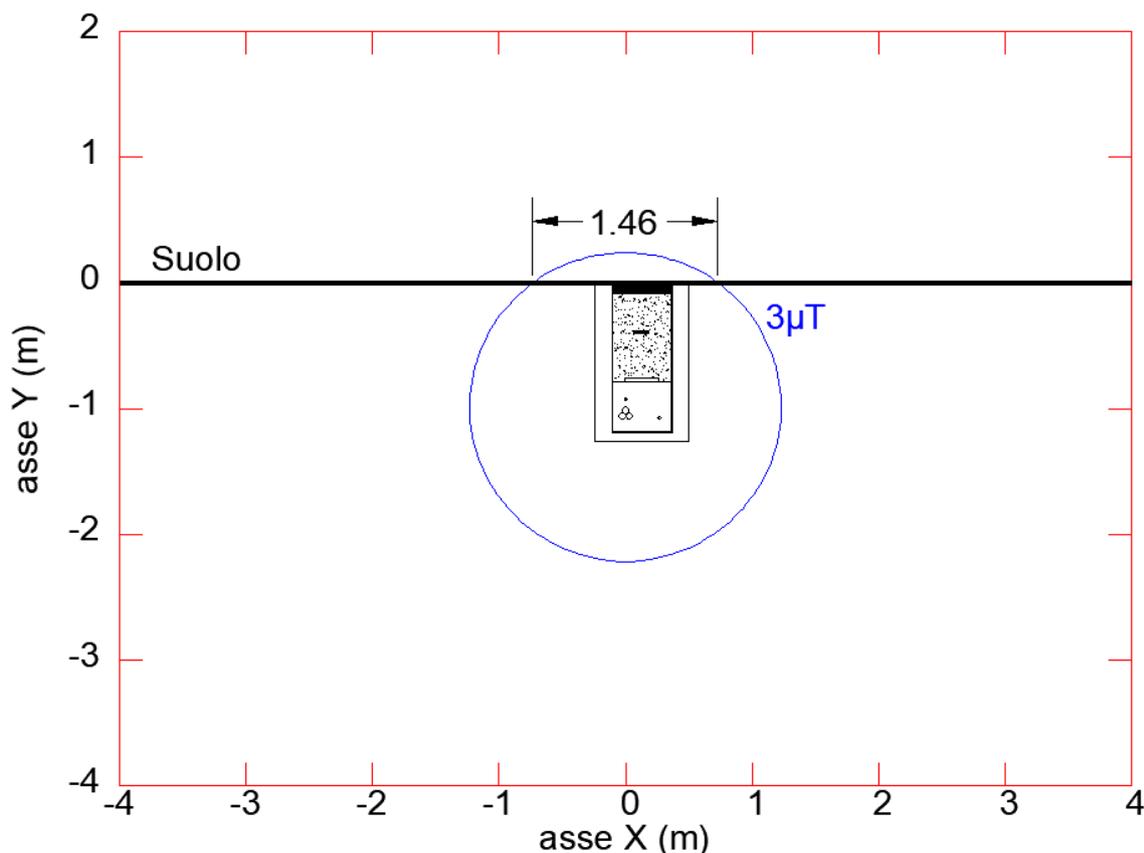


Figura 8 - Curva Equilivello $3\ \mu\text{T}$ - 1 terna di cavi MT

Le analisi effettuate evidenziano che nel caso di elettrodotto realizzato con 1 terna di cavi MT, attraversati da una corrente pari a 370 A, pari alla portata nominale della sezione massima presente nell'impianto in questione, i valori di induzione magnetica calcolati a una quota di 1m da suolo sono inferiori alla soglia di $3\ \mu\text{T}$ per una distanza di circa 1,46 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto, tale valore corrisponde alla DPA; pertanto, la fascia di rispetto per le tratte in cui è presente 1 terna di conduttori attraversati da una corrente pari a 370 A, in adiacenza si assumerà pari a 1,5 m a cavallo dell'asse del cavidotto considerato.

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

CAVIDOTTO MT INTERRATO SEZIONE TIPO "1C" 1 Circuiti di cavi MT (su strada)

Sezione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro del conduttore [m]
3×1×240	370	1,00	0,05

In Figura 9 viene illustrata graficamente la curva equilivello a 3 μT dell'induzione magnetica generata da un cavidotto costituito da due terne di cavi 3×1×240mm² con i conduttori disposti a trifoglio e, analizzando la situazione più gravosa, attraversati dalla corrente nominale della sezione più alta presente in tale impianto, pari a 370 A.

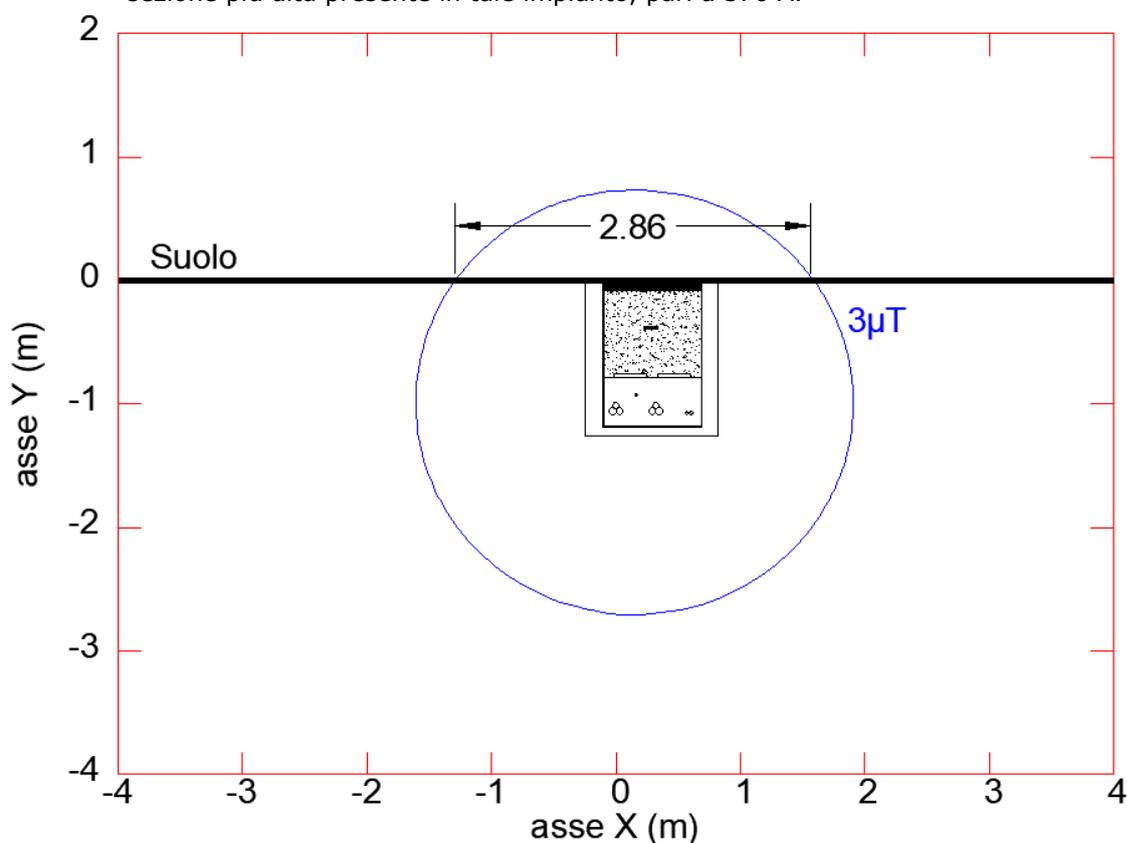


Figura 9 - Curva Equilivello 3μT – 2 terne di cavi MT

Le analisi effettuate evidenziano che nel caso di elettrodotto realizzato con 2 terne di cavi MT, attraversati da una corrente pari a 370 A, pari alla portata nominale della sezione massima presente nell'impianto in questione, i valori di induzione magnetica calcolati a una quota di 1m da suolo sono inferiori alla soglia di 3 μT per una distanza di circa 2,86 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto, tale valore corrisponde alla DPA; pertanto, la fascia di rispetto per le tratte in cui sono presenti 2 terne di conduttori attraversati da una corrente pari a 370 A, in adiacenza si assumerà pari a 3 m a cavallo dell'asse del cavidotto considerato.

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

CAVIDOTTO MT INTERRATO SEZIONE TIPO "2C" 2 Circuiti di cavi MT (su strada)

Sezione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro del conduttore [m]
3×1×240	370	1,00	0,05

In Figura 10 viene illustrata graficamente la curva equilivello a $3 \mu\text{T}$ dell'induzione magnetica generata da un cavidotto costituito da tre terne di cavi $3 \times 1 \times 240 \text{mm}^2$ con i conduttori disposti a trifoglio e, analizzando la situazione più gravosa, attraversati dalla corrente nominale della sezione più alta presente in tale impianto, pari a 370 A.

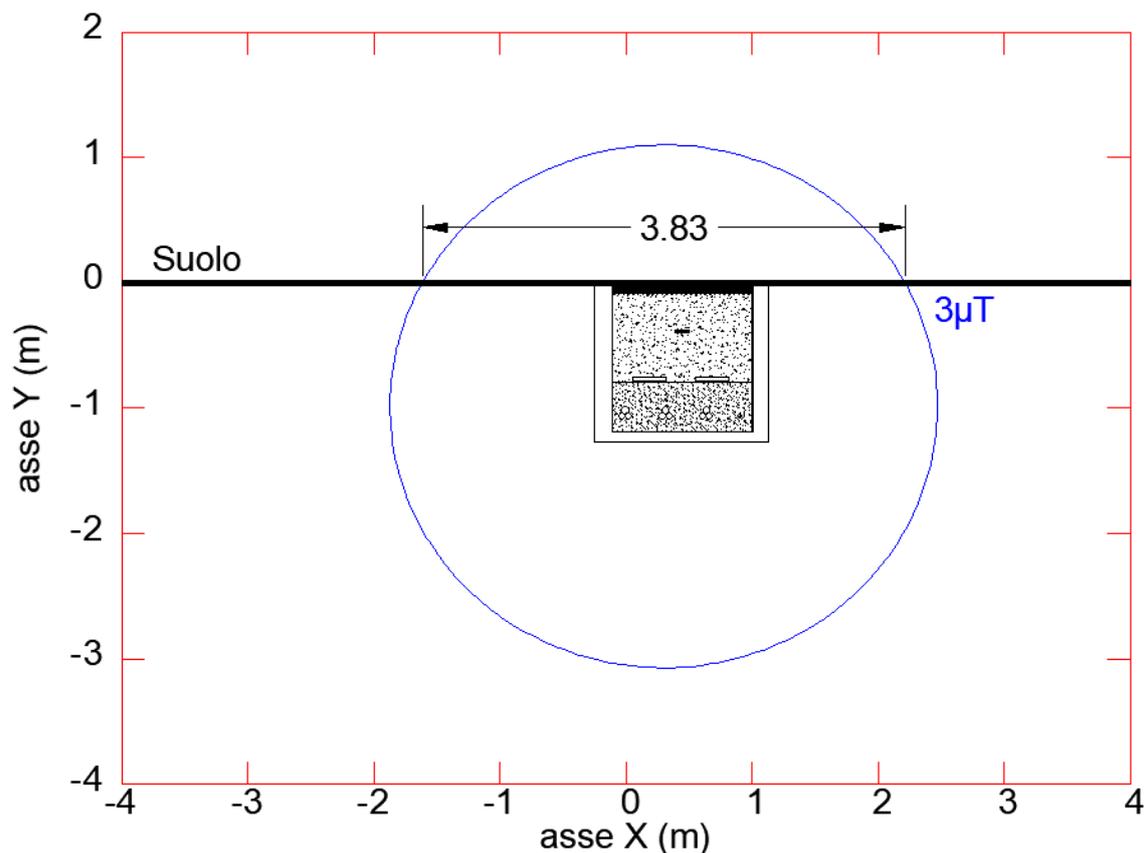


Figura 10 - Curva Equilivello $3 \mu\text{T}$ - 3 terne di cavi MT

Le analisi effettuate evidenziano che nel caso di elettrodotto realizzato con 3 terne di cavi MT, attraversati da una corrente pari a 370 A, pari alla portata nominale della sezione massima presente nell'impianto in questione, i valori di induzione magnetica calcolati a una quota di 1m dal suolo sono inferiori alla soglia di $3 \mu\text{T}$ per una distanza di circa 3,83 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto, tale valore corrisponde alla DPA; pertanto, la fascia di rispetto per le tratte in cui sono presenti 3 terne di conduttori attraversati da una corrente pari a 370 A, si assumerà pari a 4 m a cavallo dell'asse del cavidotto considerato.

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

CAVIDOTTO MT INTERRATO SEZIONE TIPO "3C" 3 Circuiti di cavi MT (su strada)

Sezione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro del conduttore [m]
3×1×240	370	1,00	0,05

In Figura 11 viene illustrata graficamente la curva equilivello a $3 \mu\text{T}$ dell'induzione magnetica generata da un cavidotto costituito da quattro terne di cavi $3 \times 1 \times 240 \text{mm}^2$ con i conduttori disposti a trifoglio e, analizzando la situazione più gravosa, attraversati dalla corrente nominale della sezione più alta presente in tale impianto, pari a 370 A.

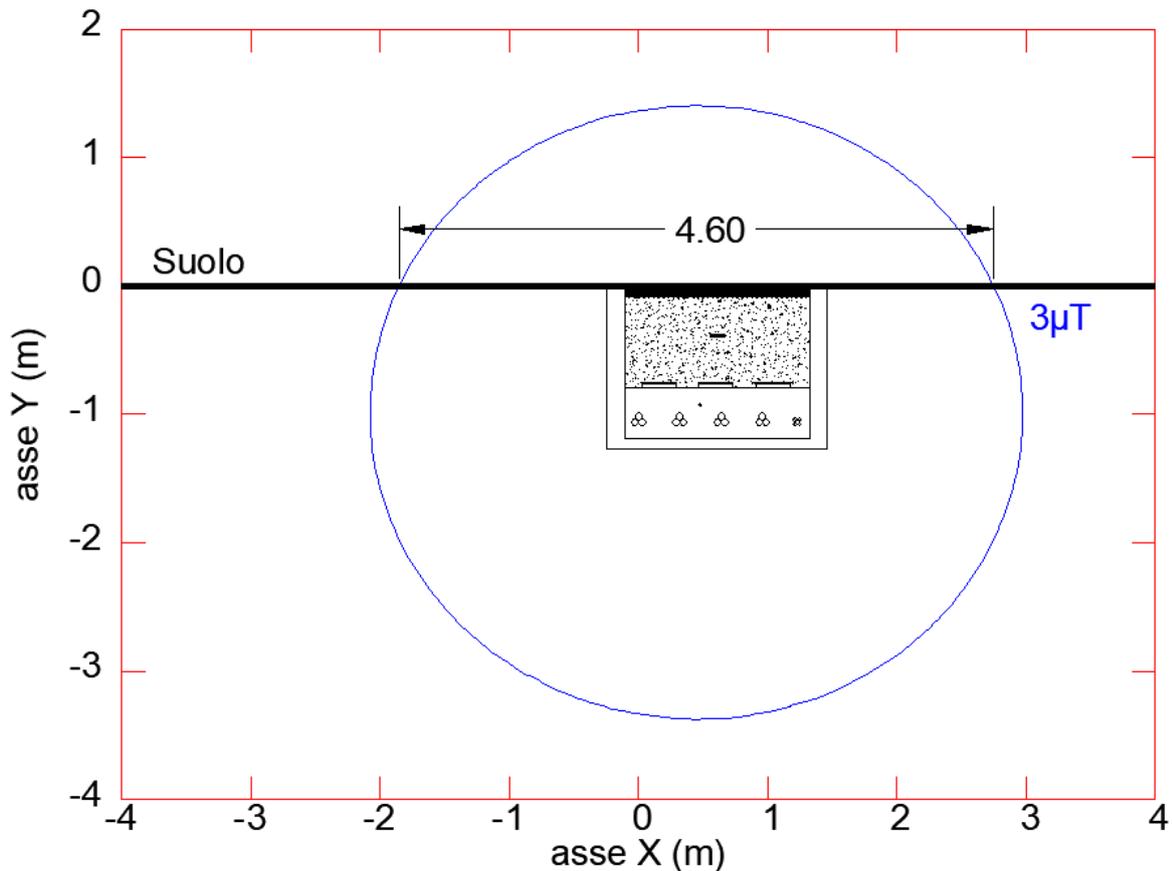


Figura 11 - Curva Equilivello 3µT - 4 terne di cavi MT

Le analisi effettuate evidenziano che nel caso di elettrodotto realizzato con 4 terne di cavi MT, attraversati da una corrente pari a 370 A, pari alla portata nominale della sezione massima presente nell'impianto in questione, i valori di induzione magnetica calcolati a una quota di 1m da suolo sono inferiori alla soglia di 3 µT per una distanza di circa 4,6 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto, tale valore corrisponde alla DPA; pertanto, la fascia di rispetto per le tratte in cui sono presenti 4 terne di conduttori attraversati da una corrente pari a 370 A, in adiacenza si assumerà pari a 5 m a cavallo dell'asse del cavidotto considerato.

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

CAVIDOTTO MT INTERRATO SEZIONE TIPO "4C" 4 Circuiti di cavi MT (su strada)

Sezione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro del conduttore [m]
3×1×240	370	1,00	0,05

In Figura 12 viene illustrata graficamente la curva equilivello a 3 µT dell'induzione magnetica generata da un cavidotto costituito da cinque terne di cavi 3x1x240mm² con i conduttori disposti a trifoglio e attraversati da una corrente pari a 370 A.

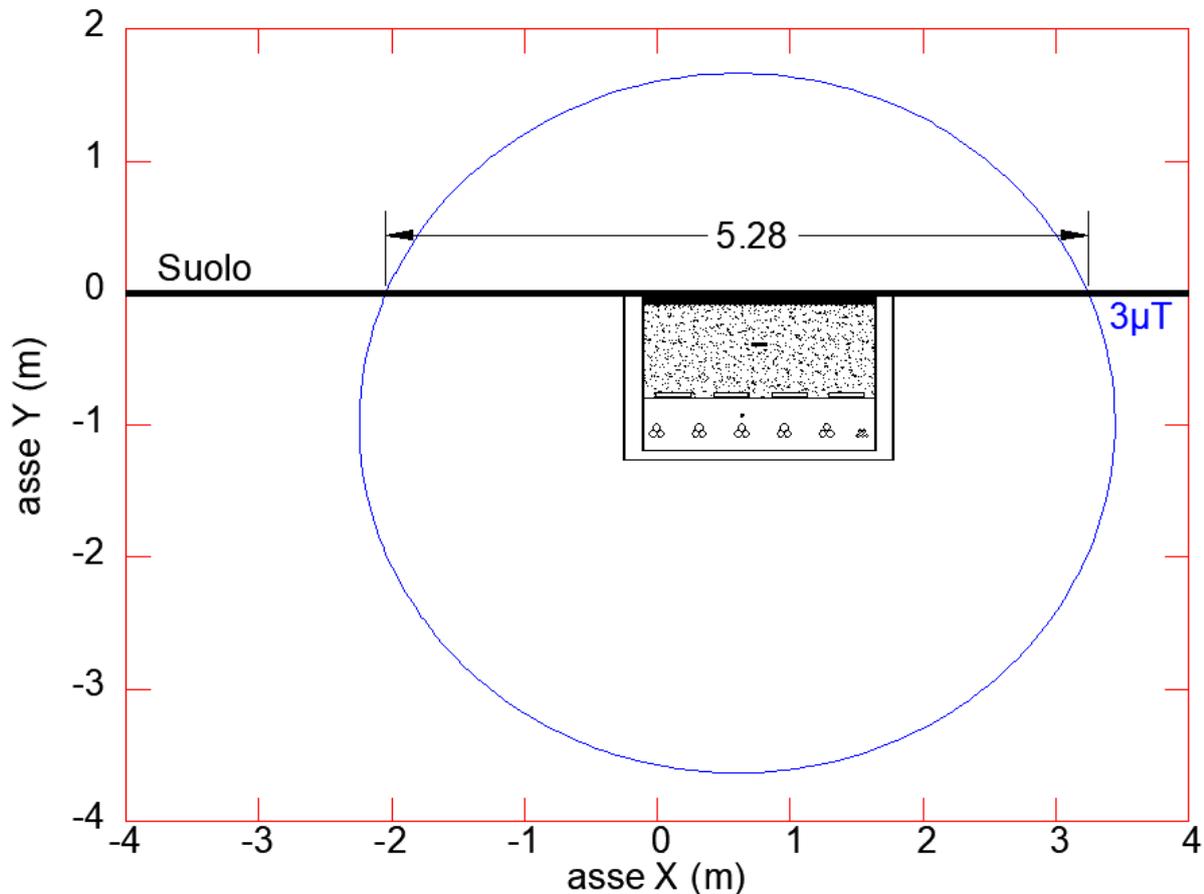


Figura 12 - Curva Equilivello 3µT – 5 terne di cavi MT

Le analisi effettuate evidenziano che nel caso di elettrodotto realizzato con 5 terne di cavi MT, attraversati da una corrente pari a 370 A, pari alla portata nominale della sezione massima presente nell'impianto in questione, i valori di induzione magnetica calcolati a una quota di 1m da suolo sono inferiori alla soglia di 3 µT per una distanza di circa 5,28 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto, tale valore corrisponde alla DPA; pertanto, la fascia di rispetto per le tratte in cui sono presenti 5 terne di conduttori attraversati da una corrente pari a 370 A, in adiacenza si assumerà pari a 6 m a cavallo dell'asse del cavidotto considerato.

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

CAVIDOTTO MT INTERRATO SEZIONE TIPO "5C" 5 Circuiti di cavi MT (su strada)

Sezione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro del conduttore [m]
3×1×240	370	1,00	0,05

11.3. CAVIDOTTO AT

Nel caso del cavidotto in Alta Tensione 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 1600mm², si considera un valore di corrente pari a 1000 A.

La norma CEI 106-11 permette di determinare la distanza R₀ 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 µT).

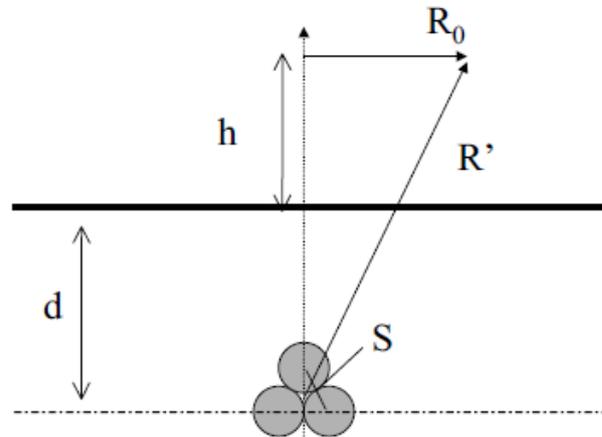


Figura 13 - Schema di principio per il calcolo delle distanze da terne di cavi interrati con posa a trifoglio oltre le quali l'induzione magnetica è inferiore all'obiettivo di qualità (3 µT)

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 µT è la seguente equazione (1):

$$R_0 = \sqrt{0,082 \cdot S \cdot I - d^2} \quad (1)$$

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 = 3 m dall'asse della linea.

CAVIDOTTO AT INTERRATO SEZIONE TIPO "A" 1 Terna cavi AT (su terreno agricolo e strada asfaltata)

Sezione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro del conduttore [m]
1600	1000	1,2	0,25

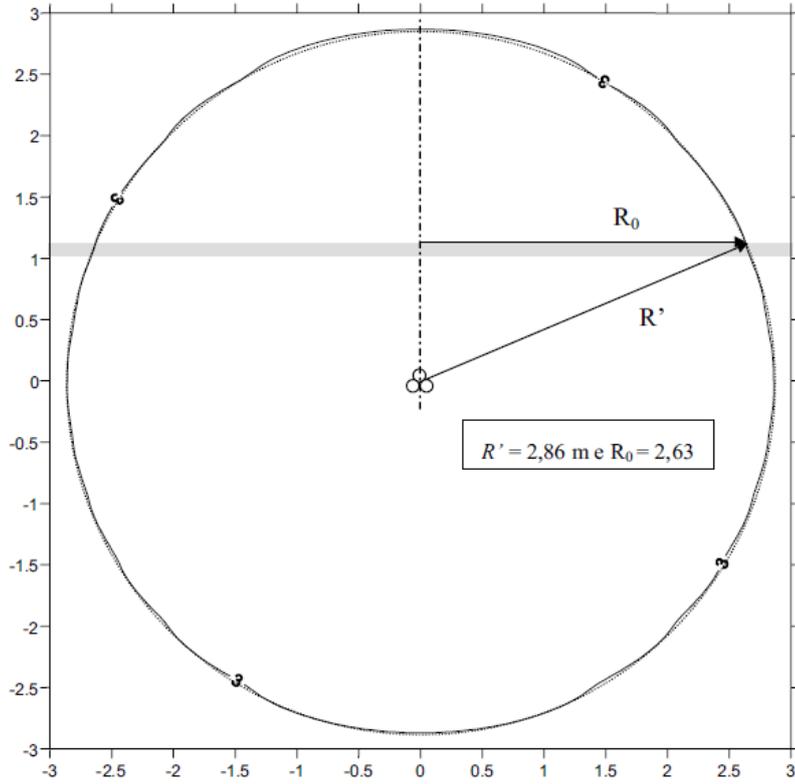


Figura 14 - Curve equivello -Terna cavi AT 150 kV

11.4. SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE 33/150 KV

Secondo il DM 29/5/2008 (art. 5.2.2) per le sottostazioni in genere la fascia di rispetto rientra nei confini dell'area di pertinenza dell'impianto stesso.

Analogamente alle linee elettriche anche nel caso delle cabine primarie e 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 questo volume delimita la fascia di rispetto.

Per le stazioni, la DPA e, quindi, 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 1250A 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 μT, si può calcolare con la formula (4) che segue (norma CEI 106.11):

$$d = 0.34 * \sqrt{(S * I)} \quad (4)$$

Dalla quale si ricava una distanza pari a 17 m.

Nel funzionamento atteso della Sottostazione con la potenza complessiva di connessione sullo stallo di 54 MW, e correnti previste fino a 208 A, si ricava una d = 7,27 m, si assume in tal caso una DPA pari a 8 m.

In Figura 15 e Figura 16 presenti in seguito sono riportati i grafici dei profili del campo magnetico ed elettrico generato sulle sbarre a 150 kV:

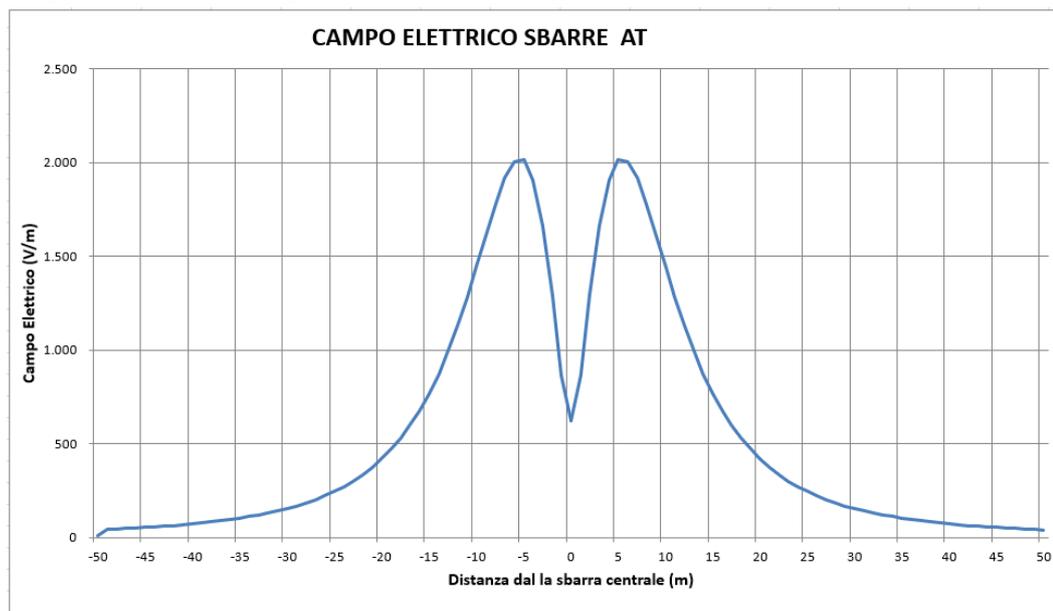


Figura 15 - Valori del campo elettrico sbarre AT a 150 kV

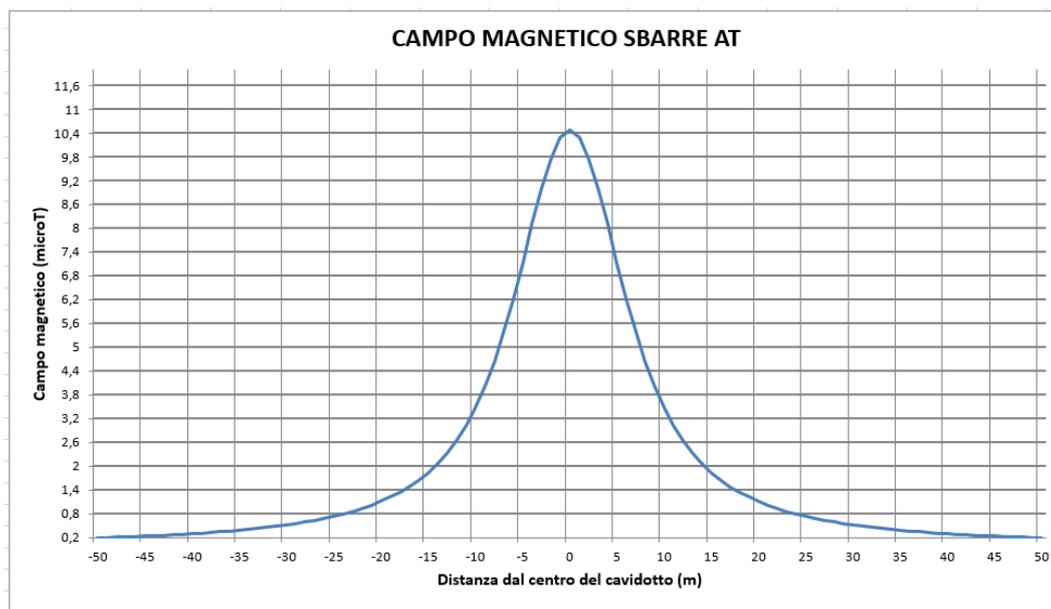


Figura 16 - Valori del campo magnetico sbarre AT a 150 kV

11.4.1. Trasformatore AT/MT

Le caratteristiche del trasformatore scelto sono riportate nella Tabella 3:

Tabella 3 - Caratteristiche trasformatore AT/MT

Potenza Nominale (MVA)	66/80
Tensione Nominale Primario (kV)	33
Tensione Nominale Secondario (kV)	150
Tensione Nominale a Vuoto (Primario kV)	150
Sovratemperatura Avvolgimenti (°C)	90

11.4.2. Cavidotto MT in sottostazione

I cavi di media tensione impiegati per il collegamento delle apparecchiature elettriche (trasformatore elevatore, trasformatore dei servizi ausiliari) hanno le caratteristiche riportate in Tabella 4:

Tabella 4 - Caratteristiche cavi MT in sottostazione

Voce	Caratteristica
Tipo di cavo	RG7H1R
Conduttore	Rame rosso
Forma conduttore	Unipolare
Isolamento	Gomma HERP di qualità G7, sotto guaina in PVC
Schermo metallico	Fili di rame rosso, con nastro di rame in controspirale
Guaina esterna	Mescola a base di PVC, qualità Rz
Temperatura massima	90°C
Posa	Interrata
Tensione isolamento	36 kV
Designazione del cavo	Collegamento sottostazione e cabina MT

Per il calcolo della Dpa sono state considerate le seguenti condizioni:

- Massima corrente per ogni singola linea, corrispondente alla massima portata dei cavi.
- Geometria in funzione del percorso cavi

Le formazioni per ciascuna linea di media tensione e i valori della fascia di rispetto e quindi della Dpa (distanza di prima approssimazione) sono di seguito indicati in Tabella 5:

Tabella 5 - Calcolo Dpa per cavidotti MT in sottostazione

Formazione [mm ²]	Da	A	Diametro esterno [mm]	Portata [A] (nota 1)	Posa	Dpa [m]
1x400	Trafo AT/MT	Cabina MT	51,1	671,0	Interrato a trifoglio	3
1x400	Trafo AT/MT	Cabina MT	51,1	671,0	Interrato a trifoglio	3
1x630	Trafo AT/MT	Cabina MT	60,2	860,0	Interrato a trifoglio	4

Nota 1: valore di portata effettiva della singola terna.

Si precisa che i valori della DPA sono stati calcolati considerando una sola terna di conduttori.

Per linee composte da più terne in parallelo si evidenzia che queste saranno posate in tubi distanziati tra loro di 2 volte il diametro esterno dei cavi oppure su passerelle distanziate di 300 mm in verticale e con una distanza di 2 volte il diametro tra due terne adiacenti. Quindi possono essere considerate come linee indipendenti.

12. CONCLUSIONI

La presente relazione ha valutato le fasce di rispetto per gli elementi dell'impianto eolico in progetto.

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

- aerogeneratori;
- cavidotti interrati MT per la interconnessione degli aerogeneratori con percorso interrato;
- Sottostazione elettrica di condivisione e interconnessione a 150kV e Sottostazione elettrica di trasformazione 33/150kV;
- cavidotto in antenna a 150 kV (impianto di utenza per la connessione).

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

1. Per gli aerogeneratori viene assunta una DPA di 1,5m misurata a partire dalle pareti esterne della torre;
2. Per le linee MT relative alle connessioni tra aerogeneratori la DPA da considerare varia a seconda di quante terne di conduttori sono presenti nello stesso scavo, tutti i vari valori delle DPA indicati per numero di terne considerando la sezione più alta presente nell'impianto sono indicati nella tabella riepilogativa dei risultati ottenuti;
3. Per la Sottostazione elettrica di condivisione e interconnessione e per la Sottostazione di trasformazione che include il trasformatore 33/150kV l'obiettivo di qualità è raggiunto all'interno delle aree delle stazioni e non è pertanto necessario considerare alcuna DPA;
4. Per il cavidotto di connessione alla RTN a 150kV la DPA si può assumere pari a 3m.

All'interno delle succitate DPA non sono previste destinazioni d'uso che comportino una permanenza prolungata di persone oltre le quattro ore giornaliere.

In Tabella 6 si riporta una sintesi dei risultati di calcolo ottenuti per le principali tratte dell'impianto eolico:

Tabella 6 - Tabella riepilogativa dei risultati ottenuti

TRATTO ESAMINATO	FASCIA DI RISPETTO CALCOLATA (m) (Limite di 3 μ T - obiettivo di qualità)	FASCIA DI RISPETTO (m)
Una Terna MT	1,46	2
Due Terne MT	2,86	3
Tre Terne MT	3,83	4
Quattro Terne MT	4,6	5
Cinque Terne MT	5,28	6
Una Terna AT	5,26	6
Stallo Trafo	7,27	8
Sbarre AT	7,27	8
Cavi MT Sottostazione	3	4