

PROPONENTE

Repower Renewable Spa

Via Lavaredo, 44
30174 Mestre (VE)

PROJECT MANAGER : Dott. Giuseppe Caricato



PROGETTAZIONE



Progettista :
Ing. Filippo Bittante

Sinergo Spa - via Ca' Bembo 152
30030 - Maerne di Martellago - Venezia - Italy
tel 041.3642511 - fax 041.640481
sinergospa.com - info@sinergospa.com
Numero di commessa interno progettazione: 20041



TENPROJECT

Progettista :
Ing. Nicola Forte

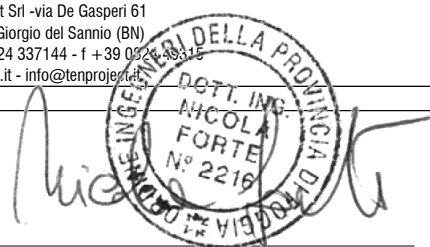
Tenproject Srl -via De Gasperi 61
82018 S.Giorgio del Sannio (BN)
t +39 0824 337144 - f +39 0824 48315
tenproject.it - info@tenproject.it

N° COMMESSA

1416

**NUOVO PARCO EOLICO "SERRACAPRIOLA "
PROVINCIA DI FOGGIA E CAMPOBASSO
COMUNI DI SERRACAPRIOLA (FG) E ROTELLO (CB)**

PROGETTO DEFINITIVO PER AUTORIZZAZIONE



ELABORATO

Relazione sull'impatto elettromagnetico dell'impianto

CODICE ELABORATO

IE.SIA01

NOME FILE

1416-PD_A_IE.SIA01_REL_r01

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICA	APPROVAZIONE
01	11/01/2021	REVISIONE	AD	NF	GC
00	15/12/2020	PRIMA EMISSIONE	AD	NF	GC

INDICE**Sommario**

2 NORME E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	6
3 INQUADRAMENTO NORMATIVO	7
4 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO	9
4.1 GENERALITÀ.....	9
4.2 LINEE DI DISTRIBUZIONE IN MT	9
4.2 CABINA DI RACCOLTA DELL'IMPIANTO.....	10
4.3 STAZIONE ELETTRICA DI UTENZA 30/150 KV	10
4.4 QUADRI MT STAZIONE ELETTRICA 30/150 KV	10
4.5 CAVIDOTTO IN ALTA TENSIONE.....	10
5 METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO MAGNETICO	11
5.1 DEFINIZIONI	11
5.2 CENNI TEORICI SUL MODELLO UTILIZZATO	11
5.3 METODO DI CALCOLO.....	12
6 METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO ELETTRICO	13
6.1 CENNI TEORICI.....	13
7 LINEA IN CAVO INTERRATO IN MEDIA TENSIONE	14
7.1 GENERALITÀ.....	14
7.2 CABINA TRASFORMAZIONE MT/BT	14
7.3 DETERMINAZIONE DEI CAMPI MAGNETICI.....	15
7.4 DETERMINAZIONE DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE (DPA).....	21
8 CABINA DI RACCOLTA DELL'IMPIANTO EOLICO	23
8.1 STAZIONE ELETTRICA DI UTENZA 30/150 KV	26

9 LINEA IN CAVO INTERRATO IN AT	33
9.1 DETERMINAZIONE DELLA PRIMA APPROSSIMAZIONE (DPA).....	34
10 VALUTAZIONE DEL RISCHIO DERIVANTE DALL'ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI A CAMPI ELETTROMANETICI	36
10.1 GENERALITÀ	36
10.2 ANALISI DEL RISCHIO	36
10.3 SEGNALETICA	40
10.4 INFORMAZIONE E FORMAZIONE DEI LAVORATORI	40
10.5 SORVEGLIANZA SANITARIA	41
11 CONCLUSIONI	42

Indice delle tabelle e delle figure

Tabella 1: Definizioni di limiti di esposizione, di valori di attenzione e di obiettivi di qualità secondo la legge quadro.....	7
Tabella 2: Limiti di esposizione, limiti di attenzione e obiettivi di qualità del DPCM 08/07/03, confrontati con i livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/512CE.....	8
Tabella 3 Caratteristiche dimensionale ed elettriche dei cavi MT.....	10
Tabella 4 Caratteristiche dimensionale ed elettriche del cavo AT	10
Tabella 5 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S1.	16
Tabella 6 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S2.	17
Tabella 7 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S3.	18
Tabella 8 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S4.	19
Tabella 9 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S5.	20
Tabella 10- Distanza di prima approssimazione per cavidotti di collegamento del parco fotovoltaico.	21
Tabella 11 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare – sbarre MT cabina di raccolta dell'impianto.	24
Tabella 12 Andamento del campo elettrico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare – sbarre MT cabina di raccolta dell'impianto.	25
Tabella 13 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare - Sbarre AT stazione elettrica 30/150 kV - Valutazione della Distanza di prima Approssimazione.	28
Tabella 14 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare – Sbarre MT stazione elettrica 150/30 Kv - Valutazione della Distanza di prima Approssimazione.	29
Tabella 15 Andamento del campo elettrico in forma tabellare –	30
Tabella 16 Andamento del campo elettrico in forma tabellare –	31
Tabella 17 Andamento del campo elettrico in forma tabellare –	34
Tabella 18 Scala delle probabilità "P" di accadimento di un evento.	37
Tabella 19 Scala dell'entità del Danno "D".	38
Tabella 20 – Valutazione del Rischio	39
Tabella 21– Limiti imposti dalla normativa.	39
Figura 1 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa alla simulazione S1.	16
Figura 2 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma	

grafica relativa alla simulazione S2.	17
Figura 3 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa alla simulazione S3.	18
Figura 4 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa alla simulazione S4.	19
Figura 5 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa alla simulazione S5.	20
Figura 6 Verifica posizionamento e distanza di recettore sensibile rispetto dal cavidotto MT di progetto.	22
Figura 7 Verifica posizionamento e distanza di recettore sensibile rispetto dal cavidotto MT di progetto.	22
Figura 8 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica – sbarre MT cabina di raccolta dell'impianto.	23
Figura 9 Andamento del campo elettrico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica – sbarre MT cabina di raccolta dell'impianto.	24
Figura 10 Rappresentazione grafica della DPA cabina di raccolta impianto eolico.	26
Figura 11 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica - Sbarre AT stazione elettrica 30/150 kV - Valutazione della Distanza di prima Approssimazione.	27
Figura 12 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica - Sbarre MT stazione elettrica 30/150 kV - Valutazione della Distanza di prima Approssimazione.	28
Figura 13 Andamento del campo elettrico in forma grafica - Sbarre AT stazione elettrica 30/150 kV.	29
Figura 14 Andamento del campo elettrico in forma grafica – edificio MT in stazione elettrica 30/150 kV.	30
Figura 15 Rappresentazione grafica della DPA stazione elettrica 30/150 kV.	32
Figura 16 Rappresentazione grafica delle DPA della stazione d'utenza 30/150 kV.	33
Figura 17 Rappresentazione grafica delle DPA del collegamento AT alla stazione 150 kV.	35
Figura 18 Esempio di Matrice di Valutazione del Rischio: $R = P \times D$	37
Figura 19 Inquadramento su ortofoto della stazione elettrica di utenza 30/150 kV.	42

 TENPROJECT	RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO	Codice Revisione Data di creazione Data ultima modif. Pagina	1416-PD_A_IE.SIA01_REL_r01 01 15/12/2020 11/01/2021 5 di 43
---	--	--	---

1. PREMESSA

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto eolico costituito da 9 aerogeneratori (per una potenza complessiva di 54 MW) nel comune di Serracapriola (FG) in località "San Leucio - Alvanella" e con opere di connessione ricadenti anche nel comune di Rotello (CB).

Più in dettaglio l'impianto eolico presenta:

- 9 aerogeneratori della potenza di 6 MW;
- 9 di cabine di trasformazione poste all'interno della base della torre e realizzazione delle opere di fondazione degli aerogeneratori;
- Un cavidotto in cavo sotterraneo in media tensione (30 kV) per il collegamento tra gli aerogeneratori denominato cavidotto interno;
- Un cavidotto in cavo sotterraneo in media tensione (30 kV) per il collegamento tra la cabina di raccolta e la stazione elettrica 30/150 kV denominato cavidotto esterno;
- La realizzazione di una sottostazione elettrica di trasformazione nel comune di Rotello (CB);
- Collegamento in cavo interrato AT della stazione elettrica 30/150 kV con la sezione 150 kV della stazione elettrica di Rotello.

La relazione è stata redatta al fine di determinare i valori di campo elettrico e campo magnetico attesi (calcolo previsionale) e la valutazione degli effetti ambientali conseguenti ai sensi della legge 36/01 e DPCM 08/07/2003.

 TENPROJECT	RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO	Codice Revisione Data di creazione Data ultima modif. Pagina	1416-PD_A_IE.SIA01_REL_r01 01 15/12/2020 11/01/2021 6 di 43
---	--	--	---

2 NORME E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

- Legge 22 febbraio 2001, n. 36 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”.
- DPCM 8 luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”.
- DM 29 maggio 2008, GU n. 156 del 5 luglio 2008, “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti”.
- "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti" APAT.
- CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo”.
- CEI 20-21 “Calcolo della portata di corrente” (IEC 60287).
- 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 I”.
- "La protezione dai campi elettromagnetici" - Edizione TNE.
- "Inquinamento elettromagnetico" - P. Bevitori et al. - Maggioli Editore.
- "La valutazione dell'inquinamento elettromagnetico" - Edizione Maggioli Editore.

3 INQUADRAMENTO NORMATIVO

La normativa nazionale per la tutela della popolazione dagli effetti dei campi elettromagnetici disciplina separatamente le basse frequenze (es. elettrodotti) e le alte frequenze (es. impianti radiotelevisivi, stazioni radiobase, ponti radio).

Il 14 febbraio 2001 è stata approvata dalla Camera dei deputati la legge quadro sull'inquinamento elettromagnetico (L.36/01). In generale il sistema di protezione dagli effetti delle esposizioni agli inquinanti ambientali distingue tra:

- effetti acuti (o di breve periodo), basati su una soglia, per cui si fissano limiti di esposizione che garantiscono - con margini cautelativi - la non insorgenza di tali effetti;
- Effetti cronici (o di lungo periodo), privi di soglia e di natura probabilistica (all'aumentare dell'esposizione aumenta non l'entità ma la probabilità del danno), per cui si fissano livelli operativi di riferimento per prevenire o limitare il possibile danno complessivo.

E' importante dunque distinguere il significato dei termini utilizzati nelle leggi (riportiamo nella tabella 1 le definizioni inserite nella legge quadro).

Tabella 1: Definizioni di limiti di esposizione, di valori di attenzione e di obiettivi di qualità secondo la legge quadro.

Limiti di esposizione	Valori di CEM che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione, ai fini della tutela dagli effetti acuti.
Valori di attenzione	Valori di CEM che non devono essere superati negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Essi costituiscono la misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti di lungo periodo.
Obiettivi di qualità	Valori di CEM causati da singoli impianti o apparecchiature da conseguire nel breve, medio e lungo periodo, attraverso l'uso di tecnologie e metodi di risanamento disponibili. Sono finalizzati a consentire la minimizzazione dell'esposizione della popolazione e dei lavoratori ai CEM anche per la protezione da possibili effetti di lungo periodo.

La normativa di riferimento in Italia per le linee elettriche è il DPCM del 08/07/2003 (G.U. n. 200 del 29.08.2003) "Fissazione dei limiti massimi di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti"; tale decreto, per effetto di quanto fissato dalla legge quadro sull'inquinamento elettromagnetico, stabilisce:

- I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute della popolazione nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze non contemplate dal D.M. 381/98, ovvero i campi a bassa frequenza (ELF) e a frequenza industriale (50 Hz);
- I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute dei lavoratori professionalmente esposti nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz (esposizione professionale ai campi elettromagnetici);
- Le fasce di rispetto per gli elettrodotti.

Relativamente alla definizione di limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità per l'esposizione della popolazione ai campi di frequenza industriale (50 Hz) relativi agli elettrodotti, il DPCM 08/07/03 propone i valori descritti in tabella 2, confrontati con la normativa europea.

 TENPROJECT	RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO	Codice	1416-PD_A_IE.SIA01_REL_r01
		Revisione	01
		Data di creazione	15/12/2020
		Data ultima modif.	11/01/2021
		Pagina	8 di 43

Tabella 2: Limiti di esposizione, limiti di attenzione e obiettivi di qualità del DPCM 08/07/03, confrontati con i livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/512CE.

Normativa	Limiti previsti	Induzione magnetica B (μ T)	Intensità del campo elettrico E (V/m)
DPCM	Limite d'esposizione	100	5.000
	Limite d'attenzione	10	
	Obiettivo di qualità	3	
Racc. 1999/512/CE	Livelli di riferimento (ICNIRP1998,OMS)	100	5.000

Il valore di attenzione di 10 μ T si applica nelle aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi, negli ambienti scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per almeno 4 ore al giorno. Tale valore è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

L'obiettivo di qualità di 3 μ T si applica ai nuovi elettrodotti nelle vicinanze dei sopraccitati ambienti e luoghi, nonché ai nuovi insediamenti ed edifici in fase di realizzazione in prossimità di linee e di installazioni elettriche già esistenti (valore inteso come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio). Da notare che questo valore corrisponde approssimativamente al livello di induzione prevedibile, per linee a pieno carico, alle distanze di rispetto stabilite dal vecchio DPCM 23/04/92.

Si ricorda che i limiti di esposizione fissati dalla legge sono di 100 μ T per lunghe esposizioni e di 1000 μ T per brevi esposizioni.

Per quanto riguarda la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, sentite le ARPA, ha approvato, con Decreto 29 Maggio 2008, "La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti".

Tale metodologia, ai sensi dell'art. 6 comma 2 del D.P.C.M. 8 luglio 2003, ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree e interrate, esistenti e in progetto. I riferimenti contenuti in tale articolo implicano che le fasce di rispetto debbano attribuirsi ove sia applicabile l'obiettivo di qualità: "Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree di gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio" (Art. 4).

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto è stato introdotto nella metodologia di calcolo un procedimento semplificato che trasforma la fascia di rispetto (volume) in una distanza di prima approssimazione (distanza).

 TENPROJECT	RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO	Codice Revisione Data di creazione Data ultima modif. Pagina	1416-PD_A_IE.SIA01_REL_r01 01 15/12/2020 11/01/2021 9 di 43
---	--	--	---

4 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

4.1 Generalità

I campi a frequenze estremamente basse (ELF), quali quelli che si manifestano nell'esercizio delle linee elettriche, sono quelli con frequenze fino a 300 Hz. A frequenze così basse corrispondono lunghezze d'onda in aria molto grandi (6000 km a 50 Hz e 5000 km a 60 Hz) e, in situazioni pratiche, il campo elettrico e quello magnetico agiscono in modo indipendente l'uno dall'altro e sono calcolati e misurati separatamente.

I campi magnetici sono prodotti dal moto delle cariche elettriche, cioè dalla corrente. La loro intensità si misura in ampere al metro (A/m), ma è spesso espressa in termini di una grandezza corrispondente, l'induzione magnetica, che si misura in Tesla (T), milliTesla (mT) o microTesla (μ T). I campi magnetici sono massimi vicino alla sorgente e diminuiscono con la distanza e non vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune che ne vengono facilmente attraversati.

Le opere elettriche di impianto sulle quali rivolgere l'attenzione al fine della valutazione dell'impatto elettrico e magnetico sono di seguito descritte:

- Il cavidotto in MT di collegamento tra gli aerogeneratori;
- Il cavidotto in MT di collegamento tra gli aerogeneratori e la cabina di raccolta;
- Il cavidotto in MT di collegamento tra la cabina di raccolta e la stazione elettrica 30/150 kV;
- La cabina di raccolta dell'impianto eolico;
- La sezione in media ed alta tensione all'interno della stazione elettrica 30/150 kV;
- Il cavidotto in AT di collegamento tra la stazione elettrica 30/150 kV di utenza e la stazione Terna di Rotello.

4.2 Linee di distribuzione in MT

Gli aerogeneratori saranno connessi tra di loro da una rete di distribuzione in cavo interrato esercita in media tensione a 30 kV, costituente il collegamento interno.

Il gruppo di aerogeneratori dell'impianto saranno connessi alla stazione elettrica 30/150 kV di utenza attraverso una rete di distribuzione in media tensione a 30 kV, costituente il collegamento esterno.

I cavi MT utilizzati per le linee elettriche interrate saranno del tipo unipolare RG7H1R – $U_0/U_m = 18/30$ kV – con conduttore in rame di sezioni 400 mm² e 630 mm².

I cavi previsti sono destinati a sistemi elettrici di distribuzione con $U_0/U_m=18/30$ kV e tensione massima $U_m=36$ kV, sigla di designazione RG7H1R.

La sezione dei singoli cavi componenti le terne, presenta le seguenti caratteristiche dimensionali:

 TENPROJECT	RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO	Codice	1416-PD_A_IE.SIA01_REL_r01
		Revisione	01
		Data di creazione	15/12/2020
		Data ultima modif.	11/01/2021
		Pagina	10 di 43

Tabella 3 Caratteristiche dimensionale ed elettriche dei cavi MT.

Sezione conduttore	Diametro conduttore	Spessore isolante	Diametro cavo	Portata al limite termico
[mm ²]	[mm]	[mm]	[mm]	[A]
3x1x400	23,8	5,5	45,4	545
3x1x630	30,5	5,5	53,4	704

4.2 Cabina di raccolta dell'impianto

All'interno della cabina di raccolta dell'impianto sono presenti le apparecchiature di media tensione (quadri MT), per la protezione ed il sezionamento delle linee elettriche, che collegano il parco eolico alla cabina ed alla stazione elettrica, il quadro di bassa tensione ed il trasformatore per i servizi ausiliari.

4.3 Stazione elettrica di utenza 30/150 kV

La stazione elettrica 30/150 kV di utenza sarà costituita da un'area chiusa composta da un locale comando e controllo, locale BT, locale MT (contenente i quadri MT, il trasformatore MT/BT) con una sezione di arrivo MT dall'impianto eolico; una sezione di trasformazione MT/AT ed una sezione di partenza in AT per la consegna dell'energia prodotta alla Rete di Trasmissione Nazionale.

4.4 Quadri MT stazione elettrica 30/150 kV

All'interno del locale MT sono ubicati i quadri in MT, per la protezione ed il sezionamento delle linee elettriche in arrivo dall'impianto fotovoltaico e in partenza verso il trasformatore di potenza AT/MT.

4.5 Cavidotto in Alta Tensione

Ai fini della simulazione di calcolo dei campi elettromagnetici è stata scelta la sezione di cavi più gravosa che presenta le seguenti caratteristiche dimensionali:

Tabella 4 Caratteristiche dimensionale ed elettriche del cavo AT .

Sezione conduttore	Diametro conduttore	Diametro cavo	Tipologia	Portata
[mm ²]	[mm]	[mm]		[A]
3x1x1600	45,2	108	Unipolare	1060

 TENPROJECT	RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO	Codice Revisione Data di creazione Data ultima modif. Pagina	1416-PD_A_IE.SIA01_REL_r01 01 15/12/2020 11/01/2021 11 di 43
---	--	--	--

5 METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO MAGNETICO

5.1 Definizioni

In riferimento all'allegato del D.M. del 29 Maggio 2008 "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto" si introducono le seguenti definizioni:

Corrente

Valore efficace dell'intensità di corrente elettrica.

Portata in corrente in servizio normale

Corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento. Essa è definita nella norma CEI 11-60 par. 2.6 e sue successive modifiche e integrazioni.

Portata in regime permanente

Massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato (secondo CEI 11-17 par. 1.2.05).

Fascia di rispetto

Spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

Distanza di prima approssimazione (DPA)

Distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

5.2 Cenni teorici sul modello utilizzato

L'induzione magnetica B generata da NR conduttori filiformi, numerati da 0 a (NR-1), può essere calcolata con l'espressione riportata di seguito; si fa notare che solo i conduttori reali contribuiscono al campo magnetico, perché si assume il suolo perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico e non si considerano quindi i conduttori immagine.

$$\vec{B} = -\frac{\mu_0}{4\pi} \sum_{k=0}^{NR-1} \int_{C_k} \frac{i}{r^3} \vec{r} \times d\vec{l}$$

dove μ_0 è la permeabilità magnetica del vuoto, NR è il numero dei conduttori (nel nostro caso pari a 3), i la corrente, C_k il conduttore generico, $d\vec{l}$ un suo tratto elementare, r la distanza tra questo tratto elementare ed il punto dove si vuole calcolare il campo.

Il modello adottato (conduttori cilindrici rettilinei orizzontali indefiniti paralleli tra di loro) consente di eseguire facilmente l'integrazione e semplificare i calcoli.

Indicato con Q il punto dove si vuole determinare il campo, definiamo sezione normale il piano verticale

passante per Q e ortogonale ai conduttori; indichiamo quindi con P_k il punto dove il generico conduttore C_k interseca la *sezione normale*, e con I_k la corrente nel singolo conduttore (si è preso l'asse z nella direzione dei conduttori).

Con queste posizioni, per l'induzione magnetica in Q si ottiene l'espressione

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_{k=0}^{NR-1} \frac{I_k \vec{z} \times (Q - P_k)}{|Q - P_k|^2}$$

La formula indica che l'induzione magnetica è inversamente proporzionale al quadrato della distanza del punto di interesse dai conduttori; esiste inoltre una proporzionalità diretta tra l'induzione e la distanza tra i singoli conduttori di ogni terna.

5.3 Metodo di calcolo

Lo studio dell'impatto elettromagnetico nel caso di linee elettriche aeree e non, si traduce nella determinazione di una fascia di rispetto. Per l'individuazione di tale fascia si deve effettuare il calcolo dell'induzione magnetica basato sulle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea presa in esame. Esso deve essere eseguito secondo modelli tridimensionali o bidimensionali con l'applicazione delle condizioni espresse al paragrafo 6.1 della norma CEI 106-11.

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, in prima approssimazione è possibile:

- Calcolare la fascia di rispetto combinando la configurazione dei conduttori, geometrica e di fase, e la portata in corrente in servizio normale che forniscono il risultato più cautelativo sull'intero tronco;
- Proiettare al suolo verticalmente tale fascia;
- Individuare l'estensione rispetto alla proiezione del centro linea (DPA).

6 METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO ELETTRICO

6.1 Cenni teorici

In generale, per il calcolo del campo elettrico si ricorre al principio delle immagini in base al quale il terreno, considerato come piano equipotenziale a potenziale nullo, può essere simulato con una configurazione di cariche immagini. In altre parole per ogni conduttore reale, sia attivo che di guardia, andrà considerato un analogo conduttore immagine la cui posizione è speculare, rispetto al piano di terra, a quella del conduttore reale e la cui carica è opposta rispetto a quella del medesimo conduttore reale.

In particolare il campo elettrico di un conduttore rettilineo di lunghezza infinita con densità lineare di carica costante può essere espresso come:

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 d} \vec{u}_r$$

Dove:

λ = densità lineare di carica sul conduttore

ϵ_0 = permittività del vuoto

d = distanza del conduttore rettilineo dal punto di calcolo

u_r = versore unitario con direzione radiale al conduttore

7 LINEA IN CAVO INTERRATO IN MEDIA TENSIONE

7.1 Generalità

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

Gli effetti di questo fenomeno possono essere studiati e calcolati facendo ricorso a modelli matematici predittivi che permettono di individuare, in maniera conservativa, la zona oltre la quale il rapporto tra segnale e disturbo è tale da non incidere sulla qualità del radioservizio. La misurazione degli effetti è possibile attraverso prove sperimentali.

Sulla base di quanto riportato a questo proposito in letteratura sulla caratterizzazione di macchine di media taglia, considerando che l'impianto è costituito da un solo aerogeneratore e che lo stesso non si frappone a ripetitori di segnali di telecomunicazione, si ritiene che il rischio di tali disturbi possa considerarsi irrilevante. Si consideri altresì che i moderni aerogeneratori utilizzano pale in materiale non metallico e antiriflettente, cosa che come detto riduce ulteriormente il disturbo.

7.2 Cabina trasformazione MT/BT

Il sistema elettrico degli aerogeneratori è costituito da apparecchiature in bassa tensione collocati sulla navicella e cavi di bassa tensione che da quest'ultima raggiungono il trasformatore MT/BT. Per i cavi in BT non è applicabile la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti (art. 3.2 DM 29/05/2008).

Riguardo i trasformatori MT/BT il valore dell'induzione magnetica decresce rapidamente al crescere della distanza dal trasformatore. Per distanze comprese tra 1 m e 10 m da un trasformatore in resina si può calcolare il valore del campo magnetico con la seguente formula:

$$B = 5 \frac{u_{cc}}{6} \sqrt{\frac{S_r}{630}} \left(\frac{3}{a}\right)^{2,8}$$

Dove

- U_{cc} è la tensione percentuale di cortocircuito;
- S_r è la potenza nominale del trasformatore (kVA);
- a è la distanza dal trasformatore.

Un valore di DPA pari a 5 m attorno al trasformatore garantisce valori di campo magnetico inferiori al limite consentito dalla legge.

 TENPROJECT	RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO	Codice Revisione Data di creazione Data ultima modif. Pagina	1416-PD_A_IE.SIA01_REL_r01 01 15/12/2020 11/01/2021 15 di 43
---	--	--	--

7.3 Determinazione dei campi magnetici

Per la realizzazione dei cavidotti di collegamento, sono stati considerati tutti gli accorgimenti che consentono la minimizzazione degli effetti elettromagnetici sull'ambiente e sulle persone. In particolare, la scelta di operare con linee in MT interrate permette di eliminare la componente elettrica del campo, grazie all'effetto schermante del terreno; inoltre la limitata distanza tra i cavi (ulteriormente ridotta grazie all'impiego di terne cosiddette "a trifoglio") fa sì che l'induzione magnetica risulti significativa solo in prossimità dei cavi.

Le simulazioni di seguito elencate, rappresentano le condizioni peggiori del calcolo della DPA dell'intero impianto, in quanto le simulazioni sono state effettuate considerando il maggiore numero di terne e la maggiore sezione dei conduttori.

In particolare sia per il cavidotto interno che per il cavidotto esterno, come condizione peggiorativa ai fini del calcolo della DPA si sono determinate la seguente simulazione:

In dettaglio saranno simulati i seguenti tratti di cavidotto alla tensione nominale di 30 kV:

- **S1:** una terna di conduttori disposti a trifoglio di sezione 400 mm² percorsa da corrente massima pari a 252 A ed interrata ad una profondità di 1,2 m;
- **S2:** due terne di conduttori disposti a trifoglio di sezione 400 mm² percorse da corrente massima pari a 252 A ed interrata ad una profondità di 1,2 m;
- **S3:** una terna di conduttori disposti a trifoglio di sezione 400 mm² e una terna di conduttori disposti a trifoglio di sezione pari a 630 mm² percorse rispettivamente da corrente massima pari a 252 A e 704 A ed interrate ad una profondità di 1,2 m;
- **S4:** due terne di conduttori disposti a trifoglio di sezione 630 mm² e una terna di conduttori disposti a trifoglio di sezione pari a 400 mm² percorse rispettivamente da corrente massima pari a 704 A e 252 A ed interrate ad una profondità di 1,2 m;
- **S5:** tre terne di conduttori di sezione 630 mm², disposti a trifoglio, percorse rispettivamente da corrente massima pari a 704 A ed interrate ad una profondità di 1,2 m;

I valori del campo magnetico sono stati misurati ad altezza conduttori, al suolo e ad 1 m dal suolo. Più precisamente, i risultati di seguito riportati illustrano l'andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori e l'andamento del campo magnetico su di un asse ortogonale all'asse dei conduttori.

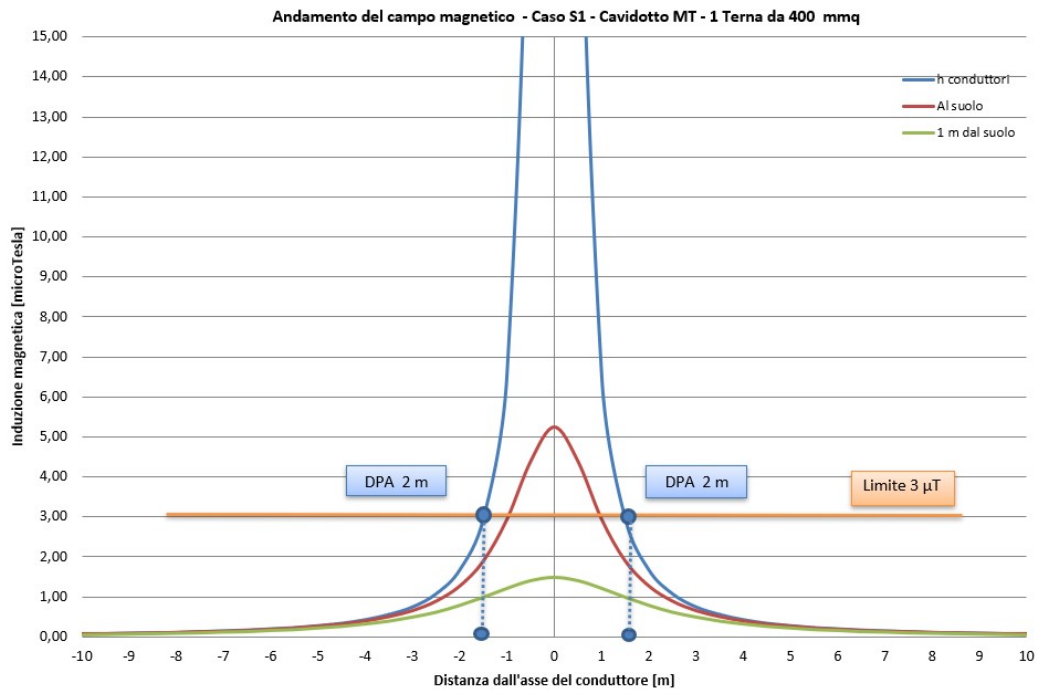


Figura 1 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa alla simulazione S1.

<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Altezza conduttori [μT]</i>	<i>Al suolo [μT]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [μT]</i>
-10,00	0,07	0,07	0,06
-9,00	0,08	0,08	0,08
-8,00	0,10	0,10	0,10
-7,00	0,14	0,13	0,13
-6,00	0,19	0,18	0,17
-5,00	0,27	0,26	0,23
-4,00	0,42	0,39	0,33
-3,00	0,74	0,65	0,50
-2,00	1,67	1,27	0,79
-1,00	6,60	2,95	1,21
0,00	416,78	5,26	1,48
1,00	6,60	2,95	1,21
2,00	1,67	1,27	0,79
3,00	0,74	0,65	0,50
4,00	0,42	0,39	0,33
5,00	0,27	0,26	0,23
6,00	0,19	0,18	0,17
7,00	0,14	0,13	0,13
8,00	0,10	0,10	0,10
9,00	0,08	0,08	0,08
10,00	0,07	0,07	0,06

Tabella 5 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S1.

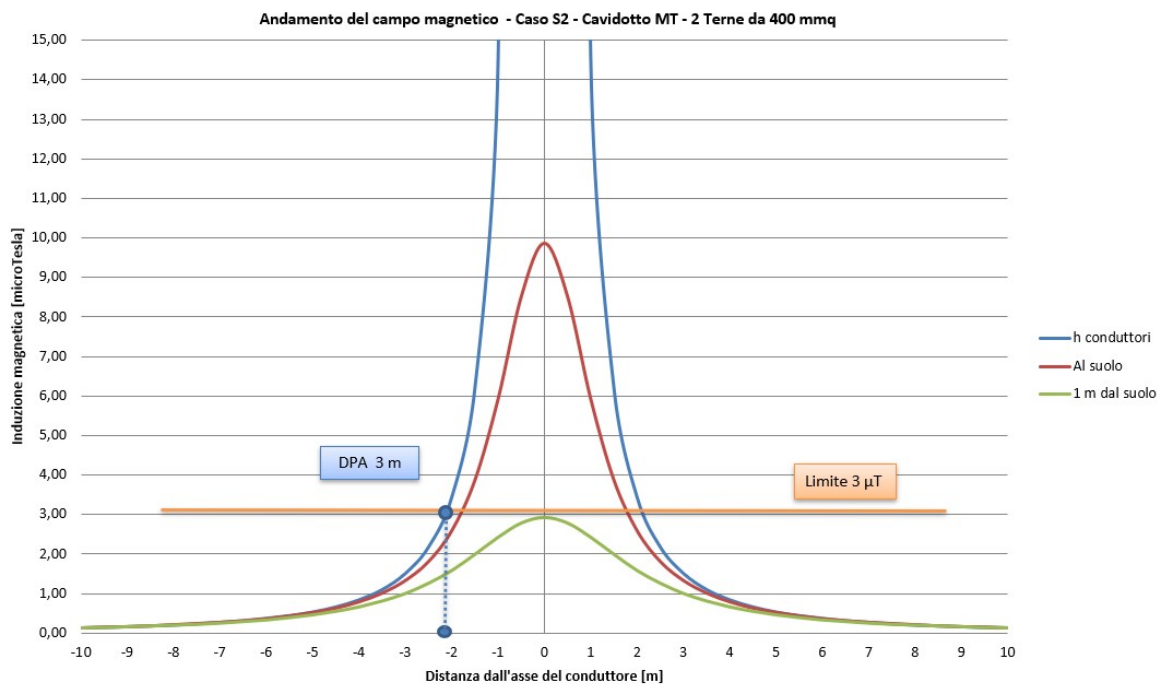


Figura 2 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa alla simulazione S2.

<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Altezza conduttori [µT]</i>	<i>Al suolo [µT]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [µT]</i>
-10,00	0,14	0,13	0,13
-9,00	0,17	0,16	0,16
-8,00	0,21	0,21	0,20
-7,00	0,28	0,27	0,25
-6,00	0,38	0,36	0,33
-5,00	0,54	0,52	0,46
-4,00	0,85	0,79	0,66
-3,00	1,52	1,33	1,00
-2,00	3,45	2,59	1,58
-1,00	14,55	5,92	2,42
0,00	93,86	9,86	2,92
1,00	14,55	5,92	2,42
2,00	3,45	2,59	1,58
3,00	1,52	1,33	1,00
4,00	0,85	0,79	0,66
5,00	0,54	0,52	0,46
6,00	0,38	0,36	0,33
7,00	0,28	0,27	0,25
8,00	0,21	0,21	0,20
9,00	0,17	0,16	0,16
10,00	0,14	0,13	0,13

Tabella 6 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S2.

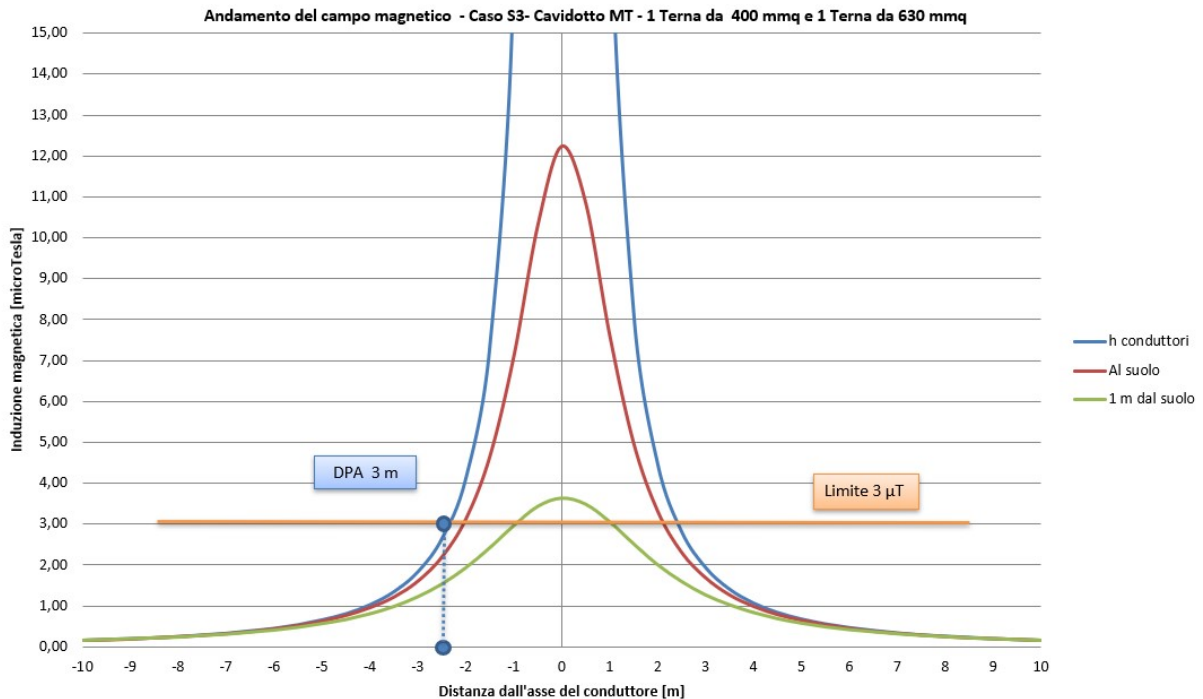


Figura 3 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa alla simulazione S3.

<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Altezza conduttori [μT]</i>	<i>Al suolo [μT]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [μT]</i>
-10,00	0,17	0,17	0,16
-9,00	0,21	0,20	0,20
-8,00	0,26	0,26	0,24
-7,00	0,34	0,33	0,31
-6,00	0,46	0,45	0,41
-5,00	0,67	0,64	0,57
-4,00	1,04	0,97	0,81
-3,00	1,85	1,62	1,23
-2,00	4,14	3,14	1,94
-1,00	16,87	7,12	2,97
0,00	124,98	12,25	3,64
1,00	19,66	7,63	3,06
2,00	4,49	3,33	2,01
3,00	1,95	1,70	1,27
4,00	1,08	1,00	0,84
5,00	0,69	0,66	0,58
6,00	0,48	0,46	0,42
7,00	0,35	0,34	0,32
8,00	0,27	0,26	0,25
9,00	0,21	0,21	0,20
10,00	0,17	0,17	0,16

Tabella 7 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S3.

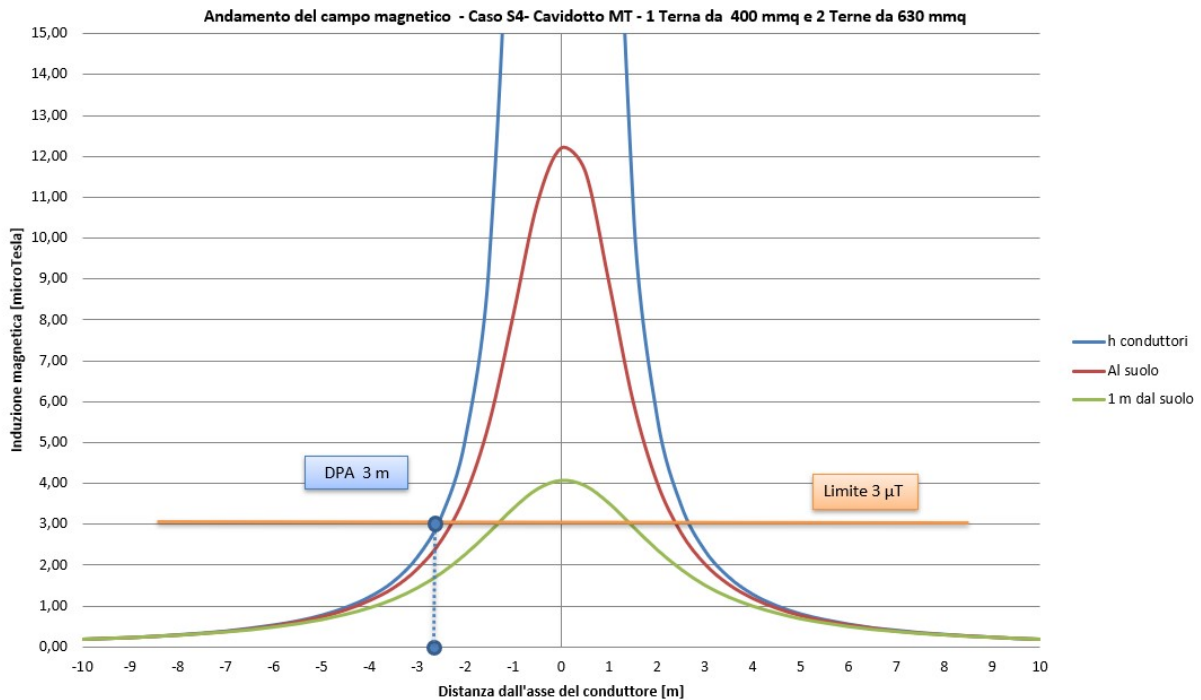


Figura 4 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa alla simulazione S4.

<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Altezza conduttori [μT]</i>	<i>Al suolo [μT]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [μT]</i>
-10,00	0,20	0,20	0,19
-9,00	0,24	0,24	0,23
-8,00	0,31	0,30	0,29
-7,00	0,40	0,39	0,37
-6,00	0,55	0,53	0,49
-5,00	0,79	0,75	0,67
-4,00	1,24	1,15	0,96
-3,00	2,22	1,93	1,45
-2,00	5,13	3,74	2,27
-1,00	24,90	8,15	3,39
0,00	563,38	12,22	4,07
1,00	30,10	8,91	3,51
2,00	5,66	4,04	2,38
3,00	2,37	2,04	1,51
4,00	1,30	1,20	1,00
5,00	0,82	0,78	0,69
6,00	0,57	0,55	0,50
7,00	0,42	0,40	0,38
8,00	0,32	0,31	0,30
9,00	0,25	0,25	0,24
10,00	0,20	0,20	0,19

Tabella 8 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S4.

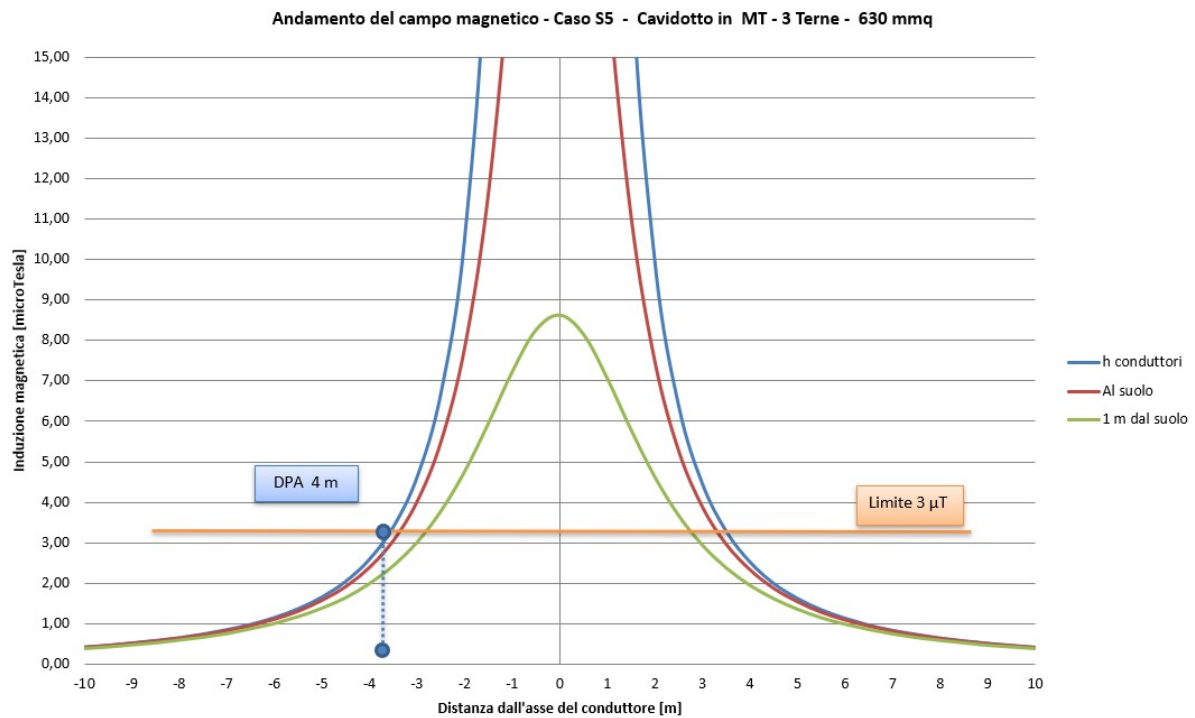


Figura 5 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa alla simulazione S5.

<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Altezza conduttori [μT]</i>	<i>Al suolo [μT]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [μT]</i>
-10,00	0,41	0,40	0,39
-9,00	0,51	0,50	0,48
-8,00	0,64	0,63	0,60
-7,00	0,84	0,82	0,76
-6,00	1,14	1,10	1,01
-5,00	1,65	1,57	1,39
-4,00	2,59	2,39	2,00
-3,00	4,63	4,02	3,02
-2,00	10,57	7,84	4,77
-1,00	44,42	17,84	7,23
0,00	866,77	29,09	8,62
1,00	39,30	16,77	7,05
2,00	9,92	7,46	4,62
3,00	4,44	3,87	2,94
4,00	2,51	2,32	1,95
5,00	1,61	1,53	1,36
6,00	1,12	1,08	0,99
7,00	0,82	0,80	0,75
8,00	0,63	0,62	0,59
9,00	0,50	0,49	0,47
10,00	0,40	0,40	0,39

Tabella 9 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S5.

7.4 Determinazione della distanza di prima approssimazione (DPA)

Il calcolo della DPA per i cavidotti di collegamento in MT simulati si traduce graficamente nell'individuazione di una distanza che ha origine dal punto di proiezione dall'asse del cavidotto al suolo e ha termine in un punto individuato sul suolo il cui valore del campo magnetico risulta essere uguale o inferiore ai 3 μ T. Si riportano nella seguente tabella le distanze di prima approssimazione per i tratti di cavidotto presi in esame:

Tabella 10- Distanza di prima approssimazione per cavidotti di collegamento del parco fotovoltaico.

CASO DI STUDIO	N° TERNE	SEZIONI [mm²]	TIPOLOGIA CAVO	TENSIONE [kV]	DPA [m]
S1	1	3x1x95	Posa a trifoglio	30	2
S2	2	3x1x400 3x1x400	Posa a trifoglio	30	3
S3	2	3x1x400 3x1x630	Posa a trifoglio	30	3
S4	3	3x1x630 3x1x630 3x1x400	Posa a trifoglio	30	3
S5	3	3x1x630 3x1x630 3x1x630	Posa a trifoglio	30	4

All'interno di tali aree ricadenti su strade esistenti non sono stati rinvenuti recettori sensibili.

In particolare nelle immagini successive, sono rappresentati alcuni eventuali recettori individuati lungo il percorso del cavidotto MT, i quali però risultano ubicati a una distanza dal cavidotto nettamente superiore rispetto alle DPA precedentemente calcolate.

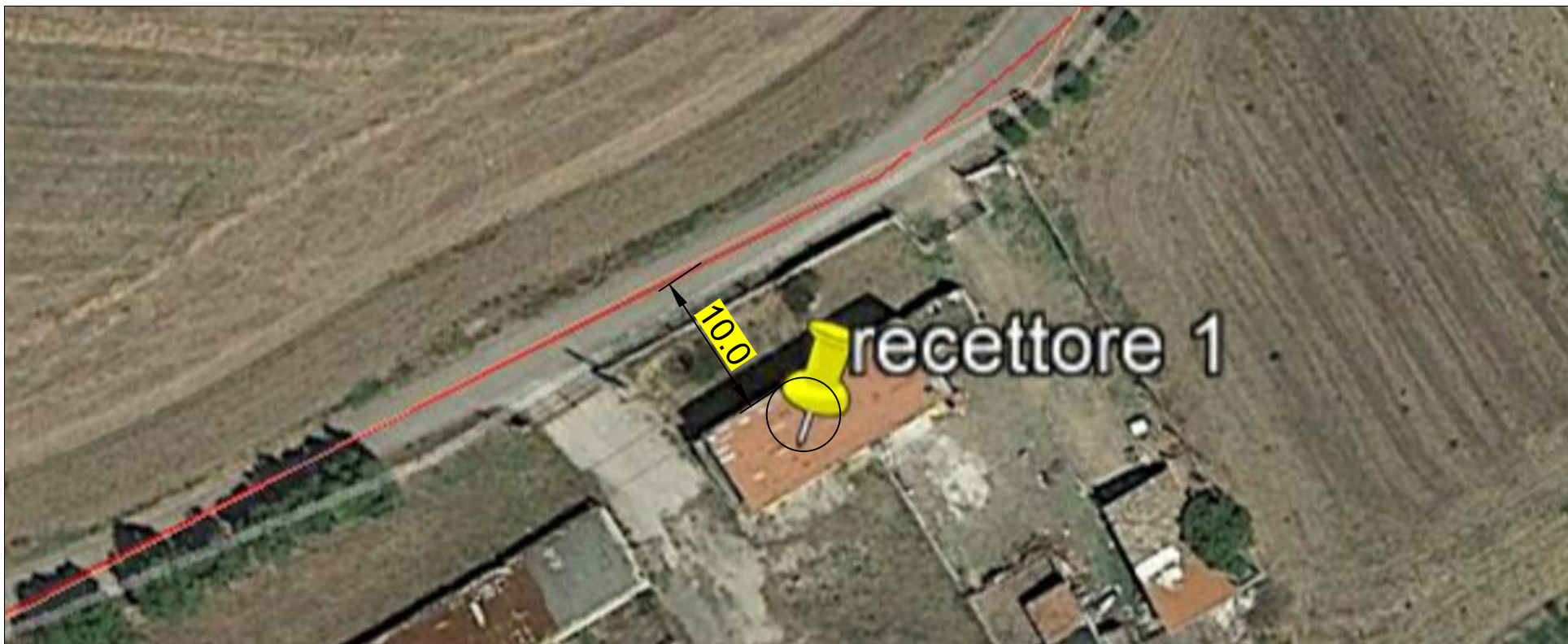


Figura 6 Verifica posizionamento e distanza di recettore sensibile rispetto dal cavidotto MT di progetto.

Situazione aggiornata al : 16/12/2020

Dati della ricerca

Catasto: **Fabbricati**
 Comune di: **SERRACAPRIOLA** Codice: 1641
 Foglio: 19 Particella: 184
 Immobili individuati: 4

Elenco Immobili

	Foglio	Particella	Sub	Indirizzo	Zona cens	Categoria	Classe	Consistenza	Rendita	Partita	Altri Dati
<input type="radio"/>	19	184	1	SERRACAPRIOLA CONTRADA SAN LEUCIO, SNC Piano T						Bene comune non censibile	
<input type="radio"/>	19	184	2	SERRACAPRIOLA CONTRADA SAN LEUCIO, SNC Piano T		C/2	1	48 mq	Euro:146,26		
<input type="radio"/>	19	184	3	SERRACAPRIOLA CONTRADA SAN LEUCIO, SNC Piano T		C/6	1	47 mq	Euro:72,82		
<input type="radio"/>	19	184	4	SERRACAPRIOLA CONTRADA SAN LEUCIO, SNC Piano T		F/2					



Figura 7 Verifica posizionamento e distanza di recettore sensibile rispetto dal cavidotto MT di progetto.

Situazione aggiornata al : 16/12/2020

Dati della ricerca

Catasto: **Fabbricati**
 Comune di: **ROTELLO** Codice: **H589**
 Foglio: **31** Particella: **126**
 Immobili individuati: **5**

Elenco Immobili

	Foglio	Particella	Sub	Indirizzo	Zona cens	Categoria	Classe	Consistenza	Rendita	Partita	Altri Dati
<input type="radio"/>	31	126	1	ROTELLO						Soppressa	
<input type="radio"/>	31	126	2	ROTELLO CONTRADA CORNICIONE, SNC Piano T						Bene comune non censibile	
<input type="radio"/>	31	126	3	ROTELLO CONTRADA CORNICIONE, SNC Piano T		D/10			Euro: 2.038,00		
<input type="radio"/>	31	126	4	ROTELLO CONTRADA CORNICIONE, SNC Piano T-1		C/1	1	42 mq	Euro:574,82		
<input type="radio"/>	31	126	5	ROTELLO CONTRADA CORNICIONE, SNC Piano T-1 - 2		A/4	5	8,5 vani	Euro:438,99		

8 CABINA DI RACCOLTA DELL'IMPIANTO EOLICO

Il calcolo del campo elettrico e magnetico per la cabina di raccolta dell'impianto, è stato effettuato sulle sbarre a 30 kV dei quadri in MT. I parametri geometrici utilizzati per il calcolo risultano i seguenti:

- Altezza delle sbarre: 1.60 m;
- Distanza tra le sbarre: 0.3 m;

I parametri elettrici riportati nel software risultano, invece, i seguenti:

- Valore massimo della corrente che può transitare sulle sbarre a piena potenza alla tensione 30 kV: 660 A;
- Valore efficace della tensione fra conduttore e terra: 17341 V;

A favore della sicurezza, i valori di corrente utilizzati nella simulazione di calcolo sono quelli relativi alle correnti termiche nominali delle sbarre a 30 kV.

I valori di campo magnetico sono stati calcolati ad altezza conduttori, più precisamente, i risultati di seguito riportati illustrano l'andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse delle sbarre e su di un asse ortogonale alle stesse.

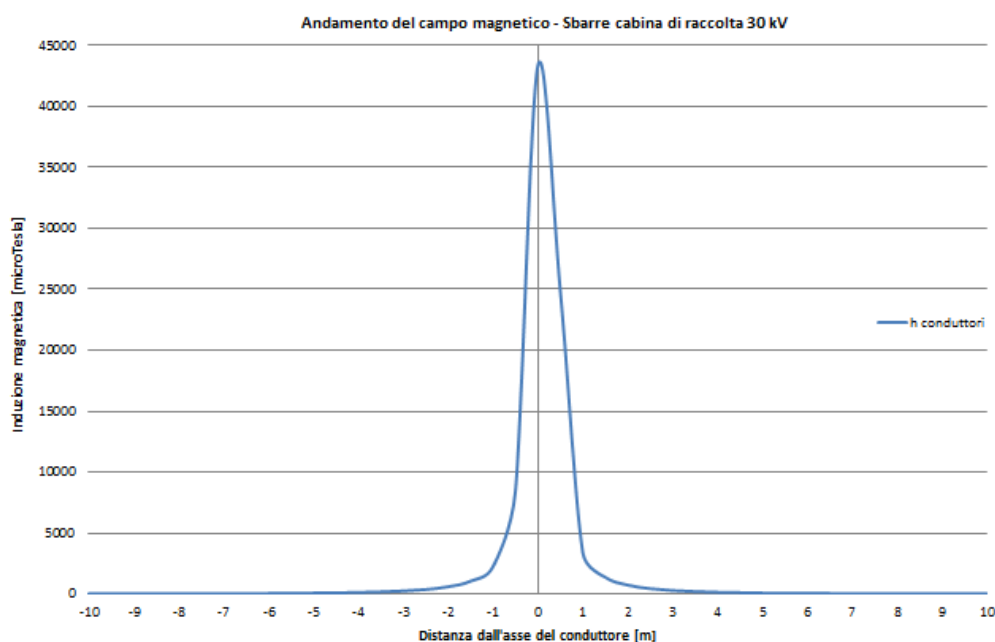


Figura 8 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica – sbarre MT cabina di raccolta dell'impianto.

Distanza dall'asse [m]	Valori di campo magnetico [μT]
	Altezza conduttori
-10,00	0,88
-9,00	1,09
-8,00	1,38
-7,00	1,81
-6,00	2,46
-5,00	3,55
-4,00	5,55
-3,00	9,92
-2,00	22,62
-1,00	97,22
0,00	1766,69
1,00	97,22
2,00	22,62
3,00	9,92
4,00	5,55
5,00	3,55
6,00	2,46
7,00	1,81
8,00	1,38
9,00	1,09
10,00	0,88

Tabella 11 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare – sbarre MT cabina di raccolta dell'impianto.

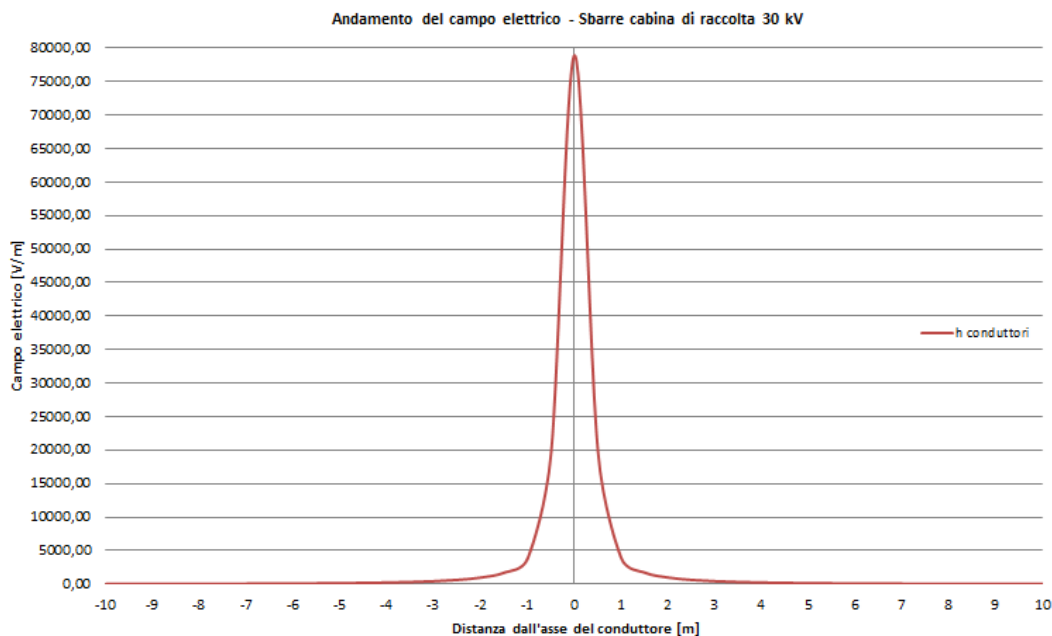


Figura 9 Andamento del campo elettrico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica – sbarre MT cabina di raccolta dell'impianto.

<i>Distanza dall'asse [m]</i>	<i>Valori di campo elettrico [V/m]</i>
	<i>Altezza conduttori</i>
0,00	78830,00
0,50	19967,70
1,00	3841,60
1,50	1712,70
2,00	982,00
2,50	632,00
3,00	435,00
3,50	313,20
4,00	233,30
4,50	178,60
5,00	140,00
5,50	112,00
6,00	91,10
6,50	75,30
7,00	63,00
7,50	53,40
8,00	45,80
8,50	39,60
9,00	34,60
9,50	30,40
10,00	26,90

Tabella 12 Andamento del campo elettrico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare – sbarre MT cabina di raccolta dell'impianto.

Come si evince dalla simulazione del calcolo (figura 8 e tabella 11) i valori di campo magnetico ad altezza conduttori restano al di sotto dei 3 μ T ad una distanza di circa 6 m dal muro perimetrale della cabina. Tale valore di induzione magnetica è indicato nel DPCM 08/07/2003 come obiettivo di qualità previsto per le aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi, negli ambienti scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per almeno 4 ore al giorno.

La rappresentazione grafica della DPA della cabina di raccolta è riportata in figura 10.

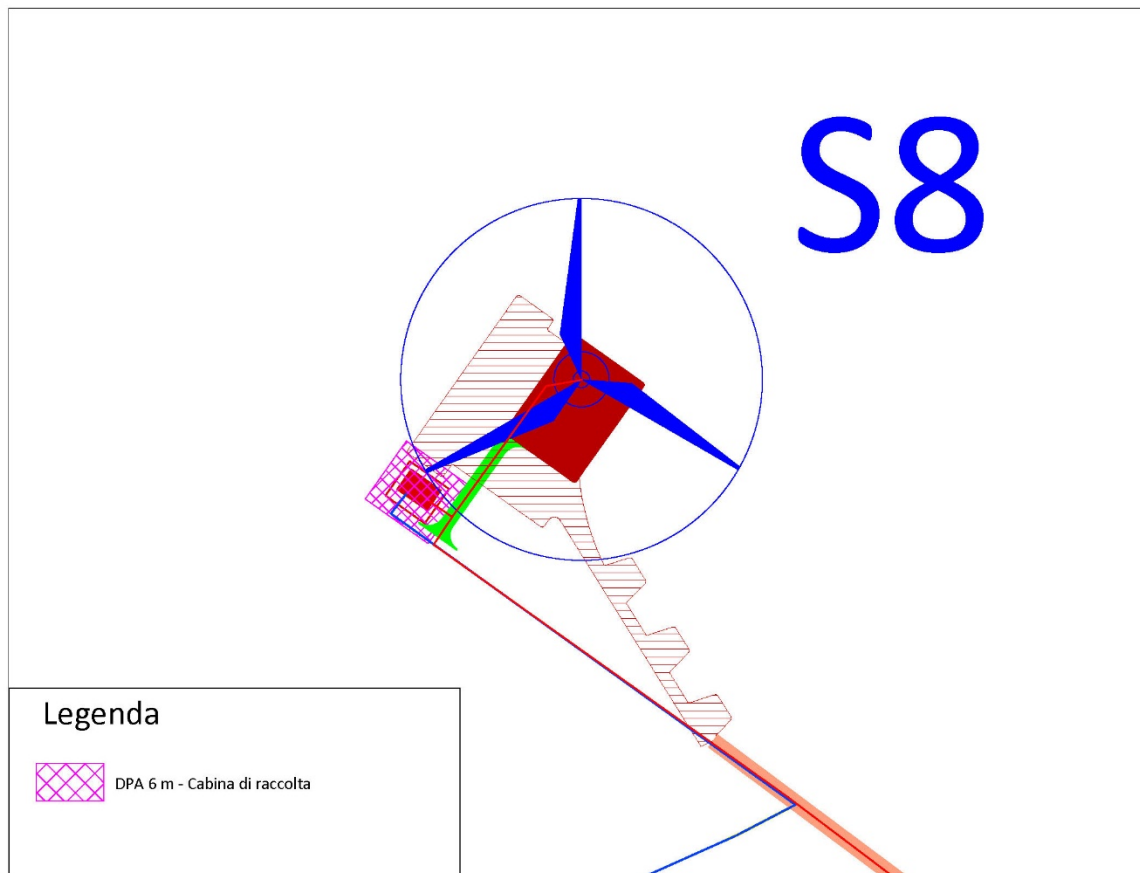


Figura 10 Rappresentazione grafica della DPA cabina di raccolta impianto eolico.

Per quanto riguarda il campo elettrico, l'intensità risulta massima vicino al dispositivo e diminuisce con la distanza. Considerando il campo elettrico calcolato ad altezza conduttori si ottengono valori di campo elettrico inferiore ai limiti di 5000 V/m imposti dalla normativa a solo 1 m dalle sbarre in MT.

8.1 STAZIONE ELETTRICA DI UTENZA 30/150 kV

Il calcolo del campo elettrico e magnetico per stazione elettrica di utenza 30/150 kV è stato effettuato sulle sbarre a 150 kV all'interno dell'area di stazione e sulle sbarre a 30 kV dei quadri in MT ubicati all'interno del locale MT anch'esso all'interno della recinzione della stazione.

I parametri geometrici ed elettrici utilizzati per il calcolo sulle sbarre a 150 kV risultano i seguenti:

- Altezza delle sbarre: 7,7 m;
- Distanza tra le sbarre: 2,2 m;

- Valore efficace della corrente delle sbarre: 870 A;
- Valore efficace della tensione fra conduttore e terra: 86705 V.

I parametri geometrici ed elettrici utilizzati per il calcolo sulle sbarre a 30 kV risultano, invece, i seguenti:

- Altezza delle sbarre: 1,6 m;
- Distanza tra le sbarre: 0,37 m;
- Valore efficace della corrente delle sbarre: 1250 A;
- Valore efficace della tensione fra conduttore e terra: 17341 V.

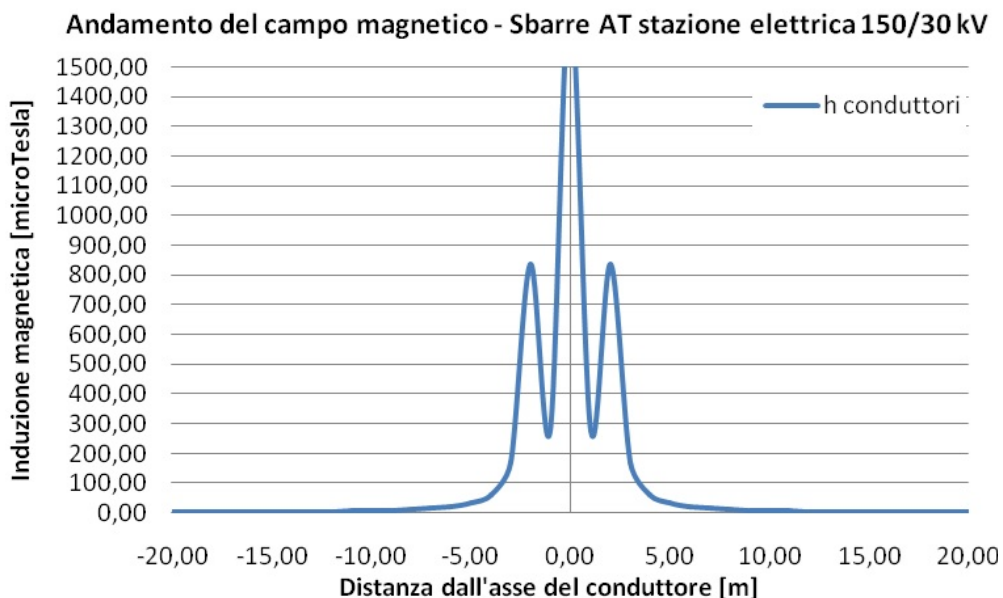


Figura 11 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica - Sbarre AT stazione elettrica 30/150 kV - Valutazione della Distanza di prima Approssimazione.

Valutazione Distanza di prima approssimazione			
Distanza dai cavi [m]	Altezza conduttori [μT]	Distanza dai cavi [m]	Altezza conduttori [μT]
-20	1,68	1	277,17
-19	1,87	2	835,8
-18	2,08	3	171,7
-17	2,34	4	62,23
-16	2,65	5	33,91
-15	2,96	6	21,74
-14	3,48	7	15,26
-13	4,06	8	11,35
-12	4,79	9	8,79

-11	5,75	10	7,02
-10	7,02	11	5,75
-9	8,79	12	4,79
-8	11,35	13	4,06
-7	15,26	14	3,48
-6	21,74	15	2,96
-5	33,91	16	2,65
-4	62,23	17	2,34
-3	171,7	18	2,08
-2	835,8	19	1,87
-1	277,17	20	1,68
0	1741,79		

Tabella 13 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare - Sbarre AT stazione elettrica 30/150 kV - Valutazione della Distanza di prima Approssimazione.

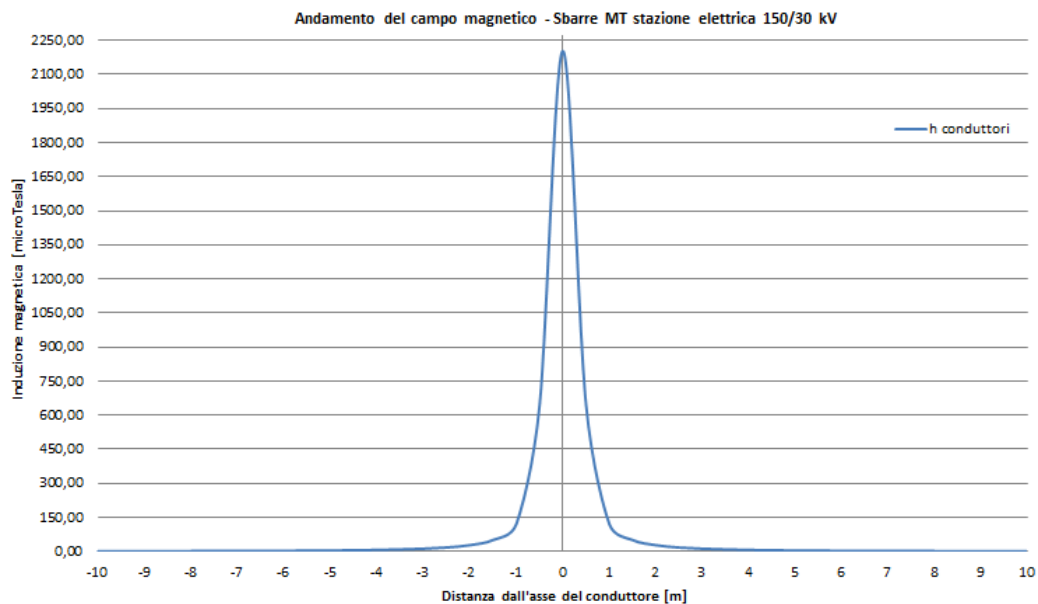


Figura 12 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica - Sbarre MT stazione elettrica 30/150 kV - Valutazione della Distanza di prima Approssimazione.

Distanza dall'asse [m]	Valori di campo magnetico [μT]
	Altezza conduttori
-10,00	1,10
-9,00	1,36
-8,00	1,72
-7,00	2,25
-6,00	3,07
-5,00	4,42
-4,00	6,93
-3,00	12,37
-2,00	28,20

-1,00	121,25
0,00	2203,17
1,00	121,25
2,00	28,20
3,00	12,37
4,00	6,93
5,00	4,42
6,00	3,07
7,00	2,25
8,00	1,72
9,00	1,36
10,00	1,10

Tabella 14 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare – Sbarre MT stazione elettrica 150/30 Kv - Valutazione della Distanza di prima Approssimazione.

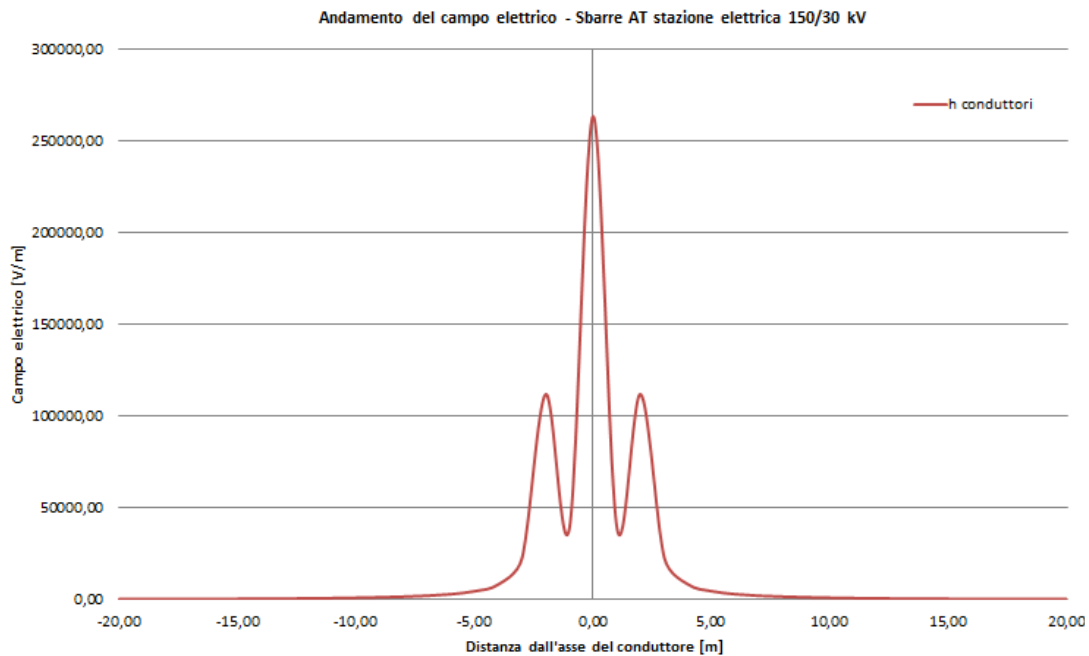


Figura 13 Andamento del campo elettrico in forma grafica - Sbarre AT stazione elettrica 30/150 kV.

Distanza dall'asse [m]	Valori di campo elettrico [V/m]
	Altezza conduttori
0	263460,50
1	39261,50
2	112013,90
3	22797,40
4	8360,50
5	4645,20
6	3040,60
7	2173,40

8	1640,30
9	1283,90
10	1031,40
11	844,70
12	702,40
13	591,20
14	502,60
15	431,10
16	372,50
17	324,00
18	283,60
19	249,50
20	220,70

**Tabella 15 Andamento del campo elettrico in forma tabellare –
Sbarre AT stazione elettrica 150/30 kV.**

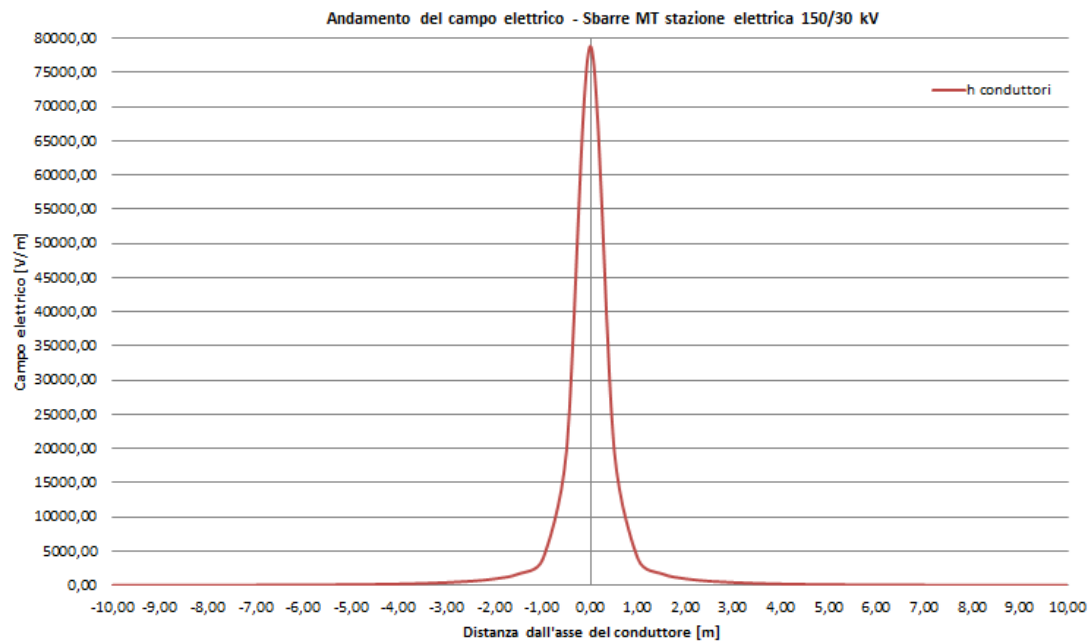


Figura 14 Andamento del campo elettrico in forma grafica – edificio MT in stazione elettrica 30/150 kV.

<i>Distanza dall'asse [m]</i>	<i>Valori di campo elettrico [V/m]</i>
	<i>Altezza conduttori</i>
0,00	78925,50
0,50	19701,50
1,00	3846,20
1,50	1714,70
2,00	983,20
2,50	632,90
3,00	435,50
3,50	313,50
4,00	233,60

4,50	178,90
5,00	140,20
5,50	112,10
6,00	91,20
6,50	75,40
7,00	63,10
7,50	53,50
8,00	45,80
8,50	39,70
9,00	34,60
9,50	30,40
10,00	27,00

**Tabella 16 Andamento del campo elettrico in forma tabellare –
Cabina MT in stazione elettrica 30/150 kV.**

Come si evince dalla simulazione del calcolo, dalle figure 11 e 12 e dalle relative tabelle, sia i valori di campo magnetico ad altezza conduttori sia quelli ad 1 m dal suolo restano al di sotto dei 3 μ T ad una distanza di circa 15 m dall'asse delle sbarre in AT e 7 m circa dal confine della cabina MT della stazione 30/150 kV.

Nella figura successiva vengono rappresentate le distanze di prima approssimazione DPA della stazione elettrica 30/150 kV.



Figura 15 Rappresentazione grafica della DPA stazione elettrica 30/150 kV.

Riguardo al campo elettrico, dai risultati delle simulazioni (figure 13 e 14 e relative tabelle), si ottengono valori di intensità inferiore ai limiti di 5000 V/m imposti dalla normativa a soli 5 m dalle sbarre in AT ed 1 m da quelle in MT.

9 LINEA IN CAVO INTERRATO IN AT

Per la realizzazione del cavidotto di collegamento in AT tra la stazione elettrica di utenza e la stazione elettrica di smistamento saranno considerati tutti gli accorgimenti che consentono la minimizzazione degli effetti elettrici e magnetici sull'ambiente e sulle persone. In particolare, la scelta di operare con linee in AT interrate permette di eliminare la componente elettrica del campo, grazie all'effetto schermante del terreno. Nel caso in questione, lo studio del campo magnetico è stato effettuato, alla tensione nominale di 150 kV, sul seguente tratto di cavidotto così costituito:

- **S6:** tre terne di conduttori di sezione 1600 mm² percorsa da corrente massima pari a 1060 A;

I valori del campo magnetico sono stati misurati ad altezza conduttori, al suolo e ad 1 m dal suolo. Più precisamente, i risultati di seguito riportati illustrano, per ognuna delle situazioni richiamate, l'andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori e l'andamento del campo magnetico su di un asse ortogonale all'asse dei conduttori.

S6 - Cavidotto AT a tre terna di sezione 1600 mm² interrata a 1.5 m dal piano di campagna.

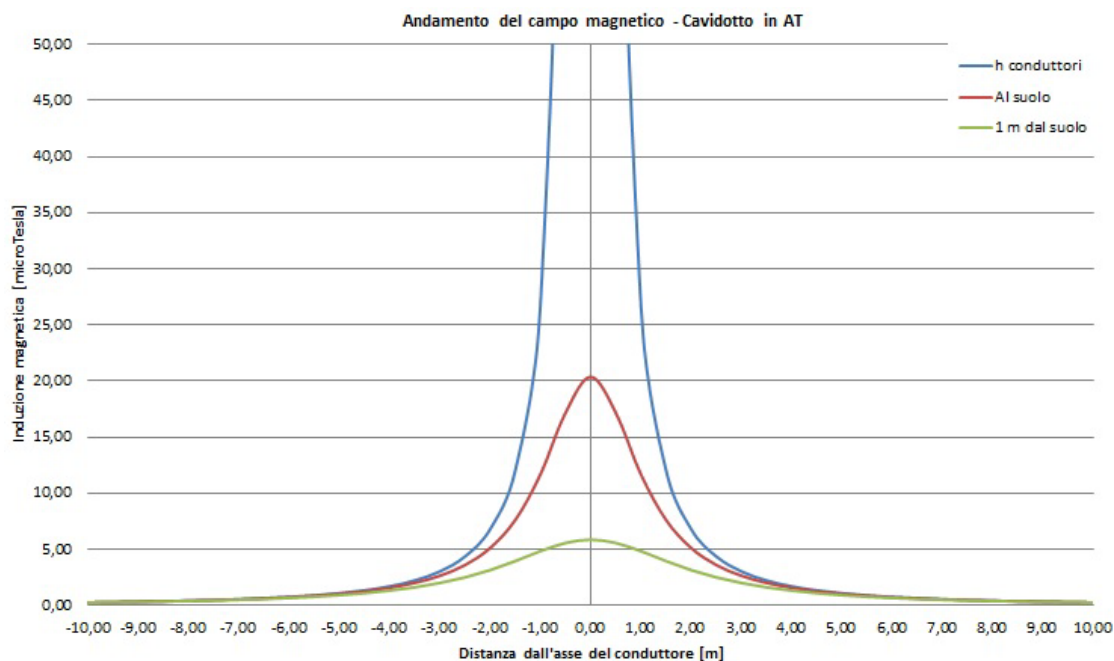


Figura 16 Rappresentazione grafica delle DPA della stazione d'utenza 30/150 kV.

<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Altezza conduttori [μT]</i>	<i>Al suolo [μT]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [μT]</i>
-10,00	0,27	0,27	0,26
-9,00	0,34	0,33	0,32
-8,00	0,43	0,42	0,40
-7,00	0,56	0,54	0,51
-6,00	0,76	0,73	0,67
-5,00	1,10	1,04	0,92
-4,00	1,71	1,58	1,33
-3,00	2,98	2,65	2,01
-2,00	6,81	5,13	3,16
-1,00	26,76	11,68	4,84
0,00	1196,73	20,37	5,87
1,00	26,76	11,68	4,84
2,00	6,81	5,13	3,16
3,00	2,98	2,65	2,01
4,00	1,71	1,58	1,33
5,00	1,10	1,04	0,92
6,00	0,76	0,73	0,67
7,00	0,56	0,54	0,51
8,00	0,43	0,42	0,40
9,00	0,34	0,33	0,32
10,00	0,27	0,27	0,26

**Tabella 17 Andamento del campo elettrico in forma tabellare –
Cavidotto AT 150 kV.**

9.1 Determinazione della prima approssimazione (DPA)

Il calcolo della DPA per il cavidotto di collegamento in AT simulato si traduce anch'esso graficamente nell'individuazione di una distanza che ha origine dal punto di proiezione dall'asse del cavidotto al suolo e ha termine in un punto individuato sul suolo il cui valore del campo magnetico risulta essere uguale o inferiore ai 3 μT . Per il caso specifico il valore di 3 μT è facilmente riscontrabile nella tabella 17 dalla quale si evince che la distanza di prima approssimazione risulta essere pari a ± 3 m rispetto all'asse del cavidotto. Di seguito viene data una rappresentazione grafica relativa alla DPA del collegamento AT alla stazione Terna di Rotello.

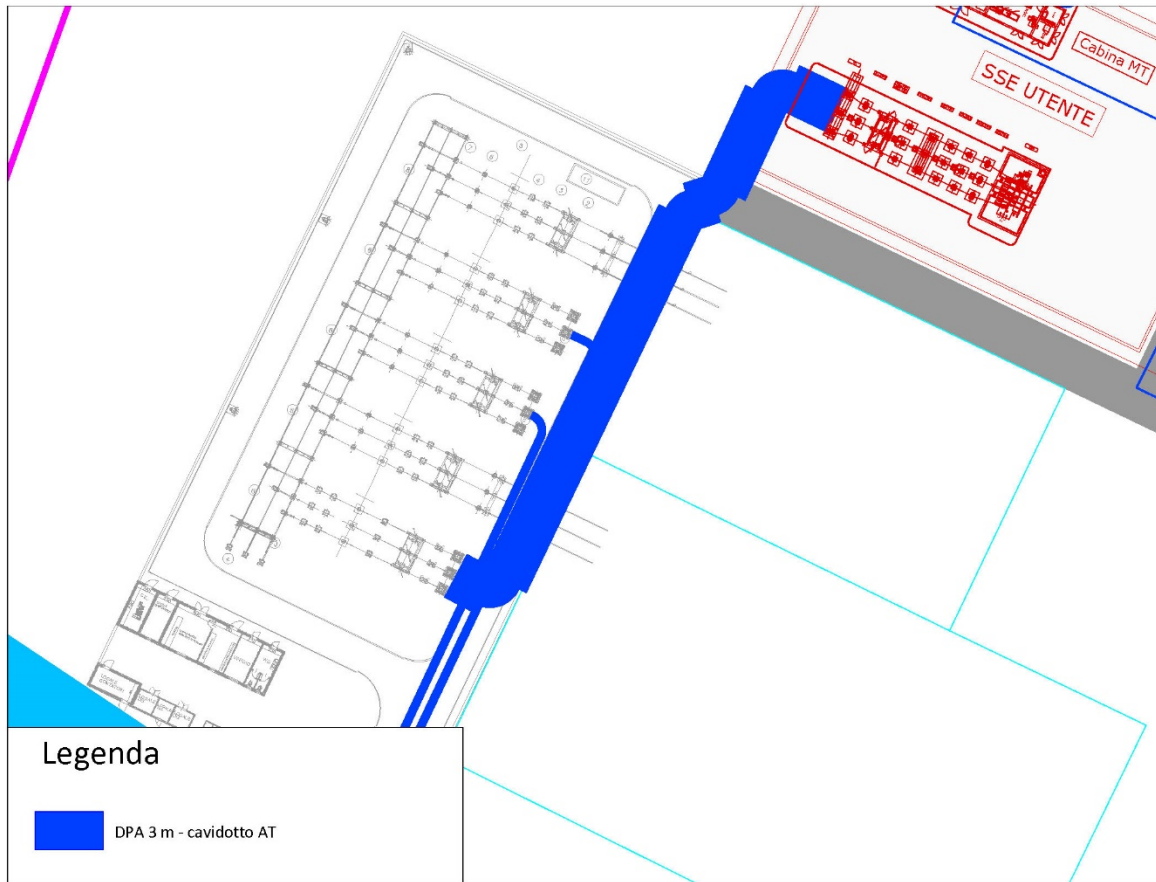


Figura 17 Rappresentazione grafica delle DPA del collegamento AT alla stazione 150 kV.

10 VALUTAZIONE DEL RISCHIO DERIVANTE DALL'ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI A CAMPI ELETTROMANETICI

10.1 Generalità

Nell'ambito della valutazione del rischio da esposizione a campi elettromagnetici, il datore di lavoro dovrà provvedere a controllare, attraverso calcoli o misure, i livelli dei campi elettromagnetici ai quali sono esposti i lavoratori, verificando se vengono superati i valori di azione e, qualora questo avvenisse, controllando che non vengano superati i valori limite di esposizione. Nel procedere alla valutazione si dovrà tener conto dei seguenti elementi:

- Il livello, lo spettro di frequenza, la durata e il tipo di esposizione;
- I valori limite di esposizione e i valori di azione;
- Tutti gli effetti sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori particolarmente sensibili al rischio;
- Qualsiasi effetto indiretto quale:
 - Interferenza con attrezzature e dispositivi medici elettronici (compresi stimolatori cardiaci e altri dispositivi impiantati);
 - Rischio propulsivo di oggetti ferromagnetici in campi magnetici statici con induzione magnetica superiore a 3 mT;
 - Innesco di dispositivi elettro_esplosivi (detonatori);
 - Incendi ed esplosioni dovuti all'accensione di materiali infiammabili provocata da scintille prodotte da campi indotti, correnti di contatto o scariche elettriche;
- L'esistenza di attrezzature di lavoro alternative progettate per ridurre i livelli di esposizione ai campi elettromagnetici;
- Per quanto possibile, informazioni adeguate raccolte nel corso della sorveglianza sanitaria, comprese le informazioni reperibili in pubblicazioni scientifiche;
- Sorgenti multiple di esposizione;
- Esposizione simultanea a campi di frequenze diverse.

10.2 Analisi del rischio

Il rischio dei lavoratori all'esposizione dei campi elettromagnetici appartiene alla categoria **"Rischi per la salute"**.

Il rischio viene determinato mediante la formula $R = P \times D$, (dove **P** indica la probabilità di accadimento di un determinato evento, mentre **D** indica per il danno per il lavoratore) ed è indicato in forma matriciale in figura 1, avente in ascisse la gravità del danno atteso ed in ordinate la probabilità del suo verificarsi.

P - Probabilità	4	4	8	12	16
	3	3	6	9	12
	2	2	4	6	8
	1	1	2	3	4
		1	2	3	4
		D - Danno			

Figura 18 Esempio di Matrice di Valutazione del Rischio: $R = P \times D$.

I rischi che possono provocare i danni più gravi occupano in tale matrice le caselle in alto a destra (probabilità elevata, danno gravissimo), quelli minori le posizioni più vicine all'origine degli assi (danno lieve, probabilità trascurabile), con tutta la serie di posizioni intermedie facilmente individuabili.

Nelle successive tabelle 3 e 4 sono descritte le scale semiquantitative della "Probabilità" **P** e del "Danno" **D** ed i criteri per l'attribuzione dei valori.

Valore	Livello	Definizioni/criteri
4	Altamente probabile	<ul style="list-style-type: none"> Esiste una correlazione diretta tra la mancanza rilevata ed il verificarsi del danno ipotizzato per i lavoratori. Si sono già verificati danni per la stessa mancanza rilevati nel luogo di lavoro in ambienti simili o situazioni operative simili Il verificarsi del danno conseguente la mancanza rilevata non susciterebbe alcuno stupore tra gli altri lavoratori.
3	Probabile	<ul style="list-style-type: none"> La mancanza rilevata può provocare un danno, anche se non in modo automatico o diretto. E' noto qualche episodio in cui alla mancanza rilevata ha fatto seguito il danno. Il verificarsi del danno ipotizzato, susciterebbe una moderata sorpresa.
2	Poco probabile	<ul style="list-style-type: none"> La mancanza rilevata può provocare un danno al contemporaneo verificarsi di particolari condizioni. Sono noti solo rari episodi già verificatisi. Il verificarsi del danno ipotizzato susciterebbe una discreta sorpresa.
1	Improbabile	<ul style="list-style-type: none"> La mancanza rilevata può provocare un danno per concomitanza di più eventi poco probabili indipendenti. Non sono noti episodi già verificatisi. Il verificarsi del danno susciterebbe incredulità.

Tabella 18 Scala delle probabilità "P" di accadimento di un evento.

 TENPROJECT	RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO	Codice Revisione Data di creazione Data ultima modif. Pagina	1416-PD_A_IE.SIA01_REL_r01 01 15/12/2020 11/01/2021 38 di 43
---	--	--	--

Valore	Livello	Definizioni/criteri
4	Gravissimo	<ul style="list-style-type: none"> • Infortunio o episodio di esposizione acuta con effetti anche letali o che possono determinare una condizione di invalidità permanente. • Infortuni o patologie di carattere fisico e/o psicofisico croniche con effetti totalmente invalidanti.
3	Grave	<ul style="list-style-type: none"> • Infortunio o episodio di esposizione acuta con effetti di invalidità parziale. • Infortuni o patologie di carattere fisico e/o psicofisico croniche con effetti parzialmente invalidanti.
2	Medio	<ul style="list-style-type: none"> • Infortunio o episodio di esposizione acuta con inabilità reversibile. • Infortunio o patologie di carattere fisico e/o psicofisico croniche con effetti reversibili.
1	Lieve	<ul style="list-style-type: none"> • Infortunio o episodio di esposizione acuta con inabilità rapidamente reversibile. • Piccoli Infortuni o patologie di carattere fisico rapidamente reversibili.

Tabella 19 Scala dell'entità del Danno "D".

Il valore di **Probabilità** di accadimento di un determinato evento è espresso in una scala di valori da 1 a 4. L'evento che può o potrebbe determinare un **Danno** per il lavoratore è valutato in relazione alla tipologia di rischio. La classificazione del **"Danno"** che un lavoratore potrebbe subire al verificarsi di un dato evento o dovuto a criticità e carenze degli aspetti organizzativi e gestionali viene effettuata mediante una scala di valori variabili da 1 a 4.

Per la determinazione del fattore di rischio il datore di lavoro, al termine della realizzazione dell'impianto fotovoltaico, dovrà redigere un Documentazione di Valutazione del Rischio che tenga conto dei rischi dell'esposizione dei lavoratori agli agenti fisici tra cui quelli dovuti ai campi elettromagnetici. Tale valutazione dovrà essere eseguita attraverso misurazioni in campo.

In fase di progettazione definitiva si procederà alla definizione del fattore di rischio sulla base dei calcoli eseguiti nei paragrafi precedenti. Di seguito una tabella riassuntiva dei luoghi di lavoro, tipologia di lavoratori e valori di campi magnetici ed elettrici entro il metro di distanza dalla sorgente (area di lavoro).

Luogo di lavoro	Tipologia di lavoratori	Campo Magnetico	Campo Elettrico	Fattore di rischio
Cavidotto interno MT caso S1	Operai e tecnici per Manutenzione ordinaria e straordinaria	6.6 μ T	Assente	6
Cavidotto interno MT caso S2		14.55 μ T	Assente	6
Cavidotto interno MT caso S3		19.66 μ T	Assente	6
Cavidotto interno MT caso S4		30.10 μ T	Assente	6
Cavidotto esterno MT caso S5		39.30 μ T	Assente	6
Cabina di raccolta		97.22 μ T	3841.60 V/m	
Stazione elettrica sbarre AT		277 μ T	39261 V/m	6
Stazione elettrica sbarre MT		121 μ T	3846 V/m	6
Cavidotto AT		27 μ T	Assente	6

Tabella 20 – Valutazione del Rischio

Per definire quali sono i parametri a cui fare riferimento per valutare i valori limite, sia per il campo elettrico che per quello magnetico, sono state prese in considerazione la tabella dei valori di azione dal paragrafo “Normativa di riferimento” e la frequenza delle sorgenti di campo elettromagnetico pari a 50 Hz.

Da questo studio si sono ottenuti, per tutti i lavoratori a servizio del parco fotovoltaico, i valori limite di azione sia di campo magnetico che di campo elettrico:

TIPOLOGIA DI MISURA	PARAMETRO LIMITE
Campo Magnetico	500 μ T
Campo Elettrico	10000 V/m

Tabella 21– Limiti imposti dalla normativa.

Si sottolinea che tali valori vanno applicati esclusivamente ai lavoratori del parco fotovoltaico (luogo di lavoro), in quanto i valori riferibili alla popolazione, che non può entrare all'interno delle strutture del parco, sono di gran lunga inferiori.

Per i campi magnetici, i valori di azione calcolati non superano mai quelli definiti dalla normativa in nessun luogo di lavoro.

A seguito della valutazione dei rischi di cui all'articolo 210, qualora risulti che i valori di azione di cui all'articolo 208 sono superati, il datore di lavoro, a meno che la valutazione effettuata a norma dell'articolo 209, comma 2, dimostri che i valori limite di esposizione non sono superati e che possono essere esclusi rischi relativi alla sicurezza, elabora ed applica un programma d'azione che comprenda misure tecniche e organizzative intese a prevenire esposizioni superiori ai valori limite di esposizione, tenendo conto in particolare:

- Di altri metodi di lavoro che implicano una minore esposizione ai campi elettromagnetici;

- Della scelta di attrezzature che emettano campi elettromagnetici di intensità inferiore, tenuto conto del lavoro da svolgere;
- Delle misure tecniche per ridurre l'emissione dei campi elettromagnetici, incluso se necessario l'uso di dispositivi di sicurezza, schermature o di analoghi meccanismi di protezione della salute;
- Degli appropriati programmi di manutenzione delle attrezzature di lavoro, dei luoghi e delle postazioni di lavoro;
- Della progettazione e della struttura dei luoghi e delle postazioni di lavoro;
- Della limitazione della durata e dell'intensità dell'esposizione;
- Della disponibilità di adeguati dispositivi di protezione individuali.

Fermo restando che in nessun caso i lavoratori devono essere esposti a valori superiori ai valori limite di esposizione, se questi risultino superati, il datore di lavoro adotta misure immediate per riportare l'esposizione al disotto dei valori limite di esposizione, individua le cause del superamento dei valori limite di esposizione e adegua di conseguenza le misure di protezione e prevenzione per evitare un nuovo superamento.

10.3 Segnaletica

I luoghi di lavoro dove i lavoratori, in base alla valutazione del rischio, possono essere esposti a campi elettromagnetici che superano i valori di azione devono essere indicati con un'apposita segnaletica. Se il datore di lavoro dimostra che i valori limite di esposizione non sono superati e che possono essere esclusi rischi alla sicurezza, tale obbligo non sussiste. Dette aree sono inoltre identificate e l'accesso alle stesse è limitato, laddove ciò sia tecnicamente possibile e sussista il rischio di superamento dei valori di esposizione.

10.4 Informazione e formazione dei lavoratori

Il datore di lavoro provvede affinché i lavoratori esposti a rischi derivanti da campi elettrici e magnetici sul luogo di lavoro e i loro rappresentanti vengano informati e formati in relazione al risultato della valutazione dei rischi di cui all'articolo 209 con particolare riguardo:

- All'entità e al significato dei valori limite di esposizione e dei valori di azione di cui all'articolo 208, nonché ai potenziali rischi associati;
- Ai risultati della valutazione, misurazione o calcolo dei livelli di esposizione ai campi elettromagnetici;
- Alle modalità per individuare e segnalare gli effetti negativi dell'esposizione della salute;
- Alle circostanze nelle quali i lavoratori hanno diritto a una sorveglianza sanitaria e agli obiettivi della stessa;
- Alle procedure di lavoro sicure per ridurre al minimo i rischi derivanti dall'esposizione.

10.5 Sorveglianza sanitaria

Sono sottoposti a sorveglianza sanitaria i lavoratori per i quali è stata rilevata un'esposizione superiore ai valori limite di cui all'articolo 208, comma 1. La sorveglianza sanitaria viene effettuata periodicamente, di norma una volta l'anno. Tenuto conto dei risultati della valutazione dei rischi, il medico competente può effettuarla con periodicità inferiore con particolare riguardo ai lavoratori particolarmente sensibili al rischio.

Rivelato in un lavoratore l'esistenza di un danno alla salute (l'effetto biologico è al di fuori dell'intervallo in cui l'organismo può normalmente compensarlo e ciò porta a qualche condizione di detrimento della salute) il medico competente ne informa il datore di lavoro che procede ad effettuare una nuova valutazione del rischio a norma dell'articolo 209.

11 CONCLUSIONI

La determinazione delle DPA è stata effettuata in accordo al D.M. del 29/05/2008 riportando per ogni opera elettrica la summenzionata DPA. Dalle analisi, i cui risultati sono riassunti nei grafici e tabelle riportati nei paragrafi precedenti, si può desumere quanto segue:

- Per la stazione elettrica 30/150 kV, la distanza di prima approssimazione è stata valutata in ± 15 m per le sbarre in alta tensione (150 kV) e 7 m per le sbarre in media tensione (30 kV) dell'edificio utente. Si fa presente che tali DPA ricadono all'interno delle particelle catastali dell'area di stazione elettrica. **In particolare, all'interno delle aree summenzionate delimitate dalle DPA non risultano recettori sensibili ovvero aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici, luoghi adibiti a permanenza di persone per più di quattro ore giornaliere, come risulta evidente dalla figura successiva.**



Figura 19 Inquadramento su ortofoto della stazione elettrica di utenza 30/150 kV.

- Per la cabina di raccolta la distanza di prima approssimazione per le sbarre in media tensione è pari a 6 m dal muro perimetrale.
- Per il cavidotto del collegamento interno in media tensione del parco eolico la distanza di prima approssimazione non eccede il range di ± 3 m rispetto all'asse del cavidotto;
- Per il cavidotto del collegamento esterno in media tensione del parco eolico la distanza di prima approssimazione non eccede il range di ± 4 m rispetto all'asse del cavidotto;
- Per il cavidotto in alta tensione la distanza di prima approssimazione non eccede il range di ± 3 m rispetto all'asse del cavidotto.

 TENPROJECT	RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO	Codice Revisione Data di creazione Data ultima modif. Pagina	1416-PD_A_IE.SIA01_REL_r01 01 15/12/2020 11/01/2021 43 di 43
---	--	--	--

I valori di campo elettrico risultano rispettare i valori imposti dalla norma (<5000 V/m) in quanto le aree con valori superiori ricadono all'interno del locale MT ed all'interno della stazione elettrica il cui accesso è consentito al solo personale autorizzato.

Tutte le aree summenzionate delimitate dalla DPA ricadono all'interno di aree nelle quali non risultano recettori sensibili ovvero aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici, luoghi adibiti a permanenza di persone per più di quattro ore giornaliere.

Si può quindi concludere che la realizzazione delle opere elettriche relative al parco eolico sito nel comune di Serracapriola (FG) in località "San Leucio - Alvanella" e con opere di connessione ricadenti anche nel comune di Rotello (CB), rispetta la normativa vigente.