

# IMPIANTO DI RETE PER LA CONNESSIONE A 20 KV DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

UBICATO NEL COMUNE DI MEDICINA (BO)  
VIA ALBERONE, SN

Procedura autorizzativa (Decreto Regionale) N° \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_

## PROGETTO DEFINITIVO

## OPERE DI RETE

## RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI

### IDENTIFICAZIONE ELABORATO

Livello prog.	Codice rintracciabilità	Tipo docum.	N°Elaborato	N°Foglio	Tot.Fogli	Nome file	Scala	Data
PD	T0739086 - 302329967	Relazione	075	1	15	GRE.EEC.R.21.IT.P.15534.00.075.01_Relazion e Campi Elettromagnetici	-	06/03/2023

### Revisione

Revisione	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato	Data
00	Emissione Definitiva	M.Gallina	A.Fata	V.Bretti	27/10/2022
01	Rev.01	M.Gallina	A.Fata	V.Bretti	06/03/2023

Progettista: **wsp** **GOLDER**



GESTORE RETE ELETTRICA

Firma:

\_\_\_\_\_

Proponente: Enel Green Power Solar Energy Srl



Firma: \_\_\_\_\_



Engineering & Construction



GRE CODE

GRE.EEC.R.21.IT.P.15534.00.075.01

PAGE

1 di/of 16

TITLE: Relazione Campi Elettromagnetici

AVAILABLE LANGUAGE:IT

# RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE “Portonovo FV” Medicina (BO)

File: GRE.EEC.R.21.IT.P.15534.00.075.01\_Relazione Campi Elettromagnetici

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
01	06/03/2023	Rev.01	M.Gallina	A.Fata	V.Bretti
00	27/10/2022	Emissione Definitiva	M.Gallina	A.Fata	V.Bretti

EGP VALIDATION		
Name (EGP)	Discipline EGP	PE EGP
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATE BY

PROJECT / PLANT Portonovo FV (15534)	EGP CODE																		
	GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT			SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION							
	GRE	EEC	R	2	1	I	T	P	1	5	5	3	4	0	0	0	7	5	0

<b>CLASSIFICATION</b> For Information or For Validation	<b>UTILIZATION SCOPE</b> Basic Design, Detailed Design, Issue for Construction, etc.
---	--

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.



Engineering & Construction



CODICE - CODE

GRE.EEC.R.21.IT.P.15534.00.075.01

PAGINA - PAGE

2 di/of 16

## INDICE

1.0	INTRODUZIONE.....	3
2.0	QUADRO NORMATIVO .....	4
3.0	BASSE FREQUENZE.....	6
4.0	DIFFERENZA TRA CAMPI INDOTTI DA LINEE ELETTRICHE AEREE E CAVI INTERRATI.....	7
4.1	CAMPO ELETTRICO .....	7
4.2	CAMPO MAGNETICO.....	7
5.0	DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE .....	8
6.0	CALCOLO DELLE FASCE DI RISPETTO.....	10
6.1	CAVIDOTTI .....	10
6.2	CABINA DI CONSEGNA.....	15
7.0	CONCLUSIONI.....	16

## 1.0 INTRODUZIONE

L'aumento degli ultimi anni dell'esposizione umana ai campi magnetici, elettrici ed elettromagnetici, ha portato il mondo scientifico a porsi il problema delle possibili conseguenze dannose, soprattutto per quanto riguarda i campi a frequenze industriale.

Questo perché in tempi molti ridotti si è avuto un aumento esponenziale della produzione dei campi elettrici e magnetici a frequenze estremamente basse (50 Hz) di origine artificiale, dovuti quasi esclusivamente alla generazione, alla trasmissione, alla distribuzione e all'uso dell'energia elettrica.

In Italia tale problematica è presente a causa del grande numero di linee ad alta tensione per l'energia elettrica, distribuite in modo massiccio su tutto il territorio. Gli impianti fotovoltaici, comunque, non creano ulteriori disagi, in quanto nella maggior parte dei casi utilizzano le linee già esistenti per il trasporto dell'energia da essi prodotta.

In alcuni limitati casi, però, non è possibile allacciarsi a reti già esistenti, per cui si rende necessaria la costruzione di linee apposite, andando quindi ad aumentare il numero di campi elettrici agenti sul territorio.

Inoltre, per ridurre ulteriormente la possibilità di interferenze con tali campi elettromagnetici, viene effettuato l'interramento totale dei cavidotti appartenenti al campo fotovoltaico e di quelli di collegamento alla rete di trasmissione nazionale.

La presente relazione costituisce pertanto la Relazione sui campi elettromagnetici prodotti dall'impianto fotovoltaico a terra di proprietà di Enel Green Power Solar Energy Srl, sito nella frazione di Portonovo nel Comune di Medicina (RM). Il progetto proposto si compone di cinque impianti, per una potenza nominale complessiva pari a 40.964,00 kW<sub>p</sub>, che vengono denominati denominati:

- IMPIANTO 1 - 8.131,20 kW<sub>p</sub>
- IMPIANTO 2 - 8.192,80 kW<sub>p</sub>
- IMPIANTO 3 - 8.223,90 kW<sub>p</sub>
- IMPIANTO 4 - 8.162,00 kW<sub>p</sub>
- IMPIANTO 5 - 8.254,40 kW<sub>p</sub>

Nello specifico, le considerazioni riportate a seguire faranno riferimento alle opere di connessione alla rete di distribuzione esistente previste dal preventivo di connessione prot. N°ED-04/05/2022-P2114807 con codice di rintracciabilità impianto n. T0739086- 302329967.

## 2.0 QUADRO NORMATIVO

Di seguito si riportano i principali riferimenti normativi pertinenti:

- **D.M. 21 marzo 1988, n.449** - Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne.
- **Norma 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.
- **Norma CEI 211-4** - Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e stazioni elettriche.
- **Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'allegato al DM 29.5.2008** - Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche.
- **Raccomandazione Consiglio Ue 1999/519/CE** - Limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz.
- **Legge 22 febbraio 2001, n. 36** - Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. Legge contenente le indicazioni generali circa funzioni e competenze, piani di risanamento, catasto delle sorgenti, controlli e sanzioni, ai fini della tutela della popolazione e dei lavoratori dall'esposizione a campi elettromagnetici.
- **D.P.C.M. 08.07.2003** - 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. Decreto attuativo della legge quadro, fissa i limiti per le emissioni degli elettrodotti, definisce tecniche di misurazione e valutazione e dà indicazioni circa la determinazione delle fasce di rispetto.
- **D.M. 29.05.2008** - Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti. Contiene, in allegato, la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, definita da ISPRA e dal sistema delle Agenzie ambientali secondo quanto previsto dal **DPCM 08/07/2003**.

In particolare, 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 D.P.C.M. 8 luglio 2003 (artt. 3 e 4) stabilisce, in conformità alla Legge 36/2001 (art. 4, c. 2), quanto segue:

*Art.3, comma 1*

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



Engineering & Construction



CODICE - CODE

GRE.EEC.R.21.IT.P.15534.00.075.01

PAGINA - PAGE

5 di/of 16

*Art.3, comma 2*

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

*Art.4, comma 1*

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

*Art. 6, comma 1*

Per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità di cui all'articolo 4 ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla norma **CEI 11-60**, che deve essere dichiarata dal gestore al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, per gli elettrodotti con tensione superiore a 150 kV, e alle Regioni, per gli elettrodotti con tensione non superiore a 150 kV. I gestori provvedono a comunicare i dati per il calcolo e l'ampiezza delle fasce di rispetto ai fini delle verifiche delle autorità competenti.

### 3.0 BASSE FREQUENZE

I valori limite fissati nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici per le basse frequenze sono imposti dal D.P.C.M. 8-7-03, pubblicato sulla G.U. n.200 del 29 Agosto 2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti", sono riportati nella seguente tabella:

	<b>Campo Elettrico [kV/m]</b>	<b>Induzione Magnetica [<math>\mu</math>T]</b>
Limite di esposizione	5	100
Valore di attenzione	-	10
Obiettivo di qualità	-	3

Il decreto prevede, nel caso del limite di esposizione, che i valori di campo elettrico e campo magnetico siano espressi come valori efficaci mentre, per il valore di attenzione e l'obiettivo di qualità, l'induzione magnetica è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio, in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere.

Si fa notare che i suddetti limiti non si applicano ai lavoratori professionalmente esposti che operano nel settore della costruzione, manutenzione, etc. poiché quest'ultimi sono sottoposti ad una differente normativa.

## **4.0 DIFFERENZA TRA CAMPI INDOTTI DA LINEE ELETTRICHE AEREE E CAVI INTERRATI**

### **4.1 Campo Elettrico**

Il campo elettrico risulta ridotto in maniera significativa per l'effetto combinato dovuto alla speciale guaina metallica schermante del cavo ed alla presenza del terreno che presenta una conducibilità elevata. Per le linee elettriche di MT a 50 Hz, i campi elettrici misurati attraverso prove sperimentali sono risultati praticamente nulli, per l'effetto schermante delle guaine metalliche e del terreno sovrastante i cavi interrati.

### **4.2 Campo Magnetico**

Le grandezze che determinano l'intensità del campo magnetico circostante un elettrodotto sono principalmente:

- distanza dalle sorgenti (conduttori);
- intensità delle sorgenti (correnti di linea);
- disposizione e distanza tra sorgenti (distanza mutua tra i conduttori di fase);
- presenza di sorgenti compensatrici;
- suddivisione delle sorgenti (terne multiple).

I metodi di controllo del campo magnetico si basano principalmente sulla riduzione della distanza tra le fasi, sull'installazione di circuiti addizionali (spire) nei quali circolano correnti di schermo, sull'utilizzazione di circuiti in doppia terna a fasi incrociate e sull'utilizzazione di linee in cavo. I valori di campo magnetico risultano notevolmente abbattuti mediante interrimento degli elettrodotti. Questi saranno posti a circa 0,8 - 1,2 metri di profondità e sono composti da un conduttore cilindrico, una guaina isolante, una guaina conduttrice (la quale funge da schermante per i disturbi esterni, i quali sono più acuti nel sottosuolo in quanto il terreno è molto più conduttore dell'aria) e un rivestimento produttivo.

I cavi interrati generano, a parità di corrente trasportata, un campo magnetico al livello del suolo più intenso degli elettrodotti aerei (circa il doppio), però l'intensità di campo magnetico si riduce molto più rapidamente con la distanza. Tra gli svantaggi sono da considerare i problemi di perdita di energia legati alla potenza reattiva (produzione, oltre ad una certa lunghezza del cavo, di una corrente capacitiva, dovuta all'interazione tra il cavo ed il terreno stesso, che si contrappone a quella di trasmissione).

Altri metodi con i quali ridurre i valori d'intensità di campo elettrico e magnetico possono essere quelli di usare "linee compatte", dove i cavi vengono avvicinati tra di loro in quanto questi sono isolati con delle membrane isolanti. Queste portano ad una riduzione del campo magnetico. Confrontando il campo magnetico generato da linee aeree con quello generato da cavi interrati, si rileva che per i cavi interrati l'intensità massima del campo magnetico è più elevata, ma presenta un'attenuazione più pronunciata.

## 5.0 DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE

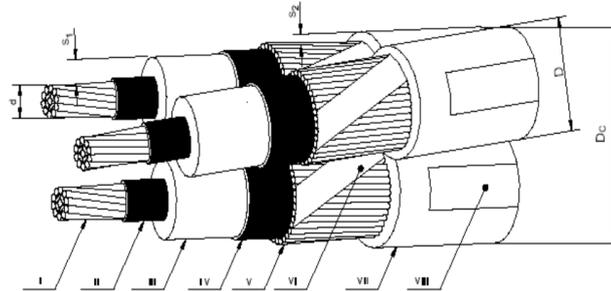
Il parco fotovoltaico in progetto, della tipologia grid-connected, ha una potenza di circa 40.964,00 kWp, derivante da 74.480 moduli bifacciali da 550 Wp ciascuno, e sarà collegato alla rete elettrica mediante connessioni trifase in media tensione a 20 kV, una per ogni impianto di cui si compone il lotto.

I cinque impianti, nello specifico, verranno connessi in rete mediante n.6 linee MT 20 kV interrate collegate ad uno stallo MT dedicato all'interno della Cabina Primaria "Schiappa". Sarà prevista una dorsale per ciascun impianto nonché una dorsale aggiuntiva per la chiusura ad anello delle con la Cabina Primaria.

Per la posa delle linee elettriche necessarie per il raccordo con la rete di distribuzione (cfr. elaborato "GRE.EEC.D.21.IT.P.15534.00.041\_Planimetria cavidotti di connessione alla rete") verrà realizzato uno scavo largo 1 m e profondo 1,4 m.

All'interno di tale trincea troveranno alloggiamento sei terne di cavidotti della tipologia ARE4H5EX con sezione 240 mmq, secondo quanto previsto nel preventivo "STMG" con prot. N°ED-04/05/2022-P2114807, del quale si riportano i dati maggiormente significativi:

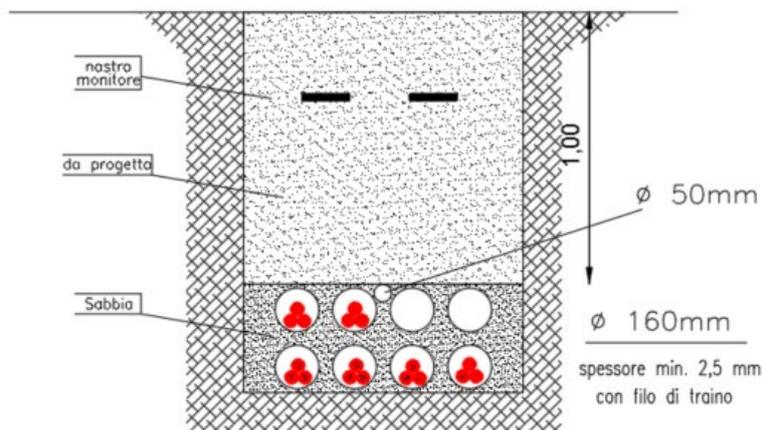
<b>Lotto di impianti</b>	
Codice rintracciabilità lotto di impianti FV	T0739086- 302329967
<b>Impianto 1</b>	
Codice POD:	IT001E10409194
Codice presa:	3761701000003
Codice fornitura:	104091946
<b>Impianto 2</b>	
Codice POD:	IT001E10409200
Codice presa:	3761701000004
Codice fornitura:	104092004
<b>Impianto 3</b>	
Codice POD:	IT001E10409207
Codice presa:	3761701000005
Codice fornitura:	104092071
<b>Impianto 4</b>	
Codice POD:	IT001E10409214
Codice presa:	3761701000006
Codice fornitura:	104092144
<b>Impianto 5</b>	
Codice POD:	IT001E10409217
Codice presa:	3761701000007
Codice fornitura:	104092179



- |                            |                                       |                       |
|----------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| I - Conduttore             | IV - Strato semiconduttore            | VII - Guaina          |
| II - Strato semiconduttore | V - Schermo                           | VIII - Stampigliatura |
| III - Isolante             | VI - Nastro equalizzatore (eventuale) |                       |

**Figura 1: Cavo di connessione alla rete elettrica secondo specifica e-Distribuzione DC 4385**

## "Dettaglio costruttivo" Scavo 8 tubi



**Figura 2: Connessione MT a E-Distribuzione : tipologico di posa in terreno**

## 6.0 CALCOLO DELLE FASCE DI RISPETTO

### 6.1 Cavidotti

La norma CEI 106-11 definisce le formule per il calcolo dell'induzione magnetica prodotta da un sistema trifase di conduttori rettilinei disposti tra loro parallelamente e percorsi da una terna di correnti equilibrate e simmetriche. Successivamente dimostra che il campo magnetico nell'intorno dei cavi cordati ad elica è inferiore tanto più quanto è piccolo il passo dell'elica.

La norma CEI 211-4 fornisce invece le metodologie per il calcolo dei campi elettromagnetici generati dalle linee elettriche aeree ed interrate, sviluppate limitatamente a geometrie bidimensionali e applicabili a casi di interesse pratico.

Il valore del campo magnetico indotto dipende dal valore di corrente elettrica che attraversa il conduttore e dal numero di terne di cavidotti presenti all'interno dello scavo, dal momento che la presenza contemporanea di più terne provoca un incremento del campo magnetico. Occorre quindi tenere in considerazione le diverse modalità di posa dei cavidotti, che per le opere di connessione in esame sono costituite da:

1. Cavidotti di connessione alla rete del tipo ARE4H5EX

Ai fini delle valutazioni riportate nel seguito si fa presente che, in maniera cautelativa, verrà stata considerata una modalità di posa a trifoglio semplice anziché trifoglio con elica visibile, come invece richiesto dal distributore di rete.

#### Cavidotti di connessione alla rete

Per tener conto delle sei terne di cavidotti ARE4H5EX, da installare nella stessa sezione di scavo, si è fatto ricorso ad un modello matematico che prende in considerazione il campo magnetico generato da ogni singola terna.

Il modello, costituito secondo quanto previsto e suggerito dalla norma CEI 211-4 cap 4.2.2.3, tiene conto delle componenti spaziali dell'induzione magnetica, calcolate come somma del contributo delle correnti nei diversi conduttori:

$$B_x = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[ \frac{y_i - y}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right] \quad B_y = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[ \frac{x_i - x}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$

È possibile a questo punto effettuare una semplificazione del modello che consideri il contributo non del singolo conduttore ma dell'intera terna.

In accordo alla norma CEI 106-11 art. 6.2.3 b), per i cavi unipolari posati a trifoglio semplice si può ricorrere ad un'espressione approssimata del campo magnetico:

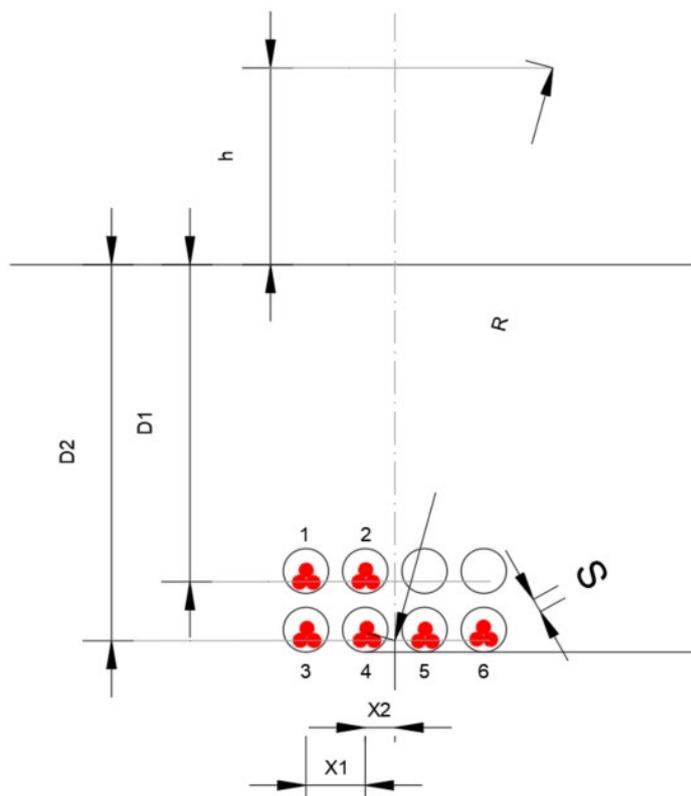
$$B = 0.1 * \sqrt{6} \frac{S * I}{R'^2} \quad [\mu T]$$

Considerata la natura vettoriale del campo magnetico, è possibile sommare i contributi generati dalle singole terne e calcolare, tramite il modello semplificato di cui prima, il valore del campo magnetico nello spazio circostante l'elettrodotto.

Fissando quindi l'asse centrale del sistema di terne come riportato in figura, il campo magnetico generato dalle due terne di elettrodotti è dato dalla seguente formula:

$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_1 * I_1}{(x - x_1)^2 + (y - d)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_2 * I_2}{(x - x_2)^2 + (y - d)^2}$$

dove B [ $\mu$ T] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal centro del sistema (baricentro delle due terne di cavi),  $S_i$  [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti della terna i-esima, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a  $I_i$  [A] (specifica della terna i-esima).



**Figura 3: Sistema di riferimento per la valutazione dei campi magnetici nel caso in esame**

Sono state quindi calcolate, fissando vari valori di h, le distribuzioni dell'intensità del campo magnetico su piani fuori terra paralleli al suolo.

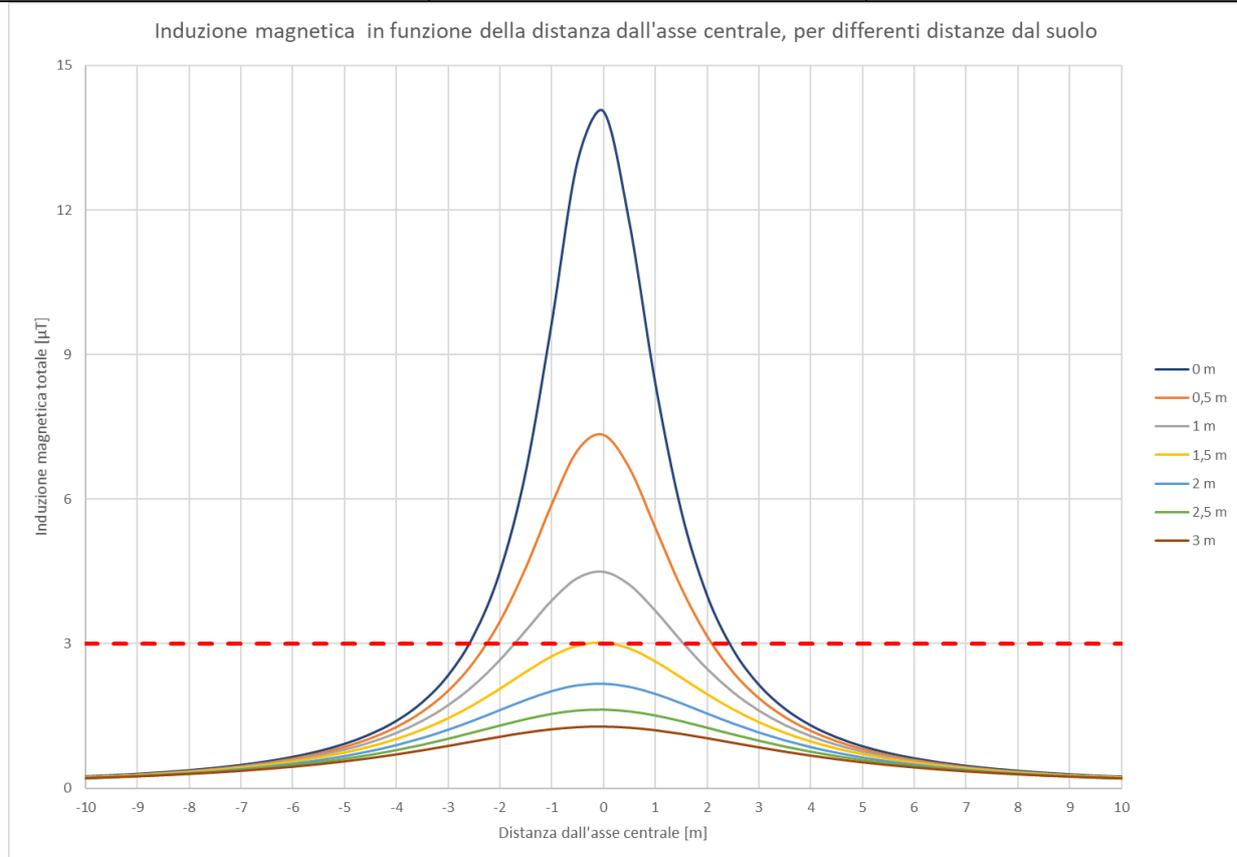
**Tabella 1 – Parametri geometrici e tecnici in ingresso considerati nella valutazione dei campi elettromagnetici.**

<b>Profondità di posa della terna 1 e 2 - D1</b>	1,15 m
<b>Profondità di posa della terna 3, 4, 5 e 6 - D2</b>	1,35 m
<b>Distanza terna 1 e 3 dall'asse y</b>	-0,315 m
<b>Distanza terna 2 e 4 dall'asse y</b>	-0,105 m
<b>Distanza terna 5 dall'asse y</b>	0,105 m
<b>Distanza terna 6 dall'asse y</b>	0,315 m
<b>Sezione cavi</b>	3x1x240 mmq
<b>Corrente cavi</b>	400 A

La tabella che segue mostra i valori della distribuzione, con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.

**Tabella 2 - Valori di intensità del campo magnetico nel caso posa di due terne di cavi nello stesso scavo al variare della distanza dal livello del suolo e della distanza dal baricentro delle terne di cavi.**

<b>INDUZIONE MAGNETICA TOTALE [<math>\mu</math>T]</b>							
<b>Distanza dall'asse centrale [m]</b>	<b>Distanza dal livello del suolo (m)</b>						
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
-10	0,235	0,231	0,227	0,221	0,215	0,209	0,201
-9,5	0,260	0,256	0,250	0,244	0,236	0,228	0,219
-9	0,289	0,284	0,277	0,269	0,260	0,250	0,240
-8,5	0,324	0,317	0,309	0,299	0,288	0,276	0,263
-8	0,365	0,357	0,346	0,334	0,320	0,305	0,290
-7,5	0,415	0,404	0,390	0,374	0,357	0,339	0,320
-7	0,475	0,461	0,443	0,423	0,401	0,378	0,355
-6,5	0,549	0,530	0,507	0,480	0,452	0,423	0,395
-6	0,641	0,616	0,584	0,550	0,513	0,476	0,440
-5,5	0,759	0,723	0,680	0,634	0,586	0,538	0,493
-5	0,911	0,860	0,800	0,737	0,673	0,611	0,553
-4,5	1,113	1,037	0,952	0,863	0,776	0,695	0,621
-4	1,387	1,272	1,145	1,019	0,900	0,793	0,698
-3,5	1,772	1,587	1,395	1,212	1,048	0,905	0,783
-3	2,329	2,020	1,718	1,449	1,220	1,030	0,875
-2,5	3,168	2,622	2,134	1,733	1,415	1,167	0,972
-2	4,476	3,455	2,655	2,062	1,627	1,307	1,067
-1,5	6,548	4,568	3,266	2,412	1,838	1,440	1,154
-1	9,628	5,880	3,888	2,737	2,021	1,550	1,224
-0,5	12,998	7,006	4,356	2,963	2,143	1,621	1,268
0	14,049	7,331	4,487	3,025	2,176	1,640	1,280
0,5	11,752	6,649	4,221	2,902	2,112	1,603	1,257
1	8,420	5,414	3,683	2,636	1,967	1,518	1,204
1,5	5,766	4,170	3,059	2,298	1,772	1,399	1,128
2	4,005	3,163	2,478	1,954	1,560	1,263	1,038
2,5	2,877	2,416	1,995	1,640	1,353	1,124	0,942
3	2,142	1,875	1,611	1,372	1,165	0,991	0,847
3,5	1,645	1,484	1,314	1,150	1,001	0,870	0,756
4	1,299	1,196	1,083	0,969	0,861	0,762	0,674
4,5	1,049	0,981	0,904	0,823	0,744	0,669	0,600
5	0,863	0,817	0,763	0,704	0,646	0,588	0,534
5,5	0,722	0,690	0,651	0,608	0,563	0,519	0,477
6	0,613	0,589	0,560	0,528	0,495	0,460	0,426
6,5	0,526	0,509	0,487	0,463	0,437	0,410	0,383
7	0,457	0,443	0,427	0,408	0,388	0,366	0,344
7,5	0,400	0,390	0,377	0,362	0,346	0,329	0,311
8	0,353	0,345	0,335	0,323	0,310	0,296	0,282
8,5	0,314	0,307	0,299	0,290	0,280	0,268	0,256
9	0,281	0,276	0,269	0,262	0,253	0,244	0,234
9,5	0,253	0,248	0,243	0,237	0,230	0,222	0,214
10	0,228	0,225	0,221	0,216	0,210	0,203	0,197



**Figura 4 – Andamento dell'intensità del campo magnetico al variare della distanza dal livello del suolo e della distanza dal baricentro delle terne di cavi. In rosso l'obiettivo di qualità imposto dalla normativa di settore**

Analizzando i risultati ottenuti si evidenzia:

- Distanza in verticale rispetto all'asse centrale baricentrico dei cavidotti con induzione magnetica superiore a 3 µT: 2,86 m;
- Fascia di rispetto al di sopra del terreno: 1,51 m;
- Distanza di Prima Approssimazione: 2,56 m, approssimata a 3 m;

Si ricorda che, in maniera cautelativa, è stata considerata una modalità di posa a trifoglio semplice anziché trifoglio con elica visibile, e dunque il campo magnetico effettivamente generato risulta inferiore al valore ottenuto. Inoltre come valore di corrente è stata considerata la portata massima del cavo, ovvero in assenza di fattori di riduzione dovuti alla presenza di altre linee e nell'ipotesi che la linea venga caricata a pieno.

## 6.2 Cabina di consegna

In base al DM del MATTM del 29.05.2008, cap.5.2, nel caso di cabine di tipo box o similari, la DPA, intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della cabina, va calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (x) (§ 5.2.1) applicando la seguente relazione:

$$Dpa = 0.40942 * x^{0.5241} * \sqrt{I}$$

dove:

- DPA= distanza di prima approssimazione (m)
- I= corrente nominale (A)
- x= diametro dei cavi (m)

La principale sorgente di emissione delle cabine elettriche di trasformazione è costituita dal trasformatore MT/BT. L'analisi verrà condotta ipotizzando che all'interno delle cabine di consegna sia presente un trasformatore da 1000 kVA, ipotesi cautelativa in quanto all'interno delle cabine stesse non è prevista la trasformazione dell'energia prodotta.

Considerando che I=1445 A e ipotizzando che i cavi sul lato BT del trasformatore abbiano diametro esterno pari a circa 27 mm, si ottiene una DPA, arrotondata per eccesso all'intero superiore, pari a 3 m.

## 7.0 CONCLUSIONI

Nella presente relazione è stato condotto uno studio analitico volto a valutare l'impatto elettromagnetico delle opere da realizzare e, sulla base di quanto emerso, individuare eventuali fasce di rispetto da apporre al fine di garantire il raggiungimento degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici, secondo il vigente quadro normativo. Una volta individuate le possibili sorgenti dei campi elettromagnetici, per ciascuna di esse è stata condotta una valutazione di tipo analitico, volta a determinare la consistenza dei campi generati dalle sorgenti e l'eventuale distanza di prima approssimazione (DPA).

Di seguito i principali risultati:

- Scavo per i cavidotti di connessione alla rete del tipo ARE4H5EX: viene apposta una DPA di 3 m rispetto alle pareti esterne del fabbricato.
- Cabina di consegna e di sezionamento: viene apposta in via cautelativa una DPA di 3 m rispetto alle pareti esterne del fabbricato.

Nel calcolo della DPA per i cavidotti di connessione alla rete è stata considerata una modalità di posa a trifoglio semplice anziché trifoglio con elica visibile, e dunque il campo magnetico effettivamente generato risulta inferiore al valore ottenuto. Inoltre come valore di corrente è stata considerata la portata massima del cavo, ovvero in assenza di fattori di riduzione dovuti alla presenza di altre linee e nell'ipotesi che la linea venga caricata a pieno.

Si precisa che le considerazioni e i calcoli dei paragrafi riportati nei paragrafi precedenti riguardano esclusivamente le opere elettriche a servizio dell'impianto fotovoltaico in oggetto, escludendo quindi eventuali altre linee aeree o interrato esterne allo stesso. Si precisa inoltre che, nel caso in questione, le cabine sono posizionate all'aperto e normalmente non sono permanentemente presidiate.

Considerato quanto detto in precedenza, è possibile affermare che le opere suddette rispettano i limiti posti dalla L. 36/2001 e dal DPCM 8 luglio 2003, grazie anche alle soluzioni costruttive e di localizzazione adottate (la linea di connessione alla rete e la cabina di consegna interessano aree normalmente non abitate), e sono quindi compatibili con l'eventuale presenza umana nella zona.

Il Progettista

Ing. Vito Bretti