



**Open Lazio srl**  
Piazza Carlo Mirabello 2  
20121 Milano  
P. IVA 11511350966  
PROPONENTE



**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA  
R.T.N. DELLA POTENZA DI PICCO 57517,44 kWp  
POTENZA NOMINALE 55000 kW  
POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE 55000 kW**

G05 COMMESSA N.	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO "VERMIGLIESCA" - MARTA (VT)</b>	DOC
--------------------	--	-----

D-G05RX03 ELABORATO	<b>RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI</b>	01 REV.
------------------------	---	------------

COORDINATE GEOGRAFICHE:	42°29'32.93"N LAT.	11°53'56.22"E LONG.	A4 FORMATO
----------------------------	-----------------------	------------------------	---------------

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	CONTROLLO	APPROVATO
00	07/04/2023	PRIMA EMISSIONE	MARCHINO SCOPONI	MARCHINO SCOPONI	MARCHINO SCOPONI

COMMITTENTE	<b>PROGETTAZIONE</b> Ing. Mauro Marchino Albo Ingegneri Viterbo n. A666 Via Pacinotti n.5 Viterbo (VT) mauro.marchino@tusciaengineering.com Arch. Enrico Scoponi Albo Architetti Viterbo n. A369 Via Monte Nero n.3 Viterbo (VT)
-------------	---



## Indice generale

Premessa.....	3
Riferimenti normativi.....	3
Legislazione vigente.....	3
Norme CEI, EN, IEC, UNI, ISO, ASTM.....	4
Principali riferimenti normativi in materia di campi elettromagnetici e limiti di riferimento generati da linee elettriche in corrente alternata.....	5
Limiti di riferimento.....	6
Obiettivo di qualità, Fascia di rispetto e DPA.....	7
Descrizione dell'impianto.....	9
Calcolo dei campi elettromagnetici.....	10
Moduli fotovoltaici.....	10
Linee bt in corrente continua e in corrente alternata.....	11
CT (inverter e trasformatori MT/BT).....	11
Linee MT interne all'impianto.....	12
Linee MT esterne all'impianto.....	12
Conclusioni.....	14



## Premessa

La presente relazione si propone di esaminare l'emissione dei campi elettromagnetici generati dall'impianto fotovoltaico in progetto e dalle relative opere per la connessione alla RTN di Terna SpA, ai fini della verifica del rispetto dei limiti della legge n.36/2001 e dei relativi Decreti attuativi.

Il progetto prevede la costruzione e l'esercizio di un impianto fotovoltaico su strutture ad inseguimento monoassiale ad asse orizzontale Nord-Sud (tracker) della potenza di 57517,44 kWp.

Tale impianto sorgerà in un'area che si estende su una superficie agricola posta nel territorio comunale di Marta e di Capodimonte (VT), e dovrà essere collegato alla rete Terna di alta tensione mediante un elettrodotto interrato in media tensione (36 kV) lungo circa 18 km. Le opere di rete saranno costituite dalla nuova stazione elettrica di elevazione 36 kV/380 kV quale ampliamento dell'esistente SE TERNA di Tuscania connessa a questa tramite elettrodotto interrato in alta tensione (380 kV).

Si vedano le tavole allegate **D-G05DL03** (*Layout impianto su ortofoto*), **D-G05DK01** (*Generale inquadramento catastale 1*), **D-G05DK02** (*Generale inquadramento catastale 2*), **D-G05DK03** (*Generale inquadramento catastale 3*), **D-G05DK04** (*Generale inquadramento catastale 4*), **D-G05DK05** (*Generale inquadramento catastale 5*) rispettivamente per la posizione esatta dell'impianto fotovoltaico, per il tracciato dell'elettrodotto MT e delle opere di rete.

In particolare per l'impianto saranno valutate le emissioni elettromagnetiche dovute ai cavidotti interni ed alle cabine elettriche. Si individueranno, in base al DM del MATTM del 29.05.2008, le DPA per le opere sopra dette.

## Riferimenti normativi

### Legislazione vigente

- Legge 28 giugno 1986 n. 339 "Nuove norme per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- Decreto Interministeriale 21 marzo 1988 n. 449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne";
- Decreto Interministeriale 16 gennaio 1991 n. 1260 "Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- Legge 22 febbraio 2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";



- DPR 8 giugno 2001 n°327 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di Pubblica Utilità" e ss.mm.ii.;
- DPCM 8 luglio 2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti";
- Legge 23 agosto 2004, n. 239 "Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia" e ss.mm.ii.;
- Decreto 29 maggio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti".

## **Norme CEI, EN, IEC, UNI, ISO, ASTM**

- Norma CEI 7-2 "Conduttori di alluminio, alluminio-acciaio, lega d'alluminio e lega di alluminio-acciaio per linee elettriche aeree" ed. quarta, 1997;
- Norma CEI 7-11 "Conduttori di acciaio rivestito di alluminio a filo unico o a corda per linee elettriche aeree" ed. prima, 1997;
- Norma CEI 103-6 "Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto", ed. terza, 1997;
- Norma CEI 11-4, "Esecuzione delle linee elettriche esterne", quinta edizione, 1998-09;
- Norma CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo".
- Norma CEI EN 60383-1, "Isolatori per linee aeree con tensione nominale superiore a 1000 V. Parte 1: Isolatori in materiale ceramico o in vetro per sistemi in corrente alternata. Definizioni, metodi di prova e criteri di accettazione", ed. prima, 1998;
- Norma CEI EN 61284, "Linee aeree. Prescrizioni e prove per la morsetteria", ed. seconda, 1999;
- Norma CEI 11-60, "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne", seconda edizione, 2002-06;
- Norma CEI 304-1 "Interferenza elettromagnetica prodotta da linee elettriche su tubazioni metalliche" ed. prima, 2005;
- 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" Prima edizione, 2006;



- Norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche” Seconda edizione, 2008;
- Norma IEC 60652-2002 “Loading tests on overhead lines structures”.
- Rapporto CESI-ISMES A7034603 “Linee Guida per l’uso della piattaforma di calcolo - EMF Tools v. 3.0”.
- Rapporto CESI-ISMES A8021317 “Valutazione teorica e sperimentale della fascia di rispetto per cabine primarie”.

## **Principali riferimenti normativi in materia di campi elettromagnetici e limiti di riferimento generati da linee elettriche in corrente alternata**

Le linee elettriche dell’impianto “G05 Vermigliessa” sono progettate nel pieno rispetto della normativa vigente in tema di campi elettrici e magnetici.

Tra i principali riferimenti normativi in materia di protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati da linee elettriche aeree in corrente alternata è utile ricordare le Linee Guida dell’ICNIRP, acronimo di International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, organismo non governativo riconosciuto dall’Organizzazione Mondiale della Sanità, per la limitazione dell’esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo (1Hz – 100 KHz) (2010), che hanno sostituito le precedenti Linee Guida del 1998 introducendo nuovi limiti basati sul campo elettrico indotto e non più sulla corrente elettrica indotta.

Con riferimento all’esposizione della popolazione è utile menzionare a livello europeo la Raccomandazione del Consiglio dell’Unione Europea del 12 Luglio 1999 relativa alla limitazione dell’esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici fino a 300 GHz (n. 1999/519/CE) che ha recepito le Linee Guida dell’ICNIRP fino a quel momento emesse, sostituite dalle più recenti, chiedendo agli Stati membri che le disposizioni nazionali relative alla protezione dall’esposizione ai campi elettromagnetici si uniformassero alle stesse.

Come precisa la stessa Raccomandazione, i limiti derivati sulla base degli effetti a breve termine provati, adottano fattori di sicurezza pari a 50 che implicitamente tutelano anche da possibili effetti a lungo termine, ad oggi non provati.

A livello nazionale il quadro normativo è rappresentato da

- Legge quadro 22 febbraio 2001 n. 36 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici” [si applica a frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz];



- DPCM 8 luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati dagli elettrodotti”;
- Decreto 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti" [si applica alle linee esercite alla frequenza di rete (50Hz)]. I principali riferimenti tecnici per il calcolo dei valori di campo elettrico e magnetico sono rappresentati dalle norme tecniche CEI, in particolare:
- 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” Prima edizione 2006;
- Norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche” Seconda edizione, 2008.

Nonché, relativamente alla corrente da utilizzare per il calcolo:

- Norma CEI 11-60 “Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV” Seconda edizione, 2002;
- Norma CEI 11-17 per le linee in cavo;

## Limiti di riferimento

I livelli di riferimento raccomandati dall'ICNIRP per la popolazione sono, per le linee elettriche esercite alla frequenza di rete di 50 Hz:

- campo elettrico: 5 kV/m (valori efficaci)
- campo magnetico: 200  $\mu$ T (valori efficaci)

A livello europeo la Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12 Luglio 1999 ha invece recepito i valori indicati dalle precedenti Linee Guida dell'ICNIRP (Linee Guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo del 1998); tali valori per le linee elettriche esercite alla frequenza di rete a 50 Hz sono:

- campo elettrico: 5 kV/m (valori efficaci)
- campo magnetico: 100  $\mu$ T (valori efficaci)

In ambito nazionale, ai fini della protezione della popolazione, la legge n. 36 del 22 febbraio 2001 e il successivo D.P.C.M. 8 luglio 2003 hanno introdotto, relativamente alla frequenza di rete di 50 Hz, i seguenti limiti:

1. Limite di esposizione



- 5 kV/m per il campo elettrico
  - 100  $\mu$ T per l'induzione magnetica (da intendersi come valori efficaci) (RMS values)
2. Valore di attenzione
    - 10  $\mu$ T per l'induzione magnetica, facenti parte della RTN (da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)
  3. Obiettivo di qualità
    - 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)

Mentre i limiti di esposizione si applicano in ogni condizione di esposizione, i valori di attenzione si applicano soltanto nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere nel caso di linee esistenti nei confronti di edificato esistente.

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 si applicano invece gli obiettivi di qualità.

Di seguito un prospetto riepilogativo dei limiti attualmente vigenti:

F (Hz)	OMS		CONSIGLIO EUROPEO		ITALIA		
	ICNIRP (2010)		Racc.Cons.Europeo 12/07/99		D.Lgs 36/01 + DPCM 8/07/2003		
	E (kV/m)	B ( $\mu$ T)	E (kV/m)	B ( $\mu$ T)	E (kV/m)	B ( $\mu$ T)	
50	5	200	5	100	5	Limite di esposizione	100
						Valore di Attenzione	10
						Obiettivo di qualità	3

## Obiettivo di qualità, Fascia di rispetto e DPA

Come già accennato, l'obiettivo di qualità si applica nel caso di progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di insediamenti esistenti, o nel caso di progettazione di nuovi insediamenti in prossimità di elettrodotti esistenti.



Con riferimento agli elettrodotti eserciti alla frequenza di rete, 50 Hz, e con specifico riferimento all'obiettivo di qualità, sono introdotti i concetti di Fascia di rispetto e di Distanza di prima approssimazione (DPA).

Le DPA (Distanza di Prima Approssimazione) vengono calcolate ipotizzando in modo molto cautelativo di voler verificare la distanza dai cavi per cui l'induzione magnetica non supera il valore di 3  $\mu$ T, pari al valore degli obiettivi di qualità **applicabili alla progettazione di nuovi ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore.**

La normativa vigente prevede infatti che il limite di 3  $\mu$ T debba essere rispettato soltanto "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. 4 D.P.C.M. 8 luglio 2003.

L'art. 3 del D.P.C.M. invece fissa rispettivamente a 100  $\mu$ T e 10  $\mu$ T i limiti di esposizione e i valori di attenzione; i limiti di esposizione devono essere sempre rispettati, mentre i valori di attenzione devono essere rispettati nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici, ecc. esistenti

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

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

Riassumendo, il D.P.C.M. 8 luglio 2003 stabilisce 3 livelli di tutela:

- non si deve mai superare il valore di 100  $\mu$ T,
- non si deve superare il valore di 10  $\mu$ T nel caso di ambienti tutelati (aree gioco per l'infanzia, scuole, abitazioni, ecc.),
- non si deve superare il valore di 3  $\mu$ T nel caso di progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di scuole, ecc.

La "Fascia di rispetto" è definita dalla norma CEI 106-11 come lo spazio circostante i conduttori di una linea elettrica aerea, o in cavo interrato, 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 ad un valore prefissato, in particolare all'obiettivo di qualità.

Come meglio specificato dal DPCM 8 luglio 2003 [art.6] per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla norma CEI 11-60.

Come previsto dall'art.6 del DPCM 8 luglio 2003, la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto è stata definita dall'APAT, sentite le ARPA, ed approvata dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio con Decreto 29 Maggio 2008 - "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti".

Tale metodologia, ai sensi dell'art. 6 comma 2 del DPCM 08.07.03, 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

Il concetto di "Distanza di prima approssimazione (DPA)" è stato per la prima volta introdotto dal Decreto 29 Maggio 2008 che ne riporta anche la definizione: "per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto..."

Tale concetto è stato introdotto al fine di semplificare la gestione territoriale e procedere in prima approssimazione al calcolo delle fasce di rispetto senza dover ricorrere a complessi modelli di calcolo bidimensionale o tridimensionale, il Decreto prevede infatti anche dei metodi semplificati da poter applicare nel caso di parallelismo o incrocio di linee elettriche aeree.

## **Descrizione dell'impianto**

L'impianto "G05 Vermigliasca" sorgerà a cavallo del territorio comunale di Marta e Capodimonte (VT), e verrà allacciato alla Rete di Trasmissione Nazionale di Terna SpA.

L'estensione complessiva del campo fotovoltaico sarà pari a circa 79,50 ha per una potenza complessiva di 55717,44 kW.

L'impianto fotovoltaico è costituito da 11 cabine di trasformazione, denominate CT, ciascuna delle quali composte da due inverter che convertiranno la corrente continua in corrente alternata all'interno dell'impianto fotovoltaico, e un trasformatore bt/MT con una tensione primaria di 36 kV (media tensione). Elettricamente queste saranno divise in due gruppi, ognuno dei quali collegato tramite una linea interrata ad anello in media tensione (36 kV) interna all'impianto stesso.

I due anelli in media tensione fanno capo ad altrettante cabine di anello, a loro volta collegate alla cabina di consegna/parallelo mediante una ulteriore linea MT; la cabina di consegna sarà poi collegata all'ampliamento della



stazione Terna 380 kV/36 kV, prevista nel territorio comunale di Tuscania (VT), tramite un elettrodotto MT interrato di circa 18 km che si snoda principalmente lungo la viabilità esistente e per una piccola parte all'interno di terreni privati ad uso agricolo.

La nuova stazione elettrica di elevazione 36 kV/380 kV (ampliamento dell'esistente SE TERNA di Tuscania) si collegherà alla stazione esistente tramite elettrodotto interrato di alta tensione (380 kV) posta a circa 250 metri sita anch'essa nel Comune di Tuscania.

L'ampliamento della stazione Terna di Tuscania verrà realizzata su un'area di circa 36812 m<sup>2</sup>, individuata catastalmente al foglio 79 particella 59 nel Comune di Tuscania (VT).

## Calcolo dei campi elettromagnetici

Le componenti impiantistiche che possono costituire potenziali emettitori di campi elettromagnetici sono:

- Moduli fotovoltaici
- Linee bt in corrente continua
- Linee bt in corrente alternata
- CT (inverter e trasformatori MT/BT)
- Linee MT interrate interne all'impianto
- Elettrodotto interrato MT esterno all'impianto
- Elettrodotto interrato AT di collegamento tra l'ampliamento della stazione Tuscania e la stazione esistente
- Ampliamento stazione "Tuscania"

Si procede qui di seguito all'esame di dettaglio delle componenti riguardanti l'impianto fotovoltaico e l'elettrodotto di connessione in MT di collegamento tra l'impianto e l'ampliamento della stazione elettrica Terna "Tuscania".

### Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici sono caratterizzati da un funzionamento in corrente continua in regime stazionario. La generazione di campi magnetici è da considerarsi trascurabile in quanto limitati ai momenti di gradienti significativi di corrente, tipicamente al momento dell'accensione e dello spegnimento dell'impianto.



## **Linee bt in corrente continua e in corrente alternata**

Relativamente alle linee in corrente continua ed in corrente alternata dell'impianto, sulla base di quanto riportato nel Decreto 29 maggio 2008, la tutela in merito alle fasce di rispetto di cui all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 si applica alle linee elettriche aeree ed interrate, esistenti ed in progetto ad esclusione di:

- linee esercite a frequenza diversa da quella di rete di 50 Hz (ad esempio linee di alimentazione dei mezzi di trasporto);
- linee di prima classe ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (quali le linee di bassa tensione);
- linee di Media Tensione in cavo cordato ad elica.

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

## **CT (inverter e trasformatori MT/BT)**

Le CT includono al loro interno gli inverter e un locale contenente il trasformatore di potenza MT/BT, oltre ad altri circuiti ausiliari minori e di scarsa rilevanza in questa trattazione.

Gli inverter selezionati sono dotati delle necessarie certificazioni a norma di legge. In particolare saranno conformi alle EMC e standard di cui alle norme seguenti:

EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 610

- Variazioni di tensione e frequenza. La propagazione in rete di queste ultime è limitata dai relè di controllo della protezione di interfaccia asservita al dispositivo di interfaccia.
- La componente continua immessa in rete. Il trasformatore elevatore comunque contribuisce a bloccare tale componente. In ogni modo il dispositivo di controllo interno ad ogni inverter interviene in presenza di componenti continue maggiori dello 0,5% della corrente nominale.

Le questioni di compatibilità elettromagnetica concernenti i buchi di tensione sono in genere dovute al coordinamento delle protezioni effettuato dal gestore di rete locale.

Per quanto riguarda invece la parte di trasformazione bt/MT, va ricordato preliminarmente come tutte le CT siano poste all'interno del perimetro dell'impianto, molto lontane da locali abitati o comunque da luoghi che prevedano una permanenza umana significativa.

Nel caso specifico, per i trasformatori elevatori la DPA viene calcolata sulla base della relazione:



$$D_{pa} = 0,40942 \cdot x^{0,5241} \cdot \sqrt{I}$$

dove:

$D_{pa}$  = Distanza di prima approssimazione (m)

I = Corrente nominale (A)

x = Diametro dei cavi (m)

Ciascuno dei due inverter delle CT è caratterizzato da una potenza di 2500 kVA e da una tensione di uscita pari a 550 V. Per cui la massima corrente possibile al secondario sarà pari a:

$$I_{max} = \frac{2.500.000}{550 * \sqrt{3}} = 2624 A$$

Considerando quindi che la corrente massima sul lato bt del trasformatore sarà di I=2624 A, il cavo di massima sezione, sempre sul lato di bassa tensione sul trasformatore, di 240 mm<sup>2</sup>, e pertanto con diametro esterno tipico pari a circa 29,2 mm, si ottiene una DPA pari a 3,3 m, da arrotondare per eccesso al valore intero superiore come previsto dal DPCM.

In questo modo si calcola una DPA di 4 m dalla parete esterna del box del trasformatore bt/MT, pertanto non ci potrà mai essere presenza continuativa di persone all'interno della DPA, visto che le CT sono tutte interne all'impianto.

## **Linee MT interne all'impianto**

Le linee in media tensione interrate previste all'interno del campo fotovoltaico sono realizzate con cavo cordato ad elica ed esercite ad una tensione di 36 kV. Anche in questo caso, come per le linee in bassa tensione, trattandosi di una soluzione in cavo cordato ad elica, sono esclusi dal campo di applicazione del DPCM 8 luglio 2003.

Per quanto riguarda il brevissimo tratto di cavo di MT che dal primario del trasformatore si collega alla cella di media attigua, applicando la stessa relazione sopra riportata, considerando un rapporto di trasformazione 550/36000 ed una corrente massima pari I=80 A, si ottiene una DPA pari a 0,57 cm che approssimato ad 1 metro fa ricadere la fascia all'interno del locale MT. Quest'ultima considerazione fa sì che, anche nella cabina di parallelo MT, non ci sono zone di presenza umana continuativa all'interno della DPA.

## **Linee MT esterne all'impianto**

L'elettrodotta interrato in media tensione per il collegamento dell'impianto alla nuova stazione elettrica di elevazione 36 kV/380 kV è interamente realizzato con cavo cordato ad elica ad una tensione di 36 kV. Anche in questo caso pertanto, trattandosi di una soluzione in cavo cordato ad elica, non si ricade nel campo di applicazione del DPCM 8 luglio 2003.



Poiché i di cavi saranno posati lungo terreni agricoli e lungo la viabilità pubblica si possono comunque fare le seguenti considerazioni:

in generale i cavi interrati generano, a parità di corrente trasportata, un campo magnetico al livello del suolo più intenso degli elettrodotti aerei, ma l'intensità si riduce molto più rapidamente con la distanza; l'uso di linee "compatte", ovvero dove i cavi vengono avvicinati tra di loro in quanto minuti di guaine isolanti (disposizione a trifoglio), porta però ad una riduzione del campo magnetico, che mitiga questo effetto.

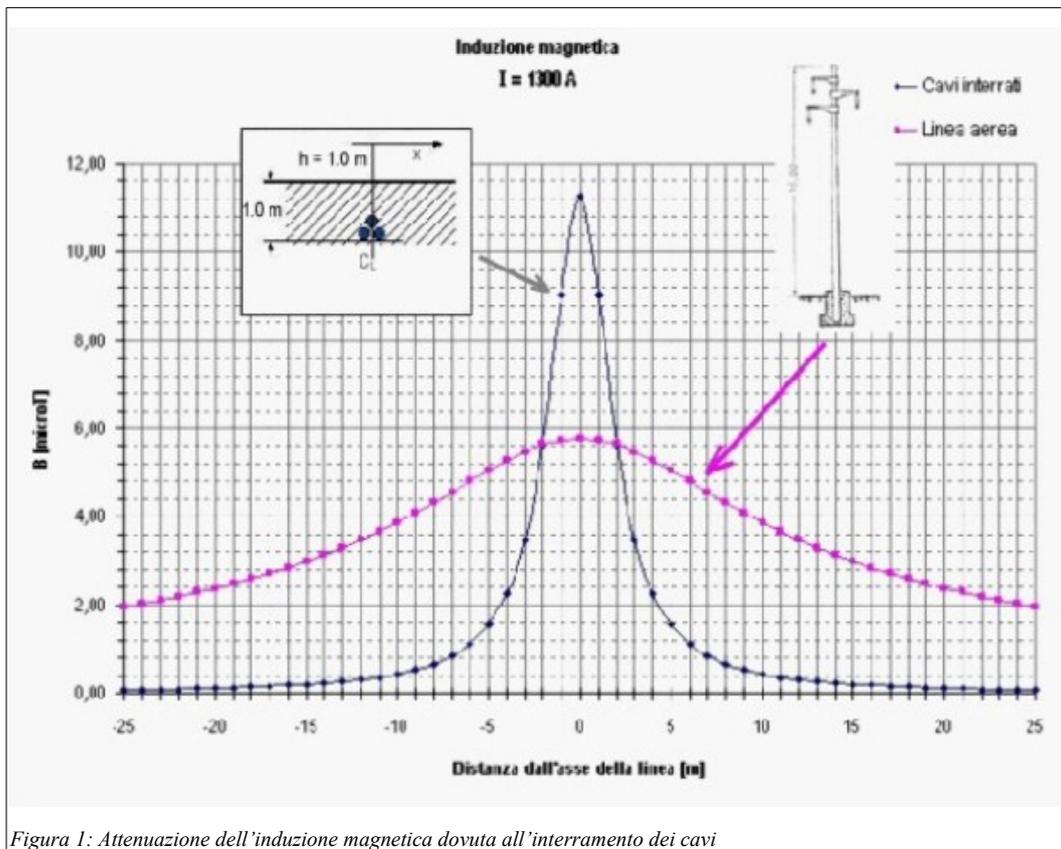


Figura 1: Attenuazione dell'induzione magnetica dovuta all'interramento dei cavi

Per quanto concerne i cavi MT interrati, il valore di qualità (induzione magnetica  $< 3 \mu\text{T}$ ), si raggiunge già ad una distanza di circa 1 m dal cavo, che è interrato ad una profondità sempre maggiore o uguale ad 1 m. Inoltre le aree interessate dall'elettrodotto sono campi agricoli e strade pubbliche esistenti, ed in entrambi i casi non è ovviamente prevista la presenza continuativa di persone per oltre 4 ore e/o la costruzione di edifici, pertanto il limite di  $3 \mu\text{T}$  è estremamente cautelativo.



## Conclusioni

Alla luce dei calcoli eseguiti, non si riscontrano problematiche particolari relative all'impatto elettromagnetico dei componenti dell'impianto fotovoltaico "G05 Vermigliesca", ed alle relative opere per la connessione alla rete, nei confronti dell'esposizione umana ai campi elettrici e magnetici. Lo studio condotto attesta la conformità delle opere dal punto di vista degli effetti del campo elettromagnetico sulla salute umana.

Per quanto concerne i cavi interrati infatti, considerati gli accorgimenti di progetto adottati, vale a dire

- minimizzazione dei percorsi della rete
- tracciati degli elettrodotti al di fuori di centri abitati o di aree densamente popolate
- disposizione a fascio delle linee trifase con utilizzo di cavi ad elica

si può escludere la presenza di rischi di natura sanitaria per la popolazione, sia per i bassi valori del campo che per assenza di possibili recettori nelle zone interessate.

Le opere elettriche in progetto e relative DPA non interessano aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenze di persone superiori a quattro ore, rispondendo pienamente agli obiettivi di qualità dettati dall'art.4 del D.P.C.M. 8 luglio 2003.

Inoltre, sono rispettate ampiamente le distanze da fabbricati adibiti ad abitazione o ad altra attività che comporti tempi di permanenza prolungati, previste dal D.P.C.M. 23 aprile 1992 "Limiti massimi di esposizione al campo elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale di 50 Hz negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno".