

PROGETTO DELLA CENTRALE SOLARE
 "Energia del Panaro"
 da 83,2 MWp - Finale Emilia (MO)

E-R05
 PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE PREVISIONALE
 IMPATTO
 ELETTROMAGNETICO



Proponente
ENGIE FINALE EMILIA S.r.l.
 Via Chiese, 72, 20126 Milano MI

Progetto dell'inserimento paesaggistico e mitigazione
Coordinamento alla progettazione: Dott. Agr. Fabrizio Cembalo Sambiasi,
 Arch. Alessandro Visalli, Arch. Riccardo Festa
Progettisti: Arch. Paola Ferraioli, Arch. Anna Manzo
Collaboratori: Dott. Carmine Perna, Dott. Agr. Giuseppe Maria Massa,
 Dott. Agr. Francesco Palombo, Dott. Agr. Vincenzo Meola
 Urb. Patrizia Ruggiero, Arch. Ilaria Garzillo, Marco Ghezzi

Progettazione elettrica e civile
Progettisti: Ing. Rolando Roberto, Ing. Giselle Roberto
Collaboratori: Ing. Giuseppe Fava, Ing. Filippo Angarano,
 Ing. Karim Ait Hamd, Ing. Marco Balzano,
 Ing. Simone Bonacini

Progettazione mandorleto superintensivo
Progettisti: Dott. Agr. Fabrizio Cembalo Sambiasi, Dott. Agr. Giuseppe Maria Massa,
 Dott. Agr. Francesco Palombo

Consulenza geologica
 Geol. Gaetano Ciccarelli

Consulenza archeologica
 GeA Archeologia Preventiva

Consulenza agronomica
 iGreen System, Imola

08	● 2025	rev	descrizione	formato	elaborazione	controllo	approvazione
		00	Prima consegna	A4	Patrizia Zorzetto	Giselle Roberto	Rolando Roberto
		01					
		02					
		03					
		04					
		05					
		06					
		07					

RELAZIONE TECNICA

**Valutazione Previsionale Impatto Elettromagnetico di un impianto
Impianto Agrivoltaico e relativo Sottostazione Elettrica da realizzarsi in
agro del comune di Finale Emilia (MO)**

Committente: **ENGIE FINALE EMILIA SRL**

Località: Finale Emilia (MO)

FOGGIA, 30.07.2025

Il tecnico
ing. Patrizia Zorzetto



INDICE

1 <u>PREMESSA</u>	3
2 <u>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</u>	4
3 <u>DESCRIZIONE IMPIANTO</u>	6
4 <u>CALCOLO DEI CAMPI MAGNETICI</u>	6
4.1 <u>CAMPI ELETTRROMAGNETICI IMPIANTO FOTOVOLTAICO</u>	6
4.1.1 Moduli Fotovoltaici	6
4.1.2 Inverter	7
4.1.2 Linee MT interne	7
Linea MT trafo	7
Linee MT esterne	9
Linea MT Cabina R3-RT	9
4.1.3 Cabine di trasformazione	12
4.2 CAMPI ELETTRROMAGNETICI OPERE CONNESSIONE	13
4.2.1 Elettrodotto MT/AT	13
4.2.2 Sottostazione MT/AT	16
4.2.3 Elettrodotto AT verso SSE	19
6 ANALISI DEI RISULTATI OTTENUTI	21



1 PREMESSA

Scopo del presente documento è quello di descrivere le emissioni elettromagnetiche associate alle infrastrutture elettriche presenti nell'impianto fotovoltaico in oggetto e connesse ad esso, ai fini della verifica del rispetto dei limiti della legge n. 36/2001 e dei relativi Decreti attuativi. Il progetto proposto dalla società Engie Finale Emilia s.r.l. prevede la costruzione e l'esercizio di un impianto agrivoltaico fisso a terra di potenza di picco pari a 83,232 MWp.

Tale impianto sorgerà in un'area che si estende su una superficie di circa 140,7 ha, posta nel territorio comunale di Finale Emilia nella provincia di Modena (MO). In campo saranno installati n°220 inverter da 320kW che confluiranno in 16 cabine di trasformazione dalle quali partiranno i collegamenti verso tre distinte cabine di raccolta che confluiranno in una cabina di consegna. Dalle Cabina di Consegna partiranno i cavidotti di collegamento alla sottostazione MT/AT utente, in antenna a 132 kV su un ampliamento/adeguamento della Stazione Elettrica (SE) della RTN a 132 kV denominata "Massa Finalese" previa realizzazione di una sezione a 380 kV nella SE "Massa Finalese" da collegare in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "Martignone-Sermide", con una potenza nominale di immissione pari a 70,40MW.

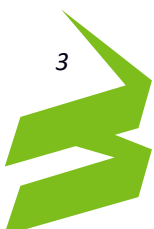
In particolare per l'impianto saranno valutate le emissioni elettromagnetiche dovute alle cabine elettriche, ai cavidotti ed alla stazione utente per la trasformazione.

Si individueranno, in base al DM del MATTM del 29.05.2008, le DPA per le opere sopra dette.

Nel presente studio è stata presa in considerazione le condizioni maggiormente significative al fine di valutare la rispondenza ai requisiti di legge dei nuovi elettrodotti.

Verrà riportata l'intensità del campo elettromagnetico sulla verticale dei cavidotti e nelle immediate vicinanze, fino ad una distanza massima di 15 m dall'asse del cavidotto; la rilevazione del campo magnetico è stata fatta alle quote di 0m, +1,5m, +2m, +2,5m e +3m dal livello del suolo.

Si fa presente che la quota di +1,5m dal livello del suolo è la quota nominale cui si fa riferimento nelle misure di campo elettromagnetico.



2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- *Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001: "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici". Essa da attuazione in modo organico e adeguato alla Raccomandazione del Consiglio della Comunità Europea 1999/519/CE del 12 Luglio 1999.*
- *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".*
- *Norma CEI 211-4: "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche"*
- *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."*
- *DM del MATTM del 29.05.2008: "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti"*

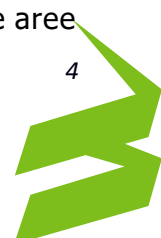
Il panorama normativo italiano in fatto di protezione contro l'esposizione dei campi elettromagnetici si riferisce alla legge 22/2/01 n°36 che è la legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici completata a regime con l'emanazione del D.P.C.M. 8.7.2003.

Nel 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", vengono fissati i limiti di esposizione e i valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti.

In particolare negli articoli 3 e 4 vengono indicate le seguenti 3 soglie di rispetto per l'induzione magnetica:

"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 100µT per l'induzione magnetica e 5kV/m per il campo elettrico intesi come valori efficaci" [art. 3, comma 1];

"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 $10\mu\text{T}$, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio." [art. 3, comma 2];

"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 $3\mu\text{T}$ per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio". [art. 4]

L'obiettivo qualità da perseguire nella realizzazione dell'impianto è pertanto quello di avere un valore di intensità di campo magnetico non superiore ai $3\mu\text{T}$ come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

	Intensità campo elettrico (kV/m)	Intensità campo induzione magnetica (μT)
Limiti di esposizione	5	100
Valore di attenzione	-	10
Obiettivo di qualità	-	3

A tal proposito occorre precisare che nelle valutazioni che seguono è stata considerata normale condizione di esercizio quella in cui l'impianto trasferisce alla Rete di Trasmissione Nazionale la massima produzione (circa 70,40 MW).

3 DESCRIZIONE IMPIANTO

L'impianto fotovoltaico sorgerà nel comune di Finale Emilia (MO) e verrà alla collegato alla sottostazione MT/AT utente, in antenna a 132 kV su un ampliamento/adeguamento della Stazione Elettrica (SE) della RTN a 132 kV denominata "Massa Finalese" previa realizzazione di una sezione a 380 kV nella SE "Massa Finalese" da collegare in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "Martignone-Sermide", con una potenza nominale di immissione pari a 70,40MW.

L'estensione complessiva dell'impianto sarà pari a circa 105ha e la potenza complessiva dell'impianto sarà pari a 83.232kWp.

Il parco fotovoltaico è costituito da varie piastre che saranno collegate mediante un cavidotto interrato della lunghezza totale di circa 16km uscente dalla Cabina R1 alla tensione di 30kV, ed arriva attraverso le cabine R2 ed R3 alla cabina di consegna RT.

L'impianto sarà costituito da un totale di 110.976 moduli da 750Wp, per una conseguente potenza di picco pari a 83.232kWp.

I pannelli saranno montati su inseguitori monoassiali capaci di ospitare n°12, n°24 o n°48 pannelli ciascuno: a questo modo si realizzeranno stringhe da 24 moduli da collegarsi ai singoli MPPT degli inverter.

La conversione da corrente continua a corrente alternata sarà realizzata mediante n°220 convertitori statici trifase (inverter) della 'SUNGROW' modello SG350HX, installati in campo.

I trasformatori di elevazione BT/MT saranno della potenza di 4000/6000/9000kVA a doppio secondario ed avranno una tensione primaria di 30kV ed una tensione secondaria di 800V. Ognuno di essi sarà alloggiato all'interno di una cabina di trasformazione in accoppiamento con gli inverter di competenza. Sarà presente anche un trasformatore per i servizi ausiliari.

4 CALCOLO DEI CAMPI MAGNETICI

4.1 CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO FOTOVOLTAICO

4.1.1 Moduli Fotovoltaici

I moduli fotovoltaici lavorano in corrente e tensione continue e non in corrente alternata; per cui la generazione di campi variabili è limitata ai soli transitori di corrente (durante la ricerca del MPPT da parte dell'inverter, e durante l'accensione o lo spegnimento) e sono comunque di brevissima durata. Nella certificazione dei moduli fotovoltaici alla norma CEI 82-8 (IEC 61215)



non sono comunque menzionate prove di compatibilità elettromagnetica, poiché assolutamente irrilevanti

4.1.2 Inverter

Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno utilizzano un trasformatore ad alta frequenza per ridurre le perdite di conversione. Essi pertanto sono costituiti per loro natura da componenti elettronici operanti ad alte frequenze. D'altro canto il legislatore ha previsto che tali macchine, prima di essere immesse sul mercato, possiedano le necessarie certificazioni a garantirne sia l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, sia le ridotte emissioni per minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa (via cavo).

A questo scopo gli inverter prescelti possiedono la certificazione di rispondenza alle normative di compatibilità elettromagnetica (EMC) (CEI EN 61000-6-2, CEI EN 61000-6-4).

4.1.2 Linee MT interne

Al fine di determinare le condizioni più gravose dal punto di vista delle emissioni elettromagnetiche, si è valutato l'impatto prodotto dal cavidotto di uscita dalla cabina con il trasformatore da 9000kVA.

Linea MT trafo

La linea considerata ha le seguenti caratteristiche:

- | | |
|---|-------------------------|
| ▪ Tensione nominale: | 30.000V |
| ▪ Corrente massima di esercizio del collegamento: | 193A |
| ▪ Formazione dei conduttori: | 3 x 2//50mmq AL |
| ▪ Tipo di posa: | linea interrata trifase |

La norma CEI 211-6:2001, prima edizione, *"Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0Hz - 10kHz, con riferimento all'esposizione umana"*, stabilisce che le linee elettriche in cavo non producono campo elettrico all'esterno, in quanto, le guaine metalliche dei cavi costituiscono un'efficace schermatura nei riguardi di tale tipo di campo (par. 7.3.1).



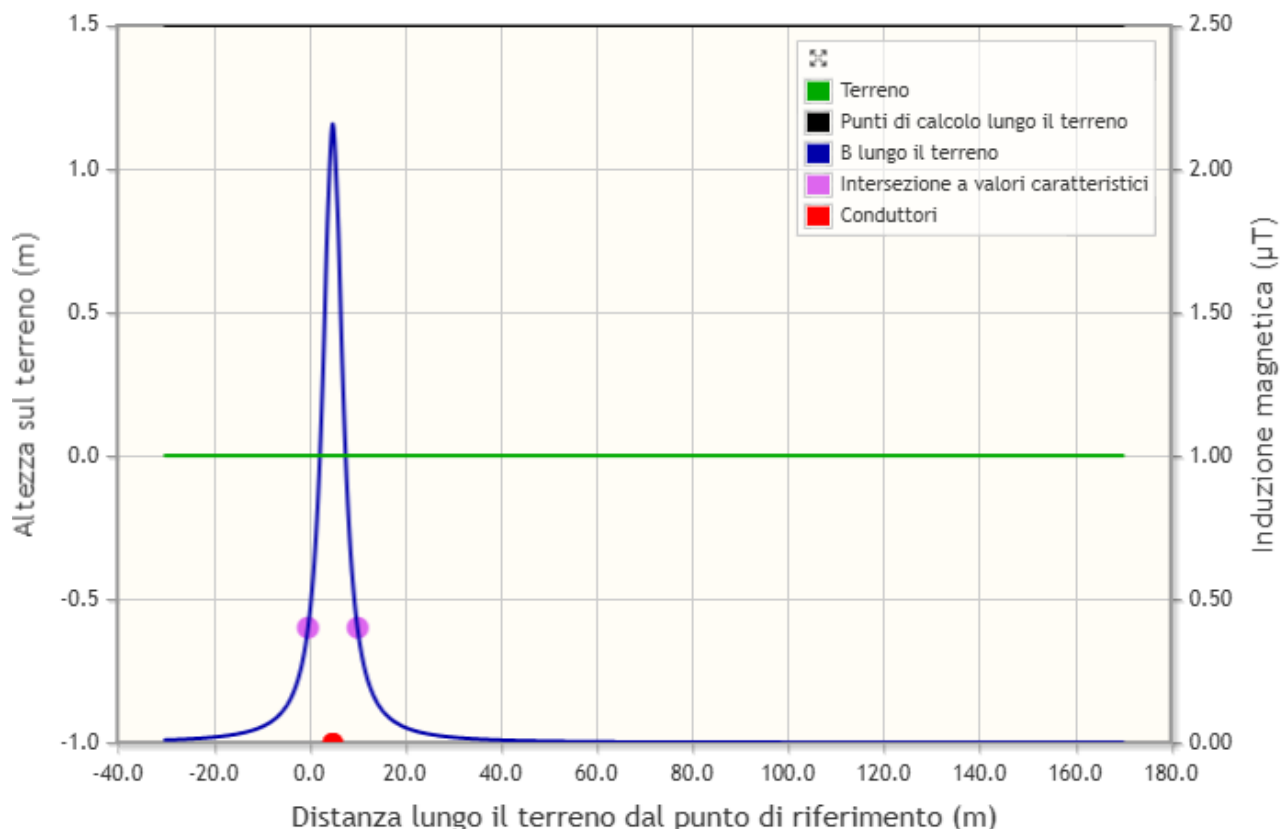
Per quanto riguarda le linee in cavo ad alta tensione non si ritiene di riportare risultati di calcolo o di misura di campi elettrici, visto che, per le ragioni sopra esposte, i livelli di tali campi sono normalmente del tutto trascurabili.

Tale considerazione può essere fatta anche nel caso di media tensione, dato che l'intensità del campo elettrico diminuisce con la diminuzione della tensione della linea.

Le linee in cavo interrato sono invece sorgenti di campo magnetico, in quanto le guaine dei cavi non costituiscono un'efficace schermatura a tale riguardo.

Nel caso di un sistema bilanciato, come quello in esame, considerando le caratteristiche dell'elettrodotto (formazione dei conduttori in posa piatta - profondità di posa della linea 1m) ad una distanza verticale di 1,5 metri dal centro linea (altezza uomo) si avranno le condizioni determinate nel grafico seguente:

Tensione Nominale (V)	Corrente Nominale (A)	Tipologia posa	Formazione	Conduttori
30000	193	Linea in cavidotto interrato	Posa a trifoglio	3x2//50mmq



Campo magnetico indotto (μT)	Distanza dalla linea (m)	Campo magnetico preesistente (μT)	Campo magnetico complessivo (μT)	Limite di attenzione (μT)
2,16	2	0,07	2,23	10

Il campo elettromagnetico preesistente è stato ipotizzato pari a $0,07\mu\text{T}$, valore tipico per le aree agrarie.

Si può concludere che il campo elettromagnetico complessivo post operam presenterà ad altezza d'uomo un valore al di sotto dei limiti di legge e nel punto di maggiore intensità un valore massimo **inferiore al limite di attenzione** ($10\mu\text{T} > 2,43\mu\text{T}$).

Il rischio elettromagnetico è pertanto da considerarsi nullo, considerando anche che:

- ✓ il cavidotto non è mai percorso dalla massima corrente teorica;
- ✓ il cavidotto è interno al parco fotovoltaico, dove non è ragionevole supporre una permanenza in prossimità o al di sopra di esso di persone per più di 4 ore al giorno e per periodi prolungati;
- ✓ i lavori di manutenzione verranno tutti effettuati in assenza di tensione, quindi si può ritenere nullo l'impatto sui lavoratori addetti alla manutenzione.

La verifica dell'osservanza dei limiti di cui al DPCM 08/07/2003 è dunque da ritenersi soddisfatta.

Linee MT esterne

Al fine di determinare le condizioni più gravose dal punto di vista delle emissioni elettromagnetiche, si è valutato l'impatto prodotto dal cavidotto di uscita dalla cabina R3 e diretto alla cabina RT, con potenza pari a 66,88MW.

Linea MT Cabina R3-RT

La linea considerata ha le seguenti caratteristiche (potenza 66,88MW):

- Tensione nominale: 30.000V
- Corrente massima di esercizio del collegamento: 1430A
- Formazione dei conduttori: 3 x 4//300mmq AL
- Tipo di posa: linea interrata trifase

La norma CEI 211-6:2001, prima edizione, "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0Hz - 10kHz, con riferimento all'esposizione umana", stabilisce che le linee elettriche in cavo non producono campo elettrico all'esterno, in quanto, le guaine metalliche dei cavi costituiscono un'efficace schermatura nei riguardi di tale tipo di campo (par. 7.3.1).

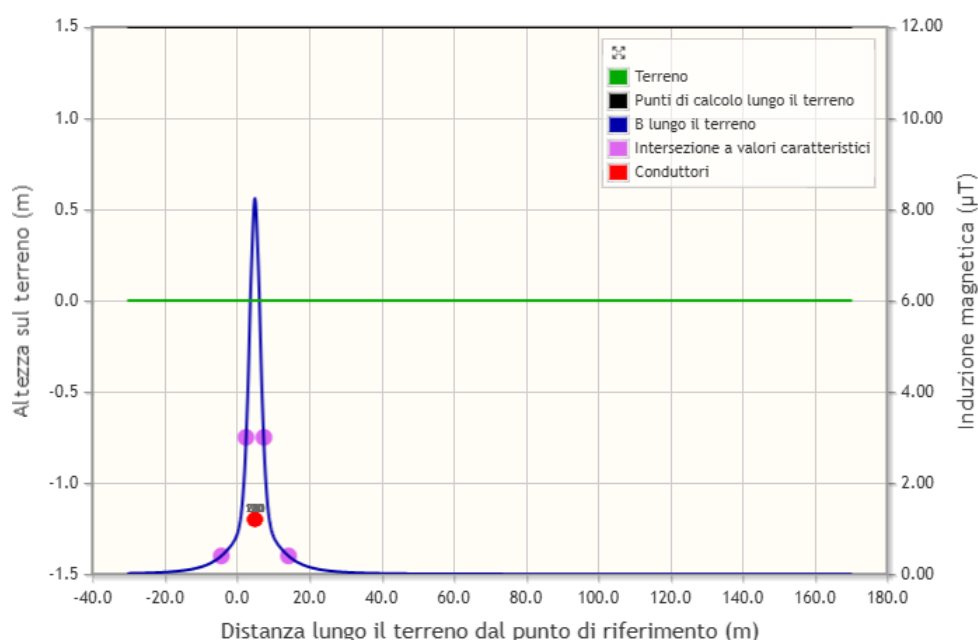
Per quanto riguarda le linee in cavo ad alta tensione non si ritiene di riportare risultati di calcolo o di misura di campi elettrici, visto che, per le ragioni sopra esposte, i livelli di tali campi sono normalmente del tutto trascurabili.

Tale considerazione può essere fatta anche nel caso di media tensione, dato che l'intensità del campo elettrico diminuisce con la diminuzione della tensione della linea.

Le linee in cavo interrato sono invece sorgenti di campo magnetico, in quanto le guaine dei cavi non costituiscono un'efficace schermatura a tale riguardo.

Nel caso di un sistema bilanciato, come quello in esame, considerando le caratteristiche dell'elettrodotto (formazione dei conduttori in posa piatta - profondità di posa della linea 1,5m) ad una distanza verticale di 1,5 metri dal centro linea (altezza uomo) si avranno le condizioni determinate nel grafico seguente:

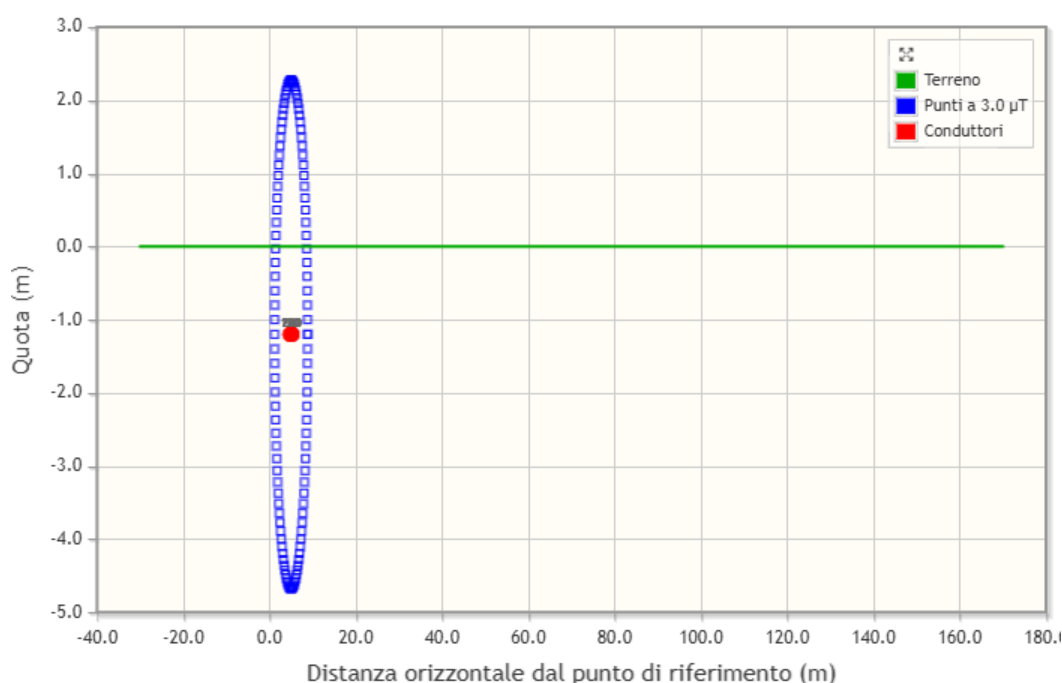
Tensione Nominale (V)	Corrente Nominale (A)	Tipologia posa	Formazione	Conduttori
30000	1430	Linea in cavidotto interrato	Posa a trifoglio	3x4//300mmq



Campo magnetico indotto (μT)	Distanza dalla linea (m)	Campo magnetico preesistente (μT)	Campo magnetico complessivo (μT)	Limite di attenzione (μT)
8,24	3,4	0,07	8,31	10

Il campo elettromagnetico preesistente è stato ipotizzato pari a $0,07\mu\text{T}$, valore tipico per le aree agrarie.

Si può concludere che il campo elettromagnetico complessivo post operam presenterà ad altezza d'uomo un valore al di sotto dei limiti di legge e nel punto di maggiore intensità un valore massimo **inferiore al limite di attenzione** ($10\mu\text{T} > 8,31\mu\text{T}$).



Il rischio elettromagnetico è pertanto da considerarsi nullo, considerando anche che:

- ✓ il cavidotto non è quasi mai percorso dalla massima corrente teorica;
- ✓ trattandosi di un impianto fotovoltaico, nelle ore notturne la produzione è nulla;
- ✓ il cavidotto attraversa principalmente sedi stradali, dove non è ragionevole supporre in ogni caso una permanenza in prossimità o al di sopra di esso di persone per più di 4 ore al giorno e per periodi prolungati;

La verifica dell'osservanza dei limiti di cui al DPCM 08/07/2003 è dunque da ritenersi soddisfatta.



4.1.3 Cabine di trasformazione

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto sono da considerare le cabine elettriche di trasformazione, all'interno delle quali, la principale sorgente di emissione è il trasformatore BT/MT.

Anche in questo caso si valutano le emissioni dovute ai trasformatori di maggiore potenza, pari a 9000kVA collocati nelle cabine di trasformazione.

La presenza del trasformatore BT/MT viene usualmente presa in considerazione limitatamente alla generazione di un campo magnetico nei locali vicini a quelli di cabina.

In base al DM del MATTM del 29.05.2008, cap.5.2.1, l'ampiezza delle DPA si determina come di seguito descritto.

Tale determinazione si basa sulla corrente di bassa tensione del trasformatore e considerando una distanza dalle fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore.

Per determinare le DPA si applica quanto esposto nel cap.5.2.1 e cioè:

$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0,40942 \cdot x^{0,5242}$$

dove:

DPA = distanza di prima approssimazione (m)

I = corrente nominale (A)

x = diametro dei cavi (m)

Considerando che $I = 2 \times 3615$ e che la formazione del cavo scelto sul lato BT del trasformatore è $3 \times (8/240) \text{ mm}^2$ per ogni secondario, con diametro esterno pari a circa 25,2mm, si ottiene una DPA, arrotondata per eccesso all'intero superiore, pari a 11m.

D'altra parte, nel caso in questione la cabina è posizionata all'aperto e normalmente non è permanentemente presidiata.

4.2 CAMPI ELETTRROMAGNETICI OPERE CONNESSIONE

4.2.1 Elettrodotto MT/AT

Al fine di determinare le condizioni più gravose dal punto di vista delle emissioni elettromagnetiche, si è valutato l'impatto prodotto dall'elettrodotto di uscita dalla Cabina di Raccolta RT considerando la massima potenza di immissione, pari a 70.400kW.

La linea considerata ha le seguenti caratteristiche:

- | | |
|---|-------------------------|
| ▪ Tensione nominale: | 30.000V |
| ▪ Corrente massima di esercizio del collegamento: | 1505A |
| ▪ Formazione dei conduttori: | 3 x (3//630mmq) AL |
| ▪ Tipo di posa: | linea interrata trifase |

La norma CEI 211-6:2001, prima edizione, *"Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0Hz - 10kHz, con riferimento all'esposizione umana"*, stabilisce che le linee elettriche in cavo non producono campo elettrico all'esterno, in quanto, le guaine metalliche dei cavi costituiscono un'efficace schermatura nei riguardi di tale tipo di campo (par. 7.3.1).

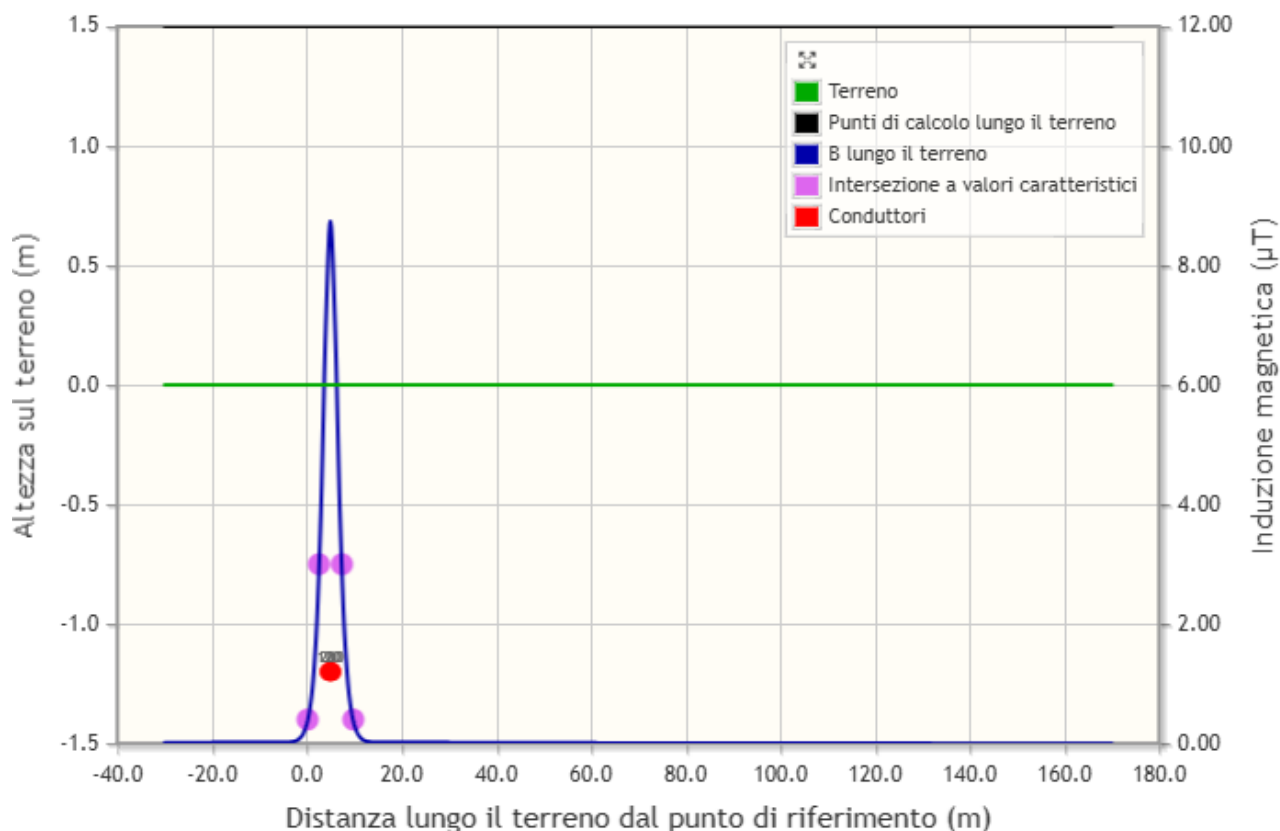
Per quanto riguarda le linee in cavo ad alta tensione non si ritiene di riportare risultati di calcolo o di misura di campi elettrici, visto che, per le ragioni sopra esposte, i livelli di tali campi sono normalmente del tutto trascurabili.

Tale considerazione può essere fatta anche nel caso di media tensione, dato che l'intensità del campo elettrico diminuisce con la diminuzione della tensione della linea.

Le linee in cavo interrato sono invece sorgenti di campo magnetico, in quanto le guaine dei cavi non costituiscono un'efficace schermatura a tale riguardo.

Nel caso di un sistema bilanciato, come quello in esame, considerando le caratteristiche dell'elettrodotto (formazione dei conduttori in posa piatta - profondità di posa della linea 1,5m) ad una distanza verticale di 1,5 metri dal centro linea (altezza uomo) si avranno le condizioni determinate nel grafico seguente:

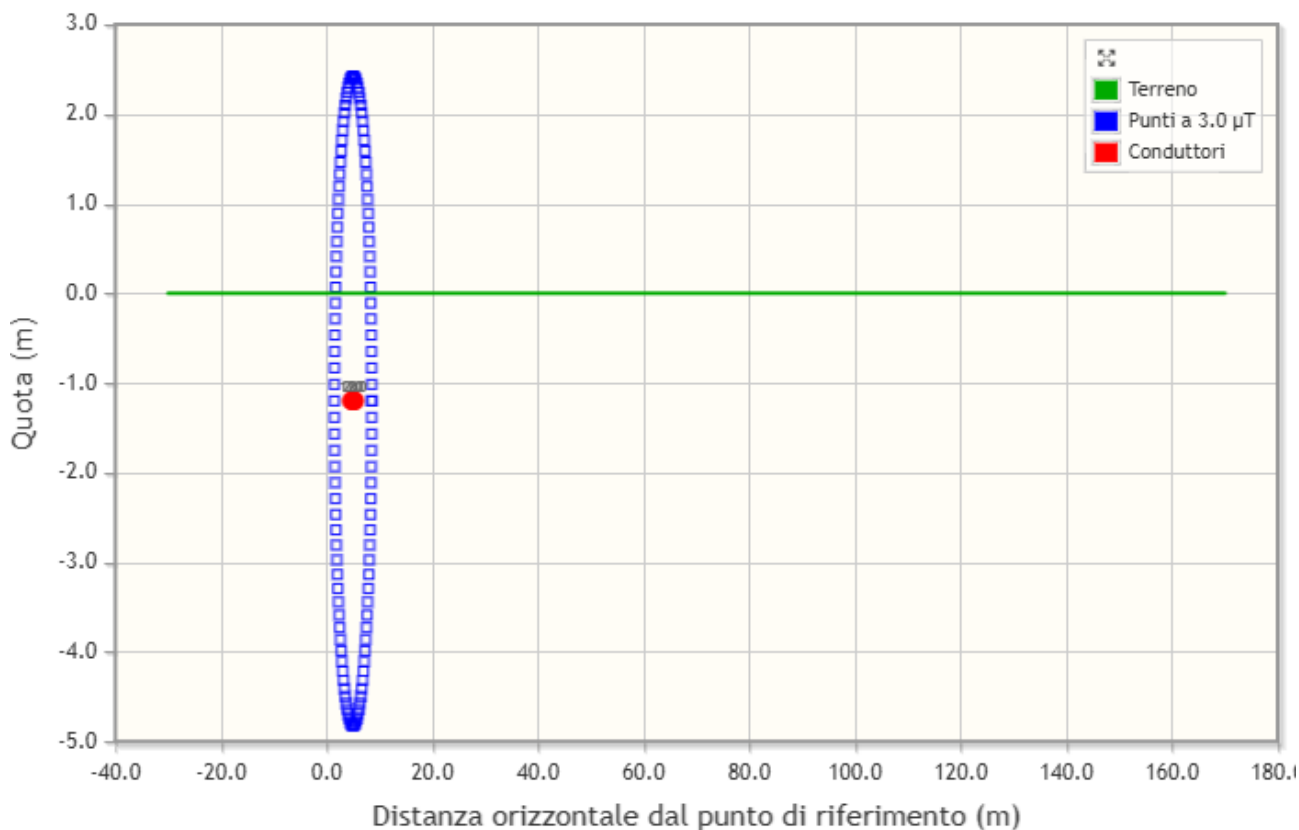
Tensione Nominale (V)	Corrente Nominale (A)	Tipologia posa	Formazione	Conduttori
30000	1505	Linea in cavidotto interrato	Posa a trifoglio	3 x 3//360mmq



Campo magnetico indotto (μT)	Distanza dalla linea (m)	Campo magnetico preesistente (μT)	Campo magnetico complessivo (μT)	Limite di attenzione (μT)
8,74	3,8	0,07	8,91	10

Il campo elettromagnetico preesistente è stato ipotizzato pari a 0,07μT, valore tipico per le aree agrarie.

Si può concludere che il campo elettromagnetico complessivo post operam presenterà ad altezza d'uomo un valore pressoché nullo e nel punto di maggiore intensità un valore massimo **inferiore al limite di attenzione** (10μT > 8,91μT).



Si può quindi considerare che l'ampiezza della fascia di rispetto con valore del campo magnetico indotto inferiore a $3\mu\text{T}$ sia pari a 3,80m, a cavallo dell'asse del cavidotto.

Infine, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo, non è rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in oggetto.

Il rischio elettromagnetico è pertanto da considerarsi nullo, considerando anche che:

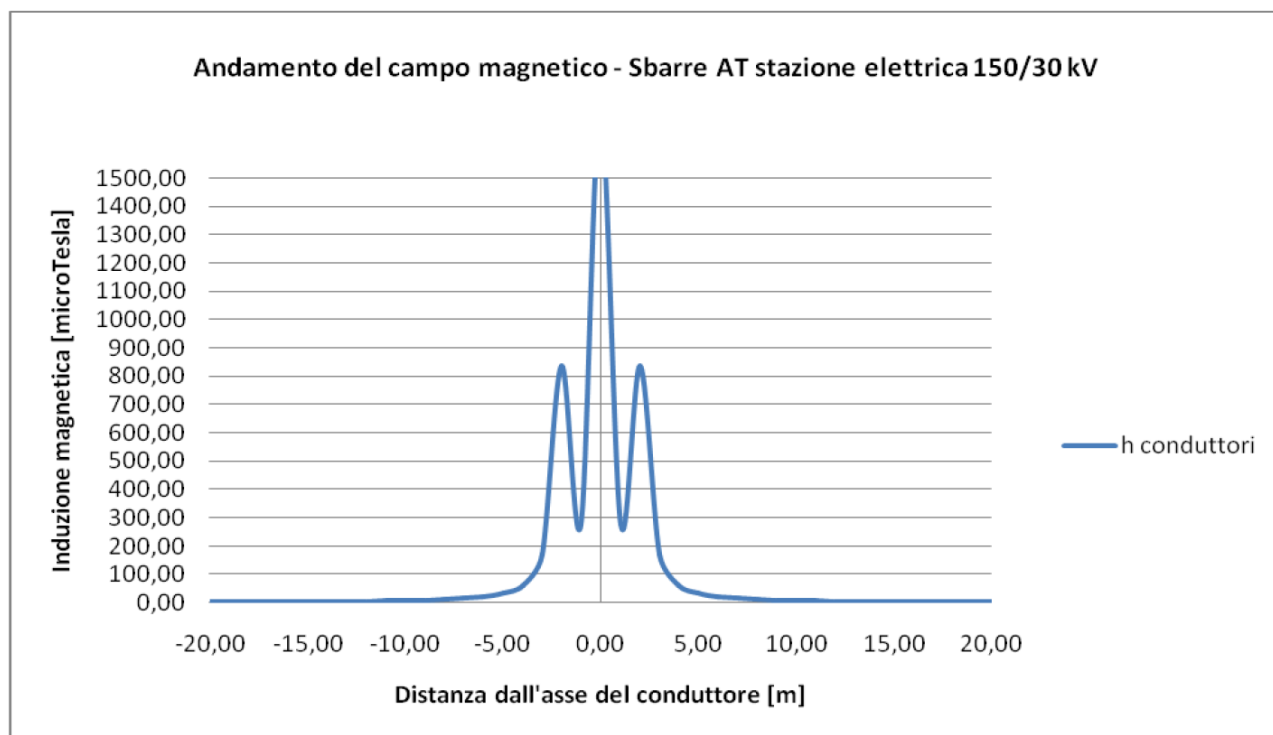
- ✓ il cavidotto non è quasi mai percorso dalla massima corrente teorica;
- ✓ trattandosi di un impianto fotovoltaico, nelle ore notturne la produzione è nulla;
- ✓ il cavidotto attraversa principalmente sedi stradali, dove non è ragionevole supporre in ogni caso una permanenza in prossimità o al di sopra di esso di persone per più di 4 ore al giorno e per periodi prolungati;

La verifica dell'osservanza dei limiti di cui al DPCM 08/07/2003 è dunque da ritenersi soddisfatta.

4.2.2 Sottostazione MT/AT

Le apparecchiature previste e le geometrie dell'impianto di AT sono analoghe a quelle di altri impianti già in esercizio, dove sono state effettuate verifiche sperimentali dei campi elettromagnetici al suolo nelle diverse condizioni di esercizio, con particolare attenzione alle zone di transito del personale (strade interne e fabbricati).

I valori di campo elettrico al suolo risultano massimi in corrispondenza delle apparecchiature AT a 132/30kV con valori attorno a qualche kV/m, ma si riducono a meno di 1kV/m a ca. 5m di distanza da queste ultime.



L'aliquota di intensità di corrente prodotta nella stazione di trasformazione è pari a:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi \cdot \sqrt{3}}$$

da cui si ottiene $I = 343A$

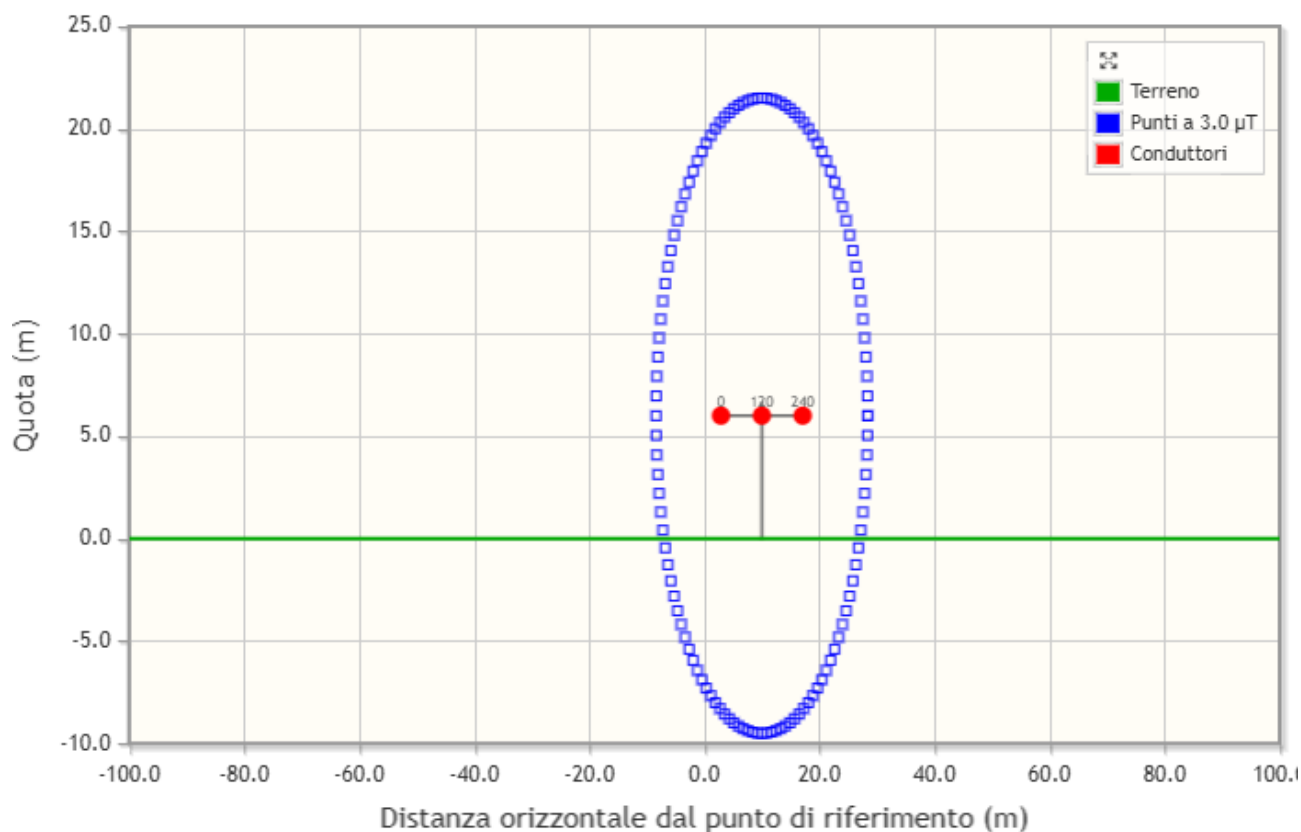
Considerando quella che è la geometria tipica di un sistema trifase con disposizione dei conduttori assimilabile a quella delle sbarre della stazione di utenza e che riportiamo nella figura sottostante

The figure is a dual-axis plot showing the magnetic field profile along a terrain. The x-axis represents the distance along the terrain from a reference point in meters (Distanza lungo il terreno dal punto di riferimento (m)), ranging from -100.0 to 100.0. The left y-axis represents the height above the terrain in meters (Altezza sul terreno (m)), ranging from 0.0 to 7.0. The right y-axis represents the magnetic induction in microtesla (Induzione magnetica (μT)), ranging from 0.00 to 21.00.

The plot includes several data series and markers:

- Terreno:** A green line at 0.0 m height.
- Punti di calcolo lungo il terreno:** A horizontal black line at 1.5 m height.
- B lungo il terreno:** A blue curve representing the magnetic field profile, which peaks at approximately 15.5 μT at a distance of 120 m.
- Intersezione a valori caratteristici:** Purple dots marking the intersection of the magnetic field curve with the 1.5 m terrain line at approximately -35 m, -10 m, 10 m, and 35 m.
- Conduttori:** Red dots on the terrain line at 0, 120, and 240 m, indicating the positions of the conductors.

A vertical black line is drawn at 120 m, corresponding to the position of the conductors. The magnetic field curve shows a sharp peak at this location, reaching a maximum value of about 15.5 μT .



Si può concludere che il campo elettromagnetico complessivo "post operam", determinato dal trafo all'aperto AT 132/30kV, presenterà ad altezza d'uomo un valore inferiore al limite di normativa di 3µT a circa 15m.

Pertanto sarà stabilita una DPA pari a ± 15 m a destra e a sinistra dell'asse dei conduttori.

Vista la possibile presenza di personale tecnico in stazione soprattutto nell'edificio quadri e comandi, si è analizzata la fascia relativa alla DPA sulla base dell'obiettivo qualità dei 3µT.

Vista la possibile presenza di personale tecnico in stazione soprattutto nell'edificio quadri e comandi, occorrerà posizionare l'edificio in modo da garantire la distanza indicata rispetto alle linee AT.

La verifica dell'osservanza dei limiti di cui al DPCM 08/07/2003 è dunque da ritenersi soddisfatta.

4.2.3 Elettrodotto AT verso SSE

Al fine di determinare le condizioni più gravose dal punto di vista delle emissioni elettromagnetiche, si è valutato l'impatto prodotto dall'elettrodotto di uscita dal trasformatore MT/AT considerando la massima potenza in uscita, pari a 145.000kW.

La linea considerata ha le seguenti caratteristiche:

- Tensione nominale: 132kV
- Corrente massima di esercizio del collegamento: 704A
- Formazione dei conduttori: 3 x 1000mmq AL
- Tipo di posa: linea interrata trifase

La norma CEI 211-6:2001, prima edizione, *"Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0Hz - 10kHz, con riferimento all'esposizione umana"*, stabilisce che le linee elettriche in cavo non producono campo elettrico all'esterno, in quanto, le guaine metalliche dei cavi costituiscono un'efficace schermatura nei riguardi di tale tipo di campo (par. 7.3.1).

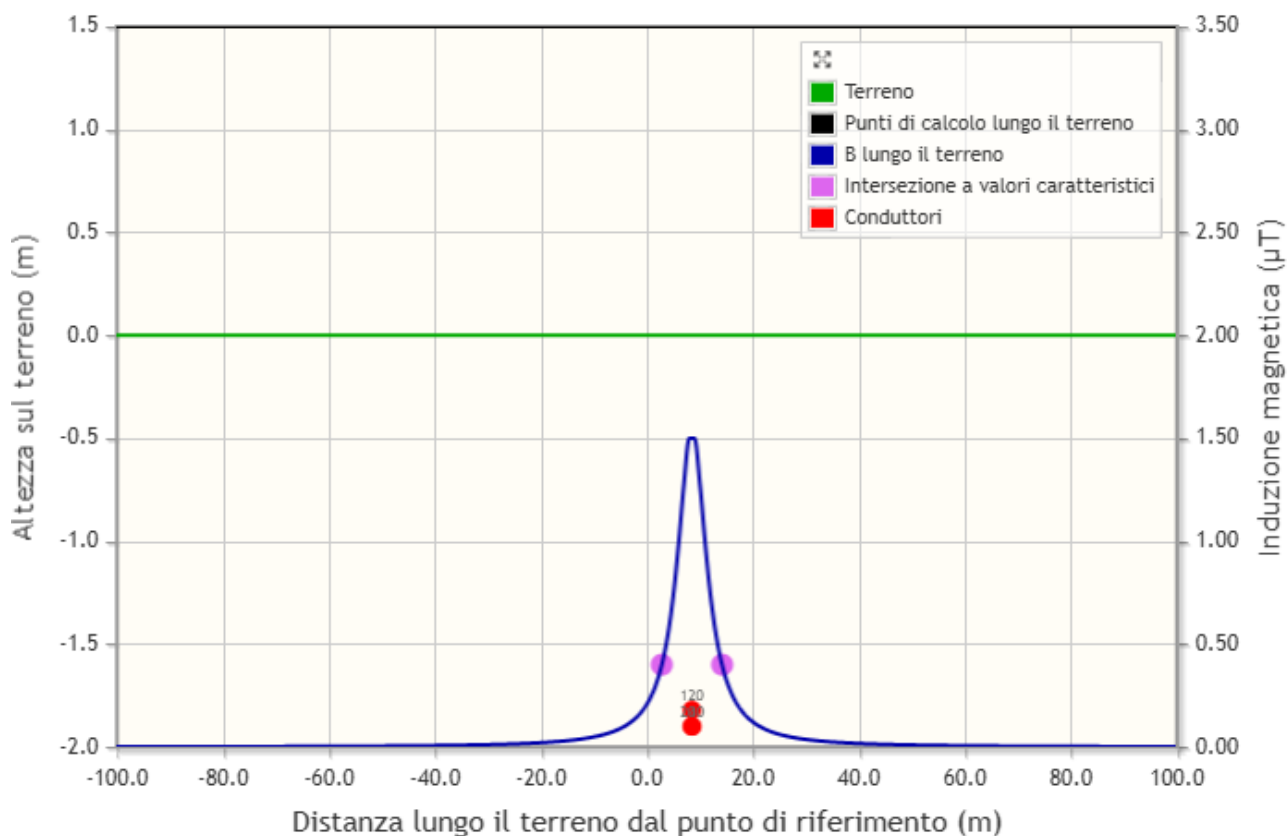
Per quanto riguarda le linee in cavo ad alta tensione non si ritiene di riportare risultati di calcolo o di misura di campi elettrici, visto che, per le ragioni sopra esposte, i livelli di tali campi sono normalmente del tutto trascurabili.

Tale considerazione può essere fatta anche nel caso di media tensione, dato che l'intensità del campo elettrico diminuisce con la diminuzione della tensione della linea.

Le linee in cavo interrato sono invece sorgenti di campo magnetico, in quanto le guaine dei cavi non costituiscono un'efficace schermatura a tale riguardo.

Nel caso di un sistema bilanciato, come quello in esame, considerando le caratteristiche dell'elettrodotto (formazione dei conduttori in posa piatta - profondità di posa della linea 1,5m) ad una distanza verticale di 1,5 metri dal centro linea (altezza uomo) si avranno le condizioni determinate nel grafico seguente:

Tensione Nominale (V)	Corrente Nominale (A)	Tipologia posa	Formazione	Conduttori
132.000	704	Linea in cavidotto interrato	Posa in piano	3 x 1 x 1000mmq



Campo magnetico indotto (μT)	Distanza dalla linea (m)	Campo magnetico preesistente (μT)	Campo magnetico complessivo (μT)	Limite di attenzione (μT)
1,5	1,5	0,07	1,57	10

Il campo elettromagnetico preesistente è stato ipotizzato pari a $0,07\mu\text{T}$, valore tipico per le aree agrarie.

Si può concludere che il campo elettromagnetico complessivo post operam presenterà ad altezza d'uomo un valore pressoché nullo e nel punto di maggiore intensità un valore massimo **inferiore al limite di attenzione** ($10\mu\text{T} > 1,57\mu\text{T}$).

Il rischio elettromagnetico è pertanto da considerarsi nullo, considerando anche che:

- ✓ il cavidotto comunque non è mai percorso dalla massima corrente teorica;
- ✓ trattandosi di un impianto fotovoltaico, nelle ore notturne la produzione è nulla;
- ✓ il cavidotto attraversa l'area di campagna che divide le sottostazioni, dove non è ragionevole supporre in ogni caso una permanenza in prossimità o al di sopra di esso di persone per più di 4 ore al giorno e per periodi prolungati;

6 ANALISI DEI RISULTATI OTTENUTI

Come mostrato nelle tabelle e figure dei paragrafi precedenti le azioni di progetto fanno sì che sia possibile riscontrare intensità del campo di induzione magnetica inferiore al valore obiettivo di 3 μ T in corrispondenza dei cavidotti MT interni, mentre per quelli esterni la fascia entro cui tale limite viene superato è circoscritto intorno alle opere suddette e, in particolare, ha una semi-ampiezza complessiva di circa 3,4m/3,8m a cavallo della mezzeria di tutto il cavidotto MT. In ogni caso per la parte di cavidotti che si sviluppano sulla viabilità stradale esistente, poiché si tratta di strade sono principalmente fuori dei centri abitati, si può certamente escludere la presenza di recettori sensibili entro le predette fasce per tempi prolungati, venendo quindi soddisfatto l'obiettivo di qualità da conseguire nella realizzazione di nuovi elettrodotti fissato dal DPCM 8 Luglio 2003.

La stessa considerazione può ritenersi certamente valida per una fascia di circa 3,5m attorno alle cabine di trasformazione ed alle cabine di raccolta di impianto.

Identiche considerazioni possono ritenersi certamente valida per la stazione di utenza AT/MT, dove la fascia si estende fino a 15m, mentre per il tratto di connessione con la SSE i valori del campo magnetico sono al di sotto dei limiti di legge.

Infatti, sia per gli impianti fotovoltaici che per la stazione d'utenza, ad eccezione che in corrispondenza degli ingressi e delle uscite linee, al di fuori della recinzione i valori di campo magnetico sono inferiori ai limiti di legge.

Foggia, lì 30/07/2025

Il tecnico
Ing. Patrizia Zorzetto

