

REGIONE PUGLIA

Provincia di Foggia (FG)

COMUNE DI CERIGNOLA



2	EMISSIONE PER INTEGRAZIONE	21/04/23	DE LUCA S.	BAIARDO G.	NASTASI A.
1	EMISSIONE PER ENTI ESTERNI	15/07/21	ANTEX	FURNO C.	NASTASI A.
0	EMISSIONE PER COMMENTI	04/07/21	ANTEX	FURNO C.	NASTASI A.
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.

Committente:

HERGO RENEWABLES S.P.A.



Sede legale in via Privata Maria Teresa, 8, 20123, Milano
Partita I.V.A. 10416260965, R.E.A. n. 2529663

Società di Progettazione:

Ingegneria & Innovazione



Via Jonica, 16 Loc. Belvedere - 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1663409
Web: www.antexgroup.it e-mail: info@antexgroup.it

Progetto:

Progetto di un impianto agro-naturalistico-fotovoltaico avente potenza pari a 40,0752 MWp e relative opere di connessione, integrato con coltivazione di foraggio, da realizzarsi nel comune di Cerignola (Loc. "Tavoletta")

Progettista/Resp. Tecnico:

Dott. Ing. Antonino Signorello
Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Catania
n° 6105 sez. A

Elaborato:

RELAZIONE TECNICA VALUTAZIONE IMPATTO ELETTRROMAGNETICO

Scala:

--:--

Nome DIS/FILE:

C21025S05-PD-RT-04-02

Allegato:

1/1

F.to:

A4

Livello:

DEFINITIVO

*Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.
È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.*



	<p>PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA PARI A 40,0752 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE, INTEGRATO CON LA COLTIVAZIONE DI FORAGGIO, DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI CERIGNOLA (Loc. "TAVOLETTA")</p> <p>RELAZIONE TECNICA VALUTAZIONE IMPATTO ELETTRROMAGNETICO</p>	 Ingegneria & Innovazione		
		21/04/2023	REV: 02	Pag.2

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. SCOPO	3
3. NORMA DI RIFERIMENTO	4
4. DEFINIZIONI	4
5. VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CEM E DPA	5
5.1. IDENTIFICAZIONE DELLE SORGENTI CEM	6
5.2. OBIETTIVI DI PROTEZIONE DELLA POPOLAZIONE DALL'ESPOSIZIONE AI CEM.....	7
6. VALUTAZIONE DEI CEI GENERATI DALLE SORGENTI INDIVIDUATE.....	8
6.1. CAMPO ELETTRROMAGNETICO GENERATO DA LINEE AT INTERRATE.....	8
6.1.1. CEM GENERATO DA TRINCEE CON UN CIRCUITO (1C).....	10
6.1.2. CEM GENERATO DA TRINCEE CON PIU' DI UN CIRCUITO	11
6.2. CAMPO ELETTRROMAGNETICO GENERATO DA POWER BLOCK	14
6.3. CAMPO ELETTRROMAGNETICO GENERATO DA CABINE ELETTRICHE.....	15
7. EFFETTO CORONA E COMPATIBILITA' ELETTRROMAGNETICA	16
8. CONCLUSIONI.....	16

	PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA PARI A 40,0752 MW _p E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE, INTEGRATO CON LA COLTIVAZIONE DI FORAGGIO, DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI CERIGNOLA (Loc. "TAVOLETTA")	 Ingegneria & Innovazione	
	RELAZIONE TECNICA VALUTAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	21/04/2023	REV: 02

1. PREMESSA

Su incarico di Hergo Renewables S.p.a., la società ANTEX GROUP Srl ha redatto il progetto definitivo per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare, denominato Impianto Fotovoltaico "TAVOLETTA", da realizzarsi nei territori del Comune di Cerignola (FG) – Regione Puglia.

Hergo Renewables S.p.a ha già ricevuto ed accettato il preventivo di connessione inviato da Terna per la connessione di un impianto di generazione da fonte rinnovabile (fotovoltaica) per una potenza in immissione pari a 41,29 MW.

È stato richiesto a Terna dalla Società Hergo Solare Italia S.r.l. il riesame della STMG, che prevede una soluzione di connessione a 36 kV.

Tale STMG prevede l'inserimento dell'impianto alla RTN mediante collegamento in antenna a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150/36 kV da inserire in entra-esce alla linea a 150 kV "Stornara – CP Cerignola – CP Canosa", previa realizzazione:

- di un nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento tra la nuova SE suddetta e una futura SE RTN a 380/150 kV da inserire in entra-esce alla linea 380 kV della RTN "Foggia - Palo del Colle";
- di due elettrodotti RTN a 150 kV tra una nuova SE 150 kV della RTN da inserire in entra-esce alla linea "CP Ortanova - Stornara" e una futura SE RTN a 380/150 kV da inserire in entra-esce alla linea 380 kV della RTN "Foggia - Palo del Colle";
- del potenziamento/rifacimento dell'elettrodotto RTN a 150 kV "CP Trompiello – Stornara – CP Cerignola" nel tratto compreso tra la nuova SE 150 kV suddetta e la nuova SE 150/36 kV suddetta.

L'impianto fotovoltaico di tipo agrovoltaiico, prevede di installare 66.240 moduli fotovoltaici monofacciali in silicio monocristallino da 605 Wp ciascuno, su strutture ad inseguimento monoassiale, realizzate in acciaio zincato a caldo. Tutta l'energia elettrica prodotta verrà ceduta alla rete. Le attività di progettazione definitiva sono state sviluppate dalla società di ingegneria ANTEX Group Srl. ANTEX Group Srl è una società che fornisce servizi globali di consulenza e management ad Aziende private ed Enti pubblici che intendono realizzare opere ed investimenti su scala nazionale ed internazionale. È costituita da selezionati e qualificati professionisti uniti dalla comune esperienza professionale nell'ambito delle consulenze ingegneristiche, tecniche, ambientali, gestionali, legali e di finanza agevolata. Sia ANTEX che HERGO RENEWABLES S.P.A. pongono a fondamento delle attività e delle proprie iniziative, i principi della qualità, dell'ambiente e della sicurezza come espressi dalle norme ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001 nelle loro ultime edizioni.

2. SCOPO

Scopo della presente relazione è valutare le emissioni elettromagnetiche e definire le DPA e APA dell'impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare da 40275,2 kW_p denominato **Impianto Fotovoltaico "Tavoletta"**, che **Hergo Renewables Italia S.p.a.** intende realizzare nei terreni del Comune di Cerignola (FG) – Regione Puglia.

	PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA PARI A 40,0752 MW _p E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE, INTEGRATO CON LA COLTIVAZIONE DI FORAGGIO, DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI CERIGNOLA (Loc. "TAVOLETTA") RELAZIONE TECNICA VALUTAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	 Ingegneria & Innovazione		
		21/04/2023	REV: 02	Pag.4

3. NORMA DI RIFERIMENTO

Per la redazione della presente relazione, si è fatto riferimento alla seguente normativa:

- D. Lgs. 81/2008 “Attuazione dell’articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro” e ss. mm. e ii.;
- DIRETTIVA 2013/35/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 26 giugno 2013 sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all’esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) (ventesima direttiva particolare ai sensi dell’articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE) e che abroga la direttiva 2004/40/CE;
- Decreto legislativo 1° agosto 2016, n. 159 - Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all’esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE;
- Guida non vincolante di buone prassi per l’attuazione della direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici - Commissione Europea - Direzione Generale per l’Occupazione, gli Affari Sociali e l’Inclusione - Unità B3;
- Decreto del 29/05/08 “Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell’induzione magnetica”;
- DM del 29.5.2008 “Approvazione della metodologia di calcolo delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”;
- Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 08/07/2003 “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”, G.U. 28 agosto 2003, n. 200;
- Legge quadro 22/02/2001, n. 36 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”, G.U. 7 marzo 2001, n.55;
- 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 elettriche”;
- Norma CEI 211-6 “Guida per la misura e la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell’intervallo di frequenza 0 Hz – 10 kHz, con riferimento all’esposizione umana”;
- Norma CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo.
- Linea Guida per l’applicazione del § 5.1.3 dell’Allegato al DM 29.05.08. Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche. [Enel Distribuzione S.p.A. – Divisione Infrastrutture e Reti – QSA/IUN].

L’elenco normativo è riportato soltanto a titolo di promemoria informativo; esso non è esaustivo per cui eventuali leggi o norme applicabili, anche se non citate, verranno comunque applicate.

4. DEFINIZIONI

Nel seguito del documento si farà uso dei seguenti termini:

- Campi Elettromagnetici (CEM): campi magnetici statici e campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici variabili nel

	<p>PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA PARI A 40,0752 MW_p E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE, INTEGRATO CON LA COLTIVAZIONE DI FORAGGIO, DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI CERIGNOLA (Loc. "TAVOLETTA")</p> <p>RELAZIONE TECNICA VALUTAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO</p>	 Ingegneria & Innovazione		
		21/04/2023	REV: 02	Pag.5

tempo di frequenza inferiore o pari a 300 GHz.

- Corrente di contatto (I_c): la corrente di contatto tra una persona e un oggetto è espressa in Ampere (A). Un conduttore che si trova in un campo elettrico può essere caricato dal campo.
- Densità di corrente (J): è definita come la corrente che passa attraverso una sezione unitaria perpendicolare alla sua direzione in un volume conduttore quale il corpo umano o una sua parte. È espressa in Ampere a metro quadro (A/m²).
- Intensità di campo elettrico (E): è una grandezza vettoriale che corrisponde alla forza esercitata su una particella carica indipendentemente dal suo movimento nello spazio. È espressa in Volt al metro (V/m).
- Intensità di campo magnetico (H): è una grandezza vettoriale che, assieme all'induzione magnetica, specifica un campo magnetico in qualunque punto dello spazio. È espressa in Ampere al metro (A/m).
- Induzione magnetica (B): è una grandezza vettoriale che determina una forza agente sulle cariche in movimento. È espressa in Tesla (T). Nello spazio libero e nei materiali biologici l'induzione magnetica e l'intensità del campo magnetico sono legate dall'equazione $1 \text{ A m}^{-1} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}$.

Tra le grandezze sopra citate, possono essere misurate direttamente l'induzione magnetica, le intensità di campo elettrico e magnetico.

5. VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CEM E DPA

Un CEM si identifica con la propagazione nello spazio di campi elettrici e magnetici variabili nel tempo. Alcuni campi provocano la stimolazione degli organi sensoriali, dei nervi e dei muscoli, mentre altri causano riscaldamento. È importante notare che tutti questi effetti hanno una soglia al di sotto della quale non vi è alcun rischio e le esposizioni inferiori alla soglia non sono in alcun caso cumulative. Gli effetti causati dall'esposizione sono transitori, essendo limitati alla durata dell'esposizione, e cessano o diminuiscono quando finisce l'esposizione. Ciò significa che non vi sono ulteriori rischi per la salute una volta terminata l'esposizione. Il tipo di effetto che i CEM hanno sulle persone dipende sostanzialmente da:

- frequenza del CEM;
- intensità del CEM.

In funzione della frequenza, le radiazioni generate da un CEM si dividono in:

- Radiazioni Ionizzanti (IR) con frequenze superiori a 300 GHz (raggi UV, raggi gamma e raggi X);
- Radiazioni Non Ionizzanti (NIR) con frequenza fino a 300 GHz (campi elettromagnetici a frequenze estremamente basse, radiofrequenze, microonde, infrarosso, luce visibile).

Nel caso in esame i CEM cui si può essere esposti sono riconducibili a campi a frequenze estremamente basse (Extremely Low Frequency, ELF); infatti, in Italia, linee elettriche, cabine di trasformazione, elettrodomestici funzionano a frequenza

	<p>PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA PARI A 40,0752 MW_p E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE, INTEGRATO CON LA COLTIVAZIONE DI FORAGGIO, DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI CERIGNOLA (Loc. "TAVOLETTA")</p> <p>RELAZIONE TECNICA VALUTAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO</p>	 Ingegneria & Innovazione		
		21/04/2023	REV: 02	Pag.6

industriale costante, pari a 50 Hz. La Guida identifica gli effetti diretti e indiretti accertati che sono provocati dai CEM.

Gli effetti diretti sono i cambiamenti provocati in una persona dall'esposizione a un CEM. La Direttiva prende in considerazione solo gli effetti noti che si basano su meccanismi conosciuti, ma opera una distinzione fra effetti sensoriali ed effetti sulla salute, considerati più gravi. Gli effetti diretti sono i seguenti:

- vertigini e nausea provocati da CEM statici (associati di norma al movimento, ma possibili anche in assenza di movimento);
- effetti su organi sensoriali, nervi e muscoli provocati da campi a bassa frequenza (fino a 100 kHz);
- riscaldamento di tutto il corpo o di parti del corpo causato da campi ad alta frequenza (pari o superiore a 10 MHz);
- in presenza di valori superiori a qualche GHz il riscaldamento si limita in misura sempre maggiore alla superficie del corpo;
- effetti su nervi e muscoli e riscaldamento causato da frequenze intermedie (100 kHz-10 MHz).

Gli effetti diretti possono, quindi, suddivisi in:

- effetti non termici, come la stimolazione di nervi, muscoli ed organi sensoriali;
- effetti termici, come il riscaldamento dei tessuti.

Con riferimento agli effetti indiretti si ravvisa quanto segue. Possono essere provocati dalla presenza, nel campo elettromagnetico, di oggetti che possono determinare pericoli per la sicurezza o la salute (interferenze con apparecchiature e altri dispositivi medici elettronici, interferenze con apparecchiature o dispositivi medici impiantabili attivi, per esempio stimolatori cardiaci o defibrillatori, ecc.).

Alla luce delle considerazioni effettuate, atteso che la frequenza dei CEM è di 50 Hz, andranno presi in considerazione:

- ✓ effetti diretti non termici;
- ✓ effetti indiretti connessi direttamente con la salute e la sicurezza.

Per la valutazione del rischio di esposizione ai CEM bisogna effettuare una identificazione delle sorgenti. In seguito, è necessario fissare gli obiettivi per la protezione della popolazione all'esposizioni da questi.

5.1. IDENTIFICAZIONE DELLE SORGENTI CEM

La valutazione del rischio di esposizione ai CEM parte da un censimento iniziale di sorgenti:

- Tutte le linee elettriche a servizio del parco fotovoltaico, ovvero gli elettrodotti AT per la interconnessione tra le Power Block e la Cabina di Centrale e l'elettrodotto per la successiva connessione alla Stazione Elettrica.
- Le cabine elettriche, come le Power Block e la Cabina Centrale.

	PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA PARI A 40,0752 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE, INTEGRATO CON LA COLTIVAZIONE DI FORAGGIO, DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI CERIGNOLA (Loc. "TAVOLETTA")	 Ingegneria & Innovazione	
	RELAZIONE TECNICA VALUTAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO	21/04/2023	REV: 02

Le rimanenti componenti dell'impianto (sezione BT, apparecchiature del sistema di controllo, etc) sono state giudicate non significative dal punto di vista delle emissioni elettromagnetiche; pertanto, non verranno trattate ai fini della valutazione. Nei successivi paragrafi verrà data una caratterizzazione delle sorgenti appena individuate.

5.2. OBIETTIVI DI PROTEZIONE DELLA POPOLAZIONE DALL'ESPOSIZIONE AI CEM

Ai fini della protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati da linee e cabine elettriche, il DPCM 8 luglio 2003 (artt. 3 e 4) fissa, in conformità alla Legge 36/2001 (art. 4, c. 2):

- i limiti di esposizione del campo elettrico (5 kV/m) e del campo magnetico (100 μ T) come valori efficaci, per la protezione da possibili effetti a breve termine;
- il valore di attenzione (10 μ T) e l'**obiettivo di qualità** (3 μ T) del campo magnetico da intendersi come mediana nelle 24 ore in normali condizioni di esercizio, per la protezione da possibili effetti a lungo termine connessi all'esposizione nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere (luoghi tutelati).

Il valore di attenzione si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti; l'obiettivo di qualità si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti. Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti). Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità. "La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti" prevede una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA). Detta DPA, nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3 μ T del campo magnetico (art. 4 del DPCM 8 luglio 2003), si applica nel caso di:

- realizzazione di nuovi elettrodotti (inclusi potenziamenti) in prossimità di luoghi tutelati;
- progettazione di nuovi luoghi tutelati in prossimità di elettrodotti esistenti.

In particolare, al fine di agevolare/semplificare:

- l'iter autorizzativo relativo alla costruzione ed esercizio degli elettrodotti (linee e cabine elettriche);
- le attività di gestione territoriale relative a progettazioni di nuovi luoghi tutelati e a richieste di redazione dei piani di gestione territoriale, inoltrate dalle amministrazioni locali.

Le DPA permettono, nella maggior parte delle situazioni, una valutazione esaustiva dell'esposizione ai campi magnetici.

Si precisa, inoltre, che secondo quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 sopra citato (§ 3.2), la tutela in merito alle

fasce di rispetto di cui all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 si applica alle linee elettriche aeree ed interrate, esistenti ed in progetto **ad esclusione di:**

- linee esercite a frequenza diversa da quella di rete di 50 Hz (ad esempio linee di alimentazione dei mezzi di trasporto);
- linee di classe zero ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (come le linee di telecomunicazione);
- linee di prima classe ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (quali le linee di bassa tensione);
- **linee di Media Tensione in cavo cordato ad elica (interrate o aeree - Figura 1);**

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.

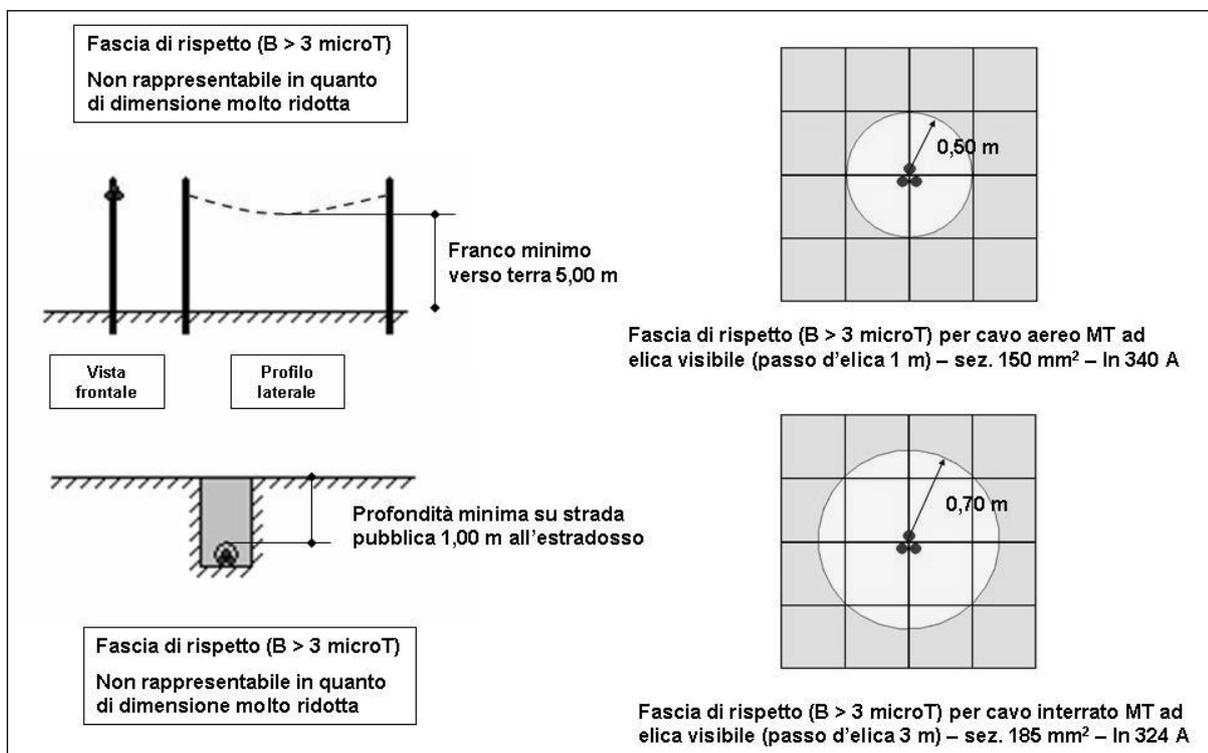


Figura 1 – Curve di livello dell'induzione magnetica generata da cavi cordati ad elica

Si evidenzia infine che le fasce di rispetto (comprese le correlate DPA) non sono applicabili ai luoghi tutelati esistenti in vicinanza di elettrodotti esistenti. In tali casi, l'unico vincolo legale è quello del non superamento del valore di attenzione del campo magnetico (10 μ T da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio); solo ove tale valore risulti superato, si applicheranno le disposizioni dell'art. 9 della Legge 36/2001.

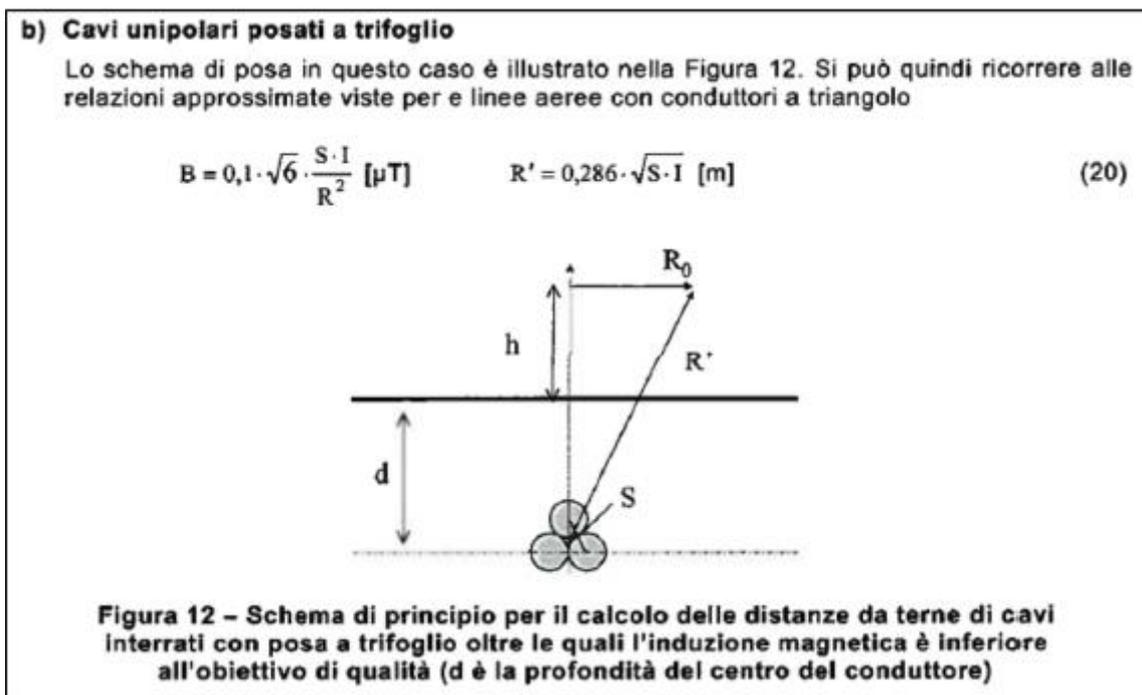
6. VALUTAZIONE DEI CEI GENERATI DALLE SORGENTI INDIVIDUATE

6.1. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DA LINEE AT INTERRATE

L'intensità del campo elettrico generato da linee interrate è insignificante già al di sopra delle linee stesse grazie all'effetto

schermante del rivestimento del cavo e del terreno.

Per quanto riguarda l'intensità del campo magnetico, poiché le linee elettriche interrate AT relative all'impianto fotovoltaico in oggetto, saranno realizzati mediante la posa di cavi unipolari posati a trifoglio; quindi, si valuta l'impatto elettromagnetico generato dai cavidotti interrati AT adottando la metodologia di calcolo illustrata nella Norma CEI 106-11, che si riporta di seguito:



I valori di DPA dipendono solo dalla geometria dei conduttori e dai valori di corrente che le attraversano.

Invece, per tener conto della presenza di due o più terne nella stessa sezione di scavo si è fatto ricorso ad un modello matematico che tenesse conto del campo magnetico generato da ogni singola terna. Il modello costituito, secondo quanto previsto e suggerito dalla norma CEI 211-4 cap. 4.3., tiene conto delle componenti spaziali dell'induzione magnetica, calcolate come somma del contributo delle correnti nei diversi conduttori. È possibile a questo punto effettuare una semplificazione del modello, che consideri il contributo non del singolo conduttore ma dell'intera terna, della quale sono note le caratteristiche geometriche. Si terrà conto nel seguito per il modello del sistema di cavi unipolari posati a trifoglio: in questo modo viene introdotto un grado di protezione maggiore nel sistema. Come infatti suggerito dalla norma CEI 106-11 al cap. 6.2.3, per i cavi unipolari posati a trifoglio è possibile ricorrere ad una espressione approssimata del campo magnetico, come di seguito riportato.

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} * \frac{S * I}{R^2}$$



PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA PARI A 40,0752 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE, INTEGRATO CON LA COLTIVAZIONE DI FORAGGIO, DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI CERIGNOLA (Loc. "TAVOLETTA")



RELAZIONE TECNICA VALUTAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO

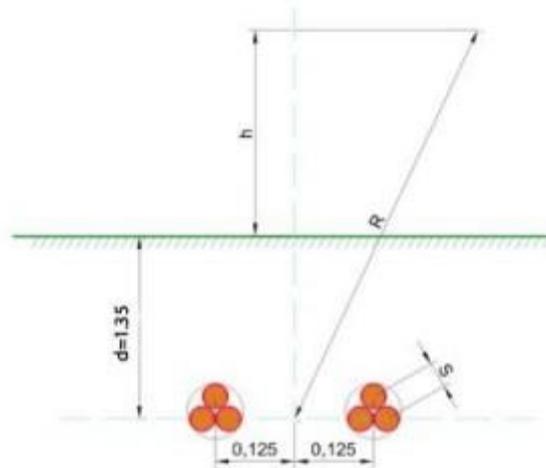
21/04/2023

REV: 02

Pag.10

dove B [μ T] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal conduttore centrale, S [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A]. Considerata la natura vettoriale del campo magnetico, è possibile sommare i contributi dovuti alle singole terne e calcolare, attraverso il modello semplificato di cui prima, il valore del campo magnetico nello spazio circostante l'elettrodotto. Considerata, per esempio la disposizione spaziale delle due terne, e fissando l'asse centrale del sistema come riportato in figura, si può calcolare il campo magnetico generato dall'elettrodotto attraverso la seguente formula:

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} * \frac{S_1 * I_1}{(x - x_1)^2 + (y - d)^2} + \frac{\mu_0}{2\pi} * \frac{S_2 * I_2}{(x - x_2)^2 + (y - d)^2}$$



dove B [μ T] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal centro del sistema (baricentro delle due terne di cavi), Si [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti della terna i-esima, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a Ii [A] (specifica della terna i-esima), x la distanza dall'asse y e viceversa.

6.1.1. CEM GENERATO DA TRINCEE CON UN CIRCUITO (1C)

Il progetto prevede linee AT a 2 circuiti (2C), realizzati con due terne di conduttori unipolari (con posa di tipo interrata a trifoglio), che collegano le Power Block alla Cabina Centrale, la Cabina di Centrale e quest'ultima alla Stazione Elettrica. Di seguito vengono riportati i calcoli effettuati:

RETE AD ANELLO - COLLEGAMENTO CC - PB1 - PB2 - PB3 - PB4 - PB5 - PB6 - CC

TRATTA	In [A]	Sez. cavo [mm ²]	S [m]	R [m]
CC>>CS5	468,37	630	0,056	1,465
CS5>>CC	194,51	630	0,056	0,944

RETE RADIALE - COLLEGAMENTO CC - SE

Pn [kVA]	TRATTA	In [A]	Sez. cavo [mm ²]	S [m]	R [m]
18290	CC>>CS	331,44	400	0,0479	1,140



18290	CC>>CS	331,44	400	0,0479	1,140
-------	--------	--------	-----	--------	-------

Poiché la profondità di posa delle linee AT è pari a 1,5 m, il valore di induzione magnetica emesso da queste terne sono minori di 3 μ T già al livello del suolo.

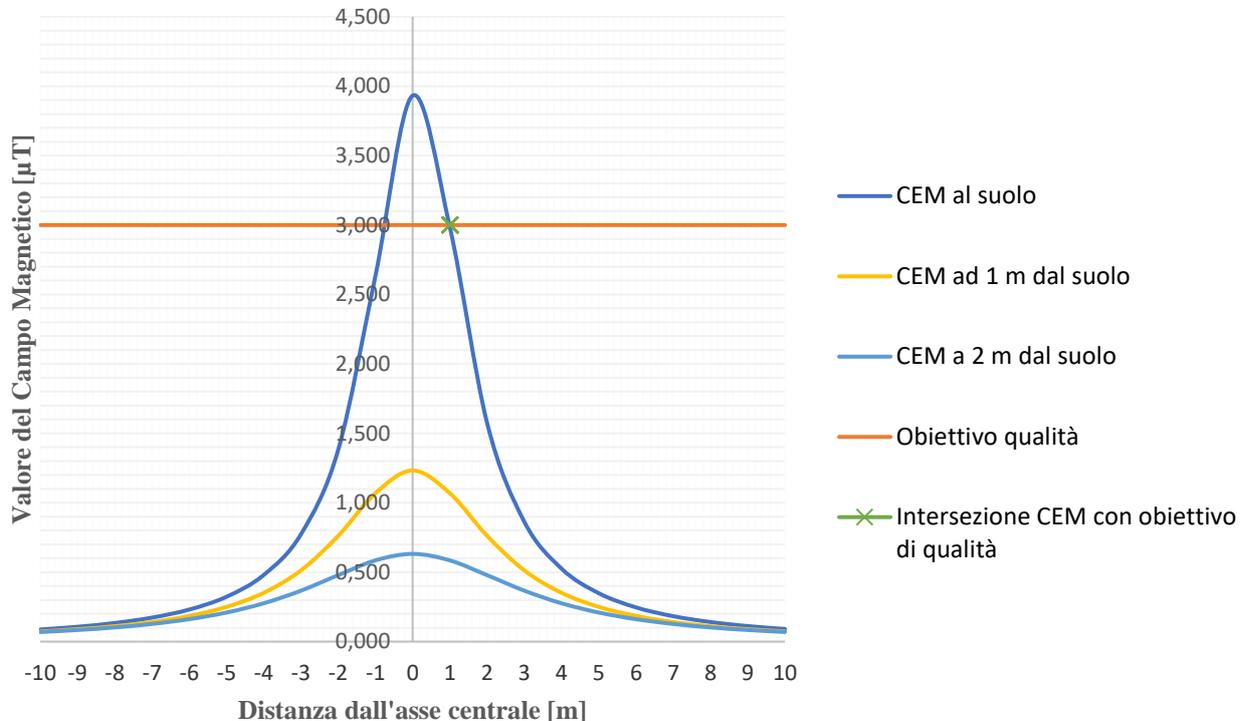
6.1.2. CEM GENERATO DA TRINCEE CON PIU' DI UN CIRCUITO

Il progetto prevede la compresenza delle linee AT della rete ad anello, per il collegamento delle Power Block alla Cabina Centrale, posizionate nello stesso scavo ad una distanza di 0,5 m tra di esse. Dunque, viene effettuato il modello di calcolo per il CEM generato da più terne presenti nella stessa trincea. Di seguito vengono riportati i risultati del campo magnetico ottenuti lungo l'asse x ed in funzione della distanza dal suolo.

Distanza dall'asse centrale [m]	Campo magnetico calcolato al suolo [μ T]	Campo magnetico calcolato ad 1 m dal suolo [μ T]	Campo magnetico calcolato ad 2 m dal suolo [μ T]
-10	0,087	0,083	0,078
-9	0,107	0,101	0,094
-8	0,134	0,124	0,114
-7	0,173	0,156	0,140
-6	0,231	0,202	0,176
-5	0,323	0,268	0,223
-4	0,480	0,367	0,288
-3	0,773	0,513	0,371
-2	1,381	0,721	0,468
-1	2,634	0,955	0,557
0	3,932	1,079	0,597
1	2,984	0,976	0,564
2	1,574	0,745	0,478
3	0,863	0,532	0,381
4	0,525	0,379	0,295
5	0,348	0,277	0,229
6	0,247	0,208	0,180
7	0,183	0,160	0,143
8	0,141	0,127	0,116
9	0,112	0,103	0,095
10	0,091	0,085	0,080

Il grafico che segue mostra la distribuzione di tali valori in funzione della distanza dall'asse centrale. Le varie curve mostrano il valore dell'intensità del campo al variare del parametro y (da 0 m a 2 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo.

Campo Magnetico generato da 2 terne AT - Rete ad anello



Ricordando che l'obiettivo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a 3 µT, si rileva che il caso oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all'asse centrale al piano di calpestio, pari a 3,93 µT, superiore all'obiettivo di qualità fissato dalla norma. Risulta quindi necessario individuare una fascia di rispetto, definita, secondo la normativa citata, come la distanza sul piano orizzontale (ad altezza y=0m) dalla proiezione verticale della sorgente alla quale il campo magnetico risulta essere inferiore all'obiettivo di qualità pari a 3 µT. Utilizzando tali valori per il calcolo, la DPA risulta essere pari a circa 1 m. Pertanto, relativamente alla tratta costituita da due elettrodotti di sezione pari a 630 mm², posizionati nello stesso scavo, viene individuata una fascia di rispetto complessiva di 2 m, centrata sull'asse, al di fuori della quale è garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità richiesto.

Il progetto prevede la compresenza delle linee AT della rete radiale, per il collegamento della Cabina di Centrale alla SE, posizionate nello stesso scavo ad una distanza di 0,5 m tra di esse. Dunque, viene effettuato il modello di calcolo per il CEM generato da più terne presenti nella stessa trincea. Di seguito vengono riportati i risultati del campo magnetico ottenuti lungo l'asse x ed in funzione della distanza dal suolo.



PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO
AVENTE POTENZA PARI A 40,0752 MW_p E RELATIVE
OPERE DI CONNESSIONE, INTEGRATO CON LA
COLTIVAZIONE DI FORAGGIO, DA REALIZZARSI NEL
COMUNE DI CERIGNOLA (Loc. "TAVOLETTA")



**RELAZIONE TECNICA VALUTAZIONE IMPATTO
ELETTROMAGNETICO**

21/04/2023

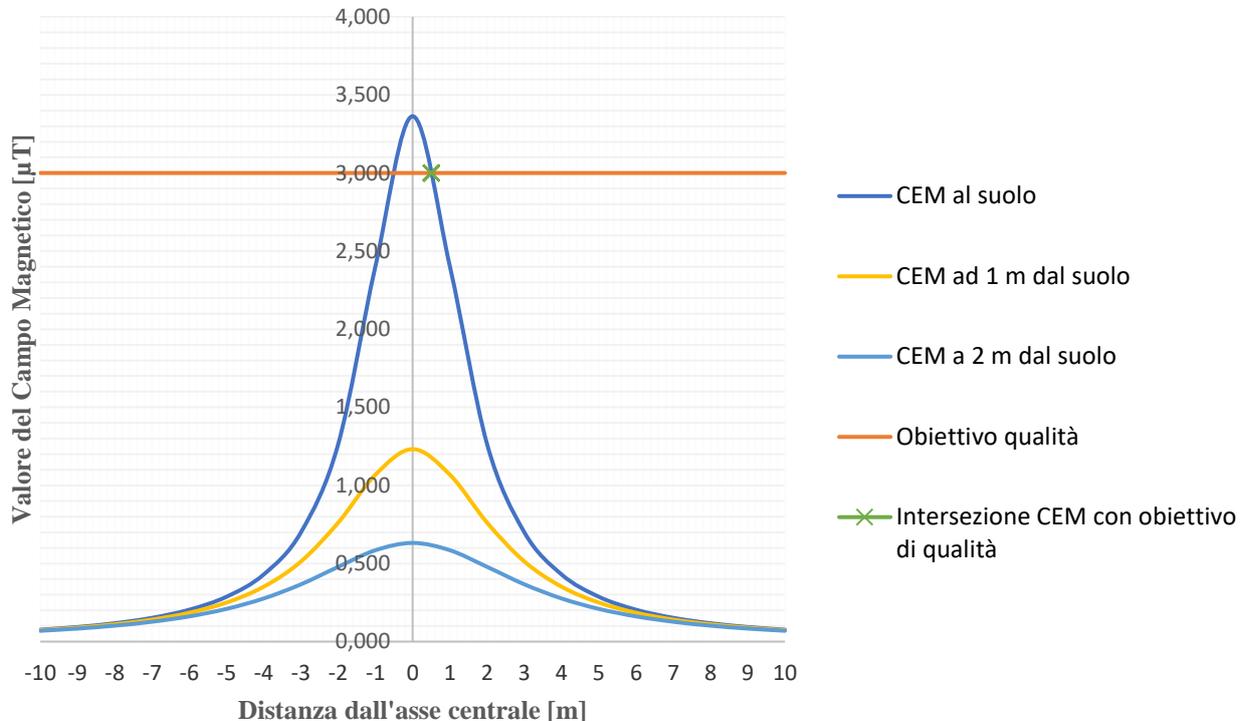
REV: 02

Pag.13

Distanza dall'asse centrale [m]	Campo magnetico calcolato al suolo [μ T]	Campo magnetico calcolato ad 1 m dal suolo [μ T]	Campo magnetico calcolato ad 2 m dal suolo [μ T]
-10	0,076	0,073	0,069
-9	0,094	0,089	0,084
-8	0,118	0,111	0,102
-7	0,152	0,141	0,127
-6	0,204	0,185	0,162
-5	0,287	0,250	0,209
-4	0,430	0,351	0,276
-3	0,700	0,513	0,367
-2	1,264	0,761	0,479
-1	2,403	1,069	0,585
0	3,363	1,232	0,632
1	2,403	1,069	0,585
2	1,264	0,761	0,479
3	0,700	0,513	0,367
4	0,430	0,351	0,276
5	0,287	0,250	0,209
6	0,204	0,185	0,162
7	0,152	0,141	0,127
8	0,118	0,111	0,102
9	0,094	0,089	0,084
10	0,076	0,073	0,069

Il grafico che segue mostra la distribuzione di tali valori in funzione della distanza dall'asse centrale. Le varie curve mostrano il valore dell'intensità del campo al variare del parametro y (da 0 m a 2 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo.

Campo Magnetico generato da 2 terne AT - Rete Radiale



Ricordando che l'obiettivo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a 3 µT, si rileva che il caso oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all'asse centrale al piano di calpestio, pari a 3,36 µT, superiore all'obiettivo di qualità fissato dalla norma. Risulta quindi necessario individuare una fascia di rispetto, definita, secondo la normativa citata, come la distanza sul piano orizzontale (ad altezza y=0m) dalla proiezione verticale della sorgente alla quale il campo magnetico risulta essere inferiore all'obiettivo di qualità pari a 3 µT. Utilizzando tali valori per il calcolo, la DPA risulta essere pari a circa 0,5 m. Pertanto, relativamente alla tratta costituita da due elettrodotti di sezione pari a 400 mm², posizionati nello stesso scavo, viene individuata una fascia di rispetto complessiva di 1 m, centrata sull'asse, al di fuori della quale è garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità richiesto.

6.2. CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DA POWER BLOCK

Relativamente alle Power Block, assimilabili a cabine secondarie di trasformazione, sono state individuate le distanze di prima approssimazione secondo quanto indicato dalle linee guida ENEL già citate, ed in particolare all'allegato B10 della guida e alle formule di calcolo contenute nel par. 5.2.1 dell'allegato al DM 29/05/2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti". In particolare, la DPA è intesa come la distanza da ciascuna delle pareti della cabina secondaria, calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT del trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale de cavo (x), ossia conduttore più isolante. La relazione da applicare è la seguente:

	<p>PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA PARI A 40,0752 MW_p E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE, INTEGRATO CON LA COLTIVAZIONE DI FORAGGIO, DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI CERIGNOLA (Loc. "TAVOLETTA")</p> <p>RELAZIONE TECNICA VALUTAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO</p>	 Ingegneria & Innovazione		
		21/04/2023	REV: 02	Pag.15

$$DPA = 0,40942 * x^{0,5241} * \sqrt{I}$$

Considerando il trasformatore di taglia massima in progetto, pari a 7200 kVA, il valore di I da prendere in considerazione è pari a 6072 A alla tensione di 690 V (tensione in uscita dall'inverter). Supponendo per i cavi in uscita dagli inverter la sezione di 300 mm², con più conduttori in parallelo, tipologia cavi ARG16R16, 0.6/1 kV, il valore del diametro esterno x risulta essere pari a 27,9 mm. Utilizzando tali valori per il calcolo, la DPA risulta essere pari a circa 4,9 m. Pertanto, relativamente alle Power Block, viene individuata intorno ad esse una fascia di rispetto pari a 5 m (arrotondata al mezzo metro superiore) al di fuori della quale è garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità richiesto.

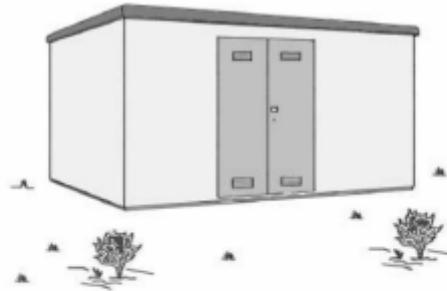
Considerando il trasformatore di taglia pari a 4200 kVA, il valore di I da prendere in considerazione è pari a 3542 A alla tensione di 690 V (tensione in uscita dall'inverter). Supponendo per i cavi in uscita dagli inverter la sezione di 300 mm², con più conduttori in parallelo, tipologia cavi ARG16R16, 0.6/1 kV, il valore del diametro esterno x risulta essere pari a 27,9 mm. Utilizzando tali valori per il calcolo, la DPA risulta essere pari a circa 3,7 m. Pertanto, relativamente alle Power Block, viene individuata intorno ad esse una fascia di rispetto pari a 4 m (arrotondata al mezzo metro superiore) al di fuori della quale è garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità richiesto.

Si tenga conto che l'ubicazione delle Power Block è in aree interne al parco fotovoltaico, distanti dai confini dello stesso; pertanto, è già esclusa a monte l'interferenza con obiettivi sensibili, come individuato dalla normativa.

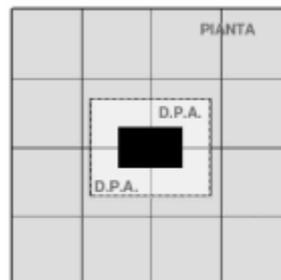
6.3. CAMPO ELETTRICITÀ GENERATO DA CABINE ELETTRICHE

Così come indicato nel documento "Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08. Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche [Enel Distribuzione S.p.A. – Divisione Infrastrutture e Reti – QSA/IUN]", può essere presa in considerazione una DPA per le cabine elettriche a seconda della potenza del trasformatore installata al suo interno, come rappresentato in figura.

B10 – CABINA SECONDARIA TIPO BOX O SIMILARI, ALIMENTATA IN CAVO SOTTERRANEO – TENSIONE 15 KV O 20 KV



RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.



DIAMETRO DEI CAVI (m)	TIPOLOGIA TRASFORMATORE (KVA)	CORRENTE (A)	DPA (m) filo parete esterna	RIF.TO
Da 0,020 a 0,027	250	361	1,5	B10a
	400	578	1,5	B10b
	630	909	2,0	B10c

7. EFFETTO CORONA E COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA

Vengono rispettate le raccomandazioni riportate nella Norma CEI 99-2.

8. CONCLUSIONI

Nella presente relazione è stato condotto uno studio analitico volto a valutare l'impatto elettromagnetico delle opere da realizzare, e, sulla base delle risultanze, individuare eventuali fasce di rispetto da apporre al fine di garantire il

	<p>PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA PARI A 40,0752 MW_p E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE, INTEGRATO CON LA COLTIVAZIONE DI FORAGGIO, DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI CERIGNOLA (Loc. "TAVOLETTA")</p> <p>RELAZIONE TECNICA VALUTAZIONE IMPATTO ELETTRROMAGNETICO</p>	 Ingegneria & Innovazione		
		21/04/2023	REV: 02	Pag.17

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:

- Elettrodotti: Sono state individuate differenti casistiche, in funzione del numero di terne parallele posate all'interno della stessa sezione di scavo, della profondità di posa e della tensione di esercizio, e per ciascuna di esse è stata determinata la DPA corrispondente. Relativamente alle tratte di elettrodotto interne al parco fotovoltaico il valore della fascia di rispetto è pari a 2 m. In ogni caso, l'entità delle DPA è tale da ricadere all'interno del parco stesso, senza interferenze con luoghi da tutelare. Per quanto riguarda gli elettrodotti esterni al parco, si rileva che l'entità dei campi generati è tale da considerare una fascia di rispetto pari ad 1 m.
- Power Block: Sono state individuate differenti casistiche, in funzione della potenza del trasformatore considerato. In ogni caso, l'entità delle DPA è tale da ricadere all'interno del parco stesso, senza interferenze con luoghi da tutelare.

A conclusione del presente studio, è possibile affermare che per tutte le sorgenti di campi elettromagnetici individuate, le emissioni risultano essere al di sotto dei limiti imposti dalla vigente normativa