x\_miro.G  
o Aurelio

01	maggio/2024	PROGETTO DEFINITIVO	PECORARO	COCCIOLA	CAMPANELLA
00	gennaio/2023	PROGETTO DEFINITIVO	PECORARO	COCCIOLA	CAMPANELLA
REV.	DATA	DESCRIZIONE	PREPARATO	CONTROLLATO	APPROVATO

## Sol.In.Cal.

Stradone Porta Palio 76 - 37122 VERONA  
Tel/Fax +39 091 7829785 - Tel/Fax +39 091 7829080  
Codice fiscale e P. IVA 05901790823

Page Two Mario Bepo.



**C. & C. Consulting  
Engineering S.r.l.**

Ing. Vito Aurelio Campanella (Project Manager)



## ELABORATO

FV-SAG-PD-R3-1

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO CON ACCUMULO  
SITO NEL COMUNE DI TERRE DEL RENO (FE)  
DENOMINATO "SANT'AGOSTINO" E OPERE CONNESSE**

**POTENZA IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN AC = 3,5 MW**

**POTENZA ACCUMULO = 2 MW**

**CAPACITA' ACCUMULO NOMINALE = 4 MWh**

**POTENZA TOTALE IN IMMISSIONE = 5,5 MW**

FORMATO ELABORATO: A4

REV.	00	01
------	----	----

SCALA N.A.

## RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI

SOSTITUISCE IL FV-SAG-PD-R3-0

COPIA conforme dell'originale sottoscritto digitalmente da BOGONI PAOLA ANNA MARIA, Campanella Vitt

<b>Progetto</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO CON ACCUMULO SITO NEL COMUNE DI TERRE DEL RENO (FE) DENOMINATO "SANT'AGOSTINO" E OPERE CONNESSE	<b>Identificativo Documento n.</b> FV-SAG-PD-R3-1	<b>Rev.</b> 1	<b>Pagina</b> 1/15
---	--	------------------	-----------------------

## **SOMMARIO**

<b>1. Premesse.....</b>	<b>2</b>
<b>2. Normativa e prescrizioni di riferimento .....</b>	<b>2</b>
<b>3. Fasce di rispetto e calcolo distanze di prima approssimazione (DPA).....</b>	<b>3</b>
3.1. <u>Definizioni</u> .....	3
<b>4. Valutazione all'esposizione al campo magnetico e valutazione delle distanze di prima approssimazione (DPA) da elettrodotti e cabine elettriche.....</b>	<b>4</b>
4.1. <u>Campi elettrici</u> .....	5
4.2. <u>Campi magnetici</u> .....	5
<b>5. Calcolo fasce di rispetto per le linee elettriche MT in cavo interrato ad elica visibile .....</b>	<b>5</b>
<b>6. Calcolo fasce di rispetto cabine di trasformazione .....</b>	<b>11</b>
<b>7. Calcolo fasce di rispetto della cabina di consegna.....</b>	<b>13</b>
<b>8. Conclusioni .....</b>	<b>15</b>

<b>Progetto</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO CON ACCUMULO SITO NEL COMUNE DI TERRE DEL RENO (FE) DENOMINATO "SANT'AGOSTINO" E OPERE CONNESSE	<b>Identificativo Documento n.</b> FV-SAG-PD-R3-1	<b>Rev.</b> 1	<b>Pagina</b> 2/15
---	--	------------------	-----------------------

## 1. Premesse

La presente relazione tecnica è relativa all'impianto fotovoltaico con accumulo, denominato "Sant'Agostino", di potenza totale in immissione pari a 5,5 MW, di cui 3,5 MW relativi all'impianto fotovoltaico e 2,0 MW relativi al sistema di accumulo, da realizzare in un'area sita nel Comune di Terre del Reno (FE), in via del Commercio snc e alle opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (cfr. *FV-SAG-PD-T1-1 Inquadramento territoriale*).

La società proponente è la Sol.In.Cal S.r.l. con sede in Stradone Porta Palio 76 – 37122 Verona, codice fiscale e partita iva 05901790823, PEC solincal@legalmail.it.

L'impianto, nella sua interezza, sarà costituito da: generatore fotovoltaico, apparati di conversione e trasformazione in media tensione dell'energia prodotta dal generatore fotovoltaico, cabina di consegna, sistema di accumulo, cavidotti interrati in media tensione verso la linea MT esistente "Tornado", uscente dalla cabina primaria AT/MT "S. AGOSTINO".

Come previsto dal preventivo di connessione avente numero identificativo 310046475, rilasciato da e-Distribuzione SpA con nota ED-28-03-2024-P6251965, l'impianto sarà allacciato alla Rete di Trasmissione Nazionale tramite realizzazione di una nuova cabina di consegna collegata in entra-esce su linea MT esistente "Tornado", uscente da cabina primaria AT/MT "S. AGOSTINO".

Tale soluzione prevede la realizzazione di una doppia terna in cavo sotterraneo Al 240 mm<sup>2</sup> su terreno naturale della lunghezza di circa 15 m e l'allestimento di nuova cabina di consegna in entra-esce.

Si rammenta che l'elettrodotto in oggetto, descritto sommariamente sopra, una volta realizzato rientrerà nella rete di E-Distribuzione e sarà da essa esercito e mantenuto.

Le caratteristiche tecniche dell'impianto in progetto sono dettagliatamente descritte nella relazione tecnica, elaborato "*FV-SAG-PD-R1-1 Relazione Tecnica*".

## 2. Normativa e prescrizioni di riferimento

- CEI 211-6. Prima edizione 2001: "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana";
- CEI 211-4. Seconda edizione 2008: "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche";
- CEI 106-11. Seconda edizione 2006: "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del D.P.C.M. 8 luglio 2003 (Art. 6) Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo";
- CEI 106-12: "Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magneti prodotti dalle cabine elettriche MT/BT";

<b>Progetto</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO CON ACCUMULO SITO NEL COMUNE DI TERRE DEL RENO (FE) DENOMINATO "SANT'AGOSTINO" E OPERE CONNESSE	<b>Identificativo Documento n.</b> FV-SAG-PD-R3-1	<b>Rev.</b> 1	<b>Pagina</b> 3/15
---	--	------------------	-----------------------

- Legge n° 36 del 22 febbraio 2001: "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- D.P.C.M. dell'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";
- Decreto 29 maggio 2008 Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare: "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti";
- D.Lgs. 159 del 01/08/2016: "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".

### 3. Fasce di rispetto e calcolo distanze di prima approssimazione (DPA)

#### 3.1. Definizioni

- **Fascia di rispetto:** è lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità. Come prescritto dall'articolo 4, comma I lettera h della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.
- **Distanza di prima approssimazione (D<sub>PA</sub>):** 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 della D<sub>PA</sub>, si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine secondarie è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.
- **Obiettivo di qualità** (D.P.C.M. 8 luglio 2003 art. 4): 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 giornaliere 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 della popolazione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 µT per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.
- **Valore di attenzione** (D.P.C.M. 8 luglio 2003 art. 3 c. 2): a titolo di misura di cautela per la protezione della popolazione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai

<b>Progetto</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO CON ACCUMULO SITO NEL COMUNE DI TERRE DEL RENO (FE) DENOMINATO "SANT'AGOSTINO" E OPERE CONNESSE	<b>Identificativo Documento n.</b> FV-SAG-PD-R3-1	<b>Rev.</b> 1	<b>Pagina</b> 4/15
---	--	------------------	-----------------------

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.

- **Luoghi tutelati** (Legge 36/2001 art. 4 c.1, lettera h): aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenza non inferiori a 4 ore giornaliere.

#### **4. Valutazione all'esposizione al campo magnetico e valutazione delle distanze di prima approssimazione (DPA) da elettrodotti e cabine elettriche**

Il D.P.C.M. dell'8 luglio 2003 stabilisce diversi criteri di valutazione dei campi elettromagnetici in prossimità di linee elettriche e fissa i limiti di esposizione nei confronti dei campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti eserciti alla frequenza di 50 Hz.

In particolare, viene fissato il valore di attenzione di 10  $\mu$ T (microtesla) ovvero il valore di induzione magnetica che non deve essere superato nei luoghi definiti "a permanenza prolungata di persone". Questo valore è da intendersi con riferimento alla mediana nelle 24 ore.

Per una migliore composizione di quanto sintetizzato è importante distinguere il significato dei seguenti termini:

- La determinazione dei livelli di campo, elettrico e magnetico (C.E.M.), in un luogo è elemento chiave per stabilire se il rischio esiste o no.
- L'intensità del C.E.M. dipende dalla distanza dalla sorgente e di norma diminuisce rapidamente allontanandosi da quest'ultima. Per questo spesso, per assicurare la sicurezza delle persone, si utilizzano recinzioni, barriere o altre misure protettive che impediscano l'accesso non autorizzato ad aree dove i limiti di esposizione possono essere superati.
- In genere i limiti di esposizione sono diversi per il pubblico generico e per i lavoratori.

I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità non si applicano ai lavoratori esposti per ragioni professionali.

L'impatto magnetico dovuto alle linee elettriche aeree percorse da corrente è determinato dai seguenti fattori:

- La corrente circolante nei conduttori;
- La disposizione delle fasi.

Le distanze per il rispetto dei limiti sono determinate singolarmente. Il D.P.C.M. 8 Luglio 2003 e gli altri riferimenti legislativi, fissano i limiti seguenti di esposizione nei confronti dei campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti eserciti alla frequenza di 50 Hz.

<b>Progetto</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO CON ACCUMULO SITO NEL COMUNE DI TERRE DEL RENO (FE) DENOMINATO "SANT'AGOSTINO" E OPERE CONNESSE	<b>Identificativo Documento n.</b> FV-SAG-PD-R3-1	<b>Rev.</b> 1	<b>Pagina</b> 5/15
---	--	------------------	-----------------------

#### 4.1. Campi elettrici

Il limite di esposizione per i campi elettrici è pari a 5 kV/m da non superare mai in alcuna condizione di presenza della popolazione civile.

#### 4.2. Campi magnetici

I limiti di esposizione pari a 100  $\mu$ T per i campi magnetici non si devono superare mai in alcuna condizione di contiguità con la popolazione.

A titolo di misura cautelativa 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 ( in conformità a quanto stabilito nel D.P.C.M. 3 Luglio 2003).

I limiti di esposizione per i campi magnetici sono pari a 3  $\mu$ T nelle aree con permanenze di persone di almeno 4 ore giornaliere (valore di attenzione) per i nuovi elettrodotti (obiettivo di qualità).

### 5. **Calcolo fasce di rispetto per le linee elettriche MT in cavo interrato ad elica visibile**

I cavi MT utilizzati all'interno del campo fotovoltaico (dalle cabine di trasformazione alla cabina utente) e quelli che collegano la cabina utente con la cabina di consegna saranno realizzati con una tipologia di cavo interrato in alluminio a corda rigida ad elica visibile tipo ARE4H5EX o equivalente.

Secondo quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 (paragrafo 3.2), la tutela in merito alle fasce di rispetto di cui all'art. 6 del D.P.C.M. 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 D.M. 21 marzo 1988, n. 449 (come le linee di telecomunicazione);
- linee di prima classe ai sensi del D.M. 21 marzo 1988, n. 449 (quali le linee di bassa tensione);
- **linee di Media Tensione in cavo cordato ad elica (interrate o aeree);**

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

La cordatura delle fasi del cavo (cavo ad elica visibile), come riportato dalla III edizione della norma CEI 11-17, introduce un'attenuazione del campo magnetico di entità tale da renderlo praticamente trascurabile già ad una

<b>Progetto</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO CON ACCUMULO SITO NEL COMUNE DI TERRE DEL RENO (FE) DENOMINATO "SANT'AGOSTINO" E OPERE CONNESSE	<b>Identificativo Documento n.</b> FV-SAG-PD-R3-1	<b>Rev.</b> 1	<b>Pagina</b> 6/15
---	--	------------------	-----------------------

distanza dall'asse dei conduttori superiore a circa due volte il passo di riunione delle fasi. Quindi l'utilizzo dei cavi ad elica visibile fa sì che detta tipologia di linea è esclusa dalla valutazione, in quanto le relative fasce di rispetto hanno un'ampiezza ridotta, inferiore alle distanze previste dal DM 21 marzo 1988, n. 449 e ss.mm.ii.

Il campo elettrico al suolo in prossimità di elettrodotti a tensione uguale o inferiore a 150 kV, come da misure e valutazioni, non supera mai il limite di esposizione per la popolazione di 5 kV/m.

In base a quanto finora esposto, le linee interrate MT in progetto, che saranno realizzata in cavo cordato ad elica visibile e le linee interrate BT, non sono soggette al calcolo delle DPA ai sensi del richiamato Decreto 29 maggio 2008 sopra citato.

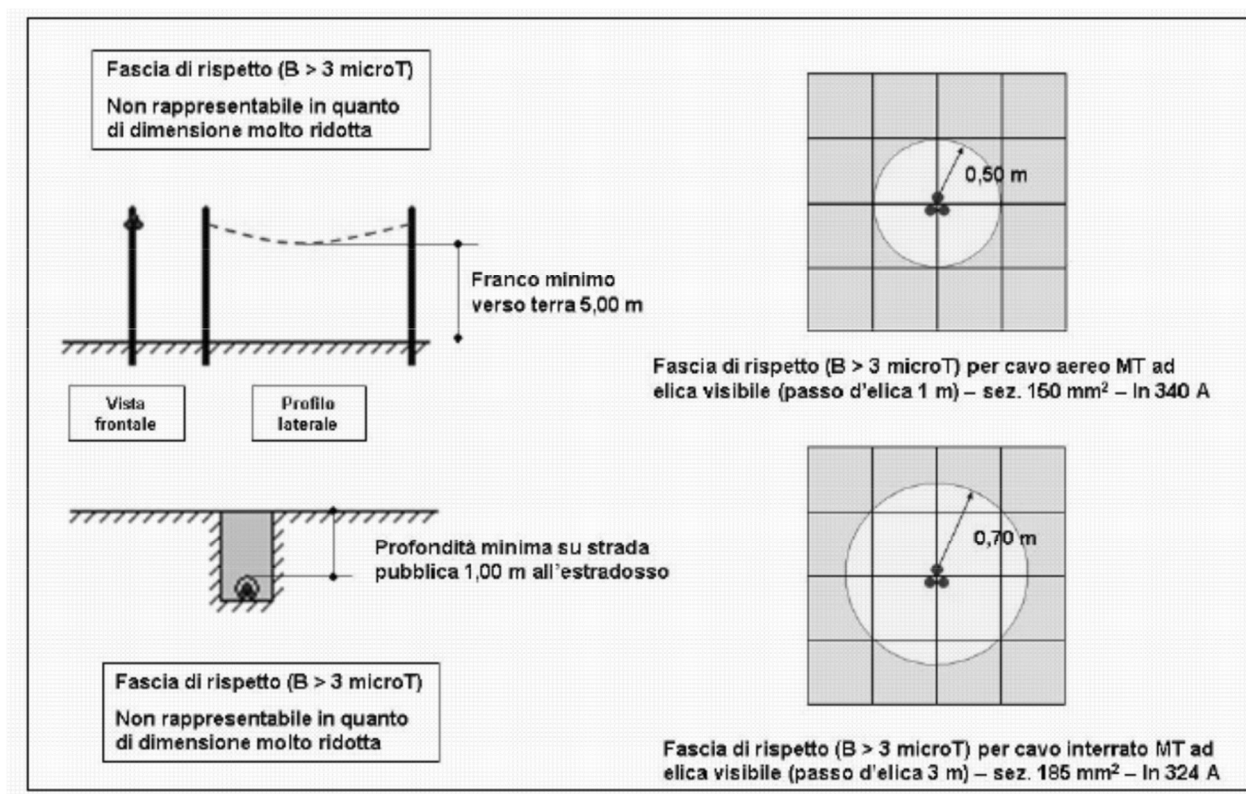


Figura 1: Fascia di rispetto per cavi MT ad elica visibile.

Per quanto concerne il collegamento in entra-esce dalla cabina di consegna alla linea MT esistente "Tornado" è prevista la realizzazione di una doppia terna di cavi interrati elicordati di sezione pari a 240 mm<sup>2</sup> posati in su terreno agricolo, tale tratto sarà ortogonale al percorso della linea in cavo interrato esistente di cui sopra.

La corrente massima che può interessare la linea di collegamento MT per l'impianto in oggetto è la seguente:

Tratto	In (A)	Tipo Cavo
FV-CP	427	1x(3x1x240) mm <sup>2</sup>

Nel calcolo, essendo il valore della induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la configurazione di carico che prevede la posa dei cavi a trifoglio con un valore di corrente però pari alla portata massima di ciascuna linea elettrica in cavo nelle condizioni normali, senza

<b>Progetto</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO CON ACCUMULO SITO NEL COMUNE DI TERRE DEL RENO (FE) DENOMINATO "SANT'AGOSTINO" E OPERE CONNESSE	<b>Identificativo Documento n.</b> FV-SAG-PD-R3-1	<b>Rev.</b> 1	<b>Pagina</b> 7/15
---	--	------------------	-----------------------

correzioni, secondo la Norma CEI 20-21, che risulta essere uguale a 427 A per il conduttore da 240 mm<sup>2</sup>. *Le condizioni di impiego sono quindi inferiori a quelle di calcolo, che usano il valore della portata effettiva del cavo.* Nel caso particolare di parallelismo con altre linee MT esistenti, sono state considerate come da planimetria fornita da E-Distribuzione le linee seguenti:

- n. 3 linee esistenti di E-Distribuzione, in cavo elicordato da 185 mm<sup>2</sup>;
- n. 3 linee esistenti di E-Distribuzione, in cavo elicordato da 240 mm<sup>2</sup>.

Le terne di cavi sopra descritte sono posate su strada bianca (capezzagna) e prospiciente alla nuova cabina di consegna dell'impianto fotovoltaico "Sant'Agostino".

Per quanto concerne l'elettrodotto di connessione in entra-esce con cavo elicordato da 240 mm<sup>2</sup> tra la nuova cabina di consegna e la linea MT esistente "Tornado", essa non contribuisce all'induzione magnetica in quanto realizzato con due tratti di linea adiacenti posati in un unico scavo e percorse da correnti di verso opposto, i cui effetti si annullano a vicenda.

E' da notare che la condizione di calcolo è ampiamente cautelativa, in quanto la corrente che fluirà nel cavidotto sarà quella prodotta dall'impianto fotovoltaico, che, come detto, è inferiore a quella di portata effettiva del cavo. Non è rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché in un cavo schermato, il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.

Per quanto riguarda il modello di calcolo, per il calcolo dell'induzione magnetica generata da una terna di conduttori avvolti ad elica non è possibile utilizzare la semplice trattazione basata sull'ipotesi di conduttori rettilinei e paralleli. Per questo calcolo esiste in bibliografia una formula approssimata utilizzabile a partire da una certa distanza dall'asse della terna di conduttori. Generalmente, già a distanze paragonabili al passo dell'elica, la formula approssimata fornisce una buona approssimazione, ed è infatti utilizzata spesso in queste condizioni, che sono quelle di principale interesse nella trattazione della tutela della salute.

Tale formula è stata sperimentalmente verificata e fornisce una buona approssimazione del calcolo esatto del problema.

In particolare, la formulazione del calcolo del campo di induzione magnetica è:

$$B = \frac{3}{2} B_0 \gamma^2 I_n'(\eta) \left[ K_1^2(\gamma) + \frac{1+\gamma^2}{\gamma^2} K_1^2(\gamma) \right]^{\frac{1}{2}}$$

Dove si può approssimare:

$$K_1(\gamma) \approx -K_1'(\gamma) \approx \sqrt{\frac{2}{\pi\gamma}} e^{-\gamma}$$

$$B \approx F \cdot \frac{3}{4} \sqrt{2} B_0$$

con

$$F = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \gamma^{\frac{3}{2}} e^{-\gamma}, \quad \text{'twist factor'}$$



<b>Progetto</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO CON ACCUMULO SITO NEL COMUNE DI TERRE DEL RENO (FE) DENOMINATO "SANT'AGOSTINO" E OPERE CONNESSE	<b>Identificativo Documento n.</b> FV-SAG-PD-R3-1	<b>Rev.</b> 1	<b>Pagina</b> 8/15
---	--	------------------	-----------------------

Essendo inoltre:

$$k = \frac{2\pi}{p}, \quad \gamma = kr, \quad \text{con } r \text{ distanza del punto di calcolo e } p \text{ passo dell'elica}$$

$$\eta = k\alpha, \quad \text{con } \alpha \text{ il raggio del conduttore.}$$

Sulla base delle formule riportate, è stato quindi implementato un software di calcolo (basato su MS excel) che consente di determinare il valore del campo di induzione magnetica generato da cavi elicordati, anche in presenza di più linee in parallelo: in questo caso, a vantaggio della sicurezza, il valore efficace del campo totale in ciascun punto di calcolo è stato individuato mediante il principio di sovrapposizione degli effetti, sommando i valori efficaci del campo prodotto da ciascuna terna di cavi considerata.

Per le tipologie considerate di cavi sono state considerate le seguenti caratteristiche geometriche:

- cavo da 240 mm<sup>2</sup>: p=1.0 m; a=0.02 m
- cavi da 185 mm<sup>2</sup>: p=1.0 m; a=0.018 m

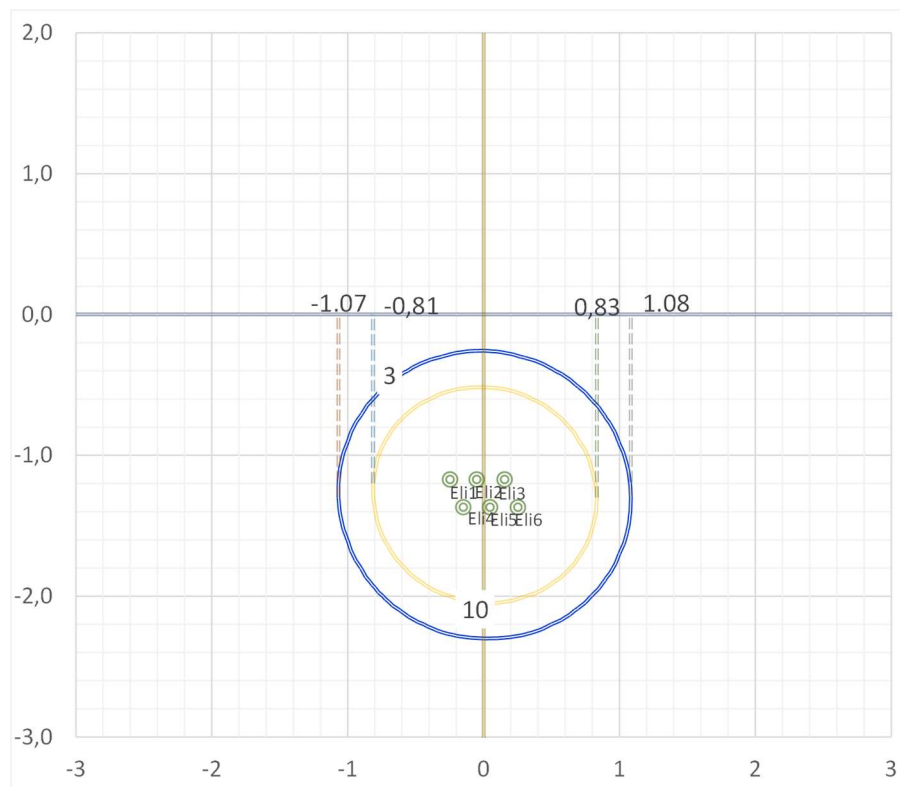
I risultati delle simulazioni sono riportati nel seguito, dove sono stati raffigurati i luoghi dei punti aventi lo stesso valore di induzione magnetica, fissata pari ai valori di obiettivo di qualità e soglia di attenzione.



*Figura 2: Curve di equilivello per il campo di induzione magnetica generato dalla linea MT in cavo da 240 mm<sup>2</sup> nel caso di n.1 terna per scavo*

Si può concludere che l'ampiezza della fascia di rispetto nel caso di una sola terna di cavi sia di circa 0,70 m, a cavallo dell'asse del cavidotto, riconducibile allo stesso valore nel caso di cavo da 185 mm<sup>2</sup>.

Nel caso specifico considerando tutte le 8 terne di cavi sopra citate, si ottiene:

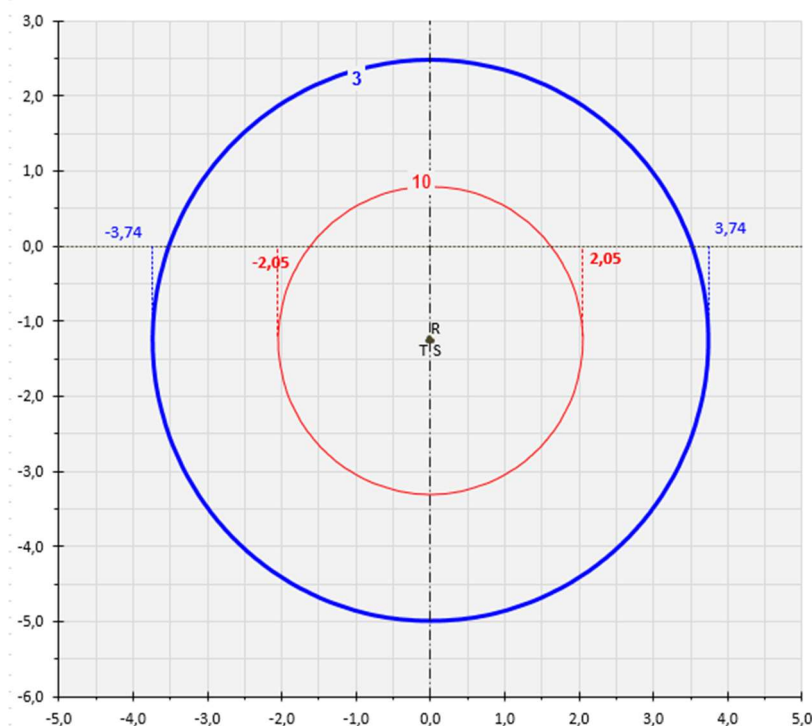


*Figura 3: Curve di equilivello per il campo di induzione magnetica generato dalle linee MT in cavo, nel caso delle n.6 terne affiancate e sovrapposte.*

Si può concludere che l'ampiezza della fascia di rispetto nel caso delle sei terne di cavi (figura 3) sia di circa **1,07 m a sinistra** dell'asse del cavidotto e di circa **1,08 m a destra** dell'asse centrale della configurazione di posa dei cavidotti.

Nella figura seguente, inoltre si riporta, secondo la prassi adoperata da E-Distribuzione, la risultante del calcolo effettuato per il campo dell'induzione magnetica, ipotizzando di utilizzare un unico conduttore avente una portata pari alla somma delle portate delle correnti di ogni linea interessata e sopradetta, ottenendo così una corrente pari a circa **3050 A**.

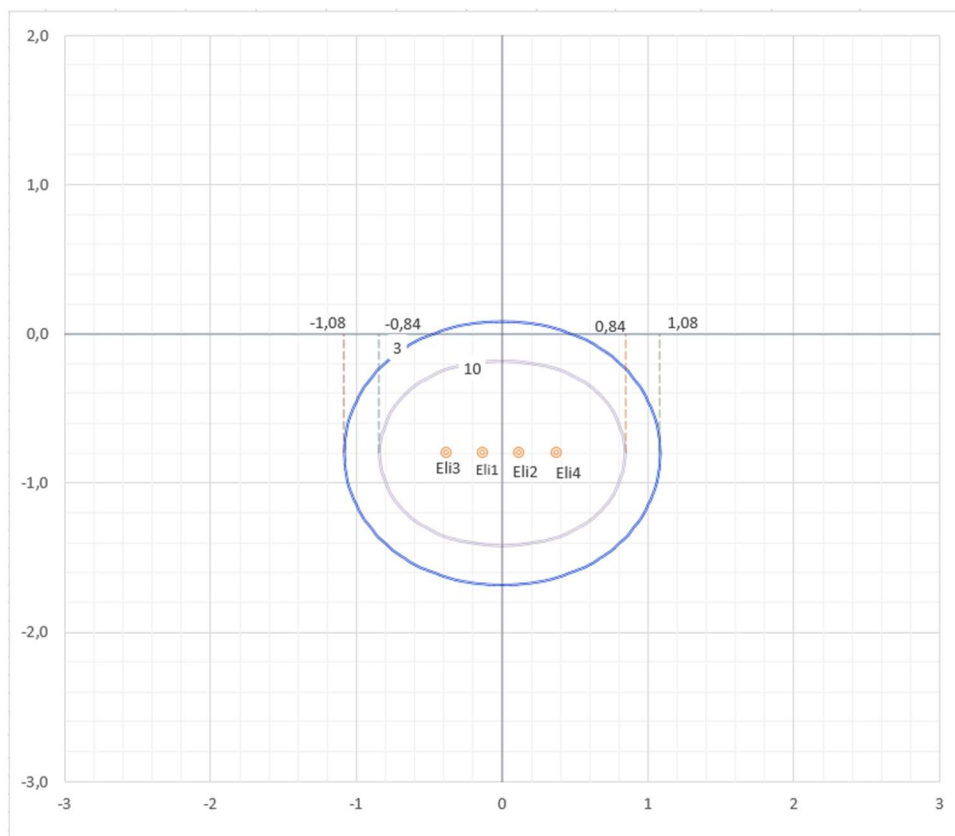
Si precisa che questo è solo un calcolo puramente conservativo e non rispondente alla casistica reale, in quanto la posa dell'ipotetico cavo sarà del tipo a trifoglio e non elicordato e tenuto conto che commercialmente non esiste un cavo MT avente una tale portata di corrente.



*Figura 4: Curve di equilivello per il campo di induzione magnetica generato dalla linea MT in cavo ipotetico*

Si può notare che l'ampiezza della fascia di rispetto nel caso sopra riportato, sia di circa **3,74 m**, che per eccesso si riporta ad una fascia di **4,00 m** a cavallo dell'asse del cavidotto.

Nella figura seguente, si riporta la curva di equilivello per il campo di induzione magnetico nel caso dei n. 4 terne di cavi MT interni all'impianto:



*Figura 5: Curve di equilivello per il campo di induzione magnetica generato dalle linee MT in cavo da 185 mm<sup>2</sup>, nel caso delle n.4 terne affiancate e sovrapposte*

Si può concludere che l'ampiezza della fascia di rispetto nel caso delle quattro terne di cavi (figura 5) sia di circa **1,08 m da entrambi i lati** dell'asse del cavidotto.

## 6. Calcolo fasce di rispetto cabine di trasformazione

L'impianto fotovoltaico in progetto prevede la presenza di:

- n. 5 cabine di trasformazione MT/BT, tre delle quali attrezzate con trasformatore da 1.250 kVA e due con trasformatore da 1.000 kVA;
- n. 1 una cabina di utenza.

Nel caso di Cabine elettriche Secondarie di tipo box o similari, come quelle previste in progetto, la  $D_{PA}$ , intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della cabina, va calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale in uscita dal trasformatore ( $I$ ) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo ( $x$ ), ai sensi del paragrafo 5.2 dell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008).

La fascia di rispetto deve essere calcolata applicando la seguente equazione della curva semplificata:

$$D_{PA} = 0,40942 \cdot \sqrt{I} \cdot x^{0,5241} [m]$$

Dove:

<b>Progetto</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO CON ACCUMULO SITO NEL COMUNE DI TERRE DEL RENO (FE) DENOMINATO "SANT'AGOSTINO" E OPERE CONNESSE	<b>Identificativo Documento n.</b> FV-SAG-PD-R3-1	<b>Rev.</b> 1	<b>Pagina</b> 12/15
---	--	------------------	------------------------

- $D_{PA}$  = distanza di prima approssimazione (m)
- $I$  = corrente nominale secondaria del trasformatore (A)
- $x$  = diametro dei cavi in uscita dal trasformatore (m)

La  $D_{PA}$  va arrotondata al mezzo metro superiore.

Per quanto concerne le cabine di trasformazione BT/MT interne al campo, si riporta di seguito il calcolo nel caso più gravoso, con trasformatore da 1.250 kVA, estendendo il risultato anche alle cabine con trasformatore da 1.000 kVA; a tal fine si considera:

- l'utilizzo di cavi BT in alluminio da  $3 \times 1 \times 240 \text{ mm}^2$  aventi un diametro esterno pari a 0,061 m per il collegamento degli inverter con il trasformatore;
- che la corrente nominale lato BT di ogni trasformatore, a favore della sicurezza, è posta pari alla somma della massima corrente erogabile da ciascun inverter e quindi pari a  $6 \times 155 \text{ A} = 930 \text{ A}$ ,
- che, per il valore del diametro si considera un cavo equivalente avente una superficie pari a quella di 6 di terne di cavi come sopra individuati,

pertanto si ha:

$$A = \pi \cdot \left(\frac{d_e}{2}\right)^2 = \pi \cdot \left(\frac{0,061}{2}\right)^2 = 0,00292 \text{ m}^2 \quad (\text{sezione del singolo cavo})$$

$$d_{eq} = 2 \cdot \sqrt{\frac{6 \cdot A}{\pi}} = 0,075 \text{ m} \quad (\text{fascio da 6 conduttori})$$

$$D_{PA} = 0,40942 \cdot \sqrt{930} \cdot 0,075^{0,5241} = 3,21 \text{ m}$$

che arrotondata al mezzo metro superiore restituisce un  $D_{PA}$  pari a 4 m.

Per quanto concerne la cabina di utenza è prevista installazione all'interno della stessa di un trasformatore per i servizi ausiliari di taglia pari a 50 kVA. Per il calcolo della  $D_{PA}$ , volendo mettersi in una condizione di sicurezza, ai fini del calcolo, si può prendere come valore di corrente di riferimento quella complessiva circolante sul quadro MT, afferente dai 5 trasformatori e pari a 210 A e come conduttore quello equivalente dato dalle quattro terne di cavi in MT in alluminio da  $3 \times 1 \times 185 \text{ mm}^2$ , avente ciascuno un diametro esterno pari a 0,035 m, pertanto si avrà:

$$A = \pi \cdot \left(\frac{d_e}{2}\right)^2 = \pi \cdot \left(\frac{0,035}{2}\right)^2 = 0,000962 \text{ m}^2 \quad (\text{sezione del singolo cavo})$$

$$d_{eq} = 2 \cdot \sqrt{\frac{5 \cdot A}{\pi}} = 0,04 \text{ m} \quad (\text{fascio da 5 conduttori})$$

$$D_{PA} = 0,40942 \cdot \sqrt{210} \cdot 0,04^{0,5241} = 1,1 \text{ m}$$

che arrotondata in eccesso al mezzo metro superiore restituisce un  $D_{PA}$  pari a 2 m.

Come previsto nel progetto, non sussistono attività permanenti nel raggio di 2 m dalla cabina di utenza e di

<b>Progetto</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO CON ACCUMULO SITO NEL COMUNE DI TERRE DEL RENO (FE) DENOMINATO "SANT'AGOSTINO" E OPERE CONNESSE	<b>Identificativo Documento n.</b> FV-SAG-PD-R3-1	<b>Rev.</b> 1	<b>Pagina</b> 13/15
---	--	------------------	------------------------

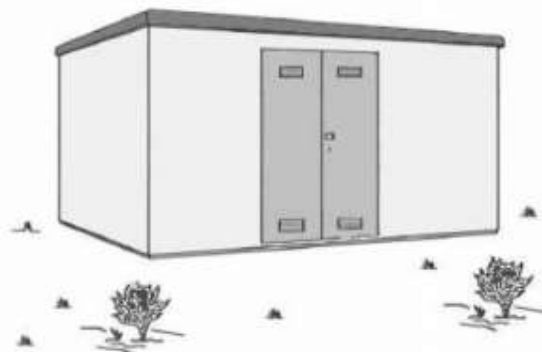
4 m dalle cabine di trasformazione interne al campo e quindi non vi sono pericoli di esposizione ai campi elettrici e magnetici.

La zona accessibile nei pressi della cabina elettrica di utenza è di transito e non di permanenza di persone; potrà essere occasionalmente occupata da personale nei momenti di controllo, manutenzione ed attività eseguite nel rispetto dei programmi di sicurezza, valutata nella globalità dei rischi professionali aziendali.

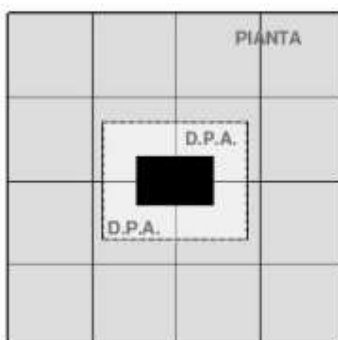
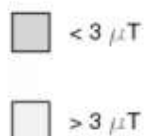
## **7. Calcolo fasce di rispetto della cabina di consegna**

Infine, per la valutazione della DPA della cabina di consegna posta in prossimità della strada di accesso all'impianto, nell'ipotesi di utilizzo di trasformatori da 630 kVA (taglia massima consentita per la tipologia di box in oggetto), in accordo con quanto riportato sul 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" di Enel, si considera una zona di rispetto individuata dalla DPA di 2,0 m a partire dalle pareti della cabina di raccolta. Il posizionamento di progetto delle cabine esclude la presenza di luoghi tutelati all'interno della zona di rispetto delle stesse.

**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

*Figura 6: Fascia di rispetto e DPA per la cabina di consegna*

L'impianto sarà progettato e costruito in modo da rispettare i valori di campo elettrico e magnetico, previsti dalla normativa statale vigente (Legge 36/2001 e D.P.C.M. 08/07/2003).

<b>Progetto</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO CON ACCUMULO SITO NEL COMUNE DI TERRE DEL RENO (FE) DENOMINATO "SANT'AGOSTINO" E OPERE CONNESSE	<b>Identificativo Documento n.</b> FV-SAG-PD-R3-1	<b>Rev.</b> 1	<b>Pagina</b> 15/15
---	--	------------------	------------------------

## 8. Conclusioni

Le uniche radiazioni associabili a questo tipo di impianti sono le radiazioni non ionizzanti costituite dai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (50 Hz), prodotti rispettivamente dalla tensione di esercizio degli elettrodotti e dalla corrente che li percorre. I valori di riferimento, per l'esposizione ai campi elettrici e magnetici, sono stabiliti dalla Legge n. 36 del 22/02/2001 e dal successivo 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 di 50 Hz degli elettrodotti".

In generale, per quanto riguarda il campo elettrico in media tensione esso è notevolmente inferiore a 5kV/m (valore imposto dalla normativa) e per il livello 132 kV esso diventa inferiore a 5 kV/m già a pochi metri dalle parti in tensione.

Per quanto riguarda gli elettrodotti in MT interni all'impianto, poiché il valore di DPA nel caso peggiore di n. 4 terne affiancate in un unico scavo di profondità 0,8 m, è pari a 1,08 m, tenuto conto della loro posizione così come riportato nell'elaborato *FV-SAG-PD-T7-1 Fasce DPA*, si può affermare che in tutti i casi le DPA sono contenute all'interno del perimetro dell'impianto. Si fa presente inoltre che nello stesso elaborato progettuale sono riportate le fasce DPA delle cabine di trasformazione dell'impianto, fasce che ricadono all'interno delle aree di impianto e relative pertinenze.

Per quanto riguarda l'elettrodotto di connessione alla rete di distribuzione, costituito dai due tratti in entra-esce, come già detto precedentemente, gli stessi non contribuiscono alla formazione di campi di induzione magnetica, in quanto sono paralleli, adiacenti ed attraversati da correnti uguali ed opposte.

Per quanto concerne l'insieme degli elettrodotti costituiti dall'elettrodotto in cui si innesta in entra-esce l'impianto fotovoltaico e gli altri elettrodotti ad esso adiacenti dell'ente distributore, interrati lungo la strada che conduce alla Cabina Primaria e prospiciente la nuova cabina di consegna, il valore di DPA trovata nel caso più gravoso e nelle ipotesi più cautelative è pari a 4 m.

Come si evince dalla planimetria catastale allegata, nel punto di innesto in entra-esce dell'impianto fotovoltaico all'interno della DPA di 4 m non sono presenti recettori sensibili. I recettori sensibili più vicini sono:

- R1: Edificio, Foglio 45B particella 18 categorie catastali D01, A03;
- R2: Edificio, Foglio 45B particella 155 categorie catastali D10, F02;

che distano rispettivamente 57,9 m e 173,4 m.

Sulla base dei calcoli e delle informazioni sopra riportate si ritiene che i recettori sensibili più prossimi all'area di impianto ricadono ampiamente al di fuori delle fasce DPA degli elementi dell'impianto fotovoltaico e degli effetti cumulati che essi hanno con gli elettrodotti dei gestori di rete esistenti ed in progetto.

Si ritiene opportuno evidenziare che i fabbricati ubicati nell'area centrale dell'impianto (Foglio 45B particella 153, categorie catastali D10, A04), da anni abbandonati e in condizioni di degrado, sono nella disponibilità del proponente e non si prevede adibirli ad un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore.