

REGIONE PUGLIA
Comune di Serracapriola
Provincia di Foggia



Ing. Nicola Roselli - Termoli (CB)
email ing.nicolaroselli@gmail.com



PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO NECESSARIO ALLA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA CON ASSOCIATO IMPIANTO APIARIO E DELLE RELATIVE OPERE ED INFRASTRUTTURE CONNESSE DELLA POTENZA NOMINALE MASSIMA DI 46632 KW E POTENZA IN A.C. DI 40000 KW, SITO NEL COMUNE DI SERRACAPRIOLA (FG)



TITOLO TAVOLA
VALUTAZIONE DEI CAMPI ELETTRICI, MAGNETICI ED ELETTROMAGNETICI

PROGETTAZIONE	PROPONENTE	SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI
<p>PROGETTISTI</p> <p>Ing. Nicola ROSELLI</p> <p>Ing. Rocco SALOME</p> <p>PROGETTISTI PARTI ELETTRICHE</p> <p>Per.Ind. Alessandro CORTI</p> <p>CONSULENZE E COLLABORAZIONI</p> <p>Arch. Gianluca DI DONATO Dott. Massimo MACCHIAROLA Ing. Elvio MURETTA Archeol. Gerardo FRATIANNI Geol. Vito PLESCIA</p>	<p>LIMES 7 S.R.L.</p> <p>SEDE LEGALE</p> <p>Milano, cap 20121 via Manzoni n.41 P.IVA 10307690965</p>	

4.2.6_1	FILE 1YLY2F7_4.2.6_1_ValutCampiElettromagn	CODICE PROGETTO 1YLY2F7	SCALA
----------------	-----------------------------------------------	-----------------------------------	-------

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	16/01/2023	EMISSIONE	ROSELLI	LIMES7	LIMES7
B					
C					
D					
E					
F					

Tutti i diritti sono riservati. E' vietata qualsiasi utilizzazione, totale o parziale, senza previa autorizzazione

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Serracapriola (Provincia di Foggia)</p> <p align="center">Ditta Proponente: LIMES 7 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

1. Premessa

La presente relazione è relativa all'analisi e valutazione preventiva della distanza di prima approssimazione (DPA) per l'induzione magnetica in merito alla definizione delle zone a permanenza prolungata di persone superiore alle quattro ore giornaliere nell'intorno delle cabine elettriche e dei cavi interrati di distribuzione dell'energia elettrica.

2. Riferimenti normativi e bibliografici



- LEGGE 22 febbraio 2001, n. 36: "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici"
- D.P.C.M. 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".
- D.M. 29 maggio 2008: "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti"
- Norma CEI-106-11: "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) – Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo"
- Norma CEI 211-4: "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche"
- Norma CEI CLC/TR 50453 (Norma CEI 14-35): "Valutazione dei campi elettromagnetici attorno ai trasformatori di potenza"
- Decreto interministeriale 21 marzo 1988, n. 449 e s.m.i.: "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne"
- ENEL – "Linea Guida per l'applicazione del par. 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche"

3. Definizioni

Distanza di Prima Approssimazione (DPA): 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 DPA 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.

Nel caso di cabine la DPA è intesa come distanza da ciascuna delle pareti, tetto, pavimento e pareti laterali.

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 (3 μ T). Come prescritto dall'articolo 4, c. 1 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 e ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Serracapriola (Provincia di Foggia)</p> <p align="center">Ditta Proponente: LIMES 7 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



4. Valore di riferimento per l'induzione magnetica per la popolazione

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 (100µT) come valori efficaci, per la protezione da possibili effetti a breve termine;
- il valore di attenzione (10 µT) e l'obiettivo di qualità (3 µT) 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).

L'obiettivo di qualità si riferisce 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.

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Serracapriola (Provincia di Foggia)</p> <p align="center">Ditta Proponente: LIMES 7 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

5. Descrizione sorgenti campo magnetico



L'impianto fotovoltaico è costituito da una cabina generale di campo e da n. 16 Power Station all'interno delle quali sono installate le apparecchiature quali inverter e trasformatori.

L'interfaccia fra i moduli fotovoltaici e l'impianto di distribuzione in media tensione è costituita da un trasformatore elevatore BT/MT in olio installato in ognuna delle power station. Sono presenti in totale n.16 power station nei campi fotovoltaici, ognuna contenente un trasformatore, che fanno capo alla relativa cabina generale di campo, collegata a sua volta con la cabina generale nei pressi della sottostazione AT.

Per maggiori informazioni sui collegamenti dalla cabina alle power station si faccia riferimento allo schema elettrico unifilare.

Il collegamento fra la cabina generale di campo e la sottostazione di Terna è realizzato con n.3 terne di cavi ad elica interrati, ognuna passante in tubo corrugato dedicato, con cavo ARE4H5EX 20,8/36 kV da 300 mm² di sezione.

I collegamenti tra la cabina generale di campo e le power station e i collegamenti tra le power station è realizzato con n.1 o 2 terne di cavi ad elica interrati, ognuna passante in tubo corrugato dedicato, con cavo ARE4H5EX 20,8/36 kV da 240 mm² di sezione. Per maggiori informazioni vedasi schema elettrico.

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Serracapriola (Provincia di Foggia)</p> <p align="center">Ditta Proponente: LIMES 7 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

6. Metodologia di calcolo

Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, prevede che il proprietario/gestore dell'elettrodotto comunichi alle autorità competenti l'ampiezza delle fasce di rispetto ed i dati utilizzati per il calcolo dell'induzione magnetica, che va eseguito, ai sensi del § 5.1.2 dell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (G.U. n. 156 del 5 luglio 2008), sulla base delle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea, tenendo conto della presenza di eventuali altri elettrodotti.

In analogia a quanto previsto dal DM 29/05/08 si considera la distanza fra le fasi pari al diametro reale dei cavi (conduttore+isolante), in caso di cavi in parallelo per ciascuna fase si può cautelativamente considerare "S" pari alla somma di tutti i diametri dei cavi costituenti la formazione di una singola fase.

- Data una terna di conduttori disposti in piano o in verticale (a bandiera) con distanza tra i conduttori adiacenti pari a S [m], percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A], l'induzione magnetica B [μT] in un generico punto distante R [m] dal conduttore centrale, con R >> S, è data dalla seguente equazione approssimata:

$$B = 0,2 \times \sqrt{3} \times \frac{S \times I}{R^2} \quad [\mu T]$$

Dalla equazione suddetta, si ricava la distanza R' (distanza dal centro geometrico dei conduttori che coincide con il conduttore centrale) corrispondente ad un valore di B pari a 3μT:

$$R' = 0,34 \times \sqrt{S \times I} \quad [m]$$

- Per una terna di conduttori disposti ai vertici di un triangolo equilatero con distanza tra i conduttori pari a S [m], percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A], l'induzione magnetica B [μT] in un punto distante R [m] dal baricentro dei tre conduttori, con R >> S, è data dalla seguente equazione approssimata:

$$B = 0,1 \times \sqrt{6} \times \frac{S \times I}{R^2} \quad [\mu T]$$

Dalla equazione suddetta si ricava la distanza R' corrispondente ad un valore di B pari a 3μT;

$$R' = 0,286 \times \sqrt{S \times I} \quad [m]$$

La determinazione della DPA dal trasformatore, all'interno della quale l'induzione magnetica è maggiore o uguale a 3 μT, è stata determinata tramite il modello "Siemens", che fornisce un dato sovrastimato a favore di sicurezza, con la seguente formula:

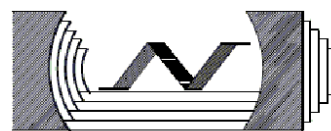
$$B = \frac{0,72 \times U_{cc}\% \times \sqrt{S_r}}{d^{2,8}}$$

Dalla equazione suddetta, si ricava la distanza d (distanza dal trasformatore) corrispondente ad un valore di B pari a 3μT:

$$d = \sqrt[2,8]{\frac{0,72 \times U_{cc}\% \times \sqrt{S_r}}{B}} \quad [m]$$

U_{cc}% = Tensione di cortocircuito percentuale del trasformatore

S_r = Potenza nominale del trasformatore



7. Parametri utilizzati per la valutazione

7.1 Linea alta tensione in cavo in uscita dalla cabina generale di campo sino alla sottostazione Terna

I calcoli a seguire sono validi per le linee di distribuzione esterne al campo fotovoltaico, a partire dalla cabina generale di campo fino alla sottostazione Terna.

Corrente di fase lato media tensione

La corrente nominale prevedibile sul collegamento AT è definita come:

U = Tensione di fase (36 kV) in [V]

I = corrente nominale prevedibile di fase = 738 A

(è stato preso come riferimento il valore definito dal dimensionamento della linea per la tratta in oggetto)

Caratteristiche del cavo

Tipo cavo: Media Tensione ARE4H5EX 20,8/36 kV 3x1x300

Diametro del Conduttore: 20,7 mm

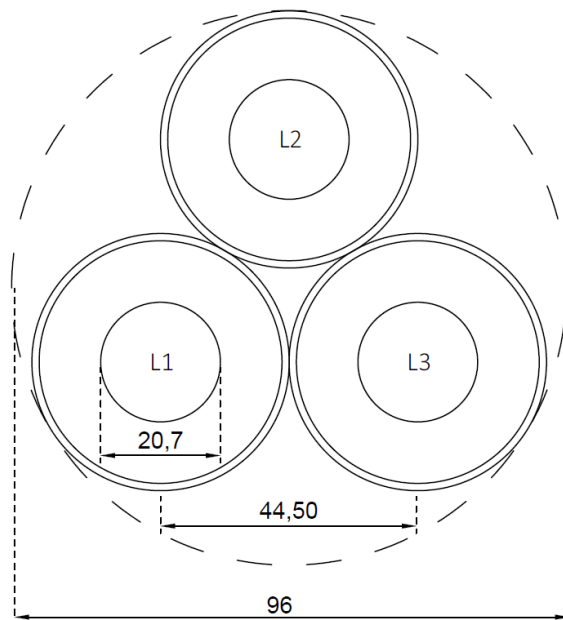
Sezione del Conduttore attivo: 300 mm²

Diametro esterno nominale: 96,0 mm

Tipo di posa: 1 cavo ad elica posato in tubo corrugato interrato.

Distanza tra i conduttori S: 44,50 mm

La disposizione del cavo per la linea in alte tensione è di seguito schematizzata.



Sostituendo i valori nella formula:

$$R' = 0,286 \times \sqrt{S \times I} \quad [m]$$

Si ottiene un valore di R' calcolato per limite di $3\mu T$ pari a:

$$R' = \text{circa } 1,64 \text{ m} \quad \longrightarrow \quad R' = 2,0 \text{ m}$$

(le dimensioni delle fasce di rispetto devono essere fornite con approssimazione non superiore a 1 m – Decreto 29 maggio 2008 - 5.1.2)



7.2 Linea alta tensione in cavo interne al campo fotovoltaico

I calcoli a seguire sono validi per le linee di distribuzione interne al campo fotovoltaico, a partire dalla cabina generale di campo fino alle power station e tra le power station.

Corrente di fase lato media tensione

La corrente nominale prevedibile sul collegamento AT è definita come:

U = Tensione di fase (36 kV) in [V]

I = corrente nominale prevedibile di fase = 370 A

(è stato preso come riferimento il valore massimo definito dal dimensionamento tra linee in oggetto)

Caratteristiche del cavo

Tipo cavo: Media Tensione ARE4H5EX 20,8/36 kV 3x1x240

Diametro del Conduttore: 18,5 mm

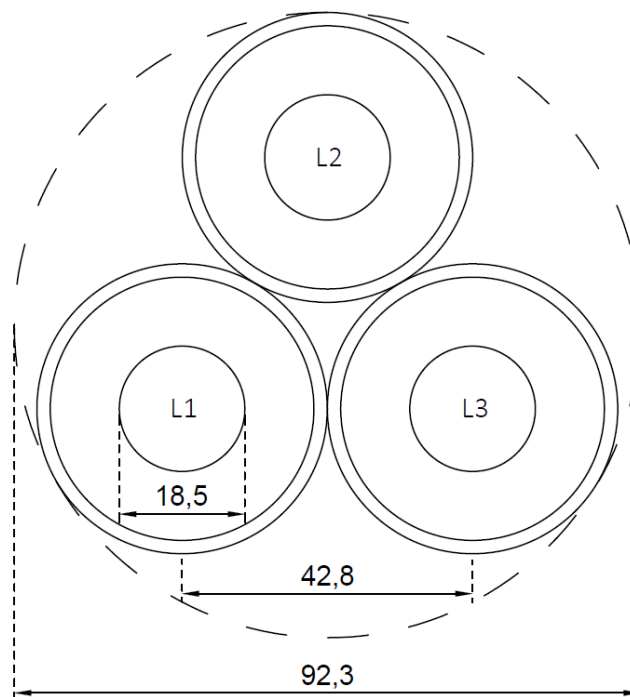
Sezione del Conduttore attivo: 240 mm²

Diametro esterno nominale: 92,3 mm

Tipo di posa: 1 cavo ad elica posato in tubo corrugato interrato.

Distanza tra i conduttori S: 42,80 mm

La disposizione del cavo per la linea in alte tensione è di seguito schematizzata.





Sostituendo i valori nella formula:

$$R' = 0,286 \times \sqrt{S \times I} \quad [m]$$

Si ottiene un valore di R' calcolato per limite di $3\mu T$ pari a:

$$R' = \text{circa } 1,14 \text{ m} \quad \longrightarrow \quad R' = 1,5 \text{ m}$$

(le dimensioni delle fasce di rispetto devono essere fornite con approssimazione non superiore a 1 m – Decreto 29 maggio 2008 - 5.1.2)

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Serracapriola (Provincia di Foggia)</p> <p align="center">Ditta Proponente: LIMES 7 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Linea in cavo 36 kV – lato alta tensione

Linea alta tensione in cavo dalla Cabina Generale del campo fotovoltaico alle power station e tra le power station

La linea, come descritto ai paragrafi precedenti, determina una DPA pari a 1,5 metri che in analogia al paragrafo 5.1.4.5 del decreto 29 Maggio 2008 viene incrementata per tenere in considerazione eventuali cambi di direzione calcolando 1,5 volte il valore di DPA precedentemente determinato.

Nel nostro caso $DPA = 1,5 \times 1,5 = 2,25$ m.

Oltre che dalle linee in cavo, la presente distanza di rispetto deve essere considerata anche dalle pareti esterne delle power station.


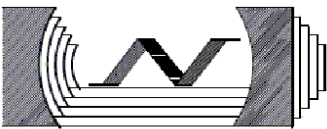
Linea in cavo 36 kV – lato alta tensione

Linea alta tensione in cavo dalla Cabina Generale del campo fotovoltaico alla sottostazione Terna

La linea, come descritto ai paragrafi precedenti, determina una DPA pari a 2,0 metri che in analogia al paragrafo 5.1.4.5 del decreto 29 Maggio 2008 viene incrementata per tenere in considerazione eventuali cambi di direzione calcolando 1,5 volte il valore di DPA precedentemente determinato.

Nel nostro caso $DPA = 2,0 \times 1,5 = 3,0$ m.

Oltre che dalle linee in cavo, la presente distanza di rispetto deve essere considerata anche dalla parete esterna delle cabina generale.

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di Serracapriola (Provincia di Foggia)</p> <p align="center">Ditta Proponente: LIMES 7 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

8. Conclusioni

Per distanze superiori ai 2,25 metri per le power station i valori di induzione magnetica sono inferiori a $3 \mu\text{T}$.

Per i locali/cabine, come indicato dal DM 29/05/08, la fascia di rispetto viene intesa come distanza da ciascuna delle pareti dei locali in oggetto, per cui la DPA si estende, verso l'esterno, a partire dalla parete delle relative cabine.

Si ha dunque la situazione rappresentata dalla fig. 1 allegata con DPA a partire dal filo parete esterna.

Per le linee di distribuzione in alta tensione esternamente al parco fotovoltaico si ha una distanza DPA di 2,0 metro nell'intorno della linea stessa in tutte le direzioni.

Nei cambi di direzione l'incremento della DPA è stato determinato come previsto dal paragrafo 5.1.4.5 del Decreto 29-05-2008 con un massimo di 3,0 metri.

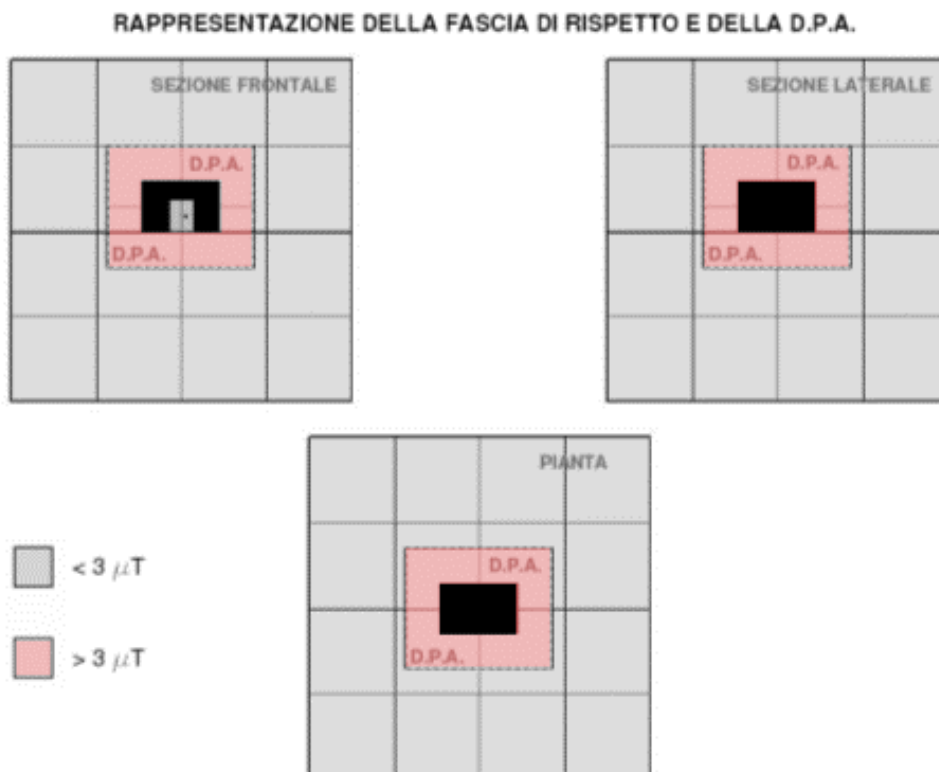


Fig.1