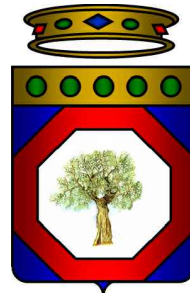


Comune di : SANT'AGATA di PUGLIA

Provincia di : FOGGIA

Regione : PUGLIA



PROPONENTE



S2SE TRE srl  
Via di Selva Candida, 452 - 00166 ROMA (RM)

OPERA

## PROGETTO DEFINITIVO

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 59.347,44 kWp CON SISTEMA DI ACCUMULO INTEGRATO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

### "SOLARE SANT'AGATA DI PUGLIA - S2S"

OGGETTO

TITOLO ELABORATO :

Documentazione specialistica - Relazione Campi Elettromagnetici con valutazione esposizione dei lavoratori ai CEM

DATA : 20 NOVEMBRE 2023

N°/CODICE ELABORATO :

SCALA : ---

Tipologia : REL (RELAZIONI)

# REL 018

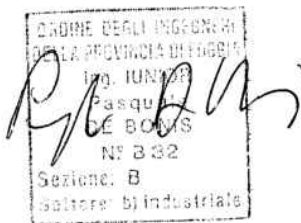
I TECNICI

PROGETTISTI:



S2S ENERGY s.r.l.  
Via di Selva Candida, 452  
00166 ROMA  
Ing. Fernando Sonnino  
Project Manager

TIMBRI E FIRME:



00	202202436	Emissione per Progetto Definitivo - Istanza di VIA e AU	S2SE TRE srl	Ing. Fernando Sonnino	Ing. Fernando Sonnino
N° REVISIONE	Cod. STMG	OGGETTO DELLA REVISIONE	ELABORAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE

Proprietà e diritto del presente documento sono riservati - la riproduzione è vietata

## SOMMARIO

<b>1. PREMESSA</b> .....	2
<b>1.1 GENERALITA'</b> .....	2
<b>2. CALCOLO DELLE DPA</b> .....	2
<b>2.1 Cabine di campo FV</b> .....	3
<b>2.2 Cabine di campo BESS</b> .....	4
<b>2.3 Collegamento in cavo interrato 2x(3x1x630) mm<sup>2</sup> tra la cabina di consegna e la sottostazione di trasformazione;</b> .....	5
<b>2.4 Collegamento in cavo interrato 2x(3x1x630) mm<sup>2</sup> tra la sottostazione di trasformazione e la nuova SE;</b> .....	8
<b>3. CAMPI ELETTRICI</b> .....	10
<b>3.1 Cenni teorici</b> .....	10
<b>3.2 Applicazione su progetto in esame</b> .....	10
<b>4. CONCLUSIONI</b> .....	11

### ALLEGATI:

- SCHEDA TECNICA CAVO ARE4H5E 20,8/36 kV
- SCHEDA TECNICA CAVO ARE4H5E 18/30 kV



## 1. PREMESSA

Il presente documento è parte integrante del progetto definitivo redatto per la realizzazione della connessione elettrica alla rete di Terna SpA, in riferimento all'impianto di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica denominato **SANT'AGATA DI PUGLIA S2S** da realizzarsi in agro di Sant'agata di puglia (FG), caratterizzato da una potenza di 59,347 MWp.

### 1.1 GENERALITA'

L'impianto di generazione in oggetto sarà composto da 85.392 moduli fotovoltaici, della potenza unitaria di 695Wp cad.. **La potenza richiesta ai fini della connessione è pari a 55.97 MW, mentre quella nominale dell'impianto è pari a 59,347 MWp**, valore inteso come picco di prestazione dei generatori, variabile in diminuzione secondo le condizioni meteo.

I moduli saranno raggruppati secondo schema tipico in stringhe e sottocampi gestiti da inverter di campo della potenza di 352kVA l'uno e dal punto di vista della configurazione di rete elettrica collettrice i vari collegamenti ramificati in MT costituiscono un albero alla tensione nominale di 30 kV, confluyente in un unico collegamento (EL038) verso la SSE Utente in cui avviene l'elevazione di tensione a 36kV AT per connettersi, che realizza la connessione in elettrodotto interrato come montante fino al punto di connessione individuato su nuova SE 380/150/36 kV "Rocchetta Sant'Antonio" da inserire in entra-esce dall'elettrodotto 380 kV "Bisaccia-Deliceto".

Nell'area sud è previsto inoltre un **Sistema di Accumulo Integrato** della potenza nominale complessiva di **17.1 kW** pari alla potenza richiesta in immissione, ed una capacità di accumulo totale di 70 MWh.

## 2. CALCOLO DELLE DPA

In riferimento al progetto in oggetto ai fini di valutare l'impatto elettromagnetico si esegue il calcolo delle Distanze di Prima Approssimazione (DPA) dei seguenti elementi dell'impianto:

- a) Cabina di campo FV

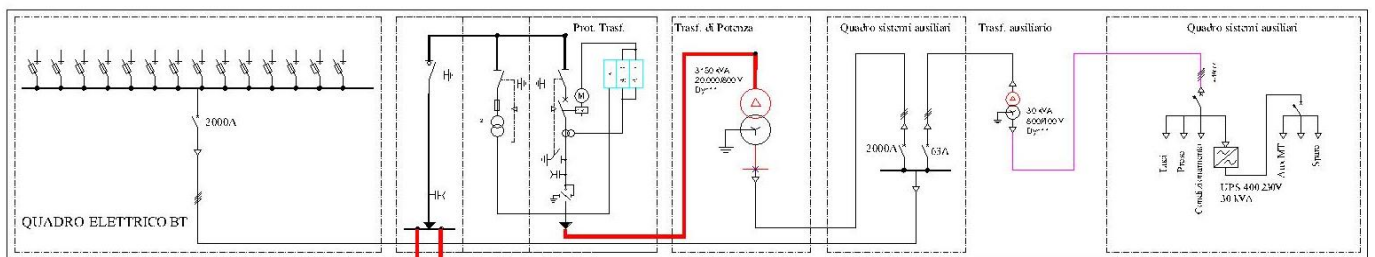


- b) Cabina di campo BESS
- c) Trasformatore 30MVA in SSEU
- d) Collegamento in cavo interrato  $2 \times (3 \times 1 \times 630) \text{ mm}^2$  18/30 kV con conduttore in alluminio, tra la cabina di consegna e la sottostazione di trasformazione SSEU;
- e) Collegamento in cavo interrato  $2 \times (3 \times 1 \times 630) \text{ mm}^2$  20.8/36 kV con conduttore in alluminio, tra la sottostazione di trasformazione SSEU e la nuova SE

Le configurazioni elencate sono quelle più gravose in termini di potenze e di conseguenza campi magnetici generati, per le quali quindi si assume verificata ogni altra casistica.

## 2.1 Cabine di campo FV

Il parco fotovoltaico in progetto è composto da n.12 cabine di campo di potenza nominale 5 MVA. Si riporta la struttura di disposizione tipica dei componenti elettrici all'interno di una cabina di campo.



Risulta che la sorgente di campo magnetico sia rappresentata dal trasformatore BT/MT impiegato per innalzare la tensione dal livello di generazione al livello 30 kV, tensione di esercizio della distribuzione elettrica delle linee interrate, e dal trasformatore dei servizi ausiliari di potenza 30kVA.

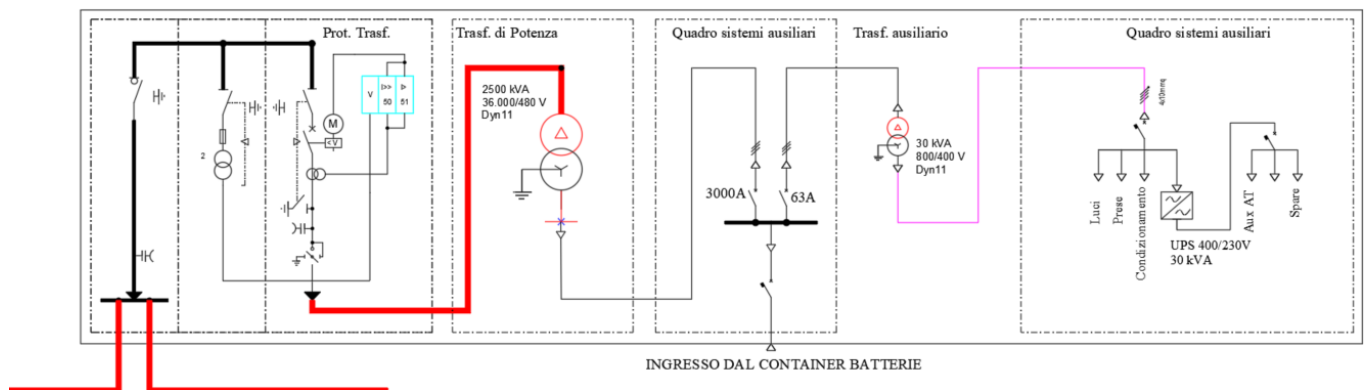
Il trasformatore installato all'interno della cabina utente è un trasformatore che ha il compito di alimentare i soli servizi ausiliari della cabina elettrica ossia carichi elettrici quali l'impianto d'illuminazione, le prese, i circuiti alimentanti gli scomparti, ossia i carichi elettrici connessi al funzionamento della cabina stessa



(Rif. Schema elettrico unifilare di progetto).

## 2.2 Cabine di campo BESS

Il campo BESS in progetto è composto da n.15 cabine container contenenti le batterie che afferiscono a n° 6 cabine di campo aventi ciascuna un trasformatore di potenza nominale 3 MVA. Si riporta la struttura di disposizione tipica dei componenti elettrici all'interno di una cabina di campo BESS.



Per quanto riguarda il campo magnetico, ai fini della presente relazione, si utilizzerà la formula seguente, la quale permette di calcolare l'induzione magnetica B prodotta da un trasformatore MT/BT in resina in funzione della distanza dal trasformatore.

$$B = 0,72 \cdot V_{cc}\% \cdot \frac{\sqrt{S_n}}{d^{2,8}}$$

Vcc% = tensione di corto circuito percentuale del trasformatore

Sn= potenza apparente nominale del trasformatore

d= distanza dal trasformatore espressa in m

Inserendo nella formula richiamata i valori relativi ai trasformatori in progetto, si ottiene la tabella seguente:

- Vcc% =6



**PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO "SANT'AGATA DI PUGLIA-S2S", POTENZA INSTALLATA 59,347 MWp, CON PANNELLI SU SUPPORTO TRACKER AD ASSE ORIZZONTALE IN AGRO DI SANT'AGATA DI PUGLIA**

COMUNE DI SANT'AGATA DI PUGLIA

REL\_018 Relazione tecnica calcolo DPA

- Sn T1= 5000 kVA
- Sn T2= 30kVA
- Sn T3= 30000kVA

In funzione della distanza d si ottiene la seguente tabella per i valori di induzione magnetica B:

<b>D</b> <b>[m]</b>	<b>B -T1</b> <b>[<math>\mu</math>T]</b>	<b>B -T2</b> <b>[<math>\mu</math>T]</b>	<b>B -T3</b> <b>[<math>\mu</math>T]</b>
1	305,5	23,7	748,2
1,5	98,2	7,6	240,4
2	43,9	3,4	107,4
2,5	23,5	1,8	57,5
3	14,1	1,1	34,5
3,5	9,2	0,7	22,4
4	6,3	0,5	15,4
4,5	4,5	0,4	11,1
5	3,4	0,3	8,3
5,5	2,6	0,2	6,3
6	2,0	0,2	5,0
7	1,3	0,1	3,2
8	0,9	0,1	2,2

E' da precisare che attraverso l'applicazione della richiamata formula analitica si ottengono valori di induzione magnetica sovrastimati; confrontando i valori di tabella, si nota che già ad una distanza di 8m dal trasformatore di maggiore potenza il valore di induzione magnetica è sceso al di sotto del valore limite di 3  $\mu$ T. Pertanto si può assumere, in modo cautelativo, di applicare le seguenti distanze a partire dalla parete esterna della cabina:

**T1-T2 → DPA = 5.5m**

**T3 → DPA = 8m**

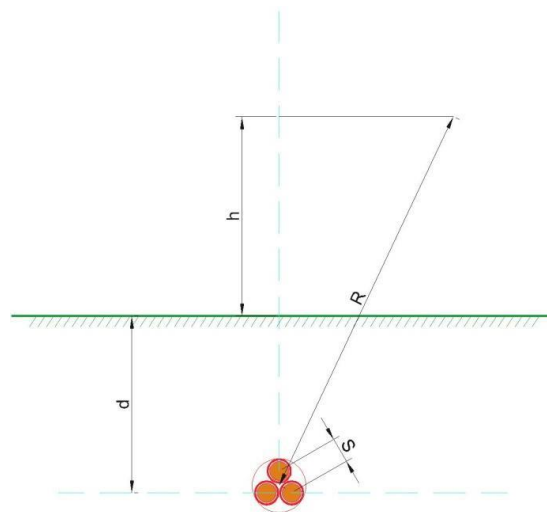
**2.3 Collegamento in cavo interrato 2x(3x1x630) mm<sup>2</sup> tra la cabina di consegna e la sottostazione di trasformazione;**



Si tratta di un cavo in alluminio singola corda, sigla ARE4H5E 18/30 kV, posato ad una profondità di 1,2m. Per quanto concerne il caso di una singola terna di cavi sotterranei di media tensione posati a trifoglio, la norma CEI 106-11 al cap.7.1 indica che con una profondità di posa pari a 0,80 m già al livello del suolo sulla verticale del cavo e nelle condizioni limite di portata si determina una induzione magnetica inferiore a 3  $\mu$ T. A maggior ragione, considerata una reale profondità di posa pari a 1,20 m, risulta al livello del suolo un valore ancora inferiore.

A scopo cautelativo, si è comunque effettuato il calcolo analitico dei campi magnetici generati da questa configurazione.

Si terrà conto nel seguito per il modello del sistema di cavi unipolari posati a trifoglio e non elicordati, come di seguito riportato.



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.

$$B = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2}$$

con

S [m] = distanza tra i conduttori adiacenti

I [A] = portata di corrente

R = distanza dal conduttore centrale



PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO "SANT'AGATA DI PUGLIA-S2S", POTENZA INSTALLATA 59,347 MWp, CON PANNELLI SU SUPPORTO TRACKER AD ASSE ORIZZONTALE IN AGRO DI SANT'AGATA DI PUGLIA

COMUNE DI SANT'AGATA DI PUGLIA

REL\_018 Relazione tecnica calcolo DPA

La tabella che segue mostra i valori della distribuzione, con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.

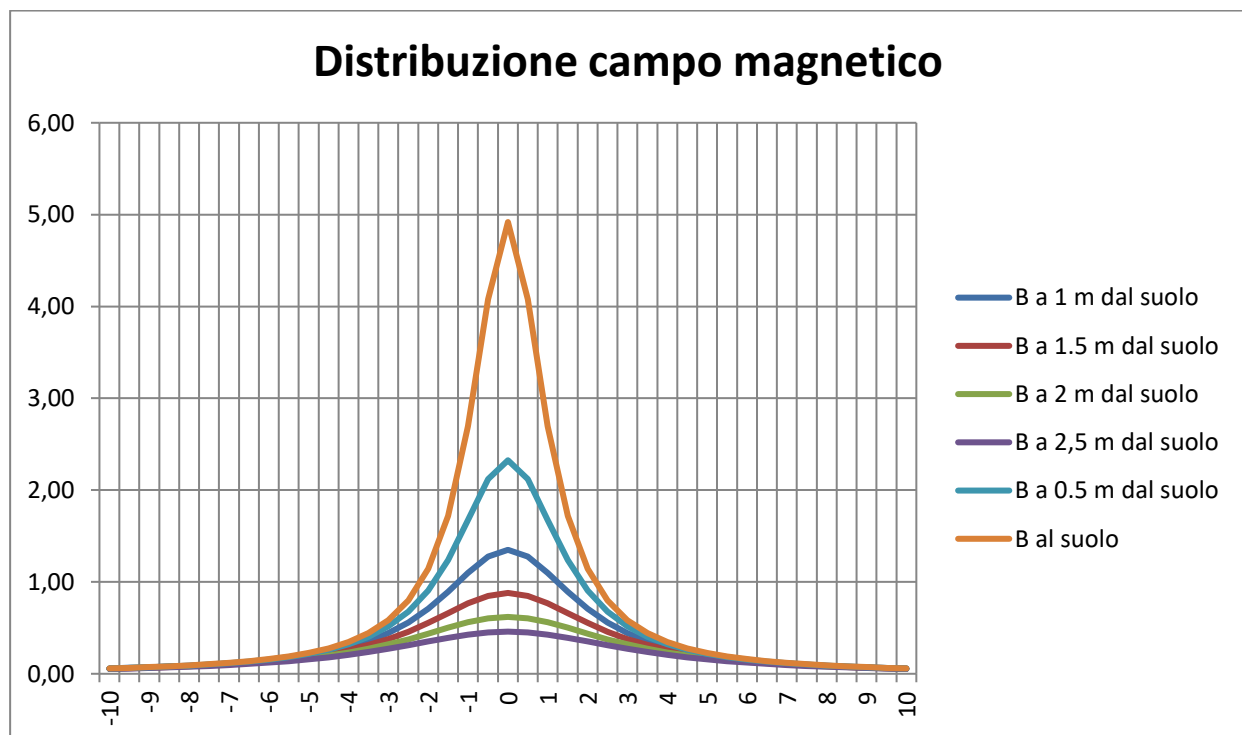
Distanza dall'asse centrale	Distanza dal suolo [m]					
	0	0,5	1	1,5	2	2,5
-10	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05
-9,5	0,07	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06
-9	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06
-8,5	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07
-8	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08
-7,5	0,10	0,10	0,10	0,09	0,10	0,09
-7	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10
-6,5	0,14	0,13	0,13	0,12	0,13	0,11
-6	0,16	0,15	0,15	0,14	0,13	0,12
-5,5	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14
-5	0,23	0,22	0,20	0,19	0,17	0,16
-4,5	0,28	0,26	0,24	0,22	0,20	0,18
-4	0,35	0,32	0,29	0,26	0,23	0,21
-3,5	0,44	0,40	0,36	0,31	0,27	0,24
-3	0,58	0,51	0,44	0,38	0,32	0,27
-2,5	0,80	0,68	0,56	0,46	0,38	0,31
-2	1,14	0,91	0,71	0,55	0,44	0,35
-1,5	1,72	1,24	0,89	0,66	0,50	0,39
-1	2,69	1,67	1,10	0,77	0,56	0,43
-0,5	4,08	2,12	1,28	0,85	0,60	0,45
0	4,92	2,33	1,35	0,88	0,62	0,46
0,5	4,08	2,12	1,28	0,85	0,60	0,45
1	2,69	1,67	1,10	0,77	0,56	0,43
1,5	1,72	1,24	0,89	0,66	0,50	0,39
2	1,14	0,91	0,71	0,55	0,44	0,35
2,5	0,80	0,68	0,56	0,46	0,38	0,31
3	0,58	0,51	0,44	0,38	0,32	0,27
3,5	0,44	0,40	0,36	0,31	0,27	0,24
4	0,35	0,32	0,29	0,26	0,23	0,21
4,5	0,28	0,26	0,24	0,22	0,20	0,18
5	0,23	0,22	0,20	0,19	0,17	0,16
5,5	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14
6	0,16	0,15	0,15	0,14	0,13	0,12
6,5	0,14	0,13	0,13	0,12	0,11	0,11
7	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10
7,5	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09
8	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08
8,5	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07
9	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06
9,5	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
10	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05





Ricordando che il vincolo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a  $3 \mu\text{T}$ , si rileva che l'elettrodoto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all'asse centrale ad un'altezza di 0,5m dal suolo, pari a  $2,33 \mu\text{T}$ , inferiore al limite fissato.

Per il caso A in esame, risulta pertanto abbondantemente rispettato il valore limite di esposizione pari a  $100 \mu\text{T}$  lungo tutto il percorso dei cavi, così pure l'obiettivo di qualità pari a  $3 \mu\text{T}$ .



#### 2.4 Collegamento in cavo interrato $2 \times (3 \times 1 \times 630) \text{ mm}^2$ tra la sottostazione di trasformazione e la nuova SE;

Si tratta di un cavo in alluminio singola corda, sigla ARE4H5E 20.8/36 kV, posato ad una profondità di 1,2m. Per tale casistica valgono le stesse considerazioni ed analisi effettuate nel precedente par. 2.3.



**PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO, DENOMINATO "SANT'AGATA DI PUGLIA-S2S", POTENZA INSTALLATA 59,347 MWp, CON PANNELLI SU SUPPORTO TRACKER AD ASSE ORIZZONTALE IN AGRO DI SANT'AGATA DI PUGLIA**

COMUNE DI SANT'AGATA DI PUGLIA

REL\_018 Relazione tecnica calcolo DPA

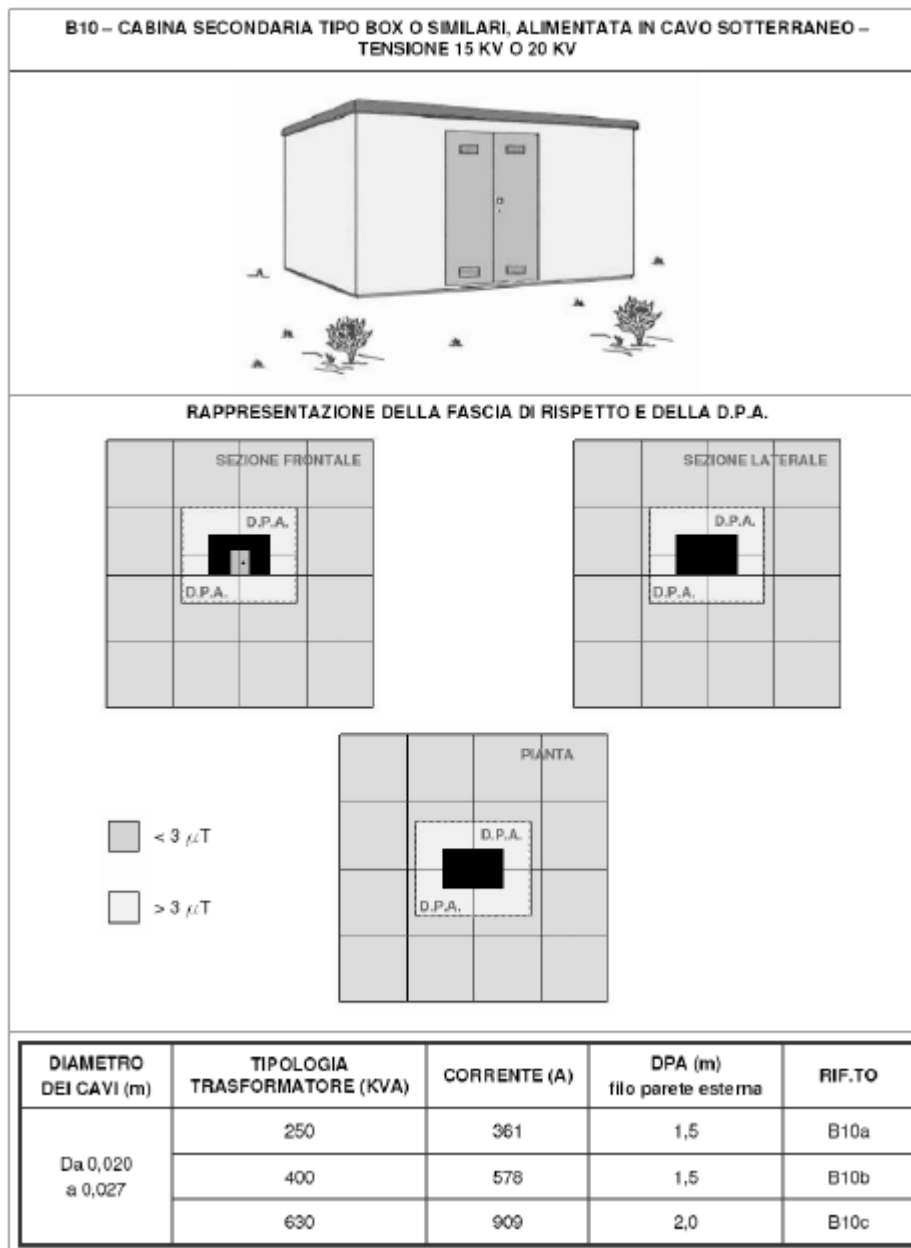


Fig. 2 "Linea Guida per l'applicazione del par. 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.5.2008 – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche" di Enel Distribuzione Spa

- Scheda tecnica B10 -



### 3. CAMPI ELETTRICI

#### 3.1 Cenni teorici

In generale, per il calcolo del campo elettrico si ricorre al principio delle immagini in base al quale il terreno, considerato come piano equipotenziale a potenziale nullo, può essere simulato con una configurazione di cariche immagini. In altre parole per ogni conduttore reale, sia attivo che di guardia, andrà considerato un analogo conduttore immagine la cui posizione è speculare, rispetto al piano di terra, a quella del conduttore reale e la cui carica è opposta rispetto a quella del medesimo conduttore reale.

In particolare il campo elettrico di un conduttore rettilineo di lunghezza infinita con densità lineare di carica costante può essere espresso come:

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 d} \vec{u}_r$$

Dove:

$\lambda$  = densità lineare di carica sul conduttore

$\epsilon_0$  = permittività del vuoto

$d$  = distanza del conduttore rettilineo dal punto di calcolo

$\vec{u}_r$  = versore unitario con direzione radiale al conduttore

#### 3.2 Applicazione su progetto in esame

Considerato che l'intensità del campo elettrico dipende dalla tensione di esercizio del sistema, si può ritenere che l'intensità del suddetto campo generato dai componenti costituenti l'impianto, oggetto della presente relazione tecnica, sia assolutamente trascurabile.

Infatti il cavo interrato 18/30 kV, per il tratto dell'impianto di utenza che collega tra loro le cabine di campo alla cabina di consegna, e da quest'ultima alla sottostazione di trasformazione, è caratterizzato dalla presenza dello schermo che rende il campo elettrico nullo al suo esterno.

Analogha considerazione vale per gli elementi interni alle cabine, sia per i cavi in media tensione



anch'essi schermati, sia per gli scomparti MT disposti all'interno di armadi metallici connessi a terra. Discorso analogo vale in riferimento al campo elettrico generato dal trasformatore delle cabine di campo; infatti il trasformatore BT/MT è installato all'interno della cabina di campo, pertanto il campo elettrico generato da quest'ultimo risulta essere perfettamente schermato dalle pareti della struttura metallica che lo circonda. Altrettanto dicasi per i trasformatori MT/AT la cui installazione all'interno del perimetro e quindi della recinzione della SSEU rende inaccessibile il sito se non al personale autorizzato.

#### 4. 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 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:

##### **Campo fotovoltaico e opere utenza:**

- per le cabine di campo è stata definita una fascia di rispetto **DPA = 5.5m**;
- per i trasformatori in SSEU è stata definita una fascia di rispetto **DPA = 8m**;
- nel caso di cavi unipolari posati a trifoglio (fino a sezione 630 mm<sup>2</sup>) i campi elettromagnetici risultano di modesta entità, di poco superiori agli obiettivi di qualità, ma comunque inferiori ai limiti imposti dalla normativa.

##### **Opere di rete:**

La soluzione di connessione prevede il collegamento a barre 36kV i cui valori di campi elettromagnetici emessi sono già calcolati e relazionati nel progetto delle opere di rete riguardanti lo stallo 150/36kV.