



CODE

**C21PWT008AFR05800**

PAGE

1 di/of 17

**IMPIANTO AGROVOLTAICO SAN MARTINO****RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI****Progetto definitivo**

Il Tecnico

Ing. Leonardo Sblendido

File:C21PWT008AFR05800\_Relazione sui campi elettromagnetici.pdf

| REV. | DATE       | DESCRIPTION     | PREPARED    | VERIFIED  | APPROVED     |
|------|------------|-----------------|-------------|-----------|--------------|
| 00   | 11/11/2022 | Prima emissione | C.Nicoletti | M.Barresi | L. Sblendido |

**VALIDATION**

| COLLABORATORS                  | VERIFIED BY                      | VALIDATED BY |
|--------------------------------|----------------------------------|--------------|
| PROJECT / PLANT<br>San Martino | CODE<br><b>C21PWT008AFR05800</b> |              |
| CLASSIFICATION                 | UTILIZATION SCOPE                |              |

**INDICE**

|  |    |
|--|----|
| 1. PREMESSA.....                                   | 3  |
| 2. INTRODUZIONE .....                              | 3  |
| 3. RIFERIMENTI NORMATIVI .....                     | 5  |
| 4. COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA .....           | 6  |
| 5. CAMPO ELETTROMAGNETICO .....                    | 7  |
| 6. CAMPO ELETTRICO.....                            | 8  |
| 7. CAMPO MAGNETICO .....                           | 8  |
| 8. FASCIA DI RISPETTO .....                        | 9  |
| 8.1. LINEE CAVI AEREI.....                         | 9  |
| 8.2. CAVIDOTTI PER CAVI IN CORRENTE CONTINUA ..... | 10 |
| 8.3. CALCOLO DPA .....                             | 12 |
| 8.4. CAVIDOTTI DI MEDIA TENSIONE .....             | 13 |
| 8.5. SSE UTENTE 150/30 kV .....                    | 14 |
| 9. CONCLUSIONI.....                                | 16 |

## 1. PREMESSA

L'impianto agrovoltaiico denominato "San Martino" sarà di tipo grid-connected con allaccio trifase in alta tensione a 150kV e potenza nominale 58,25 MWp. La produzione di energia sarà derivante da 88.320 moduli che occupano una superficie fotovoltaica suddivisa in tre macroaree e composta da 5 gruppi di conversione centralizzati INGECON® SUN 3825T C615 (PS1-PS2-PS3-PS4-PS5), ed altri 5 gruppi (PS6-PS7-PS8-PS9-PS10) connessi alle power station mediante string inverter del tipo SUN2000-215KTL.

|                        |                     |
|------------------------|---------------------|
| Nome impianto          | San Martino         |
| Comune                 | Galtelli 08020 (NU) |
| Committente            | Powertis            |
| Indirizzo              | Via XX Settembre 1  |
| CAP Comune (Provincia) | 00187 Roma          |

## 2. INTRODUZIONE

Ogni generatore fotovoltaico è responsabile della conversione dell'energia radiante solare in energia elettrica (in corrente continua) con moduli fotovoltaici in silicio monocristallino da 132 [2x(11x6)] celle e potenza 660W.

L'impianto fotovoltaico in oggetto è costituito da 88.260 moduli bifacciali montati su 1471 strutture fisse del tipo 2x30, pertanto ogni struttura supporta due stringhe da 30 moduli in serie.

Relativamente alle aree facenti capo ai gruppi di conversione con inverter centralizzati, denominate PS1-PS2-PS3-PS4-PS5, il parallelo di stringhe è realizzato in appositi quadri di parallelo stringa, detti string box (SB), ogni string box è connesso ad un numero di stringhe collocate su un numero intero di strutture.

L'energia prodotta dalla singola stringa è in corrente continua, a tensione inferiore a 1500V (BT) e corrente non superiore a 17.24A, ed è trasportata a mezzo di cavi aerei posati su passerella a filo portacavi agli String Box di riferimento. Ogni String Box è caricato con al più 32 stringhe fotovoltaiche ed è connesso all'inverter di riferimento a mezzo di cavidotto in corrente continua, a tensione inferiore a 1500V (BT).

Il parallelo degli string box (SB) è realizzato in appositi quadri di parallelo dc presenti negli inverter centralizzati, detti combiner box (QPPI).

Relativamente alle aree denominate PS6-PS7-PS8-PS9-PS10 la conversione dell'energia avviene mediante gli inverter di stringa, i quali sono caricati al massimo con 14 stringhe ognuno mediante cavi aerei posati su passerella a filo portacavi. Il parallelo tra gli inverter di stringa e la power station sarà realizzato mediante un quadro di parallelo ac in bassa tensione presente all'interno della power station e la connessione avverrà mediante cavidotto BT interrato.

Nell'area dell'impianto sono presenti come principali componenti all'aperto:

- N.88.260 moduli fotovoltaici;
- N.1471 strutture fisse 2x30 moduli;
- N.2942 stringhe da 30 moduli;
- N.70 string box denominati SB L.X.Y.Z;
- N.10 Power station;
- N.1 Sottostazione Utente 150/30kV

Sul lato in corrente alternata ogni inverter è connesso ad un trasformatore di potenza idoneo all'installazione all'interno. I trasformatori saranno in resina e idonei per il funzionamento a frequenza industriale 50Hz e saranno della seguente taglia:

| Nome Power station | Taglia Trasformatore     |
|--------------------|--------------------------|
| PS1                | 6850kVA 0.615/0.615/30kV |
| PS1.1              | 3500 kVA 0.615/30kV      |
| PS2                | 6850kVA 0.615/0.615/30kV |
| PS3                | 6850kVA 0.615/0.615/30kV |
| PS4                | 6850kVA 0.615/0.615/30kV |
| PS5                | 6850kVA 0.615/0.615/30kV |
| PS5.1              | 3500 kVA 0.615/30kV      |
| PS6                | 1000 kVA 0.615/30kV      |
| PS7                | 1600 kVA 0.615/30kV      |
| PS8                | 1800 kVA 0.615/30kV      |
| PS9                | 1200 kVA 0.615/30kV      |
| PS10               | 1600 kVA 0.615/30kV      |

Le dimensioni delle cabine sono pari a (WxHxD) 6.058 x 2.896 x 2.438 mm e sono connesse in modalità entra-esce a mezzo di cavo MT come segue:

| LINEA MT |                     |
|----------|---------------------|
| DA       | A                   |
| PS1.1    | PS1                 |
| PS1      | PS2                 |
| PS2      | SSE UTENTE 150/30kV |
| LINEA MT |                     |
| DA       | A                   |
| PS4      | PS3                 |
| PS3      | SSE UTENTE 150/30kV |
| LINEA MT |                     |
| DA       | A                   |
| PS5.1    | PS5                 |
| PS5      | SSE UTENTE 150/30kV |
| LINEA MT |                     |
| DA       | A                   |
| PS8      | PS6                 |
| PS6      | PS7                 |
| PS7      | PS10-9              |
| PS10-9   | SSE UTENTE 150/30kV |

### 3. RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. del 29 maggio 2008
- Norma CEI 106-11 (Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del D.P.C.M. 8 luglio 2003 (art.6))

- D.P.C.M. del 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".
- Legge n.36 del 22 febbraio 2001 – Decreto Interministeriale del 21 marzo 1988 n.449
- EMC 2014/30/UE
- Guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici. Volume 2: Studi di casi, Commissione Europea
- DL 179/2012
- D.P.C.M. del 8 luglio 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, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz"
- CEI 211-7 (Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz - 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana)

#### **4. COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA**

Il D.P.C.M. 8 luglio 2003 fissa i limiti di esposizione e valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento ed all'esercizio degli elettrodotti, in particolare: – All'art.3 comma 1: nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100  $\mu$ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci. – All'art.3 comma 2: a titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10  $\mu$ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio. – Art.4 comma 1. Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio. Lo stesso DPCM, all'art 6, fissa i parametri per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, per le quali si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità ( $B=3\mu$ T) di cui all'art. 4 sopra richiamato ed alla portata della corrente in servizio normale. L'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Metodologie di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti) definisce quale fascia di rispetto lo spazio circostante l'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.

*Ai fini del calcolo della fascia di rispetto si omettono verifiche del campo elettrico, in quanto nella pratica questo determinerebbe una fascia (basata sul limite di esposizione, nonché valore di attenzione pari a*

*5kV/m) che è sempre inferiore a quella fornita dal calcolo dell'induzione magnetica. Pertanto, obiettivo dei paragrafi successivi sarà quello di calcolare le fasce di rispetto dagli elettrodotti del progetto in esame, facendo riferimento alla normativa vigente ed in particolare al limite di qualità di  $3 \mu T$ .*

## **5. CAMPO ELETTROMAGNETICO**

I campi elettromagnetici sono un insieme di grandezze fisiche misurabili, introdotte per caratterizzare un insieme di fenomeni osservabili indotti senza contatto diretto tra sorgente ed oggetto del fenomeno, vale a dire fenomeni in cui è presente un'azione a distanza attraverso lo spazio. Esso è composto in generale da campi vettoriali: il campo elettrico, il campo magnetico. Questo significa che i vettori che caratterizzano il campo elettromagnetico hanno ciascuno un valore definito in ciascun punto del tempo e dello spazio. I vettori che modellizzano le grandezze introdotte nella definizione del modello fisico dei campi elettromagnetici sono quindi: E. Campo elettrico, B. Campo di induzione magnetica, D. spostamento elettrico o induzione dielettrica, H. Campo magnetico.

L'esposizione umana ai campi elettromagnetici è una problematica relativamente recente che assume notevole interesse con l'introduzione massiccia dei sistemi di telecomunicazione e dei sistemi di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica. In realtà anche in assenza di tali sistemi siamo costantemente immersi nei campi elettromagnetici per tutti quei fenomeni naturali riconducibili alla natura elettromagnetica, primo su tutti l'irraggiamento solare. Per quanto concerne i fenomeni elettrici si fa riferimento al campo elettrico, il quale può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di carica elettrica. Per i fenomeni di natura magnetica si fa riferimento ad una caratterizzazione dell'esposizione ai campi magnetici, non in termini del vettore campo magnetico, ma in termini di induzione magnetica, che tiene conto dell'interazione con ambiente ed i mezzi materiali in cui il campo si propaga. Dal punto di vista macroscopico ogni fenomeno elettromagnetismo è descritto dall'insieme delle equazioni di Maxwell. La normativa attualmente in vigore disciplina in modo differente i valori ammissibili di campo elettromagnetico, distinguendo così i "campi elettromagnetici quasi statici" ed i "campi elettromagnetici a radio frequenza". Nel caso dei campi quasi statici, campi generate dell'impianto fotovoltaico a 50Hz, ha senso ragionare separatamente sui fenomeni elettrici e magnetici e ha quindi anche senso imporre separatamente dei limiti normativi alle intensità del campo elettrico e dell'induzione magnetica. Il modello quasi statico è applicato per il caso concreto della distribuzione di energia, in relazione alla frequenza di distribuzione dell'energia della rete che è pari a 50Hz. In generale gli elettrodotti dedicati alla trasmissione e distribuzione di energia elettrica sono percorsi da correnti elettriche di intensità diversa, ma tutte alla frequenza di 50Hz, e quindi tutti i fenomeni elettromagnetici che li vedono come sorgenti possono essere studiati correttamente con il modello per campi quasi statici. Gli impianti per la produzione e la distribuzione dell'energia elettrica alla frequenza di 50 Hz, costituiscono una sorgente di campi elettromagnetici nell'intervallo 30-300 Hz. A seguire si riporta la tabella di sintesi dello spettro elettromagnetico.

| DENOMINAZIONE                | SIGLA                               | FREQUENZA     | LUNGHEZZA D'ONDA |            |
|------------------------------|-------------------------------------|---------------|------------------|------------|
| FREQUENZE ESTREMAMENTE BASSE | ELF                                 | 0 - 3kHz      | > 100Km          |            |
| FREQUENZE BASSISSIME         | VLF                                 | 3 - 30kHz     | 100 - 10Km       |            |
| RADIOFREQUENZE               | FREQUENZE BASSE (ONDE LUNGHE)       | LF            | 30 - 300kHz      | 10 - 1Km   |
|                              | MEDIE FREQUENZE (ONDE MEDIE)        | MF            | 300kHz - 3MHz    | 1Km - 100m |
|                              | ALTE FREQUENZE                      | HF            | 3 - 30MHz        | 100 - 10m  |
|                              | FREQUENZE ALTISSIME (ONDE METRICHE) | VHF           | 30 - 300MHz      | 10 - 1m    |
| MICROONDE                    | ONDE DECIMETRICHE                   | UHF           | 300MHz - 3GHz    | 1m - 10cm  |
|                              | ONDE CENTIMETRICHE                  | SHF           | 3 - 30GHz        | 10 - 1cm   |
|                              | ONDE MILLIMETRICHE                  | EHF           | 30 - 300GHz      | 1cm - 1mm  |
| INFRAROSSO                   | IR                                  | 0,3 - 385THz  | 1000 - 0,78mm    |            |
| LUCE VISIBILE                |                                     | 385 - 750THz  | 780 - 400nm      |            |
| ULTRAVIOLETTA                | UV                                  | 750 - 3000THz | 400 - 100nm      |            |
| RADIAZIONI IONIZZANTI        | X                                   | > 3000THz     | < 100nm          |            |

## 6. CAMPO ELETTRICO

Il campo elettrico è legato in maniera direttamente proporzionale alla tensione della sorgente; esso si attenua, allontanandosi da un elettrodotto, come l'inverso della distanza dai conduttori. I valori efficaci delle tensioni di linea variano debolmente con le correnti che le attraversano; l'intensità del campo elettrico può considerarsi, in prima approssimazione, costante. La presenza di alberi, oggetti conduttori o edifici in prossimità delle linee riduce l'intensità del campo elettrico, e in particolare all'interno degli edifici, si possono misurare intensità di campo fino a 10 (anche 100) volte inferiori a quelle rilevabili all'esterno. Nel caso in oggetto, i cavi di stringa in linee aeree, sono dotati di doppio isolamento ed interessati da deboli correnti. L'andamento e il valore massimo delle intensità dei campi dipenderanno significativamente dalla disposizione dei conduttori, infatti ad esempio l'avvicinamento di conduttori in correnti continue attraversati da correnti di segno differente determinano una riduzione del campo elettrico al crescere della distanza da essi. In generale l'intensità del campo elettrico è inversamente proporzionale dalla sorgente di cariche.

Nell'ambito della bassa tensione sia in corrente continua che in corrente alternata: gli strati di isolamento dei cavi, la disposizione dei cavi e la loro modalità di posa, attenuano considerevolmente il campo elettrico. Inoltre nell'ambito della media tensione in corrente alternata, in aggiunta ai punti precedenti, il campo elettrico risulta ulteriormente ridotto per l'effetto combinato dovuto alla speciale guaina metallica schermante del cavo MT ed alla presenza del terreno che presenta una conducibilità elevata.

I precedenti accorgimenti, consentono il rispetto della normativa, in particolare per i cavidotti MT realizzati con cavi MT schermati aventi struttura elicoidale ed interrati ad un metro di profondità, per la frequenza di 50 Hz, risultano attraverso prove sperimentali praticamente nulli.

E' da precisare che il campo elettrico generato dall'impianto fotovoltaico è anche dipendente dal funzionamento dell'impianto stesso ovvero dalle ore di produzione, ragion per cui in corrispondenza dei moduli fotovoltaici è estremamente variabile nell'arco della giornata.

## 7. CAMPO MAGNETICO

L'intensità del campo magnetico generato in corrispondenza di un elettrodotto dipende dall'intensità della corrente circolante nel conduttore, con andamento inversamente proporzionale alla distanza dalla linea.

È da precisare che il campo magnetico generato dall'impianto fotovoltaico è strettamente connesso alle ore di produzione, ragion per cui è estremamente variabile nell'arco della giornata e dei mesi di produzione dell'impianto.

Il campo magnetico non subisce significative modifiche da parte di materiali diamagnetici e paramagnetici, per cui non c'è alcun effetto schermante nei confronti dei campi magnetici da parte di edifici, alberi o altri oggetti vicini alla linea. All'interno di eventuali edifici privi di schermatura magnetica si può misurare un campo magnetico di intensità comparabile a quello riscontrabile all'esterno.

Il campo magnetico subisce significative modifiche da parte di materiali ferromagnetici (ferro, nichel, cobalto, alcuni metalli di transizione e loro leghe).

Le grandezze che determinano l'intensità del campo magnetico circostante un elettrodotto sono principalmente:

- 1) distanza dalle sorgenti (conduttori);
- 2) intensità delle sorgenti (correnti di linea);
- 3) disposizione e distanza tra sorgenti (distanza mutua tra i conduttori di fase);
- 4) presenza di sorgenti compensatrici;
- 5) suddivisione delle sorgenti (terne multiple).

I metodi di controllo del campo magnetico si basano principalmente sulla riduzione della distanza tra le fasi, sull'installazione di circuiti addizionali nei quali circolano correnti di schermo, sull'utilizzazione di circuiti in doppia terna a fasi incrociate e sull'utilizzazione di linee in cavo.

Alcuni metodi con i quali ridurre i valori di intensità di campo elettrico e magnetico per cavidotti possono essere quelli di usare "linee compatte", dove i cavi vengono avvicinati tra di loro con disposizione piana o con disposizione triangolare (ad elica). In tal caso per effetto della reciproca vicinanza dei cavi, la compensazione delle componenti vettoriali associate alle diverse fasi conduce ad una rapida attenuazione del campo magnetico.

## **8. FASCIA DI RISPETTO**

L'impatto elettromagnetico indotto dall'impianto fotovoltaico oggetto di studio può essere determinato da:

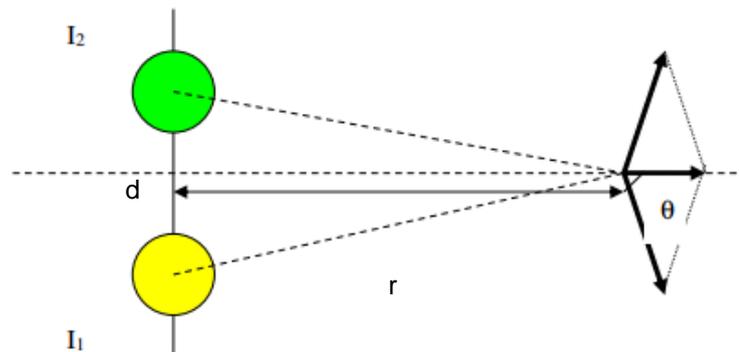
- Linee cavi aerei di stringa ancorati alle strutture (in bassa tensione);
- Cavidotti per i cavi in corrente continua tra String Box e Inverter;
- Power station;
- Cavidotti in media tensione (30kV).

### **8.1. LINEE CAVI AEREI**

I cavi aerei in questione sono i cavi di stringa ancorati alle strutture fotovoltaiche, interessati da correnti in condizioni STC non superiori a 17.24A.

Applicando la legge di Biot e Savart per un cavo di stringa percorso da corrente massima 17.24 A, considerando il caso un modello monodimensionale, la relazione di riferimento è:

$$\mathbf{B}(\mathbf{r}) = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \frac{\hat{\mathbf{I}} \times \hat{\mathbf{r}}}{|\mathbf{r}|}$$



con:

$I_1=17.24$  A,  $I_2=-17.24$  A e con  $I$  si indica il valore assoluto della corrente

$\mu_0=4 \pi 10^{-7}$   $\mu$ T

$d=5$ mm (distanza tra i due conduttori corrispondente al solo spessore dei dielettrici)

Alla distanza di 2m dal centro della struttura, ovvero sul bordo del modulo fotovoltaico, il campo magnetico nella condizione di corrente di stringa STC è pari a  $17.24 \cdot 10^{-7}$  T. Alla distanza di 3m, ovvero nella posizione in cui un operatore potrebbe trovarsi, il campo è pari a  $11.49 \cdot 10^{-7}$  T, valore inferiore sia all'obiettivo di qualità 3  $\mu$ T che al limite di legge 100  $\mu$ T.

Nel caso di più cavi fascettati di diversa polarità, si può asserire che il campo magnetico totale è sempre inferiore sia all'obiettivo di qualità 3  $\mu$ T che al limite di legge 100  $\mu$ T.

Il campo magnetico prodotto da questi cavi interessati dalla massima corrente (questo accade nelle ore dell'anno ad irraggiamento massimo), è abbondantemente entro i limiti di norma e nella maggior parte dei casi entro la soglia di qualità di 3  $\mu$ T. Considerando la prossimità di cavi di diversa polarità fascettati sotto la struttura monoassiale, l'effetto risultante è un campo magnetico B che tende a zero già in prossimità dei cavi.

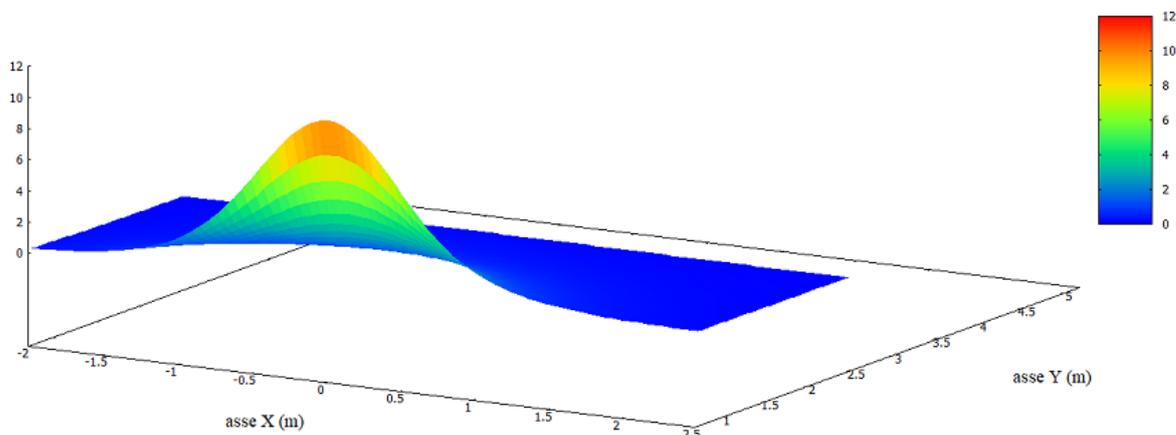
## 8.2. CAVIDOTTI PER CAVI IN CORRENTE CONTINUA

I cavidotti per cavi in corrente continua tra ogni String Box e l'inverter di riferimento, esattamente come i cavi in corrente alternata tra gli inverter di stringa e la power station, prevedono la posa affiancata dei cavi ad una profondità di 80 cm dal piano del terreno.

La condizione peggiore, oggetto della seguente analisi riguarda il cavidotto caratterizzato da tre coppie di cavi DC di sezione 630mm<sup>2</sup>, poste ad una distanza di 0.34m tra loro.

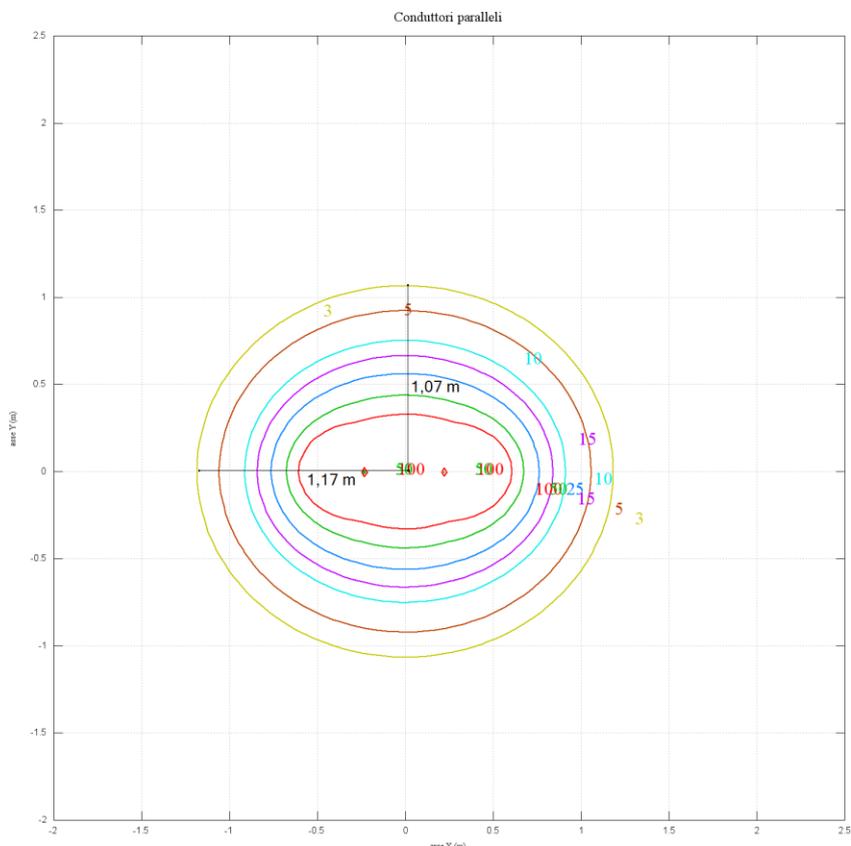
Si analizzano i valori dell'induzione magnetica B per il cavidotto descritto lungo gli assi X, Y e Z.

Conduttori paralleli



L'immagine mostra come in corrispondenza della retta  $Y=1.00\text{m}$  il valore dell'induzione magnetica non è nullo ma soddisfa il criterio di accettabilità di  $100\ \mu\text{T}$  in accordo con il D.P.C.M. 8 Luglio 2003 Art.3 comma 1. Precisamente, la simulazione riporta che il valore del campo magnetico nel punto P di coordinate  $(X=0; Y=0.8)$  risulta pari a  $8,107\ \mu\text{T}$ .

Un'altra visualizzazione dell'incidenza dell'induzione del campo magnetico viene mostrata dalle curve di isolivello:



E' possibile notare che il valore di  $3\ \mu\text{T}$ , il quale rispecchia l'obiettivo di qualità, viene raggiunto per una quota di  $Y>1\ \text{m}$  dai conduttori, ossia al di sopra della quota di riferimento rappresentata dal piano di calpestio. Il cavidotto oggetto di questa analisi non sarà costruito nelle vicinanze di aree gioco per

l'infanzia, vicino ambienti abitativi, ambienti scolastici e vicino ai luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, pertanto è sufficiente che il valore dell'induzione magnetica non superi i 100  $\mu$ T.

### 8.3. CALCOLO DPA

Tutte le Power station saranno realizzate in CAV, ed in particolare considerando la 'Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08' si è utilizzata la seguente formula approssimata come di seguito illustrato.

Nel caso di **cabine elettriche**, ai sensi del § 5.2 dell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008), la fascia di rispetto deve essere calcolata come segue:

1. Cabine Primarie, generalmente la DPA rientra nel perimetro dell'impianto (§ 5.2.2) in quanto non vi sono livelli di emissione sensibili oltre detto perimetro.
2. Cabine Secondarie, nel caso di cabine di tipo box (con dimensioni mediamente di 4 m x 2.4 m, altezze di 2.4 m e 2.7 m ed unico trasformatore) o similari, la DPA, intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della CS, va calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (x) (§ 5.2.1) applicando la seguente relazione:

$$Dpa = 0.40942 * x^{0.5241} * \sqrt{I}$$

Per Cabine Secondarie differenti dallo standard "box" o similare sarà previsto il calcolo puntuale, da applicarsi caso per caso.

Per Cabine Secondarie di sola consegna MT la Dpa da considerare è quella della linea MT entrante/uscente; qualora sia presente anche un trasformatore e la cabina sia assimilabile ad una "box", la Dpa va calcolata con la formula di cui sopra (§ 5.2.1. del DM 29.05.08).

Nel caso di più cavi per ciascuna fase in uscita dal trasformatore va considerato il cavo unipolare di diametro maggiore.

Di seguito si riporta la Dpa per:

- Le Power station dotate di un trasformatore 30/0.615 kV, 3450 kVA;
- Le power station dotate di un trasformatore 30/0.615 kV, 6850 kVA;

| Potenza trasformatore [kVA] | Tensione di rete BT [V] | Diametro reale del conduttore del cavo BT x [m] | Dpa [m] | Nota   |
|-----------------------------|-------------------------|---|---------|--|
| 6850                        | 615                     | 0,036   | 5,7     | Ognuno dei due secondari del trasformatore ha un cavo per fase del tipo FG7OR 0,6/1kV 1x400mm <sup>2</sup> . Ai fini del calcolo si è considerato un trasformatore con solo secondario e con un cavo per fase pari a 2*diametro del conduttore da 400mm <sup>2</sup> |
| 3450                        | 615                     | 0,036   | 4,05    |  |

#### 8.4. CAVIDOTTI DI MEDIA TENSIONE

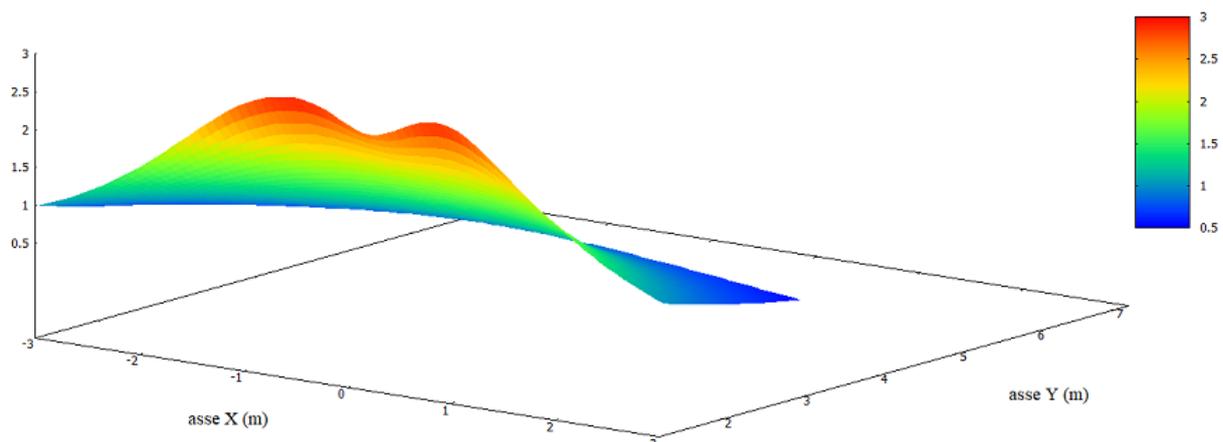
Ai sensi del Decreto 29 maggio 2008 e con specifico riferimento all'allegato "metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti", sono escluse dalla valutazione delle Distanze di Prima Approssimazione (D.P.A.) e delle Fasce di Rispetto, le linee in MT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree) in quanto le fasce di rispetto hanno ampiezza ridotta, inferiori alle distanze previste dai D.M. 449/1988 e 16/01/1991.

I cavidotti in media tensione a 30kV relativi alla connessione delle cabine di impianto prevedono la posa di cavi unipolari trifase in corda di alluminio del tipo ARE4H5E 18/30kV con posa a trifoglio, aventi le seguenti caratteristiche:

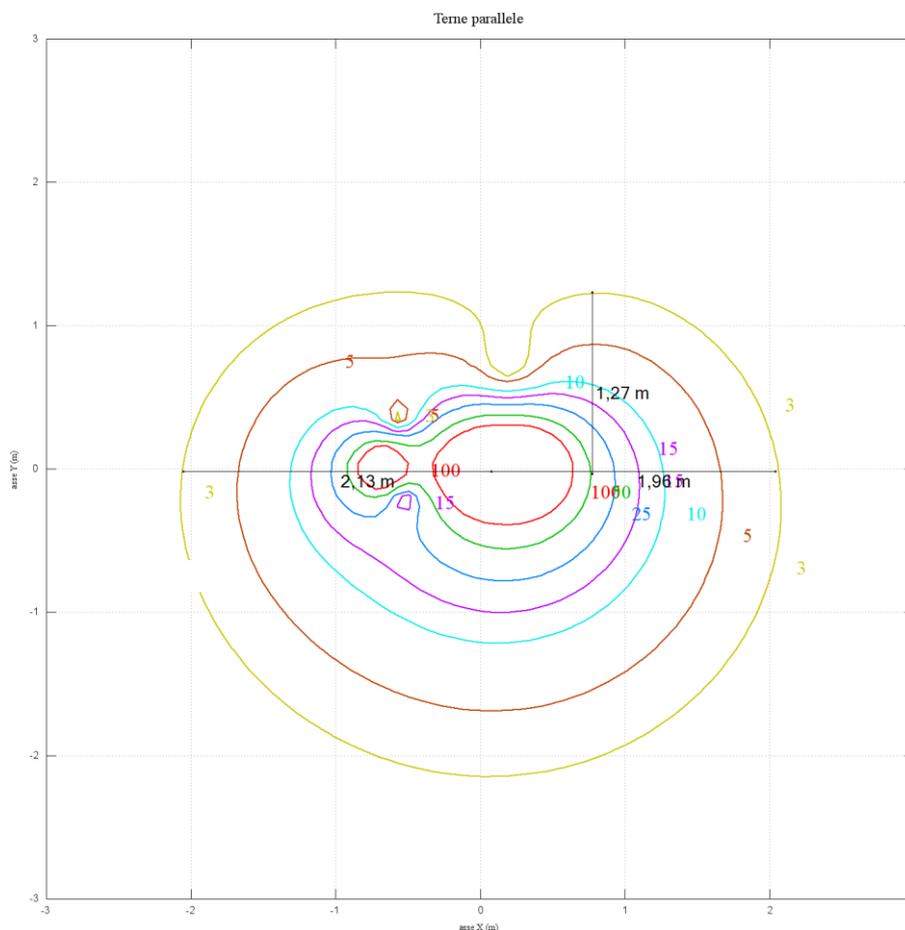
| Caratteristiche di costruzione |  |
|--------------------------------|--|
| Materiale del conduttore       | Alluminio  |
| Tipo di conduttore             | Corda di alluminio rotonda compatta CEI EN 60228 classe 2                    |
| Isolamento                     | Polietilene reticolato XLPE tipo DX3 o DX8 secondo tabella 2A della HD 620-1 |
| Schermo                        | Nastro di alluminio longitudinale  |
| Guaina esterna                 | Polietilene estruso PE   |
| Colore guaina esterna          | Rosso  |

La valutazione dell'induzione magnetica verrà eseguita per il cavidotto MT più impattante, ossia quello di connessione tra l'impianto e la Sottostazione Utente 150/30 kV, il quale sarà realizzato con posa interrata di tre terne di cavi unipolari ARE4H5E 18/30kV di sezione 630mm<sup>2</sup> e due terne di sezione 95mm<sup>2</sup> su strada asfaltata. La portata in corrente delle terne da 630mm<sup>2</sup> è pari a 646 A, mentre la portata dei cavi delle terne da 95mm<sup>2</sup> è pari a 255A. Questo dato, insieme alla modalità di posa adottata permettono di valutare l'intensità dell'induzione magnetica in un punto nello spazio. I calcoli effettuati dimostrano che il valore di B nel punto P di coordinate (X=0;Y=1.2) è pari a 2.754  $\mu$ T. Di seguito viene mostrato l'andamento dell'induzione magnetica nello spazio:

Terne parallele



Un'altra modalità per visualizzare l'incidenza dell'induzione magnetica nel piano XY viene mostrata dalle curve di isolivello come è possibile notare nell'immagine successiva:



E' possibile notare che il valore di  $3 \mu\text{T}$ , il quale rispecchia l'obiettivo di qualità, viene raggiunto per una quota di  $Y=1.27 \text{ m}$  dai conduttori, ossia  $0.07 \text{ m}$  al di sopra della quota di riferimento rappresentata dal piano di calpestio. Il cavidotto oggetto di questa analisi non sarà costruito nelle vicinanze di aree gioco per l'infanzia, vicino ambienti abitativi, ambienti scolastici e vicino ai luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, pertanto è sufficiente che il valore dell'induzione magnetica non superi i  $100 \mu\text{T}$ .

Considerando la CEI 106-11, le fasce di rispetto sono immediatamente soddisfatte in quanto l'obiettivo di qualità di  $3 \mu\text{T}$  viene rispettato.

### 8.5. SSE UTENTE 150/30 KV

La sottostazione utente SSE 150/30kV di nuova realizzazione, da costruire nelle vicinanze della cabina primaria Galtelli, è anch'essa oggetto di studio in merito all'impatto elettromagnetico che può generare. La sottostazione di trasformazione utente 150/30kV sarà di dimensioni  $70 \times 40 \text{ m}$ . Essa sarà una stazione con uno stallo trasformatore equipaggiato con trasformatore elevatore 150/30kV 52/66 MVA, gruppo YNd11, oltre alla componentistica AT classica che prevede:

scaricatore di sovratensione,

TA,

interruttore tripolare,

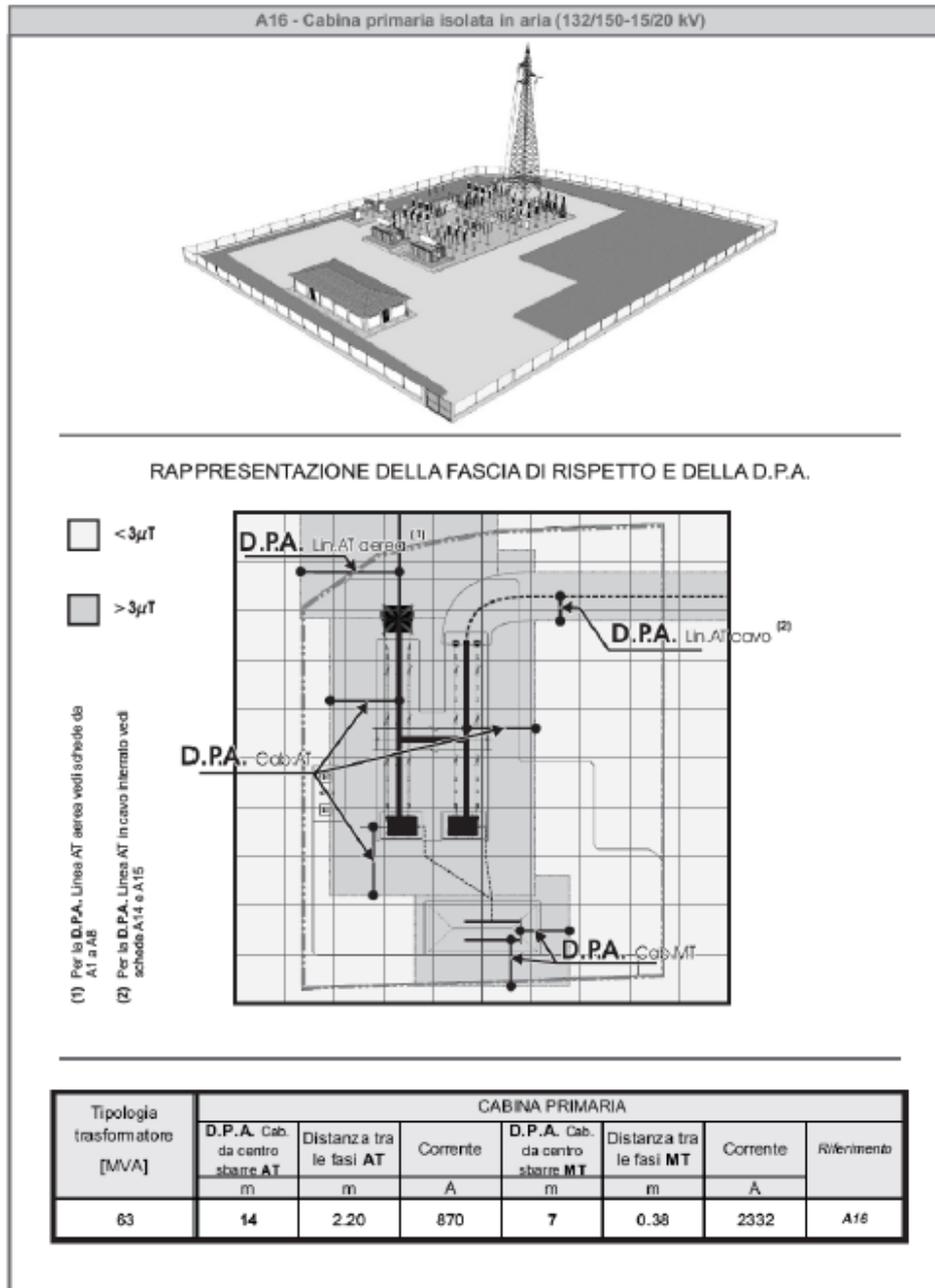
TV -

sezionatore orizzontale tripolare.

Tutte le componenti in gioco si trovano a distanze minime previste dall'allegato A3 al codice di rete TERNA.

Nell'allegato al Decreto Ministeriale 29/05/2008 a firma APAT "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti", al cap. 5 par. 2.2 Stazioni Primarie, viene detto quanto segue "per questa tipologia di impianti, la DPA, e quindi la fascia di rispetto rientrano generalmente, nei confini dell'area di pertinenza dell'impianto stesso".

A conferma di quanto definito dal D.M. 29/05/2008, è disponibile la "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 allegato A.16 per Cabine Primarie isolate in aria.



Come mostrato dall'allegato ENEL, a conferma di quanto detto nel D.M., la DPA risulta essere all'interno dell'area di sottostazione.

## 9. CONCLUSIONI

Alla luce dei calcoli eseguiti, non si riscontrano problematiche particolari relative all'impatto elettromagnetico dei componenti dell'impianto fotovoltaico in oggetto, in merito all'esposizione umana ai campi elettrici e magnetici. Nei successivi livelli di progettazione, si potranno eseguire calcoli più approfonditi e successivamente alla realizzazione e all'entrata in esercizio dell'impianto potranno essere eseguite prove sul campo che dimostrino l'esattezza dei calcoli e delle assunzioni fatte.

Lo studio condotto conferma la conformità dell'impianto dal punto degli effetti del campo elettromagnetico sulla salute umana. Per quanto concerne i cavi interrati infatti, considerati gli accorgimenti di progetto adottati, relativi a:

- minimizzazione dei percorsi della rete;
- disposizione dei cavi in corrente continua a fascio (affiancando possibilmente polarità differenti);

si può, nella fase attuale, escludere la presenza di rischi di natura sanitaria per la popolazione, sia per i bassi valori del campo che per assenza di possibili recettori nelle zone interessate.

Le opere elettriche in progetto e relative DPA non interessano aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenze di persone superiori a quattro ore, rispondendo pienamente agli obiettivi di qualità dettati dall'art.4 del D.P.C.M 8luglio 2003.

Il Tecnico

Ing. Leonardo Sblendido