



# COMUNE DI FOGGIA



## PROGETTO DEFINITIVO

### PROGETTO IMPIANTO DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE DI TIPO FOTOVOLTAICO UTILITY SCALE

Committente:

**Green Genius Italy Utility 9 s.r.l.**

Corso Giuseppe Garibaldi, 49  
20121 Milano (MI)



**StudioTECNICO**

**Ing. Marco G Balzano**

Via Canello Rotto, 3  
70125 BARI | Italy  
+39 331.6794367  
www.ingbalzano.com



Spazio Riservato agli Enti:

REV	DATA	ESEGUITO	VERIFICA	APPROV	DESCRIZ
R0	01/03/2021	VN	MBG	MBG	Prima Emissione

Numero Commessa:

**SV221**

Data Elaborato:

**01/03/2021**

Revisione:

**R0**

Titolo Elaborato:

**Premessa**

Progettista:

**ing.MarcoG.Balzano**

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bari n.9341  
Professionista Antincendio Elenco Ministero degli Interni BA09341101837  
Consulente Tecnico d'Ufficio (CTU) Tribunale Bari

Elaborato:

**V.09**

## Sommario

<b>1. Premessa</b> .....	<b>3</b>
1.1 Generalità .....	3
1.2 Localizzazione .....	5
1.3 Oggetto della Relazione.....	6
<b>2. Campi Elettromagnetici: Generalità e Riferimenti Normativi</b> .....	<b>7</b>
2.1 Generalità .....	7
2.2 Normative .....	10
2.3 Definizioni .....	12
<b>3. Calcolo della D.p.a.</b> .....	<b>14</b>
3.1 Impianto Fotovoltaico.....	14
3.2 Elettrodotti MT.....	15
3.3 Valutazione Analitica Campi Elettromagnetici – Elettrodotto MT interrato a 1,2 m.....	16
3.4 Power Station.....	24
3.5 Sottostazione Elettrica Utente (S.S.E.U.) .....	26
3.6 Linea Elettrica AT di Collegamento a Terna S.p.A.....	31
<b>4. Conclusioni</b> .....	<b>36</b>

## 1. Premessa

### 1.1 Generalità

La Società **GREEN GENIUS ITALY UTILITY 9 SRL**, con sede in Corso G. Garibaldi, 49 – 20121 Milano (MI), risulta soggetto Proponente di una iniziativa finalizzata alla realizzazione e messa in esercizio di un progetto **Agrofotovoltaico** denominato **"CELONE 1"**.

L'iniziativa prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico destinato alla **produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili integrato** da un **progetto agronomico**.

La presente relazione descrive la centrale di conversione dell'energia solare in energia elettrica tramite tecnologia fotovoltaica e le relative opere ed infrastrutture connesse e necessarie, da realizzarsi nell'agro del Comune di **Foggia** (FG).

Per ottimizzare la produzione agronomica e la produzione energetica, è stato scelto di realizzare l'impianto fotovoltaico mediante strutture ad inseguimento mono-assiale N-S (trackers). Essi garantiranno una maggiore resa in termini di producibilità energetica.

Circa le **attività agronomiche** da effettuare in consociazione con la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica, si è condotto uno studio agronomico finalizzato all'analisi pedo-agronomica dei terreni, del potenziale e vocazione storica del territorio e dell'attività colturale condotta dall'azienda agricola proprietaria del fondo. Il progetto prevede, oltre alle opere di mitigazione a verde delle fasce perimetrali, la coltivazione nelle interfile di specie arboree come da relazioni agronomiche.

Per quel che concerne l'impianto fotovoltaico, esso avrà una potenza complessiva è pari a **30 MWn – 38,0016 MWp**.

L'impianto comprenderà **120** inverter da **250 kVA @30°C**.

Gli inverter saranno connessi a gruppi a un trasformatore 800/30.000 V (*per i dettagli si veda lo schema unifilare allegato*).

Segue un riassunto genarle dei dati di impianto:

SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

<b>Potenza nominale:</b>	<b>30.000 kW</b>
<b>Potenza picco :</b>	<b>38.001,6 kWp</b>
<b>Inverters:</b>	<b>120 x SUNGROW 250</b>
<b>Strutture:</b>	<b>840 trackers monoassiali – 2 portrait</b>
<b>Moduli fotovoltaici:</b>	<b>65.520 u. x 580 Wp</b>

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV221-V.09	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	01/03/2021	R0	Pagina 3 di 36

Presso l'impianto verranno realizzate le cabine di campo e la cabina principale di impianto, dalla quale si dipartiranno le linee di collegamento di media tensione interrate verso la Sotto Stazione Utente AT/MT – Punto di Consegna RTN Terna.

L'impianto sarà collegato in A.T. alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) di TERNA S.p.A..

In base alla soluzione di connessione (**CODICE PRATICA 201800645**), l'impianto fotovoltaico sarà collegato, mediante la sottostazione MT/AT utente, in antenna a 150 kV su nuovo stallo condiviso della Stazione Elettrica a 380/150 kV di Terna S.p.A. di Foggia sita in Località Mezzana Tagliata.

Essa avrà la finalità di permettere la connessione dell'impianto fotovoltaico alla sezione della Stazione Elettrica RTN. La SSEU consentirà la trasformazione della tensione dalla M.T. a **30** kV (tensione di esercizio dell'impianto di produzione) alla A.T. a **150** kV (tensione di consegna lato TERNA S.p.A.).

Le opere, data la loro specificità, sono da intendersi di interesse pubblico, indifferibili ed urgenti ai sensi di quanto affermato dall'art. 1 comma 4 della legge 10/91 e ribadito dall'art. 12 comma 1 del Decreto Legislativo 387/2003, nonché urbanisticamente compatibili con la destinazione agricola dei suoli come sancito dal comma 7 dello stesso articolo del decreto legislativo.

## 1.2 Localizzazione

L'impianto "CELONE 1" si trova in Puglia, in territorio del Comune di **Foggia** (FG). Il terreno agricolo ricade in zona agricola E ai sensi dello strumento urbanistico vigente per il comune di **Foggia** (PRG). L'area di intervento ha una estensione di circa 78,5 Ha e ricade in agro di Foggia, in località "Cantore" e in adiacenza alla Strada Statale 16 Adriatica.



Localizzazione area di intervento, in blu la perimetrazione del sito, in giallo il tracciato della connessione

### Coordinate GPS:

Latitudine: 41.506455° N

Longitudine: 15.504400° E

Altezza s.l.m.: 60 m

SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV221-V.09	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	01/03/2021	R0	Pagina 5 di 36

### 1.3 Oggetto della Relazione

Il presente studio è stato redatto al fine di valutare l'impatto elettromagnetico generato dagli impianti elettrici funzionali all'impianto di produzione di energia elettrica da conversione fotovoltaica dell'energia solare.

Sono state individuate le potenziali sorgenti di emissione e si è proceduto alla valutazione dei potenziali rischi legati all'esposizione delle persone

Nello Specifico gli apparati elettrici oggetto del presente studio sono:

- ✓ Impianto Fotovoltaico
- ✓ Power Center BT/MT;
- ✓ Elettrodotti di Media Tensione (MT);
- ✓ Sottostazione Utente (SSU);
- ✓ Elettrodotti di Alta Tensione (AT)

Lo studio dell'impatto elettromagnetico nel caso di linee elettriche aeree e non, si traduce nella determinazione di una fascia di rispetto.

Per l'individuazione di tale fascia si deve effettuare il calcolo dell'induzione magnetica basato sulle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea presa in esame. Esso deve essere eseguito secondo modelli tridimensionali o bidimensionali con l'applicazione delle condizioni espresse al paragrafo 6.1 della norma CEI 106-11.

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, in prima approssimazione è possibile:

- Calcolare la fascia di rispetto combinando la configurazione dei conduttori, geometrica e di fase, e la portata in corrente in servizio normale che forniscono il risultato più cautelativo sull'intero tronco;
- Proiettare al suolo verticalmente tale fascia;
- Individuare l'estensione rispetto alla proiezione del centro linea (D.p.a.).

SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV221-V.09	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	01/03/2021	R0	Pagina 6 di 36

## 2. Campi Elettromagnetici: Generalità e Riferimenti Normativi

### 2.1 Generalità

La linea elettrica durante il suo normale funzionamento genera un campo elettrico e un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il secondo è proporzionale alla corrente che vi circola. Entrambi decrescono molto rapidamente con la distanza.

Tuttavia nel caso di cavi interrati, la presenza dello schermo e la relativa vicinanza dei conduttori delle tre fasi elettriche rende di fatto il campo elettrico nullo ovunque. Pertanto il rispetto della normativa vigente in corrispondenza dei recettori sensibili è sempre garantito indipendentemente dalla distanza degli stessi dall'elettrodotto.

Per quanto riguarda invece il campo magnetico si rileva che la maggiore vicinanza dei conduttori delle tre fasi tra di loro rispetto alla soluzione aerea rende il campo trascurabile già a pochi metri dall'asse dell'elettrodotto. Di seguito è esposto l'andamento del campo magnetico massimo lungo il tracciato della linea interrata a 30 kV.

La linea di connessione genera, con andamento radiale rispetto ai cavi, dei campi elettromagnetici dovuti al passaggio della corrente e ad essa proporzionali. In aria, l'andamento di tale campo in funzione della distanza dal cavo è proporzionale all'inverso del quadrato della distanza, ossia esso diminuisce fortemente la sua intensità con l'allontanarsi dalla sorgente.

La presenza di rivestimenti di isolamento e schermature metalliche ne limitano ulteriormente l'intensità.

Il **campo elettrico** è prodotto da un sistema polifase risulta associato alle cariche in gioco, e quindi alle tensioni ed è quindi presente non appena la linea sia posta in tensione, indipendentemente dal fatto che essa trasporti o meno potenza.

Il campo elettrico generato dalle linee elettriche in un determinato punto dello spazio circostante dipende principalmente dal livello di tensione e dalla distanza del punto dai conduttori della linea (altri fattori che influenzano l'intensità del campo elettrico sono poi la disposizione geometrica dei conduttori nello spazio e la loro distanza reciproca).

Il **campo magnetico B** è invece associato alla corrente (e quindi alla potenza) trasportata dalla linea: esso scompare quando la linea è solo "in tensione" ma non trasporta energia. I campi elettromagnetici, in base alla loro frequenza, possono essere suddivisi in:

- onde ionizzanti (IR): onde ad alta frequenza così chiamate in quanto capaci di modificare la struttura molecolare rompendone i legami atomici (l'esempio più ricorrente è quello dei raggi X) e perciò cancerogene;

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV221-V.09	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	01/03/2021	R0	Pagina 7 di 36

- o onde non ionizzanti (NIR): su cui sono tuttora in corso numerosi studi tesi a verificare gli effetti sull'uomo. Questo tipo di onde comprende, tra le varie frequenze, le microonde, le radiofrequenze ed i campi a frequenza estremamente bassa (ELF - Extremely Low Frequency da 0 a 10 kHz). Fra questi campi a bassa frequenza (ELF) è compresa anche l'energia elettrica che è trasmessa a frequenza di 50 Hz.

Le grandezze che determinano l'intensità e la distribuzione del campo magnetico nello spazio circostante una linea interrata sono fondamentalmente:

1. intensità delle correnti di linea;
2. distanza dai conduttori;
3. isolanti, schermature e profondità di interrimento del cavo;
4. disposizione e distanza tra conduttori

Dunque, il campo magnetico, dipendendo dalla corrente, varia a seconda della richiesta/produzione di energia e quindi è fortemente influenzato dalle condizioni di carico/produzione delle linee stesse.

Per mitigare il campo magnetico generato da una linea elettrica è necessario agire su una o più delle grandezze sopra elencate, dal momento che la schermatura mediante materiali ad alta permeabilità e/o conducibilità non è strada praticabile.

L'influenza dei vari fattori si evince immediatamente dalla legge di Biot-Savart: il campo magnetico è direttamente proporzionale all'intensità di corrente e inversamente proporzionale alla distanza dalla sorgente.

Alle basse frequenze le caratteristiche fisiche dei campi sono più simili a quelle dei campi statici rispetto a quelle dei campi elettromagnetici veri e propri; è per questo che per le ELF il campo elettrico e il campo magnetico possono essere considerati e valutati come entità a sé stanti.

Il quarto fattore, entra in gioco per il fatto che il sistema di trasmissione è trifase, cioè composto da una terna di correnti di uguale intensità ma sfasate nel tempo.

Poiché il campo magnetico in ogni punto dello spazio circostante è dato dalla composizione vettoriale dei contributi delle singole correnti alternate, ne deriva un effetto di mutua compensazione di tali contributi tanto maggiore quanto più vicine tra loro sono le sorgenti, fino ad avere una compensazione totale se le tre correnti fossero concentriche.

Per le linee aeree, la distanza minima tra i conduttori è limitata alla necessaria distanza tra le fasi e dipende dalla tensione di esercizio, mentre per le linee in cavo tale distanza può essere

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV221-V.09	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	01/03/2021	R0	Pagina 8 di 36



StudioTECNICO | Ing. Marco Balzano  
Via Cancellotto, 3 | 70125 BARI | Italy  
[www.ingbalzano.com](http://www.ingbalzano.com)



Progettista: Ing. Marco Gennaro Balzano  
Ordine Degli Ingegneri Della Provincia Di Bari N. 9341

dell'ordine di 20-30 cm con un abbattimento sostanziale del campo magnetico già a poca distanza.

Come avviene ormai sempre più di frequente, le linee di Media Tensione non vengono più costruite mediante linea aerea, ma interrate consentendo di ridurre drasticamente l'effetto dovuto ai campi elettromagnetici attenuati dal terreno che agisce da "schermatura naturale", abbassando l'intensità di tali emissioni a valori addirittura inferiori ai più comuni elettrodomestici di uso quotidiano. Il calcolo è stato effettuato in aderenza alla Normative indicate.



STUDIOTECNICO   
ing.MarcoBALZANO  
SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV221-V.09	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	01/03/2021	R0	Pagina 9 di 36

## 2.2 Normative

**Legge 22 febbraio 2001, n. 36** "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici".

La legge fissa i principi fondamentali diretti alla tutela della salute della popolazione dai rischi derivanti dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici in uno spettro di frequenze che va da 0 a 300 GHz.

La legge definisce le competenze in materia di campi elettromagnetici individuando due soggetti istituzionali responsabili che sono lo Stato e le Regioni, introduce un catasto nazionale nel quale confluiscono le informazioni dei catasti regionali sulle sorgenti di campi elettromagnetici e istituisce un Comitato interministeriale per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento elettromagnetico.

La legge, riprendendo in parte quanto già presente in Decreti precedenti, definisce tre oggetti che sono:

- Il **limite di esposizione** da intendersi come valore massimo del campo elettrico, magnetico o elettromagnetico che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione. Questo valore nasce con l'obiettivo di prevenire i cosiddetti effetti acuti dovuti all'esposizione ai campi elettromagnetici e cioè gli effetti a breve termine che scompaiono al cessare dell'esposizione.
- Il **valore di attenzione** che è da intendersi come valore massimo del campo elettrico, magnetico o elettromagnetico che non deve essere superato nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Particolare attenzione va prestata per i siti scolastici, i luoghi dell'infanzia e le case di cura. L'obiettivo di tale valore è preservare la popolazione dagli effetti differiti che sono ipotizzati solo per il campo magnetico.
- **L'obiettivo di qualità** da intendersi come valore di campo, inferiore al valore di attenzione, rappresentativo di una tendenza che punta all'ulteriore mitigazione dell'esposizione al campo medesimo (l'obiettivo di fondo è fornire un riferimento per i criteri localizzativi e gli standard urbanistici); questo obiettivo si applica ai nuovi elettrodotti oppure alle nuove costruzioni in prossimità di elettrodotti esistenti.

**DPCM 8 luglio 2003** "Fissazione dei limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti".

Il D.P.C.M. 8 luglio 2003 ha quale campo di applicazione, i campi elettrici e magnetici connessi al funzionamento degli elettrodotti a frequenza industriale; i limiti che il Decreto fissa, non si applicano a chi risulta essere esposto per ragioni professionali.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV221-V.09	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	01/03/2021	R0	Pagina 10 di 36

Il Decreto fissa, nel suo campo di applicazione, i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità di cui alla Legge 22 febbraio 2001 per i campi elettrici e magnetici, generati dagli elettrodotti a 50 Hz. Tali valori risultano essere:

- **Limiti di esposizione:** **100  $\mu$ T** per l'induzione magnetica e **5 kV/m** per l'intensità di campo elettrico intesi come valori efficaci;
- **Valori di attenzione:** **10  $\mu$ T** per l'induzione magnetica intesi come valore efficace;
- **Obiettivi di qualità:** **3  $\mu$ T** per l'induzione magnetica intesi come valore efficace;

Sia il valore di attenzione che l'obiettivo di qualità sono da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

"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. 3, comma 2];

"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". [art. 4]

Il Decreto prevede la determinazione di una fascia di rispetto attorno all'elettrodotto, determinata utilizzando come valore limite di induzione magnetica, l'obiettivo di qualità e considerando, quale valore di corrente nominale della linea che determina il campo magnetico, la portata in servizio normale definita secondo le Norme CEI.

**DM 29 maggio 2008, GU n. 156 del 5 luglio 2008**, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti".

**Norma CEI 11-17** "Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo".

**Norma CEI 11-60**, "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore a 100 kV",

**Norma CEI 20-21** "Calcolo della portata di corrente" (IEC 60287).

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV221-V.09	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	01/03/2021	R0	Pagina 11 di 36

**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 I: linee elettriche aeree e in cavo".

**Norma CEI 211-4** "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche"

**Linea Guida ENEL per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08** Distanza di prima approssimazione (D.p.a.) da linee e cabine elettriche

### 2.3 Definizioni

Si introducono le seguenti definizioni anche in riferimento a quanto indicato nell'allegato del D.M. del 29 Maggio 2008 "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto":

**Corrente** Valore efficace dell'intensità di corrente elettrica.

**Portata in corrente in servizio normale** Corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento. Essa è definita nella norma CEI 11-60 e sue successive modifiche e integrazioni.

La corrente di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto è la "portata di corrente in servizio normale relativa al periodo stagionale in cui essa è più elevata":

- Per le linee con tensione > 100 kV, è definita dalla norma CEI 11-60;
- Per gli elettrodotti aerei con tensione < 100 kV, i proprietari/gestori fissano la portata in corrente in regime permanente in relazione ai carichi attesi con riferimento alle condizioni progettuali assunte per il dimensionamento dei conduttori;
- Per le linee in cavo è definita dalla norma CEI 11-17 come portata in regime permanente;

**Portata in regime permanente** Massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato.

**Fascia di rispetto** 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.

**Distanza di prima approssimazione** È la distanza in pianta dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto, la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più della D.p.a., si trovi all'esterno della fascia di rispetto. Per le cabine è la distanza da tutte le facce del parallelepipedo della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV221-V.09	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	01/03/2021	R0	Pagina 12 di 36

**Sottostazione Utente (SSU)** La Sottostazione Utente (SSEU), denominata di seguito anche sottostazione 150/30 kV, è un impianto elettrico che ha la funzione di trasformare l'energia in ingresso in alta tensione (solitamente 120kV, 132kV o 150kV, raramente anche 60kV o 220kV) ad media tensione (8.4, 10, 15, 20 kV o 30 kV).

**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.p.a.):** 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.p.a., 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 (Scheda B10).

**Obiettivo di qualità** (DPCM 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  $\mu$ T 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** (DPCM 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 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 inferiore a 4 ore giornaliere.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV221-V.09	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	01/03/2021	R0	Pagina 13 di 36

## 3. Calcolo della D.p.a.

### 3.1 Impianto Fotovoltaico

Nel caso specifico del Campo Fotovoltaico, esso sarà costituito dall'insieme delle Stringhe di Moduli Fotovoltaici, dalle String Box e dai rispettivi Cavi Elettrici, considerato che:

- Tale Sezione di Impianto ha un funzionamento in corrente continua (0 Hz);
- Nel caso di una Buona Esecuzione delle Opere, i cavi con diversa polarizzazione (+ e -) sono posti a contatto, con l'annullamento quasi totale dei campi magnetici statici prodotti in un punto esterno;
- I cavi relativi alle dorsali principali, ovvero gli unici che trasportano un valore di corrente significativo, sono molto distanti dai confini dell'impianto;

La generazione di campi variabili è limitata ai soli transitori di corrente (durante la ricerca del MPP da parte dell'inverter, e durante l'accensione o lo spegnimento) e sono comunque di brevissima durata.

Nella certificazione dei moduli fotovoltaici alla norma CEI 82-8 (IEC 61215) non sono comunque menzionate prove di compatibilità elettromagnetica, poiché assolutamente irrilevanti.

Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno eseguono la trasformazione della corrente continua in corrente alternata. Essi sono costituiti per loro natura da componenti elettronici operanti ad alte frequenze.

Il legislatore ha previsto che tali macchine, prima di essere immesse sul mercato, possiedano le necessarie certificazioni a garantirne sia l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, sia le ridotte emissioni per minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa (via cavo).

Oltre a quanto specificato, gli inverter ammessi in commercio devono rispettare la normativa vigente sulla compatibilità elettromagnetica, al fine di evitare interferenze con altre apparecchiature e con la rete elettrica.

Si precisa che la tensione lato DC raggiungerà massimo 1.500Vdc mentre lato BT l'impianto sarà esercito a 400Vac (servizi ausiliari) 800Vac (linee di potenza).

**Alla luce delle considerazioni si può escludere il superamento dei limiti di riferimento dei valori di campo Elettromagnetico.**

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV221-V.09	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	01/03/2021	R0	Pagina 14 di 36

### 3.2 Elettrodotti MT

Quella che viene presentata in questo paragrafo è un a valutazione analitica del campo magnetico generato da elettrodi interrati, basata su metodologie di calcolo approvate dal D.M. 29/05/2008 e specificate nella norma CEI 106-11.

Gli Elettrodotti di Media Tensione relativi al campo fotovoltaico si dividono in:

- Cavi MT 30 kV Interrati per il collegamento Elettrico tra le Power Station;
- Cavi MT 30 kV Interrati per il convogliamento dell'energia elettrica Prodotta alla Stazione di Elevazione di Utente (S.S.E.U.)

Per la valutazione del campo magnetico generato dall'elettrodotto interrato occorre innanzitutto distinguere gli elettrodotti in funzione della tipologia di cavi utilizzati. Il progetto infatti prevede l'utilizzo di cavi unipolari, da posare in formazione a trifoglio congiunti in maniera da formare un unico fascio di forma rotonda. Essi sono costituiti con conduttori di alluminio rivestito da un primo strato di semiconduttore, da un isolante primario in elastomero termoplastico, da un successivo strato di semiconduttore, da uno schermo a nastro di alluminio, da protezione meccanica in materiale polimerico (Air Bag, consentendo la posa direttamente interrata) e guaina in polietilene di colore rosso. Sia il semiconduttore (che ha la funzione di uniformare il campo elettrico) che l'isolante primario sono di tipo estruso.

La rete a 30 kV sarà realizzata per mezzo di cavi unipolari del tipo **ARE4H5E COMPACT 18/30 kV** (o equivalente) con conduttore in alluminio.

L'intero elettrodotto incaricato di trasportare l'energia prodotta dall'impianto agrofotovoltaico si compone di **un unico tratto di evacuazione su strada/terreno agricolo di circa 3.850 m.**

STUDIOTECNICO  
ing. Marco BALZANO

SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV221-V.09	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	01/03/2021	R0	Pagina 15 di 36

### 3.3 Valutazione Analitica Campi Elettromagnetici – Elettrodotto MT interrato a 1,2 m

Il tratto di elettrodotto, tracciato di colore giallo, è così definito:



La tabella che segue mostra la configurazione scelta e le caratteristiche di posa:

TRATTO		N. TERNE	LUNGHEZZA ELETTRODOTTO (m)	TIPO POSA / PROFONDITA' (m)	TIPOLOGIA CAVO	SEZIONE CAVO (mm <sup>2</sup> )	TENSIONE (V)
CABINA SEZIONAMENTO CELONE 1	S.S.E.U.	2	3.850	Trifoglio / Interrato a 1,2 m	ARE4H5E	3x1x500	30000

Le caratteristiche elettriche dei cavi in alluminio scelti sono riportate nella successiva tabella considerando una posa a trifoglio interrata a 1,2 m, temperatura del terreno di 20°C e resistività termica del terreno  $\rho = 1 \frac{^{\circ}\text{C m}}{\text{W}}$ .

In tali condizioni il valore di portata di corrente nominale del cavo è  $I_0 = 624 \text{ A}$ .

## ARE4HE COMPACT

Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV

Single core 12/20 kV and 18/30 kV



sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	massa indicativa del cavo	raggio minimo di curvatura	portata di corrente in aria	posa interrata a trifoglio	
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	approximate weight	minimum bending radius	open air installation	$p=1$ °C m/W	$p=2$ °C m/W
(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)	(mm)	(A)	(A)

### DATI COSTRUTTIVI - 12/20 kV

50	8,2	19,9	28	580	370	186	175	134
70	9,7	20,8	29	650	380	230	214	164
95	11,4	22,1	30	740	400	280	256	197
120	12,9	23,2	32	840	420	323	291	223
150	14	24,3	33	930	440	365	325	250
185	15,8	26,1	35	1090	470	421	368	283
240	18,2	28,5	37	1310	490	500	427	328
300	20,8	31,7	42	1560	550	578	483	371
400	23,8	34,9	45	1930	610	676	551	423
500	26,7	37,8	48	2320	650	787	627	482
630	30,5	42,4	53	2880	700	916	712	547

### DATI COSTRUTTIVI - 18/30 kV

50	8,2	25,5	34	830	450	190	175	134
70	9,7	25,6	34	870	450	235	213	164
95	11,4	26,5	35	950	470	285	255	196
120	12,9	27,4	36	1040	470	328	291	223
150	14	28,1	37	1130	490	370	324	249
185	15,8	29,5	38	1260	510	425	368	283
240	18,2	31,5	41	1480	550	503	426	327
300	20,8	34,7	44	1740	590	581	480	369
400	23,8	37,9	48	2130	650	680	549	422
500	26,7	41	51	2550	690	789	624	479
630	30,5	45,6	56	3130	760	918	709	545

Per la portata effettiva dei cavi invece si è tenuto conto di fattori di correzione che adeguano la portata nominale del cavo alle reali condizioni di esercizio in regime permanente secondo i seguenti effetti:

- Temperatura dell'ambiente esterno diversa da quella di riferimento →  $K_{temp\_amb}$
- Compresenza di più cavi nello stesso scavo e loro relativa distanza dall'asse neutro →  $K_{terne}$
- Profondità di posa della terna di cavi →  $K_{posa}$
- Resistenza termica del terreno →  $K_{resistenza}$

Temperatura dell'ambiente diversa da quella di riferimento										
T. conduttore	Tipo di cavo	temperature ambiente (°C)								
		10	15	20	25	30	35	40	45	50
90°C	cavi in terra / buried cables	1,07	1,04	1	0,96	0,93	0,89	0,85	0,8	0,76
90°C	cavi in aria/ in air cables	1,15	1,12	1,08	1,04	1	0,96	0,91	0,87	0,82
105°C	cavi in terra / buried cables	1,06	1,03	1	0,97	0,94	0,91	0,87	0,84	0,8
105°C	cavi in aria/ in air cables	1,12	1,1	1,06	1,03	1	0,97	0,93	0,89	0,86

profondità di posa (m)				
0,8	1	1,2	1,5	
1,02	1	0,98	0,96	

Resistenza termica (km/W)				
0,8	1	1,2	1,5	
1,08	1	0,93	0,85	

- Le resistività termiche del terreno sono intese uniformi:  
 $r=1,0 \text{ K} \cdot \text{m/W}$  per terreno o sabbia con normale contenuto di umidità;  
 $r=1,5 \text{ K} \cdot \text{m/W}$  per terreno o sabbia scarsamente umidi
- L'eventuale presenza di protezioni meccaniche (quali laterizi e lastre di cemento) che non comportano intercapedini d'aria, non altera le portate

distanza tra cavi o terne	numero di cavi o terne (in orizzontale)			
	2	3	4	6
7	0,84	0,74	0,67	0,6
25	0,86	0,78	0,74	0,69

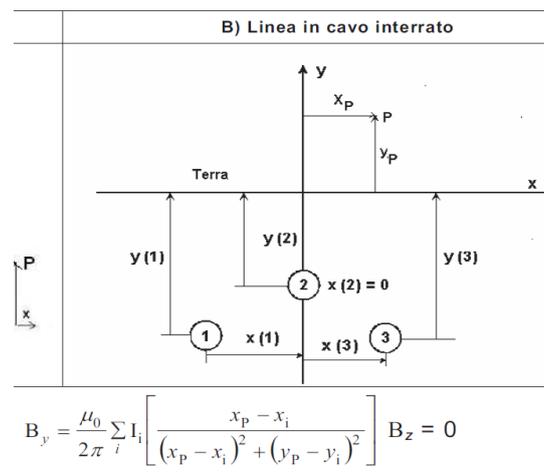
Pertanto il valore della portata di corrente a regime che può viaggiare nel cavo in media tensione, tenuto conto degli effetti citati, è stimato in:

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV221-V.09	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	01/03/2021	R0	Pagina 18 di 36

$$I_z = I_0 * K_{temp\_amb} * K_{terne} * K_{posa} * K_{resistenza} = 624 \text{ A} * 0,96 * 0,98 * 0,85 * 0,86 = \mathbf{429,1 \text{ A}}$$

Per tener conto della presenza di una terna nella sezione di scavo, si è fatto ricorso ad un modello matematico che tenesse conto del campo magnetico generato da ogni singola terna.

Il modello costituito, secondo quanto previsto e suggerito dalla norma CEI 211-4, tiene conto delle componenti spaziali dell'induzione magnetica calcolate come somma del contributo delle correnti nei diversi conduttori.



E' possibile a questo punto effettuare una semplificazione del modello che consideri il contributo non del singolo conduttore ma dell'intera terna della quale sono note le caratteristiche geometriche. Si terrà conto per il modello, un sistema di cavi unipolari posati a trifoglio e non elicoidali, in questo modo viene introdotto un grado di protezione maggiore nel sistema.

Come infatti suggerito dalla norma CEI 106-11, per i cavi unipolari posati a trifoglio è possibile ricorrere ad una espressione approssimata del campo magnetico, ossia:

$$0,1 * \sqrt{6} * \frac{S * I}{R^2}$$

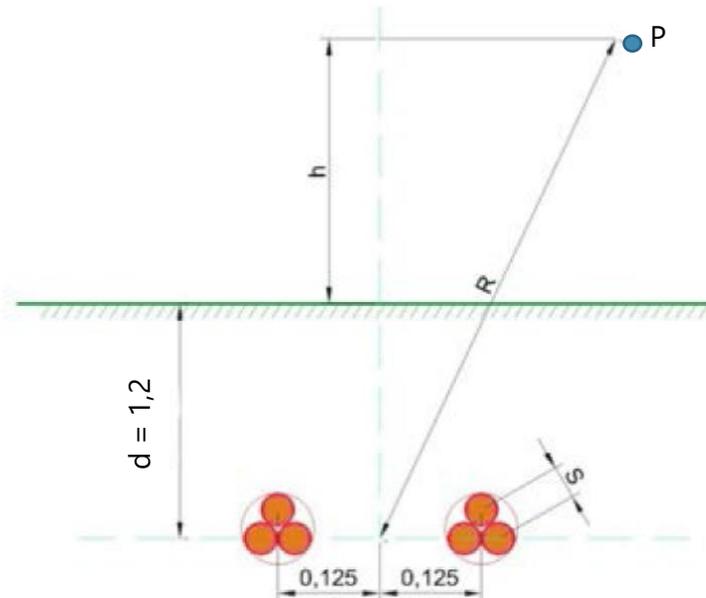
dove B [ $\mu\text{T}$ ] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal conduttore centrale, S [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari ad I [A].

Considerata la natura vettoriale del campo magnetico è possibile sommare i contributi dovuti alle singole terne e calcolare, attraverso il modello semplificato, il valore del campo magnetico nello spazio circostante l'elettrodotto.

Considerata quindi la disposizione spaziale delle due terne e fissando l'asse centrale come riportato in figura, si può calcolare il campo magnetico generato dall'elettrodotto attraverso la seguente formula:

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV221-V.09	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	01/03/2021	R0	Pagina 19 di 36

$$0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_1 * I_1}{(x_p - x_1)^2 + (y_p - y_1)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_2 * I_2}{(x_p - x_2)^2 + (y_p - y_2)^2}$$



dove  $B$  [ $\mu T$ ] è l'induzione magnetica in un generico punto distante  $R$  [m] dal centro del sistema (baricentro delle due terne di cavi),  $S_i$  [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti della terna  $i$ -esima percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a  $I_i$  [A] specifica della terna  $i$ -esima.

Facendo riferimento alla portata in corrente in regime permanente, così come definito dalla norma CEI 11-17, sono state calcolate le distribuzioni dell'intensità del campo magnetico su piani fuori terra paralleli al suolo e al suolo stesso, fissando vari valori di altezza  $h$ .

Ai fini del calcolo è stato preso in esame il caso di **due terne** di cavi con sezione del singolo conduttore pari a  $500 \text{ mm}^2$ , per cui le condizioni operative sono le seguenti:

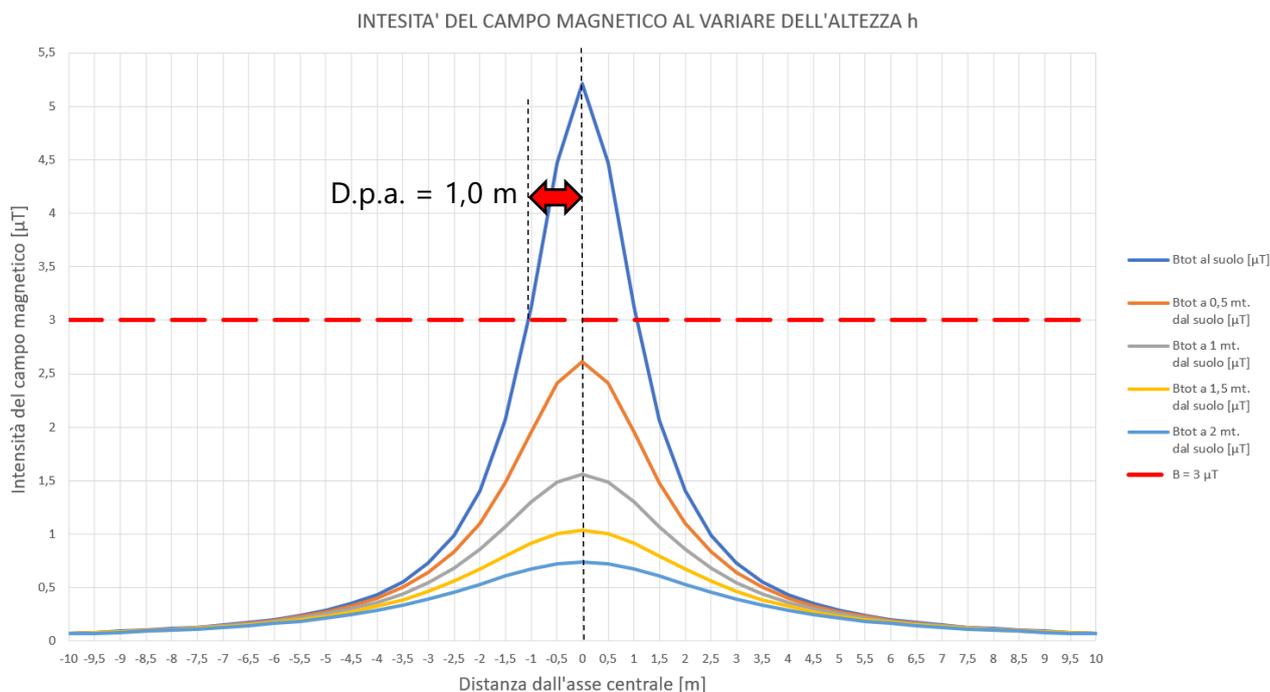
$$I_1 = \frac{P_1}{\sqrt{3} * V * \cos \varphi} = \frac{30 \text{ MW}}{\sqrt{3} * 30000V * 0,95} = 607,7 \text{ A} < 2 * 429,1 = 858,3 \text{ A}$$

<b>Profondità di posa dei cavi</b>	-1,2 m
<b>Distanza terna 1 dall'asse y</b>	-0,125 m
<b>Distanza terna 2 dall'asse y</b>	0,125 m
<b>Sezione terna 1</b>	$3 \times 1 \times 500 \text{ mm}^2$
<b>Sezione terna 2</b>	$3 \times 1 \times 500 \text{ mm}^2$
<b>Portata nominale terna 1+2</b>	607,7 A
<b>Portata corretta cavo terna 1+2</b>	858,3 A

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

DISTANZA DALL'ASSE CENTRALE [m]	B <sub>tot</sub> al suolo [μT]	B <sub>tot</sub> a 0,5 mt. dal suolo [μT]	B <sub>tot</sub> a 1 mt. dal suolo [μT]	B <sub>tot</sub> a 1,5 mt. dal suolo [μT]	B <sub>tot</sub> a 2 mt. dal suolo [μT]
-10	0,074877135	0,073820818	0,072446396	0,070790483	0,068894437
-9,5	0,082843221	0,081552047	0,079877834	0,077869382	0,075581199
-9	0,092143516	0,090548842	0,088489387	0,086031054	0,083246507
-8,5	0,103091315	0,10109913	0,098538397	0,0954994	0,092080189
-8	0,116096799	0,113576162	0,110354159	0,106556409	0,102316901
-7,5	0,131704973	0,128470097	0,12436251	0,119559951	0,114247979
-7	0,150651944	0,146433718	0,141120239	0,134967596	0,128236289
-6,5	0,173950233	0,168349761	0,161363733	0,153368387	0,144734452
-6	0,203021297	0,195431795	0,18607821	0,175524853	0,164306204
-5,5	0,239906946	0,229378081	0,216596592	0,202427318	0,187649308
-5	0,287616748	0,272610197	0,254740128	0,235360788	0,215615232
-4,5	0,350717554	0,328648305	0,303014541	0,275978844	0,249214147
-4	0,436368942	0,402705263	0,364869856	0,326363163	0,289580733
-3,5	0,556207014	0,502617667	0,445000489	0,389009506	0,337852753
-3	0,72988086	0,640230358	0,549553283	0,46659912	0,394878335
-2,5	0,99179122	0,833109537	0,68579804	0,561262757	0,460630556
-2	1,403396212	1,10520116	0,860060575	0,67284847	0,533224252
-1,5	2,070001274	1,480416779	1,071446706	0,795741185	0,607640701
-1	3,124095749	1,951884528	1,298914774	0,914919545	0,674848455
-0,5	4,475245721	2,409673298	1,487897632	1,005101816	0,722771738
0	5,215693507	2,612895285	1,563566762	1,039212095	0,74028583
0,5	4,475245721	2,409673298	1,487897632	1,005101816	0,722771738
1	3,124095749	1,951884528	1,298914774	0,914919545	0,674848455
1,5	2,070001274	1,480416779	1,071446706	0,795741185	0,607640701
2	1,403396212	1,10520116	0,860060575	0,67284847	0,533224252
2,5	0,99179122	0,833109537	0,68579804	0,561262757	0,460630556
3	0,72988086	0,640230358	0,549553283	0,46659912	0,394878335
3,5	0,556207014	0,502617667	0,445000489	0,389009506	0,337852753
4	0,436368942	0,402705263	0,364869856	0,326363163	0,289580733
4,5	0,350717554	0,328648305	0,303014541	0,275978844	0,249214147
5	0,287616748	0,272610197	0,254740128	0,235360788	0,215615232
5,5	0,239906946	0,229378081	0,216596592	0,202427318	0,187649308
6	0,203021297	0,195431795	0,18607821	0,175524853	0,164306204
6,5	0,173950233	0,168349761	0,161363733	0,153368387	0,144734452
7	0,150651944	0,146433718	0,141120239	0,134967596	0,128236289
7,5	0,131704973	0,128470097	0,12436251	0,119559951	0,114247979
8	0,116096799	0,113576162	0,110354159	0,106556409	0,102316901
8,5	0,103091315	0,10109913	0,098538397	0,0954994	0,092080189
9	0,092143516	0,090548842	0,088489387	0,086031054	0,083246507
9,5	0,082843221	0,081552047	0,079877834	0,077869382	0,075581199
10	0,074877135	0,073820818	0,072446396	0,070790483	0,068894437

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



Ricordando che l'obiettivo da rispettare è l'obiettivo qualità pari a 3 µT, fissato dal DPCM del 08/07/2003.

Soglia	Valore limite del campo magnetico
Limite di esposizione	100 µT (da intendersi come valore efficace)
Valore di attenzione (misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere)	10 µT (da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)
Obiettivo di qualità (nella progettazione di nuovi elettrodotti in aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, e nella progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità delle linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio)	3 µT (da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)

Dalla tabella precedente, si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo in corrispondenza dell'asse centrale ad altezza suolo e quindi sul piano di calpestio, pari a **5,216  $\mu$ T, superiore** all'obiettivo di qualità fissato dalla norma e al limite di esposizione di 100  $\mu$ T.

Il calcolo della D.p.a. per i cavidotti di collegamento in MT simulati si traduce graficamente nell'individuazione di una distanza che ha origine dal punto di proiezione dall'asse del cavidotto al suolo e ha termine in un punto individuato sul suolo il cui valore del campo magnetico risulta essere uguale o inferiore all'obiettivo qualità di 3  $\mu$ T.

**Utilizzando i dati forniti dal grafico allegato per il secondo tratto, si evince che per l'elettrodotto MT costituito da due terne di sezione 500 mm<sup>2</sup> viene individuata una fascia di rispetto complessiva di 2 m (2 x 1 m), centrata sull'asse del cavidotto al di fuori della quale è garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità.**

All'interno della fascia di rispetto appena definita non esistono recettori sensibili (strutture abitate da persone per un tempo superiore alle 4 ore) e in tal e area sarà consentita la sola presenza di personale che effettuerà le sporadiche ed eventuali operazioni di manutenzione svolte in un tempo modesto. Si può affermare che non sussistono pericoli per la salute umana.

Si vuole ricordare però che sia l'obiettivo qualità di 3  $\mu$ T che il limite di attenzione di 10  $\mu$ T fanno riferimento al valore della mediana nelle 24 ore di esercizio. Tutti i dimensionamenti, invece, sono stati eseguiti tenendo conto delle potenze nominali del parco fotovoltaico ipotizzando il funzionamento a piena potenza. In tal senso, occorre tenere conto delle effettive ore di produzione giornaliere e delle ore serali/notturne in cui l'elettrodotto non risulta trasportare energia, e conseguentemente generare campi elettromagnetici.

Inoltre data la natura non programmabile della fonte rinnovabile, i valori reali saranno certamente inferiori a quelli utilizzati nei calcoli con una significativa diminuzione del valore dei campi elettromagnetici generati, ben al di sotto dei valori normativi precedentemente illustrati.

### 3.4 Power Station

All'interno del Campo Fotovoltaico sono presenti n.5 Power Station,

Ognuna è comprensiva di n. 1 Quadro MT (QMT), di n°1 Trasformatore potenza pari a 6000 kVA con rapporto di Trasformazione 30/0,800 kV, n.1 QBT, n. 1 autotrasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari, il tutto montato e cablato su apposito Skid predisposto.

La fascia di rispetto della cabina di trasformazione dell'impianto è calcolata sulla base della metodologia di calcolo semplificato descritta nel DM 29/05/08 pubblicata sulla gazzetta ufficiale n.156 del 5 luglio 2008 S.O. n. 160) mediante l'individuazione della distanza di prima approssimazione D.p.a., ottenuta applicando la seguente formula:

$$D.p.a. = 0,40942 * \sqrt{I} * x^{0,5241}$$

Dove:

I = corrente nominale (secondaria del trasformatore) [A];

x = diametro dei cavi in uscita dal trasformatore [m];

Di fatto i Power Station, sono assimilabili a cabine secondarie di trasformazione.

In ottemperanza al DM 29/05/08 precedentemente citato, è stata prevista una fascia di rispetto espressa a titolo cautelativo mediante l'individuazione della distanza di prima approssimazione. In particolare, la D.p.a. è intesa come la distanza da ciascuna delle pareti del power center, 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 esterno del cavo (x), ossia conduttore più isolante.

Per il calcolo si è considerato il caso legato al trasformatore con taglia più grande, ovvero 6000 kVA, il cui valore della corrente lato BT è  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V} = 4330,1$  A alla tensione di 800 V.

Supponendo che i cavi in uscita al trasformatore abbiano una sezione pari a **500** mm<sup>2</sup>, con più conduttori in parallelo e diametro esterno pari a circa **51** mm, si ottiene una D.P.A. pari a:

$$D.p.a. = 0,40942 * \sqrt{4330,1} * (0,051)^{0,5241} = 5,66 \text{ m}$$

arrotondata per eccesso a **D.p.a. = 6 m**.

Saranno pertanto previste attorno ai Power Center delle fasce di terreno di **6 m** mantenuta libera da qualsiasi struttura. All'esterno di quest'area il campo di induzione magnetica è inferiore all'obiettivo di qualità di 3 µT riferendoci alla corrente in bassa tensione del trasformatore della tipica power station prevista a progetto. Il tracciato di posa dei cavi è tale per cui intorno ad esso

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV221-V.09	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	01/03/2021	R0	Pagina 24 di 36

non vi sono ricettori sensibili (zone in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata) per distanze molto più elevate di quelle calcolate.

Come previsto nel progetto, non sussistono attività permanenti all'interno D.p.a. indicato e quindi non vi sono pericoli di esposizione ai campi elettrici e magnetici.

La zona adiacente sarà di transito e non di permanenza di persone; potrà essere occasionalmente occupata da personale Tecnico nei momenti di controllo, manutenzione ed attività eseguite nel rispetto dei programmi di sicurezza, valutata nella globalità dei rischi professionali aziendali. Analogo procedimento per la sicurezza dovrà essere adottato dal responsabile della sicurezza dell'impianto produttore, in modo da escludere, dalla suddetta zona di rispetto, le attività con elevato tempo di permanenza del personale.

Relativamente alla **cabina di sezionamento** e partenza d'impianto, si fa notare come tale cabina secondaria consista in una cabina di smistamento e non di trasformazione.

Pertanto, secondo quanto indicato dalle linee guida dell'ente gestore citate in precedenza, la D.p.a. (distanza di prima approssimazione) è da considerarsi come quella della linea MT entrante/uscente.

Le linee MT entranti/uscenti in questione sono quelle prese in esame nei paragrafi precedenti, per le quali si è calcolata l'ampiezza delle fasce di rispetto.

### 3.5 Sottostazione Elettrica Utente (S.S.E.U.)

L'energia Elettrica Trifase in Media Tensione a 30 kV in uscita dall'Impianto dalle Cabine di Sezionamento e Partenza sarà convogliata presso la Stazione di Elevazione di Utenza, ubicata in prossimità della Stazione Terna 150/380 kV.

Qui è previsto:

- 1- un ulteriore innalzamento della tensione con una trasformazione 30/150 kV;
- 2- la misura dell'energia prodotta;
- 3- Sistema di Protezione e Sezionamento

L'area occupata dalla sottostazione utente è opportunamente recintata e tale recinzione comprende tutta una zona di pertinenza intorno alle apparecchiature, per permettere le operazioni di costruzione e manutenzione con mezzi pesanti.

Per questo motivo nel **Decreto 29-05-2008 del Ministero dell'ambiente** e della tutela del territorio e del mare, si **evidenzia che generalmente la fascia di rispetto rientra nei confini della suddetta area di pertinenza, rendendo superflua la valutazione.**

Al suo interno sarà presente un edificio adibito a locali tecnici, in cui saranno allocati gli scomparti MT, i quadri BT, il locale comando controllo ed il gruppo elettrogeno.

È prevista altresì la realizzazione di uno stallo di trasformazione e di uno stallo di linea con Stallo di linea con apparecchiature di misura, controllo, protezione e collegamento in cavo interrato alla stazione 150 kV della rete elettrica nazionale.

Il trasformatore 30/150 kV avrà potenza nominale di 50 MVA raffreddamento in olio ONAN/ONAF, con vasca di raccolta sottostante, in caso di perdite accidentali. Oltre al trasformatore MT/AT saranno installate apparecchiature AT per protezione, sezionamento e misura:

- scaricatori di tensione;
- sezionatore tripolare con lame di terra;
- trasformatori di tensione induttivi per misure e protezione;
- interruttore tripolare 150kV;
- trasformatori di corrente per misure e protezione;
- trasformatori di tensione induttivi per misure fiscali.

L'area della sottostazione sarà delimitata da una recinzione con elementi prefabbricati "a pettine", che saranno installati su apposito cordolo in calcestruzzo (interrato).

La finitura del piazzale interno sarà in asfalto.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV221-V.09	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	01/03/2021	R0	Pagina 26 di 36

In corrispondenza delle apparecchiature AT sarà realizzata una finitura in ghiaietto.

Con riferimento alla valutazione dei campi elettromagnetici generati dalla SSEU 150/30 kV, a titolo di mera verifica, sono state individuate le seguenti possibili sorgenti in grado di generare un campo elettromagnetico significativo determinando dunque l'opportunità di osservare la relativa distanza di prima approssimazione (D.p.a.):

- Condutture in cavo interrato o in aria a tensione nominale 30 kV;
- Sbarre A.T. a 150 kV in aria;

Per quel che concerne le linee MT entranti in questione si fa riferimento alle fasce di rispetto prese in esame nei paragrafi precedenti.

Le sbarre AT sono assimilabili ad una linea aerea trifase 150 kV, con conduttori posti in piano ad una distanza reciproca di 2,2 m, ad un'altezza di circa 4,5 m dal suolo, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate.

Lo studio è stato svolto considerando non soltanto la potenza dell'impianto ma nel caso peggiorativo ovvero considerando la potenza massima che la sottostazione può trasferire allo stallo terna comprensivo di eventuali altri produttori.

Nel caso in esame abbiamo:

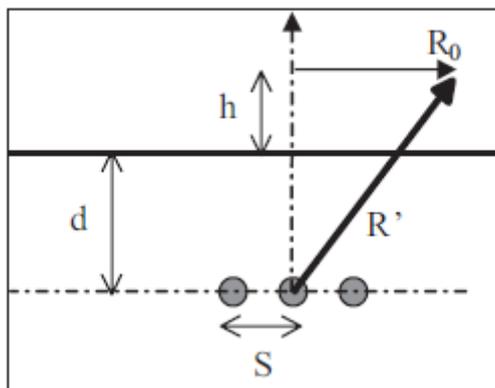
- S (distanza tra i conduttori) = 2,2 m;
- Pn = Potenza massima dell'impianto (**200 MW**);
- Vn = Tensione nominale delle sbarre AT (150 kV);

Pertanto si avrà una Corrente I pari a **769,8 A**

Utilizzando la formula di approssimazione proposta al paragrafo 6.2.1 della norma CEI 106-11, 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 3  $\mu$ T:

SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV221-V.09	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	01/03/2021	R0	Pagina 27 di 36



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

$$R' = 13,99 \text{ m}$$

Trattandosi di una cabina primaria isolata in aria, il D.M.29/05/08, allegato APAT, par. 5.2.2, non prevede di dover ricorrere al calcolo dei campi generati, in quanto le D.p.a., e quindi le fasce di rispetto, ricadono all'interno dell'area di pertinenza della stessa cabina.

Ad ulteriore conferma di quanto appena riportato, ENEL Distribuzione S.p.a., nel documento "Linee Guida per l'applicazione del p.5.1.3 dell'Allegato al DM 29-05-2008 – Distanza di prima approssimazione (D.p.a.) da linee e cabine elettriche" riporta le D.p.a. da applicare per le sottostazioni di trasformazione analoghe a quella oggetto della presente relazione.

In particolare, nell'allegato A al sopracitato documento, vengono riportate le distanze minime da garantire del centro sbarre AT e dal centro sbarre MT rispetto al perimetro dell'area della sottostazione. Tali distanze, per sistemi con caratteristiche analoghe a quelle della sottostazione in oggetto, risultano essere:

- circa 14 m dal centro sbarre AT
- circa 7 m dal centro sbarre MT.

Sulla base di tali indicazioni normative, sono state individuate le fasce di rispetto presso l'area della sottostazione, per il cui dettaglio si rimanda agli allegati tecnici.

In particolare, tutta la fascia di rispetto ricade o all'interno dell'area di pertinenza della sottostazione. Una porzione minore della fascia di rispetto ricade invece sulla viabilità di accesso alla medesima SSEU, pertanto non interferente con le aree da sottoporre a tutela secondo il DPCM per il rispetto dell'obiettivo di qualità.

Le aree esterne alla stazione ad alta tensione, quindi, sono caratterizzate da valori di induzione magnetica e di campo elettrico inferiori ai limiti normativi vigenti.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV221-V.09	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	01/03/2021	R0	Pagina 28 di 36

In conclusione:

- in conformità a quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 la Distanza di Prima Approssimazione (D.p.a.) e, quindi, la fascia di rispetto rientra nei confini dell'area di pertinenza della cabina di trasformazione in progetto;
- la sottostazione di trasformazione è comunque realizzata in un'area agricola, con totale assenza di edifici abitati per un raggio congruo.
- all'interno dell'area della sottostazione non è prevista la permanenza di persone per periodi continuativi superiori a 4 ore con l'impianto in tensione.

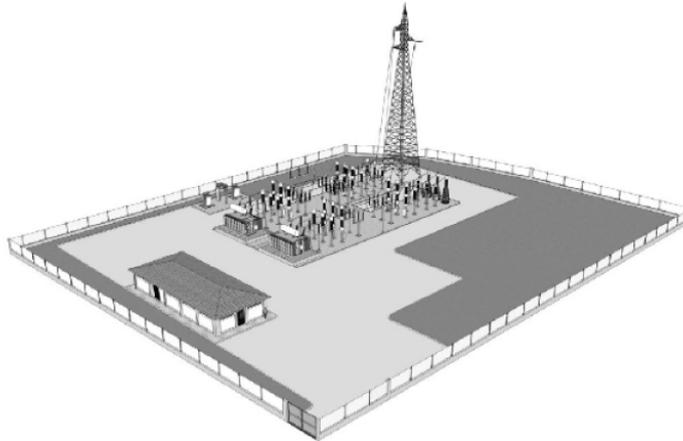
Pertanto, si può quindi affermare che l'impatto elettromagnetico su persone prodotto dalla realizzazione della cabina di trasformazione è trascurabile.



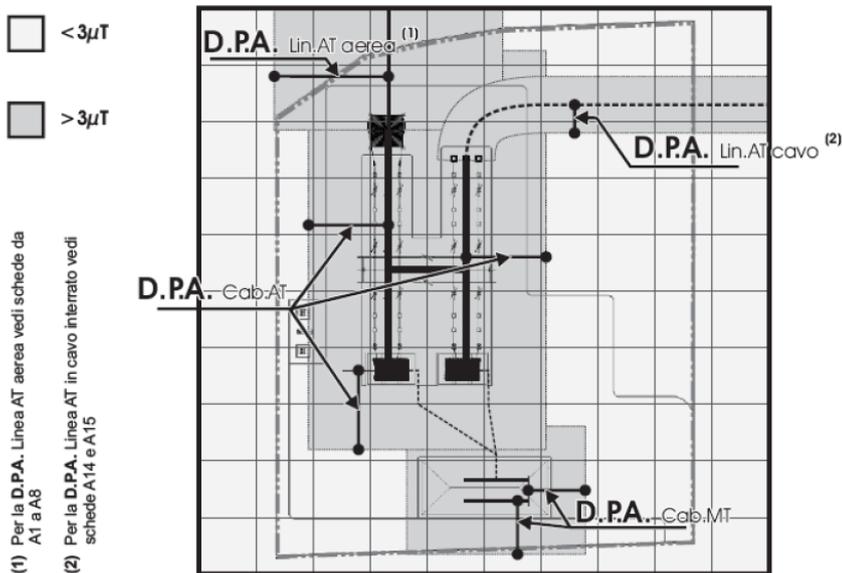
L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA.

DIVISIONE INFRASTRUTTURE E RETI  
QSA/TUN

A16 - Cabina primaria isolata in aria (132/150-15/20 kV)



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



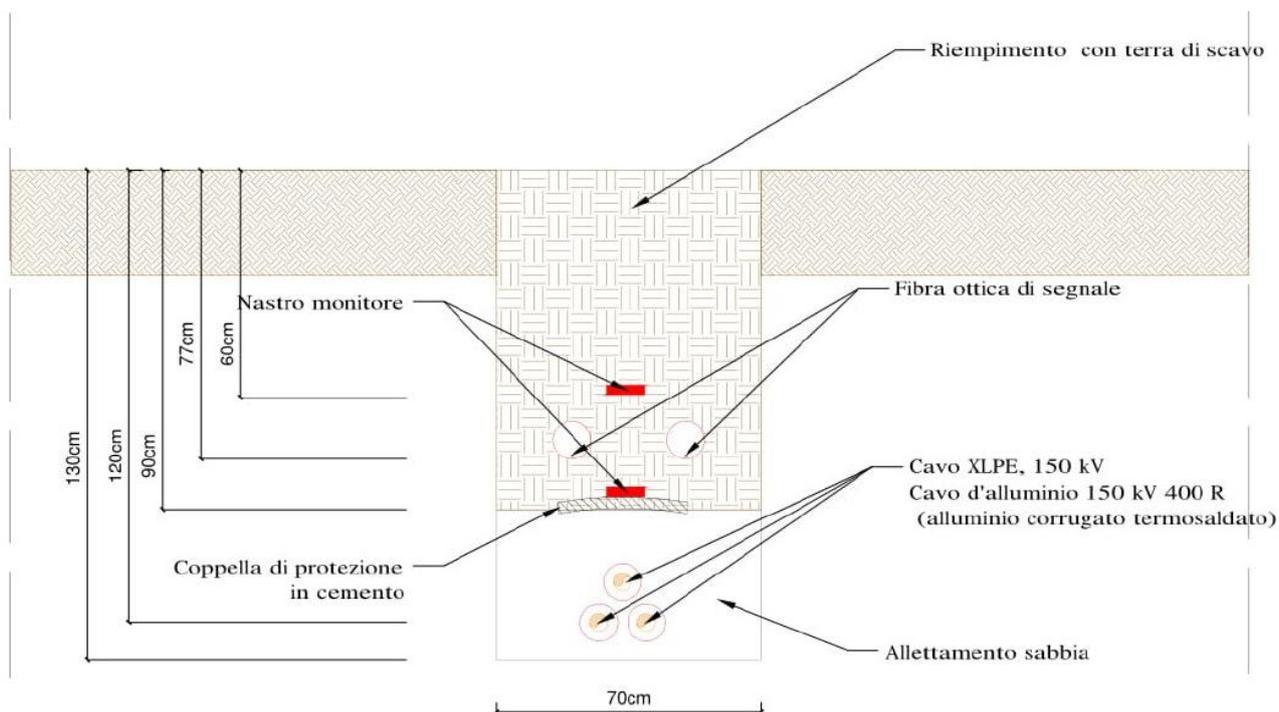
Tipologia trasformatore [MVA]	CABINA PRIMARIA						
	D.P.A. Cab. da centro sbarre AT	Distanza tra le fasi AT	Corrente	D.P.A. Cab. da centro sbarre MT	Distanza tra le fasi MT	Corrente	Riferimento
	m	m	A	m	m	A	
63	14	2.20	870	7	0.38	2332	A16

### 3.6 Linea Elettrica AT di Collegamento a Terna S.p.A.

Nel Caso della Linea AT a 150 kV in Uscita dalla Sottostazione Elettrica di Utenza (S.S.E.U.) per l'attestazione su Stallo predisposto nella Sottostazione Terna S.p.A., trattasi di Linea Interrata con Cavi disposti a Trifoglio ed Interrati ad una profondità di 160 cm al di sotto del Piano di Campagna

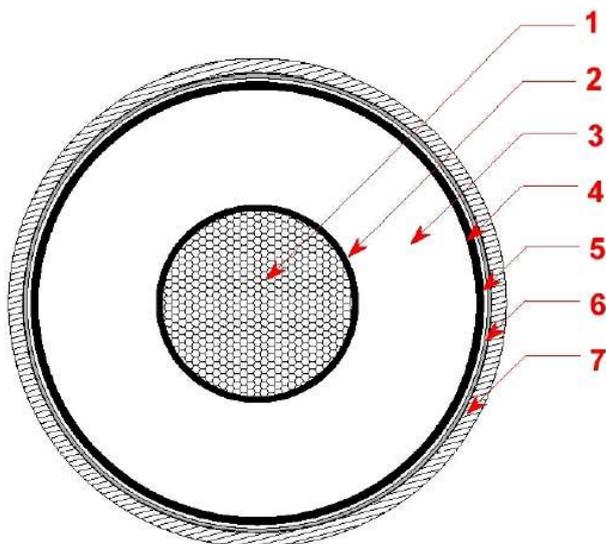
#### DATI CONDIZIONI DI POSA E DI INSTALLAZIONE

Posa	Interrata in letto di sabbia a bassa resistività termica
Messa a terra degli schermi	"cross bonding" o "single point-bonding"
Profondità di posa del cavo	Minimo 1,60 m
Formazione	Una terna a Trifoglio o in Piano
Tipologia di riempimento	Con sabbia a bassa resistività termica o letto di cemento magro h 0,50 m
Profondità del riempimento	Minimo 1,10 m
Copertura con piastre di protezione in C.A. (solo per riempimento con sabbia)	spessore minimo 5 cm
Tipologia di riempimento fino a piano terra	Terra di riporto adeguatamente selezionata
Posa di Nastro Monitore in PVC – profondità	1,00 m circa



Ciascun cavo d'energia a 150 kV sarà costituito da un conduttore in alluminio compatto di sezione indicativa pari a circa 1200 mm<sup>2</sup> tamponato, schermo semiconduttivo sul conduttore, isolamento in polietereicolato (XLPE), schermo semiconduttivo sull'isolamento, nastri in materiale igroespandente, guaina in alluminio longitudinalmente saldata, rivestimento in polietene con grafitatura esterna.

Linea	Potenza trasmessa <sup>2</sup>	Portata in servizio nominale	Sezione conduttore	Sezione schermo	Diametro cavo	Portata al limite termico del cavo
	[MW]	[A]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[A]
Tra Sottostazione 150/30 kV e stazione di smistamento 150 kV	300	1283	3x1x1200	170	95	1315



1	Conduttore compatto di Alluminio
2	Schermo del conduttore (Strato semiconduttivo interno)
3	Isolante
4	Schermo dell'isolante (Strato semiconduttivo esterno)
5	Barriera igroscopica
6	Schermo metallico
7	Guaina esterna termoplastica

Tali dati potranno subire adattamenti comunque non essenziali dovuti alla successiva fase di progettazione esecutiva e di cantierizzazione, anche in funzione delle soluzioni tecnologiche adottate dai fornitori e/o appaltatori.

Lo studio è stato svolto considerando non soltanto la potenza dell'impianto ma nel caso peggiorativo ovvero considerando la potenza massima che la sottostazione può trasferire allo stallo terna comprensivo di eventuali altri produttori.

Detto ciò tale D.p.a. è stata calcolata considerando una Portata di  $I = 1.110 \text{ A}$  sovrastimando rispetto al nostro caso in cui la portata assume un valore  $I = 769,8 \text{ A}$ .

Per questa Tipologie di Linee l'Allegato A alle Linee Guida per l'Applicazione del Paragrafo 5.1.3 del DM 29.05.08 "Distanza di Prima approssimazione (D.p.a.) da Linee di Cabine Elettriche" redatto da Enel Distribuzione, prevede una **D.p.a. pari a 3.1 metri**.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV221-V.09	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	01/03/2021	R0	Pagina 33 di 36

I relativi valori di correnti risultano, quindi, molto sovradimensionati rispetto ai valori di corrente generati dalla presenza del solo impianto fotovoltaico, per tenere in considerazione eventuali ampliamenti futuri e la connessione di ulteriori produttori alla stessa sottostazione 150/30 kV.

Per tale motivo, considerando l'interramento del Linea AT ad una profondità di 1,6 metri, si può quindi affermare che l'impatto elettromagnetico su persone prodotto dalla realizzazione della Linea AT di Collegamento a Terna sia Trascurabile.

## RIFERIMENTI DI CALCOLO



L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA.

DIVISIONE INFRASTRUTTURE E RETI  
QSA/TUN

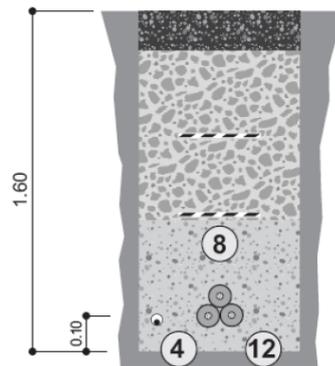
Tipologia sostegno	Formazione	Armamento	Corrente	DPA (m)	Rif.
<b>Tubolare Doppia Terna con mensole isolanti (serie 132/150 kV)</b>  <b>Scheda A13</b>	<b>22.8 mm</b> <b>307.75 mm<sup>2</sup></b>		576	<b>22</b>	A13a
			444	<b>19</b>	A13b
	<b>31.5 mm</b> <b>585.35 mm<sup>2</sup></b>		870	<b>27</b>	A13c
			675	<b>23</b>	A13d
<b>CAVI INTERRATI Semplice Terna cavi disposti in piano (serie 132/150 kV)</b>  <b>Scheda A14</b>	<b>108 mm</b> <b>1600 mm<sup>2</sup></b>		1110	<b>5.10</b>	A14
<b>CAVI INTERRATI Semplice Terna cavi disposti a trifoglio (serie 132/150 kV)</b>  <b>Scheda A15</b>	<b>108 mm</b> <b>1600 mm<sup>2</sup></b>		1110	<b>3.10</b>	A15
<b>CABINA PRIMARIA ISOLATA IN ARIA (132/150kV - 15/20kV) Trasformatori 63MVA</b>  <b>Scheda A16</b>	Distanza tra le fasi AT = <b>2.20 m</b>		870	<b>14</b>	A16
	Distanza tra le fasi MT = <b>0.37 m</b>		2332	<b>7</b>	



L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA.

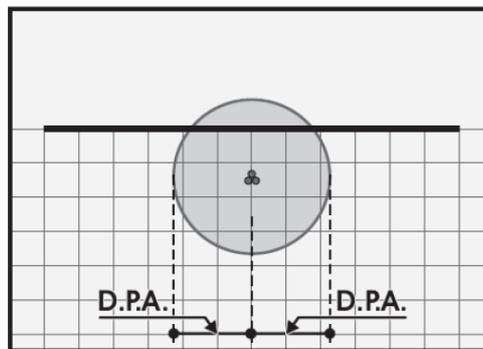
DIVISIONE INFRASTRUTTURE E RETI  
QSA/IUN

A15 - CAVI INTERRATI - Semplice Terna cavi disposti a trifoglio (serie 132/150 kV)



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

- $< 3\mu T$
- $> 3\mu T$



CONDUTTORI IN ALLUMINIO-ACCIAIO

Diametro Esterno [mm]	Sezione Totale [mm <sup>2</sup> ]	CEI - 11-60 Portata [A]		
		Corrente A	D.P.A. m	Riferimento
108	1600	1110	3.10	A15

## 4. Conclusioni

Come evidenziato nello studio analitico condotto e nelle tabelle e figure dei paragrafi precedenti, sono stati individuate le potenziali sorgenti di emissione e si è proceduto alla valutazione dei potenziali rischi legati all'esposizione delle persone in riferimento alle opere da realizzare.

Sulla base dei risultati, alla luce della normativa vigente, sono state individuate 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.

Considerando che all'interno di queste non risultano recettori sensibili ovvero aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici, luoghi adibiti a permanenza di persone per più di quattro ore giornaliere si può quindi concludere che la realizzazione delle opere elettriche relative alla realizzazione di un impianto fotovoltaico in oggetto e delle opere di connessioni rispettano la normativa vigente.