



REGIONE PUGLIA



COMUNE DI CERIGNOLA

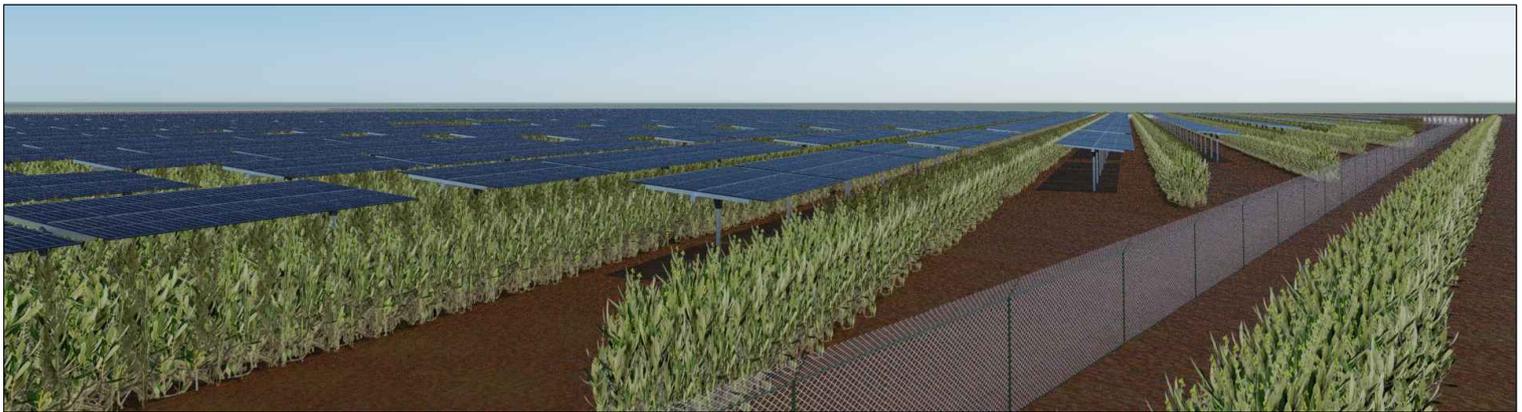
# PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVENTE POTENZA P=44,715 MWp CIRCA E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

Nome impianto CER01  
Comune di Cerignola, Regione Puglia

**PROGETTO DEFINITIVO**

Codice pratica: **SVN6MM8**

N° Elaborato: **RT07**



ELABORATO:

## RELAZIONE CAMPI / IMPATTO ELETTROMAGNETICO

COMMITTENTE:

Sole Verde s.a.s. della Praetorian s.r.l.  
via Walter Von Vogelweide n°8  
39100 Bolzano (BZ)  
p.iva: 03124450218

PROGETTISTI:

Ing. Alessandro la Grasta

Ing. Luigi Tattoli



PROGETTAZIONE:



LT SERVICE s.r.l.  
via Trieste n°30, 70056 Molfetta (BA)  
tel: 0803346537  
pec: studiotecnicoit@pec.it

File: SVN6MM8\_DocumentazioneSpecialistica\_36.pdf

Folder: SVN6MM8\_DocumentazioneSpecialistica.zip

REV.	DATA	SCALA	FORMATO	NOME FILE	DESCRIZIONE REVISIONE
00	05/01/2022				PRIMA EMISSIONE

<b>1. PREMESSA</b> .....	2
1.1 OGGETTO DEL DOCUMENTO.....	2
1.2 DESCRIZIONE IMPIANTO .....	2
1.3 UBICAZIONE IMPIANTO E SOTTOSTAZIONE UTENTE .....	6
1.4 INFO E CONTATTI.....	10
<b>2. CAMPI ELETTROMAGNETICI</b> .....	12
2.1 GENERALITA'.....	12
2.2 NORME DI RIFERIMENTO .....	14
2.3 DEFINIZIONI.....	16
2.4 VALORI LIMITE .....	19
<b>3. SORGENTI DI EMISSIONE</b> .....	22
3.1 IMPIANTO FOTOVOLTAICO E SISTEMA DI CONVERSIONE DC/AC.....	22
3.2 CABINA DI TRASFORMAZIONE BT/MT E CABINA DI SMISTAMENTO .....	23
3.3 LINEE ELETTRICHE MT 30 KV .....	26
3.3.1 VALUTAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI - TRATTO "L07" .....	28
3.3.2 VALUTAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI - TRATTO "L10-L11-L12" .....	34

## 1. PREMESSA

### 1.1 OGGETTO DEL DOCUMENTO

Lo scopo del presente documento è di valutare le emissioni elettromagnetiche generate dalle apparecchiature elettriche dell'impianto e dalle infrastrutture di rete, al fine di verificare il rispetto dei limiti di Legge e dei relativi Decreti attuativi, relative all'iniziativa consistente nella **realizzazione di un impianto Agro-Fotovoltaico, denominato "CER01" che si pone l'obiettivo di combinare sulla medesima superficie agricola la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili con l'attività agronomica consistente nella realizzazione di un oliveto super intensivo.**

Nel caso di specie si terrà conto delle emissioni elettromagnetiche generate dalla cabine elettriche, dai cavidotti e dalla stazione utente di trasformazione e si individueranno le distanze di prima approssimazione secondo quanto stabilito dal Decreto 29 maggio 2008 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti".

### 1.2 DESCRIZIONE IMPIANTO

L'impianto di produzione da fonte fotovoltaica, installato su tracker monoassiali E-O, avrà una potenza di picco di 44,715 MWp e sarà ubicato nell'agro del Comune di Cerignola (FG) in località Acquarulo/Preti/Tressanti/PozzoTerraneo su una superficie recintata complessiva di circa 55,98 ha.

Più in dettaglio l'impianto si svilupperà su sei blocchi "A", "B", "C", "D", "E" e "F" racchiusi in cerchio avente un raggio di circa 1,8 km, le cui caratteristiche dimensionali sono di seguito riepilogate:

<b>CER01</b>							
	<b>TOTALE</b>	<b>BLOCCO "A"</b>	<b>BLOCCO "B"</b>	<b>BLOCCO "C"</b>	<b>BLOCCO "D"</b>	<b>BLOCCO "E"</b>	<b>BLOCCO "F"</b>
<b>POTENZA TOTALE [kWp]</b>	<b>44715</b>	<b>5068</b>	<b>13171</b>	<b>4724</b>	<b>4754</b>	<b>4350</b>	<b>12648</b>
<b>NUMERO DI MODULI</b>	<b>77766</b>	<b>8814</b>	<b>22906</b>	<b>8216</b>	<b>8268</b>	<b>7566</b>	<b>21996</b>
<b>POTENZA MODULO FOTOVOLTAICO [Wp]</b>	<b>575</b>	<b>575</b>	<b>575</b>	<b>575</b>	<b>575</b>	<b>575</b>	<b>575</b>
<b>NUMERO DI TRACKER DA 52 MODULI</b>	<b>1401</b>	<b>169</b>	<b>407</b>	<b>145</b>	<b>152</b>	<b>127</b>	<b>401</b>
<b>NUMERO DI TRACKER DA 26 MODULI</b>	<b>189</b>	<b>1</b>	<b>67</b>	<b>26</b>	<b>14</b>	<b>37</b>	<b>44</b>
<b>NUMERO DI SUNWAY UNIT CONVERSION</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>NUMERO DI INVERTER</b>	<b>31</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>8</b>
<b>SUPERFICIE TERRENI OPZIONATI [ha]</b>	<b>81,52</b>	<b>8,20</b>	<b>20,27</b>	<b>9,60</b>	<b>10,80</b>	<b>7,74</b>	<b>24,91</b>
<b>SUPERFICIE RECINTATA TOTALE [ha]</b>	<b>55,98</b>	<b>6,20</b>	<b>15,18</b>	<b>6,19</b>	<b>7,21</b>	<b>5,80</b>	<b>15,41</b>
<b>SUPERFICIE COLTIVATA ALL'INTERNO DELL'AREA RECINTATA [ha]</b>	<b>27,23</b>	<b>3,14</b>	<b>7,48</b>	<b>3,03</b>	<b>3,09</b>	<b>2,84</b>	<b>7,66</b>
<b>SUPERFICIE RIFLETTENTE [Ha]</b>	<b>20,09</b>	<b>2,28</b>	<b>5,92</b>	<b>2,12</b>	<b>2,14</b>	<b>1,95</b>	<b>5,68</b>

Tab. n°1 Caratteristiche dimensionali impianto fotovoltaico

Gli elementi tecnici inclusi nella presente relazione riguardano l'impianto fotovoltaico e la sottostazione elettrica ovvero:

Impianto fotovoltaico

- Moduli fotovoltaici;
- Quadri di parallelo stringhe;
- Inverter centralizzati su Power Skid;
- Strutture di sostegno dei moduli (Tracker monoassiali);
- Cabine di Smistamento MT;
- Cabine di Servizio;
- Trasformatore MT/BT;
- Cavidotti BT;
- Cavidotti MT di collegamento alla Cabina di Smistamento e alla SSE;
- Quadro MT;
- Quadri BT;

#### Sottostazione Elettrica:

- Piazzali e vie di transito;
- Edificio servizi;
- Quadro MT;
- Trasformatore MT/AT;
- Apparecchiature AT;
- Cavo AT sino allo stallo di consegna alla RTN
- Carpenteria metallica;

e più in dettaglio l'impianto si comporrà di:

- ✓ **77.766 moduli fotovoltaici** in silicio monocristallino di potenza massima unitaria pari a 575 Wp, installati su tracker monoassiali da 2x26 e 1x26 moduli installati in modalità portrait;
- ✓ **2991 stringhe** composte da 26 moduli da 575 Wp aventi tensione di stringa 1.121V @20°C, corrente di stringa 13,62;
- ✓ **215 cassette di parallelo stringhe;**
- ✓ **31 inverter centralizzati**, su power-skid, di cui rispettivamente:
  - ✓ -n°1 aventi potenza di 832 kW @600V

- ✓ -n°2 aventi potenza di 1662 kW @ 600V
- ✓ -n°4 aventi potenza di 1802 kW @ 650V
- ✓ -n°4 aventi potenza di 901 kW @ 650V
- ✓ -n°2 aventi potenza di 957 kW @ 690V
- ✓ -n°4 aventi potenza di 1774 kW @ 640V
- ✓ -n°2 aventi potenza di 887 kW @ 640V
- ✓ **8 power-skid (conversion unit)** dotate di sistema di trasformazione MT/BT, protezione MT e BT, di potenza complessiva compresa tra 1.700 e 2.700 kVA.
- ✓ **3 Cabine di Sezionamento/Smistamento** in cui si convogliano l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico proveniente dai 13 sottocampi MT
- ✓ **3 Cabine di Servizio** in cui saranno ubicati quadri BT / TLC, vano per l'alloggiamento del trasformatore per i servizi ausiliari, vano control room, vano deposito;
- ✓ **3 terne MT** in cavo interrato attraverso cui l'energia prodotta viene trasferita alla SSE Utente;
- ✓ **1 Stazione Elettrica Utente** in cui avviene la trasformazione di tensione da 30 kV a 150 kV e la consegna in AT a 150 kV.
- ✓ **1 terna AT** in cavo interrato attraverso cui l'energia prodotta viene trasferita alla SE Terna;
- ✓ **Gruppi di Misura (GdM)** dell'energia prodotta, dotati di dai trasduttori di tensione (TV) e di corrente (TA).
- ✓ **Apparecchiature elettriche di protezione e controllo** in AT, MT, BT;

L'energia prodotta verrà convogliata, mediante tre terne di cavi MT 30 kV interrati su strada provinciale, strada interpodereale e terreni agricoli privati lungo i confini di proprietà, in modo da non interferire con le pratiche agricole, fino alla sottostazione utente 30/150 kV e da quest'ultima mediante una terna di cavi AT 150 kV collegata in antenna alla stazione elettrica di trasformazione 380/150 kV della RTN da collegare in entra-esce alla linea 380 kV "Foggia – Palo del Colle" (già autorizzata e voltura a TERNA), secondo quanto indicato nella STMG di Terna (Codice pratica P2020 – 02424).

## 1.3 UBICAZIONE IMPIANTO E SOTTOSTAZIONE UTENTE

L'impianto fotovoltaico CER01 sarà ubicato nell'agro del **Comune di Cerignola (FG)** in località Acquarulo / Preti / Tressanti / Pozzo Terraneo su una superficie recintata complessiva di circa 55,98 ha avente destinazione agricola "E" secondo il vigente piano urbanistico. Le coordinate dei due blocchi sono rispettivamente:

### **Blocco "A"**

Lat. 41.382408

Lon. 15.866732

Elevazione 17 metri

### **Blocco "B"**

Lat. 41.380065

Lon. 15.866329

Elevazione 21 metri

### **Blocco "C"**

Lat. 41.368330

Lon. 15.882126

Elevazione 22 metri

### **Blocco "D"**

Lat. 41.369589

Lon. 15.886297

Elevazione 27 metri

### **Blocco "E"**

Lat. 41.363864

Lon. 15.881901

Elevazione 28 metri

**Blocco "F"**

Lat. 41.359290

Lon. 15.879692

Elevazione 31 metri

Elevazione 31 metri

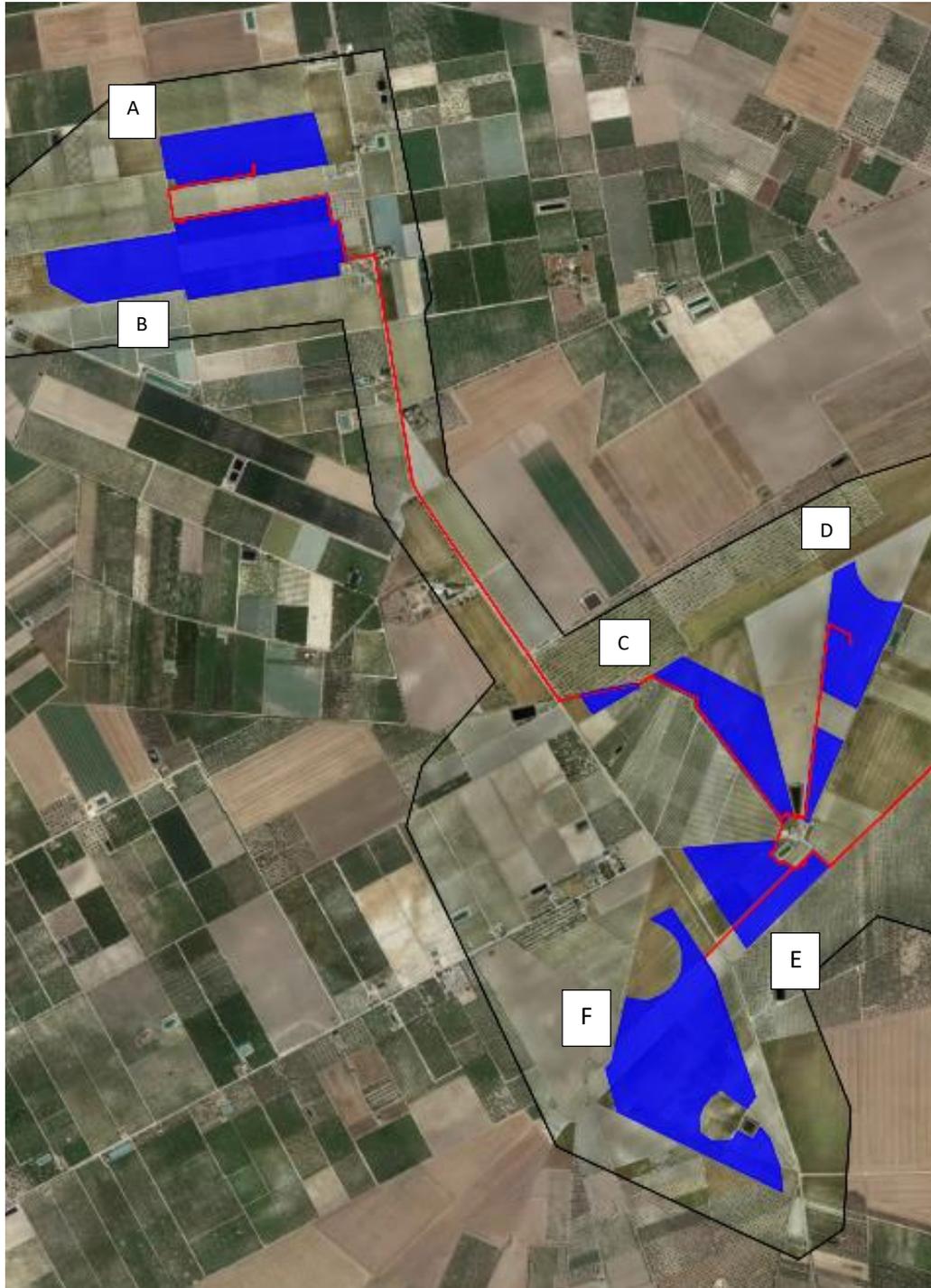


Fig. 1 Ortofoto ubicazione impianto fotovoltaico

La sottostazione utente (“SSEU”) 30/150kV per la connessione in antenna a 150 kV sulla nuova stazione elettrica a 380/150 kV della RTN da collegare in entra-esce alla linea 380 kV “Foggia – Palo del Colle” (già autorizzata e voltura a TERNA), sarà condivisa con altri produttori così come richiesto da Terna al fine di razionalizzare le infrastrutture di rete.

L’area ove sarà ubicata la Sottostazione Elettrica Utente “SSEU” si trova nel territorio del Comune di Cerignola e risulta identificata dai seguenti riferimenti cartografici:

- carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000 N. 422032
- foglio catastale n°90 particella n° 82 e foglio catastale n°93 particella n°329-323 del Comune di Cerignola.

Essa è individuata dalle coordinate geografiche Lat. 41.366838° Nord e Long. 15.889168° Est. ed è posta a quota 31 m s.l.m.

La Sottostazione interessa un’area di circa 4550 mq, interamente recintata e accessibile principalmente tramite un cancello carrabile di 7,00 m di tipo scorrevole oltre a cancelli carrabili per ciascuna delle tre aree di competenza dei vari produttori aventi larghezza di 5,00 m..

L’accesso alla SST è previsto dalla S.P. 69 e da strada interpodereale sulla quale si richiederà una servitù di passaggio che consenta un accesso più agevole ai suddetti mediante compattazione del terreno e posa di uno o più strati, laddove necessario, di pietrame a pezzatura variabile e brecciolino opportunamente costipati.

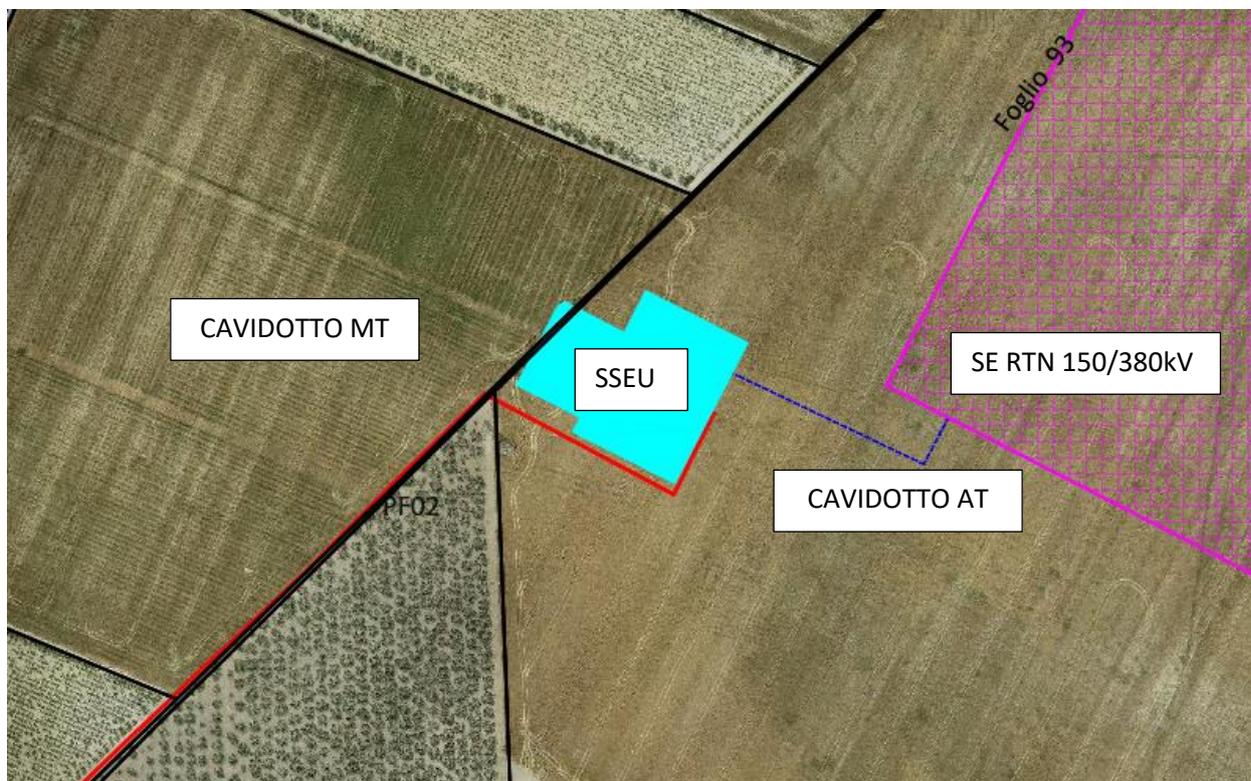


Fig. 2 Ortofoto ubicazione Sottostazione Utente e Stazione Terna

#### 1.4 INFO E CONTATTI

La società promotrice dell'iniziativa e i progettisti incaricati sono rispettivamente:

**Sole Verde Sas della Praetorian Srl**

39100 Bolzano (BZ)

Via Walter Von Vogelweide n.8

[soleverdesasdellapraetoriansrl@legalmail.it](mailto:soleverdesasdellapraetoriansrl@legalmail.it)

**Ing Alessandro la Grasta**

70056 Molfetta (BA)

Via Zara 22

Email: info@ltservice.net

Pec: studiotecnicolt@pec.it

Tel: +39 3401706888

**Ing Luigi Tattoli**

70056 Molfetta (BA)

Via Zara 22

Email: info@ltservice.net

Pec: studiotecnicolt@pec.it

Tel: +39 3403112803

## 2. CAMPI ELETTROMAGNETICI

### 2.1 GENERALITA'

Ogni fenomeno in cui sia presente l'elettricità, in forma di corrente o di tensione, comporta la presenza nello spazio circostante di un campo elettrico e/o magnetico.

I cavi e le apparecchiature in tensione (quindi anche con apparecchiature non funzionanti) producono campi elettrici la cui intensità viene misurata in volt al metro (V/m) o in chilovolt al metro (kV/m) mentre la circolazione di corrente (apparecchiature funzionanti) comporta la formazione di campi magnetici la cui intensità si misura in ampere al metro (A/m), ma è spesso espressa in termini di una grandezza corrispondente, l'induzione magnetica, che si misura in tesla (T), millitesla (mT) o microtesla ( $\mu$ T).

L'intensità dei campi elettrici raggiunge il suo massimo in corrispondenza della sorgente, è proporzionale alla tensione, si riduce proporzionalmente con la distanza e i materiali comuni (come legno, metallo ecc) ne costituiscono uno schermo, mentre i campi magnetici raggiungono il loro massimo in corrispondenza della sorgente, sono proporzionali alla corrente ma, a differenza dei campi elettrici, i materiali comuni non ne costituiscono uno schermo.

Questi campi elettromagnetici possono avere effetti dannosi sulle persone e sono stati battezzati comunemente come "elettrosmog".

L'elettrosmog viene quindi prodotto dai campi elettrici e magnetici generati da frequenza industriale, radiofrequenze e microonde, appartenenti alla sezione non ionizzante (NIR) dello spettro elettromagnetico.

Sono sempre esistiti campi EM di origine naturale, come quelli prodotti dai fulmini, la terra stessa (la forza che sposta l'ago della bussola), l'atmosfera ed il sole, che emette radiazioni IR, luce visibile e radiazioni UV.

A campi elettromagnetici di origine naturale si sono però aggiunti, al passo con il progresso tecnologico, i campi prodotti dalle sorgenti legate all'attività dell'uomo dovuti ai conduttori di energia elettrica (elettrodotti ad alta, media e bassa tensione), gli impianti radar e di emittenza radio televisiva, i ponti radio televisivi e per telefonia mobile (stazioni radio base), nonché, anche se in misura minore, gli elettrodomestici, i telefoni cellulari e così via..

La caratteristica fondamentale che distingue i vari campi elettromagnetici e ne determina le proprietà è la frequenza (Hz), che rappresenta il numero di oscillazioni effettuate dall'onda in un secondo (unità di tempo). Strettamente connessa con la frequenza è la lunghezza d'onda, che è la distanza percorsa dall'onda durante un tempo di oscillazione e corrisponde alla distanza tra due massimi o due minimi dell'onda. Queste due grandezze, oltre ad essere tra loro legate, sono a loro volta connesse con l'energia trasportata dall'onda: l'energia associata alla radiazione elettromagnetica è infatti direttamente proporzionale alla frequenza dell'onda stessa.

Quando un'onda elettromagnetica incontra un ostacolo penetra nella materia e deposita la propria energia producendo una serie di effetti diversi a seconda della sua frequenza.

Sulla base di questo, lo spettro elettromagnetico viene suddiviso in una sezione ionizzante, comprendente raggi X e raggi gamma, aventi frequenza molto alta (> 3000 THz) e dotati di energia sufficiente per ionizzare direttamente atomi e molecole, ed una non ionizzante (NIR), le cui radiazioni non trasportano un quantitativo di energia sufficiente a produrre la rottura dei legami chimici e produrre ionizzazione.

Le NIR oggetto della nostra attenzione in quanto sorgenti di elettrosmog sono quelle aventi frequenze che vanno da 0 a 300 GHz, che possono a loro volta venire suddivise in:

- campi elettromagnetici a frequenze estremamente basse (ELF);
- radiofrequenze (RF);
- microonde (MO);

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

Tab. 2 Suddivisione campo frequenze

Come già citato in precedenza, per i campi elettrici, poiché la maggior parte dei materiali costituisce un valido schermo ai medesimi come ad esempio nei cavi interrati la presenza dello schermo e la vicinanza dei conduttori delle fasi rende il suddetto campo elettrico nullo (così come la presenza delle opere civili, le recinzioni, alberi e ogni altro schermo metallico dei quadri), i valori generati sono entro i valori limite e si può ritenere che in corrispondenza dei recettori sensibili è sempre garantito il rispetto dei valori come da normativa vigente indipendentemente dalla loro distanza dall'elettrodotto pertanto, restano da analizzare i soli campi magnetici.

## 2.2 NORME DI RIFERIMENTO

- L. n. 36 del 22/02/2001: "Legge Quadro sulla protezione delle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici;
- D.P.C.M. 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";

- D.M. 29 maggio 2008, GU n. 156 del 5 luglio 2008: "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti";
- D. Lgs. n. 257 del 19/11/2007: "Attuazione della direttiva 2004/40/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici)";
- D. Lgs. n. 81 del 09/04/2008 e ss.mm.ii.: "Attuazione dell'articolo 1 della Legge n. 123 del 03/08/2007, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro";
- D. Lgs. 159/2016: "Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE";
- CEI 11-17: "Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo";
- CEI 11-60: "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore a 100 kV";
- CEI 20-21: "Calcolo della portata di corrente" (IEC 60287);
- 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";
- CEI 211-4: "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche;
- ENEL: Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al D.M. 29/05/2008 Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine Elettriche;
- Linee Guida ICNIRP: Linee guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ed a campi elettromagnetici (fino a 300 GHz);

## 2.3 DEFINIZIONI

Si riportano le definizioni riportate nell'allegato al D.M. 29 maggio 2008 "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti:

- **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.

Ai sensi dell'art.6 comma 1 del D.P.C.M. 8 luglio 2003, 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 (secondo CEI 11-17 par. 1.2.05).

- **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 (DPA)**

Per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

- **Linea**

Le linee corrispondono ai collegamenti con conduttori elettrici aerei o in cavo, delimitati da organi di manovra, che permettono di unire due o più impianti allo stesso livello di tensione.

Le linee a tre o a più estremi sono sempre definite come più tronchi di linea a due stremi.

Gli organi di manovra connettono tra loro componenti delle reti (es. interruttori, sezionatori, ecc.) e permettono di interrompere il passaggio di corrente.

- **Tronco**

I tronchi di linea corrispondono ai collegamenti metallici che permettono di unire fra loro due impianti gestiti allo stesso livello di tensione (compresi gli allacciamenti). Si definisce tronco fittizio il tronco che unisce due impianti adiacenti.

- **Tratta**

La tratta è una porzione di tronco di linea, composto da una sequenza di campate contigue, avente caratteristiche omogenee di tipo elettrico, di tipo meccanico (es. tipologia del conduttore, configurazione spaziale dei conduttori sui tralicci, tratta singola, doppia, ecc.) e relative alla proprietà e appartenenza alla RTN (Rete di Trasmissione Nazionale).

Ad ogni variazione delle caratteristiche si individua una nuova tratta.

- **Campata**

La campata è l'elemento minimo di una linea elettrica; è sottesa tra due sostegni o tra un sostegno e un portale (ultimo sostegno già all'interno dell'impianto).

- **Sostegni**

Il sostegno è l'elemento di supporto meccanico della linea aerea in conduttori nudi o in cavo. I sostegni, i sostegni porta terminali ed i portali possono essere costituiti da pali o tralicci.

- **Impianto**

Nell'ambito di una rete elettrica l'impianto corrisponde ad un'officina elettrica destinata, simultaneamente o separatamente, alla produzione, allo smistamento, alla regolazione e alla modifica (trasformazione e/o conversione) dell'energia elettrica transitante in modo da renderla adatta a soddisfare le richieste della successiva fase di destinazione.

Gli impianti possono essere: Centrali di produzione, Stazioni elettriche, Cabine di trasformazione primarie e secondarie, Cabine Utente AT. Inoltre rientrano in questa categoria anche quelle stazioni talvolta chiamate di Allacciamento.

- **Valore di attenzione**

A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine eventualmente connessi con le esposizioni ai campi generati alle suddette frequenze (50 Hz) all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, e loro pertinenze esterne, che siano fruibili come ambienti abitativi quali balconi, terrazzi e cortili esclusi i lastrici solari, si assumono i valori di attenzione indicati nella tabella 2

<b>Tabella 2</b>	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo Magnetico H (A/m)	Densità di Potenza D (W/m <sup>2</sup> )
Valori di attenzione 0,1 MHz < f ≤ 300 GHz	6	0,016	0,10 (3 MHz-300 GHz)

Tab.3 Valori di attenzione

## 2.4 VALORI LIMITE

Scopo della presente indagine è quello di valutare preliminarmente l'esposizione, della persone eventualmente presenti nell'area dell'impianto o nelle zone limitrofe, al campo elettrico e magnetico generato dall'impianto fotovoltaico nel rispetto della Legge Quadro (L. 36 del 22.02.2001) sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, e la potenziale esposizione dei lavoratori in conformità al D. Lgs. 81/08.

Ai fini dell'applicazione della presente legge si assumono le seguenti definizioni:

- a) esposizione: è la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici, o a correnti di contatto, di origine artificiale;
- b) limite di esposizione: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori;

c) valore di attenzione: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate;

Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge;

d) obiettivi di qualità: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, da conseguire nel breve, medio e lungo periodo, attraverso l'uso di tecnologie e metodi di risanamento disponibili. Sono finalizzati a consentire la minimizzazione dell'esposizione della popolazione e dei lavoratori ai CEM anche per la protezione da possibili effetti di lungo periodo.

Il D.P.C.M. 8.07.2003, fissa i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti ovvero:

- art. 3 co. 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;

-art. 3 co. 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 co. 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  $3 \mu\text{T}$  per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio

All'art. 6 del DPCM si fissano i parametri per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, per le quali si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità ( $B=3\mu\text{T}$ ) di cui all'art. 4 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  $5\text{kV/m}$ ) 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 al limite di qualità di  $3 \mu\text{T}$ .

### 3. SORGENTI DI EMISSIONE

Le apparecchiature elettromeccaniche presenti nell'impianto fotovoltaico e nelle opere di connessione alla rete sulle quali rivolgere l'attenzione al fine della valutazione in quanto generatrici, durante la fase di esercizio, dei campi elettromagnetici con radiazioni non ionizzanti sono le seguenti:

- Impianto Fotovoltaico e sistema di conversione DC/AC
- Cabina di trasformazione BT/MT e cabina di smistamento
- Linee elettriche MT 30 kV;
- Linee elettriche AT 150 kV;
- Sottostazione elettrica utente 150/30 kV;

Di seguito verrà data una caratterizzazione delle sorgenti appena individuate.

#### 3.1 IMPIANTO FOTOVOLTAICO E SISTEMA DI CONVERSIONE DC/AC

Un porzione dell'impianto di generazione è composto da stringhe di moduli fotovoltaici, quadri di parallelo stringhe e cavi elettrici di collegamento.

Il circuito in oggetto è in corrente continua (ovvero 0 Hz), i relativi cavi (polo positivo e polo negativo) sono normalmente posti a contatto con conseguente annullamento quasi totale dei campi magnetici prodotti ed inoltre la loro ubicazione, soprattutto in riferimento ai cavi in uscita dai quadri di parallelo stringhe che trasportano un valore di corrente multiplo delle singole stringhe, sono interni al campo e distanti dai confini.

I campi magnetici di piccola entità sono generati solo nei momenti in cui il convertitore DC/AC insegue il punto di massima potenza (MPPT) e sono comunque di breve durata;

Per quanto attiene agli inverter e ai moduli fotovoltaici, i primi sono progettati per minimizzare le emissioni e le interferenze con altre apparecchiature elettroniche e cavi e, pertanto, per poter essere

commercializzati devono rispettare le normative vigenti in materia di compatibilità elettromagnetica, per i secondi invece le stesse norme CEI 82-8 non menzionano prove di compatibilità elettromagnetica essendo evidentemente assolutamente irrilevanti.

Per tutto ciò che attiene la valutazione dei campi magnetici ed elettrici all'interno dell'impianto fotovoltaico, essendo l'accesso alla centrale ammesso esclusivamente a personale lavoratore autorizzato, non trova applicazione il DPCM 8 luglio 2003.

Poichè tutte le apparecchiature elettriche installate all'interno della recinzione dell'impianto fotovoltaico sono a distanza opportuna da essa e le zone esterne confinanti con l'impianto fotovoltaico non sono adibite né ad una permanenza giornaliera superiore alle 4 ore, né a zone gioco per l'infanzia/abitazioni scuole, andranno verificati esclusivamente i limiti di esposizione. Per le stesse motivazioni non trovano applicazione gli obiettivi di qualità del DPCM 8 luglio 2003.

**Premesso che i limiti esposti dal DPCM 8 luglio 2003 si applicano esclusivamente alla parte esterna dell'impianto fotovoltaico, alla luce di quanto innanzi menzionato in merito alla prima porzione di impianto fotovoltaico si può concludere che i valori dei campi elettromagnetici sono inferiori ai limiti normativi.**

### **3.2 CABINA DI TRASFORMAZIONE BT/MT E CABINA DI SMISTAMENTO**

Gli inverter centralizzati dell'impianto fotovoltaico sono montati su Power Skids, modulari preassemblati e precablati in fabbrica, generalmente composti da un blocco con due di inverter di conversione DC/AC e un trasformatore BT/MT oppure da due blocchi con quattro inverter di conversione DC/AC e due trasformatori BT/MT nonché da un blocco di protezione MT, BT, monitoraggio da remoto e alimentazione ausiliari.

L'impianto fotovoltaico è dotato inoltre di cabine di smistamento e servizio dei singoli sotto-campi e più in dettaglio n°1 cabina di smistamento/sezionamento e n°1 cabina di servizio ubicate nel campo "B", n°2

cabine di smistamento/sezionamento ubicate rispettivamente nei campi "C" ed "E" e n°2 cabine di servizio ubicate rispettivamente nei campi "D" ed "F".

Le cabine di smistamento in MT svolgono la funzione di raggruppamento e protezione delle cabine di trasformazione/conversione prima che l'intera potenza venga trasferita, mediante tre cavidotti interrati a 30 kV, alla sottostazione utente per la sua immissione in rete.

Al quadro MT della Cabina di Smistamento del lotto A si attesteranno quattro linee 30 kV in cavo provenienti dai relativi sottocampi e due linee 30 kV in cavo di collegamento alla Sottostazione elettrica utente di trasformazione 30/150 kV (SSEU).

Al quadro MT della Cabina di Smistamento del campo "B" si attesteranno due linee 30 kV in cavo provenienti dai sottocampi dei blocchi "A" e "B", una linea 30 kV di collegamento alla cabina di smistamento del blocco "E" e una linea 30 kV verso la cabina servizi dei blocchi "A" e "B".

Al quadro MT della Cabina di Smistamento del campo "C" si attesteranno due linee 30 kV in cavo provenienti dai sottocampi dei blocchi "C" e "D", una linea 30 kV di collegamento alla cabina servizi blocchi "C", "D" ed "E" e una linea 30 kV di collegamento alla cabina di smistamento del blocco "E".

Al quadro MT della Cabina di Smistamento del campo "E" si attesteranno due linee 30 kV in cavo provenienti dai sottocampi dei blocchi "E" e "F", due linee 30 kV provenienti dalle cabine di smistamento "B" e "C", tre linee 30 kV di collegamento alla Sottostazione elettrica utente di trasformazione 30/150 kV (SSEU) e una linea 30 kV in partenza verso la cabina servizi del blocco "F".

Nel caso delle cabine di trasformazione, la Distanza di Prima Approssimazione (D.P.A.) è la distanza da tutte le pareti della cabina stessa, la cui proiezione al suolo garantisce che ogni punto che si trovi all'esterno sia caratterizzato un campo magnetico inferiore all'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T.

Ai fini del calcolo delle DPA delle cabine di trasformazione ovvero delle power skids si farà riferimento al cap.5.2.1 del DM del 29 maggio 2008, ove la DPA si determina applicando la formula di seguito riportata:

$$D.P.A. = 0,40942 * \text{Radq} (I) * X^{0,5241}$$

dove

- I è la corrente nominale di bassa tensione del trasformatore;
- X è il diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore.

La struttura semplificata sulla base della quale si calcola la DPA è un sistema trifase, percorso da una corrente pari alla corrente nominale di bassa in uscita dal trasformatore e con distanza tra le fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore stesso

Per le cabine di sezionamento all'interno delle quali avviene la trasformazione da BT in MT a mezzo di un Trasformatore BT/MT, il calcolo della DPA prenderà come riferimento lo stesso valore calcolato per le cabine di trasformazione avendo queste un trafo di potenza maggiore.

Ai fini del calcolo si prende in considerazione, il trasformatore di taglia maggiore previsto all'interno dell'impianto che risulta avere una potenza pari a 2800 kVA pertanto considerando

$$I = 2.576 \text{ A}$$

$$x = 51 \text{ mm (diametro esterno massimo del cavo da 500mmq con più conduttori in parallelo)}$$

Dal calcolo si ottiene:

$$\mathbf{D.P.A. = 4,37 \text{ metri}}$$

che arrotondata per eccesso all'intero superiore fissa il valore della **Distanza di Prima Approssimazione pari a 5 m.**

La fascia di rispetto calcolata rientra nei confini dell'aerea di pertinenza dell'impianto essendo le cabine ubicate sempre oltre il margine interno delle strade perimetrali, cioè ad una distanza dalla recinzione sempre superiore ai 5 m.

Inoltre cabina è posizionata all'aperto e normalmente non è permanentemente presidiata da persone, per cui non vi sono pericoli di esposizione ai campi elettrici e magnetici.

Per le cabine di sezionamento, essendo prevalentemente cabine di smistamento cavi, si considererà il valore delle DPA calcolate per i cavi MT di seguito calcolati.

### **3.3 LINEE ELETTRICHE MT 30 KV**

Di seguito verrà elaborato un calcolo analitico del campo magnetico generato dagli elettrodotti sulla base delle metodologie di calcolo suggerite dall'APAT (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici), approvate dal D.M. 29/05/2008, e specificate dalla norma CEI 106-11.

Gli elettrodotti di media tensione oggetto di valutazione sono rispettivamente:

-linea interrata MT 30 kV di collegamento tra power conversion units;

-linea interrata MT 30 kV che convoglia l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico alla sottostazione elettrica di utente 150/30kV.

Per la valutazione del campo magnetico generato dall'elettrodotto occorre distinguere gli elettrodotti in funzione della tipologia dei cavi utilizzati.

In linea generale l'utilizzo di cavi MT in configurazione ad "elica visibile" in entrambe le installazioni precedentemente elencate, fanno sì che il campo magnetico prodotto sia notevolmente inferiore a quello prodotto da cavi analoghi posati in piano o a trifoglio.

Le particolarità costruttive di questi cavi, ossia la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione dovuta alla cordatura, fa sì che il campo elettromagnetico generato dai cavi di sezione 300 – 630 mm<sup>2</sup> risulta essere infatti di gran lunga inferiore ai valori limite richiesti e, pertanto, già dopo una

prima analisi qualitativa, se ne può escludere la valutazione numerica, così come previsto dalla normativa e dalle leggi vigenti.

Per gli elettrodotti MT sono stati considerati cavi posati a trifoglio in modo tale che, anche se in fase esecutiva si dovesse optare per una soluzione diversa da quella progettuale, sia stato considerato il worst scenario.

L'impianto fotovoltaico è dotato complessivamente di cabine di smistamento che svolgono la funzione di raggruppamento e protezione delle cabine di trasformazione/conversione prima che l'intera potenza venga trasferita, mediante tre elettrodotti interrati a 30 kV, alla sottostazione utente per la sua immissione in rete.

I cavi utilizzati sono del tipo ARE4H5EX 18/30(36)kV o simili ovvero cavi a 30 kV tripolari a spirale visibile con isolamento xlpe a spessore ridotto, guaina di alluminio e guaina a spessore maggiorato, a tenuta d'acqua e resistenti all'impatto.

Nella tabella che segue si schematizza la configurazione dei cavidotti MT che dalle cabine di smistamento si dirigono verso la sottostazione utente.

**I tratti su cui viene valutato l'impatto elettromagnetico sono due :**

- **Tratto L07:** elettrodotto MT 30 kV di lunghezza complessiva pari a 2,91 km tra la cabina di smistamento del blocco "B" fino alla cabina di smistamento del blocco "E" avente potenza complessiva di 14,968 MW;
- **Tratto L10/L11/L12:** elettrodotto MT 30 kV di lunghezza complessiva pari a 0,65 km tra la cabina di smistamento del blocco "E" fino alla SSEU di potenza complessiva massima per singolo elettrodotto di 14,968 MW;

	ID	POTENZA	TENSIONE	CORRENTE I <sub>b</sub>	LUNGHEZZA LINEA	CAVO ARE4H5E(X) 18/30kV FORMAZIONE n°x mmq	PORTATA CAVO INTERRATO A TRIFOGLIO I <sub>n</sub>	CAVI AFFIANCATI [D5-D6-D7]	CURRENT CARRYING CAPACITIES I <sub>z</sub> =I <sub>n</sub> x K <sub>d</sub> x K <sub>r</sub> x K <sub>p</sub> x K <sub>tt</sub> x K <sub>s</sub>
		[MW]	[KV]	[A]	[m]	[mmq]	[A]	n°	[A]
L07	tratto da Cabina "B" a cabina "E"	14,968	30	<b>303</b>	2908	<b>3x1x630</b>	687	3	<b>420</b>
L08	tratto da Cabina "C" a cabina "E"	7,656	30	<b>155</b>	246	<b>3x1x300</b>	463	3	<b>283</b>
L09	tratto da Cabina "F1" a cabina "E"	10,644	30	<b>216</b>	715	<b>3x1x630</b>	687	3	<b>420</b>

L10	tratto da Cabina "E sem1" a SEE	14,968	30	<b>303</b>	650	<b>3x1x630</b>	687	3	<b>420</b>
L11	tratto da Cabina "E sem2" a SEE	11,484	30	<b>233</b>	650	<b>3x1x630</b>	687	3	<b>420</b>
L12	tratto da Cabina "E sem3" a SEE	10,644	30	<b>216</b>	650	<b>3x1x630</b>	687	3	<b>420</b>

Tab. 4 Tabella dei cavi MT

### 3.3.1 VALUTAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI - TRATTO "L07"

Nel seguente paragrafo verrà calcolata l'induzione magnetica generata dalla linea MT, nel tratto che va dalla Cabina di Smistamento del blocco "B" alla Cabina di Smistamento del blocco "E", costituita da un terna di cavi MT da 630 mm<sup>2</sup> con portata di 303 A.

Nel caso specifico si sta considerando una singola terna di cavi tuttavia in caso di due o più terne di cavi nella stessa sezione di scavo si farà ricorso ad un modello matematico che tenga conto del campo magnetico generato da ogni singola terna.

Si utilizzerà a tal fine il modello previsto e suggerito dalla norma CEI 211-4 cap. 4.3 che tiene conto delle componenti spaziali dell'induzione magnetica calcolate come somma del contributo delle correnti nei diversi conduttori.

$$B_x = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[ \frac{y_i - y}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$

$$B_y = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[ \frac{x_i - x}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$

E' possibile semplificare il modello considerando l'interna terna di cavi, della quale si conoscono le caratteristiche geometriche, al posto del singolo conduttore.

Pertanto si considererà il modello del sistema composta da cavi unipolari posati a trifoglio e non elicordati soluzione questa, che comporta un grado di protezione maggiore nel sistema poiché il campo magnetico generato dal cavo elicordato è meno intenso di quello generato da una terna posata a trifoglio.

Per i cavi unipolari posati a trifoglio si può ricorrere, come suggerito dalla norma CEI 106-11, ad una espressione approssimata del campo magnetico ovvero:

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

dove :

**B [μT]** è l'induzione magnetica in un generico punto distante;

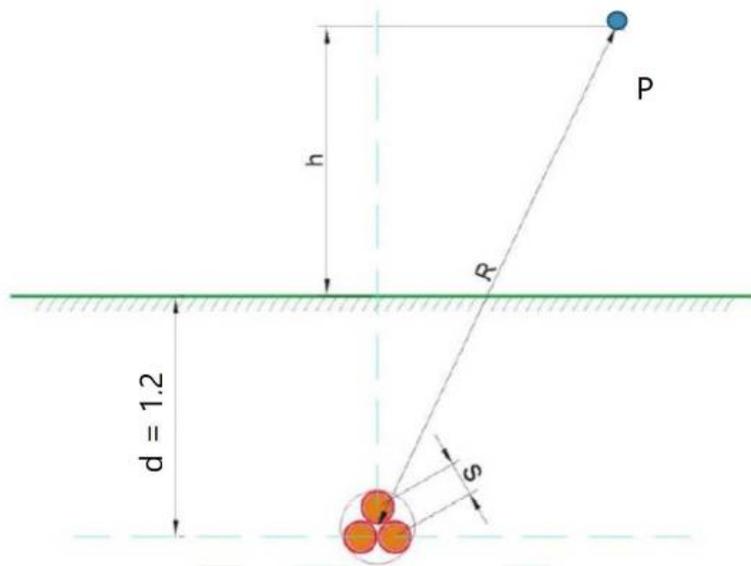
**S [m]** è la distanza fra i conduttori adiacenti percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a **I[A]**

**R[m]** è la distanza radiare dal conduttore;

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 secondo la seguente formula:

$$B_i = 0,1 * \sqrt{6} \frac{S_i * I_i}{(x - x_i)^2 + (y - d)^2}$$

Dove  $B_i$  è il campo magnetico generato dalla  $i$ -esima terna di cavi.



Quindi il campo di induzione magnetica sarà dato dalla somma dei campi di induzione generato da ciascuna delle terne in progetto.

Nello specifico il tratto L07 è costituito da una terna di cavi da 630 mm<sup>2</sup> i cui valori sono di seguito riepilogati:

**Profondità di posa del cavo:** 1,2 m

**Distanza terna dall'asse neutro:** 0 m

**Sezione cavo:** 3x1x630 mm<sup>2</sup>

**Portata corretta cavo terna tratto L07:** 420 A

**Portata nominale cavo terna tratto L07:** 303 A

Nel caso specifico, applicando la formula di cui sopra si ottengono i risultati riportati nella tabella seguente.

Il calcolo è stato effettuato per diverse altezze dal livello del suolo e con intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.

Distanza dall'asse centrale [m]	Btot al suolo [ $\mu$ T]	Btot a 0,5 m suolo [ $\mu$ T]	Btot a 1 m suolo [ $\mu$ T]	Btot a 1,5 m suolo [ $\mu$ T]	Btot a 2 m suolo [ $\mu$ T]	Btot a 2,5 m suolo [ $\mu$ T]	Btot a 3 m suolo [ $\mu$ T]
-10	0,037315	0,036789	0,036105	0,035280	0,034336	0,033294	0,032176
-9,5	0,041283	0,040640	0,039806	0,038807	0,037667	0,036417	0,035084
-9	0,045915	0,045121	0,044096	0,042872	0,041486	0,039975	0,038374
-8,5	0,051366	0,050375	0,049101	0,047589	0,045887	0,044045	0,042109
-8	0,057842	0,056588	0,054985	0,053096	0,050986	0,048722	0,046364
-7,5	0,065613	0,064004	0,061961	0,059572	0,056929	0,054121	0,051227
-7	0,075044	0,072947	0,070305	0,067245	0,063896	0,060380	0,056801
-6,5	0,086638	0,083855	0,080382	0,076407	0,072113	0,067665	0,063202
-6	0,101100	0,097331	0,092684	0,087438	0,081860	0,076176	0,070567
-5,5	0,119445	0,114218	0,107871	0,100831	0,093485	0,086145	0,079039
-5	0,143162	0,135719	0,126850	0,117225	0,107412	0,097834	0,088771
-4,5	0,174513	0,163578	0,150865	0,137444	0,124146	0,111526	0,099900
-4	0,217041	0,200381	0,181631	0,162525	0,144253	0,127491	0,112521
-3,5	0,276494	0,250013	0,221486	0,193715	0,168306	0,145921	0,126638
-3	0,362567	0,318351	0,273497	0,232363	0,196736	0,166822	0,142087
-2,5	0,492223	0,414135	0,341316	0,279557	0,229545	0,189829	0,158443
-2	0,695808	0,549375	0,428190	0,335270	0,265814	0,213974	0,174917
-1,5	1,025799	0,736420	0,533878	0,396771	0,303058	0,237465	0,190307
-1	1,551310	0,973058	0,648150	0,456598	0,336761	0,257672	0,203068
-0,5	2,239761	1,205477	0,743654	0,502015	0,360839	0,271535	0,211582
0	2,628609	1,309757	0,782065	0,519231	0,369648	0,276494	0,214580

0,5	2,239761	1,205477	0,743654	0,502015	0,360839	0,271535	0,211582
1	1,551310	0,973058	0,648150	0,456598	0,336761	0,257672	0,203068
1,5	1,025799	0,736420	0,533878	0,396771	0,303058	0,237465	0,190307
2	0,695808	0,549375	0,428190	0,335270	0,265814	0,213974	0,174917
2,5	0,492223	0,414135	0,341316	0,279557	0,229545	0,189829	0,158443
3	0,362567	0,318351	0,273497	0,232363	0,196736	0,166822	0,142087
3,5	0,276494	0,250013	0,221486	0,193715	0,168306	0,145921	0,126638
4	0,217041	0,200381	0,181631	0,162525	0,144253	0,127491	0,112521
4,5	0,174513	0,163578	0,150865	0,137444	0,124146	0,111526	0,099900
5	0,143162	0,135719	0,126850	0,117225	0,107412	0,097834	0,088771
5,5	0,119445	0,114218	0,107871	0,100831	0,093485	0,086145	0,079039
6	0,101100	0,097331	0,092684	0,087438	0,081860	0,076176	0,070567
6,5	0,086638	0,083855	0,080382	0,076407	0,072113	0,067665	0,063202
7	0,075044	0,072947	0,070305	0,067245	0,063896	0,060380	0,056801
7,5	0,065613	0,064004	0,061961	0,059572	0,056929	0,054121	0,051227
8	0,057842	0,056588	0,054985	0,053096	0,050986	0,048722	0,046364
8,5	0,051366	0,050375	0,049101	0,047589	0,045887	0,044045	0,042109
9	0,045915	0,045121	0,044096	0,042872	0,041486	0,039975	0,038374
9,5	0,041283	0,040640	0,039806	0,038807	0,037667	0,036417	0,035084
10	0,037315	0,036789	0,036105	0,035280	0,034336	0,033294	0,032176

Tab. 5 Distribuzione dei valori del campo magnetico

Il grafico che segue mostra come nel caso in esame, l'obiettivo di qualità, pari a  $<3 \mu\text{T}$ , è raggiunto già sull'asse del cavidotto stesso in corrispondenza del suolo, risultando pari a  $2,63 \mu\text{T}$ .

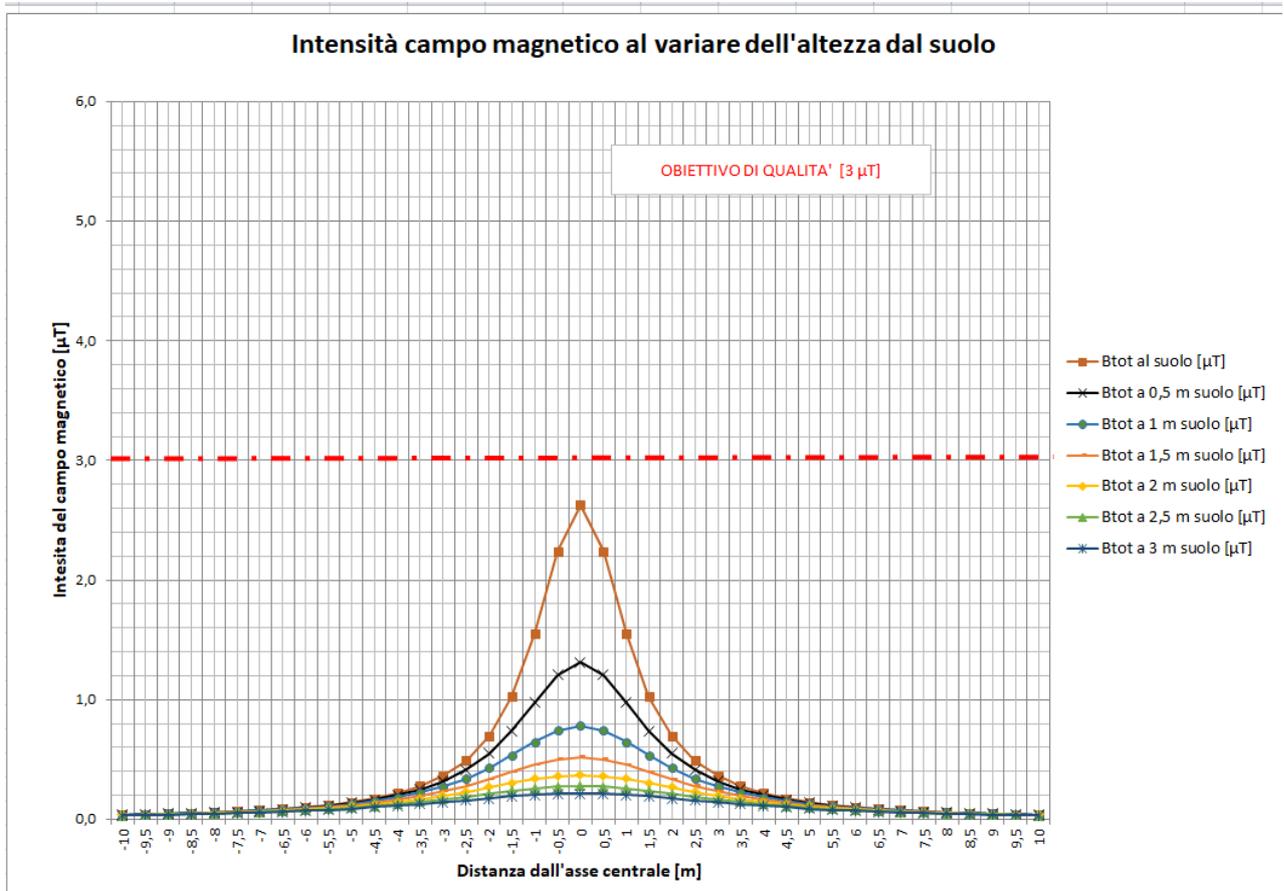


Fig. n°3 Intensità del campo magnetico al variare dell'altezza dal suolo del tratto L07 di cavidotto

Il campo di induzione magnetica calcolato al livello del suolo (0 metri dal piano campagna) risulta essere inferiore al valore indicato come obiettivo di qualità, essendo pari a 2,63  $\mu\text{T}$ , valore pertanto molto inferiore al limite di attenzione di 10  $\mu\text{T}$  fissato per tempi di permanenze nelle vicinanze dei conduttori non inferiori a quattro ore giornaliere, per altro in ambienti diversi da quello in esame.

**Pertanto si può concludere che per il tratto L07, costituito da una terna di cavi da 630 mm<sup>2</sup>, il rispetto dell'obiettivo di qualità è garantito anche a piano strada e non necessita di fascia di rispetto.**

All'interno della DPA individuata, non sono presenti recettori sensibili, ovvero non vi sono aree adibite né ad una permanenza giornaliera superiore alle 4 ore, né a zone gioco per l'infanzia/abitazioni scuole e laddove presenti operatori per le operazioni di manutenzione la permanenza avrà durata limitata, per cui si può stabilire che non vi sono problemi per la salute umana.

Per ultimo occorre sottolineare che, i calcoli del campo magnetico contemplano valori di portata nominale dei condotti estremamente cautelativi poiché gli impianti di produzione da fonte fotovoltaica, per loro natura, non producono costantemente al loro valore nominale e soprattutto non producono durante l'intero arco della giornata, pertanto si può affermare che i valori calcolati sono significativamente superiori ai valori reali che si genereranno in fase di esercizio dell'impianto.

### 3.3.2 VALUTAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI - TRATTO "L10-L11-L12"

Nel seguente paragrafo verrà calcolata l'induzione magnetica generata dalle linee MT, nel percorso che va dalla Cabina di Smistamento del blocco "E" alla sottostazione utente di trasformazione 30/150 kV, costituita da tre terne di cavi MT da 630 mm<sup>2</sup> con portata rispettivamente di 303 A, 233 A e 216 A.

Nel caso specifico trattandosi di tre terne di cavi, si farà ricorso ad un modello matematico che tenga conto del campo magnetico generato da ogni singola terna.

Si utilizzerà a tal fine il modello previsto e suggerito dalla norma CEI 211-4 cap. 4.3 che tiene conto delle componenti spaziali dell'induzione magnetica calcolate come somma del contributo delle correnti nei diversi conduttori.

$$B_x = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[ \frac{y_i - y}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$

$$B_y = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[ \frac{x_i - x}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$

E' possibile semplificare il modello considerando l'interna terna di cavi, della quale si conoscono le caratteristiche geometriche, al posto del singolo conduttore.

Pertanto si considererà il modello del sistema composta da cavi unipolari posati a trifoglio e non elicordati, soluzione questa, che comporta un grado di protezione maggiore nel sistema poiché il campo magnetico generato dal cavo elicordato è meno intenso di quello generato da una terna posata a trifoglio.

Per i cavi unipolari posati a trifoglio si può ricorrere, come suggerito dalla norma CEI 106-11, ad una espressione approssimata del campo magnetico ovvero:

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

dove :

**B [μT]** è l'induzione magnetica in un generico punto distante;

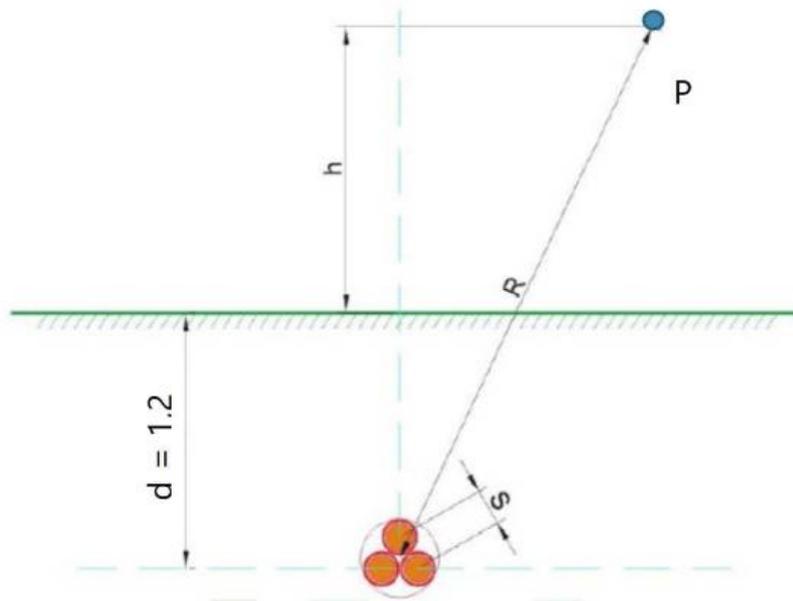
**S [m]** è la distanza fra i conduttori adiacenti percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a **I[A]**

**R[m]** è la distanza radiare dal conduttore;

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 secondo la seguente formula:

$$Bi = 0,1 * \sqrt{6} \frac{Si * Ii}{(x - xi)^2 + (y - d)^2}$$

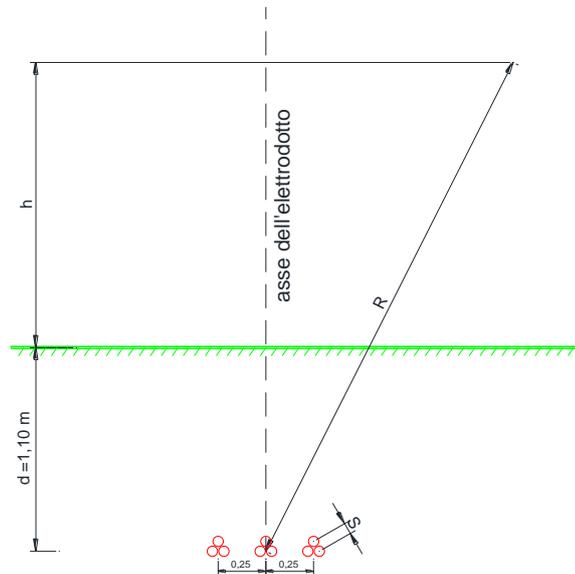
Dove  $B_i$  è il campo magnetico generato dalla  $i$ -esima terna di cavi.



Analogamente a quanto visto nel paragrafo precedente, viene condotto lo studio nel caso di un elettrodotto costituito da tre terne di cavi.

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

$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_1 * I_1}{(x - x_1)^2 + (y - d)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_2 * I_2}{(x - x_2)^2 + (y - d)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_3 * I_3}{(x - x_3)^2 + (y - d)^2}$$



dove  $B$  [ $\mu\text{T}$ ] è l'induzione magnetica in un generico punto distante  $R$  [m] dal centro del sistema (baricentro delle 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). Sono stati quindi calcolate, fissando vari valori di  $h$ , le distribuzioni dell'intensità del campo magnetico su piani fuori terra paralleli al suolo.

Quindi il campo di induzione magnetica sarà dato dalla somma dei campi di induzione generato da ciascuna delle terne in progetto.

Nello specifico il tratto è costituito da tre terne di cavi da  $630 \text{ mm}^2$  i cui valori sono di seguito riepilogati:

## 1<sup>a</sup> Terna

**Profondità di posa del cavo:** 1,2 m

**Distanza terna dall'asse neutro:** 0 m

**Sezione cavo:**  $3 \times 1 \times 630 \text{ mm}^2$

**Portata corretta cavo terna tratto L10:** 420 A

**Portata nominale cavo terna tratto LB:** 303 A

## 2<sup>a</sup> Terna

**Profondità di posa del cavo:** 1,2 m

**Distanza terna dall'asse neutro:** 0,1250 m

**Sezione cavo:** 3x1x630 mm<sup>2</sup>

**Portata corretta cavo terna tratto LB:** 420 A

**Portata nominale cavo terna tratto L11:** 233 A

## 3<sup>a</sup> Terna

**Profondità di posa del cavo:** 1,2 m

**Distanza terna dall'asse neutro:** -0,1250 m

**Sezione cavo:** 3x1x630 mm<sup>2</sup>

**Portata corretta cavo terna tratto L12:** 420 A

**Portata nominale cavo terna tratto L12:** 216 A

Nel caso specifico, applicando la formula di cui sopra si ottengono i risultati riportati nella tabella seguente.

Il calcolo è stato effettuato per diverse altezze dal livello del suolo e con intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.

Distanza dall'asse centrale [m]	Btot al suolo [ $\mu$ T]	Btot a 0,5 m suolo [ $\mu$ T]	Btot a 1 m suolo [ $\mu$ T]	Btot a 1,5 m suolo [ $\mu$ T]	Btot a 2 m suolo [ $\mu$ T]	Btot a 2,5 m suolo [ $\mu$ T]	Btot a 3 m suolo [ $\mu$ T]
-10	0,093095	0,091775	0,090058	0,087991	0,085624	0,090876	0,080211
-9,5	0,103024	0,101410	0,099318	0,096809	0,102863	0,099425	0,087475
-9	0,114620	0,112626	0,110052	0,106979	0,113325	0,109167	0,095694
-8,5	0,128277	0,125784	0,122582	0,118782	0,125387	0,120315	0,105029
-8	0,144508	0,141352	0,137320	0,132568	0,139369	0,133131	0,115664
-7,5	0,163997	0,159944	0,154800	0,148788	0,155672	0,147930	0,127820
-7	0,187669	0,182380	0,175721	0,168014	0,174793	0,165091	0,141754
-6,5	0,216796	0,209768	0,201005	0,190983	0,197354	0,185072	0,157760
-6	0,253167	0,243633	0,231890	0,218651	0,224127	0,208419	0,176173
-5,5	0,299355	0,286112	0,270050	0,252259	0,256071	0,235767	0,197355
-5	0,359155	0,340255	0,317772	0,293418	0,294349	0,267835	0,221679
-4,5	0,438337	0,410498	0,378205	0,344197	0,340343	0,305385	0,249481
-4	0,545959	0,503415	0,455685	0,407198	0,395595	0,349137	0,280988
-3,5	0,696768	0,628899	0,556102	0,485533	0,461634	0,399586	0,316186
-3	0,915716	0,801895	0,687151	0,582515	0,539562	0,456680	0,354638
-2,5	1,246545	1,044533	0,857863	0,700710	0,629229	0,519324	0,395239
-2	1,767429	1,386775	1,075885	0,839716	0,727864	0,584741	0,435980
-1,5	2,611696	1,857702	1,339368	0,992134	0,828346	0,647914	0,473835
-1	3,942093	2,445232	1,620570	1,138716	0,918099	0,701609	0,504964
-0,5	5,616358	3,004605	1,849842	1,247685	0,980648	0,737606	0,525392
0	6,453780	3,233137	1,934722	1,285897	1,001280	0,749236	0,532084
0,5	5,616358	3,004605	1,849842	1,247685	0,980648	0,737606	0,525392
1	3,942093	2,445232	1,620570	1,138716	0,918099	0,701609	0,504964
1,5	2,611696	1,857702	1,339368	0,992134	0,828346	0,647914	0,473835
2	1,767429	1,386775	1,075885	0,839716	0,727864	0,584741	0,435980
2,5	1,246545	1,044533	0,857863	0,700710	0,629229	0,519324	0,395239
3	0,915716	0,801895	0,687151	0,582515	0,539562	0,456680	0,354638
3,5	0,696768	0,628899	0,556102	0,485533	0,461634	0,399586	0,316186
4	0,545959	0,503415	0,455685	0,407198	0,395595	0,349137	0,280988
4,5	0,438337	0,410498	0,378205	0,344197	0,340343	0,305385	0,249481
5	0,359155	0,340255	0,317772	0,293418	0,294349	0,267835	0,221679
5,5	0,299355	0,286112	0,270050	0,252259	0,256071	0,235767	0,197355
6	0,253167	0,243633	0,231890	0,218651	0,224127	0,208419	0,176173
6,5	0,216796	0,209768	0,201005	0,190983	0,197354	0,185072	0,157760
7	0,187669	0,182380	0,175721	0,168014	0,174793	0,165091	0,141754
7,5	0,163997	0,159944	0,154800	0,148788	0,155672	0,147930	0,127820
8	0,144508	0,141352	0,137320	0,132568	0,139369	0,133131	0,115664

8,5	0,128277	0,125784	0,122582	0,118782	0,125387	0,120315	0,105029
9	0,114620	0,112626	0,110052	0,106979	0,113325	0,109167	0,095694
9,5	0,103024	0,101410	0,099318	0,096809	0,102863	0,099425	0,087475
10	0,093095	0,091775	0,090058	0,087991	0,093739	0,090876	0,080211

Tab. 6 Distribuzione dei valori del campo magnetico

Il grafico che segue mostra come nel caso in esame, l'obiettivo di qualità, pari a  $<3 \mu\text{T}$ , è raggiunto già sull'asse del cavidotto stesso, ad una quota dal suolo superiore a 1 m, risultando pari a  $1,93 \mu\text{T}$ .

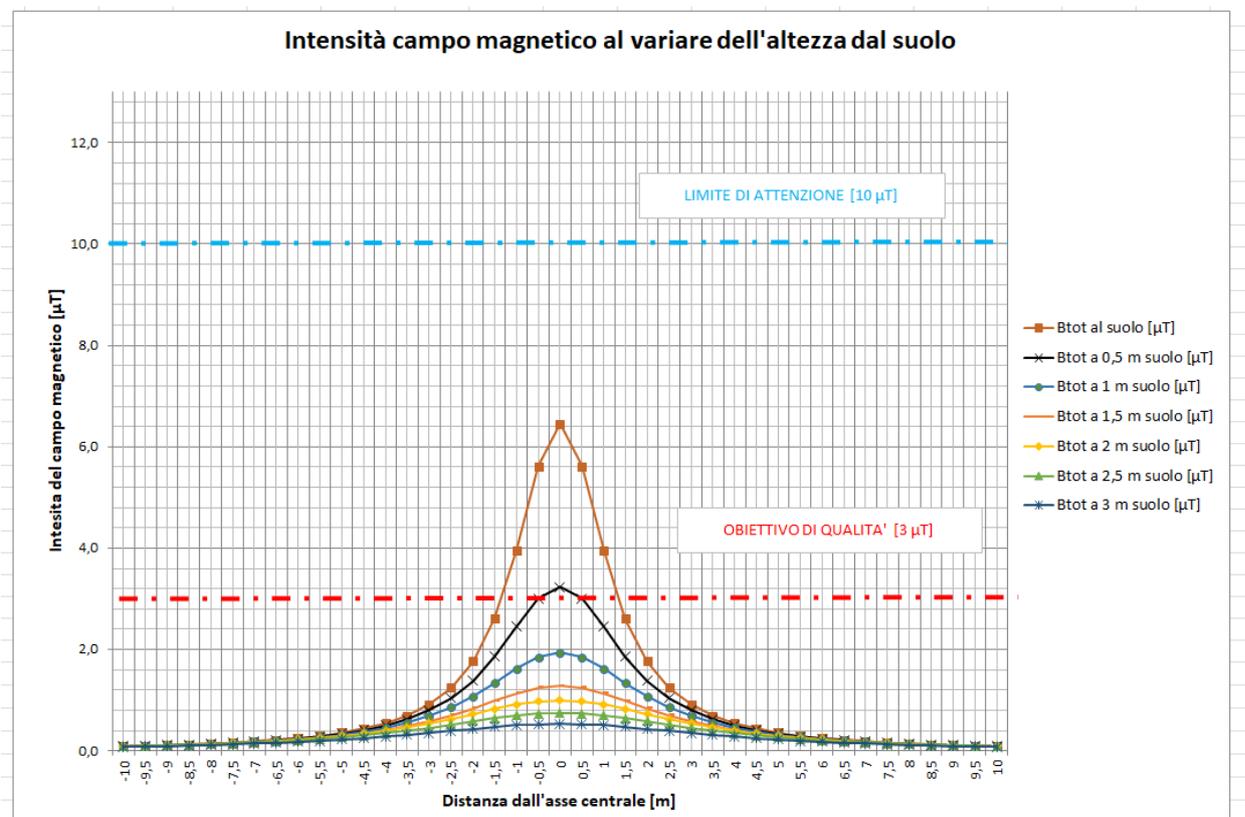


Fig. n°4 Intensità del campo magnetico al variare dell'altezza dal suolo del tratto L10-L11-L12 di  
cavidotto

Il campo di induzione magnetica calcolato al livello del suolo (0 metri dal piano campagna) risulta essere superiore al valore indicato come obiettivo di qualità, essendo pari a  $6,45 \mu\text{T}$ , valore comunque inferiore

al limite di attenzione di 10  $\mu\text{T}$  fissato per tempi di permanenze nelle vicinanze dei conduttori non inferiori a quattro ore giornaliere, per altro in ambienti diversi da quello in esame.

Dalla tabella si può notare come il valore di 3  $\mu\text{T}$  (limite di qualità) lo si raggiunge ad una distanza dall'asse dei conduttori pari a 1,5 metri.

**Pertanto si può concludere che per il tratto LA costituito da tre terne di cavi da 630 mm<sup>2</sup> viene individuata una fascia di rispetto (DPA) complessiva di 1,5 metri (1,5 metri a sinistra e 1,5 metri a destra dell'asse del cavidotto) al di fuori del quale il rispetto dell'obiettivo di qualità è garantito.**

All'interno della DPA individuata, non sono presenti recettori sensibili, ovvero non vi sono aree adibite né ad una permanenza giornaliera superiore alle 4 ore, né a zone gioco per l'infanzia/abitazioni scuole e laddove presenti operatori per le operazioni di manutenzione la permanenza avrà durata limitata, per cui si può stabilire che non vi sono problemi per la salute umana.

Per ultimo occorre sottolineare che, i calcoli del campo magnetico contemplano valori di portata nominale dei cavidotti estremamente cautelativi poiché gli impianti di produzione da fonte fotovoltaica, per loro natura, non producono costantemente al loro valore nominale e soprattutto non producono durante l'intero arco della giornata, pertanto si può affermare che i valori calcolati sono significativamente superiori ai valori reali che si genereranno in fase di esercizio dell'impianto.

### **3.4 LINEA DI CONNESSIONE AT 150 KV**

Nel seguente paragrafo verrà calcolata l'induzione magnetica generata dalla linea AT, nel tratto che va dalla sottostazione utente di trasformazione 30/150 kV alla nuova stazione elettrica RTN 380/150 kV, e la relativa DPA entro la quale il campo elettromagnetico è inferiore all'obiettivo di qualità di 3  $\mu\text{T}$  come da D.P.C.M. 8 luglio 2003.

L'elettrodotto in oggetto sarà costituito da una terna di cavi AT in alluminio con isolamento XPLE, tensione di esercizio 150 kV, in formazione 3x1x1600 mm<sup>2</sup>, posati ad una profondità minima di 1,50 m.

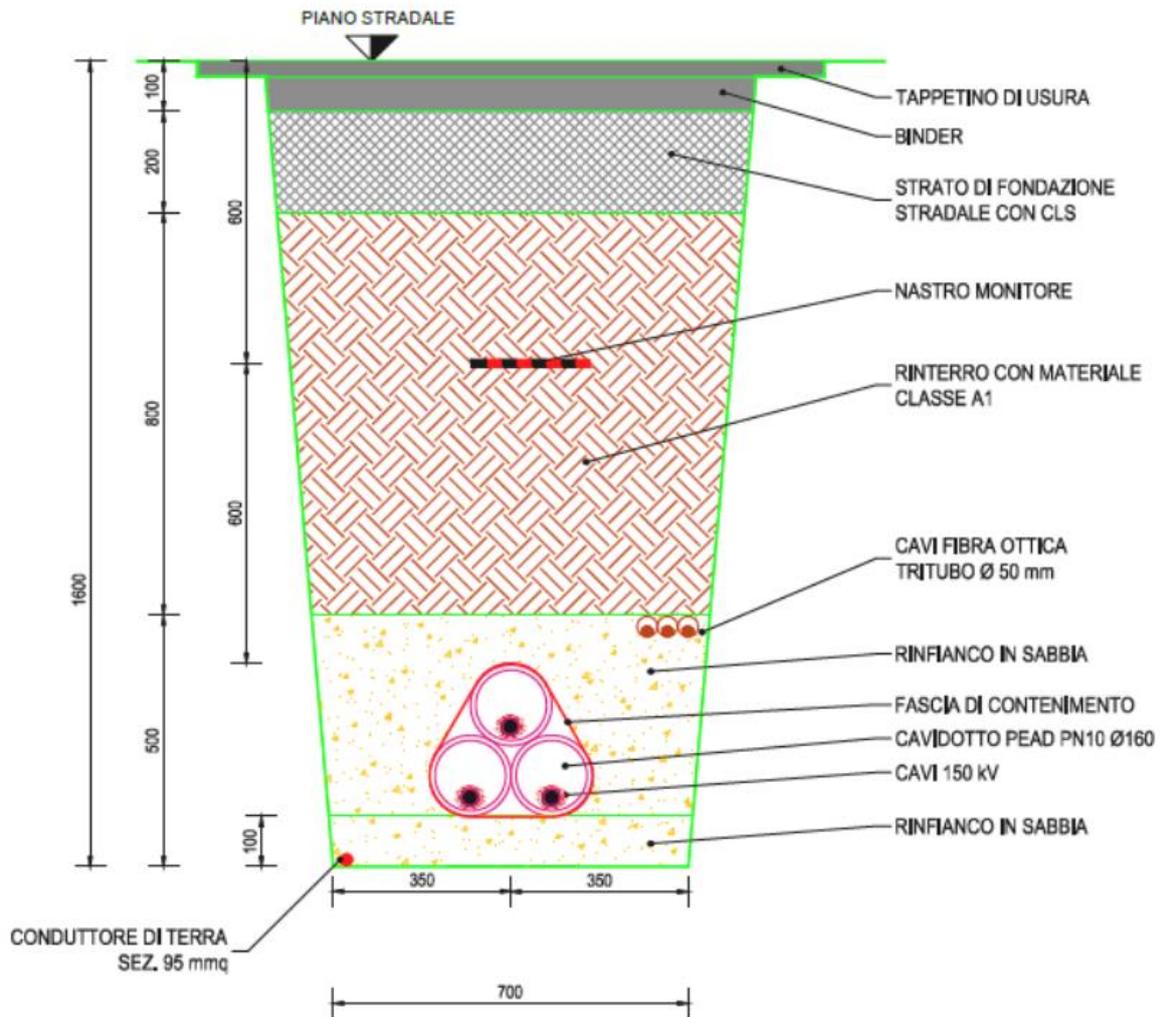


Fig. 5 Sezione tipo cavo AT

Sulla base dei dati di progetto, come da tabella riepilogativa che segue, la portata nominale del cavo è pari a 1000 A @ 150 kV

Cables for a moving world



Codice/code ARE4H1H5E 87/150 kV 1X1600	DOCUMENTO / DOCUMENT ARE4H1H5E 87-150 KV 1X1600_rev2A	DATA/DATE 11/05/2021	REV 2A
---	--	-------------------------	-----------

U.M.

<b>LONGITUDINALLY WATER BLOCKED CONDUCTOR</b>			
Material	Stranded aluminium (Cl. 2)		
Nominal cross section	mm <sup>2</sup>	<b>1X1600</b>	
TRATOS CODE	210872		
Nominal diameter	mm	49,0	
Max. resistance at 20°C	Ω/km	0,0186	
<b>CONDUCTOR SCREEN</b>			
Type	Extruded semiconductor layer		
Nominal thickness	mm	1,5	
Colour	Black		
<b>INSULATION</b>			
Material	XLPE		
Nominal thickness	mm	17,0	
Nominal diameter	mm	88,0	
Colour	Natural		
<b>INSULATION SCREEN</b>			
Type	Extruded semiconductor layer bonded		
Nominal thickness	mm	1,5	
Colour	Black		
<b>WRAPPING</b>			
Type	Semiconductive water blocking tape		
<b>INNER SCREEN</b>			
Formation	Aluminium wires Semiconductive water blocking tape		
Nominal diameter	mm	103,0	
<b>OUTER SCREEN</b>			
Type	Copolymer coated aluminium tape		
Nominal thickness	mm	0,20	
<b>OUTER SHEATH</b>			
Material	<b>MD PE + semiconductive layer</b>		
Nominal thickness	mm	4,5	
Nominal diameter	mm	113,0	
Nominal weight	Kg/km	13.085	

<b>GENERAL CHARACTERISTICS</b>		
Min. Bending radius	mm	20 x Ø
Max. conductor short-circuit current (initial temp. 90°C; final temp 250°C)	kA/0,5"	208
Max. conductor resistance at 90°C 50 Hz	Ω/Km	0,0273
Max. screen resistance at 20°C (inner + outer)	Ω/Km	0,124
Max. screen short-circuit current (initial temp. 80°C; final temp 250°C)	kA/0,5"	31,5
Current carrying capacity, Depth of laying 1,2 m, Ground temp. 20°C	A	1.000
Thermal resistivity 1°C m/W cross bonding, flat		
Nominal capacitance	µF/km	0,270
Nominal reactance	Ω/km	0,122

Tab. 7 Estratto data-sheet cavo AT

Con riferimento alla “Linea guida ENEL per l’applicazione del § 5.1.3 dell’allegato al DM 29.05.08” nella scheda A15 (semplice terna di cavi interrati disposti a trifoglio – serie 132/150 kV) con sezione totale dei cavi di 1.600 mm<sup>2</sup> e con una corrente di impiego di 1110 A, si riporta una DPA (ove l’induzione magnetica è <3 μT) pari a 3,10 metri.

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 <b>AT = 2.20 m</b>		870	<b>14</b>	A16
	Distanza tra le fasi <b>MT = 0.37 m</b>		2332	<b>7</b>	

Fig. 6 DPA per cavi interrati (Linea Guida per l’applicazione del par. 5.1.3 dell’allegato al DM 29.05.08)

Nel caso in oggetto, come già calcolato con la formula sopra riportata, la corrente che attraverserà il cavo AT (pari a quella che attraversa le sbarre AT) avrà un valore di 891 A inferiore a quella tabellare pertanto, la DPA sarà sicuramente inferiore a quella calcolata nella scheda, sotto indicata, presa come riferimento.

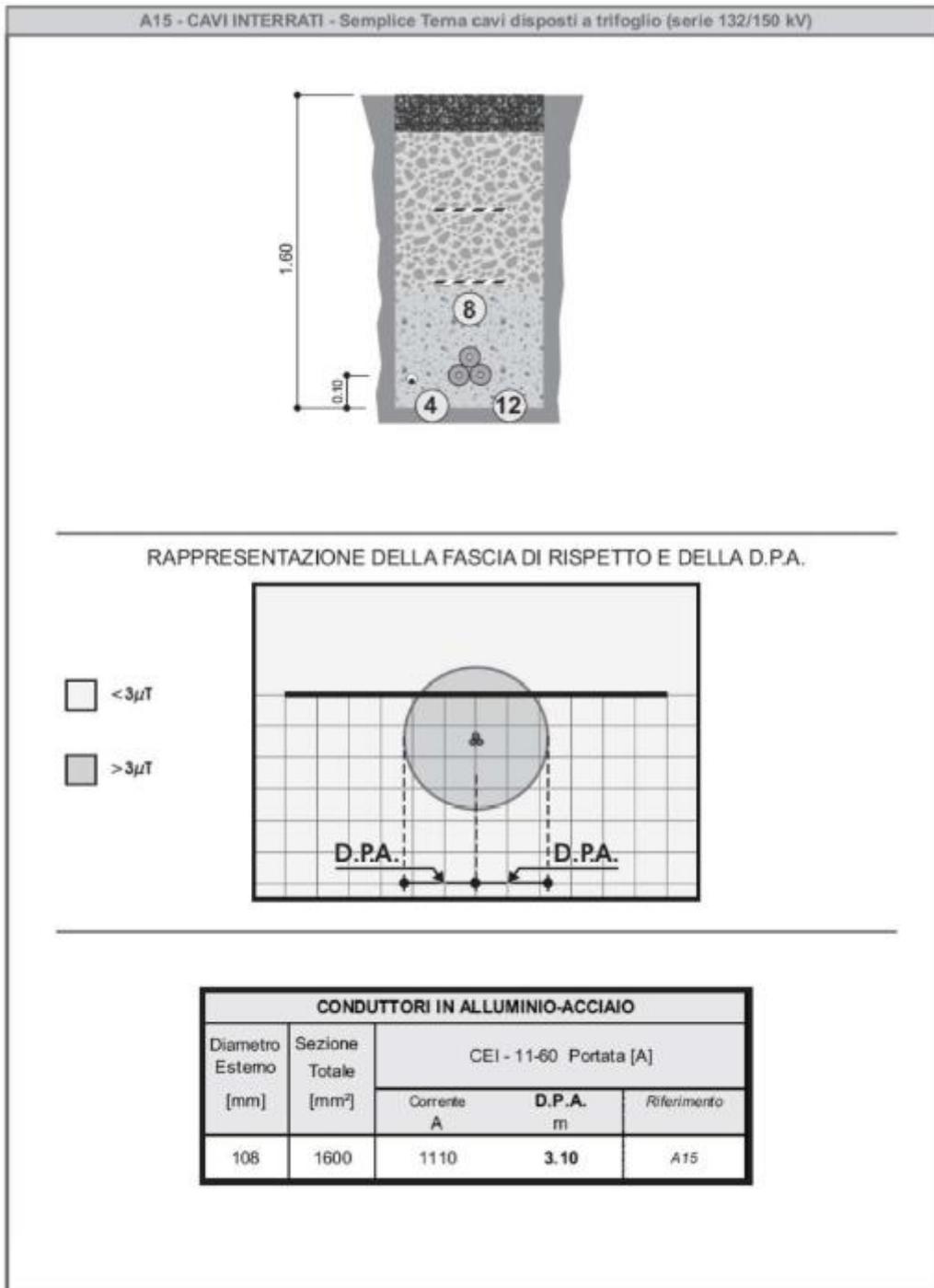


Fig. 7 Scheda A14 (Linea Guida per l'applicazione del par. 5.1.3 dell'allegato al DM 29.05.08)

A conferma di quanto appena valutato si riporta il calcolo del campo magnetico B generato nel caso di specie utilizzando la formula:

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

Dove

I= 808 A

S= 103 mm

Distanza dall'asse centrale [m]	Btot al suolo [μT]	Btot a 0,5 m suolo [μT]	Btot a 1 m suolo [μT]	Btot a 1,5 m suolo [μT]	Btot a 2 m suolo [μT]	Btot a 2,5 m suolo [μT]	Btot a 3 m suolo [μT]
-10	0,219850	0,216151	0,211574	0,206236	0,200265	0,193791	0,186941
-9,5	0,243024	0,238511	0,232950	0,226496	0,219314	0,211574	0,203436
-9	0,270026	0,264467	0,257647	0,249774	0,241069	0,231750	0,222022
-8,5	0,301741	0,294816	0,286366	0,276673	0,266032	0,254728	0,243024
-8	0,339316	0,330584	0,319996	0,307941	0,294816	0,280996	0,266821
-7,5	0,384268	0,373107	0,359675	0,344517	0,328171	0,311138	0,293852
-7	0,438628	0,424145	0,406872	0,387581	0,367016	0,345842	0,324617
-6,5	0,505162	0,486048	0,463499	0,438628	0,412472	0,385918	0,359675
-6	0,587705	0,561993	0,532064	0,499549	0,465901	0,432302	0,399639
-5,5	0,691683	0,656342	0,615882	0,572731	0,528934	0,486048	0,445143
-5	0,824943	0,775162	0,719350	0,661168	0,603482	0,548285	0,496789
-4,5	0,999098	0,926998	0,848291	0,768537	0,691683	0,620130	0,555054
-4	1,231765	1,123985	1,010324	0,899188	0,795742	0,702491	0,620130
-3,5	1,550324	1,383366	1,215119	1,057868	0,917539	0,795742	0,691683
-3	1,998196	1,729208	1,474079	1,248872	1,057868	0,899188	0,768537
-2,5	2,644671	2,193142	1,798376	1,474079	1,215119	1,010324	0,848291
-2	3,596752	2,809963	2,193142	1,729208	1,383366	1,123985	0,926998
-1,5	4,995489	3,596752	2,644671	1,998196	1,550324	1,231765	0,999098
-1	6,916831	4,495940	3,100649	2,247970	1,696581	1,322335	1,057868
-0,5	8,991881	5,289342	3,458416	2,430238	1,798376	1,383366	1,096571
0	9,990979	5,619926	3,596752	2,497745	1,835078	1,404981	1,110109
0,5	8,991881	5,289342	3,458416	2,430238	1,798376	1,383366	1,096571
1	6,916831	4,495940	3,100649	2,247970	1,696581	1,322335	1,057868
1,5	4,995489	3,596752	2,644671	1,998196	1,550324	1,231765	0,999098
2	3,596752	2,809963	2,193142	1,729208	1,383366	1,123985	0,926998
2,5	2,644671	2,193142	1,798376	1,474079	1,215119	1,010324	0,848291
3	1,998196	1,729208	1,474079	1,248872	1,057868	0,899188	0,768537

3,5	1,550324	1,383366	1,215119	1,057868	0,917539	0,795742	0,691683
4	1,231765	1,123985	1,010324	0,899188	0,795742	0,702491	0,620130
4,5	0,999098	0,926998	0,848291	0,768537	0,691683	0,620130	0,555054
5	0,824943	0,775162	0,719350	0,661168	0,603482	0,548285	0,496789
5,5	0,691683	0,656342	0,615882	0,572731	0,528934	0,486048	0,445143
6	0,587705	0,561993	0,532064	0,499549	0,465901	0,432302	0,399639
6,5	0,505162	0,486048	0,463499	0,438628	0,412472	0,385918	0,359675
7	0,438628	0,424145	0,406872	0,387581	0,367016	0,345842	0,324617
7,5	0,384268	0,373107	0,359675	0,344517	0,328171	0,311138	0,293852
8	0,339316	0,330584	0,319996	0,307941	0,294816	0,280996	0,266821
8,5	0,301741	0,294816	0,286366	0,276673	0,266032	0,254728	0,243024
9	0,270026	0,264467	0,257647	0,249774	0,241069	0,231750	0,222022
9,5	0,243024	0,238511	0,232950	0,226496	0,219314	0,211574	0,203436
10	0,219850	0,216151	0,211574	0,206236	0,200265	0,193791	0,186941

Tab.n°8 Distribuzione dei valori del campo magnetico

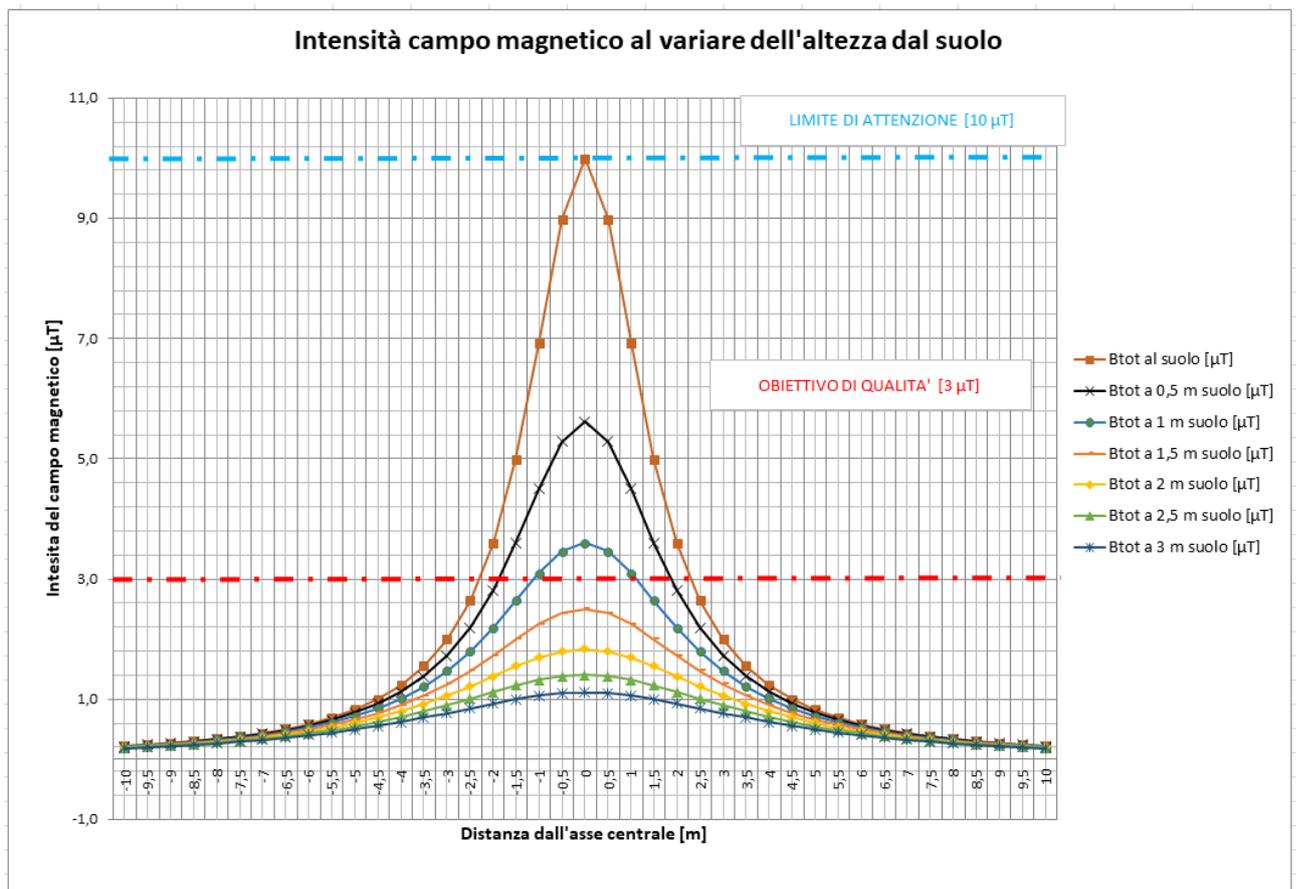


Fig. 8 Intensità del campo magnetico al variare dell'altezza dal suolo del cavidotto AT

Dalla tabella si può notare come il valore di 3  $\mu$ T (limite di qualità) lo si raggiunge ad una distanza dall'asse dei conduttori inferiore a 2,5 metri pertanto inferiore a quanto indicato nella tabella di riferimento interna alle guide Enel.

**Pertanto si può concludere che per il tratto di cavidotto AT costituito da tre terne di cavi da 1000 mm<sup>2</sup> viene individuata una fascia di rispetto (DPA) 3,1 metri (3,1 metri a sinistra e 3,1 metri a destra dell'asse del cavidotto) al di fuori del quale il rispetto dell'obiettivo di qualità è garantito.**

**All'interno della DPA individuata, non sono presenti recettori sensibili, ovvero non vi sono aree adibite né ad una permanenza giornaliera superiore alle 4 ore, né a zone gioco per l'infanzia/abitazioni scuole e laddove presenti operatori per le operazioni di manutenzione la permanenza avrà durata limitata, per cui si può stabilire che non vi sono problemi per la salute umana.**

### **3.5 SOTTOSTAZIONE ELETTRICA UTENTE 30/150 KV**

La sottostazione MT/AT verrà realizzata per l'innalzamento delle tensione e per la messa in parallelo con la rete elettrica nazionale e sarà funzionale a più impianti fotovoltaici che condivideranno lo stesso stallo AT in stazione TERNA.

La nuova sottostazione utente di trasformazione MT/AT ("SSEU") ubicata nei pressi della Nuova stazione di Cerignola 380/150kV di Terna, sarà connessa a quest'ultima mediante elettrodotto interrato AT a 150 kV lungo circa 265 metri.

Il piazzale AT della sottostazione Utente sarà composto da:

- Nr. 1 stallo arrivo linea 150 kV
- Nr. 3 stalli trasformatore 150/30 kV ;
- Nr. 1 sistema di sbarre singole 150 kV isolate in aria

Lo stallo cui andrà connesso l'impianto in oggetto sarà dotato dei seguenti componenti AT:

- trasformatore amperometrico - TA;
- interruttore;
- sezionatore orizzontale tripolare;
- trasformatore di tensione induttivo – TV;
- scaricatore;
- terminale per cavo interrato.

Verrà altresì realizzato un edificio presso i quali verranno ubicati i quadri MT, i trasformatori MT/BT, i quadri ausiliari e locale BT e misure.

La sottostazione avrà una superficie complessiva di 4550mq e 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 e il gruppo elettrogeno.

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

La finitura del piazzale interno alla SST sarà in asfalto e in corrispondenza delle apparecchiature AT sarà realizzata una finitura in ghiaietto.

Per quanto riguarda la determinazione delle fasce di rispetto, considerando che la SST è assimilabile a una cabina primaria si può ritenere che, così come previsto nel Decreto del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare del 29 maggio 2008, la fascia di rispetto rientra nei confini della suddetta area di pertinenza rendendo superflua la valutazione.

Tuttavia, a titolo di esempio, si vuole analizzare alcune delle fonti di maggiore generazione di campi elettromagnetici che, per le stazioni ad alta tensione, sono essenzialmente:

- Linee interrate MT;

-Trasformatori BT/MT e MT/AT;

-Linee/sbarre aeree di connessione tra il trasformatore e le apparecchiature elettromeccaniche;

- Linea interrata AT;

Per quanto riguarda le linee interrate MT e AT si farà riferimento alle DPA già calcolate in precedenza, mentre per quanto riguarda i trasformatori il valore più elevato di induzione magnetica è registrabile in corrispondenza dei trasformatori medesimi (6 – 15  $\mu$ T) valori che scendono in genere al disotto degli obiettivi di qualità in corrispondenza della recinzione della stazione.

L'impatto generato dalle linee/sbarre AT è di gran lunga quello più significativo e pertanto si propone il calcolo della fascia di rispetto dalle linee/sbarre AT.

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 7,5 m dal suolo, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate.

Nel progetto in esame si ha:

- S (distanza tra i conduttori)= 2,2 m;
- Pn = Potenza massima dell'impianto in progetto (220 MW);
- Vn = Tensione nominale delle sbarre AT (150kV).

e pertanto la corrente sarà pari a 804.4 A circa.

Utilizzando la formula di approssimazione proposta al paragrafo 6.2.1 della norma CEI 106-11, si avrà:

$$R' = 0,34 * \text{radq} (S * I)$$

Dove R è la distanza dal centro geometrico dei conduttori ovvero in corrispondenza del conduttore centrale corrispondente al valore di B uguale a 3  $\mu$ T, si avrà:

$$R' = 0,34 * \text{radq} (2,2 * 808) = 14,33$$

Per conferma, di seguito, è riportata l'individuazione delle fasce di rispetto relative ad una cabina primaria di Enel, estratto dalle Linee guida per l'applicazione del par. 5.1.3 dell'allegato al DM 29-05-2008) da cui emerge che in situazioni similari le fasce di rispetto da osservare sono:

- 14 metri circa dal centro delle sbarre AT
- 7 metri circa dal centro delle sbarre MT

Sulla base di tali indicazioni sono state individuate le fasce di rispetto presso l'area della sottostazione come meglio evincibili dagli allegati tecnici.

Si può pertanto concludere che le aree esterne alla stazione di alta tensione sono caratterizzate da valori campo magnetico ed elettrico inferiori ai limiti normativi in vigore e più dettaglio:

- In conformità a quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 la distanza di prima approssimazione e quindi la fascia di rispetto rientra nei confini dell'area di pertinenza della cabina di trasformazione in progetto;
- L'area di pertinenza della sottostazione è realizzata in un'area agricola con assenza di edifici abitati nel raggio di 230 metri;
- All'interno dell'area di sottostazione non è prevista la permanenza di persone per periodi continuativi superiori a 4 ore con l'impianto sotto tensione.

**Pertanto l'impatto elettromagnetico prodotto dalla sottostazione sulle persone è trascurabile.**

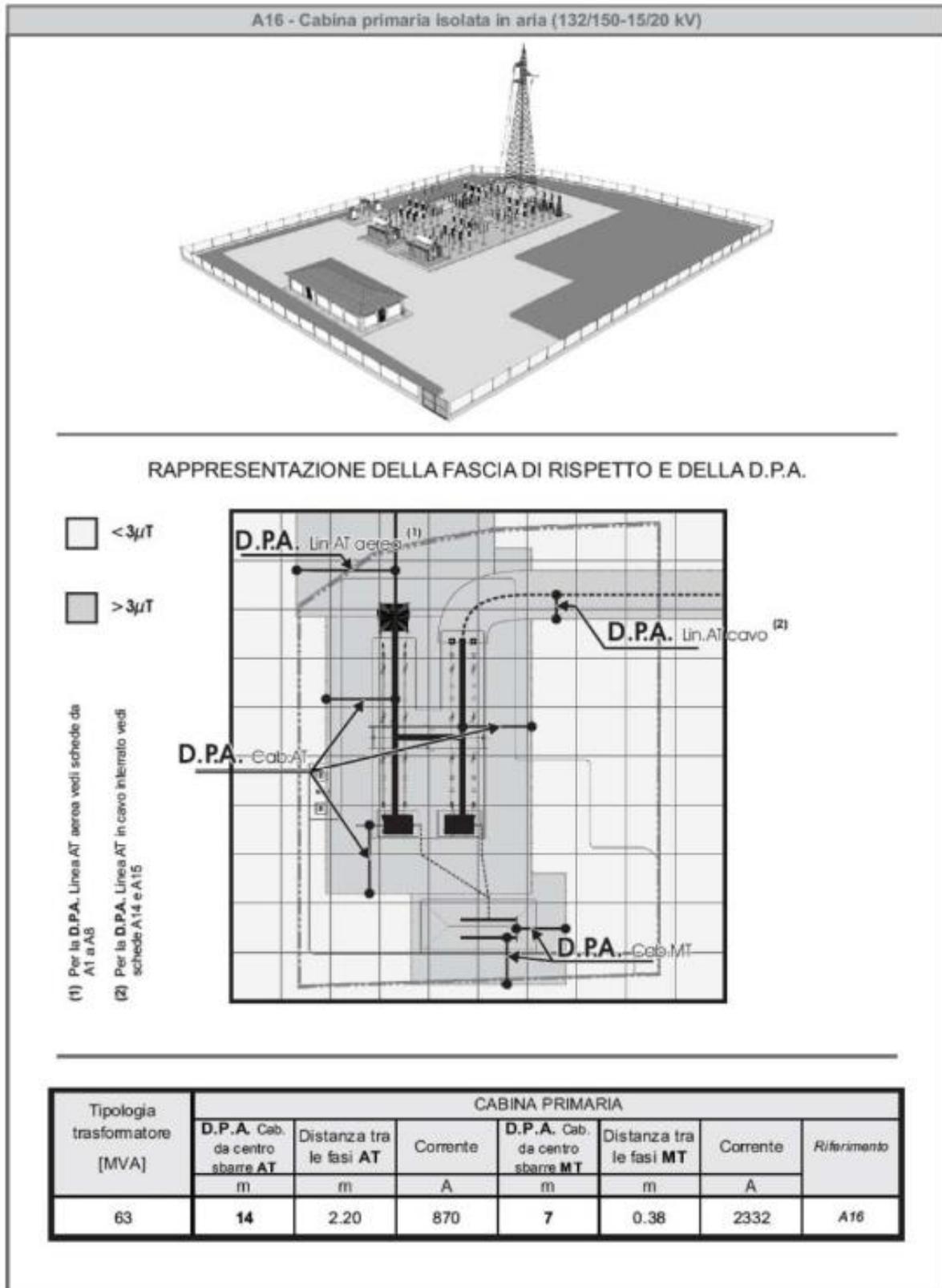


Fig. 9 Fasce di rispetto relative ad una cabina primaria di Enel

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.

## 4. CONCLUSIONI

La determinazione delle fasce di rispetto è stata effettuata in accordo al D.M. del 29/05/2008 riportando per ogni opera elettrica la distanza di prima approssimazione "DPA".

Alla luce dei calcoli eseguiti, non si riscontrano problematiche particolari relative all'impatto elettromagnetico dei componenti dell'impianto fotovoltaico, dei cavidotti di connessione e della sottostazione utente e all'esposizione umana ai campi elettrici e magnetici da questi generati.

Più in dettaglio:

### LINEA ELETTRICA MT 30 kV

Per quanto concerne i cavi interrati sono stati considerati gli accorgimenti di progetto relativi a:

- minimizzazione dei percorsi della rete;
- disposizione a fascio delle linee trifase;

### **TRATTO L07**

assumeremo una **DPA pari a 0 m** valore che garantisce, a quota 0 m dal suolo, un campo magnetico inferiore all'obiettivo di qualità.

### **TRATTO L10-L11-L12**

assumeremo una **DPA pari a 1,5 m** valore che garantisce, a quota 0 m dal suolo, un campo magnetico inferiore all'obiettivo di qualità.

Nel tratto L10-L11-L12 si può escludere la presenza di rischi di natura sanitaria per le persone, sia per i bassi valori del campo sia per assenza di possibili recettori nelle zone interessate.

## IMPIANTO FOTOVOLTAICO E SOTTOSTAZIONE ELETTRICA

Per quanto concerne i valori di campo elettrico si possono considerare inferiori ai valori imposti dalla norma (<5kV/m) in quanto le aree con valori superiori ricadono all'interno dell'area recintata dell'impianto fotovoltaico e della sottostazione elettrica e subiscono un'attenuazione per effetto della presenza di elementi posti fra la sorgente e il punto irradiato..

Per quanto concerne le sbarre AT all'interno della SSE, abbiamo visto che la D.P.A. ricade in gran parte all'interno della SSE stessa e non genera rischi di esposizione prolungata ai campi elettromagnetici dal momento che si tratta di luogo il cui accesso è consentito al solo personale specializzato, peraltro in modo saltuario e non continuativo (per tempi non superiori alle 4 ore). L'area di pertinenza della sottostazione è realizzata in un'area agricola con assenza di edifici abitati nel raggio di 365 metri;

**Le opere elettriche in progetto e relative DPA non interessano aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici o 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 8 luglio 2003.**

Inoltre, sono rispettate ampiamente le distanze da fabbricati adibiti ad abitazione o ad altra attività che comporti tempi di permanenza prolungati, previste dal D.P.C.M. 23 aprile 1992 "Limiti massimi di esposizione al campo elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale di 50 Hz negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno".

Per la **sottostazione utente** assumeremo una **DPA pari a 14,5 m**.

Si può escludere la presenza di rischi di natura sanitaria per le persone, sia per i bassi valori del campo sia per assenza di possibili recettori nelle zone interessate.

## CABINA DI TRASFORMAZIONE MT/BT E CABINA DI SMISTAMENTO

Assumeremo una **DPA pari a 5 m**.

La fascia di rispetto calcolata rientra nei confini dell'area di pertinenza dell'impianto essendo le cabine ubicate sempre oltre il margine interno delle strade perimetrali, cioè ad una distanza dalla recinzione sempre superiore ai 5 m.

Si può escludere la presenza di rischi di natura sanitaria per le persone, sia per i bassi valori del campo sia per assenza di possibili recettori nelle zone interessate.

## **LINEA ELETTRICA AT 150 kV**

Per il cavidotto AT assumeremo una **DPA pari a 3,10 m** valore che garantisce, a quota 0 m dal suolo, un campo magnetico inferiore all'obiettivo di qualità.

Si può escludere la presenza di rischi di natura sanitaria per le persone, sia per i bassi valori del campo sia per assenza di possibili recettori nelle zone interessate

**In conclusione all'interno delle aree summenzionate delimitate dalle DPA non risultano presenti 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 e pertanto la realizzazione delle opere elettriche relative alla realizzazione di un impianto fotovoltaico e delle opere connesse, rispetta la normativa vigente.**

Molfetta, 05/01/2022

I tecnici

Dott. Ing. Alessandro la Grasta

Dott. Ing. Luigi Tattoli