

MARTE S.R.L.



Via degli Arredatori, 8 – 70026 Modugno (BA) – Italy  
www.bfpgroup.net – info@bfpgroup.net  
tel. (+39) 0805046361  
Azienda con Sistema di Gestione Certificato  
UNI EN ISO 9001:2015  
UNI EN ISO 14001:2015  
UNI ISO 45001:2018

GRE CODE

GRE.EEC.R.21.IT.P.16703.00.074.01

PAGE

1 di/of 15

TITLE : Relazione verifica impatto elettromagnetico

AVAILABLE LANGUAGE: ITA

# IMPIANTO AGRIVOLTAICO DI NULVI

## Progetto definitivo

### Relazione verifica impatto elettromagnetico

File: GRE.EEC.R.21.IT.P.16703.00.074.01 Relazione verifica impatto elettromagnetico.docx

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
01	12/09/2022	REVISIONE	LAPENNA BFP	MANCINI BFP	BISCOTTI BFP
00	22/07/2022	Emissione	LAPENNA BFP	MANCINI BFP	BISCOTTI BFP

#### GRE VALIDATION

--	--	--
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT

Nulvi

#### GRE CODE

GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT	SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION										
GRE	EEC	R	2	1	I	T	P	1	6	7	0	3	0	0	0	7	4	0	1

CLASSIFICATION

UTILIZATION SCOPE

This document is property of Enel Green Power S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green Power S.p.A.

**INDICE**

1. OGGETTO.....	3
2. GENERALITÀ SULLE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE.....	3
3. NORME E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	4
3.1. DEFINIZIONI .....	4
4. INQUADRAMENTO NORMATIVO.....	5
5. DESCRIZIONE DELL’IMPIANTO.....	7
5.1. CARATTERISTICHE GENERALI DEL PARCO FOTOVOLTAICO .....	7
5.2. CABINE DI TRASFORMAZIONE .....	7
5.3. LINEE DI DISTRIBUZIONE IN MT .....	8
6. METODO DI CALCOLO CAMPO MAGNETICO .....	9
6.1. CENNI TEORICI .....	9
6.2. METODO DI CALCOLO .....	10
7. VALUTAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI GENERATI DALLE COMPONENTI DELL’IMPIANTO .....	11
7.1. APPLICAZIONE DELLA NORMATIVA SULLA TUTELA DELLA POPOLAZIONE .....	11
8. CABINE DI CONSEGNA E DI SEZIONAMENTO .....	11
8.1. DETERMINAZIONE DEI CAMPI MAGNETICI.....	11
9. LINEE DI DISTRIBUZIONE IN MT.....	12
9.1. DETERMINAZIONE DEI CAMPI MAGNETICI.....	12
10. DISTANZE DI PRIMA APPROSSIMAZIONE .....	15
11. CONCLUSIONI.....	15

## 1. OGGETTO

Il presente studio è finalizzato al calcolo preventivo delle emissioni elettromagnetiche non ionizzanti determinate dalle installazioni elettriche previste nel progetto di un impianto fotovoltaico della potenza di 10,99 MWp e potenza AC, ai fini della connessione, pari a 9,57 MW da realizzarsi nel Comune di Nulvi (SS) e delle relative opere connesse, proposto dalla società Marte S.r.l.

Il progetto prevede:

- la realizzazione dell'impianto fotovoltaico;
- la realizzazione di due cabine di consegna in prossimità dell'impianto fotovoltaico;
- la realizzazione di una cabina di sezionamento nel comune di Sedini (SS);
- la realizzazione del cavidotto MT di connessione alla cabina primaria esistente a Tergu (SS).

## 2. GENERALITÀ SULLE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE

I campi elettromagnetici consistono in onde elettriche (E) e magnetiche (H) che viaggiano insieme. Esse si propagano alla velocità della luce e sono caratterizzate da una frequenza ed una lunghezza d'onda.

I campi ELF si identificano nei campi a frequenza fino a 300 Hz. A frequenze così basse corrispondono lunghezze d'onda in aria molto grandi e, in situazioni pratiche, il campo elettrico e quello magnetico agiscono in modo indipendente l'uno dall'altro e vengono misurati e valutati separatamente.

I campi elettrici sono prodotti dalle cariche elettriche. Essi governano il moto di altre cariche elettriche che vi siano immerse. La loro intensità viene misurata in volt al metro (V/m) o in chilovolt al metro (kV/m). Quando delle cariche si accumulano su di un oggetto, fanno sì che cariche di segno uguale od opposto vengano, rispettivamente, respinte o attratte. L'intensità di questo effetto viene caratterizzata attraverso la tensione, misurata in volt (V).

L'intensità dei campi elettrici è massima vicino alla sorgente e diminuisce con la distanza (proporzionale alla tensione della sorgente). Molti materiali comuni, come il legno ed il metallo, costituiscono uno schermo per questi campi.

I campi magnetici sono prodotti dal moto delle cariche elettriche, cioè dalla corrente. Essi governano il moto delle cariche elettriche. La loro 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).

I campi magnetici sono massimi vicino alla sorgente e diminuiscono con la distanza (proporzionale alla corrente della sorgente). Essi non vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune, e li attraversano facilmente.

Ai fini dell'esposizione umana alle radiazioni non ionizzanti, considerando le caratteristiche fisiche delle grandezze elettriche in gioco in un impianto fotovoltaico (tensioni fino a 150.000 V e frequenze di 50 Hz) i campi elettrici e magnetici sono da valutarsi separatamente perché disaccoppiati.

Come già accennato il campo elettrico, a differenza del campo magnetico, subisce una attenuazione per effetto della presenza di elementi posti fra la sorgente e il punto irradiato. Pertanto le situazioni più critiche sono rappresentate dagli impianti installati in ambiente

esterno, rappresentando le schermature dei cavi, la presenza di opere civili e la blindatura degli scomparti validi elementi di schermatura. Inoltre la distanza tra le apparecchiature e le recinzioni sono tali da contenere i valori di campo elettrico entro i valori limite da eventuali ricettori sensibili. Ai fini del presente studio si valuteranno, quindi, i soli campi magnetici.

### 3. NORME E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

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

#### 3.1. 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 DPA, 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.

#### **Cabina Primaria**

La cabina primaria 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) in media tensione (8,4, 10, 15, 20 o 30 kV).

## **4. INQUADRAMENTO NORMATIVO**

La normativa nazionale per la tutela della popolazione dagli effetti dei campi elettromagnetici disciplina separatamente le basse frequenze (es. elettrodotti) e le alte frequenze (es. impianti radiotelevisivi, stazioni radiobase, ponti radio).

Il 14 febbraio 2001 è stata approvata dalla Camera dei deputati la legge quadro sull'inquinamento elettromagnetico (L.36/01). In generale il sistema di protezione dagli effetti delle esposizioni agli inquinanti ambientali distingue tra:

- Effetti acuti (o di breve periodo), basati su una soglia, per cui si fissano limiti di esposizione che garantiscono, con margini cautelativi, la non insorgenza di tali effetti;
- Effetti cronici (o di lungo periodo), privi di soglia e di natura probabilistica (all'aumentare dell'esposizione aumenta non l'entità ma la probabilità del danno), per cui si fissano livelli operativi di riferimento per prevenire o limitare il possibile danno complessivo.

È importante dunque distinguere il significato dei termini utilizzati nelle leggi (riportiamo nella tabella 1 le definizioni inserite nella legge quadro).

Limiti di esposizione	Valori di CEM che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione, ai fini della tutela dagli effetti acuti.
Valori di attenzione	Valori di CEM che non devono essere superati negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Essi costituiscono la misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti di lungo periodo.
Obiettivi di qualità	Valori di CEM causati da singoli impianti o apparecchiature 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.

**Tabella 1:** Definizioni di limiti di esposizione, di valori di attenzione e di obiettivi di qualità secondo la legge quadro.

La normativa di riferimento in Italia per le linee elettriche è il DPCM del 08/07/2003 (G.U. n. 200 del 29.08.2003) "Fissazione dei limiti massimi di esposizione, dei valori di attenzione e

degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”; tale decreto, per effetto di quanto fissato dalla legge quadro sull’inquinamento elettromagnetico, stabilisce:

- I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute della popolazione nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze non contemplate dal D.M. 381/98, ovvero i campi a bassa frequenza (ELF) e a frequenza industriale (50 Hz);
- Parametri per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti.

Relativamente alla definizione di limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità per l’esposizione della popolazione ai campi di frequenza industriale (50 Hz) relativi agli elettrodotti, il DPCM 08/07/03 propone i valori descritti in tabella 2, confrontati con la normativa europea.

Normativa	Limiti previsti	Induzione magnetica B ( $\mu$ T)	Intensità del campo elettrico E (V/m)
DPCM	Limite d’esposizione	100	5.000
	Limite d’attenzione	10	
	Obiettivo di qualità	3	
Racc. 1999/512/CE	Livelli di riferimento (ICNIRP1998, OMS)	100	5.000

**Tabella 2:** Limiti di esposizione, limiti di attenzione e obiettivi di qualità del DPCM 08/07/03, confrontati con i livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/512CE.

Il valore di attenzione di 10  $\mu$ T si applica nelle aree di gioco per l’infanzia, negli ambienti abitativi, negli ambienti scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per almeno 4 ore al giorno. Tale valore è da intendersi come mediana dei valori nell’arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

L’obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T si applica ai nuovi elettrodotti nelle vicinanze dei sopraccitati ambienti e luoghi, nonché ai nuovi insediamenti ed edifici in fase di realizzazione in prossimità di linee e di installazioni elettriche già esistenti (valore inteso come mediana dei valori nell’arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio). Da notare che questo valore corrisponde approssimativamente al livello di induzione prevedibile, per linee a pieno carico, alle distanze di rispetto stabilite dal vecchio DPCM 23/04/92.

Si ricorda che i limiti di esposizione fissati dalla legge sono di 100  $\mu$ T per lunghe esposizioni e di 1000  $\mu$ T per brevi esposizioni.

Per quanto riguarda la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, il Ministero dell’ambiente e della tutela del territorio e del mare, sentite le ARPA, ha approvato, con Decreto 29 Maggio 2008, “La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti”.

Tale metodologia, ai sensi dell’art. 6 comma 2 del D.P.C.M. 8 luglio 2003, ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree e interrate, esistenti e in progetto. I riferimenti contenuti in tale articolo implicano che le fasce di rispetto debbano attribuirsi ove sia applicabile l’obiettivo di qualità:

“Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree di gioco per l’infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio” (Art. 4).

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto è stato introdotto nella metodologia di calcolo un procedimento semplificato che trasforma la fascia di rispetto (volume) in una distanza di prima approssimazione (distanza).

Si precisa, inoltre, che secondo quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 sopra citato, la tutela in merito alle fasce di rispetto di cui all’art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 si applica alle linee elettriche aeree ed interrate, esistenti ed in progetto ad esclusione di:

- linee esercite a frequenza diversa da quella di rete di 50 Hz (ad esempio linee di alimentazione dei mezzi di trasporto);
- linee di classe zero ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (come le linee di telecomunicazione);
- linee di prima classe ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (quali le linee di bassa tensione);
- linee di Media Tensione in cavo cordato ad elica (interrate o aeree);

in quanto le relative fasce di rispetto hanno un’ampiezza ridotta, inferiore alle distanze previste dal DM 21 marzo 1988, n. 449 e s.m.i..

## 5. DESCRIZIONE DELL’IMPIANTO

### 5.1. CARATTERISTICHE GENERALI DEL PARCO FOTOVOLTAICO

L’impianto fotovoltaico è composto da n. 2 aree: l’area n.1 corrispondente all’area a SUD OVEST, mentre l’area n.2 corrispondente all’area a NORD EST dell’impianto.

L’ottimizzazione del numero di moduli e quindi delle stringhe installabili ha previsto l’installazione di 46 inverter di stringa, aventi potenza nominale in c.a. pari a 200 kVA e collegati in parallelo nei quadri QPBT installati all’interno delle cabine di trasformazione. I suddetti quadri saranno collegati ognuno ad un trasformatore MT/BT. Per maggiori dettagli di installazione si rimanda allo schema elettrico unifilare dell’impianto.

L’impianto avrà una potenza installata pari a circa 10.987 kWp e una potenza in uscita lato AC pari a circa 9.200 kW. Si prevede di installare n. 20.160 moduli fotovoltaici della potenza di 545 Wp le cui stringhe saranno formate da 28 moduli.

Tali numeri potranno variare a seconda delle caratteristiche tecniche dei convertitori scelti in fase esecutiva.

### 5.2. CABINE DI TRASFORMAZIONE

Il passaggio da corrente continua a corrente alternata avverrà per mezzo di convertitori statici trifase di stringa dislocati all’interno dell’impianto fotovoltaico.

Tali apparecchi saranno dotati di idonei dispositivi atti a sezionare e proteggere sia il lato in corrente continua che il lato in corrente alternata.

Le cabine di trasformazione saranno costituite da appositi container da 20”, assemblati con trasformatori MT/BT, quadri di media tensione e quadri di bassa tensione. Le cabine saranno internamente suddivise nei seguenti tre vani:

- il vano quadri BT, in cui è alloggiato il trasformatore per i servizi ausiliari della cabina, i quadri per i servizi ausiliari e il quadro di parallelo inverter;
- il vano di trasformazione all'interno del quale è posizionato il trasformatore MT/BT che provvederà ad elevare la tensione a 15.000 V;
- il vano quadri di media tensione, in cui sono alloggiati i quadri elettrici di media tensione. All'interno dell'area, inoltre, saranno presenti due cabine utente e due cabine di consegna. All'interno di ciascuna cabina utente saranno presenti gli arrivi delle celle di media del campo fotovoltaico e le celle di media di partenza per il collegamento dell'impianto fotovoltaico alla rete e-distribuzione (tramite cabina di consegna e cabina di sezionamento) nonché il trasformatore dei servizi ausiliari. Inoltre, in appositi container da 20" (Control Room), saranno installati i dispositivi di monitoraggio di ogni area del campo fotovoltaico e i quadri dei servizi ausiliari.

### 5.3. LINEE DI DISTRIBUZIONE IN MT

La potenza elettrica raccolta dalle aree di produzione sarà trasferita in elettrodotto MT interrato al punto di consegna.

L'elettrodotto si comporrà delle seguenti sezioni fondamentali:

- collegamenti tra la cabina di trasformazione di ogni singola porzione d'impianto e la relativa cabina utente;
- collegamento tra le cabine utente e le cabine di consegna di ogni singola sezione d'impianto;
- collegamento tra le cabine di consegna delle due sezioni d'impianto e la cabina di sezionamento;
- collegamento tra la cabina di sezionamento e la cabina primaria esistente AT/MT denominata "CP TERGU".

I cavi impiegati all'interno dell'impianto saranno del tipo unipolari **ARE4H5E<sup>1</sup> 12/20 kV** o similare con posa in cavidotto a "trifoglio", direttamente interrati e con protezione meccanica tramite lastre o tegoli all'interno dell'impianto.

All'esterno dell'impianto, per il collegamento delle due cabine utente alle rispettive cabine di consegna e da queste alla cabina di sezionamento ed infine da questa alla CP TERGU, saranno utilizzati cavi cordati ad elica del tipo **ARE4H5EX 12/20 kV**.

Essi sono costituiti da un conduttore a corda rotonda compatta di alluminio e tra il conduttore e l'isolante in mescola in elastomero termoplastico (qualità HEPR), sarà interposto uno strato di semiconduttore estruso. Tra l'isolante e lo schermo metallico invece sarà interposto uno strato di semiconduttore a mescola estrusa che, a sua volta sarà coperto da un rivestimento protettivo costituito da un nastro semiconduttore igroespandente. La schermatura sarà fatta mediante fili di rame rosso con nastro di rame in contospirale. La guaina sarà costituita da una mescola a base di PVC di colore rosso.

Il cavo suddetto è definito a campo radiale in quanto, essendo ciascuna anima rivestita da

---

<sup>1</sup> Per quanto riguarda i cavi non "CPR", se immessi sul mercato dopo il 01/07/2017, dovranno essere sostituiti con cavi "CPR" corrispondenti, qualora disponibili sul mercato prima dell'esecuzione dell'impianto (**D.lgs n 106 del 16/06/2017**)

uno schermo metallico, le linee di forza elettriche risultano perpendicolari agli strati dell'isolante.

La sezione dei singoli cavi componenti le terne, presenta le seguenti caratteristiche:

Tratto	N. di terne	Portata in servizio normale massima	Sezione conduttore	Diametro conduttore	Diametro sull'isolante	Diametro cavo	Portata al limite termico del cavo <sup>(1)</sup>
	N.	[A]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[mm]	[A]
Caso 1	1	107,8	95	11,4	22,1	30	256
Caso 2	2	107,8	95	11,4	22,1	30	256
		23,1	95	11,4	22,1	30	256

(1) posa interrata a trifoglio e resistività del terreno  $\rho=1 \text{ }^{\circ}\text{Cm/W}$  (valore ricavato dalla scheda tecnica del cavo)

**Tabella 3:** Caratteristiche dimensionali dei cavi in MT.

Ai fini della valutazione dei campi magnetici, di seguito descritta, sono state considerate come portate in servizio normale le correnti massime generate dall'impianto fotovoltaico. Tali valori di corrente risultano sovradimensionati e quindi di tipo conservativo in quanto i valori massimi reali, comunque inferiori ai valori indicati, si otterranno solo in determinate condizioni di funzionamento, funzione di diversi parametri quali per esempio le condizioni atmosferiche, rendimento delle apparecchiature ecc. È importante precisare che i casi 1 e 2 caratterizzano le linee MT di passaggio da un'area all'altra dell'impianto.

## 6. METODO DI CALCOLO CAMPO MAGNETICO

### 6.1. CENNI TEORICI

L'induzione magnetica  $B$  generata da  $NR$  conduttori filiformi, numerati da 0 a ( $NR-1$ ), può essere calcolata con l'espressione riportata di seguito. Si fa notare che solo i conduttori reali contribuiscono al campo magnetico, perché si assume il suolo perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico e non si considerano quindi i conduttori immagine.

$$\vec{B} = -\frac{\mu_0}{4\pi} \sum_{k=0}^{NR-1} \int_{C_k} \frac{i}{r^3} \vec{r} \times d\vec{l}$$

Dove  $\mu_0$  è la permeabilità magnetica del vuoto,  $NR$  è il numero dei conduttori,  $i$  la corrente,  $C_k$  il conduttore generico,  $d\vec{l}$  un suo tratto elementare,  $r$  la distanza tra questo tratto elementare ed il punto dove si vuole calcolare il campo.

Il modello adottato (conduttori cilindrici rettilinei orizzontali indefiniti paralleli tra di loro) consente di eseguire facilmente l'integrazione e semplificare i calcoli.

Indicato con  $Q$  il punto dove si vuole determinare il campo, definiamo sezione normale il piano verticale passante per  $Q$  e ortogonale ai conduttori; indichiamo quindi con  $P_k$  il punto dove il generico conduttore  $C_k$  interseca la sezione normale, e con  $I_k$  la corrente nel singolo conduttore (si è preso l'asse  $z$  nella direzione dei conduttori).

Con queste posizioni, per l'induzione magnetica in  $Q$  si ottiene l'espressione

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_{k=0}^{NR-1} \frac{i_k \vec{z} \times (Q - P_k)}{|Q - P_k|^2}$$

La formula indica che l'induzione magnetica è inversamente proporzionale al quadrato della distanza del punto di interesse dai conduttori; esiste inoltre una proporzionalità diretta tra l'induzione e la distanza tra i singoli conduttori di ogni terna.

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

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

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

Dove:

- $\lambda$  = densità lineare di carica sul conduttore;
- $\epsilon_0$  = permittività del vuoto;
- $d$  = distanza del conduttore rettilineo dal punto di calcolo;
- $u_r$  = versore unitario con direzione radiale al conduttore.

## 6.2. METODO DI CALCOLO

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 (DPA).

Come già accennato il campo Elettrico, a differenza del campo Magnetico, subisce una attenuazione per effetto della presenza di elementi posti fra la sorgente e il punto irradiato risultando nella totalità dei casi inferiore ai limiti imposti dalla norma.

Ai fini del presente studio si valuteranno i soli campi magnetici per tutte le apparecchiature elettriche costituenti l'impianto.

**7. VALUTAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI GENERATI DALLE COMPONENTI DELL'IMPIANTO**

**7.1. APPLICAZIONE DELLA NORMATIVA SULLA TUTELA DELLA POPOLAZIONE**

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

Essendo le zone direttamente confinanti con l'impianto non adibite né ad una permanenza giornaliera non inferiore alle 4 ore né a zone gioco per l'infanzia ad abitazioni o scuole, vanno verificati esclusivamente i limiti di esposizione. Non trovano applicazione, per le stesse motivazioni, gli obiettivi di qualità del DPCM 8 luglio 2003.

**8. CABINE DI CONSEGNA E DI SEZIONAMENTO**

**8.1. DETERMINAZIONE DEI CAMPI MAGNETICI**

Per quanto riguarda le cabine di e-distribuzione si è considerato il caso in cui all'interno fosse presente un trasformatore MT/BT da 630 kVA anche se non richiesto nella STMG fornito dal distributore. A tal proposito si riporta di seguito l'individuazione delle fasce di rispetto relative ad una cabina secondaria alimentata in cavo sotterraneo con tensione 15 o 20 kV di Enel, estratto dalle Linee guida per l'applicazione del par. 5.1.3 dell'allegato al DM 29-05-2008.

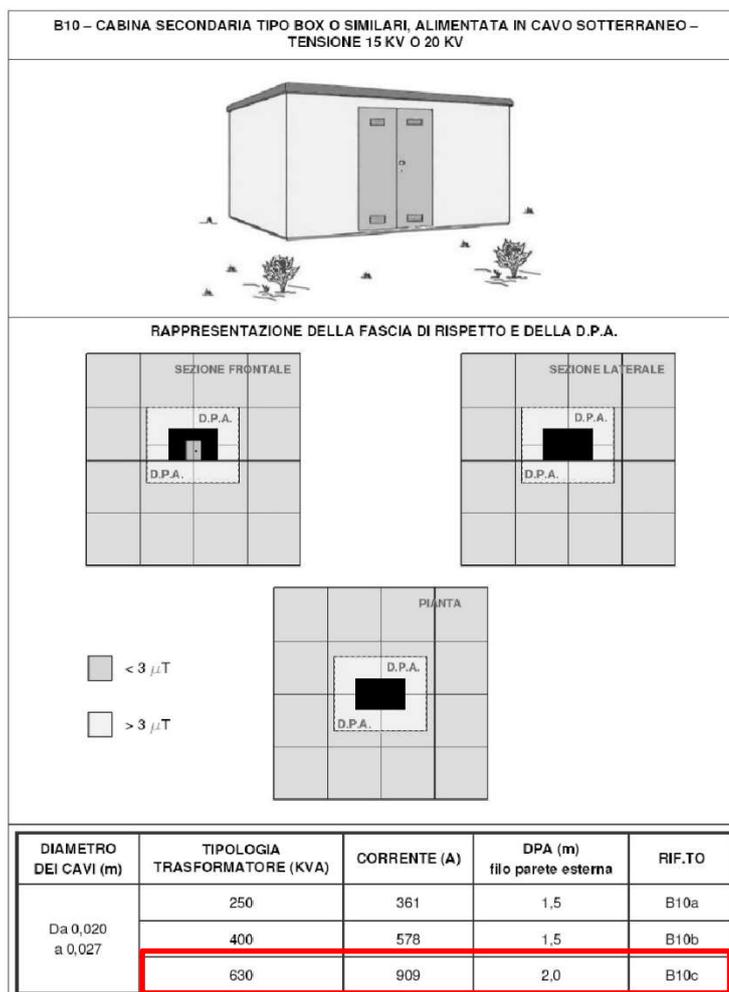


Figura 1 - Esempio di fasce di rispetto relative ad una cabina secondaria

## 9. LINEE DI DISTRIBUZIONE IN MT

### 9.1. DETERMINAZIONE DEI CAMPI MAGNETICI

Secondo quanto previsto dal D.M. 29 Maggio 2008, il calcolo della fascia di rispetto di cui all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 si applica alle linee elettriche aeree ed interrate, esistenti ed in progetto ad esclusione, tra le varie casistiche, per le linee di Media Tensione in cavo cordato ad elica. Per tale motivo essendo le linee MT di collegamento tra le cabine di consegna e la cabina di sezionamento e tra quest'ultima e la cabina primaria "Terqu" del tipo cordato ad elica, non trovano applicazione gli obiettivi di qualità del DPCM 8 luglio 2003.

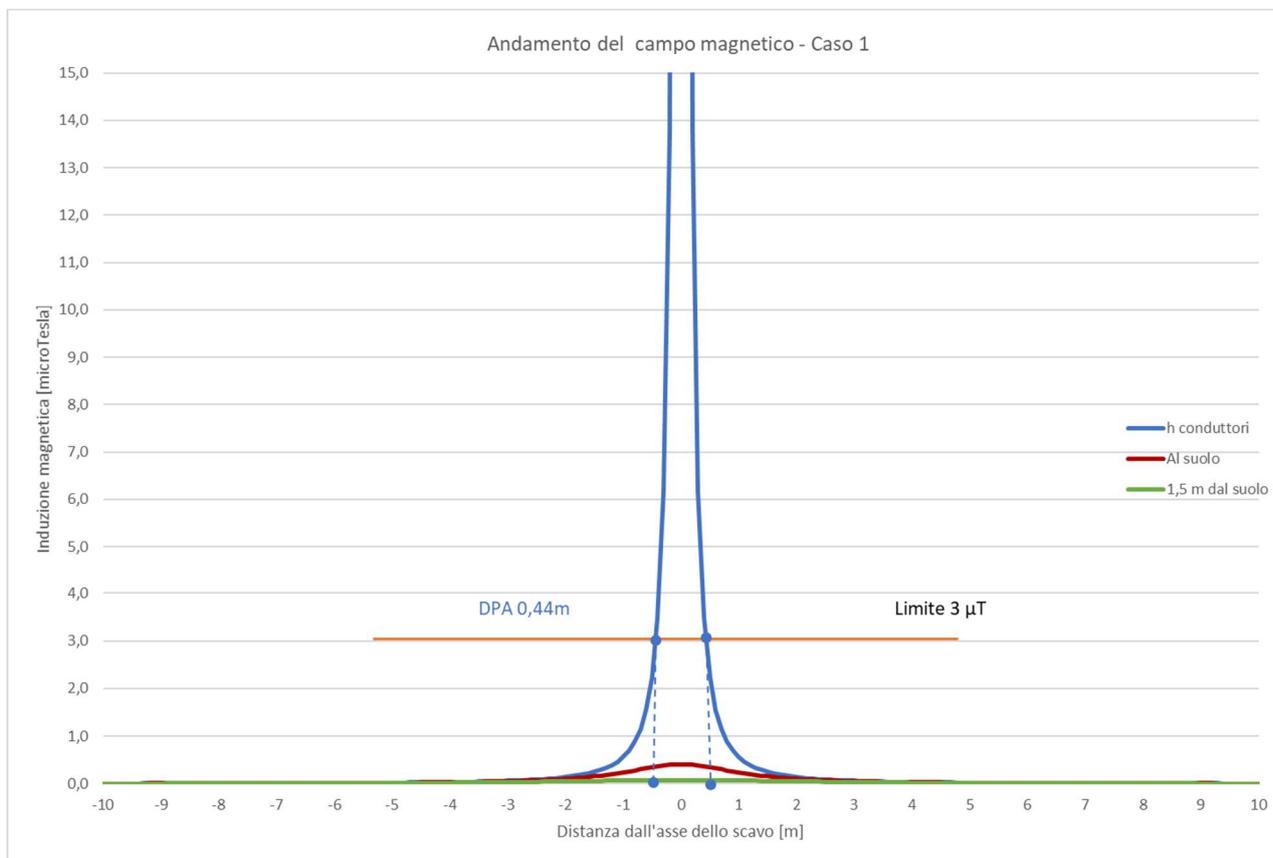
Per la realizzazione dei cavidotti di collegamento, sono stati considerati tutti gli accorgimenti che consentono la minimizzazione degli effetti elettromagnetici sull'ambiente e sulle persone. In particolare, la scelta di operare con linee in MT interrate permette di eliminare la componente elettrica del campo, grazie all'effetto schermante del terreno; inoltre la limitata distanza tra i cavi (ulteriormente ridotta grazie all'impiego di terne posate "a trifoglio") fa sì che l'induzione magnetica risulti significativa solo in prossimità dei cavi.

In dettaglio saranno simulati i seguenti tratti di cavidotto alla tensione nominale di 15 kV:

- Caso 1: una terna di conduttori disposti a trifoglio di sezione 95 mm<sup>2</sup> interrata ad una profondità di 1,20 m con una portata in servizio nominale di 107,8 A
- Caso 2: due terne di conduttori disposti a trifoglio di sezione 95 mm<sup>2</sup> interrate ad una profondità di 1,20 m con portata in servizio normale totale di 130,9 (107,8 A + 23,1A);

Maggiori dettagli sulle correnti massime trasportate e le caratteristiche dei conduttori sono riportati in tabella 3.

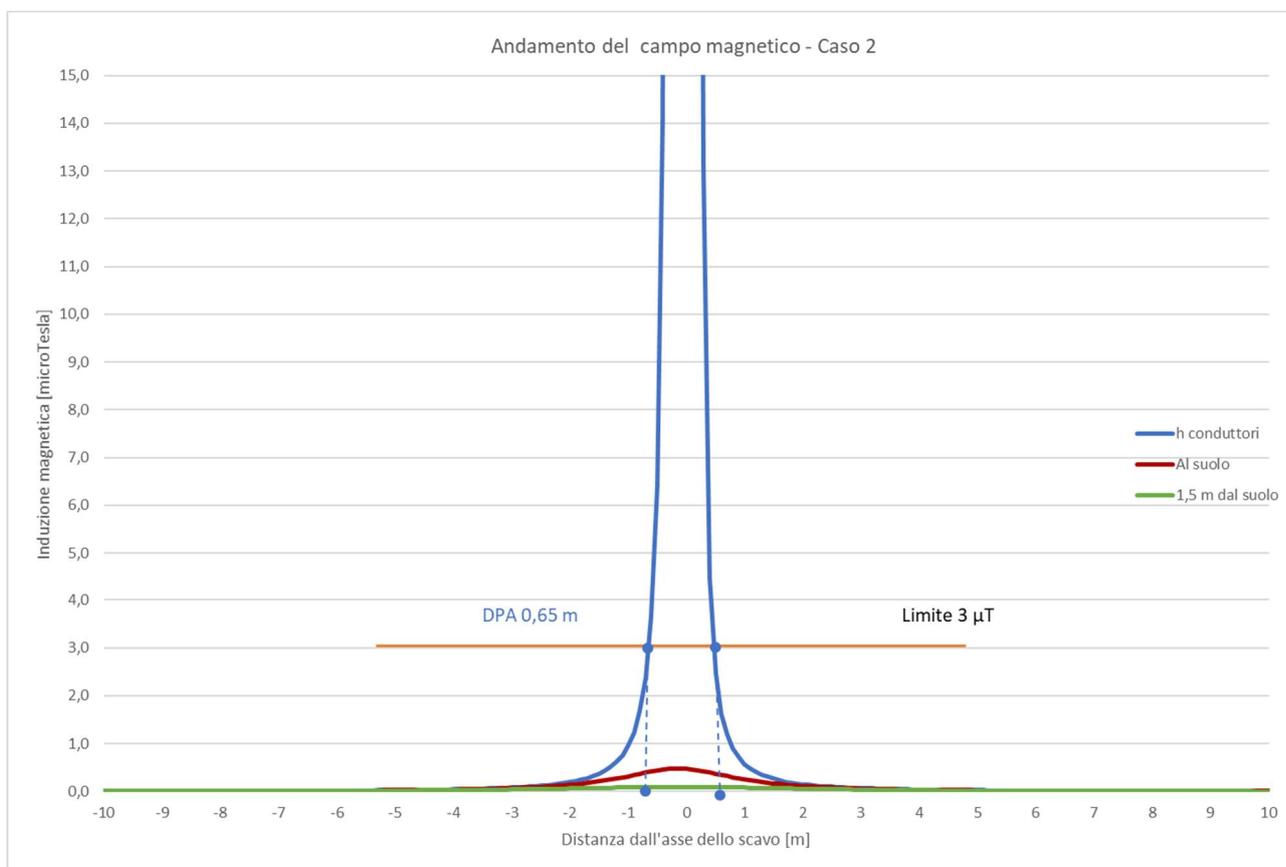
I valori del campo magnetico sono stati misurati all'altezza dei conduttori (-1,20 m dal livello del suolo), al suolo e ad altezza dal suolo di 1,50 m. Più precisamente, i risultati di seguito riportati illustrano l'andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori e l'andamento del campo magnetico su di un asse ortogonale all'asse dei conduttori.



**Figura 2:** Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa CASO 1.

Distanza dai cavi [m]	Altezza conduttori [μT]	Al suolo [μT]	A 1,5 m dal suolo [μT]
-10	0,006	0,006	0,005
-9	0,007	0,007	0,006
-8	0,009	0,009	0,008
-7	0,011	0,011	0,010
-6	0,016	0,015	0,013
-5	0,022	0,021	0,017
-4	0,035	0,032	0,024
-3	0,062	0,054	0,035
-2	0,140	0,104	0,050
-1	0,560	0,237	0,069
0	192,566	0,411	0,079
1	0,560	0,237	0,069
2	0,140	0,104	0,050
3	0,062	0,054	0,035
4	0,035	0,032	0,024
5	0,022	0,021	0,017
6	0,016	0,015	0,013
7	0,011	0,011	0,010
8	0,009	0,009	0,008
9	0,007	0,007	0,006
10	0,006	0,006	0,005

**Tabella 4:** Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa al CASO 1.



**Figura 2:** Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa CASO 2.

Distanza dai cavi [m]	Altezza conduttori [µT]	Al suolo [µT]	A 1,5 m dal suolo [µT]
-10	0,007	0,007	0,007
-9	0,009	0,009	0,008
-8	0,011	0,011	0,010
-7	0,014	0,014	0,013
-6	0,020	0,019	0,016
-5	0,029	0,027	0,022
-4	0,046	0,042	0,031
-3	0,083	0,071	0,044
-2	0,198	0,141	0,064
-1	0,957	0,319	0,086
0	16,176	0,469	0,094
1	0,576	0,256	0,081
2	0,153	0,116	0,058
3	0,070	0,061	0,040
4	0,040	0,037	0,028
5	0,026	0,025	0,020
6	0,018	0,018	0,015
7	0,013	0,013	0,012
8	0,010	0,010	0,009
9	0,008	0,008	0,008
10	0,007	0,007	0,006

**Tabella 5:** Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa al CASO 1.

## 10. DISTANZE DI PRIMA APPROSSIMAZIONE

Il calcolo della DPA per i cavidotti di collegamento in MT simulati (relativi al paragrafo 8.1) 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 ai 3  $\mu$ T. Si riportano nella seguente tabella le distanze di prima approssimazione per il tratto di cavidotto preso in esame:

CASO DI STUDIO	N° TERRE	SEZIONI [mm <sup>2</sup> ]	TIPOLOGIA CAVO	TENSIONE [kV]	DPA [m]
<b>1</b> <sup>(1)</sup>	1	95	ARE4H5E	15	<b>1</b>
<b>2</b> <sup>(1)</sup>	2	95 – 95	ARE4H5E	15	<b>1</b>

(1) Collegamento fra le diverse aree di impianto

**Tabella 6:** Distanza di prima approssimazione per cavidotti MT

In dettaglio si sono ottenuti i seguenti valori:

- **CASO 1** - Valore a 3  $\mu$ T: 0,44 m - Valore DPA: 1 m;
- **CASO 2** - Valore a 3  $\mu$ T: 0,65 m - Valore DPA: 1 m;

le cui DPA sono state calcolate con una approssimazione non superiore al metro così come indicato nel paragrafo 5.1.2 della guida allegata al DM del 29/05/2008.

## 11. CONCLUSIONI

La determinazione delle fasce di rispetto è stata effettuata in accordo al D.M. del 29/05/2008.

Dalle analisi e considerazioni fatte si può desumere quanto segue:

- Per la valutazione dei campi magnetici ed elettrici all'interno dell'impianto, essendo l'accesso consentito esclusivamente a personale lavoratore autorizzato, non trova applicazione il DPCM 8 luglio 2003;
- Per i cavidotti in media tensione di cui al paragrafo 9.1 la distanza di prima approssimazione non eccede il range di  $\pm$  1 m rispetto all'asse del cavidotto;
- Per le cabine di consegna e di sezionamento di cui al paragrafo 8.1 la distanza di prima approssimazione non eccede il range di  $\pm$  2 m dal perimetro della cabina stessa.
- Per i cavidotti in media tensione di collegamento tra le cabine di consegna e la cabina di sezionamento e tra quest'ultima e la cabina primaria "Tergu" non si applica quanto previsto dal DPCM 8 luglio 2003, essendo del tipo cordato ad elica;

*All'interno delle aree summenzionate delimitate dalle DPA 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, sito nel Comune Nulvi (SS) e delle relative opere e infrastrutture connesse, rispetta la normativa vigente.*

*In fase esecutiva si valuterà la possibilità di ridurre ulteriormente le emissioni elettromagnetiche e quindi le DPA valutando soluzioni tecniche e di posa alternative e migliorative.*