



VSE

VSE S.r.l.

PIAZZALE LUIGI CADORNA N.14 - MILANO (MI)

P.IVA 13156270962

REA MI - 2615671

C.F. 02607460223

Regione Abruzzo
Comune di Corropoli
Provincia di Teramo

AUTORIZZAZIONE UNICA

Titolo:

Impianto di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica

"VSE_CORROPOLI"

Via Pozzolana SNC

Oggetto:

RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO

Codifica Elaborato:

RT

03

Impresa/Studio di progettazione:



Via dell'Industria, 1 - 40027 Osimo (AN) T. +39 071 7231280 F. +39 071 7235455
Web www.weplaningegneria.it Email info@weplaningegneria.it Pec weplanstudio@pec.it

Progettista/Direttore Tecnico:

Dott. Ing. Michele BALEANI
Ordine degli Ingegneri prov. Ancona n. 2319



Latitudine: 42.821388°
Longitudine: 13.863817°

Cod. File:

RT.03_CORROPOLI_PD_01.pdf

Scala:

-

Formato:

A4

Codice:

PD

Rev.:

01

Rev.	Data	Descrizione revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
0	01/2024	Prima emissione	Ing. Michele Baleani	Ing. Michele Baleani	Ing. Michele Baleani
1	07/2024	Seconda emissione	Ing. Michele Baleani	Ing. Michele Baleani	Ing. Michele Baleani

Sommario

1	PREMESSA.....	1
2	GRANDEZZE, SIMBOLI, CONVENZIONI	1
3	LEGGI E NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO	1
4	LIMITI DI ESPOSIZIONE E VALORI DI ATTENZIONE.....	2
4.1	<i>Limiti di esposizione</i>	2
4.2	<i>Valori di attenzione</i>	2
4.3	<i>Obiettivi di qualità (come riportati nell'art.4 D.P.C.M. 8/7/2003)</i>	2
5	CAMPO DI APPLICAZIONE ALLA SPECIFICA REALTA' PROGETTUALE	3
6	METODOLOGIA DI CALCOLO DEL CAMPO MAGNETICO.....	4
7	VALUTAZIONE DI IMPATTO ELETTROMAGNETICO PER I CAVIDOTTI INTERRATI	5
8	VALUTAZIONE DI IMPATTO ELETTROMAGNETICO PER LE CABINE DI TRASFORMAZIONE MT/BT	8
9	CONCLUSIONI.....	10

1 PREMESSA

La presente relazione tecnica riguarda la valutazione dell'impatto elettromagnetico prodotto dal nuovo impianto di produzione da fonte solare sito nel Comune di Corropoli (TE) della potenza nominale 5.626,08 kWp.

L'impianto è costituito da n.2 sezioni, Sezione Nord e Sezione Sud, di potenza rispettivamente pari a 1.682,64 kWp e 3.943,44 kWp.

In ciascuna sezione l'energia prodotta dai moduli fotovoltaici sarà convertita da corrente continua a corrente alternata. Successivamente verrà trasformata dalla tensione di 800V alla tensione di 20 kV mediante n. 1 cabine di trasformazione MT/bt di sottocampo per la sezione impianto connessione nord e n. 2 cabine di trasformazione MT/bt per la sezione impianto connessione sud, per poi essere trasferita ad una cabina di consegna distinta per ciascuna sezione tramite cavi MT interrati.

2 GRANDEZZE, SIMBOLI, CONVENZIONI

B = Valore efficace del campo magnetico

f = Frequenza

T = Tesla

V = Volt

W = Watt

AT = Alta Tensione (> 30 kV)

MT = Media Tensione (15-30 kV)

BT = Bassa Tensione (230-400 V)

3 LEGGI E NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO

Le norme tecniche e le Leggi costituenti il quadro normativo e legislativo vigente in materia di interferenze ed inquinamento elettromagnetico relativa ad impianti di trasmissione, trasformazione e distribuzione di energia elettrica a frequenza industriale (50 Hz) sono:

- Legge 22 febbraio 2001, n° 36 Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici;
- Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 08.07.2003 Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti;
- Decreto ministeriale 21.03.1988, n. 449 Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne;
- Decreto ministeriale 29.05.2008 Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica;

- Decreto ministeriale 29.05.2008 Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti;
- 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 1: Linee elettriche aeree e in cavo (2006-02);
- CEI 211-4 Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche (2008-09);
- CEI 211-6 Guida per la misura e la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana (2001-01)
- ENEL Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'allegato al DM 29.05.08 - Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche;
- CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo (2006-07).

4 LIMITI DI ESPOSIZIONE E VALORI DI ATTENZIONE

I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per il campo elettrico e per quello magnetico da porre quale riferimento nella progettazione di nuove linee e stazioni elettriche sono riportate nel D.P.C.M. 8/7/2003 come di seguito riportato:

4.1 Limiti di esposizione

- Campi elettrici alla frequenza di 50 Hz: 5 kV/m inteso come valore efficace
- Campi magnetici alla frequenza di 50 Hz: 100 μ T inteso come valore efficace

4.2 Valori di attenzione

Questi valori non devono essere superati nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore/giorno (oltre ai luoghi per l'infanzia e scolastici indipendentemente dal tempo di esposizione).

- Campi magnetici alla frequenza di 50 Hz: 10 μ T da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

4.3 Obiettivi di qualità (come riportati nell'art.4 D.P.C.M. 8/7/2003)

“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 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Nella progettazione delle linee di trasmissione della potenza elettrica prodotta dall'impianto in esame sarà posto quale limite da non superare in prossimità di aree destinate alla permanenza di persone il limite dei $3 \mu T$ ".

5 CAMPO DI APPLICAZIONE ALLA SPECIFICA REALTA' PROGETTUALE

Come accennato in premessa, il progetto del nuovo impianto fotovoltaico prevede per le due sezioni l'installazione di tre cabine di sottocampo per la trasformazione dell'energia elettrica dalla tensione di 800 V (uscita degli inverter) alla tensione di 20.000V.

In ciascuna cabina di trasformazione MT/BT, oltre al quadro MT per il sezionamento e la protezione degli impianti ad essa connessi, è installato un trasformatore di potenza apparente pari a 2.000 kVA.

La connessione alla rete pubblica in MT avverrà mediante la realizzazione di n.2 apposite cabine di consegna, suddivise in locale distributore, locale misura e locale utente.

In quest'ultimo locale sarà installato il quadro MT con i dispositivi per la protezione delle linee in media tensione provenienti dalle singole cabine di sottocampo e i dispositivi per le funzioni di protezione generale e di protezione di interfaccia in conformità alla Norma CEI 0-16.

Ciascuna linea MT in arrivo alla cabina di consegna sarà realizzata con cavi tipo ARG7H1R e costituita da tre cavi unipolari (sez. 185mm^2) con disposizione a trifoglio, contenuti in un tubo in PVC di diametro esterno 160 mm posato ad una profondità di circa 150 cm nella sezione impianto connessione Nord e di 120 cm nella sezione impianto connessione Sud.

Il presente calcolo riguarda un tratto di condotta MT costituito da due linee affiancate e provenienti dalle due cabine sopra citate per la successiva connessione alla Cabina di Consegna. Per ogni ulteriore dettaglio relativo al progetto in esame si rimanda agli elaborati grafici ed alle relazioni tecniche del Progetto Definitivo di cui la presente relazione è parte integrante.

Con riferimento alla specifica realtà progettuale delle linee elettriche, poiché il valore del campo elettrico è da ritenersi trascurabile sia per i cavi MT che sono schermati, sia per la parte di impianto in BT proprio per il basso livello di tensione, saranno oggetto di valutazione i valori della sola induzione magnetica sul piano della sezione di scavo e della corrispondente intersezione di quest'ultimo con il piano campagna limitatamente alle linee MT in cavo interrate che convergeranno alla cabina di consegna lato utente relativa alla Sezione SUD, nel tratto in cui tali linee risulteranno ravvicinate, costituendo questo il caso per il quale i valori dell'induzione magnetica raggiungono i livelli più elevati nell'ambito dell'intera rete MT interna all'impianto.

Risulta, infatti, superflua la verifica delle linee MT in cavo interrate che convergeranno alla cabina di consegna lato utente relativa alla Sezione NORD, essendo queste ultime percorse da correnti inferiori, vista la configurazione dell'impianto che prevede una potenza installata sensibilmente inferiore per tale sezione.

Si riportano qui di seguito le correnti di calcolo (A) per le linee MT intese come portate in regime permanente così come definita nella norma CEI11-17. Tali linee saranno tutte costituite da cavo con conduttore in alluminio del tipo ARG7H1R, di sezione pari a 185 mm².

- Cabina di sottocampo S1 (Sud 1) = 53,43 A
- Cabina di sottocampo S2 (Sud 2) = 57,80 A

Inoltre, verranno valutati i valori dell'induzione magnetica presenti nelle cabine di sottocampo con riferimento al tratto di linee BT entranti nei trasformatori, costituendo questo il caso per il quale i valori dell'induzione magnetica raggiungono i livelli più elevati nell'ambito della cabina di sottocampo.

Per quanto appena esposto, sono quindi escluse dalla presente valutazione sia le linee esercite a frequenze diverse da quella di rete (50 Hz), sia le linee definite di classe zero secondo il decreto interministeriale 21.03.88 n. 449, sia le linee definite di prima classe secondo il decreto interministeriale 21.03.88 n. 449, sia le linee in MT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree). In tutti questi casi le fasce associabili hanno ampiezza ridotta, inferiori alle distanze previste dal Decreto Interministeriale n. 449/88 e dal decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 16 gennaio 1991.

6 METODOLOGIA DI CALCOLO DEL CAMPO MAGNETICO

Il metodo di calcolo di riferimento è riportato nel D.M. 29.05.2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti", limitatamente al Livello 1 dei due livelli di analisi proposti, consistente nel calcolare la distanza di prima approssimazione (DPA) in accordo alla norma CEI 106-11 Parte 1, mediante un'espressione semplificata del campo magnetico sul piano perpendicolare alle linee che permette di individuare l'area intorno ai conduttori dove il valore di induzione del campo magnetico risulta inferiore o uguale a 3 µT. Si ritiene superflua l'applicazione del Livello 2 del suddetto metodo che prevede un'analisi del campo magnetico in tutto il volume intorno, in quanto risulta già sufficiente il calcolo della DPA.

7 VALUTAZIONE DI IMPATTO ELETTROMAGNETICO PER I CAVIDOTTI INTERRATI

Con riferimento al Livello 1 (guida CEI 106-11) dei due livelli di analisi proposti, considerate le condizioni dei cavi con direzione prevalentemente orizzontale e coincidente, la formula approssimata per il calcolo dell'induzione magnetica B di una terna di conduttori disposti a triangolo risulta:

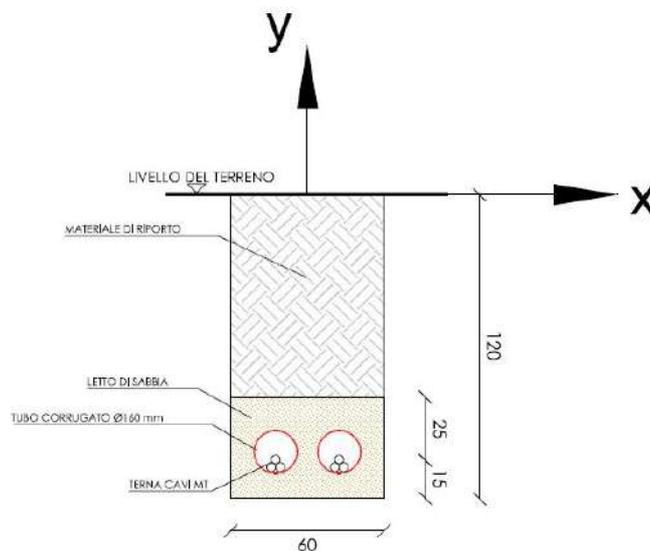
$$B = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} \quad [\mu T]$$

Nella quale:

- S [m] è la distanza tra i conduttori che essendo posti a trifoglio coincide con il diametro esterno dei cavi;
- I [A] è il valore efficace delle correnti simmetriche ed equilibrate che percorrono i cavi;
- R [m] è la distanza del punto di calcolo dal baricentro dei tre conduttori.

Utilizzando tale formula approssimata per ciascuna terna di cavi ed applicando il principio di sovrapposizione degli effetti si ottiene l'induzione magnetica complessiva. Si procede poi al tracciamento delle corrispondenti curve equilivello dell'induzione magnetica su un sistema di riferimento cartesiano con asse orizzontale sul piano di campagna.

Il presente calcolo riguarda un tratto di condotta MT costituito da due linee affiancate e provenienti dalle due cabine di trasformazione come rappresentato in sezione nella figura seguente.



Delle due terne di cavi si riportano qui di seguito i valori delle coordinate dei rispettivi baricentri espressi in metri relativamente ad un sistema di riferimento cartesiano con asse orizzontale sul piano di campagna e asse verticale equidistante dalle due linee in oggetto.

	Coordinata su asse orizzontale x (cm)		Coordinata su asse orizzontale y (cm)	
Linea sottocampo 1	X ₁	-24	Y ₁	106,6
Linea sottocampo 2	X ₂	24	Y ₂	106,6

Indicando con X_p e Y_p le generiche coordinate di un punto di calcolo P sul generico piano perpendicolare alla direzione delle linee elettriche, si procede con il calcolo dei quadrati delle distanze dai baricentri delle singole terne di conduttori al punto di calcolo, come di seguito riportato per una linea i-esima delle 4 presenti:

$$R_i = (X_p - X_i)^2 + (Y_p - Y_i)^2$$

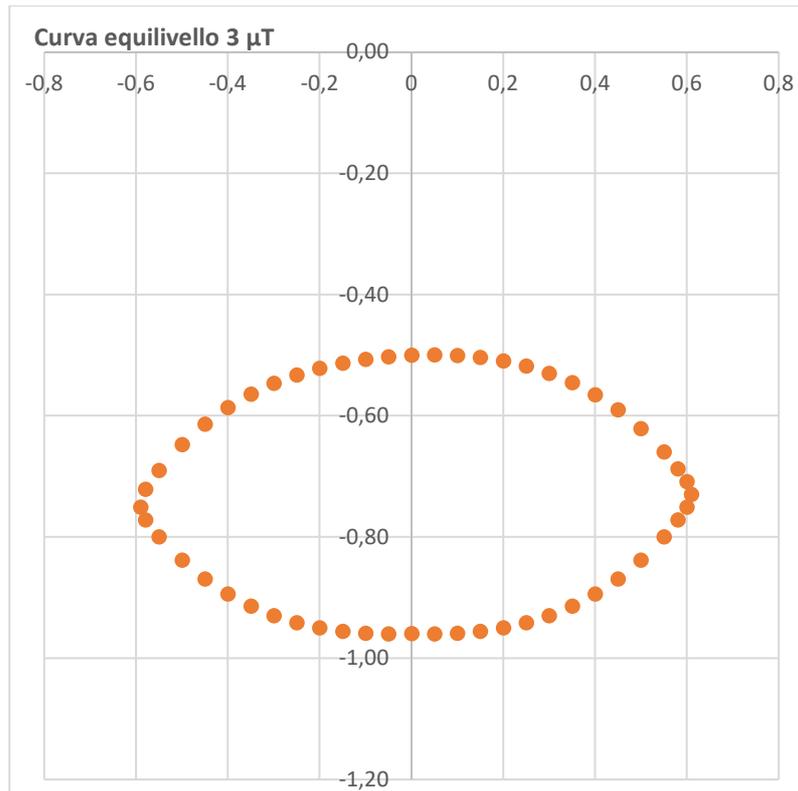
L'induzione magnetica prodotta da ciascuna terna può essere espressa come:

$$B_i = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{R_i^2} \quad [\mu T]$$

Pertanto l'induzione magnetica complessiva è data da:

$$B_i = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot S \cdot I \cdot \sum_{i=1}^4 \frac{1}{R_i^2} \quad [\mu T]$$

Nel diagramma (in metri) che segue è rappresentata per punti la curva di equilivello dell'induzione magnetica per i valori dell'induzione pari a di $3 \mu T$ che risulta tutta contenuta ad un livello inferiore al piano di campagna confinata al di sotto di una profondità pari a circa 0,5m. La caratteristica asimmetrica è dovuta alle correnti sensibilmente diverse che scorrono nelle due linee MT considerate, che provengono da due distinti sottocampi di diversa potenza. Nello specifico la linea proveniente dalla Cabina di sottocampo S2 (Sud 2) = 57,80 A si trova nella parte destra dell'asse orizzontale e la linea proveniente dalla Cabina di sottocampo S1 (Sud 1) = 53,43 A si trova nella parte sinistra.



Il D.M. 29.05.2008 definisce "fascia di rispetto" lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da una induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità di 3 μT ; come prescritto dall'art. 4, comma 1 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 un uso che comporti una permanenza non inferiore a 4 ore.

Dall'esame della curva equilivello dell'induzione magnetica a 3 μT , che non interseca il piano di campagna rimanendo completamente compresa all'interno del terreno, si determina relativamente ai cavidotti interrati in MT una fascia di rispetto di ampiezza nulla.

Pertanto, tutto lo spazio al di sopra del piano di campagna presenta valori di induzione sicuramente inferiori a 3 μT e quindi ben al di sotto del limite di esposizione di 100 μT , come mostra la curva sopra riportata corrispondente a tale valore di induzione (3 μT), la quale risulta contenuta per intero al di sotto dell'asse orizzontale (x) che rappresenta proprio la quota del piano di campagna stesso.

8 VALUTAZIONE DI IMPATTO ELETTROMAGNETICO PER LE CABINE DI TRASFORMAZIONE MT/BT

Per il presente calcolo ci si riferisce indifferentemente ad una delle due cabine di trasformazione.

Essendo il sistema trifase percorso da una corrente pari alla corrente nominale degli avvolgimenti di bassa tensione del trasformatore ed essendo la distanza tra le fasi pari al diametro dei cavi in ingresso al trasformatore stesso, si è potuto fare riferimento alla metodologia di cui al punto 5.2.1 dell'Allegato al D.M. 29.05.2008 procedendo al calcolo della distanza di prima approssimazione (D.P.A.) tramite l'applicazione della seguente relazione:

$$Dpa = \sqrt{I} \cdot 0,40942 \cdot x^{0,5241} \quad [\mu T]$$

dove:

- I è la corrente massima di bassa tensione in arrivo alla cabina [A] in condizioni di funzionamento normale, calcolata come somma delle correnti in uscita dagli inverter che fanno capo alla cabina stessa, ottenendo una corrente complessiva pari a 1.778 A.

- x è il diametro dei cavi BT di collegamento al singolo trasformatore che nel caso in esame è pari a 0,031 m.

Il calcolo della D.P.A., approssimata al mezzo metro superiore, come prescritto dal suddetto DM, è da intendersi come distanza dal filo esterno della Cabina ed è pari a 3,5 m.

Analogamente a quanto fatto per le linee MT, si è poi proceduto alla determinazione delle zone in cui l'induzione magnetica è maggiore a 10 μT e a 100 μT (limite di esposizione) secondo la guida CEI 106-11.

A questo scopo si è utilizzata la formula approssimata per il calcolo dell'induzione magnetica B di una terna di conduttori disposti in piano o in verticale (punto 6.2.1).

$$B = 0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{S \cdot I}{R_i^2} \quad [\mu T]$$

Nella quale:

- S [m] è la distanza tra i conduttori che essendo posti in piano a contatto coincide con il diametro esterno dei cavi;

- I [A] è il valore efficace delle correnti simmetriche ed equilibrate che percorrono i cavi;

- R [m] è la distanza del punto di calcolo dal conduttore centrale.

Da tale relazione si ricava:

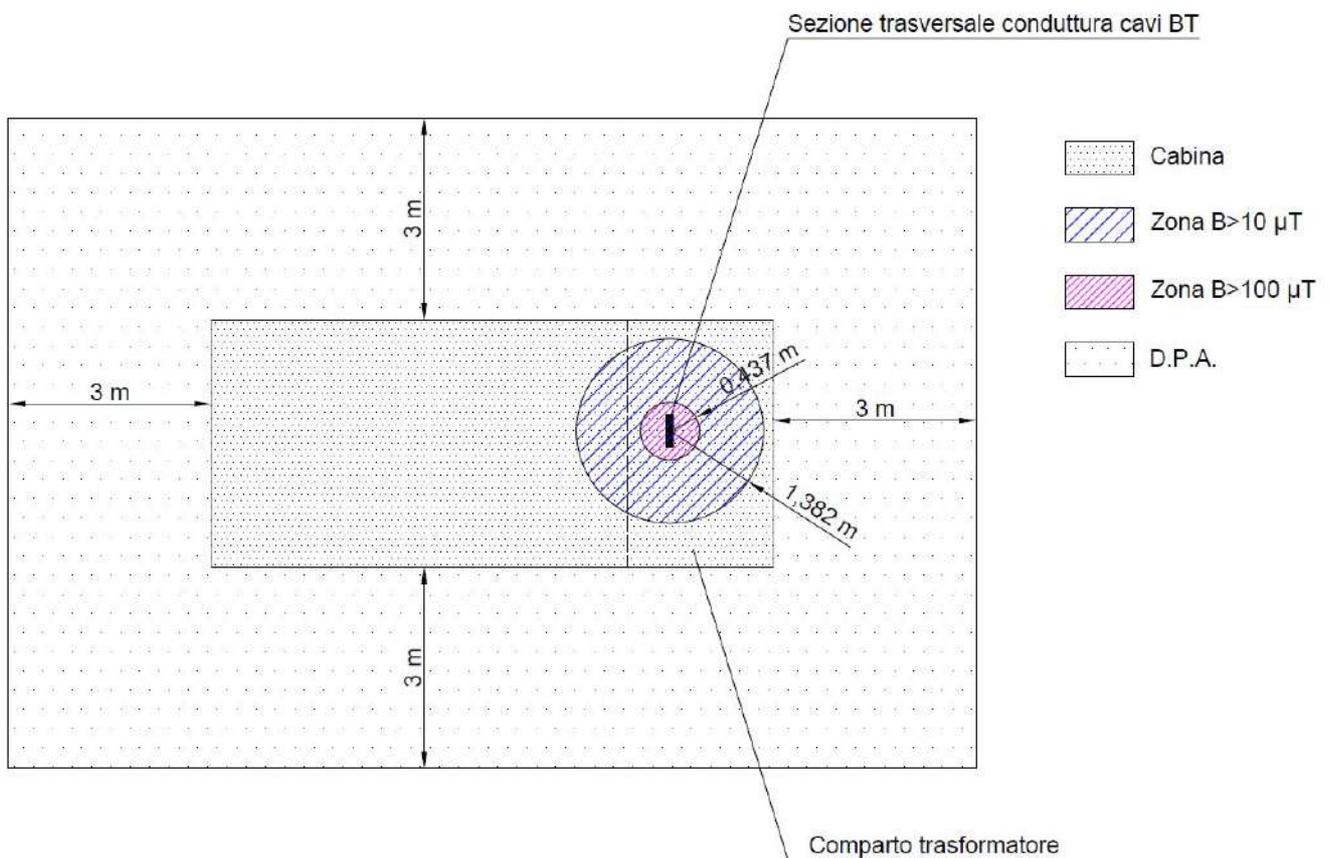
$$R = \sqrt{\frac{0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot S \cdot I}{B}} \quad [m]$$

Inserendo nella relazione sopra riportata i valori di induzione magnetica di $10\mu\text{T}$ e $100\mu\text{T}$, si ottengono rispettivamente la distanza dal punto di passaggio dei cavi BT del trasformatore che delimita la zona in cui l'induzione magnetica è maggiore di $10\mu\text{T}$ e la distanza che delimita la zona in cui l'induzione magnetica è maggiore di $100\mu\text{T}$:

$$R_{B>10\mu\text{T}} = \sqrt{\frac{0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot S \cdot I}{10}} = 1,382 \text{ m}$$

$$R_{B>100\mu\text{T}} = \sqrt{\frac{0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot S \cdot I}{100}} = 0,437 \text{ m}$$

Nella figura seguente sono rappresentate le due zone definite da queste distanze e la D.P.A.



Alle due zone definite da queste ultime distanze e alla zona definita dalla D.P.A. si applica il limite di esposizione di cui al D.Lgs. 81/08 poiché esse risultano zone di accesso esclusivo alle persone qualificate nel settore elettrico che per brevi periodi possono permanervi per esigenze di carattere manutentivo o di gestione. Inoltre le zone in cui l'induzione magnetica supera il valore di $100\mu\text{T}$, limite di esposizione prescritto dal D.P.C.M. 8/7/2003, sono confinate all'interno del rispettivo vano trasformatore, la cui porta di accesso risulta chiusa con specifica chiave che, grazie ad un automatismo, risulta prelevabile dalla sua sede solo con il sistema preventivamente messo fuori tensione.

9 CONCLUSIONI

Alla luce delle valutazioni sopra esposte si può concludere che i valori massimi riscontrabili di campo magnetico indotto dalle linee MT con posa interrata, risultano molto contenuti con valori al di sopra del piano di campagna non superiori a 3 μ T (ben inferiori al limite di esposizione di 100 μ T).

Inoltre, la Distanza di Prima Approssimazione (D.P.A.) per le cabine, calcolata ed approssimata per eccesso come prescritto dalla normativa di riferimento, risulta pari a 3,00 m, da considerarsi dal filo esterno della cabina stessa. L'area compresa all'interno della fascia di rispetto non comprende luoghi destinati alla permanenza di persone per più di 4 ore/giorno e sarà accessibile occasionalmente per esigenze di carattere manutentivo o di gestione e comunque per periodi brevi e esclusivamente da parte di persone qualificate nel settore elettrico.

Data 11/07/2024

Timbro e firma



Dott. Ing. Michele BALEANI
Ordine degli Ingegneri prov. Ancona n. 2339