

ATLAS SOLAR 13 SRL		CODE FAB.ENG.REL.026.00
		PAGE 1 di 18

TITLE: Relazione campi elettromagnetici – opere di rete

AVAILABLE LANGUAGE: IT

RELAZIONE CAMPI Elettromagnetici – OPERE DI RETE

Progetto di un impianto fotovoltaico denominato “Fabbrico” di potenza pari a 16.806,24 kWp da realizzarsi nel comune di Fabbrico (RE) e delle relative opere di connessione da realizzarsi nei comuni di Fabbrico (RE), Rio Saliceto (RE) e Carpi (MO)



File: FAB.ENG.REL.026.00_Relazione campi elettromagnetici Opere di Rete.docx

00	31/01/2025	Emissione definitiva	E.Barbiere	R.Hernandez	L. Spaccino								
REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED								
CLIENT VALIDATION													
<i>Name</i>		<i>Discipline</i>		<i>PE</i>									
COLLABORATORS		VERIFIED BY		VALIDATE BY									
CLIENT CODE													
IMP.			GROUP.			TYPE			PROGR.			REV	
F	A	B	E	N	G	R	E	L	0	2	6	0	0
CLASSIFICATION For Information or For Validation						UTILIZATION SCOPE Basic Design							
This document is property of ATLAS SOLAR 13 SRL. 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 ATLAS SOLAR 13 SRL.													

INDICE

1.0	INTRODUZIONE.....	3
2.0	QUADRO NORMATIVO E DEFINIZIONI	4
3.0	BASSE FREQUENZE.....	8
4.0	DIFFERENZA TRA CAMPI INDOTTI DA LINEE ELETTRICHE AEREE E CAVI INTERRATI.....	9
4.1	CAMPO ELETTRICO	9
4.2	CAMPO MAGNETICO.....	9
5.0	DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE	10
6.0	CALCOLO DELLE FASCE DI RISPETTO	11
6.1	CAVIDOTTI	11
6.2	CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DALLA STEP-UP STATION	16
7.0	CONCLUSIONI.....	18

1.0 INTRODUZIONE

La presente relazione sui campi elettromagnetici, costituisce parte integrante del progetto relativo all'impianto fotovoltaico denominato "Fabbrico" di potenza pari a 16.806,24 kWp e delle relative opere di connessione da realizzarsi nel comune di "Fabbrico (RE)".

L'impianto sarà realizzato con moduli fotovoltaici bifacciali provvisti di diodi di by-pass. Le stringhe fotovoltaiche faranno capo ad uno string inverter.

Il parco fotovoltaico in progetto sarà collegato in antenna a 36 kV su un ampliamento della Stazione Elettrica (SE) della RTN da inserire i entra-esce a 380 kV "Carpi Fossoli", come indicato nella Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) fornita dal gestore della Rete di Trasmissione Nazionale.

L'aumento degli ultimi anni dell'esposizione umana ai campi magnetici, elettrici ed elettromagnetici, ha portato il mondo scientifico a porsi il problema delle possibili conseguenze dannose, soprattutto per quanto riguarda i campi a frequenze industriale.

Questo perché in tempi molti ridotti si è avuto un aumento esponenziale della produzione dei campi elettrici e magnetici a frequenze estremamente basse (50 Hz) di origine artificiale, dovuti quasi esclusivamente alla generazione, alla trasmissione, alla distribuzione e all'uso dell'energia elettrica.

In Italia tale problematica è presente a causa del grande numero di linee ad alta tensione per l'energia elettrica, distribuite in modo massiccio su tutto il territorio. Gli impianti fotovoltaici, comunque, non creano ulteriori disagi, in quanto nella maggior parte dei casi utilizzano le linee già esistenti per il trasporto dell'energia da essi prodotta.

In alcuni limitati casi, però, non è possibile allacciarsi a reti già esistenti, per cui si rende necessaria la costruzione di linee apposite, andando quindi ad aumentare il numero di campi elettrici agenti sul territorio. Inoltre, per ridurre ulteriormente la possibilità di interferenze con tali campi elettromagnetici, viene effettuato l'interramento totale dei cavidotti appartenenti al campo fotovoltaico e di quelli di collegamento alla rete di trasmissione nazionale.

2.0 QUADRO NORMATIVO E DEFINIZIONI

Di seguito si riportano i principali riferimenti normativi pertinenti:

- **D.M. 21 marzo 1988, n.449** - Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne.
- **Norma CEI 106-11** - Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo.
- **Norma CEI 211-4** - Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e stazioni elettriche.
- **Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'allegato al DM 29.5.2008** – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche.
- **Raccomandazione Consiglio Ue 1999/519/CE** - Limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz.
- **Legge 22 febbraio 2001, n. 36** - Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. Legge contenente le indicazioni generali circa funzioni e competenze, piani di risanamento, catasto delle sorgenti, controlli e sanzioni, ai fini della tutela della popolazione e dei lavoratori dall'esposizione a campi elettromagnetici.
- **D.P.C.M. 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 attuativo della legge quadro, fissa i limiti per le emissioni degli elettrodotti, definisce tecniche di misurazione e valutazione e dà indicazioni circa la determinazione delle fasce di rispetto.
- **D.M. 29.05.2008** - Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti. Contiene, in allegato, la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, definita da ISPRA e dal sistema delle Agenzie ambientali secondo quanto previsto dal **DPCM 08/07/2003**.

In particolare, ai fini della protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati da linee e cabine elettriche, il D.P.C.M. 8 luglio 2003 (artt. 3 e 4) stabilisce, in conformità alla Legge 36/2001 (art. 4, c. 2), quanto segue:

Art.3, comma 1

Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

Art.3, comma 2

A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente

connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Art.4, comma 1

Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Art. 6, comma 1

Per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità di cui all'articolo 4 ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla norma **CEI 11-60**, che deve essere dichiarata dal gestore al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, per gli elettrodotti con tensione superiore a 150 kV, e alle Regioni, per gli elettrodotti con tensione non superiore a 150 kV. I gestori provvedono a comunicare i dati per il calcolo e l'ampiezza delle fasce di rispetto ai fini delle verifiche delle autorità competenti.

Si riportano di seguito alcune definizioni tratte dalla legge **36/2001**, dal D.P.C.M. 8 luglio 2003, e dal D.M. 29 maggio 2008, utili ai fini dell'inquadramento della materia trattata.

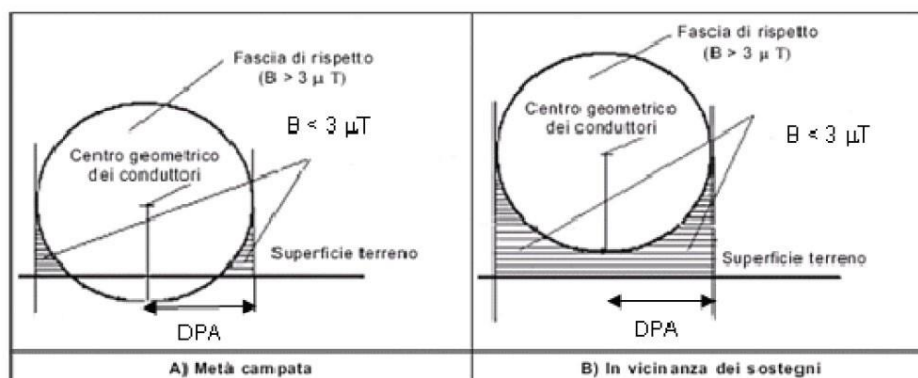
Campata: elemento minimo di una linea elettrica sotteso tra due sostegni.

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 della DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine secondarie è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

Elettrodotto: è l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione.

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 (3 μ T). Come prescritto dall'articolo 4, c.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 e ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.



Schema Fasce di rispetto e DPA in corrispondenza di metà campata e in vicinanza dei sostegni.

Figura 1: Schema Fasce di Rispetto e DPC in corrispondenza di metà campata e in vicinanza dei sostegni

Impianto: 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 destinazione. Gli impianti possono essere: Centrali di produzione, Stazioni elettriche, Cabine di Primarie e Secondarie e Cabine Utente.

Limiti di esposizione: nel caso di esposizione, della popolazione, a campi elettrici e magnetici, alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μT per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

Linea: collegamento con conduttori elettrici, delimitato da organi di manovra, che permettono di unire due o più impianti.

Luoghi tutelati: aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere.

Obiettivo di qualità: nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze giornaliere non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 μT per il valore

dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Portata in corrente in servizio normale: è la 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.

Sostegno: elemento di supporto meccanico della linea aerea.

Tratta: porzione di tronco (campate contigue) avente caratteristiche omogenee di tipo elettrico, di tipo meccanico (tipologia del conduttore, configurazione spaziale dei conduttori sui tralicci, ecc.) e relative alla proprietà.

Tronco: collegamento metallico che permette di unire fra loro due impianti.

Valore di attenzione: a titolo di misura di cautela per la protezione della popolazione da possibili effetti alungo 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 mT, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

3.0 BASSE FREQUENZE

I valori limite fissati nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici per le basse frequenze sono imposti dal D.P.C.M. 8-7-03, pubblicato sulla G.U. n.200 del 29 Agosto 2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti", sono riportati nella seguente tabella:

	Campo Elettrico [kV/m]	Induzione Magnetica [μ T]
Limite di esposizione	5	100
Valore di attenzione	-	10
Obiettivo di qualità	-	3

Il decreto prevede, nel caso del limite di esposizione, che i valori di campo elettrico e campo magnetico siano espressi come valori efficaci mentre, per il valore di attenzione e l'obiettivo di qualità, l'induzione magnetica è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio, in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere.

Si fa notare che i suddetti limiti non si applicano ai lavoratori professionalmente esposti che operano nel settore della costruzione, manutenzione, etc. poiché quest'ultimi sono sottoposti ad una differente normativa.

I campi ELF, contraddistinti da frequenze estremamente basse, sono caratterizzabili mediante la semplificazione delle equazioni di Maxwell dei "campi elettromagnetici quasi statici" e quindi da due entità distinte:

- **il campo elettrico**, generato dalla presenza di cariche elettriche o tensioni e quindi direttamente proporzionale al valore della tensione di linea;
- **il campo magnetico**, generato invece dalle correnti elettriche.

Dagli elettrodotti si genera sia un campo elettrico che un campo magnetico.

4.0 DIFFERENZA TRA CAMPI INDOTTI DA LINEE ELETTRICHE AEREE E CAVI INTERRATI

4.1 Campo Elettrico

Il campo elettrico risulta ridotto in maniera significativa per l'effetto combinato dovuto alla speciale guaina metallica schermante del cavo ed alla presenza del terreno che presenta una conducibilità elevata. Per le linee elettriche di MT a 50 Hz, i campi elettrici misurati attraverso prove sperimentali sono risultati praticamente nulli, per l'effetto schermante delle guaine metalliche e del terreno sovrastante i cavi interrati.

4.2 Campo Magnetico

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

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

I metodi di controllo del campo magnetico si basano principalmente sulla riduzione della distanza tra le fasi, sull'installazione di circuiti addizionali (spire) nei quali circolano correnti di schermo, sull'utilizzazione di circuiti in doppia terna a fasi incrociate e sull'utilizzazione di linee in cavo. I valori di campo magnetico risultano notevolmente abbattuti mediante interrimento degli elettrodotti. Questi saranno posti a circa 1,1 - 1,48 metri di profondità e sono composti da un conduttore cilindrico, una guaina isolante, una guaina conduttrice (la quale funge da schermante per i disturbi esterni, i quali sono più acuti nel sottosuolo in quanto il terreno è molto più conduttore dell'aria) e un rivestimento protettivo.

I cavi interrati generano, a parità di corrente trasportata, un campo magnetico al livello del suolo più intenso degli elettrodotti aerei (circa il doppio), però l'intensità di campo magnetico si riduce molto più rapidamente con la distanza. Tra gli svantaggi sono da considerare i problemi di perdita di energia legati alla potenza reattiva (produzione, oltre ad una certa lunghezza del cavo, di una corrente capacitiva, dovuta all'interazione tra il cavo ed il terreno stesso, che si contrappone a quella di trasmissione).

Un altro metodo che consente di ridurre i valori d'intensità di campo elettrico e magnetico è rappresentato dall'adozione di "linee compatte", una soluzione che prevede il posizionamento dei cavi vicini tra di loro, ottenendo in questo modo una riduzione del campo magnetico in virtù della presenza delle membrane isolanti che rivestono i cavi. Confrontando il campo magnetico generato da linee aeree con quello generato da cavi interrati, si rileva che per i cavi interrati l'intensità massima del campo magnetico è più elevata, ma l'attenuazione è maggiore.

5.0 DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE

Il parco fotovoltaico in progetto sarà collegato in antenna a 36 kV su un ampliamento della Stazione Elettrica (SE) della RTN da inserire i entra-esce a 380 kV “Carpi Fossoli”, come indicato nella Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) fornita dal gestore della Rete di Trasmissione Nazionale.

L'impianto sarà connesso ad una Step-Up Station, ubicata all'interno dell'area di impianto, che consentirà l'innalzamento della tensione interna di 30 kV ai 36 kV richiesti per la connessione alla RTN. Successivamente il cavidotto a 36 kV, in uscita dalla Step Up Station, si collegherà sulla sezione 36 kV su ampliamento della Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/132 kV denominate “Carpi Fossoli”.

Dalla Step Up Station partiranno due terne di cavi in della tipologia RG7H1RX 26-45 kV con sezione di 630 mmq, in accordo a quanto previsto nel preventivo “STMG” avente codice pratica 202402359.

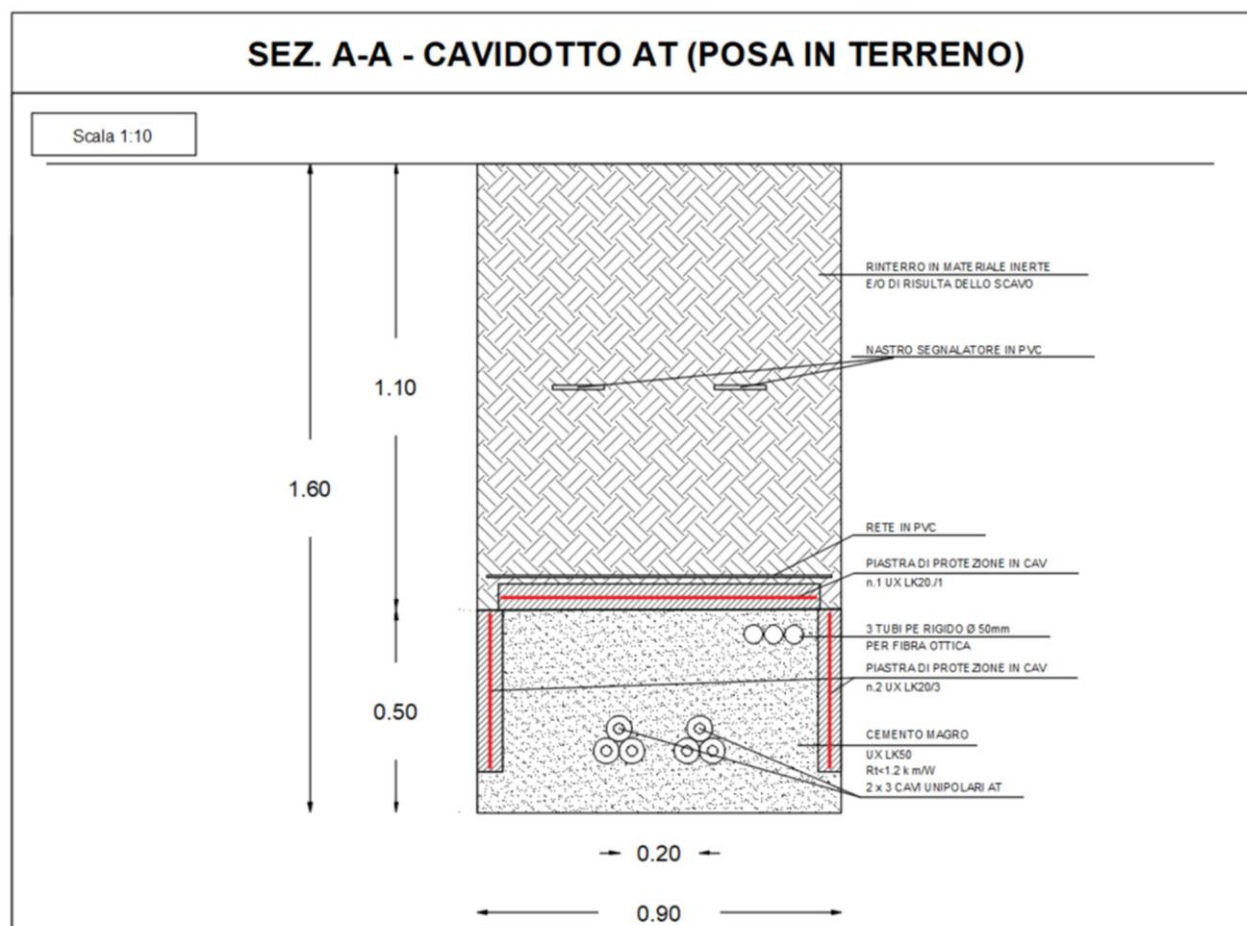


Figura 2: Tipologico di posa per il cavidotto AT interrato

6.0 CALCOLO DELLE FASCE DI RISPETTO

6.1 Cavidotti

La norma CEI 106-11 definisce le formule per il calcolo dell'induzione magnetica prodotta da un sistema trifase di conduttori rettilinei disposti tra loro parallelamente e percorsi da una terna di correnti equilibrate e simmetriche. Successivamente dimostra che il campo magnetico nell'intorno dei cavi cordati ad elica è inferiore tanto più quanto è piccolo il passo dell'elica.

La norma CEI 211-4 fornisce invece le metodologie per il calcolo dei campi elettromagnetici generati dalle linee elettriche aeree ed interrate, sviluppate limitatamente a geometrie bidimensionali e applicabili a casi di interesse pratico.

Il valore del campo magnetico indotto dipende dal valore di corrente elettrica che attraversa il conduttore e dal numero di terne di cavi presenti all'interno dello scavo, dal momento che la presenza contemporanea di più terne provoca un incremento del campo magnetico. Occorre quindi tenere in considerazione che per le opere di connessione in esame la modalità di posa dei cavi sarà la seguente:

1. Scavo con due terne di cavi AT in parallelo per la connessione alla rete del tipo RG7H1RX 26/45 kV

Si precisa che nelle valutazioni che seguono non sono stati presi in considerazione gli effetti dovuti alla presenza di eventuali linee elettriche interrate o aeree già in esercizio non facenti parte del progetto in esame.

Di seguito vengono riportati i risultati delle elaborazioni eseguite per determinare la DPA. Si ricorda che, secondo quanto riportato nella "Linea Guida per l'applicazione del - 5.1.3 dell'allegato al DM 29.5.2008", la DPA ricavata viene approssimata per eccesso al metro successivo.

Cavidotto AT di connessione alla rete: due terne di cavi in parallelo RG7H1RX 26/45 kV

Per tener conto di due o più terne nella stessa sezione di scavo si è fatto ricorso ad un modello matematico che prende in considerazione il campo magnetico generato da ogni singola terna.

Il modello, costituito secondo quanto previsto e suggerito dalla norma CEI 211-4 cap 4.2.2.3, tiene conto delle componenti spaziali dell'induzione magnetica, calcolate come somma del contributo delle correnti nei diversi conduttori:

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

È possibile a questo punto effettuare una semplificazione del modello che consideri il contributo non

del singolo conduttore ma dell'intera terna.

Riprendendo quanto già detto in precedenza, per i cavi unipolari posati a trifoglio semplice si può ricorrere ad un'espressione approssimata del campo magnetico:

$$B = 0.1 * \sqrt{6} \frac{S * I}{R'^2} [\mu T]$$

Considerata la natura vettoriale del campo magnetico, è possibile sommare i contributi generati dalle singole terne e calcolare, tramite il modello semplificato di cui prima, il valore del campo magnetico nello spazio circostante l'elettrodo.

Fissando quindi l'asse centrale del sistema di terne come riportato in figura, il campo magnetico generato dalle due terne di elettrodotti è dato dalla seguente formula:

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

dove B [μT] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal centro del sistema (baricentro delle due terne di cavi), S_i [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti della terna i-esima, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I_i [A] (specifica della terna i-esima).

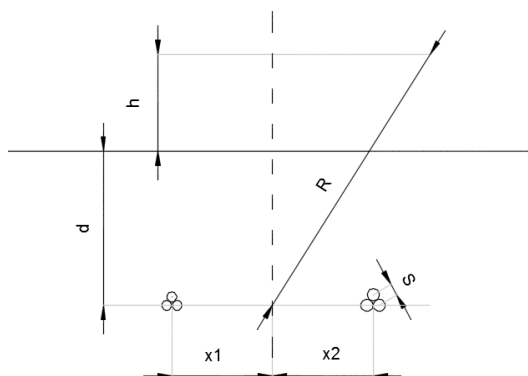


Figura 3: Sistema di riferimento per la valutazione dei campi magnetici nel caso di due terne posate all'interno della medesima trincea

Sono state quindi calcolate, fissando vari valori di h, le distribuzioni dell'intensità del campo magnetico su piani fuori terra paralleli al suolo, considerando la condizione di posa peggiore di due terne di cavi RG7H1RX 26/45 kV 3x1x630 mmq.

Profondità di posa dei cavi	1,1 m
Distanza terna 1 dall'asse y	-0,2 m
Distanza terna 2 dall'asse y	0,2 m
Sezione terne	3x2x630 mm ²
Corrente cavi	835 A

Tabella 1-Parametri geometrici e tecnici in ingresso considerati nella valutazione dei campi elettromagnetici generati da due terne di cavi posti nello stesso scavo.

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

INDUZIONE MAGNETICA TOTALE [μT]							
Distanza dall'asse centrale [m]	Distanza dal livello del suolo						
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
-10	0,253713	0,250365	0,245917	0,240491	0,234223	0,227261	0,219756
-9,5	0,280794	0,276698	0,271275	0,264686	0,257112	0,248747	0,239782
-9	0,312433	0,307369	0,30069	0,292615	0,283385	0,273256	0,262474
-8,5	0,349706	0,343372	0,335057	0,325059	0,313707	0,30134	0,28828
-8	0,394026	0,386002	0,375523	0,363007	0,348905	0,333672	0,317732
-7,5	0,447276	0,436962	0,423578	0,407717	0,390009	0,37107	0,351459
-7	0,512005	0,498529	0,481178	0,460808	0,438311	0,414529	0,390202
-6,5	0,591731	0,573798	0,550923	0,524376	0,495431	0,465254	0,434824
-6	0,691417	0,667044	0,636316	0,601151	0,563405	0,524695	0,486308
-5,5	0,818225	0,78429	0,742129	0,694713	0,644776	0,594564	0,545742
-5	0,982786	0,934194	0,874947	0,809755	0,742687	0,676832	0,614267
-4,5	1,201368	1,129476	1,043939	0,952401	0,860925	0,773647	0,692962
-4	1,499764	1,389224	1,261923	1,130495	1,003842	0,887127	0,782629
-3,5	1,920533	1,742651	1,5467	1,353682	1,175964	1,018909	0,883432
-3	2,537052	2,234983	1,922243	1,632732	1,380965	1,169314	0,994342
-2,5	3,481678	2,935601	2,418164	1,977	1,619511	1,335988	1,112403
-2	5,001538	3,944063	3,062761	2,387951	1,885477	1,512076	1,231951
-1,5	7,54998	5,370515	3,859062	2,846585	2,160818	1,684467	1,344173
-1	11,7713	7,213602	4,73161	3,296922	2,411699	1,833523	1,437605
-0,5	17,40839	9,043963	5,466998	3,640996	2,591801	1,936167	1,500109
0	20,51869	9,864755	5,763677	3,771818	2,657861	1,972951	1,522158
0,5	17,40839	9,043963	5,466998	3,640996	2,591801	1,936167	1,500109
1	11,7713	7,213602	4,73161	3,296922	2,411699	1,833523	1,437605
1,5	7,54998	5,370515	3,859062	2,846585	2,160818	1,684467	1,344173

2	5,001538	3,944063	3,062761	2,387951	1,885477	1,512076	1,231951
2,5	3,481678	2,935601	2,418164	1,977	1,619511	1,335988	1,112403
3	2,537052	2,234983	1,922243	1,632732	1,380965	1,169314	0,994342
3,5	1,920533	1,742651	1,5467	1,353682	1,175964	1,018909	0,883432
4	1,499764	1,389224	1,261923	1,130495	1,003842	0,887127	0,782629
4,5	1,201368	1,129476	1,043939	0,952401	0,860925	0,773647	0,692962
5	0,982786	0,934194	0,874947	0,809755	0,742687	0,676832	0,614267
5,5	0,818225	0,78429	0,742129	0,694713	0,644776	0,594564	0,545742
6	0,691417	0,667044	0,636316	0,601151	0,563405	0,524695	0,486308
6,5	0,591731	0,573798	0,550923	0,524376	0,495431	0,465254	0,434824
7	0,512005	0,498529	0,481178	0,460808	0,438311	0,414529	0,390202
7,5	0,447276	0,436962	0,423578	0,407717	0,390009	0,37107	0,351459
8	0,394026	0,386002	0,375523	0,363007	0,348905	0,333672	0,317732
8,5	0,349706	0,343372	0,335057	0,325059	0,313707	0,30134	0,28828
9	0,312433	0,307369	0,30069	0,292615	0,283385	0,273256	0,262474
9,5	0,280794	0,276698	0,271275	0,264686	0,257112	0,248747	0,239782
10	0,253713	0,250365	0,245917	0,240491	0,234223	0,227261	0,219756

Tabella 2: Valori di intensità del campo magnetico nel caso posa di due terne di cavi nello stesso scavo al variare della distanza dal livello del suolo e della distanza dal baricentro delle terne di cavi.

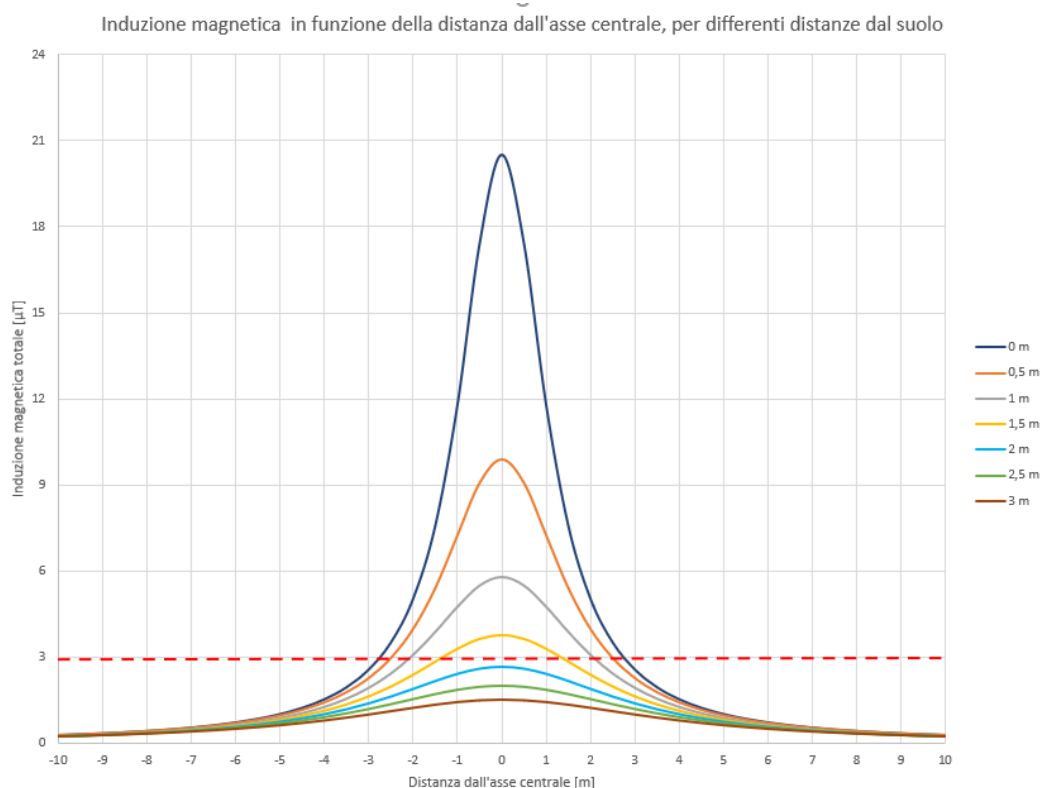


Figure 4-Andamento dell'intensità del campo magnetico nel caso posa di due terne di cavi in parallelo nello stesso scavo al variare della distanza dal livello del suolo e della distanza dal baricentro delle terne di cavi. In rosso l'obiettivo di qualità imposto dalla norma

Analizzando i risultati ottenuti si evidenzia:

- Distanza in verticale rispetto all'asse centrale baricentrico dei cavi con induzione magnetica superiore a 3 μT : 2,75 m;
- Fascia di rispetto al di sopra del terreno: 1,85 m;
- Distanza di Prima Approssimazione: 2,95 m, approssimata a 3 m.

6.2 Campo Elettromagnetico Generato dalla Step-Up Station

La stazione di trasformazione AT/MT, che ha il compito di elevare il livello di tensione da 30 kV fino ai 36 kV della RTN, è un luogo in cui viene riscontrata l'emissione di campi elettromagnetici.

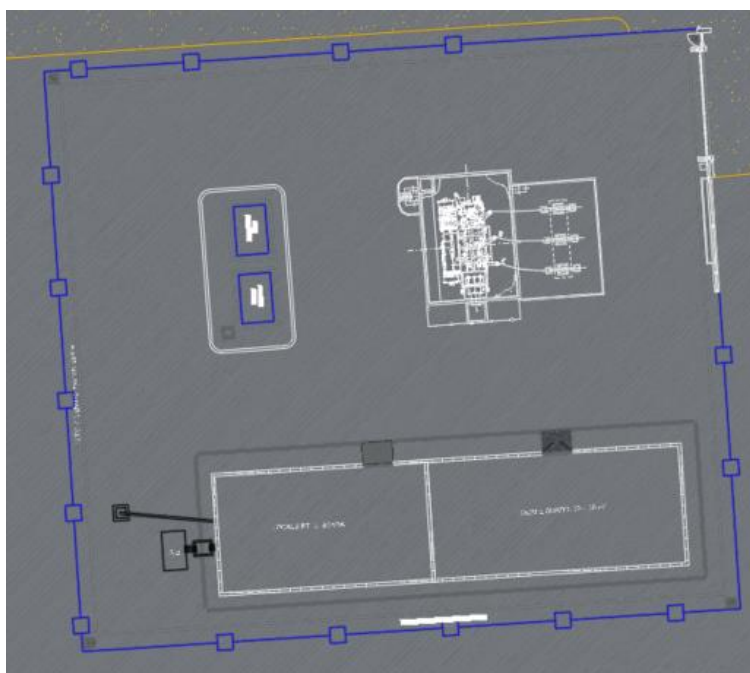
Con riferimento alla valutazione dei campi elettromagnetici generati dalla SSU 30/36 kV di innalzamento sono state individuate le seguenti possibili sorgenti in grado di generare un campo elettromagnetico significativo, determinando dunque l'opportunità di osservare la relativa distanza di prima approssimazione (DPA):

- Trasformatore MT/AT 30/36 kV;
- Condutture in cavo interrato a tensione nominale 30 kV.

Le altre possibili sorgenti di onde elettromagnetiche di minore rilevanza (linee BT, trasformatori MT/BT, apparecchiature BT, ecc.) sono state giudicate non significative ai fini della presente valutazione, come peraltro riscontrato anche in letteratura.

Trattandosi di cabine primarie isolate in aria, il DM 29/05/08, allegato APAT, par. 5.2.2, non prevede di dover ricorrere al calcolo dei campi generati, dal momento che le DPA, e quindi le fasce di rispetto, ricadono generalmente all'interno dell'area di pertinenza della stessa cabina.

Inoltre, dal momento che la Step-Up Station è ubicata all'interno dell'area di impianto e le apparecchiature elettriche, in particolare il trasformatore MT/AT, sono posizionate nella porzione nord, cioè quella al confine con l'impianto, i campi elettromagnetici risultano concentrati all'interno di tale area e a quella di pertinenza della Sottostazione. In aggiunta a quanto riportato precedentemente, si noti che il trasformatore MT/AT è posto all'interno di un'area recintata, a distanze non inferiori a 10 m dalla recinzione stessa; pertanto, anche alla luce di ciò, non si ritiene che tale sorgente possa rappresentare un pericolo in termini di esposizione alle regolari attività umane. La fascia di rispetto derivante dalle linee MT, invece, in virtù della particolare configurazione della stazione elettrica, ricade interamente all'interno dell'area della Step-Up Station.

**Figura 5 - Dettaglio della Step-Up Station**

7.0 CONCLUSIONI

Nella presente relazione è stato condotto uno studio analitico volto a valutare l'impatto elettromagnetico delle opere da realizzare e, sulla base di quanto emerso, individuare eventuali fasce di rispetto da apporre al fine di garantire il raggiungimento degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici, secondo il vigente quadro normativo. Una volta individuate le possibili sorgenti dei campi elettromagnetici, per ciascuna di esse è stata condotta una valutazione di tipo analitico, volta a determinare la consistenza dei campi generati dalle sorgenti e l'eventuale distanza di prima approssimazione (DPA).

Di seguito i principali risultati:

- Scavo per cavidotto di connessione alla rete del tipo RG7H1RX 26-45 kV: è necessaria l'apposizione di una DPA di 3 m.
- Sottostazione utente 30/36 kV: i campi elettromagnetici generati dalle apparecchiature elettriche posizionate nella Sottostazione risultano concentrati all'interno dell'area di impianto e della SSU, in quanto la stazione si trova all'interno dell'impianto e le sorgenti sono ubicate prevalentemente nella porzione al confine con esso.

Si precisa che le considerazioni e i calcoli riportati nei paragrafi precedenti riguardano esclusivamente le opere elettriche a servizio dell'impianto fotovoltaico in oggetto, escludendo quindi eventuali altre linee aeree o interrate esterne allo stesso. Si precisa inoltre che, nel caso in questione, le cabine sono posizionate all'aperto e normalmente non sono permanentemente presidiate.

Considerato quanto detto in precedenza, è possibile affermare che le opere suddette rispettano i limiti posti dalla L. 36/2001 e dal DPCM 8 luglio 2003, grazie anche alle soluzioni costruttive e di localizzazione adottate (la linea di connessione alla rete e la cabina di consegna interessano aree normalmente non abitate), e sono quindi compatibili con l'eventuale presenza umana nella zona.

Il Progettista

Ing. Luca Spaccino

