

Committente



X-ELIO LUCERA S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II, n. 349, 00186 Roma

Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726

partita iva 17129671008



Progettista:



AS S.r.l.: Viale Jonio 95 - 00141 Roma - info@architetturasostenibile.com

PROGETTO AGROVOLTAICO "LUCERA"

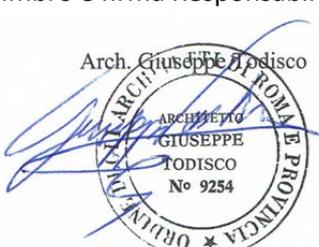
*Progetto per la realizzazione di un impianto Agrovoltaiico di potenza pari a 37,25 MWp
e relative opere di connessione alla RTN*

Località

REGIONE PUGLIA - COMUNE DI LI LUCERA (FG) E SAN SEVERO (FG)

Titolo

RELAZIONE CAMPI MAGNETICI

Data di produzione:03/10/2023	Revisione del: 04/2024	Codice elaborato AS_LUC_R08A
X-ELIO LUCERA S.r.l si riserva tutti i diritti su questo documento che non può essere riprodotto neppure parzialmente senza la sua autorizzazione scritta.	Revisione del:	
Timbro e firma Autore	Timbro e firma Responsabile AS Arch. Giuseppe Todisco 	Timbro e firma X-ELIO

Sommario

Premessa.....	2
Normativa di riferimento.....	4
Fonti di emissione	5
Elettrodotto MT.....	5
Sottostazione utente di trasformazione 150/30 kV	6
Valori di riferimento	6
Valori limite del campo magnetico.....	6
Valore limite del campo elettrico.....	7
Calcolo del campo elettromagnetico generato dagli elettrodotti interrati	7
Elettrodotto da campo OVEST a campo EST	8
Elettrodotto da campo EST a C-SSX	12
Campo elettromagnetico generato dalla SSE di utente	17
Conclusioni.....	18
Elettrodotti:.....	18
Sottostazione elettrica di utente:.....	18

Premessa

Scopo del presente documento è quello di valutare i valori di campo elettrico e campo magnetico attesi (calcolo previsionale) necessari per la valutazione degli effetti ambientali conseguenti ai sensi della legge 36/01 e DPCM 08/07/2003, relativamente alla sottostazione 150/30 kV e gli elettrodotti a servizio del futuro impianto fotovoltaico da 37.256 MW, da installare nel comune di Lucera (FG). L'impianto fotovoltaico in progetto prevede la condivisione dello stallo di consegna in AT alla Stazione Elettrica RTN, inserito in entra-esce sulla linea a 150 kV esistente, con altri utenti attivi/passivi.

La presente relazione riguarda il progetto definitivo relativo per la realizzazione di un impianto fotovoltaico della potenza di circa 37.256 MW, ubicato nei Comuni di Lucera (FG), e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale, presso l'esistente Stazione Elettrica Tema sita nel Comune di Lucera, in Provincia di Foggia.

Il progetto definitivo consiste nella realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra, su strutture ad inseguimento mono assiale (trackers), in due diversi lotti di terreno denominati campo EST e Campo OVEST.

Ogni campo sarà composto da più sotto-campi con potenza variabile, I due sotto-campi saranno collegati fra loro attraverso una rete di distribuzione interna in media tensione mentre I due campi verranno messi in comunicazione attraverso una linea, sempre in MT, che transiterà all'esterno, su suolo pubblico.

La cabina principale di impianto è ubicata nel campo EST ed è denominata la CSM. Da questa cabina si dipartono le linee verso I sotto-campi e le linee di collegamento di media tensione interrate verso il punto di consegna, presso la sottostazione elettrica (C-SSX) di trasformazione di utente, che verrà realizzata nei pressi dell'esistente stazione elettrica di Lucera.

La presente relazione tecnica specialistica ha per oggetto la valutazione dell'impatto elettromagnetico delle opere in progetto, individuando le potenziali sorgenti di emissione e valutandone i potenziali rischi legati all'esposizione delle persone.

Nel seguito della relazione si darà in particolare descrizione della normativa di riferimento, dei campi generati dalle apparecchiature presenti all'interno del parco fotovoltaico, dalla sottostazione elettrica di collegamento alla rete di trasmissione nazionale, ed infine dalle linee elettriche in MT di collegamento fra il parco fotovoltaico e la sottostazione elettrica.

Normativa di riferimento

Per la realizzazione del presente progetto si è fatto riferimento, tra l'altro, alla seguente normativa:

- Regio Decreto 11 dicembre 1933, 11. 1775 "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici;
- Regio Decreto 11 dicembre 1933, 11. 1775 "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici;
- Legge 23 luglio 2009, 11°99, "Disposizioni per lo sviluppo e l'internazionalizzazione delle imprese, nonché in materia di energia";
- Decreto del 27 /02/09, Ministero della Sviluppo Economico;
- Decreto del 29 /05/08, "Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica";
- DM del 29.5.2008, "Approvazione della metodologia di calcolo delle fasce di rispetto per gli elettrodotti";
- 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 a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati dagli elettrodotti", G.U. 28 agosto 2003, 11. 200;
- Legge quadro 22/02/2001, 11. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", G.U. 7 marzo 2001, n.55;
- 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 elettriche";
- Norma 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". Norma CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo.

Fonti di emissione

Le apparecchiature elettromeccaniche previste nella realizzazione del parco fotovoltaico in oggetto generano normalmente, durante il loro funzionamento, campi elettromagnetici con radiazioni non ionizzanti.

In particolare, sono da considerarsi come sorgenti di campo elettromagnetico le seguenti componenti del parco fotovoltaico:

- elettrodotto MT di interconnessione verso la cabina CSM principale di impianto;
- elettrodotto MT di vettoriamento dell'energia prodotta dalla cabina CSM principale di impianto sino alla sottostazione elettrica C-SSX ;
- la sottostazione elettrica di trasformazione 150/30 kV;
- le cabine elettriche (Power Station) presenti all'interno del parco fotovoltaico .

Le rimanenti componenti dell'impianto (sezione BT, apparecchiature del sistema di controllo, etc) sono state giudicate non significative dal punto di vista delle emissioni elettromagnetiche, pertanto non verranno trattate ai fini della valutazione.

Di seguito verrà data una caratterizzazione delle sorgenti appena individuate.

Elettrodotto MT

Tutti i cavi di cui si farà utilizzo, sia per il collegamento interno dei campi che per la connessione alla C-SSX, saranno del tipo standard 18/30 kV.

Si tratta di cavi unipolari, con conduttori in alluminio, congiunti in maniera da formare un Trifoglio. L'isolante dei cavi è costituito da miscela in elastomero termoplastico HPTE, e fra esso e il conduttore è interposto uno strato di miscela estrusa. Il cavo presenta uno schermo metallico. Sopra lo schermo metallico è presente una guaina protettiva.

I cavi verranno interrati ad una profondità di 1,20 m per le tratte di collegamento dal parco fotovoltaico alla C-SSX. La tensione di esercizio dei cavi è pari a 30 kV.

Sottostazione utente di trasformazione 150/30 kV

La sottostazione di trasformazione AT/MT ha lo scopo di elevare la tensione dai 30 kV della rete MT proveniente dal parco fotovoltaico ai 150 kV della rete di trasmissione nazionale, nella quale il parco dovrà conferire l'energia prodotta. Tale elevazione avverrà attraverso un trasformatore di potenza, da 45/63 MVA.

La corrente nominale dell'impianto in AT sarà pari a circa 150 A, ad una tensione di 150 kV e alla frequenza di rete di 50 HZ. È prevista altresì l'installazione di un trasformatore trifase di distribuzione MT/BT, per l'alimentazione dei servizi ausiliari della sottostazione, della potenza nominale fino a 100 kVA, ubicato presso il locale produttore della sottostazione.

Verrà fatto uso di trasformatori di tensione del tipo induttivo per le misure fiscali e del tipo capacitivo per le protezioni, così pure si farà uso di una gamma di trasformatori amperometrici per effettuare le misure.

Valori di riferimento

Nella redazione della relazione tecnica sui campi elettromagnetici è stato tenuto conto della normativa vigente in materia.

In particolare, sono state recepite le indicazioni contenute nel DPCM 08/07 /2003, il quale 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 generati dagli elettrodotti. Si è inoltre tenuto conto di quanto previsto dal DM 29/05/2008 per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti (metodologia di calcolo indicata dall'APA1), e della Legge quadro 22/02/2001, 11. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", G.U. 7 marzo 2001, n.55.

Valori limite del campo magnetico

Per quanto concerne il campo magnetico generato dagli elettrodotti, esistono tre diverse soglie cui fare riferimento, fissate attraverso il DPCM 8/07 /2003.

L'art. 3 del citato decreto indica come soglie i valori dell'induzione magnetica mostrati in tabella.

Si tratta di cavi unipolari da posare in formazione a trifoglio con conduttori in alluminio, congiunti in maniera da formare un unico fascio di forma rotonda. L'isolante dei cavi è costituito da miscela in XLPE e fra esso e il conduttore è interposto uno strato di miscela semi-conduttrice. Sopra l'isolante è posto uno strato per la tenuta all'acqua, consistente in un nastro semiconduttore. Il cavo presenta uno schermo metallico realizzato con nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale. Sopra lo schermo metallico sono presenti due differenti strati di protezione in guaina protettiva in polietilene. La tensione nominale dei cavi è pari a 30kV.

Occorre inoltre tenere in considerazione la tipologia dei cavi usati per la realizzazione degli elettrodotti; si tratta, infatti, di cavi sotterranei in posa a trifoglio, posati ad una profondità di 1.2 m.

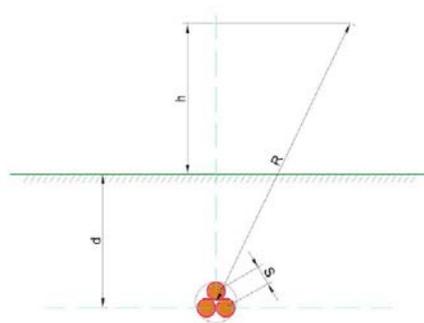
Si procederà adesso, per ognuno dei due casi precedentemente introdotti, ad una valutazione specifica del campo magnetico.

Elettrodotto da campo OVEST a campo EST

Per quanto concerne il caso di una singola linea di cavi sotterranei di media tensione posati a trifoglio, la norma CEI 106-11 al cap.7.1 indica che con una profondità di posa pari a 1.20 m già al livello del suolo sulla verticale del cavo e nelle condizioni limite di portata si determina una induzione magnetica molto prossima a $3 \mu\text{T}$.

Si è comunque effettuato il calcolo analitico dei campi magnetici generate da questa configurazione.

Si terrà conto nel seguito per il modello del sistema di cavi unipolari posati a trifoglio e non elicordati, come di seguito riportato.



Come infatti suggerito dalla norma CEI 106-11 al cap. 6.2.3, per i cavi unipolari posati a trifoglio è possibile ricorrere ad una espressione approssimata del campo magnetico, come di seguito riportato.

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

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

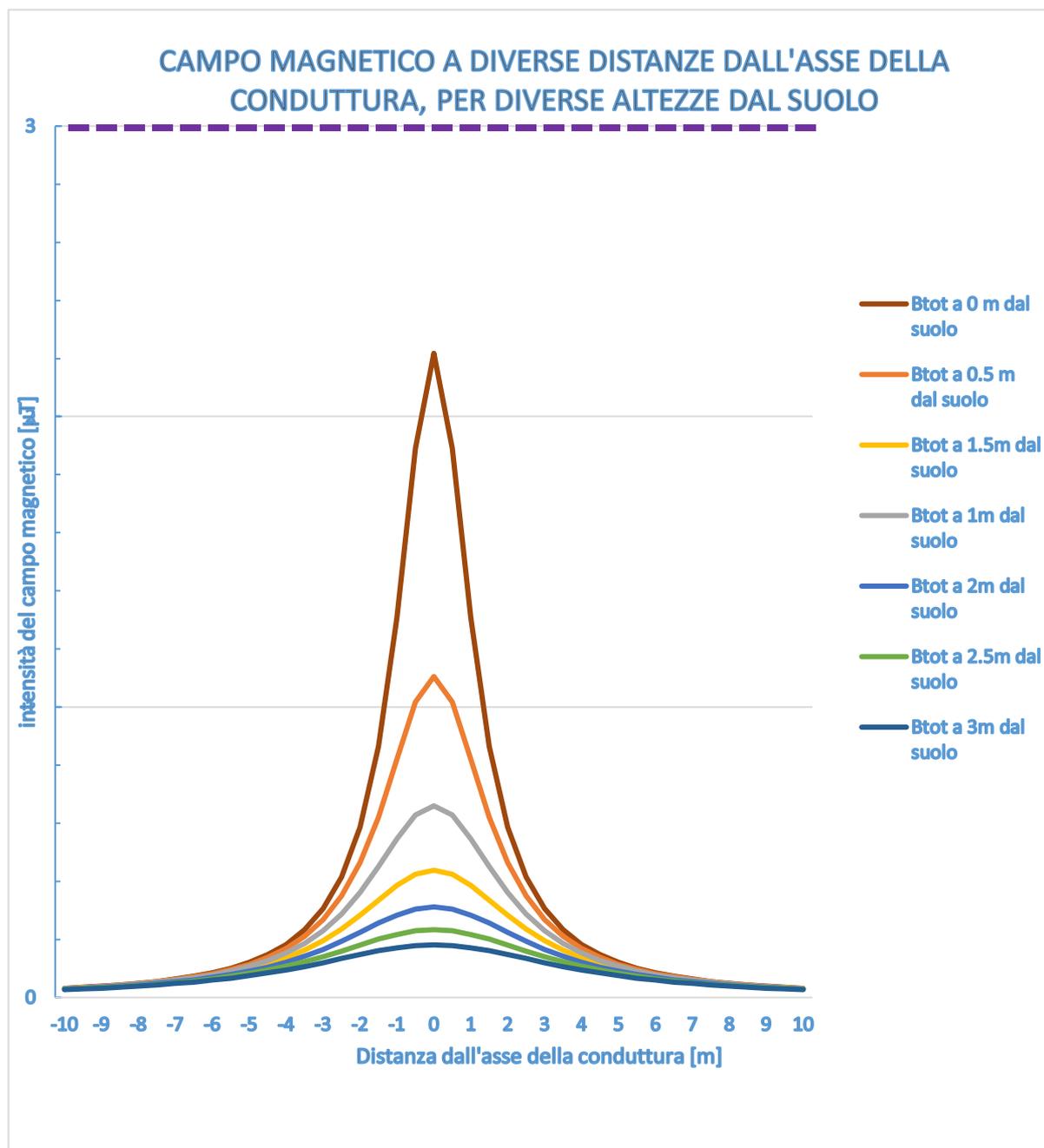
Le condizioni operative per le quali sono stati eseguiti i calcoli sono le seguenti:

- profondità di posa dei cavi: 1.2 m
- distanza terna dall'asse: 0 m
- Sezione terna: 3x1x240 mm²
- Portata nominale cavo: 428 A
- Portata corretta: 368 A
- Corrente di calcolo: 221 A (corrispondente alla massima produzione del campo)

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.

TRATTA		CT1-CSM					
S [m]	0,059	I [A]	221	d [m]	1,2		
DISTANZA DALL'ASSE CENTRALE R0	B tot a diverse altezze in m dal suolo [μ T]						
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
-10	0,0315	0,0310	0,030	0,030	0,029	0,028	0,027
-9,5	0,035	0,034	0,034	0,033	0,032	0,031	0,030
-9	0,039	0,038	0,037	0,036	0,035	0,034	0,032
-8,5	0,043	0,043	0,041	0,040	0,039	0,037	0,036
-8	0,049	0,048	0,046	0,045	0,043	0,041	0,039
-7,5	0,055	0,054	0,052	0,050	0,048	0,046	0,043
-7	0,063	0,062	0,059	0,057	0,054	0,051	0,048
-6,5	0,073	0,071	0,068	0,064	0,061	0,057	0,053
-6	0,085	0,082	0,078	0,074	0,069	0,064	0,060
-5,5	0,101	0,096	0,091	0,085	0,079	0,073	0,067
-5	0,121	0,115	0,107	0,099	0,091	0,083	0,075
-4,5	0,147	0,138	0,127	0,116	0,105	0,094	0,084
-4	0,183	0,169	0,153	0,137	0,122	0,108	0,095
-3,5	0,233	0,211	0,187	0,163	0,142	0,123	0,107
-3	0,306	0,269	0,231	0,196	0,166	0,141	0,120
-2,5	0,415	0,349	0,288	0,236	0,194	0,160	0,134
-2	0,587	0,464	0,361	0,283	0,224	0,181	0,148
-1,5	0,866	0,621	0,450	0,335	0,256	0,200	0,161
-1	1,309	0,821	0,547	0,385	0,284	0,217	0,171
-0,5	1,890	1,017	0,627	0,424	0,304	0,229	0,179
0	2,218	1,105	0,660	0,438	0,312	0,233	0,181
0,5	1,890	1,017	0,627	0,424	0,304	0,229	0,179
1	1,309	0,821	0,547	0,385	0,284	0,217	0,171
1,5	0,866	0,621	0,450	0,335	0,256	0,200	0,161
2	0,587	0,464	0,361	0,283	0,224	0,181	0,148
2,5	0,415	0,349	0,288	0,236	0,194	0,160	0,134
3	0,306	0,269	0,231	0,196	0,166	0,141	0,120
3,5	0,233	0,211	0,187	0,163	0,142	0,123	0,107
4	0,183	0,169	0,153	0,137	0,122	0,108	0,095
4,5	0,147	0,138	0,127	0,116	0,105	0,094	0,084
5	0,121	0,115	0,107	0,099	0,091	0,083	0,075
5,5	0,101	0,096	0,091	0,085	0,079	0,073	0,067
6	0,085	0,082	0,078	0,074	0,069	0,064	0,060
6,5	0,073	0,071	0,068	0,064	0,061	0,057	0,053
7	0,063	0,062	0,059	0,057	0,054	0,051	0,048
7,5	0,055	0,054	0,052	0,050	0,048	0,046	0,043
8	0,049	0,048	0,046	0,045	0,043	0,041	0,039
8,5	0,043	0,043	0,041	0,040	0,039	0,037	0,036
9	0,039	0,038	0,037	0,036	0,035	0,034	0,032
9,5	0,035	0,034	0,034	0,033	0,032	0,031	0,030
10	0,031	0,031	0,030	0,030	0,029	0,028	0,027

Il grafico che segue mostra la distribuzione di tali valori in funzione della distanza dall'asse centrale. Le varie curve mostrano il valore dell'intensità del campo al variare del parametro h (da 1 m a 3 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo.



Ricordando che l'obiettivo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a 3 μT , si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all'asse centrale ad 0m dal piano di calpestio, pari a 2.22 μT , inferiore all'obiettivo di qualità.

Per la tratta in esame, risulta pertanto abbondantemente rispettato il valore limite di esposizione pari a 100 μT lungo tutto il percorso dei cavi, così pure l'obiettivo di qualità pari a 3 μT , e non risulta necessario apporre alcuna fascia di rispetto (DPA).

Elettrodotto da campo EST a C-SSX

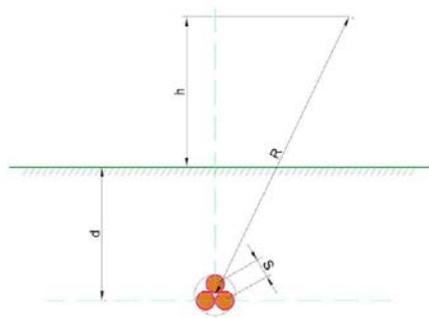
Per tener conto della presenza di due o più terne nella stessa sezione di scavo si è fatto ricorso ad un modello matematico che tenesse conto del campo magnetico generato da ogni singola terna.

Il modello costituito, secondo quanto previsto e suggerito dalla norma CEI 211-4 cap. 4.3,

tiene conto delle componenti spaziali dell'induzione magnetica, calcolate come somma del contributo delle correnti nei diversi conduttori.

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

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



Come infatti suggerito dalla norma CEI 106-11 al cap. 6.2.3, per i cavi unipolari posati a trifoglio è possibile ricorrere ad una espressione approssimata del campo magnetico, come di

seguito riportato.

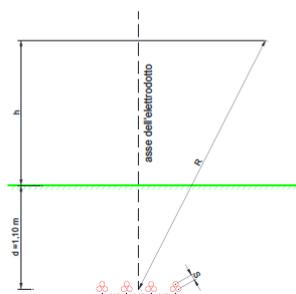
$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S * I}{R^2}$$

dove B [μT] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal conduttore centrale, S [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A].

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

Considerata quindi la disposizione spaziale delle due 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:

$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_1 * I_1}{(x-x_1)^2 + (y-d)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_2 * I_2}{(x-x_2)^2 + (y-d)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_3 * I_3}{(x-x_3)^2 + (y-d)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_4 * I_4}{(x-x_4)^2 + (y-d)^2}$$



dove B [μT] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal centro del sistema (baricentro delle terne di cavi), S [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti

della terna i -esima, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A] (specifica della terna i -esima).

Per quanto riguarda la corrente, il DPCM 8/07/2003 all'art.6 indica di fare riferimento alla

portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, così come definita dalla norma

CEI11-60, la quale regola la portata al limite termico delle linee aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV. Trattandosi nel caso specifico invece di linea interrata in media tensione (30 kV), e non potendosi fare riferimento a quanto previsto dal decreto, si è fatto riferimento alla portata in corrente in regime massima produzione del campo fotovoltaico.

Sono stati quindi calcolate, fissando vari valori di h , le distribuzioni dell'intensità del campo magnetico su piani fuori terra paralleli al suolo.

Ai fini del calcolo è stato preso in esame la predetta tratta, formata da due linee aventi ognuna, due terne della sezione di 300 mm² collegate in parallelo.

Quindi ogni terna è stata considerata caricata dividendo per 4 la corrente corrispondente alla massima produttività del campo fotovoltaico.

Le condizioni operative per le quali sono stati eseguiti i calcoli sono le seguenti:

profondità di posa dei cavi: 1.2 m

distanza terna 1 dall'asse: -0.30 m

distanza terna 2 dall'asse: -0.10 m

distanza terna 3 dall'asse: +0.10 m

distanza terna 4 dall'asse: +0.30 m

Sezione terna3: 3x1x300 mm²

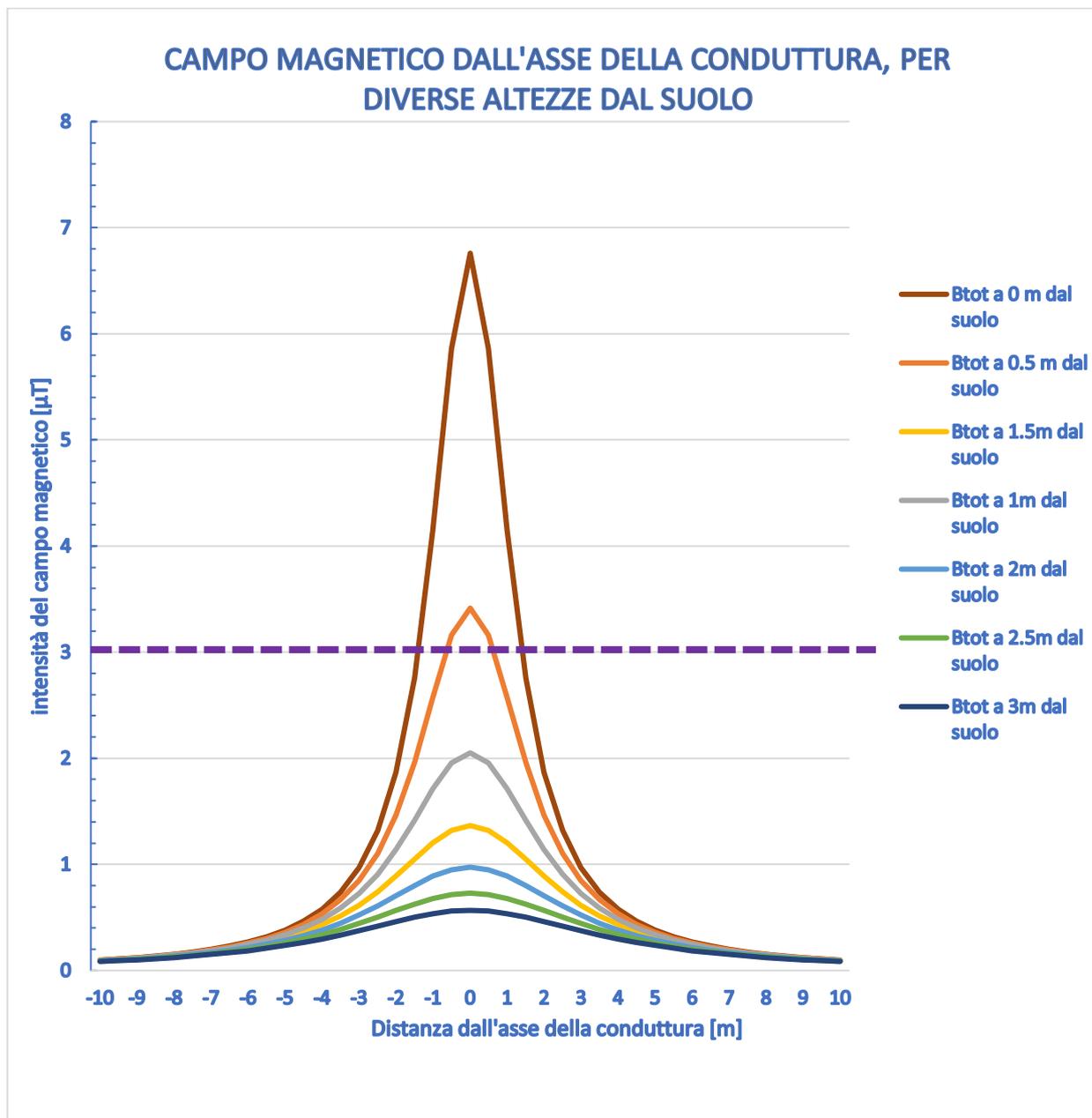
Portata nominale cavo: 486 A

Portata corretta: 325.62 A

Corrente di calcolo: 202 A (corrispondente alla massima produzione del campo/4)

TRATTA		CSM-CSSX						
d [m]	1,2	TERNA 1	TERNA 2	TERNA 3	TERNA 4	TERNA 5	TERNA 6	TERNA 7
DISTANZA DA ASSE ELETTRODOTTO [m]		-0,25	0	0,25				
CORRENTE LINEA [A]		239	239	239				
S [m]		0,057	0,057	0,057				
Btot a diverse altezze in m dal suolo [μT]								
DISTANZA DALL'ASSE CENTRALE R ₀		0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
-10		0,0988	0,0974	0,096	0,093	0,091	0,088	0,085
-9,5		0,1093	0,1076	0,105	0,103	0,100	0,096	0,093
-9		0,1216	0,1195	0,117	0,114	0,110	0,106	0,102
-8,5		0,1361	0,1334	0,130	0,126	0,122	0,117	0,111
-8		0,1533	0,1499	0,146	0,141	0,135	0,129	0,123
-7,5		0,1739	0,1696	0,164	0,158	0,151	0,143	0,136
-7		0,1989	0,1934	0,186	0,178	0,169	0,160	0,150
-6,5		0,2298	0,2223	0,213	0,202	0,191	0,179	0,167
-6		0,2682	0,2582	0,246	0,232	0,217	0,202	0,187
-5,5		0,3171	0,3031	0,286	0,267	0,248	0,228	0,209
-5		0,3803	0,3603	0,337	0,311	0,285	0,259	0,235
-4,5		0,4640	0,4346	0,400	0,365	0,329	0,295	0,265
-4		0,5777	0,5328	0,482	0,431	0,382	0,338	0,298
-3,5		0,7370	0,6653	0,588	0,514	0,446	0,386	0,335
-3		0,9683	0,8480	0,727	0,616	0,521	0,442	0,376
-2,5		1,3178	1,1039	0,907	0,741	0,608	0,502	0,419
-2		1,8677	1,4645	1,137	0,888	0,703	0,566	0,462
-1,5		2,7568	1,9593	1,414	1,049	0,801	0,627	0,503
-1		4,1454	2,5738	1,710	1,204	0,889	0,680	0,536
-0,5		5,8618	3,1595	1,954	1,321	0,951	0,716	0,558
0		6,7592	3,4151	2,051	1,365	0,974	0,729	0,566
0,5		5,8618	3,1595	1,954	1,321	0,951	0,716	0,558
1		4,1454	2,5738	1,710	1,204	0,889	0,680	0,536
1,5		2,7568	1,9593	1,414	1,049	0,801	0,627	0,503
2		1,8677	1,4645	1,137	0,888	0,703	0,566	0,462
2,5		1,3178	1,1039	0,907	0,741	0,608	0,502	0,419
3		0,9683	0,8480	0,727	0,616	0,521	0,442	0,376
3,5		0,7370	0,6653	0,588	0,514	0,446	0,386	0,335
4		0,5777	0,5328	0,482	0,431	0,382	0,338	0,298
4,5		0,4640	0,4346	0,400	0,365	0,329	0,295	0,265
5		0,3803	0,3603	0,337	0,311	0,285	0,259	0,235
5,5		0,3171	0,3031	0,286	0,267	0,248	0,228	0,209
6		0,2682	0,2582	0,246	0,232	0,217	0,202	0,187
6,5		0,2298	0,2223	0,213	0,202	0,191	0,179	0,167
7		0,1989	0,1934	0,186	0,178	0,169	0,160	0,150
7,5		0,1739	0,1696	0,164	0,158	0,151	0,143	0,136
8		0,1533	0,1499	0,146	0,141	0,135	0,129	0,123
8,5		0,1361	0,1334	0,130	0,126	0,122	0,117	0,111
9		0,1216	0,1195	0,117	0,114	0,110	0,106	0,102
9,5		0,1093	0,1076	0,105	0,103	0,100	0,096	0,093
10		0,0988	0,0974	0,096	0,093	0,091	0,088	0,085

Il grafico che segue mostra la distribuzione di tali valori in funzione della distanza dall'asse centrale. Le varie curve mostrano il valore dell'intensità del campo al variare del parametro h (da 1 m a 3 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo.



Ricordando che l'obiettivo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a $3 \mu\text{T}$, si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all'asse centrale, pari a $6.76 \mu\text{T}$, superiore all'obiettivo di qualità fissato dalla norma, ma comunque inferiore al limite di esposizione di $100 \mu\text{T}$.

Risulta quindi necessario individuare una fascia di rispetto, definita, secondo la normativa citata, come la distanza sul piano orizzontale dalla proiezione verticale della sorgente alla quale il campo elettromagnetico risulta essere inferiore all'obiettivo di qualità pari a $3 \mu\text{T}$. Utilizzando tali valori per il calcolo, la DPA risulta essere pari a circa 1,6 m, alla quale il campo residuo risulta essere pari a $2,9 \mu\text{T}$.

Pertanto, relativamente all'elettrodotto costituito da 4 terne di sezione 300 mm^2 , viene individuata una fascia di rispetto complessiva di 3,20 m, centrata sull'asse del cavidotto (OPA pari a 1,6 m), al di fuori della quale è garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità richiesto.

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

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

Campo elettromagnetico generato dalla SSE di utente

La sottostazione di trasformazione AT/MT è 150/30 kV una potenziale sorgente di campi elettromagnetici.

Con riferimento alla valutazione dei campi elettromagnetici generati dalla C-SSX 150/30 kV, 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):

Sbarre A.T. a 150 kV in aria;

Condutture in cavo interrato o in aria a tensione nominale 30 kV;

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

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

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

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

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

Sulla base di tali indicazioni normative, sono state individuate le fasce di rispetto presso l'area della sottostazione.

In particolare, tutta la fascia di rispetto ricade o all'interno dell'area di pertinenza della sottostazione pertanto non interferente con le aree da sottoporre a tutela secondo il DPCM per il rispetto dell'obiettivo di qualità.

Conclusioni

Nella presente relazione è stato condotto uno studio analitico volto a valutare l'impatto elettromagnetico delle opere da realizzare, e, sulla base delle risultanze, 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:

Elettrodotti:

Sono state individuate differenti casistiche, in funzione del numero di terne parallele posate all'interno della stessa sezione di scavo, della profondità di posa e della tensione di esercizio, e per ciascuna di esse è stata determinata la DPA corrispondente. In tutti i casi, l'entità delle DPA è tale da ricadere all'interno della carreggiata stradale lungo la quale giacciono i cavidotti, senza interferenze con luoghi da tutelare, o, nel caso dell'elettrodotto aereo AT, tale da ricadere nelle aree di pertinenza della SE Tema già esistente.

Sottostazione elettrica cli utente:

I campi elettromagnetici risultano più intensi in prossimità delle apparecchiature AT, ma trascurabili all'esterno dell'area della sottostazione. È stata individuata la fascia di rispetto, ricadente per lo più nelle aree di pertinenza della C-SSX e all'interno della viabilità di accesso, senza interferenze con luoghi da tutelare.

A conclusione del presente studio, è possibile affermare che per tutte le sorgenti di campi elettromagnetici individuate, le emissioni risultano essere al di sotto dei limiti imposti dalla vigente normativa.