

REGIONE PUGLIA
PROVINCIA DI LECCE

Comune:
Galatina

Località "La Lama"

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE - Potenza nominale **11.970,00 kWp in DC** e potenza in immissione di **9.980,00 kW in AC**

Codice Pratica Regione Puglia **FWSKO78**

Sezione IE:

IMPATTO ELETTROMAGNETICO

Titolo elaborato:

RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO

N. Elaborato: **IE.SIA01**

Scala: -

Committente

Galatina 3 S.r.l.

Via Francesco Scandone, 4
Montella (AV) - 83048
P.IVA 03105260644
galatina3@legalmail.it

Progettazione



sede legale e operativa

San Giorgio Del Sannio (BN) via de Gasperi 61

sede operativa

Lucera (FG) via Alfonso La Cava 114

P.IVA 01465940623

Azienda con sistema gestione qualità Certificato N. 50 100 11873



Legale Rappresentante

Geom. Braccia Gerardo Carmine

Progettista

Dott. Ing. Nicola FORTE



Rev.	Data	Elaborazione	Approvazione	Emissione	DESCRIZIONE
01	Ottobre 2021	AD	PM	NF	Voitura Societaria
00	Agosto 2021	AD	PM	NF	Emissione Progetto Definitivo

Nome File sorgente	FV.GAL01.C3.PD.IE.SIA01.R01.doc	Nome file stampa	FV.GAL01.C3.PD.IE.SIA01.R01.pdf	Formato di stampa	A4
--------------------	---------------------------------	------------------	---------------------------------	-------------------	----



INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORME E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	4
3	INQUADRAMENTO NORMATIVO	5
4	DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO	7
4.1	GENERALITÀ	7
4.2	LINEE DI DISTRIBUZIONE IN MT	7
5	METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO MAGNETICO	9
5.1	DEFINIZIONI	9
5.2	CENNI TEORICI SUL MODELLO UTILIZZATO	9
5.3	METODO DI CALCOLO	10
6	METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO ELETTRICO	11
6.1	CENNI TEORICI	11
7	LINEA IN CAVO AEREO IN MEDIA TENSIONE	12
7.1	DETERMINAZIONE DEI CAMPI MAGNETICI	12
7.1.1	DETERMINAZIONE DELLA DPA	14
7.1.2	VALUTAZIONE DELLA DPA	14
8	LINEA IN CAVO INTERRATO IN MEDIA TENSIONE	15
8.1	DETERMINAZIONE DEI CAMPI MAGNETICI	15
8.2	DETERMINAZIONE DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE (DPA)	16
9	INTERFERENZE ELETTROMAGNETICHE IMPIANTO FOTOVOLTAICO	17
9.1	MODULI FOTOVOLTAICI	17
9.2	INVERTER	17

 TENPROJECT	RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	FV.GAL01.C3.PD.IE.SPA01 01 10/08/2021 20/10/2021 2 di 21
---	--	--	--

10 CAMPI ELETTROMAGNETICI CABINA DI CONSEGNA

18

11 CONCLUSIONI

21

 TENPROJECT	RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	FV.GAL01.C3.PD.IE.SPA01 01 10/08/2021 20/10/2021 3 di 21
---	--	--	--

1 PREMESSA

La valutazione dell'impatto elettromagnetico interessa la realizzazione di un impianto di produzione da fonte solare nel comune di Galatina (LE) in località "Lama", costituito da 22792 moduli di potenza 525 Wp per una potenza complessiva di impianto pari a 9.9 MW.

Più in dettaglio l'impianto fotovoltaico presenta:

- 22792 moduli fotovoltaici da 525 Wp;
- N.10 cabine di trasformazione BT/MT posta all'interno del campo fotovoltaico;
- Un cavidotto in cavo sotterraneo in media tensione (20 kV) per il collegamento tra le cabine di campo e la cabina di raccolta all'interno del campo fotovoltaico;
- Un cavidotto in cavo sotterraneo in media tensione (20 kV) per il collegamento tra la cabina di raccolta e una cabina di consegna denominato cavidotto esterno;
- Un cavidotto in cavo sotterraneo in media tensione (20 kV) per il collegamento tra la cabina di consegna ed il primo sostegno in amarro;
- Linea in cavo aereo della lunghezza complessiva di 4040 m.

La relazione è stata redatta al fine di determinare i valori di campo elettrico e campo magnetico attesi (calcolo previsionale) e la valutazione degli effetti ambientali conseguenti ai sensi della legge 36/01 e DPCM 08/07/2003. In particolare, i valori di campo elettrico e magnetico all'interno del campo fotovoltaico, così come contemplati nel DPCM del 08/07/2003, non sono stati considerati e quindi calcolati, dato che le aree interne del campo fotovoltaico risultano essere delle aree inaccessibili alle persone comuni e quindi i valori limite di esposizione indicati nel Decreto sono inapplicabili.

 TENPROJECT	RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	FV.GAL01.C3.PD.IE.SPA01 01 10/08/2021 20/10/2021 4 di 21
---	--	--	--

2 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”.
- "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti" APAT.
- CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo”.
- 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”.
- "La protezione dai campi elettromagnetici" - Edizione TNE.
- "Inquinamento elettromagnetico" - P. Bevitori et al. - Maggioli Editore.
- "La valutazione dell'inquinamento elettromagnetico" - Edizione Maggioli Editore.

3 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.

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

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

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);
- I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute dei lavoratori professionalmente esposti nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz (esposizione professionale ai campi elettromagnetici);
- Le 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.

 TENPROJECT	RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	FV.GAL01.C3.PD.IE.SPA01 01 10/08/2021 20/10/2021 6 di 21
---	--	--	--

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.

Normativa	Limiti previsti	Induzione magnetica B (μ 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

Il valore di attenzione di 10 μ 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 μ 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 μ T per lunghe esposizioni e di 1000 μ 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).

 TENPROJECT	RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	FV.GAL01.C3.PD.IE.SPA01 01 10/08/2021 20/10/2021 7 di 21
---	--	--	--

4 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

4.1 Generalità

I campi a frequenze estremamente basse (ELF), quali quelli che si manifestano nell'esercizio delle linee elettriche, sono quelli con frequenze fino a 300 Hz. A frequenze così basse corrispondono lunghezze d'onda in aria molto grandi (6000 km a 50 Hz e 5000 km a 60 Hz) e, in situazioni pratiche, il campo elettrico e quello magnetico agiscono in modo indipendente l'uno dall'altro e sono calcolati e misurati separatamente.

I campi magnetici sono prodotti dal moto delle cariche elettriche, cioè dalla corrente. 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 (μ T). I campi magnetici sono massimi vicino alla sorgente e diminuiscono con la distanza e non vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune che ne vengono facilmente attraversati.

Le opere elettriche di impianto sulle quali rivolgere l'attenzione al fine della valutazione dell'impatto elettrico e magnetico sono di seguito descritte:

- La sezione in media tensione all'interno della cabina di consegna;
- Il cavidotto in MT di collegamento tra la cabina di raccolta e la cabina di consegna;
- Il cavidotto in MT di collegamento tra la cabina di consegna ed il primo sostegno in amarro;
- Linea in cavo aereo MT.

4.2 Linee di distribuzione in MT

La cabina di raccolta sarà connessa alla cabina di consegna attraverso una rete di distribuzione in media tensione a 20 kV, costituente il collegamento esterno, a sua volta la cabina di consegna sarà collegata al primo sostegno in amarro con un altro cavidotto in media tensione a 20 kV.

I cavi MT utilizzati per le linee elettriche interrato saranno del tipo omologato Enel 12/20 kV con conduttore in alluminio e sezione 185 mm², del tipo ad elica visibile, per posa interrata, isolamento estruso in XLPE (polietilene reticolato) a spessore ridotto, schermo in tubo di Al e guaina in PE conformi alla norma CEI 20 -13.

I cavi MT utilizzati per le linee elettriche in cavo aereo saranno del tipo tripolare ad elica visibile con conduttori in Al, isolamento in XLPE a spessore ridotto, schermo in tubo di Al, guaina in PE e fune portante in acciaio. I cavi previsti sono destinati a sistemi elettrici di distribuzione con $U_0/U=12/20$ kV e tensione massima $U_m=24$ kV, sigla di designazione ARE4H5EXY, conformi alla tabella di Unificazione ENEL DC4390/3 matricola 332265 in formazione 3x150+50Y.

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

**Tabella 3 Caratteristiche dimensionali ed elettriche dei cavi interrati MT.**

Sezione conduttore	Diametro conduttore	Spessore Isolante	Diametro cavo	Portata al limite termico
[mm²]	[mm]	[mm]	[mm]	[A]
3x1x185	15,8	5,5	36,3	365

Tabella 4 Caratteristiche dimensionali ed elettriche del cavo unipolare aereo MT.

Sezione conduttore	Diametro conduttore	Diametro est. cavo	Tipologia	Portata
[mm²]	[mm]	[mm]		[A]
3x1x150	14	34,2	Unipolare	340

5 METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO MAGNETICO

5.1 Definizioni

In riferimento all'allegato del D.M. del 29 Maggio 2008 "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto" si introducono le seguenti definizioni:

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 par. 2.6 e sue successive modifiche e integrazioni.

Portata in regime permanente

Massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato (secondo CEI 11-17 par. 1.2.05).

Fascia di rispetto

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 (DPA)

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

5.2 Cenni teorici sul modello utilizzato

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 μ_0 è la permeabilità magnetica del vuoto, NR è il numero dei conduttori (nel nostro caso pari a 3), 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.

5.3 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).



6 METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO ELETTRICO

6.1 Cenni teorici

In generale, per il calcolo del campo elettrico 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:

λ = densità lineare di carica sul conduttore

ϵ_0 = permittività del vuoto

d = distanza del conduttore rettilineo dal punto di calcolo

u_r = versore unitario con direzione radiale al conduttore

7 LINEA IN CAVO AEREO IN MEDIA TENSIONE

7.1 Determinazione dei campi magnetici

Il calcolo del campo elettrico e del campo magnetico in prossimità di un elettrodotto aereo in MT si traduce nella determinazione di una fascia di rispetto. L'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici (APAT) ha definito una "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti".

Tale metodologia, però, non si applica alle linee in media tensione in cavo cordato ad elica aeree bensì alle linee con conduttori nudi.

Sebbene il D.M. 29 Maggio 2008 non preveda il calcolo della distanza di prima approssimazione per linee aeree in MT con cavi cordati ad elica, si procederà ugualmente alla sua determinazione a favore di una maggiore sicurezza per il rispetto della normativa vigente.

Le simulazioni di seguito elencate sono state effettuate facendo le seguenti ipotesi:

- i calcoli saranno effettuati su una linea di lunghezza infinita;
- i cavi utilizzati per il calcolo avranno la stessa sezione e la stessa portata di quelli riportati nelle unificazioni ENEL;
- i cavi saranno indicati geometricamente nella conformazione a trifoglio e posati sulle mensole dei sostegni ad una altezza pari a 6 m (franco minimo delle campate).

Poiché il progetto prevede la realizzazione di linee aeree in singola e doppia terna si effettuerà la simulazione esclusivamente per il caso più gravoso (doppia terna).

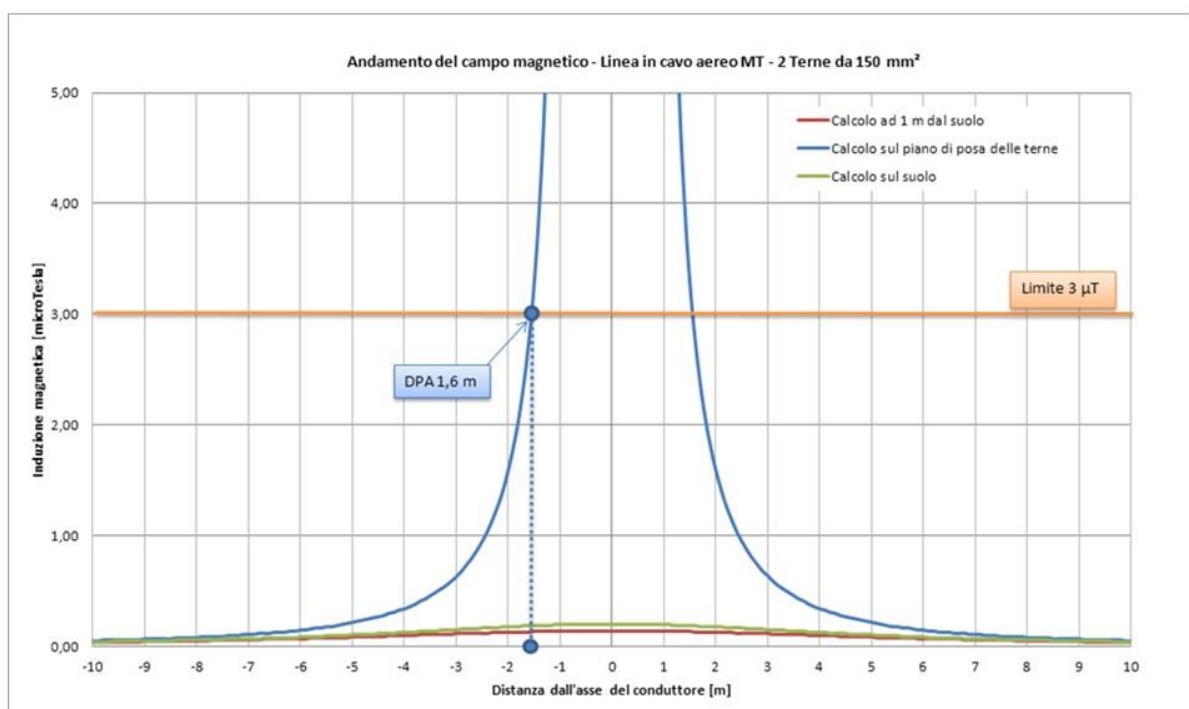
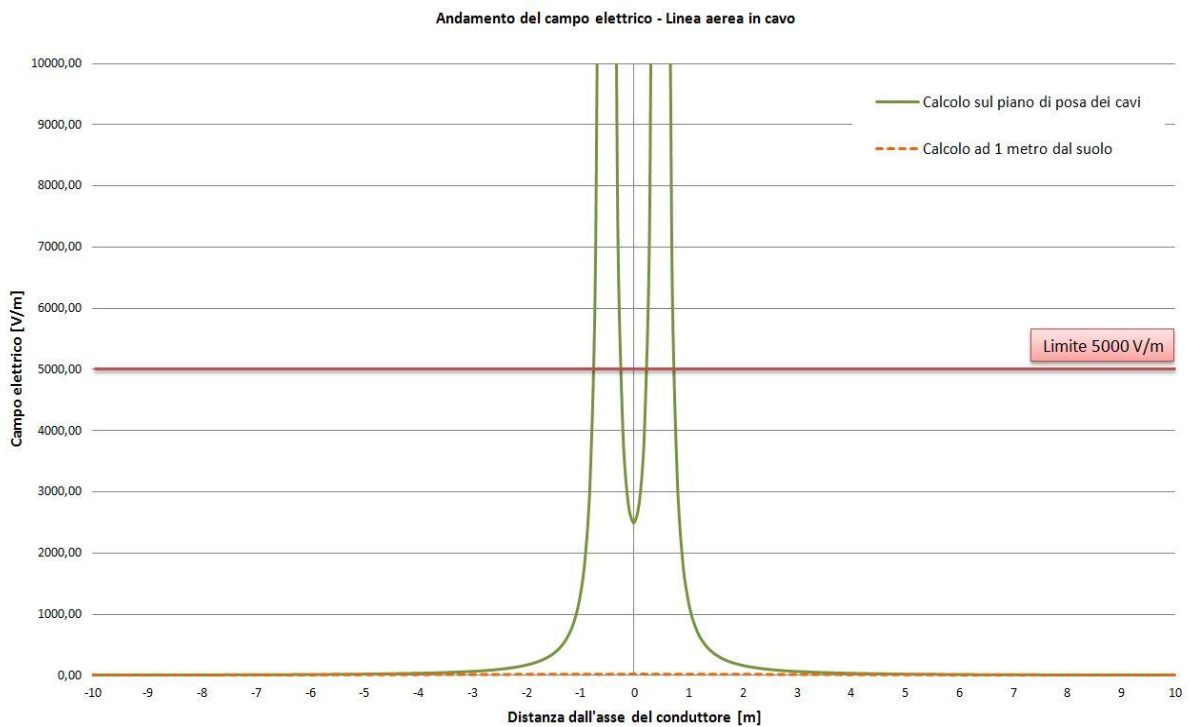


Figura 1 – Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse del sostegno in forma

grafica – Linea in cavo aereo MT

<i>Distanza dai cavi</i> [m]	Valori di campo magnetico [μ T]		
	<i>Altezza conduttori</i>	<i>Al suolo</i>	<i>Ad 1 m dal suolo</i>
-10,00	0,05	0,04	0,04
-8,00	0,08	0,06	0,05
-6,00	0,15	0,09	0,07
-4,00	0,34	0,13	0,10
-2,00	1,59	0,18	0,13
-1,60	2,77	0,19	0,13
-1,00	11,64	0,20	0,14
0,00	20,97	0,20	0,14
1,00	11,67	0,20	0,14
1,60	2,77	0,19	0,13
2,00	1,59	0,18	0,13
4,00	0,34	0,13	0,10
6,00	0,15	0,09	0,07
8,00	0,08	0,06	0,05
10,00	0,05	0,04	0,04

Tabella 5 - Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei sostegni in forma tabellare

Figura 2 - Andamento del campo elettrico in funzione della distanza dall'asse del sostegno in forma grafica –
Linea in cavo aereo MT



<i>Distanza dal sostegno</i> [m]	Valori di campo elettrico [V/m]	
	<i>Calcolo ad altezza conduttori</i>	<i>Calcolo ad 1 metro dal suolo</i>
-10,00	5,60	5,20
-9,00	6,80	6,10
-8,00	8,60	7,20
-7,00	11,20	8,60
-6,00	15,30	10,50
-5,00	22,20	12,90
-4,00	35,50	16,00
-3,00	66,00	19,60
-2,00	166,80	23,50
-1,00	1250,10	26,60
-0,50	447757,90	27,60
0,00	2491,70	27,90

Tabella 6 - Andamento del campo elettrico in funzione della distanza dall'asse dei sostegni in forma tabellare

Il campo elettrico ad 1 metro dal suolo è sempre inferiore ai 5 kV/m. Tale valore è superato esclusivamente in un punto distante 6 metri dal suolo e 50 cm dal sostegno.

7.1.1 Determinazione della DPA

Il calcolo della DPA per i cavidotti di collegamento in MT simulati 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 μ T. Si riporta nella seguente tabella la distanza di prima approssimazione per il tratto di cavidotto preso in esame:

CASO DI STUDIO	N° TERNE	SEZIONE [mm ²]	TIPOLOGIA CAVO	TENSIONE [kV]	DPA [m]
S1	2	150	Unipolare ad elica	20	1.6

Tabella 7 – Distanza di prima approssimazione

La fascia di rispetto da tener in considerazione per la valutazione della presenza di recettori sensibili è di 3.2 m centrata sull'asse dei sostegni.

7.1.2 Valutazione della Dpa

Dalle analisi dei risultati riassunti nei paragrafi precedenti e delle fasce di rispetto individuate negli elaborati grafici da FV.GAL01.C3.PD.IE.SPA02 si può desumere che lungo tutto il percorso della linea elettrica in MT, non sono presenti abitazioni all'interno delle fasce di rispetto. Pertanto, non saranno necessari ulteriori approfondimenti sullo studio dei campi magnetici.

8 LINEA IN CAVO INTERRATO IN MEDIA TENSIONE

8.1 Determinazione dei campi magnetici

Per la realizzazione delle linee in cavo interrato MT 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.

Sebbene il D.M. 29 Maggio 2008 non preveda il calcolo della distanza di prima approssimazione per linee interrate in MT con cavi disposti ad elica, si procederà ugualmente alla sua determinazione a favore di una maggiore sicurezza.

Lo studio del campo magnetico è stato effettuato, alla tensione nominale di 20 kV, sul tratto di cavidotto così costituito:

S2: una terna di conduttori di sezione 185 mm² interrata ad una profondità di 1.5 m, disposta a trifoglio entro tubazione in pead e percorse ciascuna da corrente massima pari a 360 A.

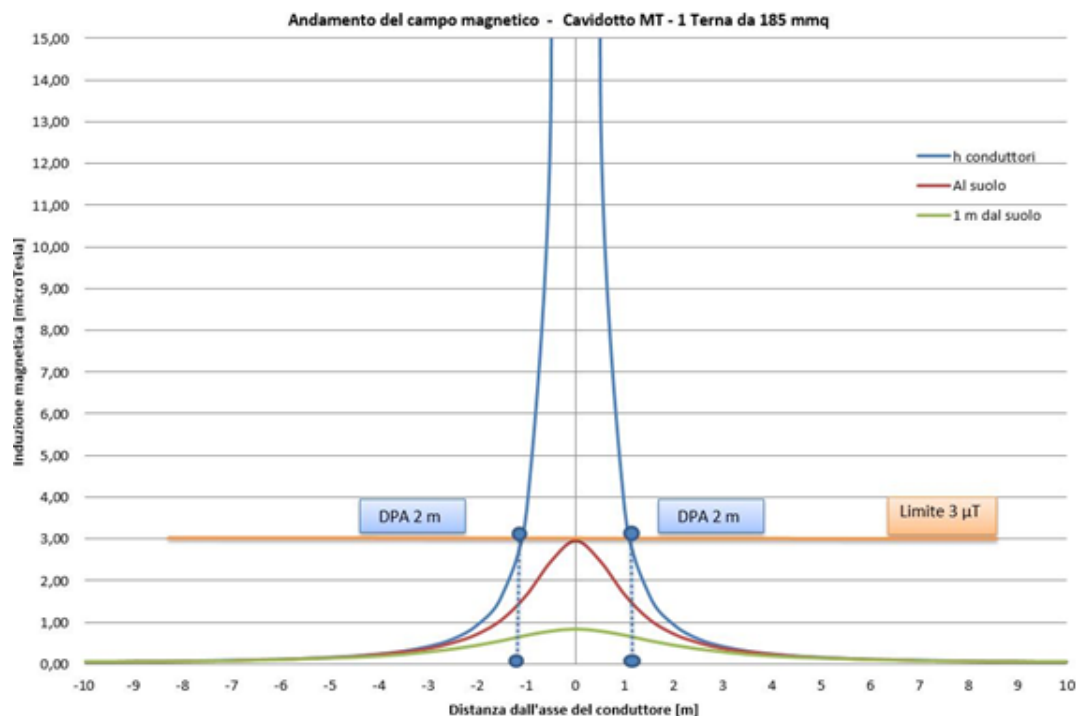


Figura 3 Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa alla simulazione S2.

<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Altezza conduttori [μT]</i>	<i>Al suolo [μT]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [μT]</i>
-10,00	0,04	0,04	0,04
-9,00	0,05	0,05	0,04
-8,00	0,06	0,06	0,05
-7,00	0,08	0,07	0,07
-6,00	0,10	0,10	0,09
-5,00	0,15	0,14	0,13
-4,00	0,23	0,22	0,18
-3,00	0,41	0,36	0,28
-2,00	0,93	0,71	0,44
-1,00	3,67	1,65	0,68
0,00	248,29	2,95	0,83
1,00	3,67	1,65	0,68
2,00	0,93	0,71	0,44
3,00	0,41	0,36	0,28
4,00	0,23	0,22	0,18
5,00	0,15	0,14	0,13
6,00	0,10	0,10	0,09
7,00	0,08	0,07	0,07
8,00	0,06	0,06	0,05
9,00	0,05	0,05	0,04
10,00	0,04	0,04	0,04

Tabella 8 - Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S2.

8.2 Determinazione della distanza di prima approssimazione (DPA)

Il calcolo della DPA per i cavidotti interrati di collegamento in MT simulati 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 μ T. Si riportano nella seguente tabella le distanze di prima approssimazione per i tratti di cavidotto presi in esame:

Tabella 9 - Distanza di prima approssimazione per cavidotti interrati di collegamento del parco fotovoltaico.

CASO DI STUDIO	N° TERNE	SEZIONI [mm ²]	TIPOLOGIA CAVO	TENSIONE [kV]	DPA [m]
S2	1	3x1x185	Posa a trifoglio	20	2



9 INTERFERENZE ELETTROMAGNETICHE IMPIANTO FOTOVOLTAICO

9.1 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici lavorano in corrente e tensione continue e non in corrente alternata; per cui la generazione di campi variabili è limitata ai soli transitori di corrente (durante la ricerca del MPP da parte dell'inverter, e durante l'accensione o lo spegnimento) e sono comunque di brevissima durata. Nella certificazione dei moduli fotovoltaici alla norma CEI 82-8 (IEC 61215) non sono comunque menzionate prove di compatibilità elettromagnetica, poiché assolutamente irrilevanti.

9.2 Inverter

Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno utilizzano un trasformatore ad alta frequenza per ridurre le perdite di conversione. Essi pertanto sono costituiti per loro natura da componenti elettronici operanti ad alte frequenze. D'altro canto il legislatore ha previsto che tali macchine, prima di essere immesse sul mercato, possiedano le necessarie certificazioni a garantirne sia l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, sia le ridotte emissioni per minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa (via cavo).

A questo scopo gli inverter prescelti possiedono la certificazione di rispondenza alle normative di compatibilità elettromagnetica (EMC) (CEI EN 50273 (CEI 95-9), CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65), CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10), CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31), CEI EN 61000-3-3 (CEI 110-28), CEI EN 55022 (CEI 110-5), CEI EN 55011 (CEI 110-6))

Tra gli altri aspetti queste norme riguardano:

- I livelli armonici: le direttive del gestore di rete prevedono un THD globale (non riferito al massimo della singola armonica) inferiore al 5% (inferiore all'8% citato nella norma CEI 110-10). Gli inverter presentano un THD globale contenuto entro il 3%;
- Disturbi alle trasmissioni di segnale operate dal gestore di rete in superim-posizione alla trasmissione di energia sulle sue linee;
- Variazioni di tensione e frequenza. La propagazione in rete di queste ultime è limitata dai relè di controllo della protezione di interfaccia asservita al dispositivo di interfaccia. Le fluttuazioni di tensione e frequenze sono però causate per lo più dalla rete stessa. Si rendono quindi necessarie finestre abbastanza ampie, per evitare una continua inserzione e disinserione dell'impianto fotovoltaico.
- La componente continua immessa in rete. Il trasformatore elevatore contribuisce a bloccare tale componente. In ogni modo il dispositivo di interfaccia di ogni inverter interviene in presenza di componenti continue maggiori dello 0,5% della corrente nominale.

Le questioni di compatibilità elettromagnetica concernenti i buchi di tensione (fino ai 3 s in genere) sono in genere dovute al coordinamento delle protezioni effettuato dal gestore di rete locale.

10 CAMPI ELETTROMAGNETICI CABINA DI CONSEGNA

Il calcolo del campo elettromagnetico per la cabina di consegna MT è stato effettuato sulle sbarre a 20 kV dei quadri in MT. I parametri geometrici utilizzati per il calcolo risultano i seguenti:

- altezza delle sbarre: 1.1 m;
- distanza tra le sbarre: 0.3 m;

I parametri elettrici riportati nel software risultano, invece, i seguenti:

- valore efficace della corrente delle sbarre: 630 A;
- valore efficace della tensione fra conduttore e terra: 11560 V;

A favore della sicurezza, i valori di corrente utilizzati nella simulazione di calcolo sono quelli relativi alle correnti termiche nominali delle sbarre a 20 kV.

I valori di campo magnetico sono stati calcolati ad altezza conduttori, più precisamente, i risultati di seguito riportati illustrano l'andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse delle sbarre e su di un asse ortogonale alle stesse.

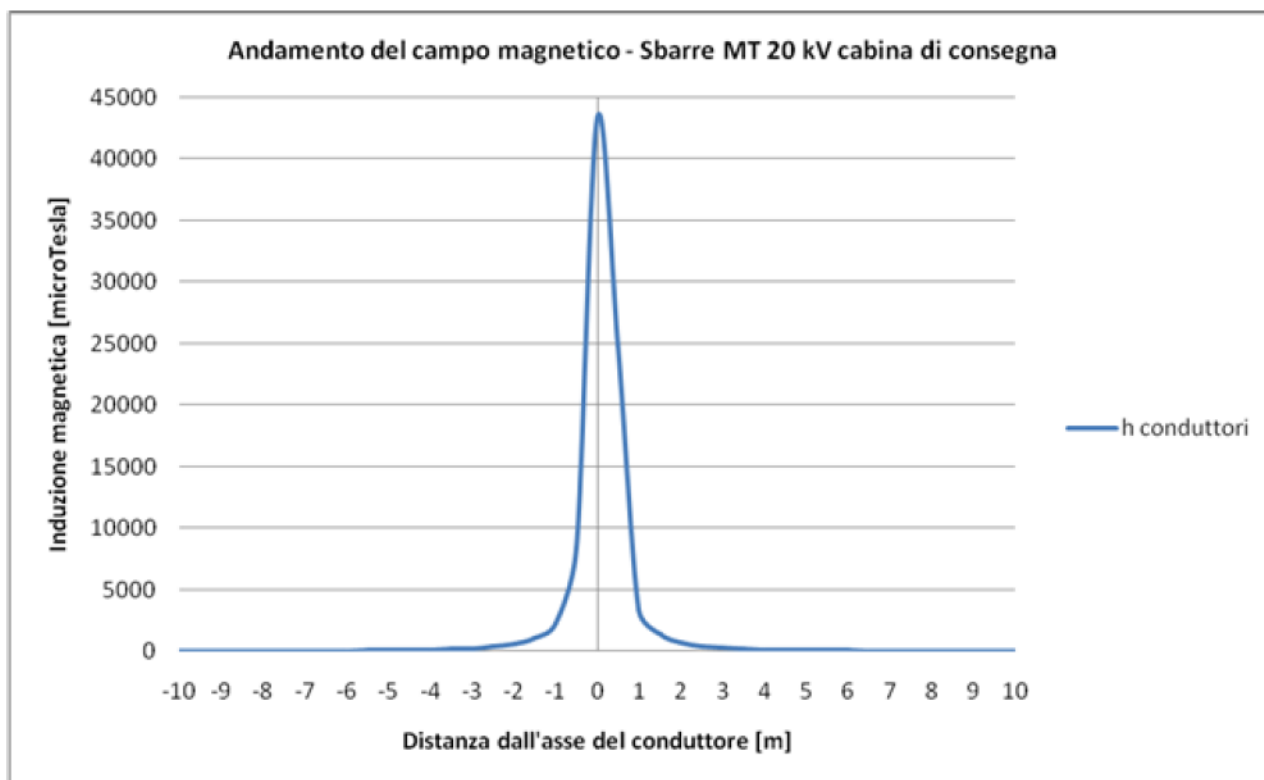


Figura 4 - Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica - Sbarre MT della cabina di consegna.

<i>Distanza dall'asse [m]</i>	<i>Valori di campo magnetico [μT]</i>
-10,00	0,82
-9,00	1,01
-8,00	1,27
-7,00	1,65
-6,00	2,24
-5,00	2,98
-4,00	4,97
-3,00	8,74
-2,00	19,26
-1,00	74,37
0,00	43342,3
1,00	115,56
2,00	23,65
3,00	10,00
4,00	5,50
5,00	2,98
6,00	2,39
7,00	1,75
8,00	1,33
9,00	1,05
10,00	0,85

Tabella 10 Andamento del campo magnetico della cabina di consegna a 20 kV in forma tabellare.

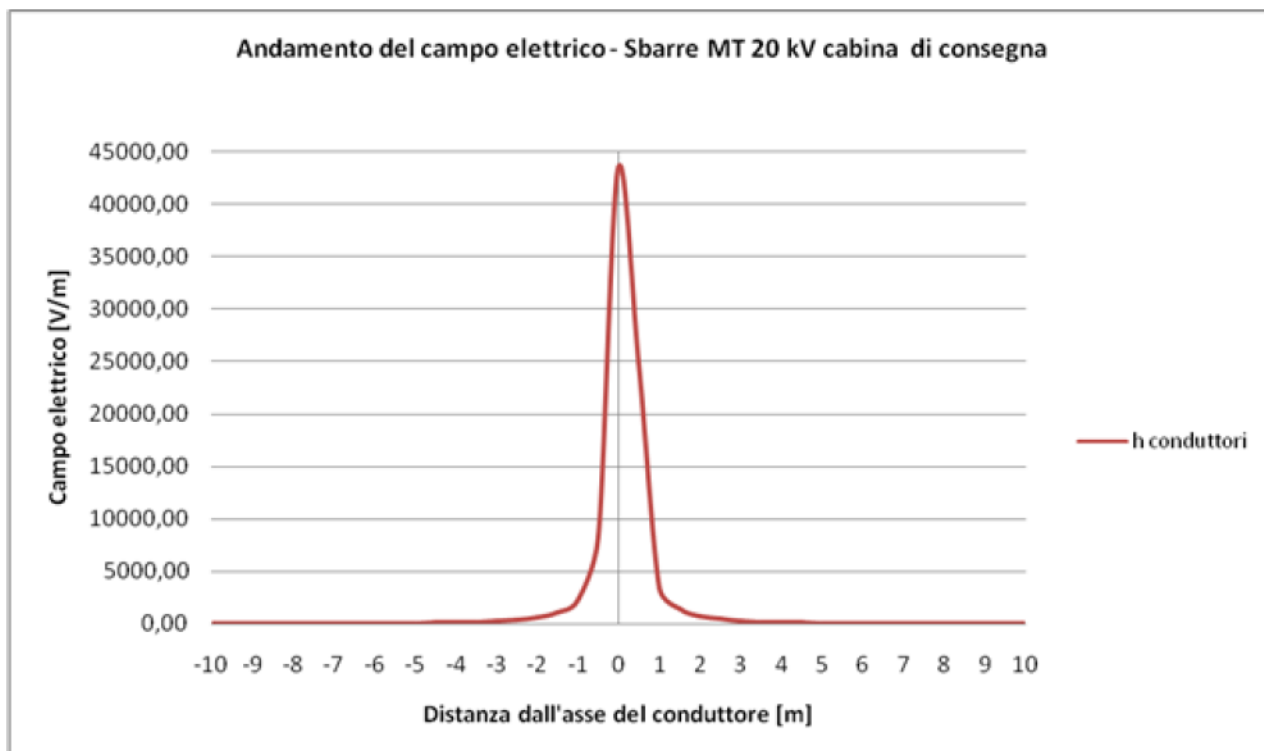


Figura 5 - Andamento del campo elettrico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica e tabellare - Sbarre MT della cabina di consegna.

<i>Distanza dall'asse [m]</i>	<i>Valori di campo elettrico [V/m]</i>
	<i>Altezza conduttori</i>
0,00	43342,30
0,50	24863,10
1,00	3381,50
1,50	1376,50
2,00	734,50
2,50	442,10
3,00	286,70
3,50	196,40
4,00	140,50
4,50	104,20
5,00	79,60
5,50	62,30
6,00	49,90
6,50	40,70
7,00	33,70
7,50	28,40
8,00	24,10
8,50	20,80
9,00	18,00
9,50	15,80
10,00	14,00

Tabella 11 Andamento del campo elettrico della cabina di consegna a 20 kV in forma tabellare.

Come si evince dalla simulazione del calcolo (fig. 4) i valori di campo magnetico ad altezza conduttori restano al di sotto dei 3 μ T ad una distanza di circa 5 m dal muro perimetrale della cabina. Tale valore di induzione magnetica è indicato nel DPCM 08/07/2003 come obiettivo di qualità previsto per le 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. Per quanto riguarda il campo elettrico (fig. 5), l'intensità risulta massima vicino al dispositivo e diminuisce con la distanza. Considerando il campo elettrico calcolato ad altezza conduttori si ottengono valori di campo elettrico inferiore ai limiti di 5000 V/m imposti dalla normativa a soli 1 m dai conduttori stessi.

 TENPROJECT	RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	FV.GAL01.C3.PD.IE.SPA01 01 10/08/2021 20/10/2021 21 di 21
---	--	--	---

11 CONCLUSIONI

La determinazione delle DPA è stata effettuata in accordo al D.M. del 29/05/2008 riportando per ogni opera elettrica la summenzionata DPA. Dalle analisi, i cui risultati sono riassunti nei grafici e tabelle riportati nei paragrafi precedenti si può desumere quanto segue:

- Per il cavidotto interrato MT del collegamento esterno in media tensione del parco fotovoltaico la distanza di prima approssimazione non eccede il range di ± 2 m rispetto all'asse del cavidotto;
- Per la linea elettrica aerea in MT la distanza di prima approssimazione non eccede il range di ± 1.6 m rispetto all'asse dei sostegni. All'interno della fascia non si riscontra nessun tipo di edificazione.
- Per la cabina di consegna la distanza di prima approssimazione per le sbarre in media tensione è pari a 5 m dal muro perimetrale.

Tutte le aree summenzionate delimitate dalla DPA ricadono all'interno di aree nelle quali 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 all'impianto fotovoltaico sito in località "Lama" di proprietà Galatina 3 S.r.l. ubicato nel comune di Galatina (LE) rispetta la normativa vigente.