

Proponente:



AIEM GREEN S.r.l.
Viale C. Alleati d'Europa, 9/G
45100 Rovigo (RO)
Telefono: 0425/471 055
e-mail: info@aiemgreen.it
Web: www.aiemgreen.it

o
r_emiro.Giunta - Prot. 23/12/2024.1390050.E Copia conforme dell'originale sottoscritto digitalmente da LUBIAN ELIA CORRADO, garavello riccard

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO
PRESSO IL COMUNE DI "TERRE DEL RENO"

Terre del Reno (FE), Emilia-Romagna, Italia



PROGETTO DEFINITIVO

TITOLO ELABORATO						RIF: 24378
IMPIANTO FOTOVOLTAICO Relazione campi elettromagnetici						NOME FILE: RELO5
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	
00	02/12/2024	Prima emissione	Seingim Global Service S.r.l.	Aiem Green S.r.l.	Aiem Green S.r.l.	SCALA: /
00	17/12/2024	Prima revisione	Seingim Global Service S.r.l.	Aiem Green S.r.l.	Aiem Green S.r.l.	



SEINGIM GLOBAL SERVICE S.r.l.
Sede Legale: Vicolo degli Olmi, 57
30022 Ceggia (VE)
P. IVA 03133300271
Telefono: 0421/323007
e-mail: info@seingim.it
Web: www.seingim.it

SOMMARIO

1.	PREMESSA	2
2.	LEGGI, NORME E REGOLAMENTI	4
2.1	NORME LEGISLATIVE.....	5
2.2	NORME TECNICHE.....	6
2.3	GUIDE ENEL.....	6
2.4	ALTRI RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	6
2.5	DEFINIZIONI.....	6
3.	CAMPI Elettromagnetici generati dall'impianto	7
3.1	CAMPI EM RELATIVI AI MODULI FOTOVOLTAICI	8
3.2	CAMPI EM RELATIVI AGLI INVERTER	8
3.3	CAMPI EM RELATIVI ALLE CABINE ELETTRICHE DI TRASFORMAZIONE DELL'IMPIANTO PV.....	9
3.4	CAMPI EM RELATIVI ALLE LINEE ELETTRICHE IN CORRENTE ALTERNATA	10
3.4.1	<i>Cavi elettrici MT interni per impianto fotovoltaico.....</i>	<i>11</i>
4.	CONCLUSIONI	19

1. PREMESSA

Il Società Aiem Green S.r.l. intende realizzare nel Comune di Terre del Reno, sito in provincia di Ferrara, un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica.

L'impianto Terre del Reno è sito in Via del Fantino SNC e individuato dalle coordinate 44.804505° N - 11.375740° E.

L'impianto avrà una potenza complessiva installata di 24.474,96 kWp e potenza in immissione massima pari a 19.811,8 kWac. L'energia prodotta sarà immessa nella Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).

L'impianto nel suo complesso sarà diviso in due macroaree recintate – Area 1 (lato ovest). Area 2 (lato est).

Una parte dell'area di impianto è racchiusa nel buffer di 500 metri dalla zona a destinazione industriale presente a sud del sito in esame, per cui ai sensi dell'art. 8 comma 1-bis del D. Lgs. 199/2021 è ivi consentita l'installazione degli impianti fotovoltaici con moduli "collocati a terra".

La soluzione tecnica minima generale (STMG) formulata per una potenza in immissione richiesta di 19.900,42 kW, prevede che l'impianto sia collegato alla rete di E-Distribuzione su n°5 POD collegati mediante n°4 cavidotti in MT 15 kV alla nuova Cabina primaria "CP S. Agostino Ovest" collegata in antenna da cabina primaria AT/MT. La Soluzione per la connessione alla RTN dell'impianto di distribuzione in oggetto prevede il collegamento in doppia antenna alla Stazione Elettrica da inserire in entra esce alla linea RTN a 132 kV "Crevalcore-S. Agostino" previa realizzazione degli interventi previsti nel piano di sviluppo previsto da Terna:

- 307-P, elettrodotto 220kV "Colunga-Este";
- 318-P, riassetto di Ferrara;
- 350-N, elettrodotto 220kV "Colunga-Bussolengo".

La soluzione per la connessione in alta tensione, a partire dalla CP S. Agostino Ovest, è ancora oggetto di validazione da parte del Gestore di Rete. La Società si presenta come capifila e ha presentato tre ipotesi di connessione in AT. In conformità con quanto previsto dal D.L. 181/2023, convertito dalla L. 11/2024, all'art. 9¹, il procedimento autorizzativo può essere avviato dall'Autorità competente, su istanza del Proponente, anche in assenza del parere di conformità tecnica sulle soluzioni progettuali degli impianti di rete per la connessione da parte del gestore, che è comunque acquisito nel corso del procedimento di autorizzazione ai fini dell'adozione del provvedimento finale. A seguito della validazione di una delle tre ipotesi, pertanto, il progetto sarà integrato approfondendo la soluzione di connessione individuata. L'energia prodotta sarà immessa nella Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).

L'impianto in oggetto prevede l'installazione di pannelli fotovoltaici (moduli) in silicio monocristallino della potenza unitaria di 720 Wp, su un terreno prevalentemente pianeggiante di estensione di circa 35,8 ettari.

I pannelli saranno montati su strutture a inseguimento monoassiale (tracker) in configurazione unifilare ed ogni tracker (struttura portante dei pannelli), di tipo 1V portrait, sarà composto da 81, 54, 27, 14 e 13 moduli.

Per la connessione dell'impianto fotovoltaico alla rete nazionale sono previste all'interno del campo fotovoltaico n.5 Cabine Elettriche di Consegna, le quali verranno collegate mediante cavidotti interrati a 15 kV, alla Cabina Primaria

¹ D.L. 181/2023, d L. 11/2024, art. 9:

9-undecies. Al fine di garantire la realizzazione degli impianti di produzione di energia alimentati da fonti rinnovabili e dei sistemi di accumulo elettrochimico, ivi comprese le relative opere connesse, l'autorità competente ai sensi dell'articolo 12, comma 3, del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387, avvia il relativo procedimento su istanza del proponente, corredata del progetto delle opere di connessione, suddiviso tra impianti di utenza e impianti di rete ai sensi del testo integrato delle connessioni attive (TICA), di cui alla deliberazione dell'Autorità di regolazione per energia, reti e ambiente 23 luglio 2008, ARG/elt 99/08, redatto in coerenza con il preventivo per la connessione predisposto dal gestore di rete e accettato dal proponente, **anche in assenza del parere di conformità tecnica sulle soluzioni progettuali degli impianti di rete per la connessione da parte del gestore medesimo, che è comunque acquisito nel corso del procedimento di autorizzazione ai fini dell'adozione del provvedimento finale.**

denominata "S. Agostino Ovest". La presente indagine prende in considerazione solo l'area di impianto comprendente i cavidotti e le cabine di trasformazione fino ai n.5 POD di consegna.

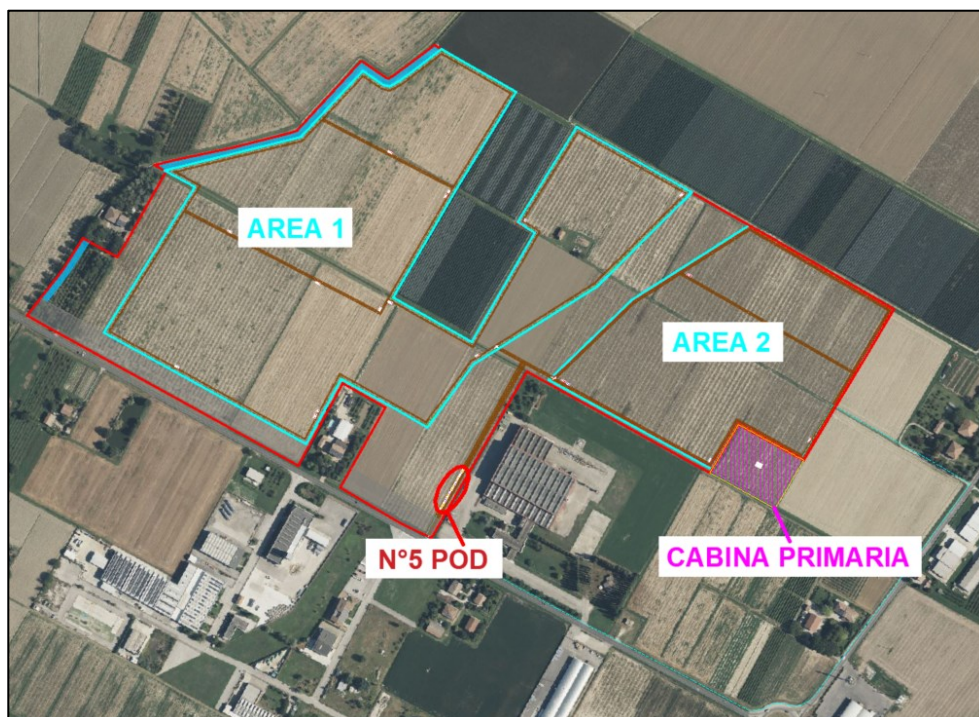


FIGURA 1 - Inquadramento cartografico dell'impianto su ORTOFOTO



FIGURA 2 - Layout – Planimetria di impianto

L'area di impianto si svilupperà su una superficie complessiva di circa 27,73 ha, di cui circa 19,33 ha ricadono nell'Area 1 e circa 8,40 ha ricadono nell'Area 2. Si precisa, ancora una volta, che la distinzione tra "Area 1" e "Area 2" definisce le due aree recintate in cui è suddivisa l'intera area di progetto in disponibilità del proponente.

L'indagine riguarda l'esposizione della popolazione esterna (l'esposizione dei lavoratori sarà valutata in ambito D.Lgs. 81/08) al campo elettrico e magnetico generato dall'impianto fotovoltaico in ottemperanza alla Legge n. 36 del 22/02/2001 "Legge Quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" ed al Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003 (DPCM 8/7/2003) "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 elettrodotti²".

2. LEGGI, NORME E REGOLAMENTI

Per redigere la presente relazione, si sono tenuti in considerazione i documenti e la normativa italiana relativa alla protezione contro l'esposizione dei campi elettromagnetici. In particolare, ci si riferisce alla legge 22/2/01 n°36, legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici completata a regime con l'emanazione del D.P.C.M. 8.7.2003.

In particolare, nel DPCM 8 Luglio 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" vengono fissati i limiti di esposizione e i valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti.

Per il progetto in oggetto si mettono in evidenza i seguenti articoli:

- "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 5kV/m per il campo elettrico intesi come valori efficaci" [art. 3, comma 1];
- "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. 3, comma 2];
- "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. 4].

² il termine elettrodotto comprende, oltre alla linea elettrica, anche le cabine MT/BT

Ci fissiamo l'obiettivo, quindi, di avere un valore di intensità di campo magnetico non superiore ai 3μT come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio, questo in riferimento alla potenza massima erogabile dall'impianto fotovoltaico.

Il 28 Agosto 2003 G.U. n.199, è stato pubblicato il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 Luglio 2003: "Fissazione dei limiti di esposizione, di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalla esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz". L'art. 3 di tale Decreto riporta i limiti di esposizione e i valori di attenzione come descritto nelle Tabelle 1 e 2:

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO	Valore efficace di intensità di CAMPO	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente
0.1-3	60	0.2	-
3 – 3000	20	0.05	1
3000 – 300000	40	0.01	4

TABELLA 1 - Limiti esposizione di cui all'art.3 del DPCM 8 luglio 2003.

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO	Valore efficace di intensità di CAMPO	DENSITA'DI POTENZA dell'onda piana equivalente
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300)

TABELLA 2 - Valori di attenzione di cui all'art.3 del DPCM 8 luglio 2003 in presenza di aree, all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore.

L'art. 4, invece, riporta i valori di immissione che non devono essere superati in aree intensamente frequentate come riportato in Tabella 3:

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensita' di CAMPO	Valore efficace di intensita' di CAMPO	DENSITA'DI POTENZA dell'onda piana equivalente
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300)

TABELLA 3 - Obiettivi di qualità di cui all'art.4 del DPCM 8 luglio2003 all'aperto in presenza di aree intensamente frequentate.

Per quanto riguarda la metodologia di rilievo il D.P.C.M. 8 Luglio 2003 fa riferimento alla norma CEI 211-7.

2.1 Norme legislative

- Legge n. 36, del 22 febbraio 2001: "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici". G. U. n. 55 del 7 marzo 2001.

- DPCM 8 luglio 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" - G. U. n. 200 del 29 agosto 2003.
- Decreto Ministeriale 29 maggio 2008. Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare. Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti. (Supplemento ordinario n.160 alla G.U. 5 luglio 2008 n. 156).

2.2 Norme tecniche

- CEI 211-6. Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana.
- CEI 211-4. Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche.
- 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.
- CEI 106-12. Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT
- CEI 11-17. Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo.

2.3 Guide ENEL

- Enel. Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08. Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche.

2.4 Altri riferimenti bibliografici

- M. Bruni e altri. Modellistica previsionale applicata allo studio dei campi magnetici in prossimità di cabine di trasformazione elettrica (MT/BT). ARPA Emilia-Romagna.
- G. Licitra, F. Francia, N. Colonna. Esposizione al campo magnetico generato da cabine elettriche MT/BT di U.O. Fisica Ambientale Dipartimento ARPAT di Livorno.
- Stefano Cheli, Federica Fratini, Mauro Salvadori. Enel. Aspetti tecnici e autorizzativi per l'installazione di cabine secondarie nel rispetto dei limiti normativi esposizione a campi elettromagnetici. Metodologia di valutazione semplificata della fascia di rispetto (DPA). Padova 19/06/09.

2.5 Definizioni

- **Fascia di rispetto:** Spazio circostante un elettrodotto che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, con induzione magnetica \geq all'obiettivo di qualità ($3 \mu\text{T}$), alla portata in corrente in servizio normale come definita dalla norma CEI 11-60 (DPCM 08-07-03, art. 6 c. 1).

All'interno della fascia di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a 4 ore (Legge 36/01, art. 4, c. 1, lettera h) giornaliera.

Per la determinazione delle fasce di rispetto si deve far riferimento a:

- obiettivo di qualità ($B = 3 \mu\text{T}$);
- portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto relativa al periodo stagionale in cui essa è più elevata (per le linee in cavo è definita dalla norma CEI 11-17).
- **Distanza di prima approssimazione (DPA):** Garantisce che ogni punto distante dall'elettrodotto più di DPA si trovi all'esterno della fascia di rispetto.

Per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea (rappresenta una semi-fascia).

Per le cabine elettriche è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti (tetto e pavimento compresi).

All'interno della DPA sono individuabili anche aree che in condizioni di esercizio normali presentano una induzione magnetica $< 3 \mu T$.

- **Elettrodotto:** insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione.
- **Linea:** collegamenti con conduttori elettrici, delimitati da organi di manovra, che permettono di unire due o più impianti allo stesso livello di tensione.
- **Tronco:** collegamento metallico che permette di unire due impianti (compresi gli allacciamenti).
- **Tratta:** porzione di tronco di linea avente caratteristiche omogenee di tipo elettrico, meccanico e relative alla proprietà e appartenenza alla RTN.
- **Impianto:** officina elettrica destinata, simultaneamente o separatamente, alla produzione, allo smistamento, alla trasformazione e/o conversione dell'energia elettrica transitante (Centrali di produzione, Stazioni elettriche, Cabine di trasformazione primarie e secondarie e Cabine utente).

Il DM 29.05.08 fornisce, quindi, le procedure per il calcolo delle fasce di rispetto delle linee elettriche, esistenti ed in progetto, in particolare, secondo quanto previsto al § 3.2, la tutela in merito alle fasce di rispetto di cui all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 si applica alle linee elettriche aeree ed interrate, esistenti ed in progetto ad esclusione di:

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

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

3. CAMPI ELETTROMAGNETICI GENERATI DALL'IMPIANTO

Per quanto riguarda l'assoggettamento al D.M. 29.05.08 delle opere da realizzare nell'impianto fotovoltaico in questione, esso è suddivisibile nelle seguenti sezioni:

1. sezione impianto di generazione realizzata con moduli fotovoltaici e distribuzione elettrica in corrente continua, a tensione minore di 1500V c.c., tramite conduttori isolati;
2. sezione di conversione tramite inverter per passaggio da corrente continua a corrente alternata trifase in bassa tensione, 800 V-50Hz;
3. sezione di elevazione della tensione per raggiungere il valore di Media Tensione 15kV-50Hz nelle cabine di trasformazione (tramite trasformatore MT/BT) e il loro successivo collegamento in MT con conduttori interrati;
4. sezione di distribuzione dell'energia tra le cabine che costituiscono l'impianto tramite cavo interrato MT esercito a 15kV, fino al punto di consegna situato nelle cabine di consegna situate in vicinanza dell'impianto fotovoltaico;

Tenuto conto di quanto espresso precedentemente, la progettazione dell'impianto fotovoltaico in esame prevede, quindi, la realizzazione delle seguenti opere assoggettabili al DM 29.05.08:

- cabine di trasformazione MT/BT;
- cavidotti interrati MT per la interconnessione delle cabine di trasformazione e le cabine di consegna;

3.1 Campi EM relativi ai moduli fotovoltaici

Nei moduli fotovoltaici i campi elettromagnetici si limitano ad una brevissima durata e riguardano solo alcuni circuiti integrati, in quanto lavorano a corrente e tensione continua. I campi elettromagnetici sono, quindi, irrilevanti.

3.2 Campi EM relativi agli 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).

Gli inverter selezionati rispettano tutta la normativa vigente che prevede tra le varie cose l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, e ridottissime emissioni per evitare interferenze con altre apparecchiature o con la rete elettrica.

Tali normative di compatibilità elettromagnetica sono:

- 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%;
- 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 disinserzione dell'impianto fotovoltaico.

3.3 Campi EM relativi alle cabine elettriche di trasformazione dell'impianto PV

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto, le principali considerazioni riguardano le cabine elettriche di trasformazione. La principale sorgente di emissione è il trasformatore MT/BT e, quindi, nel nostro caso si valutano le emissioni dovute ai trasformatori collocati all'interno delle stesse.

Si sottolinea comunque che nel caso in questione, le cabine sono posizionate all'aperto a grandi distanze dai confini dell'impianto e normalmente non sono presidiate e accessibili solo da personale tecnico formato tramite chiavi.

L'impianto fotovoltaico comprende n. 14 cabine di trasformazione MT/BT 15/0,8 kV e afferisce a n.5 POD diversi.

Le taglie di trasformatori variano da un minimo di 1250 kVA a 1.600 kVA; al loro interno le cabine di trasformazione sono dotate anche di n.1 UPS da 10 kVA, e quadri MT e BT.

La presenza del trasformatore MT/BT viene usualmente presa in considerazione limitatamente alla generazione di un campo magnetico nei locali vicini a quelli di cabina.

In base al DM del MATTM del 29.05.2008, cap.5.2.1, l'ampiezza delle DPA si determina come di seguito descritto. Tale determinazione si basa sulla corrente di bassa tensione del trasformatore e considerando una distanza dalle fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore. Per determinare le DPA si applica quanto esposto nel cap.5.2.1 e cioè:

$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0,40942 \cdot x^{0,5241}$$

dove:

DPA: distanza di prima approssimazione (m)

I: portata di corrente della linea (A)

X: distanza tra i conduttori (m) (diametro del cavo unipolare che forma una fase)

Considerando i cavi che si avranno in uscita dal trasformatore MT/BT sul lato BT, si riporta di seguito una tabella riassuntiva delle DPA da soddisfare per ogni Cabina di Trasformazione dell'impianto fotovoltaico.

Si specifica che il valore di corrente utilizzato in via cautelativa nel calcolo della DPA è quello della corrente massima in uscita dal secondario del trasformatore:

	Cabina	x [m]	I _{BT.TRAFO} [A]	DPA [m]	S _{N.TRAFO} [kVA]	U _{BT} [V]	Linee lato BT (TRAFO)
POD1 (U1)	CT-1_U1	0,198	1155	6,0	1600	800	FG16OR16 3x(6x300)
	CT-2_U1	0,198	1155	6,0	1600	800	FG16OR16 3x(6x300)
	CT-3_U1	0,198	1155	6,0	1600	800	FG16OR16 3x(6x300)
POD2 (U2)	CT-1_U2	0,132	902	4,3	1250	800	FG16OR16 3x(4x300)
	CT-2_U2	0,132	902	4,3	1250	800	FG16OR16 3x(4x300)
POD3 (U3)	CT-1_U3	0,198	1155	6,0	1600	800	FG16OR16 3x(6x300)
	CT-2_U3	0,132	902	4,3	1250	800	FG16OR16 3x(4x300)
	CT-3_U3	0,132	902	4,3	1250	800	FG16OR16 3x(4x300)
POD4 (U4)	CT-1_U4	0,198	1155	6,0	1600	800	FG16OR16 3x(6x300)
	CT-2_U4	0,198	1155	6,0	1600	800	FG16OR16 3x(6x300)
	CT-3_U4	0,198	1155	6,0	1600	800	FG16OR16 3x(6x300)
POD5 (U5)	CT-1_U5	0,198	1155	6,0	1600	800	FG16OR16 3x(6x300)
	CT-2_U5	0,198	1155	6,0	1600	800	FG16OR16 3x(6x300)
	CT-2_U5	0,132	902	4,3	1250	800	FG16OR16 3x(4x300)

TABELLA 4 - Valori di DPA per singola Cabina Trasformazione

3.4 Campi EM relativi alle Linee elettriche in corrente alternata

Come anticipato, per quanto riguarda il rispetto delle distanze da ambienti presidiati ai fini dei campi elettrici e magnetici, si è considerato il limite di qualità dei campi magnetici, fissato dalla suddetta legislazione a 3 µT.

Per gli elettrodotti è possibile valutare l'impatto elettromagnetico facendo riferimento al **metodo semplificato 2D** di calcolo proposto dalla norma CEI 106-11 per conduttori orizzontali paralleli *non elicordati*.

3.4.1 Cavi elettrici MT interni per impianto fotovoltaico

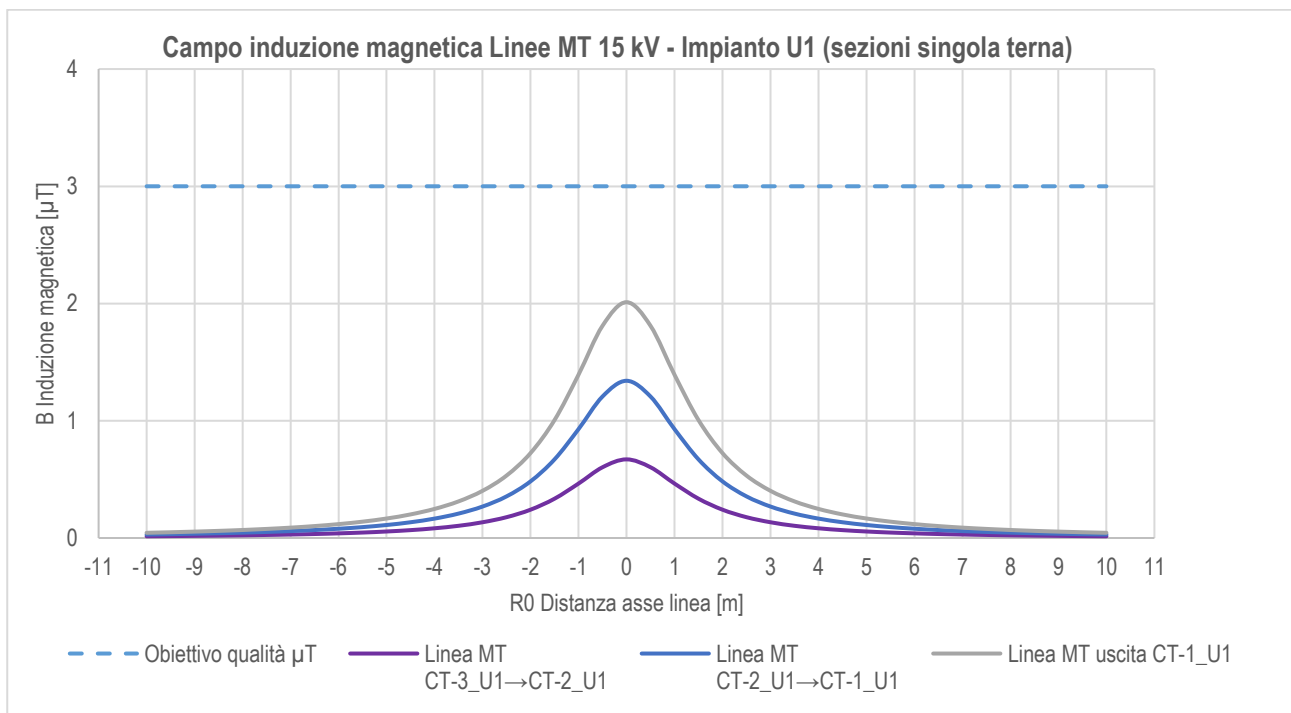
Per le linee MT in questa fase progettuale si è considerata esclusivamente la seguente tipologia di cavi in rame per la rete di distribuzione interna all'impianto fotovoltaico:

- Tensione di esercizio (U_e): 15 kV.
- Tipo di Cavo MT: unipolare.
- Sigla di identificazione: RG26H1M16 12/20 kV.

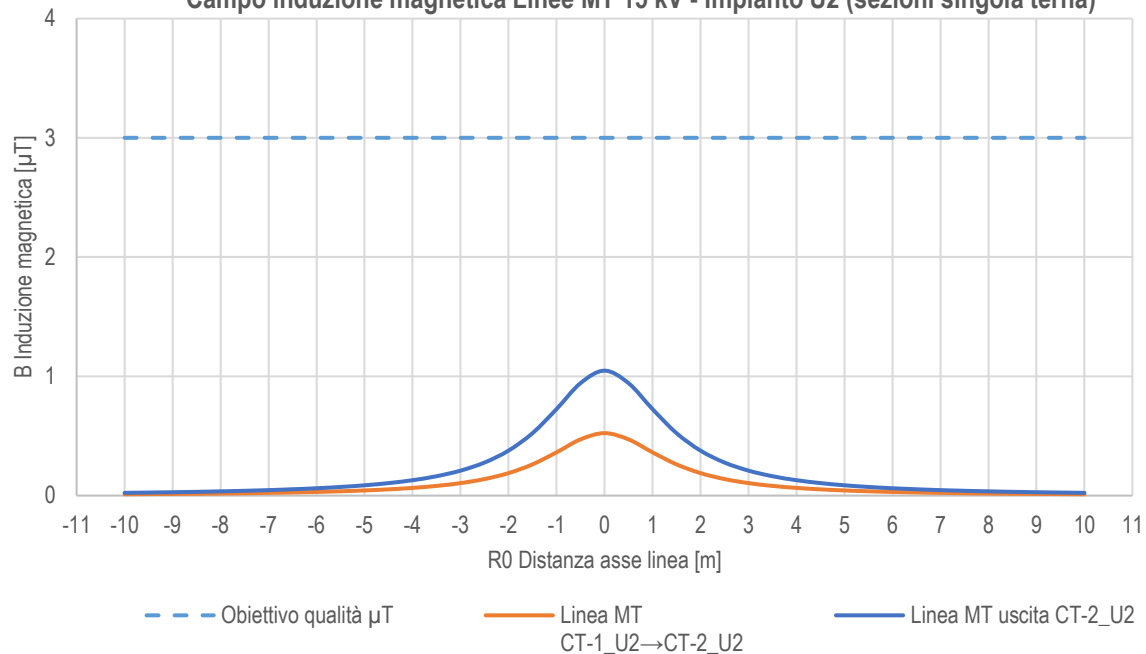
In questa fase progettuale le linee sono state dimensionate considerando esclusivamente cavi unipolari con le terre di cavi disposte a trifoglio ad una profondità di interramento pari a 1,5 metri.

Ai fini della simulazione, è stato preso come riferimento la corrente di impiego I_b nella situazione peggiore, considerando i coefficienti correttivi in base al tipo di posa utilizzata.

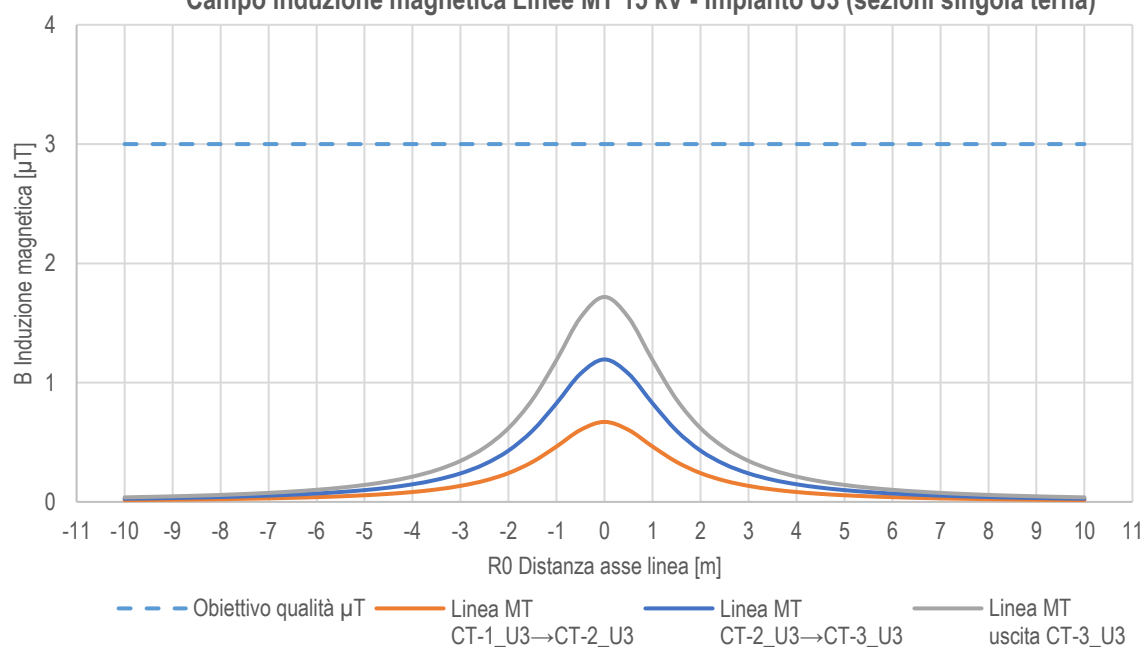
I calcoli sono stati eseguiti utilizzando le relazioni previste dalla normativa CEI 106-11.



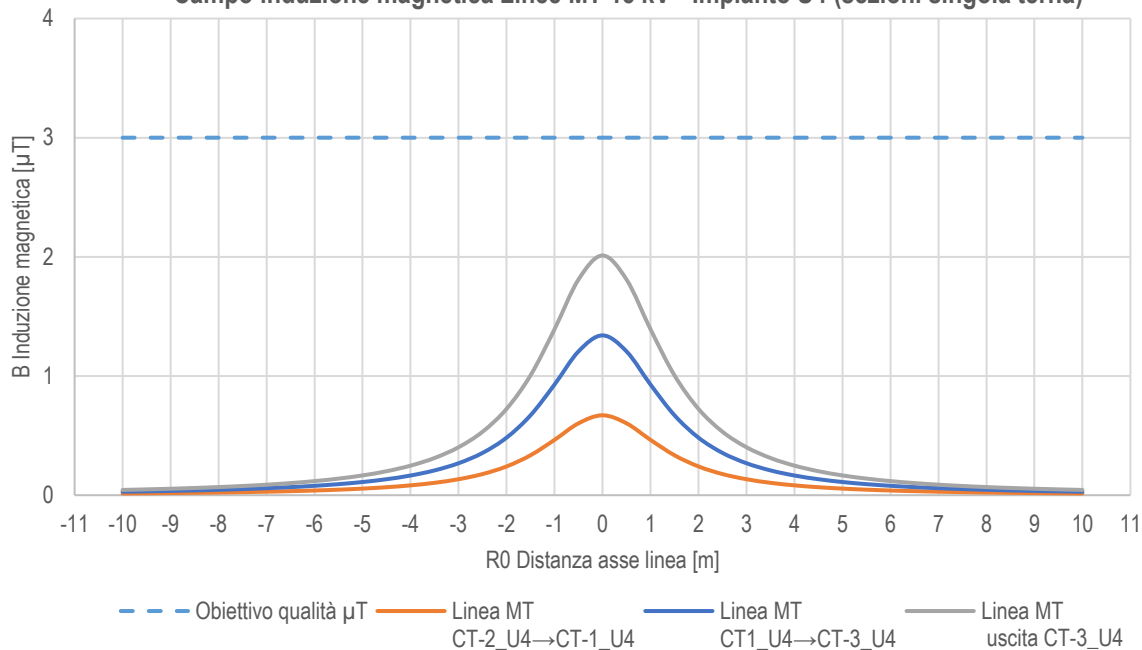
Campo induzione magnetica Linee MT 15 kV - Impianto U2 (sezioni singola terna)



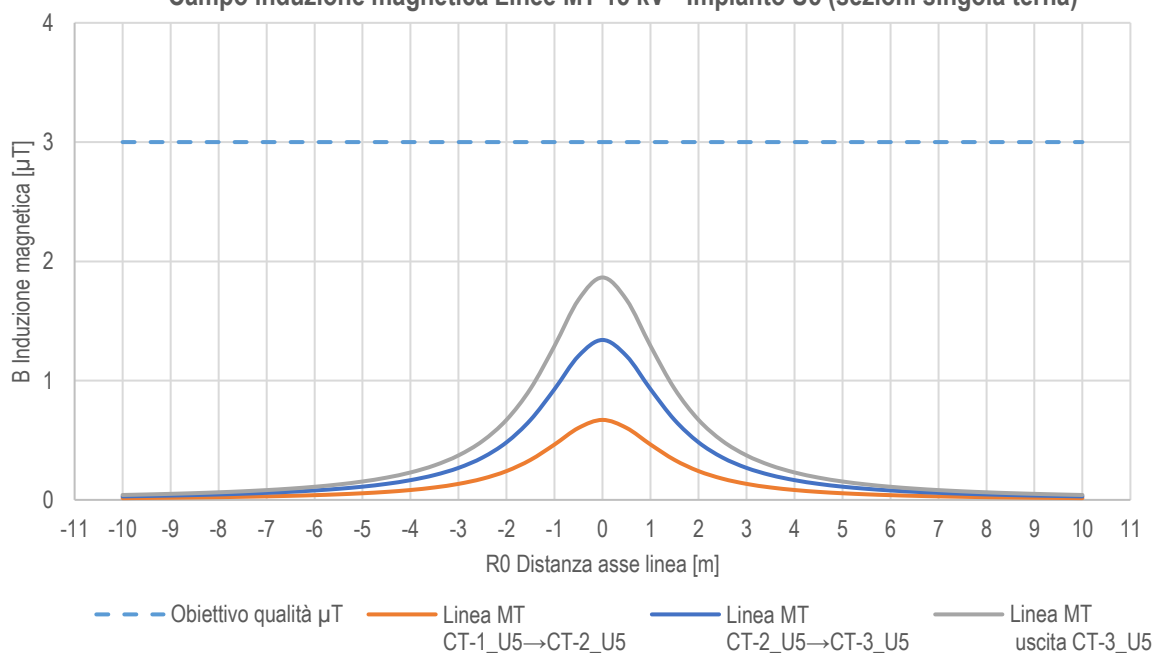
Campo induzione magnetica Linee MT 15 kV - Impianto U3 (sezioni singola terna)



Campo induzione magnetica Linee MT 15 kV - Impianto U4 (sezioni singola terna)



Campo induzione magnetica Linee MT 15 kV - Impianto U5 (sezioni singola terna)



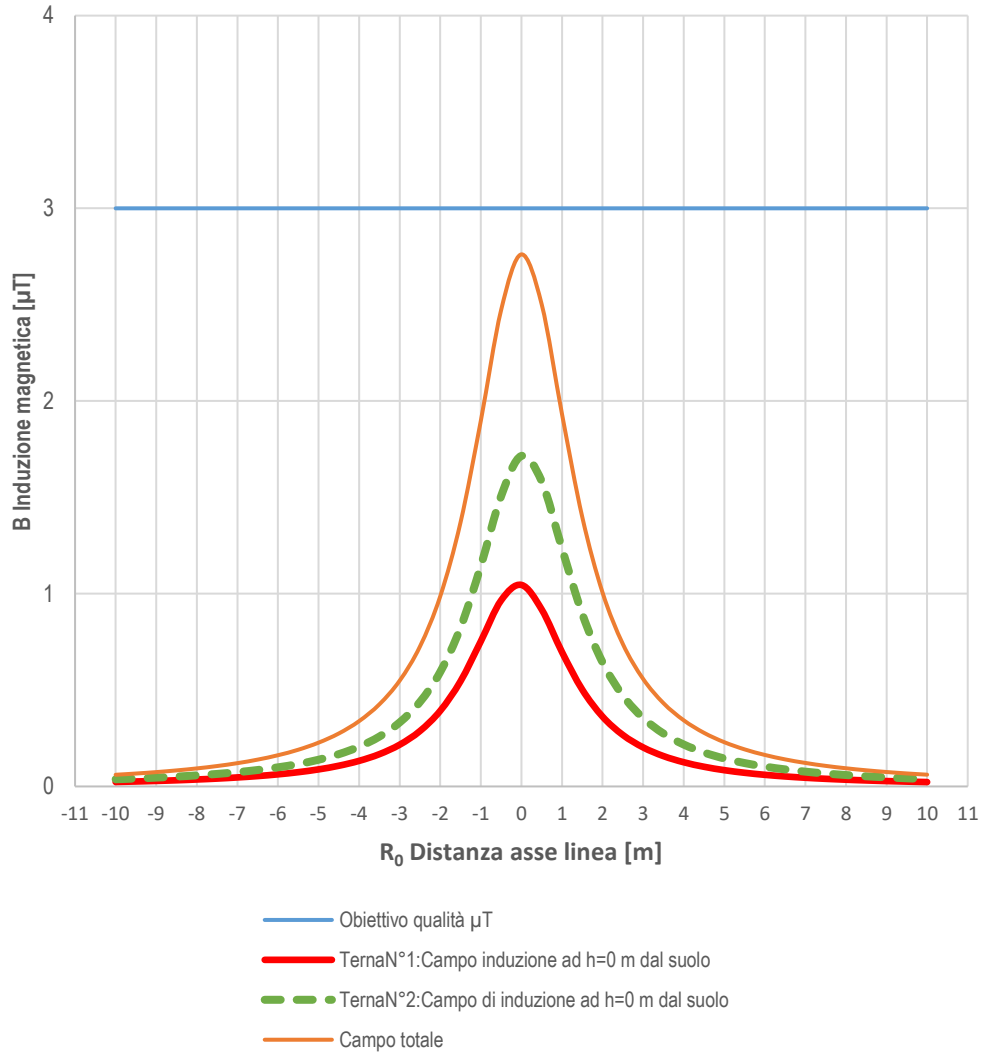
Linea	Linea MT CT-3_U1→CT- 2_U1	Linea MT CT-2_U1→CT- 1_U1	Linea MT uscita CT- 1_U1	Linea MT CT-1_U2→CT- 2_U2	Linea MT uscita CT- 2_U2	Linea MT CT-1_U3→CT- 2_U3	Linea MT CT-2_U3→CT- 3_U3	Linea MT uscita CT- 3_U3	Linea MT CT-2_U4→CT- 1_U4	Linea MT CT1_U4→CT- 3_U4	Linea MT uscita CT- 3_U4	Linea MT CT-1_U5→CT- 2_U5	Linea MT CT-2_U5→CT- 3_U5	Linea MT uscita CT- 3_U5
Ib (A)	61,6	123,2	184,8	48,1	96,2	61,6	109,7	157,8	61,6	123,2	184,8	61,6	123,2	171,3

Tabella 5 Correnti di impiego tratti linee MT 15 kV

R_0 Distanza asse centrale [m]	B [μT]	B [μT]	B [μT]	B [μT]	B [μT]	B [μT]	B [μT]	B [μT]	B [μT]	B [μT]	B [μT]	B [μT]	B [μT]	B [μT]
Linea	Linea MT CT- 3_U1→CT- 2_U1	Linea MT CT- 2_U1→CT- 1_U1	Linea MT uscita CT- 1_U1	Linea MT CT- 1_U2→CT- 2_U2	Linea MT uscita CT-2_U2	Linea MT CT-1_U3→CT- 2_U3	Linea MT CT-2_U3→CT- 3_U3	Linea MT uscita CT-3_U3	Linea MT CT-2_U4→CT- 1_U4	Linea MT CT1_U4→CT- 3_U4	Linea MT uscita CT- 3_U4	Linea MT CT-1_U5→CT- 2_U5	Linea MT CT-2_U5→CT- 3_U5	Linea MT uscita CT- 3_U5
-10	0,014753435	0,02950687	0,044260305	0,011526121	0,023052242	0,014753435	0,026279566	0,037805677	0,014753435	0,02950687	0,044260305	0,014753435	0,02950687	0,041032991
-9,5	0,016308527	0,032617053	0,04892558	0,012741036	0,025482073	0,016308527	0,029049563	0,0417906	0,016308527	0,032617053	0,04892558	0,016308527	0,032617053	0,04535809
-9	0,018120585	0,03624117	0,054361756	0,014156707	0,028313414	0,018120585	0,032277292	0,046434	0,018120585	0,03624117	0,054361756	0,018120585	0,03624117	0,050397878
-8,5	0,020248842	0,040497684	0,060746526	0,015819408	0,031638815	0,020248842	0,036068825	0,051887657	0,020248842	0,040497684	0,060746526	0,020248842	0,040497684	0,056317091
-8	0,022770396	0,045540791	0,068311187	0,017789372	0,035578743	0,022770396	0,0405599767	0,058349139	0,022770396	0,045540791	0,068311187	0,022770396	0,045540791	0,063330163
-7,5	0,025786987	0,051573973	0,07736096	0,020146083	0,040292167	0,025786987	0,04593307	0,066079153	0,025786987	0,051573973	0,07736096	0,025786987	0,051573973	0,071720057
-7	0,029434902	0,058869804	0,088304705	0,022996017	0,045992034	0,029434902	0,052430919	0,075426936	0,029434902	0,058869804	0,088304705	0,029434902	0,058869804	0,081865821
-6,5	0,033899746	0,067799493	0,101699239	0,026484177	0,052968354	0,033899746	0,060383923	0,0868681	0,033899746	0,067799493	0,101699239	0,033899746	0,067799493	0,09428367
-6	0,039438921	0,078877841	0,118316762	0,030811657	0,061623314	0,039438921	0,070250578	0,101062234	0,039438921	0,078877841	0,118316762	0,039438921	0,078877841	0,109689498
-5,5	0,046416576	0,092833152	0,139249728	0,03626295	0,0725259	0,046416576	0,082679526	0,118942476	0,046416576	0,092833152	0,139249728	0,046416576	0,092833152	0,129096102
-5	0,055359219	0,110718438	0,166077657	0,04324939	0,08649878	0,055359219	0,098608609	0,141857999	0,055359219	0,110718438	0,166077657	0,055359219	0,110718438	0,153967828
-4,5	0,067046165	0,13409233	0,201138496	0,052379817	0,104759633	0,067046165	0,119425982	0,171805798	0,067046165	0,13409233	0,201138496	0,067046165	0,13409233	0,186472147
-4	0,082659656	0,165319312	0,247978967	0,064577856	0,129155712	0,082659656	0,147237512	0,211815368	0,082659656	0,165319312	0,247978967	0,082659656	0,165319312	0,229897168
-3,5	0,104037153	0,208074306	0,312111459	0,081279026	0,162558051	0,104037153	0,185316179	0,266595204	0,104037153	0,208074306	0,312111459	0,104037153	0,208074306	0,289353332
-3	0,13409233	0,268184661	0,402276991	0,104759633	0,209519266	0,13409233	0,238851964	0,343611597	0,13409233	0,268184661	0,402276991	0,13409233	0,268184661	0,372944294
-2,5	0,177475143	0,354950287	0,53242543	0,138652456	0,277304911	0,177475143	0,316127599	0,454780055	0,177475143	0,354950287	0,53242543	0,177475143	0,354950287	0,493602742
-2	0,241366195	0,48273239	0,724098584	0,18856734	0,377134679	0,241366195	0,429933535	0,618500874	0,241366195	0,48273239	0,724098584	0,241366195	0,48273239	0,671299729
-1,5	0,335230826	0,670461652	1,005692478	0,261899083	0,523798166	0,335230826	0,597129909	0,859028992	0,335230826	0,670461652	1,005692478	0,335230826	0,670461652	0,932360735
-1	0,464165759	0,928331519	1,392497278	0,362629499	0,725258999	0,464165759	0,826795259	1,189424758	0,464165759	0,928331519	1,392497278	0,464165759	0,928331519	1,290961018
-0,5	0,603415487	1,206830974	1,810246461	0,471418349	0,942836699	0,603415487	1,074833836	1,546252186	0,603415487	1,206830974	1,810246461	0,603415487	1,206830974	1,678249323
0	0,670461652	1,340923305	2,011384957	0,523798166	1,047596332	0,670461652	1,194259818	1,718057984	0,670461652	1,340923305	2,011384957	0,670461652	1,340923305	1,86472147
0,5	0,603415487	1,206830974	1,810246461	0,471418349	0,942836699	0,603415487	1,074833836	1,546252186	0,603415487	1,206830974	1,810246461	0,603415487	1,206830974	1,678249323
1	0,464165759	0,928331519	1,392497278	0,362629499	0,725258999	0,464165759	0,826795259	1,189424758	0,464165759	0,928331519	1,392497278	0,464165759	0,928331519	1,290961018
1,5	0,335230826	0,670461652	1,005692478	0,261899083	0,523798166	0,335230826	0,597129909	0,859028992	0,335230826	0,670461652	1,005692478	0,335230826	0,670461652	0,932360735
2	0,241366195	0,48273239	0,724098584	0,18856734	0,377134679	0,241366195	0,429933535	0,618500874	0,241366195	0,48273239	0,724098584	0,241366195	0,48273239	0,671299729
2,5	0,177475143	0,354950287	0,53242543	0,138652456	0,277304911	0,177475143	0,316127599	0,454780055	0,177475143	0,354950287	0,53242543	0,177475143	0,354950287	0,493602742
3	0,13409233	0,268184661	0,402276991	0,104759633	0,209519266	0,13409233	0,238851964	0,343611597	0,13409233	0,268184661	0,402276991	0,13409233	0,268184661	0,372944294
3,5	0,104037153	0,208074306	0,312111459	0,081279026	0,162558051	0,104037153	0,185316179	0,266595204	0,104037153	0,208074306	0,312111459	0,104037153	0,208074306	0,289353332
4	0,082659656	0,165319312	0,247978967	0,064577856	0,129155712	0,082659656	0,147237512	0,211815368	0,082659656	0,165319312	0,247978967	0,082659656	0,165319312	0,229897168
4,5	0,067046165	0,13409233	0,201138496	0,052379817	0,104759633	0,067046165	0,119425982	0,171805798	0,067046165	0,13409233	0,201138496	0,067046165	0,13409233	0,186472147
5	0,055359219	0,110718438	0,166077657	0,04324939	0,08649878	0,055359219	0,098608609	0,141857999	0,055359219	0,110718438	0,166077657	0,055359219	0,110718438	0,153967828
5,5	0,046416576	0,092833152	0,139249728	0,03626295	0,0725259	0,046416576	0,082679526	0,118942476	0,046416576	0,092833152	0,139249728	0,046416576	0,092833152	0,129096102
6	0,039438921	0,078877841	0,118316762	0,030811657	0,061623314	0,039438921	0,070250578	0,101062234	0,039438921	0,078877841	0,118316762	0,039438921	0,078877841	0,109689498
6,5	0,033899746	0,067799493	0,101699239	0,026484177	0,052968354	0,033899746	0,060383923	0,0868681	0,033899746	0,067799493	0,101699239	0,033899746	0,067799493	0,09428367
7	0,029434902	0,058869804	0,088304705	0,022996017	0,045992034	0,029434902	0,052430919	0,075426936	0,029434902	0,058869804	0,088304705	0,029434902	0,058869804	0,081865821
7,5	0,025786987	0,051573973	0,07736096	0,020146083	0,040292167	0,025786987	0,04593307	0,066079153	0,025786987	0,051573973	0,07736096	0,025786987	0,051573973	0,071720057
8	0,022770396	0,045540791	0,068311187	0,017789372	0,035578743	0,022770396	0,0405599767	0,058349139	0,022770396	0,045540791	0,068311187	0,022770396	0,045540791	0,063330163
8,5	0,020248842	0,040497684	0,060746526	0,015819408	0,031638815	0,020248842	0,036068825	0,051887657	0,020248842	0,040497684	0,060746526	0,020248842	0,040497684	0,056317091
9	0,018120585	0,03624117	0,054361756	0,014156707	0,028313414	0,018120585	0,032277292	0,046434	0,018120585	0,03624117	0,054361756	0,018120585	0,03624117	0,050397878
9,5	0,016308527	0,032617053	0,04892558	0,012741036	0,025482073	0,016308527	0,029049563	0,0417906	0,016308527	0,032617053	0,04892558	0,016308527	0,032617053	0,04535809
10	0,014753435	0,02950687	0,044260305	0,011526121	0,023052242	0,014753435	0,026279566	0,037805677	0,014753435	0,02950687	0,044260305	0,014753435	0,02950687	0,041032991

Tabella 6 Valore del campo d'induzione magnetica nei tratti di linea MT 15 kV

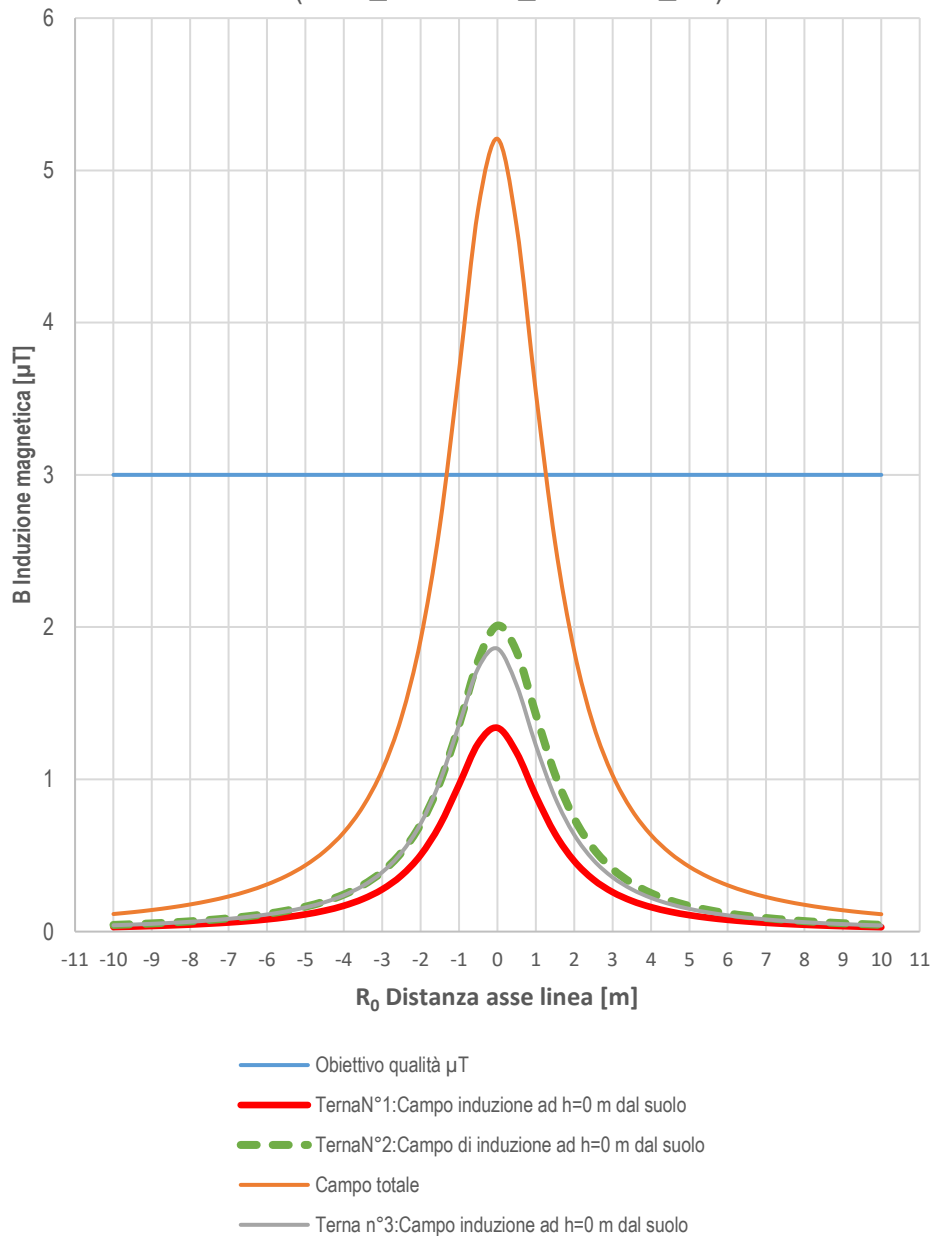
Campo induzione magnetica B: tratto scavo con due terne
(CT-2_U2 + CT3_U3)



CAMPO B TOTALE

B TOT al suolo ($h=0$ m) [μT]	R_0 Distanza asse centrale [m]
0,060684317	-10
0,067071536	-9,5
0,074512663	-9
0,083250271	-8,5
0,093600004	-8
0,105978234	-7,5
0,120942494	-7
0,139251747	-6,5
0,161958036	-6
0,19054896	-5,5
0,227174176	-5
0,275013677	-4,5
0,33888699	-4
0,426288186	-3,5
0,549081896	-3
0,726210532	-2,5
0,986948224	-2
1,370058545	-1,5
1,897375559	-1
2,471707395	-0,5
2,760861154	0
2,501802858	0,5
1,933047585	1
1,397994426	1,5
1,006264273	2
0,739265819	2,5
0,55802511	3
0,432568623	3,5
0,343419456	4
0,278366916	4,5
0,229714198	5
0,192513145	5,5
0,163504939	6
0,140489855	6,5
0,121947728	7
0,106804841	7,5
0,094287488	8
0,083827895	8,5
0,075002452	9
0,067490302	9,5
0,061045063	10

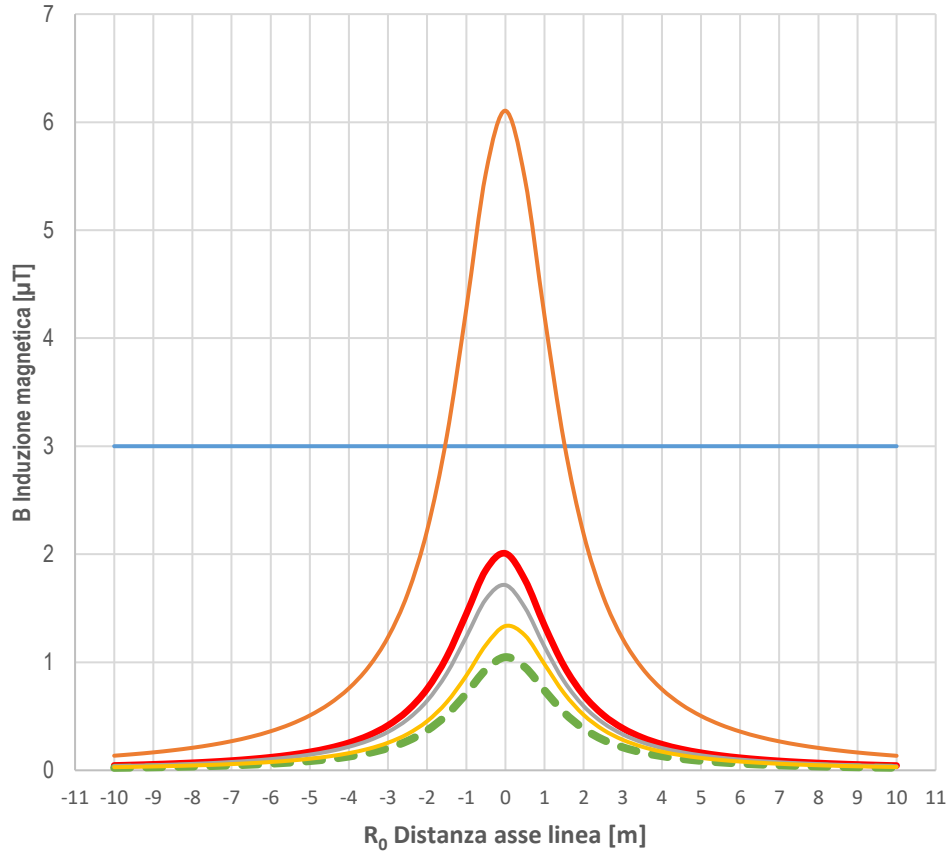
Campo induzione magnetica B: tratto scavo con tre
terne
(CT-1_U4 + CT3_U4+CT-3_U5)



CAMPO B TOTALE

B TOT al suolo ($h=0$ m) [μT]	R_0 Distanza asse centrale [m]
0,115482688	-10
0,127693802	-9,5
0,141929397	-9
0,158657733	-8,5
0,178488837	-8
0,202228435	-7,5
0,230956941	-7
0,266147378	-6,5
0,309845069	-6
0,364947503	-5,5
0,435650179	-5
0,52817289	-4,5
0,651966406	-4
0,82174094	-3,5
1,060843807	-3
1,406507324	-2,5
1,915907242	-2
2,66271849	-1,5
3,678922387	-1
4,746295235	-0,5
5,207417372	0
4,634991484	0,5
3,546770718	1
2,559123133	1,5
1,844249943	2
1,358071421	2,5
1,027664502	3
0,798441661	3,5
0,635159008	4
0,515734238	4,5
0,426228503	5
0,357662025	5,5
0,304107523	6
0,261555282	6,5
0,22722864	7
0,19916269	7,5
0,175939117	8
0,156515482	8,5
0,140112922	9
0,126140744	9,5
0,114144816	10

Campo induzione magnetica B: tratto scavo con quattro
terne
(CT-1_U1 + CT2_U2+CT-3_U3+CT1_U4)

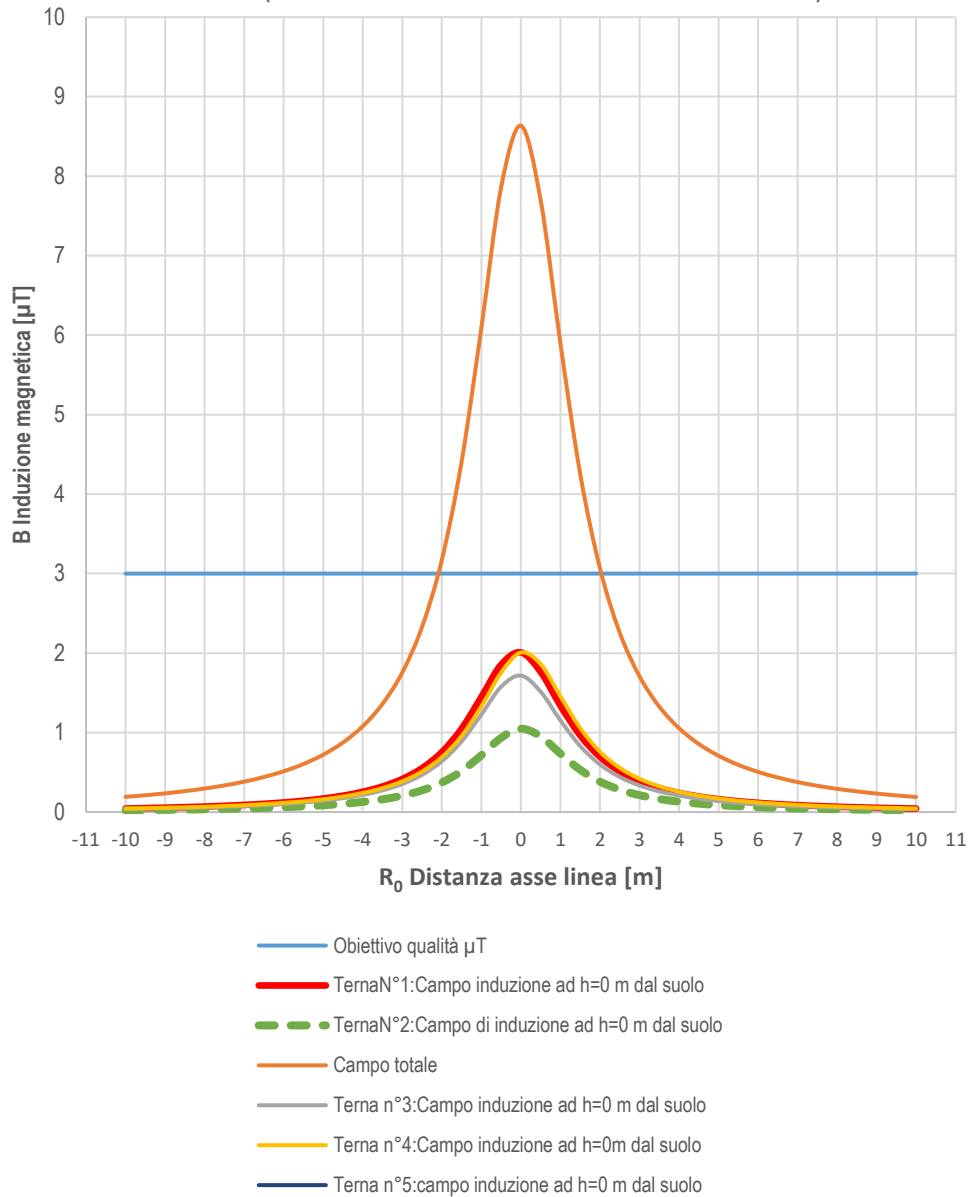


- Obiettivo qualità μT
- Terna N°1: Campo induzione ad h=0 m dal suolo
- - - Terna N°2: Campo di induzione ad h=0 m dal suolo
- Campo totale
- Terna n°3: Campo induzione ad h=0 m dal suolo
- Terna n°4: Campo induzione ad h=0m dal suolo

CAMPO B TOTALE

B TOT al suolo (h=0 m) [μT]	R_0 Distanza asse centrale [m]
0,134963499	-10
0,149209115	-9,5
0,165812195	-9
0,185316996	-8,5
0,208432234	-8
0,236093525	-7,5
0,269554792	-7
0,31052461	-6,5
0,361373845	-6
0,425458805	-5,5
0,507635641	-5
0,615097716	-4,5
0,758766041	-4
0,955626186	-3,5
1,232622819	-3
1,632734577	-2,5
2,222118986	-2
3,086899658	-1,5
4,26868627	-1
5,527174521	-0,5
6,105826982	0
5,473329636	0,5
4,205023142	1
3,037138629	1,5
2,187733598	2
1,609497702	2,5
1,21670451	3
0,944446543	3,5
0,750700255	4
0,609127706	4,5
0,503113151	5
0,421961388	5,5
0,358619306	6
0,308319849	6,5
0,267764662	7
0,234621453	7,5
0,207207892	8
0,184288283	8,5
0,164939896	9
0,148463295	9,5
0,134321004	10

Campo induzione magnetica B: tratto scavo con cinque
terne
(CT-1_U1 + CT2_U2+CT-3_U4+CT3_U5)



CAMPO B TOTALE

B TOT al suolo (h=0 m) [μT]	R_0 Distanza asse centrale [m]
0,191389859	-10
0,211619154	-9,5
0,235200891	-9
0,262910172	-8,5
0,295756658	-8
0,33507378	-7,5
0,382649362	-7
0,440920598	-6,5
0,51327113	-6
0,604493671	-5,5
0,721526872	-5
0,874655528	-4,5
1,079504393	-4
1,36038963	-3,5
1,755899919	-3
2,327572699	-2,5
3,16993849	-2
4,404998315	-1,5
6,086719059	-1
7,85777553	-0,5
8,634195109	0
7,699407718	0,5
5,898719387	1
4,257636968	1,5
3,068011667	2
2,258677028	2,5
1,708705292	3
1,327248313	3,5
1,055597127	4
0,856962395	4,5
0,708125129	5
0,594130501	5,5
0,505109782	6
0,434388576	6,5
0,377346033	7
0,330712899	7,5
0,292129792	8
0,259862909	8,5
0,23261703	9
0,209409989	9,5
0,189486788	10

4. CONCLUSIONI

La presente relazione ha valutato le fasce di rispetto per gli elementi interni dell'impianto fotovoltaico in progetto.

L'impianto fotovoltaico presenta sezioni funzionanti in corrente continua o a frequenza industriale 50 Hz, con tensioni limitate ad impianti di I categoria (circuiti alimentati a tensione nominale non superiore a 1000 V c.a. e 1500 V c.c), con l'eccezione dello stadio finale di elevazione alla Alta Tensione.

La parti di impianto, assoggettabili al DM 29.05.08 sono costituite da:

1. sezione impianto di generazione realizzata con moduli fotovoltaici e distribuzione elettrica in corrente continua, a tensione minore di 1500V c.c., tramite conduttori isolati;
2. sezione di conversione tramite inverter per passaggio da corrente continua a corrente alternata trifase in bassa tensione, 800 V-50Hz;
3. sezione di elevazione della tensione per raggiungere il valore di Media Tensione 15kV-50Hz nelle cabine di trasformazione (tramite trasformatore MT/BT) e il loro successivo collegamento in MT con conduttori interrati;
4. sezione di distribuzione dell'energia tra le cabine che costituiscono l'impianto tramite cavo interrato MT esercito a 15kV, fino al punto di consegna situato nelle cabine di consegna situate in vicinanza dell'impianto agro-fotovoltaico;

Dal punto di vista del calcolo delle fasce di rispetto dalle opere assoggettabili al DM 29.05.08 si può concludere che:

1. **per i campi EM relativi ai moduli fotovoltaici non risultano DPA di entità rilevante di cui tenere conto;**
2. **per i campi EM relativi agli inverter 800 V parimenti non risultano DPA di entità rilevante di cui tenere conto;**
3. **per le cabine di trasformazione le DPA più rilevanti risultano al massimo di 6 m; considerando il posizionamento previsto per le cabine di trasformazione, non risultano aree di rischio considerando le aree di stazionamento continuo di essere umani in queste zone;**
4. **per le linee MT a singola terna interne al campo fotovoltaico l'obiettivo di qualità è sempre rispettato non risultando di fatto DPA da rispettare;**
5. **Per i tratti di scavo con n.3, n.4, n.5 linee MT risultano rispettivamente DPA al più di : $\pm 1,5$ m, ± 2 m, $\pm 2,5$ m. Considerando che i tratti di passaggio di queste linee non interessano la presenza continuativa di esseri umani, non risultano aree di rischio rilevanti.**

All'interno delle succitate DPA, ricadenti all'interno di aree entro la quale non sarà consentito l'accesso al pubblico, non saranno previste destinazioni d'uso che comportino una permanenza prolungata di persone oltre le quattro ore giornaliere.

Si esclude, quindi, la presenza di recettori sensibili entro le fasce descritte sopra.

Si soddisfa, quindi, l'obiettivo qualità fissato dal DPCM 8/08/2003.

L'impatto elettromagnetico può, pertanto, essere considerato non significativo e conforme agli standard per quanto concerne questo tipo di opere.