



Nuovo impianto per la
produzione di energia da fonte
solare fotovoltaica “La Teana” nel
Comune di Latiano (BR)

Committente:

Trina Solar Loto S.r.l.
P.zza Borromeo 14,
20123 Milano (MI)
C.F. e P.IVA: 11480580965
PEC: trinasolarloto@unapec.it

VALUTAZIONE PREVISIONALE DEI CAMPI
ELETTROMAGNETICI

Rev. 0.1

Data: Giugno 2024

IB3N7K6_SIA_QuadroAnalisiImpatti

Incaricato:

Queequeg Renewables, ltd
2nd Floor, the Works,
14 Turnham Green Terrace Mews,
W41QU London (UK)
Company number: 11780524
email: mail@quren.co.uk

Sommario

1	DATI GENERALI E ANAGRAFICA	3
2	PREMESSA.....	4
2.1	Presentazione del proponente del progetto	6
3	STATO DI FATTO	8
3.1	Localizzazione caratteristiche del sito e inquadramento urbanistico	8
3.2	Descrizione sintetica del progetto di impianto	11
4	GENERALITÀ SULLE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE	13
5	NORME E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	14
6	INQUADRAMENTO NORMATIVO	15
7	DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO	17
7.1	Generalità	17
7.2	Impianto fotovoltaico	17
7.3	Linee di distribuzione BT.....	17
7.4	Linee di distribuzione AT	18
8	METODO DI CALCOLO DEL CAMPO MAGNETICO	20
8.1	Cenni teorici.....	20
8.2	Metodo di calcolo	21
9	VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITÀ MAGNETICA	23
9.1	Moduli fotovoltaici e Linea DC	23
9.2	Cabina inverter	23
9.3	Linea bt (AC) tra cabina inverter e cabina trasformatore AT/bt	23
9.4	Cabina trasformazione AT/BT.....	25
9.5	Cavidotto AT, dalle cabine di trasformazione AT/bt alla cabina di consegna	26
10	CONTESTUALIZZAZIONE DPA NEL CONTESTO TERRITORIALE	29
11	CONCLUSIONI	31

1 Dati generali e anagrafica

Ubicazione impianto

Nome Impianto	“La Teana”
Comune	Latiano e San Vito dei Normanni (BR)
Località	Contrada Marangiosa/Grattile
CAP	72022 (Latiano) – 72019 (San Vito dei Normanni)
Coordinate Geografiche (gradi decimali)	Lat. 40.596877° - Long. 17.673799°
Catasto dei terreni	
Latiano:	
Foglio	7
Particelle	24-81
San Vito dei Normanni:	
Foglio	83
Particelle	263-265-262-264
CTR	Regione Puglia
Proponente	
Ragione Sociale	Trina Solar Loto S.r.l.
Indirizzo	Piazza Borromeo n.14, 20123 Milano (MI)
P.IVA	11480580965
Terreni	
Destinazione	Agricola (E1)
Estensione	Circa 40.61 ha
Caratteristiche dell'impianto	
Potenza di picco complessiva DC	26,030 MWp
Potenza AC complessiva richiesta in immissione	19,072 MW
Potenza unitaria singolo modulo fotovoltaico	540 Wp
Numero di moduli fotovoltaici (tot)	48204
Numero di moduli per stringa	39
Numero di stringhe (tot)	1236
Numero di inverter	16
Numero di sottocampi	16
Numero di cabine di trasformazione	16
Potenza trasformatori AT/MT in resina	1600 kVA
Tipologia di strutture di sostegno	Ad inseguimento monoassiale
Posa delle strutture di sostegno	Direttamente infisse nel terreno
Layout impianto	
Interasse tra le strutture	9 m
Distanza di rispetto da confine	5 m
Distanza di rispetto da limite SIC/ZPS	>10 km

2 Premessa

La presente relazione integra e sostituisce quanto già depositato in sede di presentazione di istanza per la Valutazione di Impatto Ambientale presso l'allora Ministero della Transizione Ecologica, ai sensi del Decreto Legislativo n. 152/2006, artt. 20 e successivi, e D.L. n.77 del 31 Maggio 2021, a seguito della richiesta di integrazioni da parte del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica Commissione Tecnica PNRR-PNIEC trasmessa con lettera di protocollo MASE 0045939 del 08/03/2024; a seguito delle attività di analisi e valutazione della documentazione tecnica presentata, infatti, al fine di procedere con le attività istruttorie di competenza, è stato richiesto, dallo stesso Ministero, quanto segue:

[...] CAMPI ELETTROMAGNETICI

Atteso che il SIA e la documentazione progettuale specifica (Relazione di valutazione previsionale dei campi elettromagnetici¹) si riferiscono alla configurazione di impianto presentata inizialmente dal Proponente, superata dal nuovo layout di impianto che prevede la realizzazione di un nuovo tracciato del cavidotto, si richiede di:

10.1 revisionare la documentazione progettuale riferendosi alla configurazione di impianto realmente prevista. Tale integrazione documentale dovrà contenere altresì, i calcoli eseguiti per la determinazione della distanza di prima approssimazione (DPA), il cui sviluppo dovrà essere riportato su pianta elaborata di idonea scala.

Il progetto, in fase di prima presentazione, prevedeva la realizzazione di un lotto di impianti fotovoltaici, e relative opere di connessione in media tensione, per la produzione di energia elettrica da fonte solare, con potenza di picco nominale pari a 26,030 MWp da localizzarsi su terreni Agricolo (E1), nei Comuni di Latiano e San Vito dei Normanni (BR), con immissione dell'energia nella Rete Elettrica Nazionale attraverso una connessione interrata da cabina primaria AT/MT "San Vito Sud" di futura costruzione e di proprietà di E-Distribuzione. Quest'ultima sarà invece connessa mediante linea AT a 150 kV alla Futura Stazione Elettrica di Terna S.p.A. che si collocherà in entra-esce sulla linea a 380 kV Brindisi-Taranto.

Al fine di ridurre l'impatto ambientale delle opere di connessione, di semplificare l'iter autorizzativo e velocizzare l'iter di connessione dell'impianto, il Proponente ha deciso di optare per una nuova connessione a 36 kV in alta tensione, utilizzando il nuovo standard di connessione recentemente reso disponibile da Terna per i produttori al fine di agevolare la connessione di impianti di taglia inferiore ai 100 MW.

È stato quindi richiesto un nuovo preventivo di connessione, allegato alla presente integrazione, ricevuto in data 04/05/2023 con codice pratica 202301062.

L'attuale preventivo di connessione prevede un collegamento a 36 kV nella Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN a 380/150/36 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "Brindisi-Taranto N2".

¹ *Elaborato IB3N7K6_DocumentazioneSpecialistica_01*

All'interno della revisione del documento in oggetto, così come degli altri elaborati costituenti il SIA, si terrà conto, dunque, delle modifiche apportate a seguito di tutte le revisioni al progetto ed approfondimenti volontari intercorsi, al fine di rendere tutta la documentazione coerente ed aggiornata rispetto al progetto in valutazione, così come anche richiesto dal Gruppo Istruttore del MASE.

In particolare, si vuole mettere in evidenza fin da subito, che le modifiche che hanno reso necessario le ulteriori integrazioni della documentazione, risiedono nelle opere di connessione, così come nel seguito riepilogato:

Descrizione opere di connessione inizialmente previste

L'opera di connessione inizialmente prevista faceva riferimento ad una connessione in media tensione (20.000 V) in lotti: in particolari erano stati previsti 4 lotti, ognuno caratterizzato da distinto POD, aventi potenza di immissione di 4.935 kW, per un totale di 19.740 kW.

Tale soluzione comportava, oltre a 4 elettrodotti interrati in media tensione che partivano dalle 4 cabine di consegna poste in sito, una nuova Cabina Primaria denominata CP San Vito Sud.

A sua volta tale nuova Cabina Primaria, prevedeva un collegamento in antenna a 150 kV su una futura Stazione Elettrica (SE) di trasformazione 380/150 kV della RTN da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "Brindisi-Taranto N2".

Descrizione opere di connessione attualmente previste

Al fine di ridurre l'impatto ambientale delle opere di connessione, di semplificare l'iter autorizzativo e velocizzare l'iter di connessione dell'impianto, il Proponente ha deciso di optare per una nuova connessione a 36 kV in alta tensione, utilizzando il nuovo standard di connessione recentemente reso disponibile da Terna per i produttori al fine di agevolare la connessione di impianti di taglia inferiore ai 100 MW.

L'attuale connessione prevede un collegamento a 36 kV nella Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN a 380/150/36 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "Brindisi-Taranto N2".

In tal modo, è stata eliminata la necessità di realizzare sia la nuova Cabina Primaria San Vito Sud, sia i raccordi tra quest'ultima e la nuova Stazione Elettrica.

Si fa presente che quest'ultima è stata già progettata e benestariata da Terna ed è già previsto il suo ampliamento per accogliere l'energia immessa dagli impianti connessi a 36 kV, tra cui quello oggetto del presente iter autorizzativo.

Allo stesso modo, sono già stati progettati e benestariati da Terna i raccordi tra la nuova Stazione Elettrica e le linee a 150 kV e a 380 kV attualmente esistenti.

In luogo dei 4 cavidotti interrati in media tensione inizialmente previsti, si procederà alla realizzazione di un unico cavidotto a 36 kV, che seguirà per la prima parte lo stesso percorso inizialmente indicato nella documentazione presentata in fase di istanza e consentirà di raggiungere l'ampliamento della nuova Stazione Elettrica Terna di Latiano.

È stato inoltre aggiornato lo schema unifilare di impianto, prevedendo dei trasformatori 36/0,57 kV in luogo di quelli inizialmente previsti (20/0,57 kV).

La configurazione impiantistica, così come la potenza dei moduli e quella degli inverter inizialmente previsti, rimane invariata.

I moduli fotovoltaici, di tipo bifacciale, che costituiscono l'impianto di generazione, saranno montati su inseguitori (o trackers) monoassiali da 78 e 117 moduli cadauno, che ottimizzeranno l'esposizione dei generatori solari permettendo di sfruttare al meglio la radiazione solare.

I moduli sono montati ad un'altezza da terra in modo da non compromettere la continuità delle attività agricole e pastorali, anche consentendo l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione.

Potranno essere previsti anche sistemi di monitoraggio che consentano di verificare l'impatto sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate.

Si stima che l'impianto produrrà 45,56 GWh all'anno di elettricità, equivalenti al fabbisogno medio annuo di circa 15.190 famiglie di 4 persone, permettendo un risparmio di CO₂ equivalente immessa in atmosfera pari a circa 24.192 tonnellate all'anno (fattore di emissione: 531 gCO₂/kWh, fonte dati: Ministero dell'Ambiente).

2.1 Presentazione del proponente del progetto

Il proponente del progetto è la società Trina Solar Loto S.r.l., una società del gruppo Trina Solar. Fondato in Cina nel 1997, il Gruppo Trina Solar si è rapidamente sviluppato fino a divenire uno dei principali attori mondiali nel settore della tecnologia solare fotovoltaica: oggi Trina Solar è infatti tra i primi tre produttori di moduli fotovoltaici al mondo, nonché uno dei maggiori operatori mondiali impegnati nella costruzione e nell'esercizio di centrali fotovoltaiche su scala internazionale.

In particolare, da oltre dieci anni Trina Solar ha costituito una divisione di business (la ISBU – International System Business Unit), dedicata principalmente allo sviluppo, alla progettazione, realizzazione e messa in esercizio di grandi centrali elettriche fotovoltaiche, che ha connesso in rete elettrica per un totale di oltre 2.000 MW in tutto il mondo.

La divisione ISBU – che impiega circa 150 professionisti internazionali - ha il proprio quartier generale a Shanghai ed uffici regionali negli Stati Uniti, India, Giappone, Svizzera, Spagna, Italia, Francia, Messico, Brasile, Cile e Colombia.

Nello specifico, il team europeo di ISBU, con quartier generale a Madrid, si compone di circa 60 professionisti multi-disciplinari, di comprovata e decennale esperienza internazionale nello sviluppo, nella progettazione, nella costruzione e nella gestione di impianti fotovoltaici in Italia, Regno Unito, Spagna, Portogallo, Francia, Giordania, Giappone, Grecia, India, Medio Oriente, Africa, Australia, USA, Messico e Cile.

Trina Solar vanta inoltre il titolo di essere il solo produttore di moduli su scala mondiale ad essere certificato per il quarto anno consecutivo come pienamente “bancabile” dal 100% degli esperti indipendenti di settore interpellati da Bloomberg New Energy Finance (BNEF) – la principale fonte di “business intelligence” utilizzato come riferimento per le istituzioni finanziarie nella valutazione dei progetti e relative componentistiche di settore.

La Mission di Trina Solar è rendere l’energia solare sempre più affidabile ed accessibile, impegnandosi a proteggere l’ambiente ed a favorire i cambiamenti del settore con ricerca e sviluppo innovativi e all’avanguardia.

Fin dal 2014, Trina Solar ha raggiunto un traguardo di produzione trimestrale di moduli fotovoltaici superiore ad 1 GW ed ha battuto il record mondiale di efficienza delle celle solari per ben 7 volte consecutive. L’elettricità complessiva generata da tutti i moduli prodotti e venduti da Trina Solar in tutto il mondo ad oggi è equivalente alla riduzione di 27 milioni di tonnellate di CO2 equivalenti generate da fonti di energia convenzionali oppure alla riforestazione di 18.000 km² di terreno.

Il Gruppo Trina Solar è stato quotato alla Borsa di New York dal 2006 fino al 2017. A seguito del “delisting” volontario dal New York Stock Exchange (NYSE).

Dal 10 giugno 2020, Trina Solar è diventata la prima società cinese, tra quelle attive nel campo della produzione di moduli fotovoltaici, sistemi fotovoltaici e smart energy ad essere scambiata alla Borsa di Shanghai, allo Stock Exchange Science and Technology Innovation Board, noto anche come STAR Market. Il Gruppo Trina Solar, pertanto, vanta tutte le capacità tecniche e finanziarie necessarie allo sviluppo, alla costruzione ed all’esercizio dell’impianto fotovoltaico proposto nella presente relazione.

3 Stato di fatto

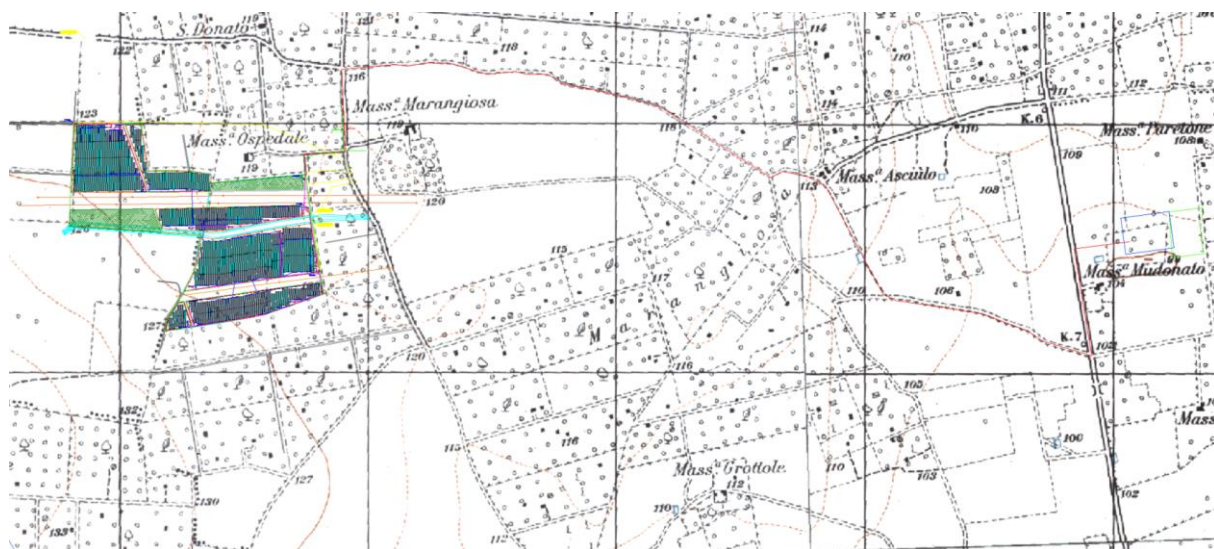
3.1 Localizzazione caratteristiche del sito e inquadramento urbanistico

L'area di intervento ricade nell'agro a confine tra i Comuni di Latiano e San Vito dei Normanni in Provincia di Brindisi, identificata catastalmente al Foglio 83, Particelle 263-265-262-264 del catasto terreni del Comune di San Vito dei Normanni, e al Foglio 7, Particelle 24-81 del catasto terreni del Comune di Latiano. Le aree sono classificate come "Zona E" e quindi aree di tipo agricolo.

Geograficamente l'area è individuata alla Latitudine 40.597053° e Longitudine 17.673647°, a 120 metri sul livello del mare; ha un'estensione di circa 40,61 ettari di cui solamente 32,00 ettari circa saranno interessati dall'installazione dell'impianto fotovoltaico, mentre le restanti aree saranno interessate dalla piantumazione di nuove colture, quali alberi di olivi ed altre piantumazioni a basso e medio fusto. Tali nuove piantumazioni andranno anche in sostituzione di n. 620 olivi presenti al FG.7 Part. 24-81 del Comune di Latiano, per i quali, con decreto n. 0063617 del 20.11.2020, la Regione Puglia, Dipartimento Agricoltura, Sviluppo Rurale e Ambientale – Sezione Coordinamento dei Servizi Territoriali – Servizio Territoriale Taranto e Brindisi, ha ordinato l'abbattimento per opere di miglioramento fondiario in quanto infette da *Xylella fastidiosa*.

Il lotto di impianti sarà connesso mediante elettrodotto interrato a 36 kV nella Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN a 380/150/36 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "Brindisi-Taranto N2".

Le aree d'impianto sono raggiungibili percorrendo al SP.47 che collega Latiano al centro abitato di San Michele Salentino, imboccando, prima dell'incrocio con la SP.48, la Contrada Grattile.



<i>Legenda:</i>	
	Cabina elettrica di consegna distributore di rete
	Cabina elettrica di trasformazione MT/bt
	Cabina inverter - cabina di montaggio
	Struttura ad inseguimento solare - 3 stringhe x39 moduli fvt
	Struttura ad inseguimento solare - 2 stringhe x39 moduli fvt
	Cancello di accesso
	Recinzione aree di impianto
	Elettrodoto di connessione in media tensione interrato
	Elettrodoto di connessione in media tensione aereo
	Sostegno linea di connessione aerea (lotto.numero_sostegno)
	Elettrodoto di connessione in media tensione interrato
	Cavidotto perimetrale
	Ampliamento a 36 kV
	Stazione 30-150 kV
	Linee elettriche AT-AAT esterne
	Elettrodoto interrato
	Viabilità
	Aree a verde
	Fascia di rispetto metanodoto interrato

Figura 3.1 - Inquadramento dell'area di progetto su Cartografia IGM



<i>Legenda:</i>	
	Cabina elettrica di consegna distributore di rete
	Cabina elettrica di trasformazione MT/bt
	Cabina inverter - cabina di montaggio
	Struttura ad inseguimento solare - 3 stringhe x39 moduli fvt
	Struttura ad inseguimento solare - 2 stringhe x39 moduli fvt
	Cancello di accesso
	Recinzione aree di impianto
	Elettrodoto di connessione in media tensione interrato
	Elettrodoto di connessione in media tensione aereo
	Sostegno linea di connessione aerea (lotto.numero_sostegno)
	Elettrodoto di connessione in media tensione interrato
	Cavidotto perimetrale
	Ampliamento a 36 kV
	Stazione 30-150 kV
	Linee elettriche AT-AAT esterne
	Elettrodoto interrato
	Viabilità
	Aree a verde
	Fascia di rispetto metanodoto interrato

Figura 3.2 - Inquadramento dell'area di progetto su Ortofoto

3.2 Descrizione sintetica del progetto di impianto

La realizzazione dell'impianto avrà come obiettivo il minimo impatto sul territorio, sia dal punto di vista visivo che ambientale e pertanto si ricorrerà alle migliori tecnologie disponibili (BAT, "Best Available Technologies") e alle opportune opere di mitigazione di tipo naturalistico valutate in relazione all'ambiente circostante.

In primo luogo, essendo gli impianti fotovoltaici realizzati su terreno vegetale, il progetto dovrà garantire il mantenimento della permeabilità dell'area limitando la realizzazione di nuove superfici pavimentate impermeabili. La viabilità di accesso e interna prevista, rispetterà per tipologia e materiali il reticolo delle strade rurali esistenti, in particolare sarà realizzata esclusivamente con materiali drenanti naturali. Con gli stessi materiali saranno realizzati gli eventuali spazi di manovra e circolazione interna strettamente necessaria ai mezzi funzionali all'esercizio dell'impianto medesimo.

Al fine di non modificare la naturale conformazione del terreno né il normale deflusso delle acque piovane, i moduli fotovoltaici, incluse le strutture di supporto e gli impianti collegati, saranno posizionati a terra naturalmente, seguendo per quanto più possibile l'andamento del terreno.

Il lotto di impianti fotovoltaici in progetto si estende su un'area di circa 40,61 ettari, con perimetro della zona di installazione coincidente con la recinzione di delimitazione, e distante mediamente 5 metri dal confine catastale.

L'intero generatore fotovoltaico si compone di 48.204 moduli fotovoltaici "bifacciali" in silicio monocristallino da 540 W di picco, connessi tra di loro in stringhe da 39 moduli per un totale di 1.236 stringhe e una potenza di picco installata pari a 26.030,16 kWp.

I moduli fotovoltaici sono posizionati su strutture ad inseguimento solare (trackers) di tipo "monoassiale", a doppia fila di moduli, infisse direttamente nel terreno, eventualmente con l'ausilio di predrilling, con angolo di inclinazione pari a 0° e angolo di orientamento est-ovest variabile tra +55° e -55°. I trackers saranno multistringa, da 2 stringhe (78 moduli fotovoltaici) e da 3 stringhe (117 moduli fotovoltaici).

La conversione dell'energia da componente continua DC (generatore fotovoltaico) in componente alternata AC (tipicamente utilizzata dalle utenze e distribuita sulla rete elettrica nazionale) avviene per mezzo di convertitori AC/DC, comunemente chiamati "inverter": in impianto saranno posizionati n°16 inverter centralizzati con potenza nominale in AC pari a 1.192,00 kW e potenza massima 1.240,00 kW. Su ogni inverter saranno connesse 77 o 78 stringhe.

Ogni inverter sarà connesso sul rispettivo quadro di protezione in bassa tensione (570 V) in cabine di trasformazione AT/bt - 36/0,57 kV.

Nell'area di impianto saranno disposte n.16 cabine di trasformazione AT/bt, con trasformatore di potenza nominale 1600 kVA. In luogo dei 4 cavidotti interrati in media tensione inizialmente previsti, si procederà alla realizzazione di un unico cavidotto a 36 kV, che seguirà per la prima parte lo stesso percorso inizialmente indicato nella documentazione presentata in fase di istanza e consentirà di raggiungere

l'ampliamento della nuova Stazione Elettrica Terna di Latiano.

Il generatore fotovoltaico sarà dotato anche di sistemi ausiliari di controllo e di sicurezza:

- lungo il perimetro di impianto saranno posizionati, a distanza di 50 metri circa, pali di sostegno su cui verranno installate le camere di videosorveglianza e i fari per l'illuminazione di sicurezza. I fari si accenderanno nelle ore notturne solamente in caso di allarme di antintrusione, o per motivi di sicurezza, e quindi azionati in modo automatico o anche da remoto dai responsabili del servizio vigilanza. Le cam saranno del tipo fisso, con illuminatore infrarosso integrato. Nei cambi di direzione del perimetro verranno anche installate delle "speed dome", che permetteranno una visualizzazione variabile delle zone di impianto in modo automatico, ma che potranno essere gestite anche in manuale a seconda delle necessità. Tutte le cam, a gruppi di 5 o 6 unità, saranno connesse su quadri di parallelo video, dove, date le considerevoli distanze delle connessioni, il segnale sarà convertito e trasmesso alla cabina di monitoraggio tramite dorsali in fibra ottica.
- le aree di impianto saranno delimitate da recinzione metallica con rivestimento plastico, posata ad altezza di 10 cm dal suolo, e fissata su appositi paletti infissi nel terreno.
- sulle fasce perimetrali saranno piantumati arbusti e siepi autoctone, tali da permettere una mitigazione ambientale delle opere riducendone l'impatto visivo. La zona a nord-est rispetto all'area di installazione dell'impianto sarà interessata dalla piantumazione di nuovi ulivi della famiglia Leccina e/o Favolosa.

4 Generalità sulle emissioni elettromagnetiche

I campi elettromagnetici consistono in onde elettriche (E) e magnetiche (H) che viaggiano insieme. Esse si propagano alla velocità della luce e sono caratterizzate da una frequenza ed una lunghezza d'onda.

I campi ELF si identificano nei campi a frequenza fino a 300 Hz. A frequenze così basse corrispondono lunghezze d'onda in aria molto grandi e, in situazioni pratiche, il campo elettrico e quello magnetico agiscono in modo indipendente l'uno dall'altro e vengono misurati e valutati separatamente.

I campi elettrici sono prodotti dalle cariche elettriche. Essi governano il moto di altre cariche elettriche che vi siano immerse. La loro intensità viene misurata in Volt al metro (V/m) o in chiloVolt al metro (kV/m). Quando delle cariche si accumulano su di un oggetto, fanno sì che cariche di segno uguale od opposto vengano, rispettivamente, respinte o attratte. L'intensità di questo effetto viene caratterizzata attraverso la tensione, misurata in Volt (V). L'intensità dei campi elettrici è massima vicino alla sorgente e diminuisce con la distanza (proporzionale alla tensione della sorgente). Molti materiali comuni, come il legno ed il metallo, costituiscono uno schermo per questi campi.

I campi magnetici sono prodotti dal moto delle cariche elettriche, cioè dalla corrente. Essi governano il moto delle cariche elettriche. 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 (proporzionale alla corrente della sorgente). Essi non vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune e li attraversano facilmente.

Ai fini dell'esposizione umana alle radiazioni non ionizzanti, considerando le caratteristiche fisiche delle grandezze elettriche in gioco in un impianto fotovoltaico (tensioni fino a 150.000 V e frequenze di 50 Hz) i campi elettrici e magnetici sono da valutarsi separatamente perché disaccoppiati.

Come già accennato il campo elettrico, a differenza del campo magnetico, subisce una attenuazione per effetto della presenza di elementi posti fra la sorgente e il punto irradiato.

Pertanto, le situazioni più critiche sono rappresentate dagli impianti installati in ambiente esterno, rappresentando le schermature dei cavi, la presenza di opere civili e la blindatura degli scomparti validi elementi di schermatura. Inoltre, la distanza tra le apparecchiature e le recinzioni è tale da contenere i valori di campo elettrico entro i valori limite da eventuali ricettori. Ai fini del presente studio si valuteranno, quindi, i soli campi magnetici.

5 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”.
- CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica Linee in cavo”.
- CEI 11-60, “Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore a 100 kV”.
- 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: linee elettriche aeree e in cavo”.

6 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.

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

Tabella 1: Definizione 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);
- Parametri per la determinazione delle 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.

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 (μT)	Intensità del campo elettrico E (V/m)
DPCM	Limite d'esposizione	100	5000
	Limite d'attenzione	10	
	Obiettivo di qualità	3	
Racc. 1999/512/CE	Livelli di riferimento (ICNIRP1998, OMS)	100	5000

Il valore di attenzione di 10 μT 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 μT si applica ai nuovi elettrodotti nelle vicinanze dei sopraccitati ambienti e luoghi, nonché ai nuovi insediamenti e 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 μT per lunghe esposizioni e di 1000 μT 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).

7 Descrizione dell'impianto

7.1 Generalità

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

- linee elettriche e cabine di trasformazione dell'impianto fotovoltaico (Inverter e Trafo);
- Linea di connessione in AT tra le cabine di impianto e la cabina di consegna del distributore;

7.2 Impianto fotovoltaico

Per tutto ciò che attiene la valutazione dei campi magnetici ed elettrici all'interno dell'impianto fotovoltaico, essendo l'accesso alla centrale ammesso esclusivamente a personale lavoratore autorizzato, non trova applicazione il DPCM 8 luglio 2003.

Essendo tutte le apparecchiature installate all'interno della recinzione dell'impianto fotovoltaico a distanza opportuna da essa e le zone esterne direttamente confinanti con l'impianto fotovoltaico non adibite né ad una permanenza giornaliera superiore alle 4 ore né a zone gioco per l'infanzia/abitazioni scuole, vanno verificati esclusivamente i limiti di esposizione.

Non trovano applicazione, per le stesse motivazioni, gli obiettivi di qualità del DPCM 8 luglio 2003.

Rimane comunque inteso che i limiti esposti dal DPCM si applicano esclusivamente alla parte esterna della centrale.

Per la valutazione dei campi magnetici statici prodotti dalla sezione in corrente continua, se necessario, si farà riferimento alla raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12 luglio 1999.

Si procederà comunque alla valutazione dei diversi campi magnetici prodotti all'interno dell'impianto fotovoltaico, considerando il funzionamento dello stesso al valore nominale.

7.3 Linee di distribuzione BT

Gli inverter AC/DC dell'impianto fotovoltaico saranno posizionati all'interno della cabina inverter collegati ai rispettivi quadri di protezione AC, posizionati in cabina di trasformazione, mediante cavo interrato.

I cavi impiegati saranno del tipo ARG16R16 0,6/1 kV. Cca – s3, d1, a3 (ex ARG7R 0,6/1 kV) oppure ARG16OR16 0,6/1 kV. Cca – s3, d1, a3 (ex ARG7OR 0,6/1 kV) con posa in cavidotto a "trifoglio". Essi sono costituiti da conduttore in alluminio, isolato in gomma etilenpropilenica ad alto modulo di qualità G16, sotto guaina di PVC, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondente al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR).

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

Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Spessore medio guaina	Ø indicativo produzione	Peso indicativo cavo	Resistenza elettrica max a 20°C	Portata di corrente Current rating			
Formation	Approx. conductor Ø	Average insulation thickness	Average sheath thickness	Approx. production Ø	Approx. cable weight	Max. electrical resistance at 20°C	In aria libera Free in air 30°C	In tubo in aria In pipe in air 30°C	Interrato Underground 20°C	In tubo interrato Underground in pipe 20°C
n° x mm²	mm	mm	mm	mm	kg/km	ohm/km	A	A	A	A
1 x 16	4,9	0,7	1,4	9,1	104	1,91	70	64	98	75
1 x 25	6,1	0,9	1,4	10,7	147	1,20	102	88	119	95
1 x 35	7,1	0,9	1,4	11,7	180	0,868	136	110	141	115
1 x 50	8,2	1,0	1,4	13,0	224	0,641	164	131	167	134
1 x 70	9,9	1,1	1,4	14,9	301	0,443	218	175	204	173
1 x 95	11,4	1,1	1,5	16,6	386	0,320	261	209	245	196
1 x 120	13,1	1,2	1,5	18,5	489	0,253	310	250	277	238
1 x 150	14,4	1,4	1,6	20,4	596	0,206	350	280	313	250
1 x 185	16,2	1,6	1,6	22,6	711	0,164	415	334	350	300
1 x 240	18,4	1,7	1,7	25,2	924	0,125	490	392	413	331
1 x 300	20,7	1,8	1,8	27,9	1122	0,100	567	-	454	400
1 x 400	23,6	2,0	1,9	31,4	1467	0,0778	665	-	512	450
1 x 500	26,5	2,2	2,0	34,9	1770	0,0605	765	-	578	505
1 x 630	30,2	2,4	2,2	39,8	2296	0,0469	880	-	646	580

N.B. Il coefficiente di resistività termica del terreno preso a riferimento per il calcolo della portata dei cavi interrati è di 1° C.m/W, profondità di posa 0,8 m. Calcolo della portata di corrente eseguito considerando tre conduttori attivi.

Ai fini della valutazione dei campi magnetici, di seguito descritta, sono state considerate come portate in servizio nominale le correnti massime in uscita dagli inverter AC/DC generate dall'impianto fotovoltaico, considerando la potenza massima sul lato DC di ogni sottocampo inverter. Tali valori di corrente risultano sovradimensionati e quindi di tipo conservativo in quanto i valori massimi reali, comunque inferiori ai valori indicati, si otterranno solo in alcuni periodi dell'anno e in determinate condizioni di funzionamento, funzione di diversi parametri quali per esempio le condizioni atmosferiche, rendimento delle macchine ecc.

7.4 Linee di distribuzione AT

Le stazioni di trasformazione all'interno dell'impianto fotovoltaico saranno collegate a mezzi di cavidotto e alla cabina di consegna del distributore.

I cavi impiegati saranno del tipo unipolari ARE4H5EX 36 kV con posa in cavidotto a "trifoglio". Essi sono costituiti con conduttori di alluminio, isolamento in polietilene reticolato (XLPE) a spessore ridotto, schermo a nastro di alluminio, guaina rinforzata in polietilene (PE). Il cavo è resistente agli urti, dotato di barriera radiale e longitudinale all'acqua.

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

ARE4H5E 20,8/36kV 1x...														
Type	Conductor diameter nominal	Insulation		Sheath thickness nominal	Cable		Electrical resistance		X at 50 Hz	C	Current capacity		Short circuit current	
		thickness min	diameter nominal		diameter approx	weight indicative	at 20 °C - d.c. max	at 90 °C - a.c.			in ground at 20 °C	in free air at 30 °C	conductor Tmax 250°C	screen Tmax 150°C
n° x mm ²	mm	mm	mm	mm	mm	kg/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km	μF/km	A	A	kA x 1,0 s	kA x 0,5 s
1x120	13,1	7,9	30,7	2,2	39,2	1.260	0,253	0,325	0,125	0,185	254	332	11,3	2,2
1x150	14,3	7,6	31,3	2,2	39,8	1.340	0,206	0,265	0,121	0,201	283	374	14,2	2,2
1x185	16,0	7,4	32,6	2,2	41,2	1.470	0,1640	0,211	0,116	0,221	321	430	17,5	2,3
1x240	18,5	7,1	34,5	2,3	43,4	1.690	0,1250	0,161	0,110	0,252	372	508	22,7	2,3
1x300	20,7	6,8	36,1	2,3	45,0	1.880	0,1000	0,129	0,105	0,283	419	583	28,3	2,4
1x400	23,5	6,9	39,1	2,4	48,3	2.220	0,0778	0,101	0,101	0,308	479	680	37,8	2,6
1x500	26,5	7,0	42,6	2,5	52,2	2.670	0,0605	0,079	0,099	0,337	547	792	47,2	2,9
1x630	30,0	7,1	46,3	2,7	56,4	3.220	0,0469	0,063	0,096	0,367	622	921	59,5	3,0

Ai fini della valutazione dei campi magnetici, di seguito descritta, sono state considerate come portate in servizio nominale le correnti massime in alta tensione in uscita dalle cabine di trasformazione AT/bt, considerando la potenza massima sul lato AC di ogni sottocampo connesso alla rispettiva cabina di trasformazione.

Tali valori di corrente risultano sovradimensionati e quindi di tipo conservativo in quanto i valori massimi reali, comunque inferiori ai valori indicati, si otterranno solo in alcuni periodi dell'anno e in determinate condizioni di funzionamento, funzione di diversi parametri quali per esempio le condizioni atmosferiche, rendimento delle macchine ecc.

8 Metodo di calcolo del campo magnetico

8.1 Cenni teorici

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, 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.

Per il calcolo del campo elettrico, invece, 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 immagine. 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 è la densità lineare di carica sul conduttore; ϵ_0 è la permittività del vuoto; d è la distanza del conduttore rettilineo dal punto di calcolo ed \vec{u}_r è il versore unitario con direzione radiale al conduttore.

8.2 Metodo di calcolo

Lo studio dell'impatto elettromagnetico nel caso di linee elettriche, si traduce nella determinazione di una fascia di rispetto. Per l'individuazione di tale fascia si deve effettuare il calcolo dell'induzione magnetica basata 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).

Come già accennato il campo Elettrico, a differenza del campo Magnetico, subisce una attenuazione per effetto della presenza di elementi posti fra la sorgente e il punto irradiato risultando nella totalità dei casi inferiore ai limiti imposti dalla norma.

Ai fini del presente studio si valuteranno i soli campi magnetici per tutte le apparecchiature elettriche costituenti l'impianto.

Per la realizzazione dei cavidotti di collegamento, 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 interrato permette di eliminare la componente elettrica del campo, grazie all'effetto schermante del terreno; inoltre, la limitata distanza tra i cavi (ulteriormente ridotta grazie all'impiego di terne posate "a trifoglio") fa sì che l'induzione magnetica risulti significativa solo in prossimità dei cavi.

Metodologia di valutazione delle DPA

Sulla base della descrizione del progetto di alimentazione elettrica e delle informazioni relative agli elementi presenti di nuova installazione, ricavate dagli elaborati di progetto, verrà calcolata la distanza di prima approssimazione (DPA).

La valutazione sarà relativa:

- moduli fotovoltaici (DC);
- linea DC, dai pannelli alla cabina inverter;
- cabina inverter;
- linea bt (AC) tra cabina inverter e cabina trasformatore AT/bt (sezione in bassa tensione 570Vac con terna di conduttori disposti a trifoglio di sezione, interrato ad una profondità di 0,80-1,00 m);
- cabina trasformazione AT/bt;

- cavidotto AT, dalle cabine di trasformazione AT/bt alla cabina di consegna (sezione in alta tensione 35kVac con terna di conduttori disposti a trifoglio di sezione, interrata ad una profondità di 1,50 m);

La valutazione della DPA sarà eseguita applicando la formula empirica semplificata, proposta dalla Guida CEI 106-12 per gli elettrodotti.

In generale saranno valutate le seguenti:

$$B = 0.2 \cdot \frac{I}{D} \cdot \frac{S}{D} [\mu T] \quad \text{per linea bifilare;}$$

$$B = 0.346 \cdot \frac{I}{D} \cdot \frac{S}{D} [\mu T] \quad \text{per linee trifase in piano;}$$

$$B = 0.245 \cdot \frac{I}{D} \cdot \frac{S}{D} [\mu T] \quad \text{per linee trifase a triangolo;}$$

dove:

- I = corrente di una sbarra (A);
- S = distanza fra le sbarre (m);
- D = distanza valutazione (m).

Per la valutazione della DPA, come indicato dalle Linea Guida dell'Allegato al DM 29.05.08 "Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche", si impiega la formula seguente:

$$Dpa = 0.40942 \cdot x^{0.5241} \cdot \sqrt{I}$$

dove:

- I = corrente nominale BT in uscita dal trasformatore;
- X = diametro reale (conduttore + isolante) del cavo.

9 Valutazione della compatibilità magnetica

9.1 Moduli fotovoltaici e Linea DC

Ai fini della valutazione degli impianti in corrente continua, si evidenzia, quanto indicato nella Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea n. 1999/519/CE del 12/7/99, in merito ai campi a frequenza nulla, per cui il limite del campo magnetico è di 40 mT (40000 µT), mentre nulla viene indicato per il campo elettrico; per tale motivazione quest'ultimo non sarà preso in considerazione.

L'apporto dei pannelli fotovoltaici e della linea DC, di collegamento dai moduli fotovoltaici alla cabina inverter, in termini di campo elettromagnetico generato può ritenersi trascurabile per quanto riguarda la valutazione complessiva. I pannelli operano esclusivamente a tensione e corrente continua ossia a frequenza nulla. La possibilità di generare campi elettromagnetici variabili si può verificare solo durante brevi transitori di corrente, i quali si potrebbero manifestare all'accensione o allo spegnimento dei dispositivi di conversione.

9.2 Cabina inverter

Gli inverter sono dispositivi che incorporano un trasformatore ad alta frequenza per ridurre le perdite di conversione energetica. Di conseguenza, questi apparecchi sono composti da componenti elettronici che operano a frequenze elevate. A tal fine, il legislatore ha stabilito che tali dispositivi debbano ottenere le certificazioni necessarie prima di essere commercializzati. Queste certificazioni assicurano che gli inverter siano immuni ai disturbi elettromagnetici esterni e che le loro emissioni elettromagnetiche siano minimizzate, al fine di ridurre al minimo le interferenze con altre apparecchiature elettroniche vicine o con la rete elettrica. In termini di campi elettromagnetici generati, l'impatto degli inverter può essere considerato trascurabile nella valutazione complessiva.

9.3 Linea bt (AC) tra cabina inverter e cabina trasformatore AT/bt

La linea bt collega l'uscita dell'inverter all'ingresso di alimentazione del trasformatore. La linea prevede l'impiego di cavi, con posa in cavidotto a "trifoglio", del tipo:

- ARG16R16 0,6/1 kV. Cca – s3, d1, a3 (ex ARG7R 0,6/1 kV);
- ARG16OR16 0,6/1 kV. Cca – s3, d1, a3 (ex ARG7OR 0,6/1 kV)

Considerando una potenza di impianto complessiva di 19072 kW, ottenuta quindi dal contributo delle 16 cabine inverter si può valutare una corrente d'impiego, in uscita da ogni inverter, pari a circa 1210 A.

Tale corrente si ottiene dall'espressione

$$I_b = \frac{P_d}{k_{ca} \cdot V_n \cdot \cos\varphi}$$

dove:

- P = 1192 kW (ossia 1/16 di 19072 kW);
- kca = 1.73 (essendo un sistema trifase a tre conduttori attivi)
- Vn = 0.570 kV;

- $\cos\phi = 1$.

Considerando la terna di conduttori previsti e la corrente determinata, al fine della valutazione di compatibilità elettromagnetica, si considera cautelativamente una sezione del cavo di 500 mm² la quale permette una portata di corrente, in tubo interrato, pari a 505 A per singolo conduttore. Tale cavo ha un diametro esterno di 34,9 mm.

La linea si prevede interrata ad una profondità di 0,80-1,00 m dal piano campagna.

In relazione ai dati ed applicando la formula empirica semplificata, proposta dalla Guida CEI 106-12 per gli elettrodotti, per il caso della per linee trifase a triangolo:

$$B = 0.245 \cdot \frac{I}{D} \cdot \frac{S}{D} [\mu T] \quad \text{per linee trifase a triangolo;}$$

si ottiene quanto segue.

D (m)	B (μT)	Limite (μT)	Valutazione
0,5	13,8	3	<i>oltre il limite</i>
1	3,4	3	<i>oltre il limite</i>
1,1	2,9	3	entro il limite
2	0,9	3	entro il limite
3	0,4	3	entro il limite

Di seguito i dati, in forma grafica, che rappresentano il variare del campo magnetico con la distanza.

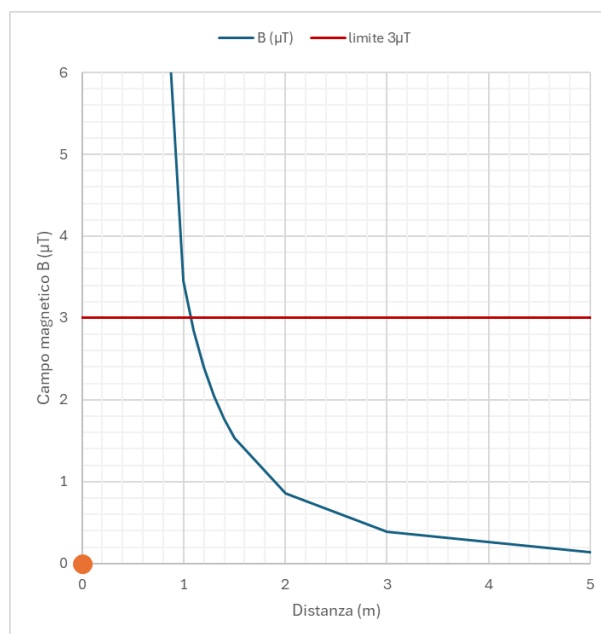


Figura 3 variazione del campo magnetico con la distanza per la linea bt tra Inverter e Trafo

Dalla valutazione si riscontra che, alla distanza di 1,1 metri, si stima un valore di campo magnetico pari a 3 μT. In considerazione della posa interrata prevista, il valore di 3 μT sarà presente sopra la quota del piano di campagna di per un'altezza compresa tra 10 e 30 cm a seconda della profondità di posa prevista tra 0,8 e 1 m.

Si riporta di seguito una sezione della posa del cavo nel caso in cui la profondità raggiunta sia 0.80 m.

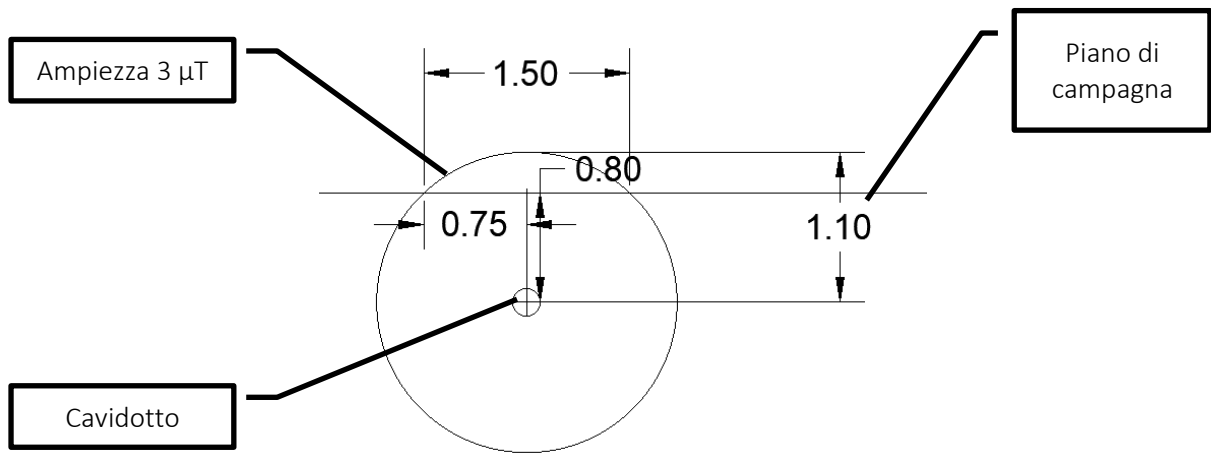


Figura 4 sezione della posa del cavo nel caso in cui la profondità raggiunta sia 0.80m con valutazione DPA

Come è possibile riscontrare, il valore di campo magnetico superiore a 3 μT si potrebbe riscontrare per una fascia di 1.50 m con mezzeria sulla linea del cavidotto BT, ossia 0.75 m a destra e sinistra.

In sintesi, si può concludere la compatibilità magnetica della linea BT, considerando la valutazione del campo magnetico, il quale è entro il limite dei 3 μT già a livello prossimo al piano campagna. Si evidenzia che tale limitate zone dell'area di impianto hanno possibilità di accesso a solo personale tecnico autorizzato; pertanto, si considera la compatibilità del campo magnetico.

9.4 Cabina trasformazione AT/BT

Per la valutazione della DPA della cabina di trasformazione, come indicato dalle Linee Guida dell'Allegato al DM 29.05.08 "Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche", si impiega la formula seguente:

$$Dpa = 0.40942 \cdot x^{0.5241} \cdot \sqrt{I}$$

dove:

- I = corrente nominale BT in uscita dal trasformatore;
- X = diametro reale (conduttore + isolante) del cavo.

In base alla potenza nominale del trafo, pari a 1600 kVA, alla tensione primaria pari a 0,57kV della BT (la quale permette di ottenere la massima DPA) e la secondaria pari a 36 kV della AT, si determina la corrente nominale agli estremi del trafo impiegando la formula

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} * V_n}$$

Dall'applicazione della formula si valuta una corrente nominale pari a 1621 A sul lato bt e 26 A sul lato AT. Considerando l'impiego del cavo 3x1x500 [mm²] tipo ARG16R16 (ARG16OR16) si determina il diametro reale sul lato BT. Il diametro esterno massimo di un conduttore, in base alle tabelle del costruttore dei cavi, è 34,9 mm dal quale si determina un diametro reale di 34,9 x 3 = 104,7 mm.

Applicando la precedente relazione si determina la DPA pari a 5,1 m.

Come previsto dal DM 29.05.08, tale ampiezza si considera a partire dal filo della parete esterna della

cabina di trasformazione.

Di seguito si riporta il tipologico, il quale vale per tutte le cabine di trasformazione e linea bt in AC in uscita dalla cabina inverter, con evidenziate le DPA. Come è possibile riscontare, quella della linea BT è compresa nella DPA della cabina di trasformazione.

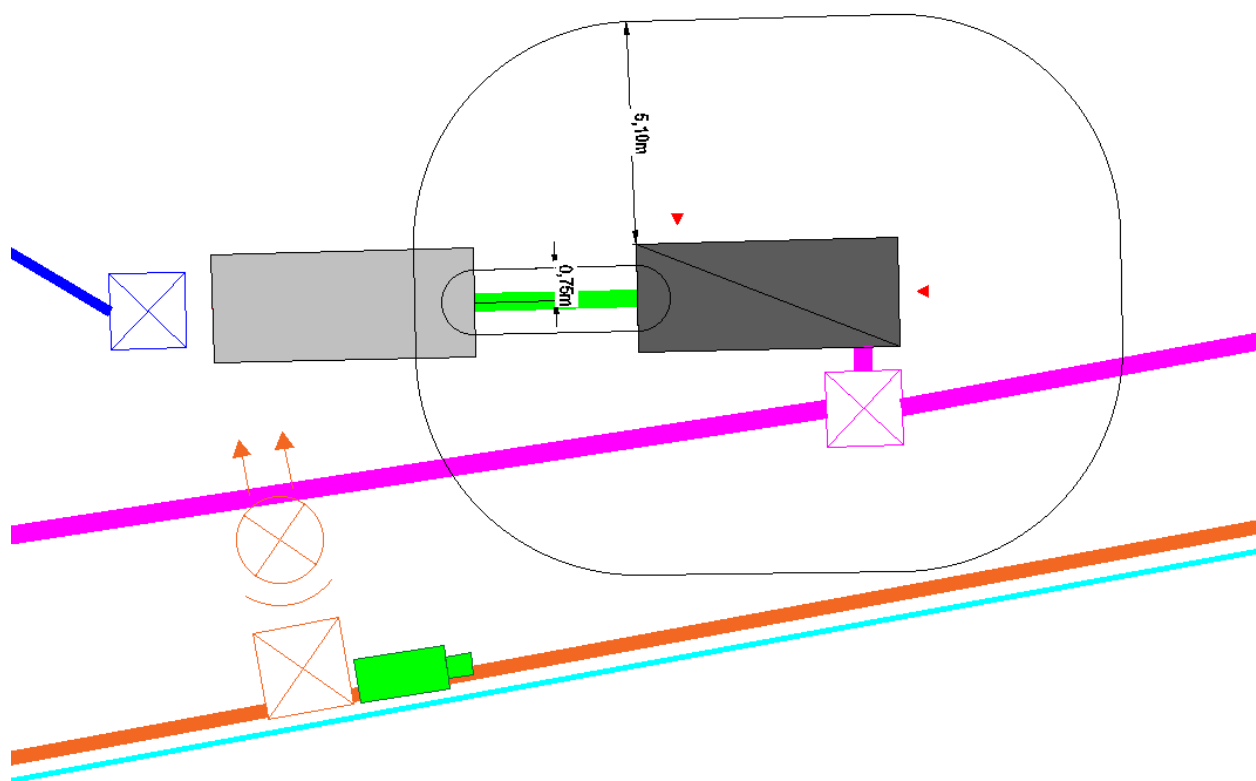


Figura 5 Tipologico della DPA delle cabine di trasformazione e della linea BT di alimentazione

9.5 Cavidotto AT, dalle cabine di trasformazione AT/bt alla cabina di consegna

La linea AT collega l'uscita della cabina di trasformazione all'ingresso della cabina di consegna. La linea prevede l'impiego di cavi, con posa in cavidotto a "trifoglio", del tipo:

- ARE4H5E 36 kV

Considerando una potenza di impianto complessiva di 19072 Kw, si può valutare una corrente d'impiego pari a circa 345 A.

Tale corrente si ottiene dall'espressione

$$I_b = \frac{P_d}{k_{ca} \cdot V_n \cdot \cos\varphi}$$

dove:

- P = 19072 kW;
- $k_{ca} = 1.73$ (essendo un sistema trifase a tre conduttori attivi)
- $V_n = 36$ kV;

- $\cos\phi = 0.9$.

Considerando la terna di conduttori previsti e la corrente determinata, nella progettazione è stata individuata la sezione del cavo di 240 mm², la quale permette una portata di corrente, in tubo interrato, pari a 372 A per singolo conduttore. Tale cavo ha un diametro esterno di 43,4 mm.

La linea si prevede interrata ad una profondità di 1,5 m dal piano campagna.

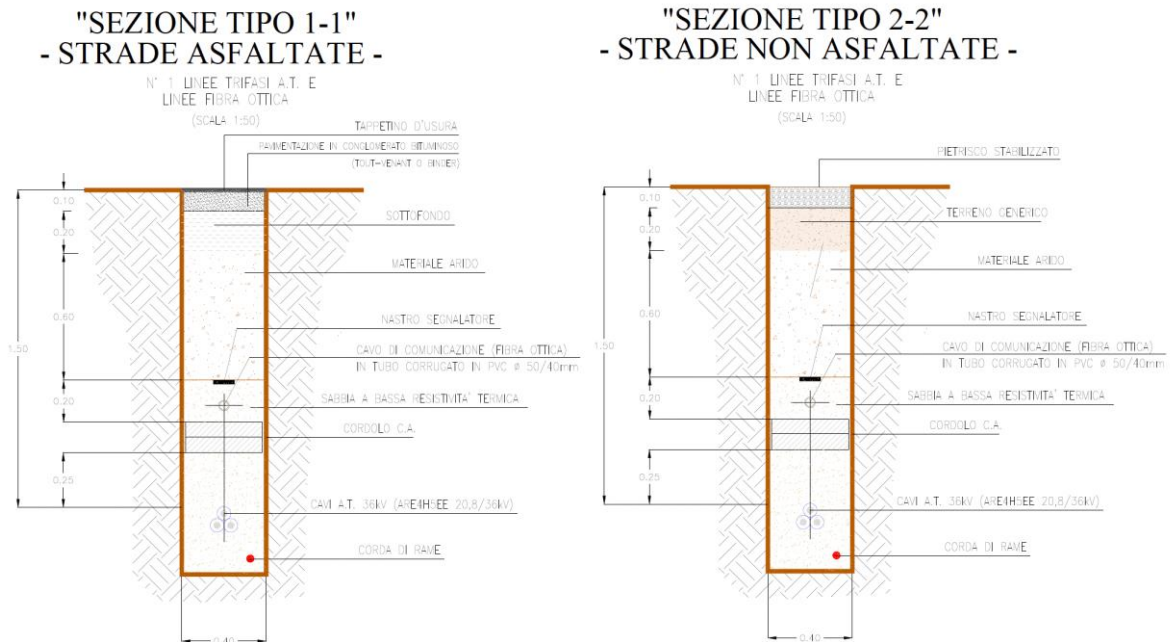


Figura 6 Tipologico sezioni di scavo per posa cavidotto in AT a 36 kV

In relazione ai dati ed applicando la formula empirica semplificata, proposta dalla Guida CEI 106-12 per gli elettrodotti, per il caso della per linee trifase a triangolo:

$$B = 0.245 \cdot \frac{I}{D} \cdot \frac{S}{D} [\mu T] \quad \text{per linee trifase a triangolo;}$$

si ottiene quanto segue.

D (m)	B (μT)	Limite (μT)	Valutazione
0,5	4,9	3	oltre il limite
0,65	2,9	3	entro il limite
1	1,2	3	entro il limite
2	0,3	3	entro il limite
3	0,1	3	entro il limite

Di seguito i dati, in forma grafica, che rappresentano il variare del campo magnetico con la distanza.

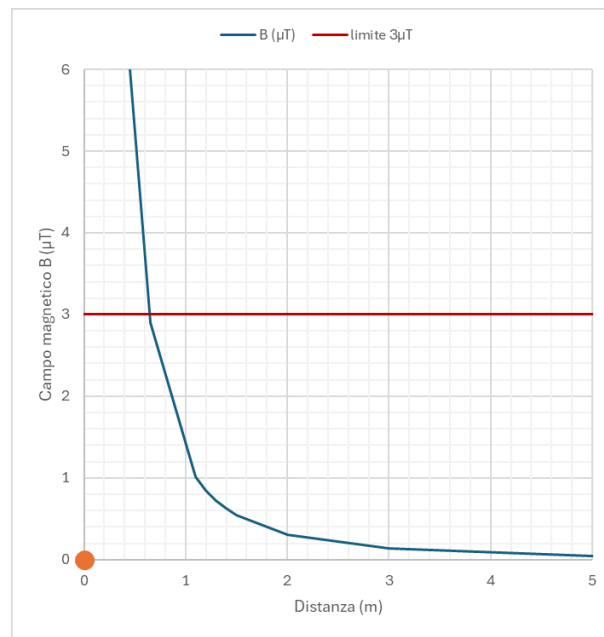
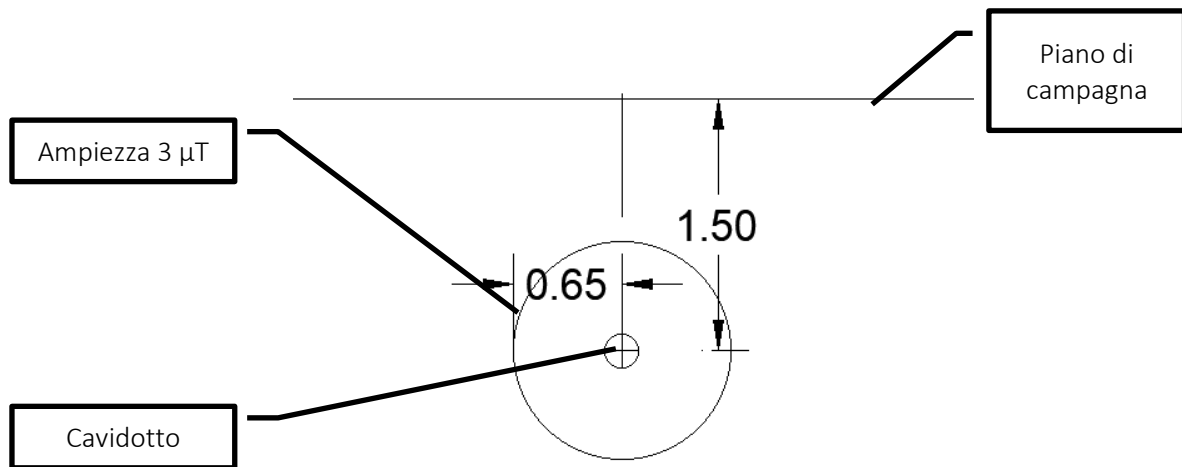


Figura 7 variazione del campo magnetico con la distanza per la linea AT tra cabine di trasformazione e cabina di consegna

Dalla valutazione si riscontra che alla distanza di 0,65 metri, si stima un valore di campo magnetico pari a 3 μT. In considerazione della posa interrata prevista, il valore di 3 μT sarà contenuto al di sotto del piano di campagna di circa 0,85 in base alla profondità di posa prevista di 1,5 m.



In sintesi, si può concludere la compatibilità magnetica della linea AT, considerando la valutazione del campo magnetico, il quale è entro il limite dei 3 μT a livello inferiore al piano campagna. Tale risultato permette la compatibilità magnetica, oltre che all'interno dell'area di impianto anche nelle zone fruite da persone non addette ai lavori.

10 Contestualizzazione DPA nel contesto territoriale

In base alla valutazione delle DPA delle componenti impiantistiche costituenti il parco fotovoltaico risulta quanto segue:

- per i moduli fotovoltaici, la linea DC, la cabina inverter, non si determina DPA;
- per la linea BT di collegamento tra inverter e cabina di trasformazione, si valuta una DPA di 0,75 m (in caso di posa a 0,8 m);
- per la cabina di trasformazione si valuta una DPA di 5,1 m dalla parete esterna;
- per il cavidotto AT, la cui posa è prevista a 1,5 m, la DPA rimane confinata nel suolo.

Di seguito la planimetria schematica dell'impianto con le DPA riscontrate.



Figura 8 DPA rilevanti a seguito della valutazione nelle 16 cabine di trasformazione e 16 linee BT

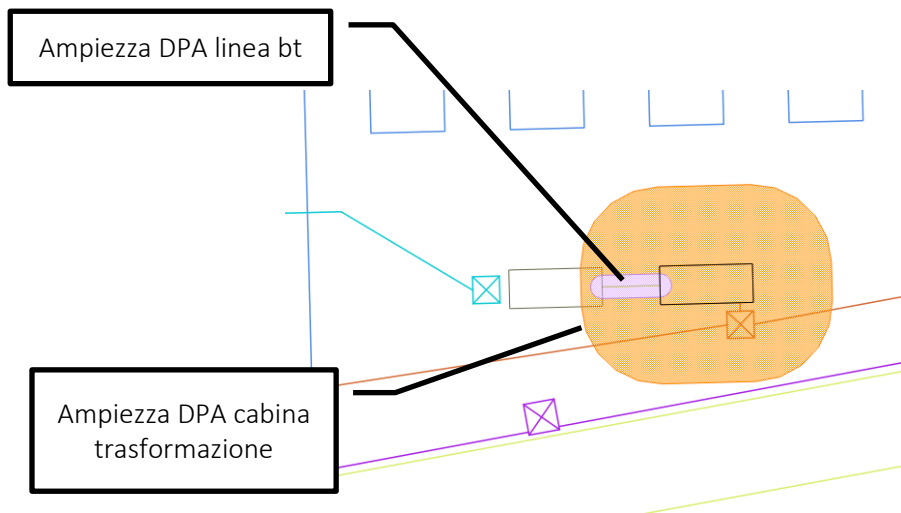


Figura 9 dettaglio DPA cabina di trasformazione e linea BT

Come è possibile riscontare, le DPA sono tutte interne al perimetro dell'impianto in zone con accesso al solo personale tecnico autorizzato.

Le DPA, quindi, non hanno interferenze con ricettori o aree non adibite né ad una permanenza giornaliera superiore alle 4 ore né a zone gioco per l'infanzia/abitazioni scuole.

11 Conclusioni

La determinazione delle fasce di rispetto è stata effettuata in accordo al D.M. del 29/05/2008 riportando, per ogni opera elettrica, la menzionata DPA. Dalle analisi e considerazioni fatte si può desumere quanto segue:

- i valori di campo elettrico si possono considerare inferiori ai valori imposti dalla norma (<5000 V/m) in quanto le aree ricadono all'interno delle recinzioni dell'impianto fotovoltaico e dei locali quadri e subiscono un'attenuazione per effetto della presenza di elementi posti fra la sorgente e il punto irradiato;
- per campi magnetici ed elettrici all'interno dell'impianto fotovoltaico, essendo l'accesso alla centrale ammesso esclusivamente a personale lavoratore autorizzato, essendo le apparecchiature installate all'interno della recinzione ad opportuna distanza ed essendo le zone direttamente confinanti con l'impianto fotovoltaico non adibite né ad una permanenza giornaliera superiore alle 4 ore né a zone gioco per l'infanzia/abitazioni scuole, è possibile considerare la compatibilità elettromagnetica dell'opera con il contesto territoriale.

Si valuta, infatti, per la linea BT di collegamento tra inverter e cabina di trasformazione, una DPA di 0,75 m (in caso di posa a 0,8 m). Per la cabina di trasformazione si valuta una DPA di 5,1 m dalla parete esterna, la quale contiene la DPA della linea BT. Considerando che l'ampiezza della DPA è contenuta nel perimetro del recintato del parco e l'accesso è consentito solo a personale tecnico autorizzato, si valutano positivamente l'inserimento degli impianti non esponendo personale esterno all'attività di lavoro a valori di campo magnetico superiori a 3 μ T.

- per il cavidotto in alta tensione, la distanza di prima approssimazione, valutata in 0,65 m, è compresa ad una profondità nel suolo di 0,85 cm, in relazione al progetto di posa del cavidotto a 1,5 m; non si prevede, quindi, eccedenza dal piano di campagna ed interferenze con zone sensibili.

Si può quindi concludere che la realizzazione delle opere elettriche relative alla realizzazione del parco fotovoltaico è compatibile con la fruizione del contesto territoriale.