

Progetto per la costruzione ed esercizio di un Impianto Agrivoltaico a terra e relative Opere di Connessione e alla rete AT di Terna

Grifoni PV [FG02]
[22.855,68 kWp]

Regione Puglia, Provincia di Foggia,
Comune di Ascoli Satriano

Titolo Elaborato
VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTRICI, MAGNETICI ED ELETTROMAGNETICI

Valutazione di Impatto ambientale
(artt. 23 -24 -25 D.Lgs.152/2005)
Commissione Tecnica PNRR - PNIEC
(artt.17 D.Lgs. 77/2021)

PROPONENTE

GRIFONI PV SRL

Via Don Luigi Sturzo, 14 - 52100 Arezzo
P.IVA 02446730513
grifonipv@legalmail.it

PROGETTAZIONE



Solarys I.S. srl

Via Don Luigi Sturzo, 14 - 52100 Arezzo
P.IVA 02326770514
info@solarysnrg.it

Arch. Mariagela Pugliese

Ordine degli Architetti, Provincia di Venezia n.5124 sez A
mariangela.pugliese@solarysis.it

Ing. Andrea Coradeschi

Ordine degli Ingegneri, Provincia di Arezzo n.1741 sez. A
andrea.coradeschi@solarysis.it

Scala	Formato	Codice Elaborato	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
	A4	SOLARYS_VIA_REL_08	A.C.	A.C.	A.C.
Revisione	Data	Descrizione			
00-	22/12/2023	PROGETTO DEFINITIVO			

2023 Disegni, calcoli, specifiche e tutte le altre informazioni contenute nel presente documento sono di proprietà della Solarý I.S. srl
Al ricevimento di questo documento la stessa diffida di riprodurlo, in tutto o in parte, e di rivalerne il contenuto in assenza di esplicita autorizzazione.

INDICE

INDICE	1
PREMESSA	2
IL FENOMENO ELETTROMAGNETICO	3
CARATTERISTICHE DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO.....	4
SORGENTI NATURALI DI CAMPI ELETTROMAGNETICI.....	5
SORGENTI ARTIFICIALI DI CAMPI ELETTROMAGNETICI.....	6
IL CONCETTO DI LUNGHEZZA D'ONDA E FREQUENZA.....	7
CAMPI ELETTROMAGNETICI A BASSA FREQUENZA.....	9
CAMPI ELETTROMAGNETICI AD ALTA FREQUENZA.....	10
DIFFERENZE TRA CAMPI STATICI E VARIABILI NEL TEMPO.....	12
RIFERIMENTI NORMATIVI.....	13
MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE DAI CAMPI ELETTROMAGNETICI	15
VALUTAZIONE PREVISIONALE DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI.....	18
OPERE DA REALIZZARE E ASSOGGETTAMENTO AL DM 29.05.08	20
PROCEDURA DI CALCOLO ADOTTATA	21
INDIVIDUAZIONE DELLE SORGENTI DI EMISSIONE E CALCOLO DELLA DPA.....	24
PRESENZA DI PERSONE NELL'IMPIANTO.....	28
CONCLUSIONE.....	29

PREMESSA

La presente relazione descrive in maniera definitiva ma non esecutiva le fasi necessarie alla realizzazione di quanto in oggetto al presente progetto, ovvero di un campo agrivoltaico da 22.855,68kWp e delle relative opere di rete connesse. Lo schema di allacciamento alla RTN di Terna, prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 36 kV sul futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) a 150 kV della RTN denominata "Camerelle", previa realizzazione di una nuova SE RNT 380/150kV da inserire in entra - esce all'elettrodotto 380 kV RTN "Bisaccia-Deliceto e realizzazione di due nuovi elettrodotti 150kV di collegamento tra le SE suddette.

L'area di studio è localizzata nella porzione Nord-Occidentale della regione Puglia, in provincia di Foggia, Comune di Ascoli Satriano a circa 4,5Km a Sud dal centro, in località denominata "Cianfurro", al limite tra la Regione dell'Alto Tavoliere e la Valle dell'Ofanto.

L'area del campo è censita al catasto terreni del Comune di Ascoli Satriano al Foglio n.80, particelle n. 46, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 63, 64, 65, 76, 77. L'elettrodotto di connessione alla Rete Terna, tra la cabina di consegna all'interno del campo e l'Ampliamento della Stazione di Camerelle, invece, si sviluppa su strada Pubblica nel medesimo Comune ai fogli catastali n. 80, 89, 90, 92; un piccolo tratto ricade invece in area di competenza del Comune di Candela ed è censito al catasto terreni del medesimo Comune a foglio n. 18.

La suddetta strada interessa sedimi stradali di diversa competenza, nello specifico gran parte di essa si sviluppa lungo la SP95.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di riferimento.

L'impianto fotovoltaico sarà realizzato su strutture ad inseguimento solare monoassiali del tipo "2-inportrait", con sistema backtracking, con una potenza nominale installata di circa 22.855,68kWp. Per il layout d'impianto, in questa fase, sono stati scelti moduli bifacciali della potenza nominale di 620 Wp (in condizioni STC) della Eging, per un totale di circa 36.864 moduli fotovoltaici. Le strutture tracker che compongono l'impianto FV avranno lunghezze diverse, multiple della lunghezza di una stringa di moduli, con una distanza di pitch di circa 10 m. Gli inverter multistringa utilizzati saranno del tipo Sungrow da 350 kVA, per un totale di 69 inverter. Si sottolinea che in fase esecutiva, soprattutto in riferimento alla situazione di mercato al momento dell'acquisto dei componenti, potrà essere scelta una diversa tipologia di moduli e sistemi ad inseguimento solari con pari prestazioni. Tale scelta sarà comunque effettuata tenendo conto sia della potenza massima installabile e sia che vengano garantite ottime prestazioni di durata e di producibilità dell'impianto FV.

IL FENOMENO ELETTROMAGNETICO

Ogni apparecchiatura che produce o che viene attraversata da una corrente elettrica (dinamo, cavi elettrici, elettrodomestici, etc.) è caratterizzata da un campo elettromagnetico. In generale le correlazioni tra campo elettrico e campo magnetico sono assai complesse, poiché dipendono dalle caratteristiche della sorgente, dal mezzo di propagazione, dalla presenza di ostacoli nella propagazione, dalle caratteristiche del suolo e dalle frequenze in gioco. La diffusione del campo elettromagnetico nello spazio avviene nello stesso modo in tutte le direzioni; la diffusione può essere alterata dalla presenza di ostacoli che, a seconda della loro natura, inducono sul campo elettromagnetico riflessioni, rifrazioni, diffusi, assorbimento, ecc. La diffusione del campo elettromagnetico può essere alterata anche dalla presenza di un altro campo elettromagnetico.

CARATTERISTICHE DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO

I campi elettrici: sono creati da differenze di potenziale elettrico, o tensioni; più alta è la tensione, più intenso è il campo elettrico risultante.

I campi magnetici: si creano quando circola una corrente elettrica; più alta è la corrente, più intenso è il campo magnetico. Un campo elettrico esiste anche se non c'è corrente. Se circola una corrente, l'intensità del campo magnetico varia con il consumo di potenza, mentre l'intensità del campo elettrico rimane costante.

Collegando un apparecchio a una presa si creano dei campi elettrici nello spazio circostante, Più alta è la tensione, più alto è il campo prodotto. Poiché la tensione può esistere anche se non circola corrente, non occorre che un apparecchio sia acceso perché esista un campo elettrico nello spazio circostante. Quindi i campi elettrici e quelli magnetici coesistono nell'ambiente. Il campo magnetico è tanto più intenso quanto maggiore è la corrente. Nella trasmissione e nella distribuzione dell'elettricità si usano tensioni elevate al fine di contenere le perdite di energia. Le tensioni in uso negli elettrodotti variano con il consumo di energia.

I campi elettrici attorno ai cavi di un apparecchio cessano di esistere solo quando questo viene scollegato.

SORGENTI NATURALI DI CAMPI ELETTROMAGNETICI

I campi elettromagnetici sono presenti ovunque nel nostro ambiente, ma sono invisibili all'occhio umano. La sorgente naturale di campo magnetico più conosciuta è il campo magnetico terrestre, ovvero quella forza che fa in modo che l'ago di una bussola sia orientato lungo la direzione nord- sud. Alcuni campi elettrici sono invece prodotti dall'accumulo locale di cariche elettriche nell'atmosfera, come avviene in occasione di temporali.

SORGENTI ARTIFICIALI DI CAMPI ELETTROMAGNETICI

Accanto alle sorgenti naturali, lo spettro elettromagnetico comprende anche campi generati da sorgenti artificiali: i raggi X ne sono un esempio. Una sorgente artificiale di campi elettromagnetici a bassa frequenza è data da una qualunque presa di corrente a cui venga fornita dell'elettricità. Infine, diversi tipi di radioonde ad alta frequenza sono usate per trasmettere informazioni, attraverso antenne televisive, impianti radiofonici o stazioni radio base per telefonia mobile.

IL CONCETTO DI LUNGHEZZA D'ONDA E FREQUENZA

Una delle caratteristiche principali di un campo elettromagnetico (CEM) è la sua frequenza o la corrispondente lunghezza d'onda. Campi di lunghezza d'onda diversa interagiscono con il corpo umano in modo diverso. Si possono immaginare le onde elettromagnetiche come una serie di onde che viaggiano alla velocità della luce; la frequenza descrive semplicemente il numero di oscillazioni, o cicli, al secondo, mentre la lunghezza d'onda rappresenta la distanza tra un'onda e la successiva. Quindi, lunghezza d'onda e frequenza sono legate in modo indissolubile: più alta è la frequenza, più breve è la lunghezza d'onda. Ad una frequenza di 100 KHz corrisponde una lunghezza d'onda di 100 Km mentre ad una frequenza di 300 GHz corrisponde una lunghezza d'onda di 1mm.

DIFFERENZA TRA CAMPI ELETTROMAGNETICI NON IONIZZANTI E RADIAZIONI IONIZZANTI

Lunghezza d'onda e frequenza determinano un'altra importante caratteristica dei campi elettromagnetici: le onde elettromagnetiche sono trasportate da particelle chiamate "quanti". I "quanti" di frequenza più elevata (e, quindi di lunghezza d'onda minore) trasportano più energia di quelli di frequenza più bassa (e lunghezza d'onda maggiore). Alcune onde elettromagnetiche trasportano un'energia tale da essere in grado di rompere i legami tra molecole. Nello spettro elettromagnetico, i raggi gamma emessi dai materiali radioattivi, i raggi cosmici ed i raggi X hanno questa proprietà e sono chiamati "radiazioni ionizzanti". I campi i cui "quanti" hanno energia insufficiente per rompere i legami molecolari vengono invece chiamati "radiazioni non ionizzanti". I campi elettromagnetici prodotti da sorgenti artificiali, che svolgono un ruolo di primo piano nel mondo industrializzato – elettricità, radioonde e campi a radiofrequenza – si trovano nella regione dello spettro elettromagnetico a lunghezze d'onda relativamente grandi e frequenze relativamente basse, ed i loro "quanti" non sono in grado di rompere i legami chimici.

CAMPI ELETTROMAGNETICI A BASSA FREQUENZA

Campi elettrici esistono ovunque sia presente una carica elettrica positiva o negativa: essi esercitano delle forze su altre cariche presenti entro il campo. L'intensità del campo elettrico si misura in volt al metro (V/m). Ogni conduttore elettrico carico produce un campo elettrico. Il campo esiste anche se non circola alcuna corrente. Maggiore è la tensione, più alto è il campo elettrico a una determinata distanza dal conduttore.

L'intensità dei campi elettrici è massima vicino a una carica, o a un conduttore carico, e diminuisce rapidamente allontanandosi da questi. I conduttori, come ad esempio i metalli, schermano molto efficacemente i campi elettrici.

Altri mezzi, come i materiali da costruzione e gli alberi, hanno una certa capacità di schermatura.

Quindi, i campi elettrici prodotti all'esterno da linee ad alta tensione sono attenuati dalle pareti, dagli edifici e dagli alberi. Quando gli elettrodotti sono interrati, il campo elettrico in superficie è a malapena misurabile.

I campi magnetici derivano dal moto delle cariche elettriche. L'intensità del campo magnetico si misura in ampere al metro (A/m); in genere, nella ricerca sui campi elettromagnetici, gli scienziati usano invece un'altra grandezza a questa collegata, l'induzione magnetica (misurata in tesla, T, o nei suoi sottomultipli come il microtesla, μT). A differenza dei campi elettrici, un campo magnetico si produce soltanto quando l'apparecchio è acceso e circola della corrente elettrica. Più alta è la corrente, maggiore è l'intensità del campo magnetico. Come i campi elettrici, anche quelli magnetici sono massimi vicino alla loro sorgente e diminuiscono rapidamente a distanze maggiori. I campi magnetici non vengono bloccati dai materiali comuni, come le pareti degli edifici.

CAMPI ELETTROMAGNETICI AD ALTA FREQUENZA

I telefoni mobili, i trasmettitori radiotelevisivi ed i radar producono campi elettromagnetici a radiofrequenza. Questi campi sono utilizzati per trasmettere informazioni su lunghe distanze e costituiscono la base dei sistemi di telecomunicazione e di diffusione radiotelevisiva in tutto il mondo. Le microonde sono campi RF di frequenza elevata, nell'intervallo dei gigahertz (GHz). Nei forni a microonde, queste vengono sfruttate per scaldare rapidamente i cibi.

Nella regione delle radiofrequenze, i campi elettrici e quelli magnetici sono strettamente correlati e generalmente il loro livello viene misurato in termini di densità di potenza, in watt al metro quadro (W/m²).

PRINCIPALI SORGENTI DI CAMPI ELETTROMAGNETICI A FREQUENZE BASSE, INTERMEDIE ED ALTE

I campi elettromagnetici variabili nel tempo prodotti dagli apparecchi elettrici sono un esempio di campi a frequenza estremamente bassa (ELF). I campi ELF hanno generalmente frequenza fino a 300 Hz. Altre tecnologie producono campi a frequenza intermedia (IF), con frequenze tra 300 Hz e 10 MHz e campi a radiofrequenza (RF) con frequenze da 10 MHz a 300 GHz. Gli effetti dei campi elettromagnetici sul corpo umano dipendono non solo dalla loro intensità, ma anche dalla loro frequenza.

I sistemi che ci forniscono elettricità, e tutti gli apparecchi che la usano, costituiscono le principali sorgenti di campi ELF; gli schermi dei computer, i dispositivi anti-taccheggio e i sistemi di sicurezza sono le principali sorgenti di campi IF; radio, televisione, radar, antenne per la telefonia cellulare e forni a microonde sono le principali sorgenti di campi RF.

Questi campi inducono nel corpo umano delle correnti elettriche che, se di intensità sufficiente, possono produrre vari effetti come riscaldamento e scosse elettriche, secondo la loro ampiezza e la loro frequenza, comunque, per produrre effetti di questo genere, i campi esterni al corpo devono essere molto intensi, notevolmente al di sopra di quelli presenti nei normali ambienti.

DIFFERENZE TRA CAMPI STATICI E VARIABILI NEL TEMPO

Un campo statico non varia nel tempo. Una corrente continua (CC) è una corrente elettrica che scorre in un'unica direzione. In qualunque dispositivo a batteria, la corrente scorre da quest'ultima all'apparecchio per tornare poi alla batteria. Questa corrente crea un campo magnetico statico. Il campo magnetico terrestre è anch'esso un campo statico, così come il campo magnetico creato da una calamita, che può essere visualizzato osservando le figure che si creano quando si sparge della limatura di ferro attorno ad essa.

Al contrario, le correnti alternate (CA) producono campi elettromagnetici variabili nel tempo. Le correnti alternate invertono il loro verso ad intervalli regolari. Nella maggior parte di paesi europei l'elettricità cambia verso ad una frequenza di 50 cicli al secondo, o 50 Hz. Così pure, i corrispondenti campi elettromagnetici cambiano la frequenza di 50 Hz.

RIFERIMENTI NORMATIVI

Normative nazionali ed internazionali

Un aiuto concreto per la mitigazione del problema delle interferenze elettromagnetiche giunge dalle normative nazionali e internazionali in materia.

Le norme a cui si è fatto riferimento in questo Studio sono:

- Direttiva 2004/108/CE del Parlamento europeo e del Consiglio
- Legge n. 36 del 22 febbraio 2001 sulla tutela della salute dei lavoratori dai campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza da 0Hz a 300 GHz
- Direttiva europea 2013/35/CE attuata mediante D.Lgs. 1 Agosto 2016 n. 159 sulle “disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all’esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici)”
- Testo Unico sulla sicurezza del 9 aprile 2008 n. 81 che regola e tutela la salute e sicurezza dei lavoratori sui luoghi di lavoro.
- 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).
- Decreto Interministeriale n.449/88. Approvazione nelle norme tecniche per la progettazione, l’esecuzione e l’esercizio delle linee elettriche aeree esterne.
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 16 gennaio 1991. Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne
- Legge Regionale n. 25 del 09.10.08 “Norme in materia di autorizzazione alla costruzione ed esercizio di linee e impianti elettrici con tensione non superiore a 150.000 Volt”.
- 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.

MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE DAI CAMPI ELETTROMAGNETICI

Tra le soluzioni tecniche e le misure preventive previste per la riduzione dei problemi di esposizione a campi elettromagnetici, c'è l'adozione di linee elettriche a cavo interrato, ma poiché si riscontrano ancora problemi sia tecnici che economici (in particolare per le linee ad altissima tensione), l'utilizzo dei cavi interrati è ancora molto limitato, ed interessa in prevalenza le linee per le basse e le medie tensioni. Si sta comunque iniziando a sviluppare l'impiego di cavi interrati anche per le linee ad alta tensione per 132/150 kV, o come nel caso specifico per 36 kV.

Sia il terreno che la schermatura dei cavi contribuiscono in modo efficace ad attenuare il campo elettrico, mentre per il campo magnetico il comportamento è diverso: l'induzione magnetica prodotta dai cavi assume valori apprezzabili solo vicino la zona di posa.

La possibilità di avere una induzione magnetica più bassa per la linea elettrica in cavo è dovuta alla vicinanza dei cavi stessi i quali, essendo isolati, possono essere accostati uno all'altro (cosa che non è possibile per una linea aerea). È inoltre possibile ottenere un'ulteriore riduzione disponendo i cavi non allineati normalmente tra loro, ma a triangolo.

Gli aspetti da considerare per la realizzazione di linee ad alta tensione interrate sono la potenza reattiva e i costi, che insieme limitano una maggiore diffusione dei cavi. Infatti, a parità di caratteristiche funzionali (tensioni, portata, numero delle fasi), il costo di un cavo interrato per linee ad alta tensione può variare attualmente da 3, a 6, addirittura a 10 volte in più del costo della linea aerea costituita da conduttori nudi, in quanto comprende i lavori di posa dell'impianto a terra. Questo costo elevato è dovuto al fatto che l'operazione prevede l'impiego di tecnologie innovative, per le quali non esiste ancora un mercato adeguato: per esempio per l'installazione di cavi interrati per le altissime tensioni (AAT-230 kV e 400 kV) esistono cavi ad olio fluido, mentre sono allo studio e alla sperimentazione cavi con isolamento estruso.

Tra le altre soluzioni proposte meritano particolare attenzione, soprattutto dal punto di vista della intensità dei campi al suolo, le cosiddette linee aeree compatte, nelle quali i conduttori sono molto più ravvicinati rispetto agli elettrodotti tradizionali grazie all'utilizzazione di mensole di sostegno isolanti: questo tipo di soluzione permette sia un'intensità di campi al suolo minore rispetto a quelli generati dalle linee tradizionali, sia un minore impatto visivo grazie alle loro dimensioni ridotte, con vantaggi quindi per l'ambiente anche dal punto di vista paesaggistico. Anche in questo caso però si tratta di strutture il cui impiego presenta degli inconvenienti, quali un costo superiore rispetto agli impianti tradizionali, un infittimento dei sostegni e una non facile attuazione.

Ultimamente si cominciano ad applicare anche soluzioni destinate a risolvere casi particolari, come dimostra il caso di E-Distribuzione, che utilizza da diverso tempo il cavo aereo per le linee a bassa

tensione (BT) al posto delle linee in conduttori nudi, iniziandone allo stesso tempo la sperimentazione per le linee a media tensione (MT). Si ha una riduzione del campo elettrico grazie alla guaina che circonda ciascun conduttore ed all'effetto diretto della schermatura, oltre ad una riduzione del campo magnetico dovuta al fatto che gli stessi conduttori possono essere molto ravvicinati tra loro, senza che un loro eventuale contatto crei dei problemi. Per quanto riguarda il ricorso ai cavi aerei per le linee ad alta tensione (132/150 kV) non è per ora possibile attuarlo sia per motivi economici (in quanto costo e dimensioni del cavo isolato sono di molte volte superiori a quelle del conduttore nudo a causa dell'elevato spessore dell'isolante) che per motivi tecnici (la potenza capacitiva prodotta dal cavo è troppo elevata e impedisce la trasmissione della potenza attiva). Sono in fase di sperimentazione anche altre soluzioni tecniche che permettono di intervenire su impianti preesistenti, quali:

- Avvicinamento l'uno all'altro dei conduttori esistenti grazie all'impiego degli avvicinatori di fase;
- Impiego di schermi attivi in grado di abbattere efficacemente il campo in una vasta zona attorno ad esso.

Un'altra tecnica di prevenzione è quella che prevede l'istituzione delle cosiddette fasce di rispetto, le quali sono dei tracciati particolari che possono essere previsti in fase di progetto qualora si dovessero continuare ad usare elettrodi con conduttori nudi, e che garantiscono nel tempo il

rispetto degli idonei limiti di distanza dalle abitazioni e dagli altri luoghi di permanenza prolungata. In questo modo si avrebbe un'esposizione ai campi elettromagnetici trascurabile.

A questo proposito si possono definire delle distanze indicative oltre le quali il livello di campo magnetico risulta inferiore a $3 \mu\text{T}$ (valore fissato come obiettivo di qualità dall'art. 4 della L. 36/2001), valore al di sopra del quale viene attualmente indicata l'esistenza di un possibile rischio per la salute degli individui esposti. Tenendo conto che in genere il carico presente su di una linea elettrica è quasi sempre inferiore a quello massimo previsto (eventi eccezionali a parte) e che i conduttori sono posti ad un'altezza maggiore rispetto a quella minima prevista dalle normative vigenti per motivi di sicurezza, le distanze calcolate possono essere ulteriormente ridotte:

- Linea 380 kV oltre 50-70 metri;
- Linea 220 kV oltre 30-50 metri;
- Linea 132 kV oltre 20-30 metri;
- Linea 115 kV oltre 5-10 metri.

Riguardo alle linee elettriche preesistenti, è molto importante pianificare interventi di riduzione dei livelli di esposizione utilizzando le tecnologie disponibili, quali cavo interrato, cavo aereo, linea compatta, che potranno essere adottate in situazioni particolari (per esempio quando una linea elettrica attraversa una zona ad alta densità di popolazione, o passa sopra una scuola, o un asilo, o sopra altre aree destinate all'infanzia), e dopo avere verificato il livello di campo magnetico presente. A tale scopo deve essere

definita una procedura che preveda l'avvio di campagne di monitoraggio allo scopo di ottenere una corretta valutazione dei livelli di esposizione. Altre soluzioni che prevedono lo spostamento della linea e dell'edificio, pur essendo senz'altro risolutive, appaiono inattuabili, soprattutto per il costo eccessivo che graverebbe sulla comunità.

Per l'impianto fotovoltaico in oggetto e per l'elettrodotto a 36 kV è prevista quindi la posa interrata, ove possibile.

Un altro problema di produzione di campi elettromagnetici è dato:

- 1. Stazioni di trasformazioni.** Anche se il campo elettromagnetico rilevabile all'interno delle stazioni di trasformazione è soprattutto un problema dei lavoratori (che andrebbero comunque adeguatamente tutelati), queste non dovrebbero essere dislocate né in prossimità né all'interno di aree urbane. Per gli impianti già esistenti, l'unica soluzione adottabile nel caso si trovino vicino ad abitazioni per ottenere la riduzione dell'esposizione, causata soprattutto dalle linee in entrata ed in uscita, potrebbe essere quella di spostarli ad una distanza maggiore o sostituire le linee aeree collegate all'impianto con cavi interrati;
- 2. Cabine di trasformazione.** Le nuove cabine di trasformazione elettrica media tensione/bassa tensione (MT/BT) non dovrebbero essere poste all'interno di edifici. Infatti, anche se l'esposizione al campo elettromagnetico emesso dalle cabine interessa in genere solo gli abitanti del locale posto al di sopra dell'installazione, non sono ancora disponibili misure adeguate di schermatura.

Nel caso in cui sia prevista l'installazione di cabine secondarie in prossimità di aree o edifici adibiti alla permanenza della popolazione, in particolar modo di quella infantile (quali parchi, giardini, asili, scuole), le installazioni dovrebbero essere provviste anche di una recinzione.

Per l'impianto fotovoltaico e le cabine di trasformazione saranno ubicate in aree non urbane e comunque a distanza da eventuali edifici residenziali isolati, non inferiore a quella di sicurezza sopra esposta.

VALUTAZIONE PREVISIONALE DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI

Nel presente paragrafo si affronta la problematica della eventuale presenza di un campo elettromagnetico generato dall'attività del futuro impianto. Per le centrali fotovoltaiche, tale impatto è legato alla presenza di cabine di trasformazione, cavi elettrici, dispositivi elettronici ed elettromeccanici installati nelle aree d'impianto (per la valutazione dell'eventuale contributo che tali sorgenti possono dare ai campi elettromagnetici al di fuori di tale area) e soprattutto alla presenza del cavo interrato di connessione a 36 kV che avrà il compito di connettere tra di loro le cabine di trasformazione dei sottocampi dell'impianto fotovoltaico. Il livello di emissioni elettromagnetiche deve essere conforme con la Legge n. 36, del 22 Febbraio 2001 che fissa i valori limite di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute della popolazione e dei lavoratori. Il valore di attenzione si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti; l'obiettivo di qualità si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti.

Il D.P.C.M. dell'8 luglio 2003 disciplina, a livello nazionale, in materia di esposizione della popolazione ai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (50 Hz) generati dagli elettrodotti, fissando:

- i limiti per il campo elettrico (5 kV/m);
- i limiti per l'induzione magnetica (100 μ T);
- i valori di attenzione (10 μ T) e gli obiettivi di qualità (3 μ T) per l'induzione magnetica da intendersi come mediana nelle 24 ore in normali condizioni di esercizio.

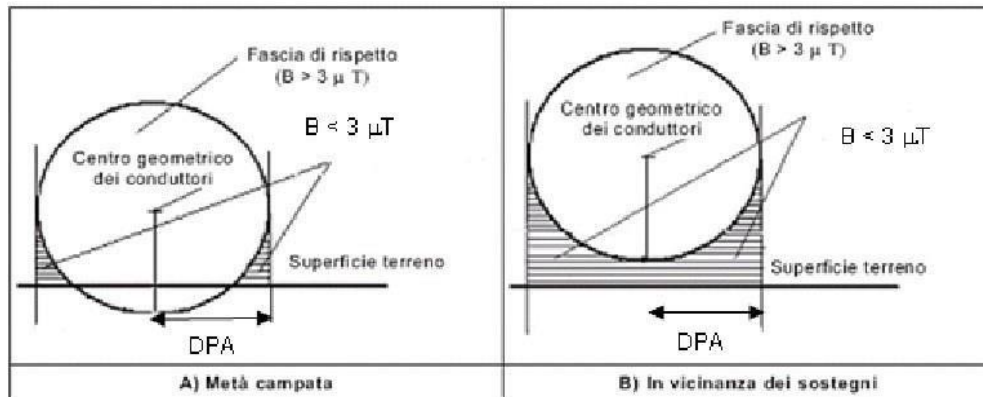
Inoltre, il DPCM 8 luglio 2003 all'art. 6, in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti). Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

Si riportano le seguenti definizioni:

- **Distanza di Prima Approssimazione (DPA):** per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo è distinta dalla proiezione del centro linea più della DPA si trovi all'esterno

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

- Fascia di rispetto:** lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità ($3 \mu\text{T}$). Come prescritto dall'articolo 4, c. 1 lettera h) della Legge n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita permanenza maggiore alle quattro ore.



OPERE DA REALIZZARE E ASSOGGETTAMENTO AL DM 29.05.08

In particolare ai fini di valutare l'impatto elettromagnetico generato dagli impianti elettrici funzionali al parco fotovoltaico in progetto si focalizza l'attenzione sulla eventuale produzione di campi generati alle basse frequenze (50 Hz) di origine artificiale dovuti esclusivamente alla generazione, trasmissione e alla distribuzione ed uso dell'energia elettrica prodotta. Si precisa che i campi da considerare sono limitati:

- ai moduli fotovoltaici;
- alle unità di conversione e trasformazione
- alla cabina di trasformazione;
- agli elettrodotti a 36kV per l'interconnessione delle cabine dei sottocampi;

Ovviamente nella fase di cantierizzazione e di dismissione dell'impianto, poiché le apparecchiature sono disalimentate non vi sono campi elettromagnetici e quindi non vi è esposizione.

I rischi eventuali sono limitati alla fase di esercizio. Si specifica inoltre che per i moduli fotovoltaici e relativi cablaggi in corrente continua si può stabilire che i limiti di riferimento dei valori di campo siano rispettati in quanto:

- la sezione di impianto analizzata funziona in corrente continua, ovvero a frequenza nulla;
- come richiesto per una buona esecuzione delle opere i cavi con diversa polarizzazione saranno posti a contatto, annullando la produzione di campi magnetici statici in punti esterni;
- gli unici cavi in CC interessati da un valore di corrente significativo saranno relativi alle dorsali principali. Tali dorsali saranno posizionate tra le file di pannelli e quindi distanti dai confini del campo fotovoltaico., rispettano i limiti di riferimento dei valori di campo elettromagnetici

PROCEDURA DI CALCOLO ADOTTATA

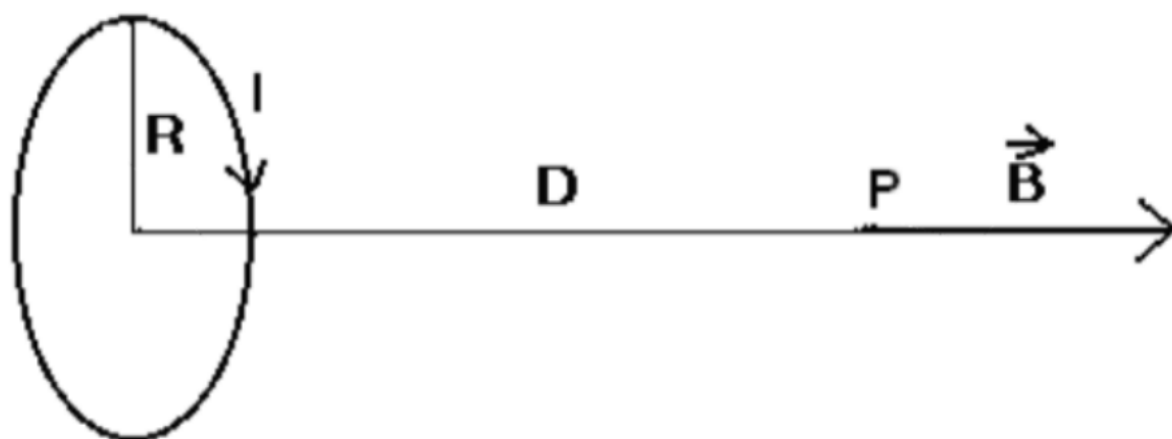
Dato che le cabine scelte non sono classificabili come standard (box con dimensioni mediamente di 4 x 2,4 m e altezze di 2,4 e 2,7 m, equipaggiati con trasformatore da 250-400-630 kVA), la procedura di calcolo prescritta dal DM 29/05/2008, in prima analisi, non può essere applicata.

Le sorgenti di campo presenti all'interno delle cabine sono di diverso tipo, alcune semplici da analizzare, altre di più difficile rappresentazione. Tuttavia, ai fini della valutazione delle emissioni generate durante l'esercizio dalle apparecchiature ivi contenute, sono state considerate alcune configurazioni elementari, in cui scomporre idealmente l'impianto, a mezzo delle quali è possibile definire i principali parametri elettrici e geometrici da cui dipende il campo magnetico generato da un impianto reale.

Le configurazioni elementari prese in considerazione sono le seguenti:

- la “sorgente puntiforme” cioè di piccole dimensioni rispetto alle distanze di interesse, schematizzata a mezzo di una spira circolare percorsa da corrente;

Una sorgente di campo magnetico può essere considerata puntiforme quando le dimensioni del suo circuito elettrico sono piccole se paragonate alla distanza tra la sorgente e la regione di spazio in cui si considera il campo. Una sorgente puntiforme può essere schematizzata con una spira di raggio R (m) percorsa da una corrente I (A):



A frequenza industriale (50 Hz) ai fini del calcolo del campo magnetico generato dalla spira, si può ricorrere alla legge di Biot e Savart, la quale porta alla seguente formula analitica per l'induzione magnetica B (T) nel punto P alla distanza D (m) dal centro della spira lungo l'asse passante per tale centro e ortogonale al piano della spira:

$$B(\mu T) = \frac{\pi}{5} \cdot \frac{I \cdot R^2}{D^3}$$

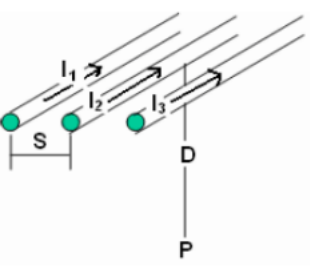
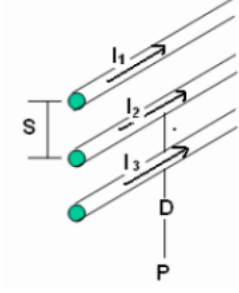
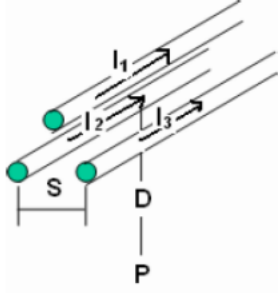
dove:

- R è il raggio della spira (m);
- I è la corrente che la percorre (A);
- D è la distanza dal punto di esplorazione (m).

- la “sorgente sistema di conduttori” costituita da conduttori paralleli singoli, in coppia e in terna.

La sorgente puntiforme intende simulare apparecchiature o componenti di apparecchiature, mentre il sistema di conduttori in diverse configurazioni rappresenta i diversi tipi di percorsi di conduttori e cavi presenti nell’impianto.

Le sorgenti filiformi rettilinei che si riscontrano in una cabina elettrica di trasformazione sono fondamentalmente sistemi trifase di conduttori percorsi da un sistema di correnti normalmente equilibrato. Per una linea trifase percorsa da un sistema di correnti equilibrato, l’intensità del campo magnetico ad una distanza D dal centro di tale sistema può essere calcolato con le formule approssimate di seguito riportate:

a) Terna trifase di conduttori in piano	b) Terna trifase di conduttori in verticale	c) Terna trifase di conduttori a triangolo
		
$B(\mu T) = 0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{I S}{D D}$		$B(\mu T) = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{I S}{D D}$

INDIVIDUAZIONE DELLE SORGENTI DI EMISSIONE E CALCOLO DELLA DPA

Ai fini del calcolo delle Distanze di Prima Approssimazione delle cabine elettriche di conversione e trasformazione, è necessario individuare le sorgenti di emissione presenti all'interno delle stesse. Il layout di cabina, prevede la presenza delle apparecchiature di seguito elencate:

- quadri elettrici di bassa tensione;
- trasformatori di potenza;
- quadro elettrico a 36 kV;
- cavi elettrici di BT;
- cavi elettrici a 36 Kv.

La distribuzione delle utenze soprariportate sono descritte meglio negli elaborati allegati alla presente relazione.

Considerando che l'impianto verrà esercito in corrente alternata a frequenza industriale, ciascuna delle sorgenti di emissione verrà percorsa da un sistema trifase di corrente supposte equilibrate:

$$i_1(t) = I_{\max} \text{ sen } \omega t$$

$$i_2(t) = I_{\max} \text{ sen } (\omega t - 120^\circ)$$

$$i_3(t) = I_{\max} \text{ sen } (\omega t - 240^\circ)$$

dove i valori efficaci delle correnti considerate ai fini del calcolo sono quelli di seguito riportati:

Quadri elettrici di bassa tensione

Corrente nominale = 2286 A

Cavi elettrici di bassa tensione

Corrente nominale = 2286 A

Trasformatori di potenza

Corrente nominale = 2286 A

Quadro elettrico 36 kV

Corrente nominale = 51 A

Cavi elettrici a 36 kV

Corrente nominale = 51 A

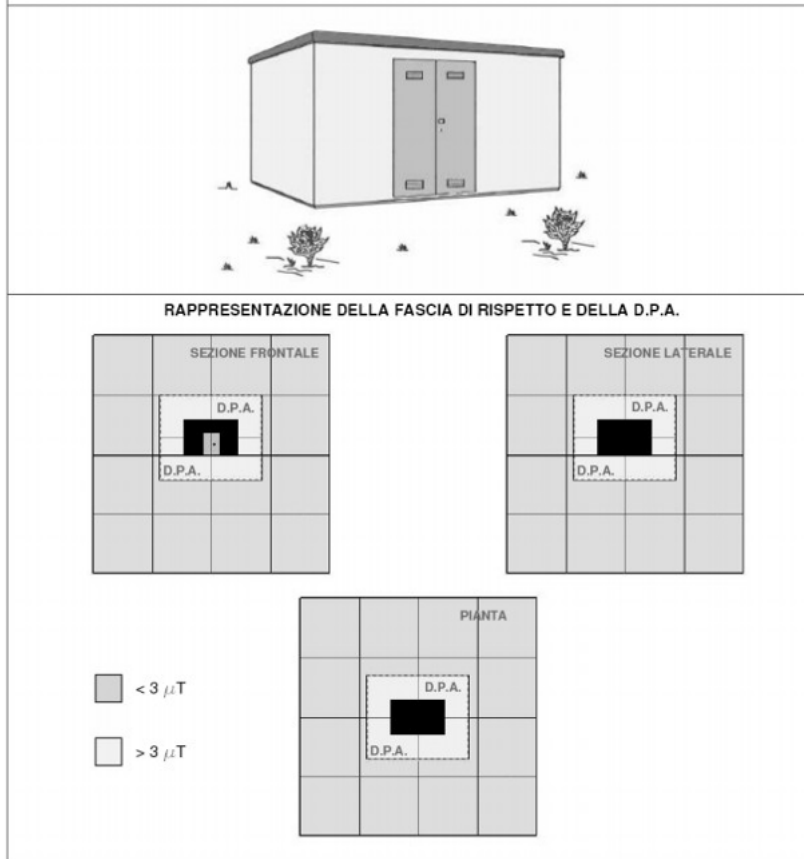
ATTENZIONE: i valori soprariportati sono riferiti alle condizioni di massimo esercizio.

Per la valutazione del campo magnetico generato durante l'esercizio, i trasformatori di potenza e i quadri elettrici, sono stati schematizzati a mezzo di una "sorgente puntiforme", mentre i cavi elettrici di base tensione e a 36 kV sono stati assimilati a delle "sorgenti filiformi" (terna trifase di conduttori disposti in piano) e, per tenere conto della contemporanea presenza di più sorgenti, è stato applicato il "principio di sovrapposizione degli effetti".

Applicando il procedimento sopra descritto, è stata determinata la "Distanza di Prima Approssimazione" ovvero la distanza in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa, oltre la quale l'induzione magnetica assume valori inferiori all'obiettivo di qualità fissato dal D.P.C.M. 8 luglio 2003 pari a $3\mu\text{T}$:

DPA = 15m

Sarà quindi previsto il mantenimento delle fasce di rispetto calcolate nello specifico non saranno perciò presenti recettori e le cabine di trasformazione e smistamento non saranno installate all'interno dell'area di impianto dove non sono previste attività che comportino una permanenza superiore alle 4ore, come da normativa.



COMPATIBILITÀ E.M. DELLE LINEE A 36kV DI COLLEGAMENTO TRA LE CABINE DI CAMPO.

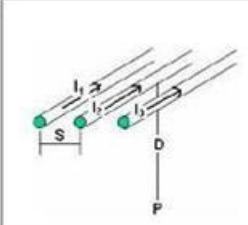
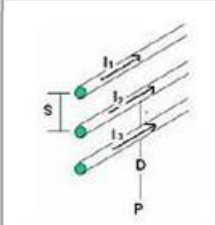
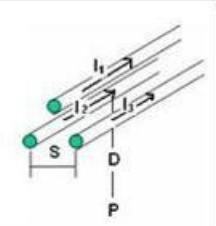
Le linee di collegamento interne a 36kV saranno interrato ad una profondità di 1,4m rispetto il piano campagna.

Con riferimento alla Norma CEI 106-12, il campo magnetico indotto può essere stimato sulla basedelle formule semplificate riportate in Figura. Dove:

I è la corrente circolante nel conduttore espressa in ampere [A]

S è la distanza tra le fasi, che in analogia a quanto previsto dal DM 29/05/2008 può essere considerata pari al diametro esterno dei cavi (conduttore + isolante)

D è la distanza del punto nel quale si desidera valutare il valore di campo magnetico indotto.

a) Terna trifase di conduttori in piano	b) Terna trifase di conduttori in verticale	c) Terna trifase di conduttori a triangolo
		
$B(\mu T) = 0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{I S}{D D}$		$B(\mu T) = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{I S}{D D}$

Dato che si prevede l'utilizzo di una terna di cavi tipo RG16H1OR12 3(1x240) - Uo/U 26/45kV, i quali sono percorsi da una corrente massima pari a 335 A (considerando a pieno regime ogni singolo trasformatore). Il valore obiettivo di qualità pari a 3 μT viene raggiunto ad una profondità di circa 1,2 m di profondità; pertanto essendo l'elettrodotto interrato a circa 1,4 m di profondità dal piano campagna si può concludere che l'impatto elettromagnetico indotto dai cavi a 36kV è ridotto sotto il valore di soglia di 3 μT . Si inoltre evidenzia che le aree di percorrenza dei cavidotti non prevedono la permanenza stabile di persone per oltre 4 ore etanto meno la realizzazione di edifici.

La profondità minima di 1,4m sarà imposta per tutti i tratti di cavo a 36kV che interessano il campo fotovoltaico.

PRESENZA DI PERSONE NELL'IMPIANTO

L'impianto in progetto verrà gestito a distanza e non richiede presenza costante di personale negli edifici durante il normale funzionamento.

Gli impianti delle apparecchiature elettromeccaniche saranno conformi alle normative in vigore in termini di protezione ed emissione di campi elettromagnetici. Non saranno presenti apparecchiature che introducono problematiche particolari in termini di emissione di onde elettromagnetiche e/o radiazioni non ionizzanti.

Il personale sarà presente solo saltuariamente per controlli e quindi con permanenze limitate. Non saranno previsti interventi che comportino una permanenza superiore alle 4 ore.

La manutenzione che potrebbe esporre il personale a campi elettromagnetici riguardano le unità di conversione e trasformazione. Nella quasi totalità dei casi la manutenzione nella parte di produzione e trasformazione, avviene fuori con gli impianti in sicurezza, quindi in assenza di tensione e corrente e quindi anche in assenza di campi elettromagnetici.

In conclusione, per quanto sopra esposto, il personale non sarà esposto a rischi specifici.

CONCLUSIONE

La presente relazione ha valutato gli impatti dovuti all'inquinamento elettromagnetico, con individuazione delle fasce di rispetto, per gli elementi dell'impianto fotovoltaico in progetto.

L'impianto fotovoltaico presenta sezioni funzionanti in corrente continua e in corrente alternata, con tensioni nominali non superiore a 800 V in C.A. e 1500 V in C.C per le sezioni in Bassa Tensione. Le parti di impianto, assoggettabili al DM 29.05.08 sono costituite da:

- moduli fotovoltaici;
- unità di conversione e trasformazione denominate power stations all'interno del parco fotovoltaico;
- cabina di smistamento;
- elettrodotti di connessione tra la cabina di trasformazione e la rete nazionale;

I risultati ottenuti del calcolo delle fasce di rispetto sono i seguenti:

- Per i moduli fotovoltaici non è necessario assumere alcuna DPA in quanto gli elettrodotti sono in corrente continua;
- Nel caso delle unità di conversione CC/CA (inverter) non è necessario assumere alcuna DPA in quanto le apparecchiature scelte sono dotate delle opportune certificazioni di compatibilità elettromagnetica;
- Nel caso delle unità di trasformazione 36/0,8 kV, la DPA si può assumere pari a 15m;
- Per le linee a 36kV relative alle connessioni tra le cabine di sottocampo non è necessario assumere alcuna DPA in quanto gli obiettivi di qualità per l'induzione magnetica, grazie al potere schermante del terreno, vengono raggiunti ad una distanza inferiore alla profondità di posa del cavidotto interrato;
- Non sono previste attività che comportino una permanenza prolungata di persone oltre le quattro ore giornaliere all'interno delle DPA sopra elencate;
- Entro le distanze DPA sopra riportate non sono presenti recettori.
- gli insediamenti presenti nell'area interessata dall'impianto fotovoltaico si trovano tutti a distanze superiori alle fasce di rispetto sopra indicate.

Si può affermare che non si prevedono effetti elettromagnetici dannosi per l'ambiente o la popolazione derivanti dalla realizzazione dell'impianto.

Arezzo, 22/12/2023