



**REGIONE CAMPANIA
PROVINCIA DI BENEVENTO
COMUNE DI BENEVENTO**



PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRI VOLTAICO DELLA POTENZA DI PICCO IN DC PARI A 48.48 MWp E MASSIMA IN IMMISSIONE IN AC PARI A 40 MW NEL COMUNE DI BENEVENTO (BN) E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE CEM

Titolo elaborato

Committente



Sviluppo



Progettazione



Firme



FSPREL002

FSPREL002-PDF_Relazione CEM

/

A4

Cod. elaborato

Nome file

Scala

Formato

Rev.	Data	Oggetto revisione	Redatto	Verificato	Approvato
00	22.07.23	Emissione	Archetipo	Archetipo	Archetipo

INDICE

1	INTRODUZIONE	2
2	LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO.....	7
3	VERIFICA LIMITI L. 36/01 E RELATIVI DECRETI ATTUATIVI.....	7
3.1	Metodologia di calcolo	10
3.2	Fonti di emissione.....	11
3.3	Campo elettromagnetico generato dagli elettrodotti MT- DPA	11
3.3.1	Cavi Unipolari di sezione fino a 630 mm ²	12
3.4	Campo elettromagnetico generato dalla SSE Utente	15
4	VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CEM (LEGGE 159/16).....	16
4.1	Individuazione dei lavoratori che possono essere esposti ai CEM	17
4.2	Normativa di riferimento per le valutazioni di rischio per la salute derivante da esposizione a campi elettrici e magnetici a frequenza industriale.....	17
4.2.1	Linee guida ICNIRP	18
4.2.2	Il D.Lgs. 81/08.....	19
4.3	Valutazioni di rischio per la salute derivante da esposizione a campi elettrici e magnetici a frequenza industriale.	22
4.4	Individuazione e caratterizzazione dei componenti elettrici che possono indurre il rischio per la salute derivante da esposizione a campi elettrici e magnetici a frequenza industriale.	25
4.4.1	Moduli fotovoltaici.....	25
4.4.2	Inverter	25
4.4.3	Linee elettriche in corrente alternata interne al parco agrovoltaico	26
4.4.4	Linee elettriche in corrente alternata esterne al parco agrovoltaico per il collegamento alla RTN.....	26
4.4.5	Cabine di conversione (Inverter station)	26
4.4.6	Cabina elettrica di consegna e sezionamento	27
4.5	Valutazione preliminare del rischio per i lavoratori.....	27
5	CONCLUSIONI.....	28
6	ALLEGATI.....	29

1 INTRODUZIONE

Scopo del presente documento è quello di descrivere e valutare le emissioni elettromagnetiche associate alle infrastrutture elettriche presenti nell'impianto agrovoltaiico a terra, sito in Località Contrada Francavilla, nel comune di Benevento, oltre alla realizzazione delle opere ad esso connesse e relative ad un elettrodotto interrato in MT, sito nel comune di Benevento (BN), nonché la realizzazione di uno stallo per la connessione dell'impianto in questione alla sottostazione elettrica e da lì alla rete elettrica in AT, quest'ultima situata a circa 2,5 km dall'impianto lungo la S.S. 212 nel comune di Benevento.

La valutazione delle emissioni elettromagnetiche verrà condotta con la finalità sia della verifica del rispetto dei limiti della legge n.36/2001 "Legge *quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici*" e dei relativi Decreti attuativi, sia del D. Lgs. 159/16 "Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (*campi elettromagnetici*) e che abroga la direttiva 2004/40/CE".

Lo studio di impatto elettromagnetico si rende necessario al fine di una valutazione dei potenziali effetti derivanti dall'esposizione a campi elettrici e magnetici nei riguardi dei lavoratori presenti all'interno dell'impianto e della popolazione che si trova in prossimità dell'impianto ed opere connesse che potenzialmente potrebbe essere sottoposta ad emissioni elettromagnetiche.

Per le opere in progetto che sono oggetto della presente relazione specialistica studio, si rimanda agli elaborati del progetto definitivo, di seguito se ne riportano le parti utili ai fini della presente relazione.

Oggetto della presente Relazione è la realizzazione di un impianto agrovoltaiico a terra della potenza di **48,481 MW** e opere ad esso connesse nel comune di Benevento, realizzazione di un elettrodotto interrato in Media Tensione a servizio dell'impianto agrovoltaiico, ricadente nel comune di Benevento e, infine, l'adeguamento della sottostazione elettrica a 30/150 kV mediante la realizzazione di un nuovo stallo per la connessione dell'impianto agrovoltaiico alla rete elettrica esistente in alta tensione, sita quest'ultima lungo la strada S.S. 212, nel comune di Benevento.

Le opere oggetto di studio sono evidenziate in fig.1.1 e comprendono l'installazione dell'impianto agrovoltaiico e il tracciato dell'elettrodotto fino al punto di consegna.



In tab. 1 è riportata la scheda tecnica dell'impianto per quanto concerne i moduli con inseguitore monoassiale, in tab. 2 è riportata la scheda tecnica dell'impianto per quanto concerne i moduli fissi:

Tab. 1 – Scheda tecnica della porzione di impianto con inseguitori monoassiali

Project summary					
Geographical Site		Situation		Project settings	
Benevento		Latitude	41.13 °N	Albedo	0.20
Italy		Longitude	14.78 °E		
		Altitude	151 m		
		Time zone	UTC		
Meteo data					
Benevento					
SolarGIS Monthly aver. , period not spec. - Synthetic					
System summary					
Grid-Connected System		Tracking system with backtracking			
PV Field Orientation		Tracking algorithm		Near Shadings	
Orientation		Tracking algorithm		Linear shadings	
Tracking plane, horizontal N-S axis		Irradiance optimization		Diffuse shading Automatic	
Avg axis azim. 0 °		Backtracking activated			
System information					
PV Array					
Nb. of modules	64324 units	Inverters		Nb. of units	21 units
Pnom total	44.71 MWp			Pnom total	42.90 MWac
				Pnom ratio	1.042
User's needs					
Unlimited load (grid)					
Results summary					
Produced Energy	78886324 kWh/year	Specific production	1765 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	88.89 %
Table of contents					
Project and results summary					2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses					3
Near shading definition - Iso-shadings diagram					7
Main results					8
Loss diagram					9
Predef. graphs					10
Single-line diagram					11

Tab. 2 - Scheda tecnica della porzione di impianto con moduli fissi

Project summary					
Geographical Site		Situation		Project settings	
Benevento		Latitude	41.13 °N	Albedo	0.20
Italy		Longitude	14.78 °E		
		Altitude	151 m		
		Time zone	UTC		
Meteo data					
Benevento					
SolarGIS Monthly aver. , period not spec. - Synthetic					

System summary					
Grid-Connected System		Sheds on ground		User's needs	
PV Field Orientation		Near Shadings		Unlimited load (grid)	
Fixed plane		Linear shadings			
Tilt/Azimuth	25 / 0 °				
System information					
PV Array					
Nb. of modules		5434 units		Inverters	
Pnom total		3777 kWp		Nb. of units	3 units
				Pnom total	3300 kWac
				Pnom ratio	1.144

Results summary					
Produced Energy	5768302 kWh/year	Specific production	1527 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	86.24 %

Table of contents	
Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Near shading definition - Iso-shadings diagram	5
Main results	6
Loss diagram	7
Predef. graphs	8
Single-line diagram	9

L'impianto è suddiviso in quattordici sottocampi che alimentano tredici inverter. Gli inverter sono modulari, ossia si compongono di moduli da 1100 kVA, pertanto, in relazione all'estensione del campo si configurano tre soluzioni da 1100 kVA, 3300 kVA e 4400 kVA. Ogni inverter è dotato di un trasformatore 0.4/30 kV dal quale originano le linee in media tensione, le quali sono raccolte in cinque cabine di parallelo. La connessione delle cabine è realizzata in successione seguendo uno schema entra-esci. Infine, l'arrivo alla Stazione Elettrica (SE) della RTN è realizzato a partire da una cabina generale di media tensione "QG-MT" nella quale confluiscono le linee di media tensione delle cabine di parallelo, passando per la Sottostazione Elettrica Utente (SSU) nella quale il livello di tensione viene adeguato da 30 kV a 150 kV.

In figura 1.2 è riportata una rappresentazione schematica dei quattordici sottocampi, delle cabine di parallelo e della cabina generale.

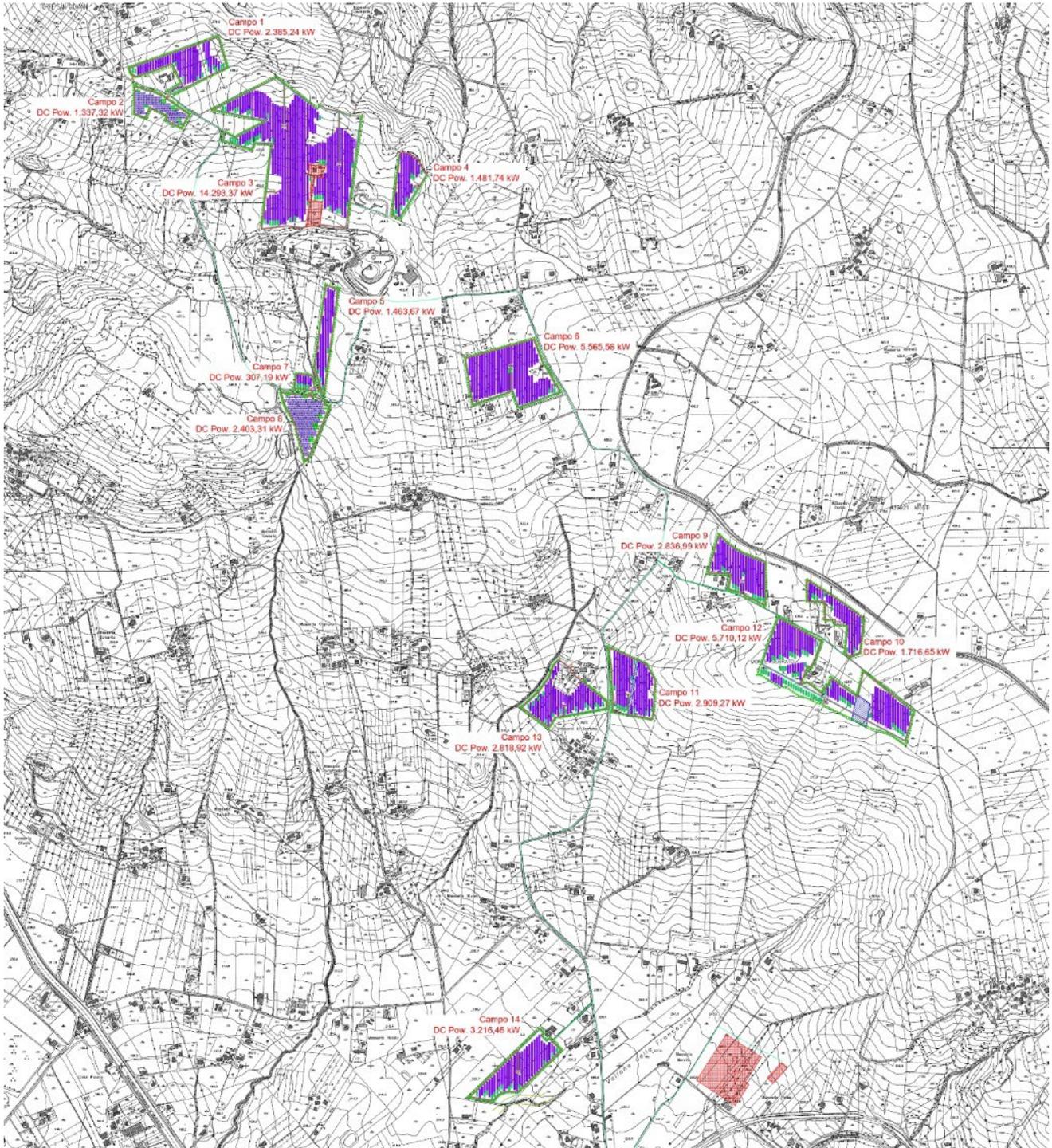


Fig. 1.2 – Inquadramento layout catastali

La modalità di connessione alla RTN prevista per l'impianto agrovoltaiico in questione è quella mediante inserimento in antenna alla tensione di 30 kV da realizzarsi con nuovo stallo nella Stazione Elettrica (SE) di Benevento della RTN. Il collegamento si attesterà poi alle sbarre 150 kV mediante connessione entra-escei.

Presso la SE di Benevento si configura quindi il punto di connessione in alta tensione dove sarà anche presente il trasformatore elevatore 150/380 kV, le relative protezioni di alta tensione ed esternamente i locali di media tensione con gli scomparti idonei per l'adeguamento della tensione da 30 kV a 150 kV. In fig. 1.3 sono evidenziate l'ubicazione delle stazioni elettriche SE e SSU e i percorsi delle linee di MT e AT.



Fig.1.3 - Percorso linea MT da QG-MT a SSU e percorso linea AT da SSU a SE Benevento

2 LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO

- Legge 36/2001: “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”;
- DPCM 08/07/03: “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalla esposizione dei campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”;
- Decreto 29/5/2008 del 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”;
- D.Lgs 01/08/2016 n°159 - Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE
- Norma CEI 211-4: “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”;
- Guida 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”;
- Norme CEI CT 11 (impianti a tensione superiore a 1 kV);
- E-Distribuzione: Linea guida per l’applicazione del § 5.1.3 dell’Allegato al DM 29/05/08 – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche;
- E-Distribuzione: Guida per le connessioni alla rete elettrica di ENEL distribuzione – Ed. 5. Marzo 2015.

3 VERIFICA LIMITI L. 36/01 E RELATIVI DECRETI ATTUATIVI

Ai fini di protezione della popolazione dall’esposizione ai campi elettrici e magnetici, il D.P.C.M. 8 luglio 2003 fissa i limiti di esposizione e valori di attenzione relativi a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento ed all’esercizio di linee e cabine elettriche. Si riporta di seguito uno stralcio degli articoli di particolare rilevanza per la corrente analisi:

Art. 3. Limiti di esposizione e valori di attenzione

1. *Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.*
2. *A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.*

Art. 4. Obiettivi di qualità

1. Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$ per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Il valore di attenzione si riferisce quindi 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 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 D.M. 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. La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti prevede una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA) nel rispetto dell'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$ del campo magnetico (art. 4 del DPCM 8 luglio 2003), si applica nel caso di realizzazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati. Di seguito, si riportano alcune definizioni utili per lo scopo della presente relazione.

Fascia di rispetto: Spazio circostante un elettrodotto (Figura 3.1) che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, con induzione magnetica \geq all'obiettivo di qualità ($3 \mu\text{T}$), alla portata in corrente in servizio normale come definita dalla norma CEI 11-60 (DPCM 08-07-03, art. 6 c. 1).

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

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

- obiettivo di qualità ($B = 3 \mu\text{T}$);
- portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto relativa al periodo stagionale in cui essa è più elevata (per le linee in cavo è definita dalla norma CEI 11-17)

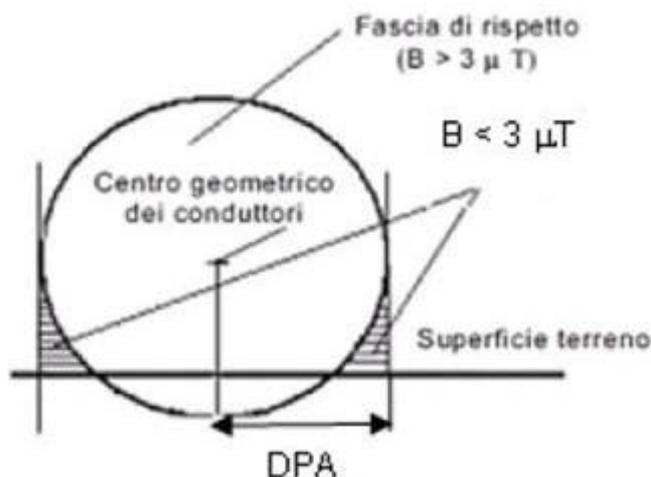


Figura 3.1- Fascia di Rispetto

Distanza di prima approssimazione (DPA): Garantisce che ogni punto distante dall'elettrodotto più di DPA si trovi all'esterno della fascia di rispetto (Figura 3.1). Per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea (rappresenta una semi-fascia). Per le cabine elettriche è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti (tetto e pavimento compresi). All'interno della DPA sono individuabili anche aree che in condizioni di esercizio normali presentano una induzione magnetica $< 3 \mu\text{T}$.

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

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

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

In definitiva, obiettivo del DPCM 08/07/03, attuativo della L. 36/01, è la tutela della popolazione dagli effetti a lungo termine dei campi elettromagnetici prodotti dagli elettrodotti. Tali provvedimenti prevedono limiti particolarmente restrittivi per il campo magnetico nelle "aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi, negli ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere".

In particolare, nei suddetti ambienti di vita, non deve essere superato:

- il limite di $10 \mu\text{T}$ (valore di attenzione) in ogni caso;
- il limite di $3 \mu\text{T}$ (obiettivo di qualità) nella progettazione di nuovi elettrodotti e di nuovi insediamenti vicino a elettrodotti esistenti.

Nel caso specifico le linee in esame interessano anche aree abitate che rientrano tra i casi indicati dal DPCM 08/07/03, per cui verranno valutate la fascia di rispetto e la DPA relative alle linee stesse. In particolare, si

valuterà la distribuzione del campo magnetico con riferimento all'obiettivo di qualità di 3 μT richiesto in occasione della realizzazione di nuovi elettrodotti.

I luoghi tutelati sopra elencati non devono rientrare all'interno della DPA.

La definizione delle DPA permette di individuare le fasce di rispetto al suolo (corridoio) indipendentemente dall'altezza/profondità di posa dei conduttori.

Nel caso in esame non sono stati individuati possibili recettori sensibili.

3.1 Metodologia di calcolo

La metodologia di calcolo qui utilizzata è basata sull'algoritmo bidimensionale normalizzato nella CEI 211-4, considerato idoneo per la maggior parte delle situazioni pratiche riscontrabili per le linee aeree e in cavo interrato.

Tale metodo, descritto nella guida CEI 106-11, alla quale si rimanda per i dettagli, è anche citato come utilizzabile nel Decreto 29/5/2008 per condizioni come quelle allo studio.

Si tratta di un modello bidimensionale che applica la legge di Biot e Savart per determinare l'induzione magnetica dovuta a ciascun conduttore percorso da corrente e quindi la legge di sovrapposizione degli effetti per determinare l'induzione magnetica totale, tenendo ovviamente conto delle fasi delle correnti, supposte simmetriche ed equilibrate.

Le formule di calcolo del campo magnetico nel generico punto P sono pertanto le seguenti, con riferimento alla fig. 4 estrapolata dalla Norma CEI 106-11 e di seguito riportata:

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}$$

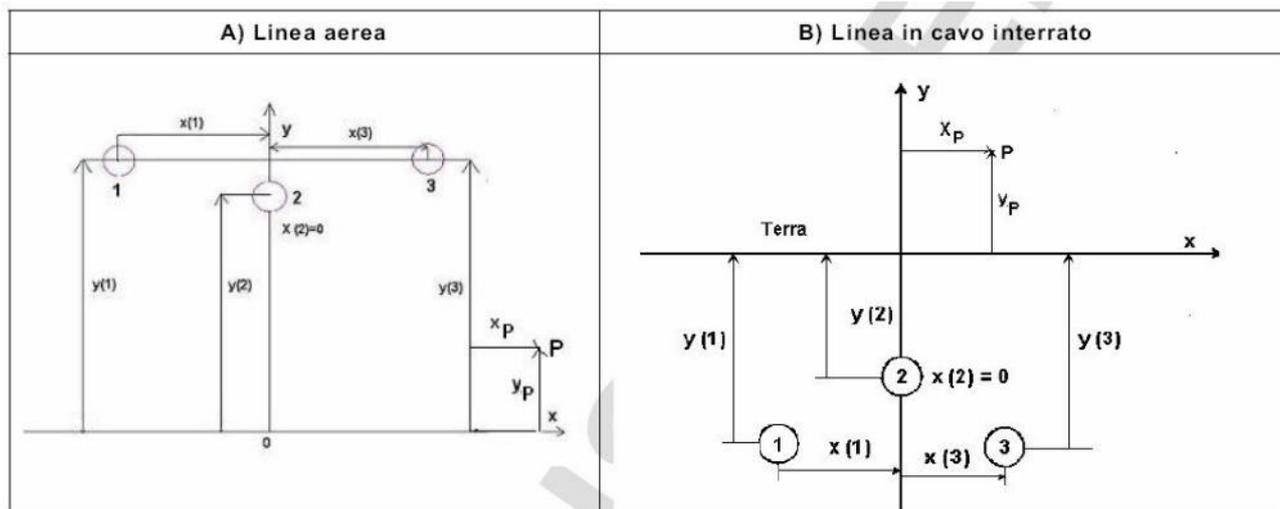
$$B_x = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[\frac{y_i - y_p}{(x_p - x_i)^2 + (y_p - y_i)^2} \right]$$

$$B_y = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[\frac{x_i - x_p}{(x_p - x_i)^2 + (y_p - y_i)^2} \right]$$

$$B_z = 0$$

con:

- i = numero di conduttori
- μ_0 = permeabilità magnetica del vuoto = $4\pi \cdot 10^{-7}$ [H/m]
- I_i = fasore della corrente [A_{eff}]



L'algoritmo è stato sviluppato con un software di calcolo commerciale. Si fornisce in appendice 1 una validazione dello stesso tramite ripetizione di un caso noto contenuto nella guida CEI 106-11.

Inoltre, costituiscono riferimento anche i casi di calcolo trattati nel documento sulle linee guida E-Distribuzione per la determinazione della DPA.

3.2 Fonti di emissione

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

In particolare, sono da considerarsi come sorgenti di campi elettromagnetici le seguenti componenti del parco agrovoltaiico:

- tutte le linee elettriche a servizio del parco:
 - elettrodotto MT di vettoriamento dell'energia prodotta dai sottocampi verso la cabina generale di connessione;
- le cabine di trasformazione primarie e secondarie;

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

Di seguito verrà data una caratterizzazione delle sorgenti appena individuate.

3.3 Campo elettromagnetico generato dagli elettrodotti MT- DPA

Quella che viene presentata in questi paragrafi è una valutazione analitica del campo magnetico generato dagli elettrodotti, basata sulle metodologie di calcolo suggerite dall'APAT (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici), approvate dal D.M. 29/05/2008, e specificate dalla norma CEI 106-11.

Per la valutazione del campo magnetico generato dall'elettrodotto occorre innanzitutto distinguere gli elettrodotti in funzione della tipologia dei cavi utilizzati.

Il progetto, infatti, prevede l'utilizzo di cavi unipolari in alluminio schermati posati a trifoglio per sezioni fino a 630 mm².

Ai fini del calcolo della DPA (Distanza di Prima Approssimazione) si omettono verifiche del campo elettrico, in quanto sarebbero determinate fasce di rispetto (calcolate in funzione del limite di esposizione, nonché valore di attenzione, pari a 5kV/m) che sono sempre inferiori a quella fornita dal calcolo dell'induzione magnetica.

Tutti i cavi interrati sono infatti dotati di schermo in rame collegato a terra, che confina il campo elettrico tra il conduttore e lo schermo stesso; considerando inoltre l'ulteriore effetto schermante del terreno, il campo elettrico è da considerarsi trascurabile in ogni punto circostante l'impianto.

Pertanto, l'obiettivo dei paragrafi successivi sarà quello di calcolare le fasce di rispetto e le relative DPA delle sovra-menzionate opere, facendo riferimento al limite di qualità di 3 μT.

3.3.1 Cavi Unipolari di sezione fino a 630 mm²

Per la valutazione del campo magnetico generato da tali elettrodotti occorre innanzitutto individuare le possibili diverse configurazioni che si presentano, nel caso in esame è presente una sola tipologia di configurazione:

Linea elettrica in cavo interrato costituita da due terne di cavi unipolari in alluminio RG7H1R 26/45 kV, eserciti a 30 kV e posati a trifoglio con sezione da 630 mm²;

Tali casistiche sono riferite alle sezioni costituite da cavi di sezione 630 mm², della tipologia RG7H1R, in quanto, per i cavi di sezioni inferiori è previsto l'utilizzo di cavi tripolari elicordati i cui campi elettromagnetici generati sono già definiti trascurabili dalla normativa.

Si procederà adesso ad una valutazione specifica del campo magnetico.

Linea elettrica in cavo interrato costituita da 2 terne cavi MT posata a trifoglio:

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

Il modello costituito, secondo quanto previsto e suggerito dalla norma CEI 211-4 cap. 4.3, tiene conto delle componenti spaziali dell'induzione magnetica, calcolate come somma del contributo delle correnti nei diversi conduttori.

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

Per quanto riguarda la corrente, il DPCM 8/07/2003 all'art.6 indica di fare riferimento alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, così come definita dalla norma CEI 11- 60, la quale regola la portata al limite termico delle linee aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV. Trattandosi nel caso specifico invece di linea interrata in media tensione (30 kV), e non potendosi fare riferimento a quanto previsto dal decreto, si è fatto riferimento alla portata in corrente in regime permanente, così come definita dalla norma CEI11-17. Sono stati quindi calcolate le distribuzioni dell'intensità del campo magnetico su piani fuori terra paralleli al suolo di altezza pari a h.

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

Profondità posa cavi [m]	1,20
Portata cavo nominale [A]	1033

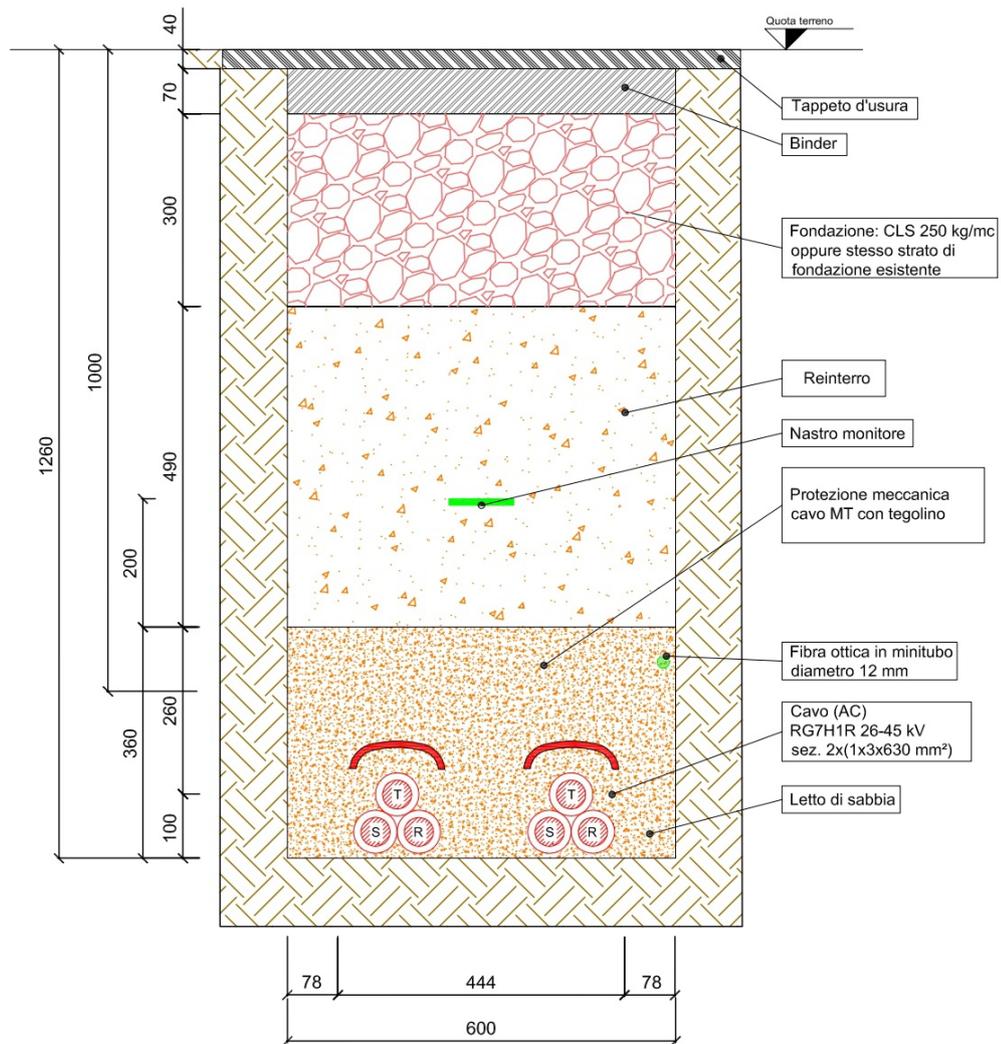
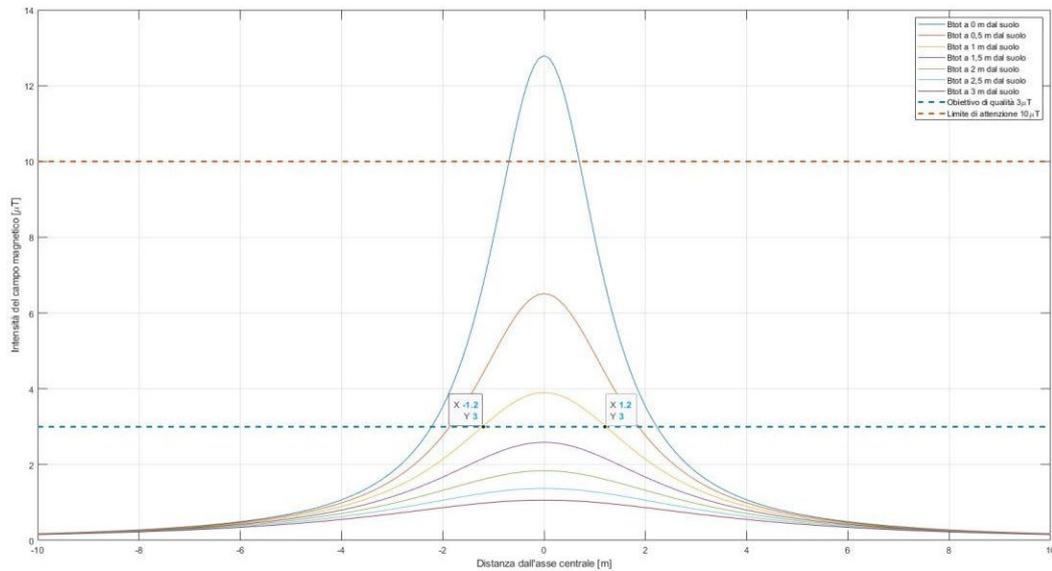


Fig. 3.3.1-1- Doppia Terna di cavi unipolari posati a trifoglio

La tabella che segue mostra i valori della distribuzione, con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.

Distanza dall'asse centrale [m]	Btot a 0 m dal suolo [μ T]	Btot a 0,5 m dal suolo [μ T]	Btot a 1 m dal suolo [μ T]	Btot a 1,5 m dal suolo [μ T]	Btot a 2 m dal suolo [μ T]	Btot a 2,5 m dal suolo [μ T]	Btot a 3 m dal suolo [μ T]
-10,00	0,182	0,179	0,176	0,172	0,167	0,162	0,157
-9,50	0,201	0,198	0,194	0,189	0,184	0,178	0,171
-9,00	0,224	0,220	0,215	0,209	0,203	0,195	0,187
-8,50	0,250	0,246	0,240	0,232	0,224	0,215	0,206
-8,00	0,282	0,276	0,269	0,259	0,249	0,238	0,227
-7,50	0,320	0,313	0,303	0,291	0,279	0,265	0,251
-7,00	0,367	0,357	0,344	0,329	0,313	0,296	0,278
-6,50	0,424	0,410	0,394	0,374	0,353	0,332	0,310
-6,00	0,495	0,477	0,454	0,429	0,402	0,374	0,346
-5,50	0,586	0,561	0,530	0,495	0,459	0,423	0,388
-5,00	0,703	0,667	0,624	0,577	0,529	0,481	0,437
-4,50	0,859	0,806	0,744	0,678	0,612	0,550	0,492
-4,00	1,072	0,991	0,898	0,803	0,712	0,629	0,555
-3,50	1,372	1,241	1,098	0,960	0,833	0,721	0,625
-3,00	1,809	1,587	1,361	1,154	0,976	0,826	0,703
-2,50	2,476	2,076	1,705	1,392	1,140	0,941	0,784
-2,00	3,537	2,770	2,146	1,673	1,323	1,062	0,867
-1,50	5,272	3,728	2,680	1,982	1,509	1,180	0,944
-1,00	7,987	4,916	3,250	2,281	1,677	1,280	1,007
-0,50	11,221	6,032	3,717	2,505	1,797	1,349	1,050
0,00	12,791	6,511	3,902	2,589	1,840	1,374	1,065
0,50	11,221	6,032	3,717	2,505	1,797	1,349	1,050
1,00	7,987	4,916	3,250	2,281	1,677	1,280	1,007
1,50	5,272	3,728	2,680	1,982	1,509	1,180	0,944
2,00	3,537	2,770	2,146	1,673	1,323	1,062	0,867
2,50	2,476	2,076	1,705	1,392	1,140	0,941	0,784
3,00	1,809	1,587	1,361	1,154	0,976	0,826	0,703
3,50	1,372	1,241	1,098	0,960	0,833	0,721	0,625
4,00	1,072	0,991	0,898	0,803	0,712	0,629	0,555
4,50	0,859	0,806	0,744	0,678	0,612	0,550	0,492
5,00	0,703	0,667	0,624	0,577	0,529	0,481	0,437
5,50	0,586	0,561	0,530	0,495	0,459	0,423	0,388
6,00	0,495	0,477	0,454	0,429	0,402	0,374	0,346
6,50	0,424	0,410	0,394	0,374	0,353	0,332	0,310
7,00	0,367	0,357	0,344	0,329	0,313	0,296	0,278
7,50	0,320	0,313	0,303	0,291	0,279	0,265	0,251
8,00	0,282	0,276	0,269	0,259	0,249	0,238	0,227
8,50	0,250	0,246	0,240	0,232	0,224	0,215	0,206
9,00	0,224	0,220	0,215	0,209	0,203	0,195	0,187
9,50	0,201	0,198	0,194	0,189	0,184	0,178	0,171
10,00	0,182	0,179	0,176	0,172	0,167	0,162	0,157

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



Ricordando che l'obiettivo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a $3 \mu\text{T}$, si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all'asse centrale ad 1m dal piano di calpestio, pari a $3,9 \mu\text{T}$, superiore all'obiettivo di qualità fissato dalla norma, ma comunque inferiore al limite di esposizione di $100 \mu\text{T}$.

Risulta quindi necessario individuare una fascia di rispetto, definita secondo la normativa citata, come la distanza sul piano orizzontale (ad altezza $h=1\text{m}$) dalla proiezione verticale della sorgente alla quale il campo elettromagnetico risulta essere inferiore all'obiettivo di qualità pari a $3 \mu\text{T}$. Utilizzando tali valori per il calcolo, la DPA risulta essere pari a circa 1,20 m, alla quale il campo residuo risulta essere pari a $3 \mu\text{T}$.

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

3.4 Campo elettromagnetico generato dalla SSE Utente

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

Con riferimento alla valutazione dei campi elettromagnetici generati dalla SSEU 30/150 kV, sono state individuate le seguenti possibili sorgenti in grado di generare un campo elettromagnetico significativo determinando dunque l'opportunità di osservare la relativa distanza di prima approssimazione (DPA):

- Sbarre AT a 150 kV in aria;
- Condutture in cavo interrato o in aria a tensione nominale 30 kV;

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

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

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

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

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

Si noti che la fascia di rispetto derivante dalle linee MT, per la configurazione particolare della stazione elettrica, ricade per intero all'interno della fascia di rispetto derivante dalle sbarre AT, pertanto non verrà rappresentata graficamente.

In particolare, tutta la fascia di rispetto ricade o all'interno dell'area di pertinenza della sottostazione, o all'interno delle adiacenti stazioni elettriche (SSE Terna e SSEU di altro produttore).

4 VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI AI CEM (LEGGE 159/16)

Nell'ambito degli obblighi del datore di lavoro dettati dal D. Lgs 81/08, vi è (art. 17 comma a)) *"la valutazione di tutti i rischi con la conseguente elaborazione del documento previsto dall'articolo 28"*, il presente documento riporta le considerazioni relative alla valutazione dei rischi dovuti dell'esposizione professionale ai campi elettromagnetici; si precisa che le considerazioni che verranno di seguito sviluppate sono con un livello di dettaglio preliminare, in quanto l'obbligo per il datore di lavoro di redigere il Documento di Valutazione dei Rischi (DVR), compreso quello per l'esposizione ai CEM, scatta *"entro novanta giorni dalla data di inizio della propria attività"* secondo il comma 3-bis del D. Lgs 81/08.

Il presente paragrafo, in particolare, intende valutare in via preliminare i rischi per i lavoratori a seguito dell'esposizione a campi elettromagnetici indotti:

- dalle connessioni in MT delle Power Station [Inverter + trasformatore BT/MT] dei sottocampi fotovoltaici;
- dalla connessione in MT dell'impianto alla RTN

dell'impianto FV in oggetto.

Per la descrizione dettagliata dell'impianto si rimanda agli elaborati tecnici allegati al progetto definitivo, in particolare alla Relazione tecnica generale ed alle Relazioni Tecniche specialistiche.

Si precisa che le caratteristiche tecniche degli elementi di seguito descritti potrebbero subire delle modifiche nella fase di progettazione successiva (fase esecutiva), in virtù dell'introduzione sul mercato di prodotti tecnologicamente più avanzati.

4.1 Individuazione dei lavoratori che possono essere esposti ai CEM

Il D.Lgs. 81/08 prevede che venga effettuata, a cura del datore di lavoro, un'identificazione dell'esposizione ed una valutazione dei rischi. La valutazione di possibili condizioni critiche in relazione alle prescrizioni del suddetto decreto è stata pertanto eseguita per le tipologie di impianti e di lavori effettuati all'interno dell'impianto agrovoltaiico in oggetto (o da personale di imprese esterne) per i quali si potesse ragionevolmente attendere che i livelli di esposizione ai campi elettromagnetici fossero i più significativi. Questo approccio è possibile, e particolarmente utile, nel caso di valutazione del rischio da esposizione ai campi elettrici e magnetici in quanto, a differenza di altri agenti fisici o inquinanti che presentano una natura prevalentemente stocastica, i campi in questione seguono leggi fisiche ben precise e sono quindi valutabili in modo deterministico. In particolare, il campo elettrico dipende dalla tensione applicata ai conduttori nudi presenti nell'impianto e il campo magnetico dipende dalla corrente circolante nell'impianto stesso.

Per il funzionamento dell'impianto non è necessaria la presenza di personale stabile in sito.

Le attività necessarie, che possono così essere riepilogate:

- O&M (gestione e manutenzione);
- Servizi di sorveglianza;
- Manutenzione delle aree verdi;

saranno, all'occorrenza, svolte da ditte appaltatrici che opereranno conformemente al "Documento unico di valutazione dei rischi" che il Committente redigerà ai sensi dell'art. 26 comma 3 del D.lgs 81/08.

Considerati i servizi loro demandati il personale delle ditte appaltatrici avranno accesso a tutte le aree dell'impianto ad eccezione di quello addetto alla manutenzione delle aree verdi cui è precluso l'accesso alle cabine impianti.

Nella prima parte della presente relazione sono stati calcolati i valori del campo elettrico e della induzione magnetica al fine di verificare il rispetto dei limiti di esposizione fissati dal DPCM dell'8/07/2003 "*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*".

Concordemente a quanto affermato nell'elaborato, lo studio dell'impatto elettromagnetico dell'impianto è stato condotto sulle linee in MT che collegano le Power Station tra loro e l'impianto alla RTN.

4.2 Normativa di riferimento per le valutazioni di rischio per la salute derivante da esposizione a campi elettrici e magnetici a frequenza industriale.

Gli studi sperimentali e clinici dimostrano che l'esposizione ai CEM può causare effetti acuti o subacuti. I limiti suggeriti dalla Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti (ICNIRP – Acronimo di International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) sono stati definiti con l'obiettivo di proteggere le persone esposte ai CEM dall'insorgenza di tali effetti. In base agli studi epidemiologici, sperimentali e clinici, non esiste invece alcun nesso di causalità provato tra l'esposizione a CEM e l'insorgenza di effetti a lungo termine (ad esempio neoplasie). Non deve quindi sorprendere se nessun

organismo regolatore abbia mai proceduto a una valutazione quantitativa dei rischi di effetti a lungo termine (ad esempio il rischio di leucemia) conseguenti a esposizioni a campi elettromagnetici protratte per lunghi periodi: manca infatti il presupposto per tale processo, cioè la dimostrazione che l'esposizione a CEM causi effettivamente la leucemia e altre forme tumorali. L'obiettivo principale dell'ICNIRP è di fornire quindi un sistema di protezione nei confronti degli effetti noti sulla salute umana derivanti dall'esposizione ai campi elettromagnetici. I limiti suggeriti dall'ICNIRP si basano pertanto solo sugli effetti sanitari a breve termine, come la stimolazione dei tessuti del sistema nervoso centrale, mentre, non vengono definiti limiti per la protezione da potenziali effetti a lungo termine, poiché viene ribadito che i dati disponibili non costituiscono una base sufficiente per stabilire restrizioni all'esposizione. L'approccio protezionistico proposto dall'ICNIRP è basato su una struttura a due livelli, che prevede dei veri e propri limiti di esposizione, espressi in termini di grandezze cosiddette "dosimetriche" (correnti o tensioni indotte per le frequenze inferiori a 100 kHz, tasso di assorbimento specifico di energia per le frequenze superiori a 100 kHz), e di valori di riferimento espressi in termini di grandezze "radiometriche" (Grandezze misurabili direttamente come l'intensità di campo elettrico, l'induzione magnetica ed il campo elettromagnetico). Le grandezze dosimetriche sono direttamente correlate agli effetti biologici e sanitari, ma non sono generalmente suscettibili di misura diretta. Le grandezze radiometriche sono invece suscettibili di misura diretta e i relativi valori di riferimento sono calcolati dai limiti di esposizione utilizzando modelli matematici. I criteri proposti dall'ICNIRP sono stati adottati dalla direttiva 2013/35/UE e recepiti nella legislazione italiana dal D.Lgs. 159/2016 che ha modificato il Titolo VIII, Capo IV del D.Lgs. 81/08. Nei paragrafi successivi, vengono brevemente discussi i contenuti della normativa italiana.

• **Linee guida ICNIRP**

Nel presente paragrafo vengono descritti i contenuti delle Linee Guida pubblicate dall'ICNIRP nel 2010 che sono alla base delle attuali norme sulla protezione della popolazione e dei lavoratori dall'esposizione ai campi elettromagnetici con frequenze da 1 Hz a 100 kHz. L'ICNIRP, partendo da un'analisi della letteratura scientifica, individua i criteri fondamentali per la limitazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici e indica i valori limite da adottare per la protezione della popolazione e dei lavoratori esposti per ragioni professionali. I valori raccomandati si dividono in due categorie:

- limiti di base (per le basse frequenze grandezze "dosimetriche" in termini di correnti e tensioni indotte),
- livelli di riferimento (per le basse frequenze, i livelli di riferimento espressi in termini di grandezze "radiometriche" come induzione magnetica B [μT], intensità di campo magnetico H [A/m] e intensità campo elettrico E [V/m] misurabili nell'ambiente).

Il rispetto dei livelli di riferimento garantisce il rispetto dei limiti di base sull'esposizione, perché le relazioni tra le due grandezze sono state sviluppate facendo riferimento a situazioni di massimo assorbimento o a condizioni di massimo accoppiamento tra il campo esterno e la persona esposta (ipotesi del caso peggiore). Qualora invece il valore della grandezza misurata superi il relativo livello di riferimento, non ne consegue necessariamente che i limiti di base siano superati, ma sarà necessario effettuare una valutazione più approfondita per decidere se i livelli di esposizione siano inferiori a quelli fissati per i limiti di base. Questo approccio consente di definire una restrizione (livello di riferimento) in termini di campo esterno imperturbato sviluppando strategie di riduzione dell'esposizione basate sulle restrizioni di base, ma

praticamente realizzate attraverso i livelli di riferimento. All'interno della strategia di protezione sopra descritta vengono adottate limitazioni più restrittive per l'esposizione del pubblico rispetto a quella dovuta a motivi professionali. Tale scelta deriva dalla considerazione che la popolazione esposta per motivi professionali sia formata da adulti che sono generalmente esposti in condizioni note e sono informati e consapevoli dei potenziali rischi e delle opportune precauzioni da adottare. Al contrario, il pubblico generico comprende individui di tutte le età con diverso stato di salute. Generalmente, i membri del pubblico non sono consapevoli della loro esposizione ai campi elettromagnetici e non ci si può ragionevolmente attendere che i singoli individui della popolazione adottino misure per minimizzare o per evitare l'esposizione. I limiti proposti dall'ICNIRP nel 2010 sono basati sulle seguenti considerazioni:

- Le restrizioni di base si fondano sui campi elettrici indotti internamente al corpo anziché, come avveniva in passato, sulle correnti indotte, perché questa è la grandezza fisica che determina l'effetto biologico. L'attuale disponibilità di informazioni sui campi elettrici indotti internamente al corpo umano consente di utilizzare questa informazione nelle linee guida.
- Le attuali conoscenze scientifiche consentono di affermare che gli effetti sulla retina (induzione di fosfeni) possano costituire un modello per la valutazione delle conseguenze sul cervello. Inoltre, la soglia per l'induzione di fosfeni fornisce una base per definire i limiti delle esposizioni in qualunque tessuto del corpo.

Nella Tabella 4.2.1.1 seguente è riportato il riassunto delle restrizioni di base definite dall'ICNIRP per i campi a 50 Hz

Esposizione professionale	
Sistema nervoso centrale della testa	100 mV/m
Tutti i tessuti del sistema nervoso periferico	800 mV/m
Esposizione del pubblico	
Sistema nervoso centrale della testa	20 mV/m
Tutti i tessuti del sistema nervoso periferico	400 mV/m

Tabella 4.2.1.1- Riassunto delle restrizioni di base delle Linee guida ICNIRP 2010 per i campi

Le restrizioni di base si prefiggono di proteggere dagli effetti acuti, risultanti dall'esposizione, sui tessuti del sistema nervoso centrale e sui nervi mielinizzati dei sistemi nervosi periferico e centrale.

4.2.2 Il D.Lgs. 81/08

Il Titolo VIII, Capo IV del D.Lgs. 81/08 è stato modificato dal D.Lgs. 159/16 (articoli 206-201 e Allegato XXXVI), che ha recepito a livello nazionale la Direttiva 2013/35/UE. I limiti stabiliti considerano la protezione dagli effetti conosciuti di tipo deterministico, di cui cioè esiste, ed è stata definita, una soglia di insorgenza, e la cui gravità può variare in funzione dell'intensità dell'esposizione. Non vengono considerati eventuali effetti a lungo termine, per i quali mancano dati scientifici conclusivi che comprovino un nesso di causalità, né i rischi conseguenti al contatto con i conduttori in tensione già coperti dalle norme per la sicurezza elettrica. Il "sistema di radioprotezione" è basato sui seguenti parametri:

- **valori limite di esposizione (VLE)** "valori stabiliti sulla base di considerazioni biofisiche e biologiche, in particolare gli effetti diretti acuti e a breve termine scientificamente accertati, ossia gli effetti termici e l'elettrostimolazione dei tessuti".

Essi, per i campi elettrici e magnetici a frequenza industriale, sono relativi ai campi elettrici indotti nel corpo dall'esposizione a campi elettrici e magnetici. I VLE sono suddivisi in:

- VLE relativi agli effetti sanitari (vedi Figura 4.3.2.1), “VLE al di sopra dei quali i lavoratori potrebbero essere soggetti a effetti nocivi per la salute, quali il riscaldamento termico o la stimolazione del tessuto nervoso o muscolare”;
- VLE relativi agli effetti sensoriali (vedi Figura 4.3.2.1), “VLE al di sopra dei quali i lavoratori potrebbero essere soggetti a disturbi temporanei delle percezioni sensoriali e a modifiche minori delle funzioni cerebrali”. Al di sopra di questi valori si possono verificare effetti sensoriali quali “fosfene retinici e modifiche minori e transitorie di talune funzioni cerebrali.”

I valori di VLE sanitari e VLE sensoriali sono assunti, per una frequenza pari a 50 Hz, pari ai valori massimi di esposizione professionale, rispettivamente del sistema nervoso centrale della testa (100 mV/m) e dei tessuti del sistema nervoso periferico (800 mV/m), indicati dalla Linea guida ICNIRP 2010 e riportati nella Tabella 4.2.1.1 del presente documento. Il D.Lgs. 81/08, oltre ai valori limite di esposizione (VLE), introduce ivalori di azione, VA, definiti come “livelli operativi stabiliti per semplificare il processo di dimostrazione della conformità ai pertinenti VLE o, eventualmente, per prendere le opportune misure di protezione o prevenzione specificate nella presente direttiva.”

Per i valori di azione, vengono introdotti VA superiori ed inferiori.

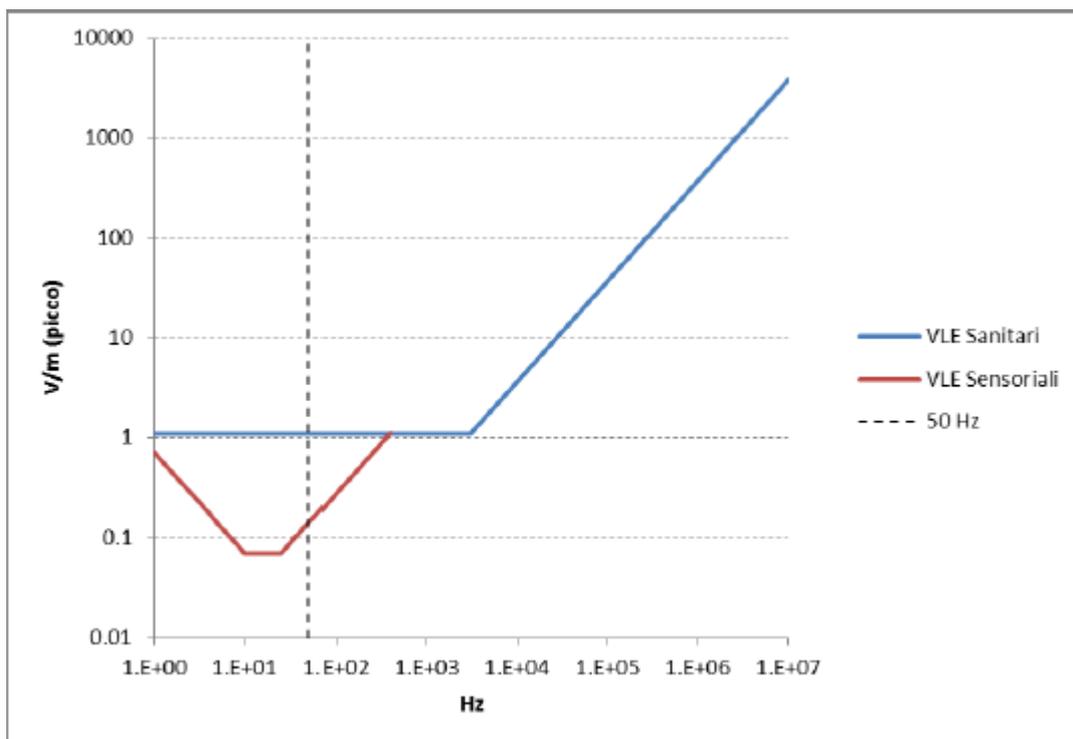


Figura 4.2.2.1- Andamento dei VLE da 1 Hz a 10 MHz (tabb. A2 e A3 dell'Allegato XXXVI)

Nel caso del campo elettrico, il rispetto dei VA inferiori, pari a 10 kV/m efficaci (RMS) a 50 Hz (vedi Figura 4.2.2.2), garantisce il rispetto sia dei VLE sensoriali (100 mV/m a 50 Hz) che sanitari (800 mV/m a 50 Hz) assicurando la limitazione delle scariche nell'ambiente di lavoro. Il rispetto dei VA superiori, pari a 20 kV/m

(RMS) a 50 Hz (vedi Figura 4.2.2.2), garantisce il rispetto dei VLE sanitari e sensoriali, ma non protegge dalle scariche per le quali sarà necessario adottare opportune misure di protezione quali, ad esempio, l'impiego di scarpe isolanti, guanti e indumenti protettivi.

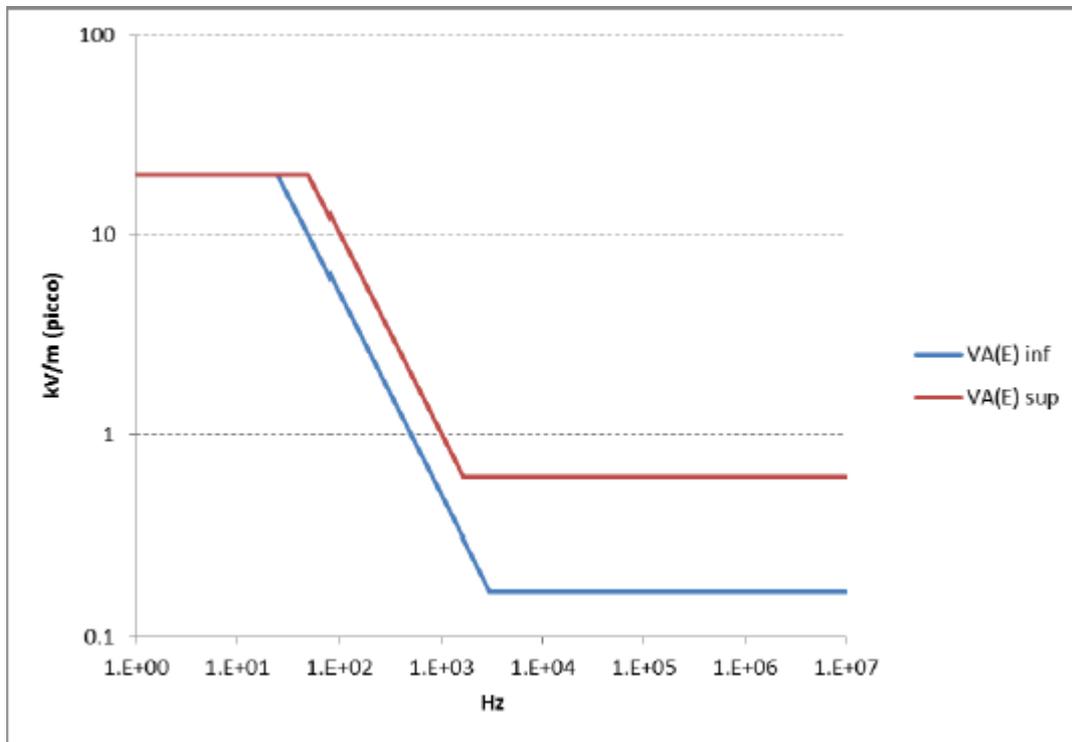


Figura 4.3.2.2- Andamento dei VA per il campo elettrico da 1 Hz a 10 MHz (tab. B1 dell'Allegato XXXVI)

Nel caso del campo magnetico, il rispetto dei VA inferiori, pari a 1000 μ T a 50 Hz (vedi Figura 4.2.2.3), garantisce il rispetto dei VLE sensoriali (100 mV/m a 50 Hz) e, a maggior ragione, dei VLE sanitari (800 mV/m a 50 Hz).

Sempre per il campo magnetico, il rispetto dei VA superiori, pari a 6000 μ T a 50 Hz, garantisce il rispetto dei VLE sanitari ma, nel caso l'esposizione alla testa superi i VA inferiori alle frequenze fino a 400 Hz, potrebbero verificarsi effetti correlati a fosfeni retinici ed altre modifiche minori e transitorie dell'attività cerebrale. In tal caso dovranno essere adottate opportune misure di protezione.

Viene inoltre introdotto un VA relativo all'esposizione degli arti (pari a 18000 μ T a 50 Hz, vedi Figura 4.2.2.3) che tiene conto dell'accoppiamento più debole del campo magnetico con le estremità rispetto al corpo intero. I VLE relativi agli effetti sanitari, i VLE relativi agli effetti sensoriali e i VA sono riportati nell'allegato XXXVI del D.Lgs. 81/08.

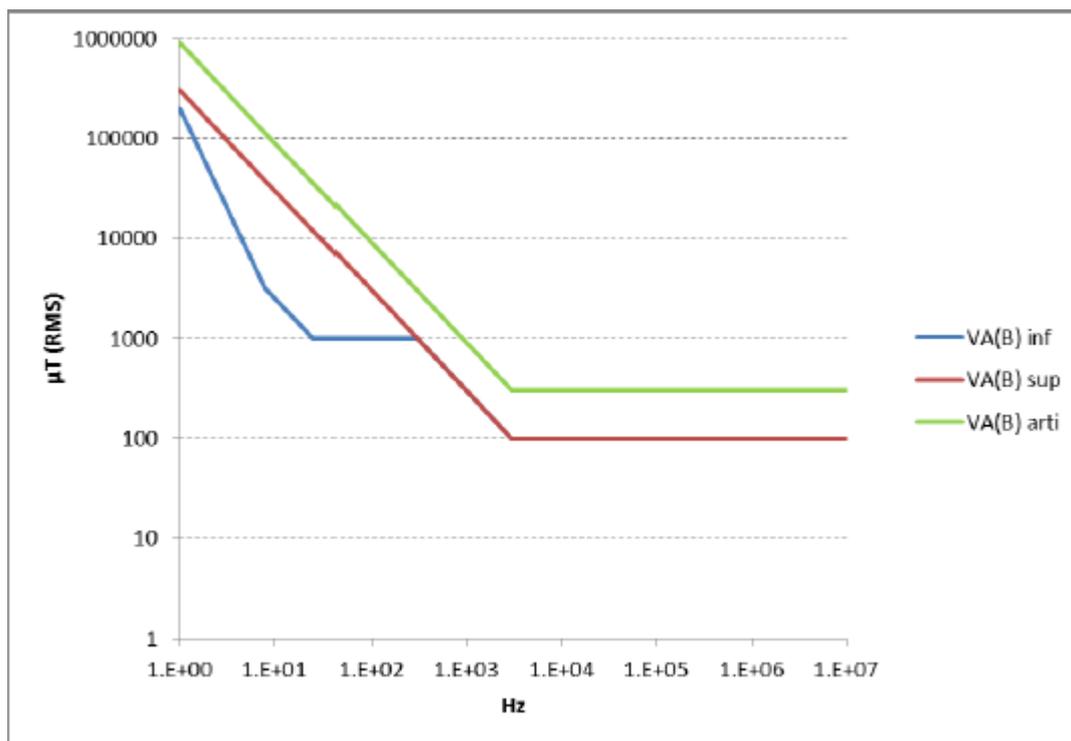


Figura 4.2.2.3- Andamento dei VA per il campo magnetico da 1 Hz a 10 MHz (tab. B2 dell'Allegato XXXVI).

In estrema sintesi, il rispetto dei VA garantisce il rispetto dei VLE. Più precisamente, il rispetto dei VA inferiori non richiede nessun ulteriore adempimento, mentre nel caso di livelli di campo maggiore dei VA inferiori, esistono delle deroghe per consentire l'attività lavorativa.

Ad esempio, nel caso del campo magnetico, sono consentite le seguenti deroghe:

- i VA inferiori possono essere superati a condizione che venga dimostrato il rispetto dei VLE relativi agli effetti sensoriali;
- i VLE sensoriali possono essere temporaneamente superati a patto di dimostrare il rispetto dei VLE sanitari (anche solo dimostrando il rispetto dei VA superiori) e vengano adottate misure di protezione adeguate e fornite adeguate informazioni ai lavoratori.

La normativa concede ulteriori deroghe al personale che svolge attività in vicinanza di apparecchi per la risonanza magnetica (MRI) e per il personale militare.

4.3 Valutazioni di rischio per la salute derivante da esposizione a campi elettrici e magnetici a frequenza industriale.

Si è precedentemente visto che la valutazione di rischio di cui al presente paragrafo è di tipo previsionale, stante che l'impianto agrolvoltaico di cui si tratta non è ancora stato realizzato; pertanto, non possono essere espletate le attività di monitoraggio delle grandezze fisiche di interesse per la tutela della salute dei lavoratori e si farà riferimento:

- ai risultati ottenuti dalla applicazione del modello matematico per la valutazione dei CEM come descritto in un precedente paragrafo;

- Al capo IV, Titolo VIII del D.Lgs. 9 Aprile 2008 n°81 così come modificato dal Dlgs.159 del 1 Agosto del 2016 che affronta la problematica connessa alla definizione dei requisiti minimi per la protezione dei lavoratori contro i rischi per la salute e la sicurezza derivanti dall'esposizione ai campi elettromagnetici (da 0 Hz a 300 GHz). Le disposizioni riguardano la protezione dei rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori dovuti agli effetti biofisici diretti ed agli effetti indiretti noti, che secondo le conoscenze attuali siano provocati dai campi elettromagnetici e non riguarda invece gli effetti a lungo termine, inclusi eventuali effetti cancerogeni, per i quali mancano dati scientifici conclusivi che comprovino un nesso di causalità tra l'esposizione e le ipotetiche conseguenze di carattere sanitario.
- alla "**Guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della Direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici**", pubblicata dalla Commissione Europea (di seguito richiamata anche come "**Linea Guida CEM**").

Quest'ultima guida evidenzia espressamente che se un luogo di lavoro presenta solo le situazioni elencate nella tabella 3.2 che riportano un «No» in tutte le colonne pertinenti, in genere non è necessario effettuare una valutazione specifica dei campi elettromagnetici. Sarà tuttavia necessario effettuare una valutazione generale dei rischi conformemente alle prescrizioni della direttiva quadro e i datori di lavoro dovranno tener conto dei mutamenti di circostanze.

Tabella 3.2 — Prescrizioni per le valutazioni specifiche dei campi elettromagnetici relative ad attività lavorative, apparecchiature e luoghi di lavoro comuni

Tipo di apparecchiatura o luogo di lavoro	Valutazione richiesta per i		
	Lavoratori non particolarmente a rischio ¹	Lavoratori particolarmente a rischio (esclusi quelli con dispositivi impiantabili attivi) ²	Lavoratori con dispositivi impiantabili attivi ³
	(1)	(2)	(3)
Alimentazione elettrica			
Circuito elettrico in cui i conduttori sono vicini l'uno all'altro e con una corrente netta pari o inferiore a 100 A — compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. — esposizione a campi magnetici	No	No	No
Circuito elettrico in cui i conduttori sono vicini l'uno all'altro e con una corrente netta superiore a 100 A — compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. — esposizione a campi magnetici	Sì	Sì	Sì
Circuiti elettrici all'interno di un impianto, con corrente di fase nominale pari o inferiore a 100 A per un singolo circuito — compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. — esposizione a campi magnetici	No	No	No
Circuiti elettrici all'interno di un impianto, con corrente di fase nominale superiore a 100 A per un singolo circuito — compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. — esposizione a campi magnetici	Sì	Sì	Sì
Impianti elettrici con corrente di fase nominale superiore a 100 A — compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. — esposizione a campi magnetici	Sì	Sì	Sì
Impianti elettrici con corrente di fase nominale pari o inferiore a 100 A — compresi cavi elettrici, commutatori, trasformatori ecc. — esposizione a campi magnetici	No	No	No
Generatori e generatori di emergenza — lavori con	No	No	Sì
Inverter, compresi quelli su sistemi fotovoltaici	No	No	Sì
Conduttore nudo aereo con tensione nominale inferiore a 100 kV o linea aerea inferiore a 150 kV, sopra il luogo di lavoro — esposizione a campi elettrici	No	No	No
Conduttore nudo aereo con tensione nominale superiore a 100 kV o linea aerea superiore a 150 kV ⁽¹⁾ , sopra il luogo di lavoro — esposizione a campi elettrici	Sì	Sì	Sì
Conduttori nudi aerei con qualsiasi tensione — esposizione a campi magnetici	No	No	No
Circuito a cavo sotterraneo o isolato, con qualsiasi tensione nominale — esposizione a campi elettrici	No	No	No
Turbine eoliche, lavori con	No	Sì	Sì

Dalla lettura della tabella 3.2 per la sezione che riguarda i luoghi di lavoro con presenza di apparecchiature elettriche, si evince che per il caso in esame:

- non sarà necessario proceder alla valutazione dell'esposizione ai campi elettrici per tutti i cavidotti in quanto circuiti a cavo isolato;
- per gli inverter è necessario procedere alla valutazione dei campi elettromagnetici per i lavoratori con dispositivi impiantabili attivi
- è necessario procedere alla valutazione dell'esposizione ai campi magneti per le sezioni di impianto con corrente di fase nominale superiore a 100 A: linee in AT, trasformatori, etc.

Lo schema protezionistico prevede un duplice livello di controllo:

- il primo livello di controllo è rappresentato dai valori di azione (grandezze radiometriche) che costituiscono il riferimento numerico al quale vanno riferite le verifiche strumentali.
- Il secondo livello di controllo è rappresentato dai valori limite di esposizione (grandezze dosimetriche di base) direttamente correlati all'effetto biologico che l'esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici manifestano sull'uomo. Se i valori di azione non sono superati allora anche i limiti di esposizione sono rispettati. Viceversa, il superamento del valore di azione impone la verifica del superamento eventuale della grandezza dosimetrica di base.

4.4 Individuazione e caratterizzazione dei componenti elettrici che possono indurre il rischio per la salute derivante da esposizione a campi elettrici e magnetici a frequenza industriale.

Di seguito si riportano le grandezze significative ai fini della valutazione dei campi elettromagnetici per le componenti dell'impianto agrovoltaiico in progetto.

• **Moduli fotovoltaici**

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

Per tale componente impiantistica la tabella 3.2 della Linea Guida CEM non prevede l'obbligo di valutazione dei campi elettromagnetici.

• **Inverter**

Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno utilizzano componenti elettrici ed elettronici operanti ad alta frequenza. Tali apparecchi devono possedere diverse certificazioni, derivanti da severe prove di laboratorio, affinché sia garantita non soltanto l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, ma la certezza che le emissioni siano quanto più possibile ridotte, allo scopo di minimizzare l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa.

In ordine a tali norme tecniche, gli inverter che saranno utilizzati possiedono la certificazione di rispondenza alle normative di compatibilità elettromagnetica (EMC) (CEI EN 50273 (CEI 95-9), CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65), CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10), CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31), CEI EN 61000-3-3 (CEI 110-28),

CEI EN 55022 (CEI 110-5), CEI EN 55011 (CEI 110-6) e saranno quindi poco significative ai fini della sicurezza e della salute dei lavoratori.

Per gli inverter nella tabella 3.2 della cita Linea Guida CEM indica la necessità di procedere alla valutazione dei campi magnetici limitatamente ai lavoratori con dispositivi impiantabili attivi.

- ***Linee elettriche in corrente alternata interne al parco agrovoltaico***

Per quanto riguarda le linee interne all'impianto che utilizzano linee in cavo elicordato, dalla relazione di calcolo dei Campi Elettromagnetici sopra condotta si evince che il valore del campo magnetico, al di sopra del piano di campagna, è sempre inferiore al valore di attenzione di 10 μT , introdotto dal D.P.C.M. 8 luglio 2003 come misura di cautela per le aree di gioco per l'infanzia, gli ambienti abitativi e scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per almeno 4 h al giorno;

per cui la distanza alla quale il valore di induzione generato può eccedere i valori limite di cui alla Raccomandazione Europea 1999/519/CE, pari a 100 μT , od al valore di azione inferiore alla frequenza di 50 Hz indicato nel D.Lgs. 9 Aprile 2008 n°81, pari a 1000 μT , è ridotta a distanze assai prossime alla sorgente e comunque confinata nell'area di interramento.

Per quanto sopra non esistono specifiche criticità riguardo l'esposizione ai campi magnetici indotti dalle linee elettriche interne al parco per i lavoratori esposti, inclusi quelli particolarmente sensibili al rischio.

- ***Linee elettriche in corrente alternata esterne al parco agrovoltaico per il collegamento alla RTN***

Per quanto riguarda le linee esterne all'impianto che utilizzano, anch'esse, linee in cavo elicordato, possono farsi considerazioni analoghe a quanto sopra per le linee interne e concludere che non esistono specifiche criticità riguardo l'esposizione ai campi magnetici indotti dalle linee elettriche esterne al parco per i lavoratori esposti, inclusi quelli particolarmente sensibili al rischio.

- ***Cabine di conversione (Inverter station)***

Per quanto riguarda le cabine di conversione generalmente l'obiettivo qualità è raggiunto a pochi metri di distanza sia dalle sbarre che dal trasformatore (< 10m) e valori maggiori di 1000 μT si hanno solo nell'intorno immediato delle sbarre, a distanza inferiori a 10 cm.

Considerato quindi che nelle immediate vicinanze dei trasformatori e sbarre, i valori del campo magnetico possono eccedere i valori limite di cui alla Raccomandazione Europea 1999/519/CE, pari a 100 μT , dovrà essere riservata particolare cautela ai lavoratori particolarmente sensibili al rischio per i quali al medico competente e l'RSPP è demandato il giudizio di idoneità e di una valutazione individuale del rischio espositivo.

Per quanto le cabine inverter e di trasformazione, si può affermare che non sono luoghi adibiti a permanenze prolungate e il tempo di esposizione del personale addetto alla manutenzione è quello strettamente necessario alle operazioni programmate, lo spazio in cabina verrà interdetto e segnalato attraverso opportuna segnaletica di avvertimento:

Figura 9.6 — Cartelli di avvertimento standard affissi in relazione ai campi elettromagnetici



Figura 9.7 — Cartelli di divieto standard affissi in relazione ai campi elettromagnetici



- **Cabina elettrica di consegna e sezionamento**

Per le cabine di consegna e sezionamento valgono le medesime considerazioni già espresse nel paragrafo precedente per le “Cabine di conversione (Inverter Station)”.

4.5 Valutazione preliminare del rischio per i lavoratori.

In queste valutazioni conclusive prenderemo in considerazione i soli *"lavoratori normotipo che non hanno patologie particolari e che non sono quindi particolarmente a rischio"* e lasciando i lavoratori che hanno bisogno di attenzioni particolari alla cura del medico competente e del RSPP per eventuali specifiche misure di protezione, che potrebbero richiedere una valutazione su base individuale a seconda del caso.

Alla luce di quanto sopra esposto e di quanto calcolato (vedasi la relazione tecnica Campi Elettromagnetici,) si può sinteticamente concludere quanto segue:

- per i cavidotti il valore del campo magnetico, al di sopra del piano di campagna, è sempre inferiore. Il valore di attenzione di 10 μ T, introdotto dal D.P.C.M. 8 luglio 2003 come misura di cautela per le aree di gioco per l'infanzia, gli ambienti abitativi e scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per almeno 4 h al giorno;
- per i trasformatori e le sbarre l'obiettivo qualità di 3 μ T è già raggiunto a distanze inferiori a 10m e valori maggiori di 1000 μ T si avranno solo nell'intorno immediato delle sbarre.

I soggetti che opereranno nei luoghi di installazione dell'impianto agrovoltaiico saranno:

1. elettricista / manutentore elettro-meccanico specializzato,
2. operatore addetto alla pulizia dei moduli fotovoltaici,

per i lavoratori di cui al punto 1), questi opereranno in condizioni verosimilmente di impianto/porzione di impianto temporaneamente disalimentato (proprio per consentire le operazioni di manutenzione); qualora essi dovessero operare con impianto/porzione di impianto sotto tensione, si può ragionevolmente considerare un tempo di esposizione ai CEM relativamente breve;

per i lavoratori di cui al punto 2), questi nella conduzione delle proprie mansioni permarranno all'interno della DPA per periodi relativamente brevi per cui anche i tempi di esposizione ai CEM saranno brevi.

5 CONCLUSIONI

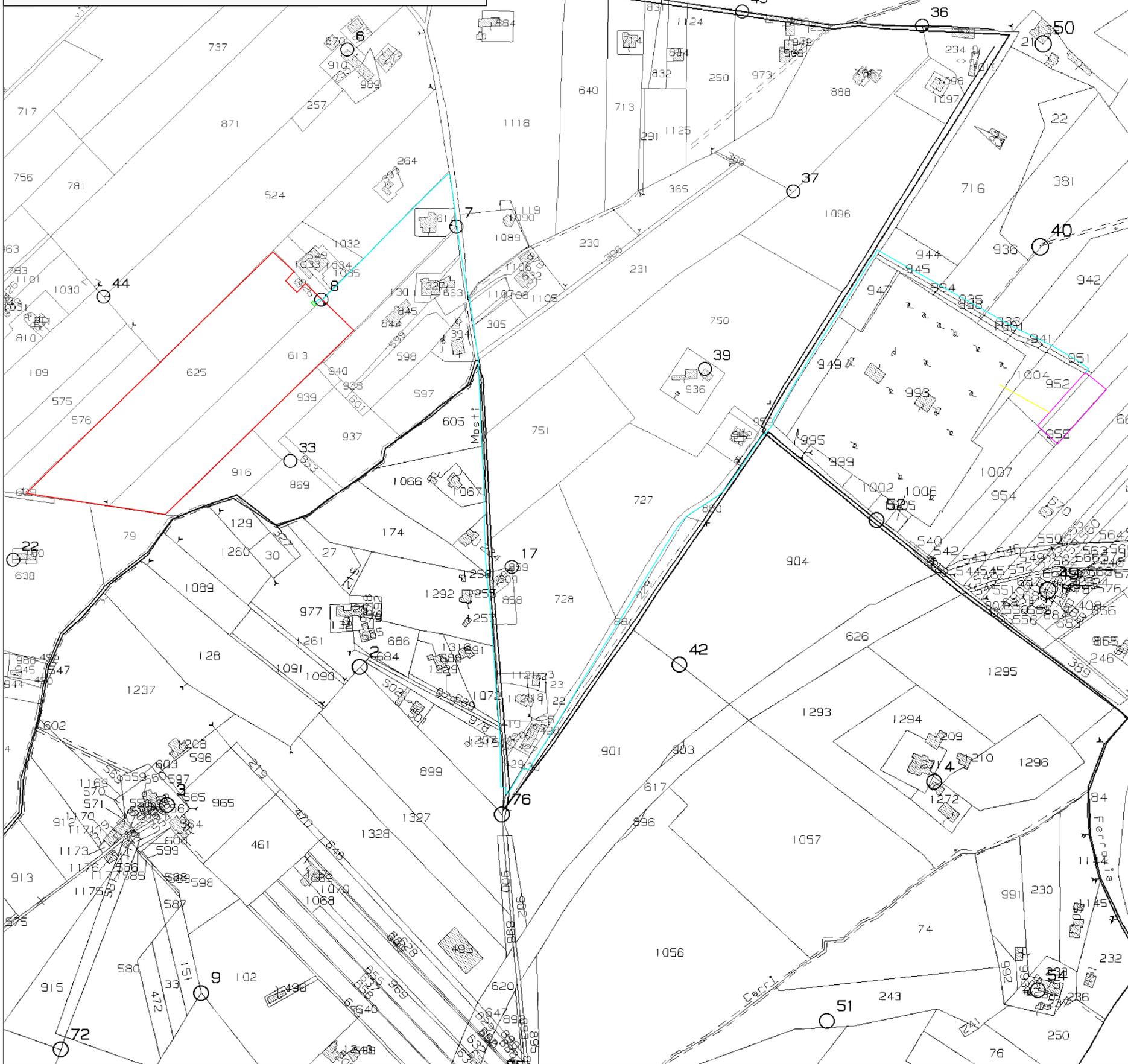
Dall'analisi condotta con la presente relazione, si può affermare che per quanto riguarda la protezione della Popolazione per l'esposizione ai CEM di cui alla Legge n. 36/2001, dai calcoli effettuati non si segnalano situazioni particolari, in quanto l'entità delle fasce di rispetto e delle conseguenti Distanze di Prima Approssimazione (DPA) consente il rispetto dei vincoli verso eventuali luoghi tutelati, così come evidenziato nelle planimetrie allegate.

Per quanto riguarda, invece, l'esposizione dei "lavoratori normotipo che non hanno patologie particolari e che non sono quindi particolarmente a rischio" ai campi elettromagnetici prodotti dall'impianto agrovoltaiico in oggetto, si può affermare che vengono rispettate tutte le prescrizioni delle vigenti normative in materia (D. Lgs 81/08 come modificato del D. Lgs. 159/16).



6 ALLEGATI

- Area di intervento
- Cabina di consegna
- Linea MT lato utente
- Linea AT lato utente
- Nuova SE



COMUNE DI BENEVENTO
PROVINCIA DI BENEVENTO
- REGIONE CAMPANIA -

IMPIANTO DI RETE PER LA CONNESSIONE
 IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA
 DA FONTE RINNOVABILE FOTOVOLTAICA
 Potenza massima di immissione in rete 40000 kW

PROGETTO DEFINITIVO

Inquadramenti e planimetria generale opere di
 connessione su catastale - Dettaglio 5 in scala 1:3600

Liv. Prog.	Codice Rintracciabilità	Codice Elaborato	Numero foglio / Totale fogli	Commessa	Data	Scala
PD	202202308	05	7/7	-	21/07/2023	A2

REV.	DATA	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO	NOTE
0	21/07/2023	GUIDA L.	LOVERRE V.	GADALETA E.	EMISSIONE

PROGETTAZIONE:
Ing. Enrico Gadaleta
 Via Galluzzi, 5
 70044 Polignano a Mare (BA)
 Tel. 3382263891
 enrico@maresrls.eu



GESTORE RETE ELETTRICA:

RICHIEDENTE:

FRANCAVILLA SOLAR PARK S.R.L.
 VIA DELL'ANNUNCIATA 23/4, 20121
 MILANO (MI)