



Regione Sicilia
Provincia di Palermo
Comune di Caccamo

**Impianto agrofotovoltaico
"SERPENTANA"
di potenza installata pari a 31 MW
da realizzarsi nel
Comune di Caccamo (PA)**

PROGETTO DEFINITIVO

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	07/11/2022	Prima Stesura	Ing. Alessio Furlotti	Dott. Giuseppe Filiberto	Dott. Fabrizio Milio

PROGETTISTA

GREEN FUTURE Srl

Sede Legale: Via U. Maddalena, 92

Sede operativa: Corso Calatafimi, 421

90100 - Palermo, Italia

info@greenfuture.it

Dott. Giuseppe Filiberto

Ing. Alessio Furlotti

Arch. Pianif. Giovanna Filiberto

Ing. Ilaria Vinci

Ing. Fabiana Marchese

Ing. Daniela Chifari

Green Future s.r.l. unipersonale
L'Amministratore
Giuseppe Filiberto



CLIENTE

BEE SERPENTANA S.r.l.

Anello Nord, 25 – Brunico (BZ)

beeserpentanasrl@pec.it

TITOLO ELABORATO

**VALUTAZIONE DEI RISCHI DI ESPOSIZIONE
DEI LAVORATORI AI CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI**

CODICE ELABORATO

FV22_SERPENTANA_EL50_REV00

SCALA

DATA

Novembre 2022

TIPOLOGIA-ANNO

FV22

COD. PROGETTO

SERPENTANA

N. ELABORATO

EL50

REVISIONE

00



Sommario

1	Premessa.....	3
2	Documento di riferimento.....	4
3	Normativa di riferimento.....	4
4	Definizioni.....	5
5	Grandezze fisiche.....	6
6	Effetti sanitari dei CEM a bassa frequenza.....	8
6.1	Effetti sanitari a breve termine.....	8
6.2	Effetti sanitari a lungo termine.....	8
7	Verifica dell'esposizione dei lavoratori.....	9
8	Valutazione rischio campi elettromagnetici: fattori da considerare	10
9	Misure di prevenzione e protezione dal rischio CEM	10
10	Conclusioni.....	17



1 PREMESSA

Scopo del presente documento è quello di indagare gli eventuali effetti dei campi elettromagnetici generati dalle infrastrutture elettriche presenti nell'impianto fotovoltaico in oggetto e connesse ad esso.

L'impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica in oggetto presenta potenza pari a 31 MW nel Comune di Caccamo (PA), in contrada Acqua Amara e località Case Lanza, proposto del Gruppo Blue Elephant Energy AG, denominato “SERPENTANA”.

Tale impianto sorgerà in un'area che si estende su una superficie agricola situata nel territorio comunale di Caccamo. I centri abitati più prossimi al sito di progetto sono:

- Montemaggiore Belsito a 4,8 km
- Roccapalumba a 5,2 km

In particolare, per l'impianto sono state valutate (vedasi elaborato *Relazione campi elettromagnetici*) le emissioni elettromagnetiche dovute alle cabine elettriche, ai cavidotti ed alla stazione utente per la trasformazione.

Le regole in merito alla sicurezza sul lavoro e gli obblighi per lavoratori e aziende sono disciplinate dal Testo Unico, ovvero il Decreto Legislativo 81/2008 “Testo Unico della Sicurezza sul Lavoro”, che ha come obiettivo quello di stabilire regole, procedure e misure preventive da adottare per rendere più sicuri i luoghi di lavoro, quali essi siano. L'obiettivo è quello di evitare o comunque ridurre al minimo l'esposizione dei lavoratori a rischi legati all'attività lavorativa per evitare infortuni o incidenti o, peggio, contrarre una malattia professionale.

Con D. lgs. 151/2015 sono state apportate modifiche al D. Lgs 81/08 "Disposizioni di razionalizzazione e semplificazione delle procedure e degli adempimenti a carico di cittadini e imprese e altre disposizioni in materia di rapporto di lavoro e pari opportunità, in attuazione della legge 10 dicembre 2014, n. 183".

Tra le ultime novità da segnalare sul tema, ad aprile 2019 il Testo Unico sulla Sicurezza sul Lavoro è stato adeguato al Decreto interministeriale del 22 gennaio 2019 “Individuazione della procedure di revisione, integrazione e apposizione della segnaletica stradale destinata alle attività lavorative che si svolgono in presenza di traffico veicolare”. Sono stati aggiunti dettagli sugli obblighi dei datori di lavoro e sulle caratteristiche degli strumenti che deve utilizzare chi opera sulle strade italiane.

Altresì, in base al DM del MATTM del 29.05.2008, sono state individuate le DPA per le opere sopra dette.



2 DOCUMENTO DI RIFERIMENTO

- [1] 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”.
- [2] DL 9 aprile 2008 n° 81 “Testo unico sulla sicurezza sul lavoro”
- [3] Norma CEI 0-2 “Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici”
- [4] Norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”
- [5] Norma 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.”
- [6] DM del MATTM del 29.05.2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti.
- [7] Legge 22 Febbraio 2001 n. 36 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”.

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il panorama normativo italiano in fatto di protezione contro l'esposizione dei campi elettromagnetici si riferisce alla legge 22/2/01 n°36 che è la legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici completata a regime con l'emanazione del D.P.C.M. 8.7.2003.

Nel DPCM 8 luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”, vengono fissati i limiti di esposizione e i valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti.

In particolare, negli articoli 3 e 4 vengono indicate le seguenti 3 soglie di rispetto per l'induzione magnetica:

“Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μ T per l'induzione magnetica e 5kV/m per il campo elettrico intesi come valori efficaci” [art. 3, comma 1];

“A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a



quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di $10 \mu\text{T}$, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.” [art. 3, comma 2];

“Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$ per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio”. [art. 4]

L'obiettivo qualità da perseguire nella realizzazione dell'impianto è pertanto quello di avere un valore di intensità di campo magnetico non superiore ai $3 \mu\text{T}$ come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Il D. Lgs. 81/08 dedica tutto il Capo IV (Titolo VIII) alla "*Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici*", e rappresenta uno dei punti di riferimento su questa tematica.

Negli ultimi anni la legge è stata aggiornata, con la **direttiva europea 2013/35/UE** poi recepita in Italia con il **D. Lgs. n. 159 del 1° agosto 2016**. Questa direttiva europea ha dunque abrogato la precedente 2004/40/CE.

Vanno, poi, citate, le norme tecniche di riferimento per quanto riguarda misura e valutazione dei campi elettromagnetici e procedure di valutazione all'esposizione. Tra le principali:

- **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 211-7:** "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz – 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana".
- **CEI EN 50499:** "Procedura per la valutazione dell'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici".

Inoltre, un utile strumento per i datori di lavoro è rappresentato anche dalla "**Guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della Direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici**", pubblicata dalla Commissione Europea.

4 DEFINIZIONI

Campo Elettrico: il campo elettrico è una regione dello spazio in cui è presente una carica elettrica che determina una perturbazione dell'ambiente circostante in conseguenza del quale altre cariche elettriche vengono attratte o respinte. Il campo elettrico E è normalmente misurato in volt su metro (V/m) o in suoi multipli come il kV/m, essendo il volt l'unità di misura della tensione elettrica.



Campo Magnetico: il campo magnetico è una regione dello spazio in cui una carica elettrica in movimento (ossia una corrente elettrica) subisce una forza proporzionale alla carica e alla propria velocità istantanea, forza che è diretta perpendicolarmente alla velocità. Un campo magnetico influisce su correnti e cariche in movimento ed è generato da un qualsiasi conduttore percorso da corrente. Il campo magnetico generato nello spazio dalla corrente che percorre un conduttore è invece misurato in ampere al metro (A/m), essendo l'Ampere l'unità di misura della corrente. Il campo magnetico è spesso espresso anche in termini di densità di flusso magnetico (o induzione magnetica) B per la quale l'unità di misura adottata internazionalmente è il Tesla (T).

Frequenza: è il numero di oscillazioni (o di inversioni di direzione) in un secondo, del campo elettrico o magnetico e viene misurata in hertz (Hz).

Esposizione: è la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici, o a correnti di contatto, di origine artificiale.

Limite di esposizione: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori.

Valore di attenzione: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate.

Obiettivo di qualità: sono i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato secondo le previsioni di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a) della Legge 36/2001, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.

Elettrodotta: è l'insieme delle linee elettriche propriamente dette, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione.

Esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici: è ogni tipo di esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici che, per la loro specifica attività lavorativa, sono esposti a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.

Esposizione della popolazione: è ogni tipo di esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, di tutte quelle persone che permangono nell'area senza esserne stati informati dell'esistenza.

5 GRANDEZZE FISICHE

Le seguenti grandezze fisiche sono utilizzate per descrivere l'esposizione ai campi elettromagnetici:

Corrente di contatto (IC): La corrente che fluisce al contatto tra un individuo ed un oggetto conduttore caricato dal campo elettromagnetico. La corrente di contatto è espressa in Ampere (A).



Corrente indotta attraverso gli arti (IL): La corrente indotta attraverso qualsiasi arto, a frequenze comprese tra 10 e 110 MHz, espressa in Ampere (A).

Densità di corrente (J): È definita come la corrente che passa attraverso una sezione unitaria perpendicolare alla sua direzione in un volume conduttore quale il corpo umano o una sua parte. È espressa in Ampere per metro quadro (A/m²).

Intensità di campo elettrico: È una grandezza vettoriale (E) che corrisponde alla forza esercitata su una particella carica indipendentemente dal suo movimento nello spazio. È espressa in Volt per metro (V/m).

Intensità di campo magnetico: È una grandezza vettoriale (H) che, assieme all'induzione magnetica, specifica un campo magnetico in qualunque punto dello spazio. È espressa in Ampere per metro (A/m).

Induzione magnetica: È una grandezza vettoriale (B) che determina una forza agente sulle cariche in movimento. È espressa in Tesla (T). Nello spazio libero e nei materiali biologici l'induzione magnetica e l'intensità del campo magnetico sono legate dall'equazione $1 \text{ A m}^{-1} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}$.

Densità di potenza (S): Questa grandezza si impiega nel caso delle frequenze molto alte per le quali la profondità di penetrazione nel corpo è modesta. Si tratta della potenza radiante incidente perpendicolarmente a una superficie, divisa per l'area della superficie in questione ed è espressa in Watt per metro quadro (W/m²).

Assorbimento specifico di energia (SA): Si definisce come l'energia assorbita per unità di massa di tessuto biologico e si esprime in Joule per chilogrammo (J/kg). Nella presente direttiva esso si impiega per limitare gli effetti non termici derivanti da esposizioni a microonde pulsate.

Tasso di assorbimento specifico di energia (SAR): Si tratta del valore mediato su tutto il corpo o su alcune parti di esso, del tasso di assorbimento di energia per unità di massa di tessuto corporeo ed è espresso in Watt per chilogrammo (W/kg). Il SAR a corpo intero è una misura ampiamente accettata per porre in rapporto gli effetti termici nocivi dell'esposizione a radiofrequenze (RF). Oltre al valore del SAR mediato su tutto il corpo, sono necessari anche valori locali del SAR per valutare e limitare la deposizione eccessiva di energia in parti piccole del corpo conseguenti a particolari condizioni di esposizione, quali ad esempio il caso di un individuo in contatto con la terra, esposto a RF dell'ordine di pochi MHz e di individui esposti nel campo vicino di un'antenna.

Tra le grandezze sopra citate, possono essere misurate direttamente l'induzione magnetica, la corrente indotta attraverso gli arti e la corrente di contatto, le intensità di campo elettrico e magnetico, e la densità di potenza.



6 EFFETTI SANITARI DEI CEM A BASSA FREQUENZA

Negli elettrodotti è importante chiarire che l'intensità del campo elettrico prodotto dipende dalla tensione dei conduttori, mentre il campo magnetico dipende dalle cariche elettriche in movimento lungo i conduttori (corrente elettrica).

Come per altri tipi di inquinamento, l'interazione tra radiazione elettromagnetica ed organismo vivente si può manifestare attraverso due tipologie di effetti: effetti acuti (effetti sanitari a breve termine) ed effetti cronici (effetti sanitari a lungo termine). È inoltre necessario evidenziare che ad un effetto biologico non corrisponde necessariamente un danno irreversibile dell'organismo.

6.1 Effetti sanitari a breve termine

Gli effetti acuti sono effetti immediati ed oggettivi che terminano al cessare dell'esposizione, accertabili sperimentalmente al di là di ogni dubbio ed ampiamente documentati nella letteratura scientifica. Alle basse frequenze tali effetti sono essenzialmente riconducibili ad una sorta di "interferenza" tra le correnti indotte dal campo elettromagnetico ed i meccanismi fisiologici della percezione sensoriale e dell'attivazione muscolare. Tali effetti possono manifestarsi per intensità di campo molto elevate, raggiungibili in laboratorio.

Ai livelli riscontrabili anche nelle immediate vicinanze di elettrodotti, né il campo elettrico né il campo magnetico producono effetti a breve termine apprezzabili.

Il campo elettrico dà luogo a correnti interne di diversi ordini di grandezza inferiori a quelle associate a fenomeni di elettrocuzione, per effetto di contatto accidentale con conduttori elettrici in tensione. Si riscontrano al più effetti di percezione del campo, a livelli dell'ordine di 1-5 kV/m, da parte di individui particolarmente sensibili, parte dei quali manifesta sensazione di disagio.

Nessun effetto, neanche di percezione, è invece stato evidenziato per l'esposizione a campi magnetici dell'ordine di quelli riscontrabili in prossimità di linee ad alta tensione.

6.2 Effetti sanitari a lungo termine

Con effetti cronici si intendono quegli effetti generati da un'esposizione prolungata nel tempo a campi magnetici, anche di bassa intensità. Tali effetti non possono essere verificati con indagini di laboratorio. È pertanto necessario, al fine di accertare il legame tra esposizione e danni alla salute, svolgere indagini di tipo epidemiologico.



Ulteriori studi sono stati sviluppati negli anni al fine di determinare se l'esposizione a campi elettrici e magnetici prodotti dalla generazione, la trasmissione e l'uso dell'energia elettrica avesse o no effetti sulla salute umana”.

Gli effetti cancerogeni sono probabilmente il tema di maggiore interesse. Il Comitato Internazionale di Valutazione per l'indagine sui Rischi Sanitari dell'esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM), insieme ai maggiori organi competenti internazionali quali IARC, ICNIRP ecc.. ha concluso, in seguito ad un'attenta revisione della letteratura, che l'esposizione ai campi ELF (acronimo dell'inglese *Extremely Low Frequency*), al di sotto dei limiti riportati dalle linee guida dell'ICNIRP (100 microTesla) non determinano sicure conseguenze negative sulla salute.

Complessivamente risultano deboli le prove che dimostrano che i campi ELF possono provocare malattie neuro degenerative, quali morbo di Alzheimer o di Parkinson per le persone che svolgono attività lavorative nel campo dell'elettricità.

7 VERIFICA DELL'ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI

A livello nazionale valgono i limiti fissati dal DPCM 08/07/2003 “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”. Nel decreto vengono fissati i seguenti valori:

- Limite di esposizione di 100 μ T per l'induzione magnetica e 5kV/m per il campo elettrico;
- Valore di attenzione da applicarsi nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiore a quattro ore giornaliere di 10 μ T;
- Obiettivo di qualità di 3 μ T

La normativa nazionale di riferimento per la salvaguardia dei lavoratori ai rischi derivanti all'esposizione ai campi elettromagnetici è il D.Lgs. 257 del 19/11/2007 “Attuazione della direttiva 2004/40/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici)”.

In particolare nella tabella B dell'Allegato VI-bis vengono riportati i valori di azione per i campi elettromagnetici, valore che per la frequenza di 50 Hz è pari a: Valore di azione: 500 μ T.

Considerati i valori di induzione magnetica generati dalle varie parti dell'impianto fotovoltaico riportate nella Relazione campi elettromagnetici, è possibile affermare che in nessuna parte dell'impianto si genera un'induzione magnetica superiore ai valori previsti della normativa per i lavoratori.



8 VALUTAZIONE RISCHIO CAMPI ELETTROMAGNETICI: FATTORI DA CONSIDERARE

La valutazione dei rischi da CEM permette di comprendere l'entità dei rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori derivanti dagli effetti nocivi di tali campi.

Gli **effetti possono essere diretti o indiretti**, e le normative si pongono l'obiettivo di proteggere la persona da entrambi. I primi sono quelli immediatamente riscontrabili, e che possono provocare ad esempio nausea, riscaldamento del corpo (o parti di esso), effetti su nervi, muscoli o organi sensoriali.

Gli effetti indiretti, invece, insorgono a livelli espositivi più bassi e riguardano, ad esempio:

- interferenze con dispositivi elettronici impiantati passivi (protesi, piastre di metallo, ecc.);
- interferenze con dispositivi elettronici impiantati attivi (come pacemaker o defibrillatori impiantati);
- interferenze con altre attrezzature e dispositivi medici elettronici;
- innesco involontario di detonatori, incendi o esplosioni;
- effetti su schegge metalliche, tatuaggi, body piercing e body art;
- scosse elettriche o ustioni dovute a correnti di contatto.

Secondo quanto previsto all'art. 209 (comma 4) del D. Lgs. 81/08, in fase di valutazione dei rischi da campi elettromagnetici **i fattori da considerare sono:**

- livello, spettro di frequenza, durata e tipo di esposizione;
- valori limite di esposizione e valori di azione;
- effetti sulla salute e sicurezza dei lavoratori;
- effetti indiretti (ad esempio, quelli elencati in precedenza);
- esistenza di attrezzature di lavoro alternative, volte a ridurre i livelli di esposizione ai campi elettromagnetici;
- disponibilità di azioni di risanamento volte a minimizzare i livelli di esposizione ai CEM;
- informazioni raccolte nel corso della sorveglianza sanitaria;
- sorgenti multiple di esposizione;
- esposizione simultanea a campi di frequenze diverse.

9 MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE DAL RISCHIO CEM

Per la valutazione dei rischi, vengono presi come riferimento due parametri fondamentali: **valori limite di esposizione e valori di azione**.

I primi si basano sugli effetti sulla salute (accertati) e su considerazioni biologiche, in modo che i lavoratori esposti siano protetti contro gli effetti nocivi a breve termine.



I **valori limite di azione**, invece, riguardano parametri direttamente misurabili, come:

- intensità di campo elettrico (E);
- intensità di campo magnetico (H);
- induzione magnetica (B);
- densità di potenza (S).

In base ai dati rilevati, dopo che l'impianto verrà messo in esercizio andrà stabilito se e quali **misure di prevenzione e protezione mettere in atto**. Tuttavia si dovrà tenere in considerazione:

- altri metodi di lavoro che implicino una minore esposizione ai campi elettromagnetici;
- scelta di attrezzature che emettano campi elettromagnetici di intensità inferiore, a seconda del lavoro da svolgere;
- misure tecniche per ridurre l'emissione dei campi elettromagnetici, incluso (se necessario) l'uso di dispositivi di sicurezza, schermature o di analoghi meccanismi di protezione della salute;
- appropriati programmi di manutenzione delle attrezzature di lavoro, dei luoghi e delle postazioni;
- limitazione della durata e dell'intensità dell'esposizione;
- disponibilità di adeguati dispositivi di protezione individuale.

Il rispetto dei valori limite di azione assicura, quindi, anche quello dei valori limite di esposizione.

I valori di entrambi sono riportati <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2008/04/30/008G0104/sg> nell'**allegato XXXVI del D. Lgs. 81/08** (rispettivamente: lettera A, tabella 1 e lettera B, tabella 2).

A. VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE

Per specificare i valori limite di esposizione relativi ai campi elettromagnetici, a seconda della frequenza, sono utilizzate le seguenti grandezze fisiche:

- sono definiti valori limite di esposizione per la densità di corrente relativamente ai campi variabili nel tempo fino a 1 Hz, al fine di prevenire effetti sul sistema cardiovascolare e sul sistema nervoso centrale;
- fra 1 Hz e 10 MHz sono definiti valori limite di esposizione per la densità di corrente, in modo da prevenire effetti sulle funzioni del sistema nervoso;
- fra 100 kHz e 10 GHz sono definiti valori limite di esposizione per il SAR, in modo da prevenire stress termico sul corpo intero ed eccessivo riscaldamento localizzato dei tessuti. Nell'intervallo di frequenza compreso fra 100 kHz e 10 MHz, i valori limite di esposizione previsti si riferiscono sia alla densità di corrente che al SAR;



- fra 10 GHz e 300 GHz sono definiti valori limite di esposizione per la densità di potenza al fine di prevenire l'eccessivo riscaldamento dei tessuti della superficie del corpo o in prossimità della stessa.

TABELLA 1Valori limite di esposizione (**articolo 208, comma 1**).

Tutte le condizioni devono essere rispettate.

Intervallo di frequenza	Densità di corrente per capo e tronco J (mA/m ²) (rms)	SAR mediato sul corpo intero (W/kg)	SAR localizzato (capo e tronco) (W/kg)	SAR localizzato (arti) (W/kg)	Densità di potenza (W/m ²)
Fino a 1 Hz	40	/	/	/	/
1 – 4 Hz	40/f	/	/	/	/
4 – 1000 Hz	10	/	/	/	/
1000 Hz – 100 kHz	f/100	/	/	/	/
100 kHz – 10 Mhz	f/100	0,4	10	20	/
10 MHz – 10 GHz	/	0,4	10	20	/
10 – 300 GHz	/	/	/	/	50

Note:

1. f è la frequenza in Hertz.

2. I valori limite di esposizione per la densità di corrente si prefiggono di proteggere dagli effetti acuti, risultanti dall'esposizione, sui tessuti del sistema nervoso centrale nella testa e nel torace. I valori limite di esposizione nell'intervallo di frequenza compreso fra 1 Hz e 10 MHz sono basati sugli effetti nocivi accertati sul sistema nervoso centrale. Tali effetti acuti sono essenzialmente istantanei e non v'è alcuna giustificazione scientifica per modificare i valori limite di esposizione nel caso di esposizioni di breve durata. Tuttavia, poiché i valori limite di esposizione si riferiscono agli effetti nocivi sul sistema nervoso centrale, essi possono permettere densità di corrente più elevate in tessuti corporei diversi dal sistema nervoso centrale a parità di condizioni di esposizione.

3. Data la non omogeneità elettrica del corpo, le densità di corrente dovrebbero essere calcolate come medie su una sezione di 1 cm² perpendicolare alla direzione della corrente.

4. Per le frequenze fino a 100 kHz, i valori di picco della densità di corrente possono essere ottenuti moltiplicando il valore efficace rms per $(2)^{1/2}$.

5. Per le frequenze fino a 100 kHz e per i campi magnetici pulsati, la massima densità di corrente associata agli impulsi può essere calcolata in base ai tempi di salita/discesa e al tasso massimo di variazione dell'induzione magnetica. La densità di corrente indotta può essere confrontata con il corrispondente valore limite di esposizione. Per gli impulsi di durata t_p la frequenza equivalente per l'applicazione dei limiti di esposizione va calcolata come $f = 1/(2t_p)$.

6. Tutti i valori di SAR devono essere ottenuti come media su un qualsiasi periodo di 6 minuti.

7. La massa adottata per mediare il SAR localizzato è pari a ogni 10 g di tessuto contiguo. Il SAR massimo ottenuto in tal modo costituisce il valore impiegato per la stima dell'esposizione. Si intende che i suddetti 10 g di tessuto devono essere una massa di tessuto contiguo con proprietà elettriche quasi omogenee. Nello specificare una massa contigua di tessuto, si riconosce che tale concetto può essere utilizzato nella dosimetria numerica ma che può presentare difficoltà per le



misurazioni fisiche dirette. Può essere utilizzata una geometria semplice quale una massa cubica di tessuto, purché le grandezze dosimetriche calcolate assumano valori conservativi rispetto alle linee guida in materia di esposizione.

8. Per esposizioni pulsate nella gamma di frequenza compresa fra 0,3 e 10 GHz e per esposizioni localizzate del capo, allo scopo di limitare ed evitare effetti uditivi causati da espansione termoelastica, si raccomanda un ulteriore valore limite di esposizione. Tale limite è rappresentato dall'assorbimento specifico (SA) che non dovrebbe superare 10 mJ/kg calcolato come media su 10 g di tessuto.

9. Le densità di potenza sono ottenute come media su una qualsiasi superficie esposta di 20 cm² e su un qualsiasi periodo di 68/f_{1,05} minuti (f in GHz) per compensare la graduale diminuzione della profondità di penetrazione con l'aumento della frequenza. Le massime densità di potenza nello spazio, mediate su una superficie di 1 cm², non dovrebbero superare 20 volte il valore di 50 W/m².

10. Per quanto riguarda i campi elettromagnetici pulsati o transitori o in generale per quanto riguarda l'esposizione simultanea a campi di frequenza diversa, è necessario adottare metodi appropriati di valutazione, misurazione e/o calcolo in grado di analizzare le caratteristiche delle forme d'onda e la natura delle interazioni biologiche, tenendo conto delle norme armonizzate europee elaborate dal CENELEC.

B. VALORI DI AZIONE

I valori di azione di cui alla tabella 2 sono ottenuti a partire dai valori limite di esposizione secondo le basi razionali utilizzate dalla Commissione internazionale per la protezione dalle radiazioni non ionizzanti (ICNIRP) nelle sue linee guida sulla limitazione dell'esposizione alle radiazioni non ionizzanti (ICNIRP 7/99).

TABELLA 2

Valori di azione (**articolo 208, comma 2**) [valori efficaci (rms) imperturbati]

Intervallo di frequenza	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Induzione magnetica B (μT)	Densità di potenza di onda piana S _{eq} (W/m ²)	Corrente di contatto, I _c (mA)	Corrente indotta attraverso o gli arti I _i (mA)
0 – 1 Hz	/	1,63 x 10 ⁵	2 x 10 ⁵	/	1,0	/
1 – 8 Hz	20000	1,63 x 10 ⁵ /f ²	2 x 10 ⁵ /f ²	/	1,0	/
8 – 25 Hz	20000	2 x 10 ⁴ /f	2,5 x 10 ⁴ /f	/	1,0	/
0,025 – 0,82 kHz	500/f	20/f	25/f	/	1,0	/
0,82 – 2,5 kHz	610	24,4	30,7	/	1,0	/
2,5 – 65 kHz	610	24,4	30,7	/	0,4f	/
65 – 100 kHz	610	1600/f	2000/f	/	0,4f	/
0,1 – 1 MHz	610	1,6/f	2/f	/	40	/
1 – 10 MHz	610/f	1,6/f	2/f	/	40	/
10 – 110 MHz	61	0,16	0,2	10	40	100
110 – 400 MHz	61	0,16	0,2	10	/	/
400 – 2000 MHz	3f ^{1/2}	0,008f ^{1/2}	0,01f ^{1/2}	f/40	/	/
2 – 300 GHz	137	0,36	0,45	50	/	/

**Note :**

1. f è la frequenza espressa nelle unità indicate nella colonna relativa all'intervallo di frequenza.
2. Per le frequenze comprese fra 100 kHz e 10 GHz, Seq, E2, H2, B2 e IL devono essere calcolati come medie su un qualsiasi periodo di 6 minuti.
3. Per le frequenze che superano 10 GHz, Seq, E2, H2 e B2 devono essere calcolati come medie su un qualsiasi periodo di $68/f1,05$ minuti (f in GHz).
4. Per le frequenze fino a 100 kHz, i valori di azione di picco per le intensità di campo possono essere ottenuti moltiplicando il valore efficace rms per $(2)^{1/2}$. Per gli impulsi di durata tp la frequenza equivalente da applicare per i valori di azione va calcolata come $f = 1/(2tp)$.
Per le frequenze comprese tra 100 kHz e 10 MHz, i valori di azione di picco per le intensità di campo sono calcolati moltiplicando i pertinenti valori efficaci (rms) per 10a, dove $a = (0,665 \log (f/10) + 0,176)$, f in Hz.
Per le frequenze comprese tra 10 MHz e 300 GHz, i valori di azione di picco sono calcolati moltiplicando i valori efficaci (rms) corrispondenti per 32 nel caso delle intensità di campo e per 1000 nel caso della densità di potenza di onda piana equivalente.
5. Per quanto riguarda i campi elettromagnetici pulsati o transitori o in generale l'esposizione simultanea a campi di frequenza diversa, è necessario adottare metodi appropriati di valutazione, misurazione e/o calcolo in grado di analizzare le caratteristiche delle forme d'onda e la natura delle interazioni biologiche, tenendo conto delle norme armonizzate europee elaborate dal CENELEC.
6. Per i valori di picco di campi elettromagnetici pulsati modulati si propone inoltre che, per le frequenze portanti che superano 10 MHz, Seq valutato come media sulla durata dell'impulso non superi di 1000 volte i valori di azione per Seq, o che l'intensità di campo non superi di 32 volte i valori di azione dell'intensità di campo alla frequenza portante.

La valutazione dei rischi da campi elettromagnetici **va aggiornata ogni 4 anni** oppure:

- ogni volta che risulti necessario dalla sorveglianza sanitaria obbligatoria;
- in caso di cambiamenti per quanto riguarda strutture o attrezzature di lavoro.

Di seguito vengono descritte le più comuni misure di tutela di tipo organizzativo e/o procedurale, che se messe in atto, consentono di:

- a) prevenire l'esposizione di individui con controindicazioni assolute o relative ai livelli esposizione associati agli apparati;
- b) ridurre al minimo l'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici irradiati da tali apparati.
- c) ridurre il rischio di effetti indiretti

Tra queste le principali, riferite all'esposizione ai CEM per l'impianto in oggetto, sono:

Delimitazione delle aree

Le procedure di valutazione e riduzione del rischio prevedono che nei luoghi di lavoro si realizzi inizialmente una zonizzazione distinguendo le aree in cui:

- sono rispettati i livelli di riferimento previsti dalla Raccomandazione 1999/519/CE per la protezione della popolazione e, nel caso del campo magnetico statico, il VA di 0,5 mT,
- non sono rispettati i limiti per la popolazione, ma lo sono i VA inferiori per i lavoratori: l'accesso è consentito solo previa idoneità alla mansione e relativa formazione/informazione,
- non sono rispettati i VA inferiori ma lo sono i VA superiori: anche in questo caso l'accesso è consentito solo previa idoneità alla mansione e relativa formazione/informazione,



- non sono rispettati i VA superiori, a meno che non sia verificato il rispetto dei VLE sanitari, l'accesso dovrebbe essere impedito a chiunque eccetto casi di deroga autorizzata secondo le modalità descritte all'art. 212.

La segnaletica di identificazione della presenza di campi elettromagnetici entra in gioco, ai sensi dell'art.210, comma 4 del D.lgs. 81/2008 e s.m.i., nel caso in cui vi siano aree in cui i lavoratori possono essere esposti a campi elettromagnetici che superano i VA inferiori.

Lo stesso art. 210 comma 2 prescrive che, sulla base della valutazione dei rischi di cui all'articolo 209, il datore di lavoro elabora ed applica un programma d'azione che comprenda misure tecniche e organizzative volte a prevenire qualsiasi rischio per lavoratori appartenenti a gruppi particolarmente sensibili al rischio e qualsiasi rischio dovuto a effetti indiretti.

È per questa ragione che anche le aree di superamento dei livelli di riferimento per la popolazione generale andranno opportunamente delimitate e segnalate, proprio al fine di prevenire gli effetti dell'esposizione su soggetti particolarmente sensibili, con controindicazioni assolute o relative all'esposizione, anche se questi non sono presenti nell'azienda al momento della valutazione del rischio CEM.

In assenza di zonizzazione e di segnaletica idonea, un qualsiasi soggetto sensibile potrebbe accidentalmente avvicinarsi ad un'area a rischio di esposizione a CEM. Le stesse considerazioni si applicano per i lavoratori terzi che accedono in azienda.

Considerato che la valutazione del rischio deve essere ripetuta con periodicità almeno quadriennale, se nell'arco dei quattro anni a un lavoratore che sia addetto o non addetto alla sorgente CEM, viene impiantato un dispositivo elettronico, questi dovrà essere in grado di individuare in quali aree dell'azienda sono presenti livelli di CEM potenzialmente interferenti con il suo dispositivo. Lo stesso vale per qualsiasi mutamento nella situazione di suscettibilità individuale che intercorra nell'arco dei quattro anni, quale ad esempio il caso di una lavoratrice che entri in stato di gravidanza, anche se non direttamente addetta alla sorgente CEM; anche il Medico Competente deve essere al corrente dell'entità dell'estensione dell'area interdetta ai soggetti sensibili ("Zona 1") per individuare le appropriate misure di tutela.



segnaletica di presenza di campi elettromagnetici e di radiazioni elettromagnetiche che possono generare condizioni di esposizione non accettabili prevista dal D.lgs.81/08 e s.m.i.	 Presenza di campi magnetici	 Presenza di radiazioni elettromagnetiche
segnaletica di divieto prevista dalla UNI EN ISO 7010:2017 per lavoratori particolarmente sensibili al rischio da campi elettromagnetici	 Vietato l'accesso ai portatori di stimolatori cardiaci	 Vietato l'accesso ai portatori di protesi metalliche
altra segnaletica di prescrizione prevista dalla UNI EN ISO 7010:2017	 Obbligo di indossare calzature antistatiche	 Obbligo di leggere le istruzioni
altra segnaletica di divieto prevista dalla UNI EN ISO 7010:2017	 Vietato entrare con orologi e oggetti metallici (Hazard: Strong magnetic fields)	 Divieto di attivare telefoni cellulari (Hazard: electromagnetic fields)

Figura 1. Segnaletica in uso rischio campi elettromagnetici

Formazione ed addestramento del personale

Ai fini della prevenzione dei rischi per la salute dei soggetti esposti, è fondamentale che il personale sia formato sulle corrette norme comportamentali da adottare nelle operazioni in prossimità del macchinario sorgente di CEM e soprattutto sulla necessità di limitare la permanenza nelle aree con esposizioni a campi elettromagnetici di interesse protezionistico (zone controllate) al tempo strettamente funzionale ad attività ed operazioni di controllo del macchinario/impianto sorgente di CEM.

È importante che il personale sia formato sugli aspetti seguenti:

- condizioni di controindicazione individuale all'esposizione a campi elettromagnetici;
- appropriate modalità di utilizzo degli apparati al fine di ridurre l'esposizione per i lavoratori ed i soggetti terzi: a tale riguardo è importante prendere in esame quanto prescritto sul manuale di istruzione ed uso dello specifico apparato: tali raccomandazioni dovrebbero essere recepite nell'ambito del rapporto di valutazione dei rischi e adeguatamente illustrate ai lavoratori nell'ambito di specifico addestramento
- corretti comportamenti da adottare in prossimità delle sorgenti: questi possono comprendere anche limitazioni all'introduzione di oggetti metallici o di apparecchiature elettriche all'interno dell'area controllata; tali raccomandazioni dovrebbero essere esplicitate nell'ambito del rapporto



di valutazione dei rischi e adeguatamente illustrate ai lavoratori nell'ambito di specifico addestramento

- modalità di accesso alle zone ad accesso regolamentato: tali modalità dovrebbero essere esplicitate nell'ambito del rapporto di valutazione dei rischi e adeguatamente illustrate ai lavoratori nell'ambito di specifico addestramento

DPI

Nei casi in cui l'accesso alle aree con rischio di superamento del valore DI AZIONE per i lavoratori non possa essere impedito fisicamente, come ad esempio nel caso di lavorazioni su tralicci, o su linee elettriche aeree di alta tensione, è necessario dotare i lavoratori di:

- Monitor portatile di CEM con dispositivo d'allarme atto a segnalare tempestivamente il superamento dei valori d'azione di campo elettrico e magnetico fissati dalla normativa.
- Qualora il superamento dei VLE non possa essere prevenuto andranno forniti indumenti di protezione specifici per le frequenze di interesse. Nel caso delle radio frequenze (RF) ad esempio questi consistono di abiti e tute, caschi di protezione, guanti e calze. Tali indumenti protettivi sono in genere composti dei stessi tessuti sintetici normalmente impiegati per indumenti ignifughi (es. Nomex) e di acciaio inossidabile nella percentuale del 20%-30%. A titolo di esempio nel caso degli apparati di telecomunicazioni (100 MHz -10 GHz) tali indumenti forniscono attenuazioni alle radiofrequenze dell'ordine di 1/10 – 1/100.

10 CONCLUSIONI

Considerando che:

- in fase di cantiere non c'è rischio ad esposizione di campi elettromagnetici in quanto le componenti non sono in tensione;
- nella fase di esercizio non si esclude la presenza di personale per interventi di manutenzione sugli elementi dell'impianto. Il suddetto personale sarà addestrato ad utilizzare tutti gli accorgimenti di legge per assicurare la massima sicurezza in fase di lavoro;
- i valori di induzione magnetica generati risultano inferiori ai limiti di legge;

L'impianto fotovoltaico solare “SERPENTANA” che sorgerà in località in contrada Acqua Amara e località Case Lantarotti, nel Comune di Caccamo (PA)” e le opere annesse non producono effetti negativi da campi elettrici e magnetici sulle risorse ambientali e sulla salute pubblica.

La limitazione dell'accesso all'impianto a persone non autorizzate e la ridotta presenza di potenziali ricettori garantisce ampiamente di rispettare la distanza di sicurezza tra persone e sorgenti di campi



elettromagnetici. Anche le opere utili all'allaccio dell'impianto alla rete elettrica nazionale, rispettano in ogni punto i massimi standard di sicurezza e i limiti prescritti dalle vigenti norme in materia di esposizione da campi elettromagnetici.