

REGIONE SICILIA

Libero Consorzio Comunale di Trapani
COMUNI DI TRAPANI, SALEMI, MISILISCEMI E MARSALA

PROGETTO

INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI"



PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE



ENGIE Rinnovabili S.p.A.
Viale Giorgio Ribotta, 31
00144 Roma

PROGETTISTA



Hydro Engineering s.s.
di Damiano e Mariano Galbo
via Rossotti, 39
91011 Alcamo (TP) Italy



OGGETTO DELL'ELABORATO

VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI

REV.	DATA	ATTIVITA'	REDATTO	VERIFICATO	APROVATO					
0	03/2023	PRIMA EMISSIONE	GL	VF	MG					
CODICE PROGETTISTA		DATA	SCALA	FORMATO	FOGLIO	CODICE COMMITTENTE				
RST-SA-R0016_R0		03/2023	-	A4	1 di 38	IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV.

NOME FILE: RST-SA-R0016_R0_Valutazione del rischio di esposizione ai campi elettromagnetici.dwg

ENGIE Rinnovabili S.p.A. si riserva tutti i diritti su questo documento che non può essere riprodotto neppure parzialmente senza la sua autorizzazione scritta.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	2

1. PREMESSA.....	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3. DEFINIZIONI	8
4. DATI GENERALI DEL PROGETTO	10
5. VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AL CEM E IDENTIFICAZIONE MISURE DI SICUREZZA.....	13
5.1. ANALISI DELLA NORMA	13
5.2. MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO	16
5.3. IDENTIFICAZIONE DELLE FASI DI LAVORO E DEI LAVORATORI A RISCHIO....	17
5.4. IDENTIFICAZIONE DELLE SORGENTI DI CEM NEI LUOGHI DI LAVORO	19
5.4.1. <i>Macchine da cantiere e utensili elettrici</i>	<i>22</i>
5.4.2. <i>Turbine eoliche.....</i>	<i>23</i>
5.4.3. <i>Elettrodotti in MT.....</i>	<i>23</i>
5.4.4. <i>SSEU di Misiliscemi e Marsala 30/150 kV</i>	<i>24</i>
5.5. CONTROLLO DEI LIVELLI DI AZIONE, LA, E DEL SUPERAMENTO DEGLI STESSI	24
5.6. CONTROLLO DEI VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE, VLE, E DEL SUPERAMENTO DEGLI STESSI.....	31
5.7. VERIFICA DEI LIVELLI DI RIFERIMENTO DI CUI ALLA RACCOMANDAZIONE 1999/519/CE (0 - 300 GHZ)	32
5.8. ESITO DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO	34
5.9. IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI SICUREZZA	35
6. CONCLUSIONI	38

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	3

1. PREMESSA

La Società **Engie Rinnovabili S.p.A.** è proprietaria di un parco eolico denominato "*Salemi Trapani*". La Società Hydro Engineering s.s. è stata incaricata di redigere il progetto definitivo relativo all'integrale ricostruzione dell'esistente impianto eolico.

L'impianto eolico, oggi in esercizio, trova la propria ubicazione nei territori dei Comuni di Salemi, Trapani e Misiliscemi (quest'ultimo istituito nel febbraio del 2021) facenti parte del Libero consorzio comunale di Trapani, ed è costituito da n. 36 aerogeneratori di fornitura Vestas Italia S.r.l., di cui:

- ✓ n. 31 della tipologia V90, in grado di produrre una potenza nominale di 2,00 MW,
- ✓ n. 5 della tipologia V52 capaci di sviluppare una potenza nominale di 0,85 MW;

la potenza complessiva del Parco esistente ammonta, quindi, a 66,25 MW. L'energia prodotta viene convogliata, attraverso apposito elettrodotto interrato in MT a 30 kV, presso la Sottostazione Elettrica di Utente, SSEU, 30/150 kV, ubicata, oggi, in territorio del Comune di Misiliscemi (all'epoca della realizzazione del Parco, la SSEU ricadeva in territorio del Comune di Trapani, Frazione di Fulgatore e per questo motivo era stata denominata SSEU di Fulgatore). L'impianto è entrato in esercizio il 23 novembre del 2009.

Il progetto di integrale ricostruzione consiste nello smantellamento degli aerogeneratori esistenti e nella installazione di n. 18 aerogeneratori, di potenza pari a **7,2 MW** per una potenza complessiva di nuova installazione di **129,6 MW**; l'impianto è stato suddiviso in due parchi come appresso specificato:

- ✓ Parco Salemi - n. 10 aerogeneratori saranno serviti da un nuovo elettrodotto interrato in MT da 30 kV, che convoglierà l'energia prodotta presso una nuova SSEU 30/150 kV che sarà realizzata nei pressi della Stazione Elettrica Terna denominata "Partanna 2" (questa nuova SSEU sarà realizzata nel territorio del Comune di Marsala);
- ✓ Parco Trapani - n. 8 aerogeneratori saranno serviti da un nuovo elettrodotto interrato in MT da 30 kV che vettorierà l'energia prodotta presso la esistente SSEU 30/150 kV di Misiliscemi (ex Fulgatore) che non subirà alcun ampliamento.

Le caratteristiche dimensionali del nuovo tipo di aerogeneratore sono appresso indicate: altezza del mozzo di rotazione, Hm, pari al massimo a 115 m, diametro del rotore, Dr, raggio del rotore a lordo fino a 175 m. Pertanto, l'altezza dell'aerogeneratore, Htip (altezza in punta),

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTRROMAGNETICI	4

misurata dal piano di imposta sarà al massimo pari a 202,50 m.

L'installazione del più moderno tipo di generatore comporta la consistente riduzione del numero di torri eoliche, dalle 36 unità esistenti alle 18 unità proposte (riduzione pari al 50 %); ciò comporterà, a sua volta, una sensibile riduzione dell'impatto visivo, che talvolta può trasformarsi nel cosiddetto effetto selva.

Inoltre, l'incremento di efficienza delle turbine previste rispetto a quelle in esercizio porterà un ampliamento del tempo di generazione ed un aumento della produzione unitaria media pari a più del doppio di quella attuale, e con la medesima proporzione avverrà l'abbattimento di produzione di CO₂ equivalente.

Nel complesso il progetto si compone delle seguenti fasi:

- smantellamento dei n. 36 aerogeneratori esistenti e installazione di n. 18 aerogeneratori, ciascuno di potenza pari a 7,2 MW, per una potenza complessiva di 129,6 MW;
- ripristino come ante operam delle postazioni e delle viabilità di pertinenza degli aerogeneratori che saranno rimossi;
- realizzazione di nuova viabilità e adeguamento di viabilità esistenti per l'accesso alle nuove postazioni di impianto;
- realizzazione di nuove piazzole e adeguamento di piazzole esistenti a servizio degli aerogeneratori del nuovo impianto;
- rimozione dell'elettrodotto in MT da 30 kV, attualmente in esercizio, e posa in opera di un nuovo elettrodotto in MT da 30 kV per il collegamento degli aerogeneratori alla nuova SSEU di Marsala e alla SSEU esistente di Misiliscemi (ex Fulgatore); quest'ultima, come detto non subirà ampliamenti, ma una implementazione di opere civili ed elettriche, necessarie per il ricevimento e la trasformazione dell'energia prodotta dai nuovi aerogeneratori, da realizzarsi all'interno della superficie occupata dalla esistente SSEU;
- realizzazione della nuova SSEU di Marsala 30/150 kV.

La presente relazione tecnica specialistica ha per oggetto la valutazione del rischio di esposizione, da parte dei lavoratori, ai campi elettromagnetici prodotti nelle diverse fasi di:

- ✓ Costruzione;
- ✓ Collaudo e avviamento;
- ✓ Esercizio;
- ✓ Dismissione,

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	5

dell'impianto eolico in argomento, con riferimento alle principali normative di settore quali il D. Lgs. 81/08 e la Direttiva Europea 35/2013.

Nel seguito della relazione si darà, in particolare, descrizione della normativa di riferimento, dei campi generati dagli aerogeneratori, dalle SSEU di collegamento alla rete di trasmissione nazionale e dalle linee elettriche in MT di collegamento fra gli aerogeneratori e le SSEU.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	6

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la redazione della presente relazione, si è fatto riferimento alla seguente normativa:

- **D. Lgs. 81/2008** “Attuazione dell’articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro” e ss.mm.ii.;
- **DIRETTIVA 2013/35/UE** del Parlamento Europeo e del Consiglio del 26 giugno 2013 sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all’esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) (ventesima direttiva particolare ai sensi dell’articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE) e che abroga la direttiva 2004/40/CE;
- **Decreto legislativo 1° agosto 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;
- **Guida non vincolante di buone prassi per l’attuazione della direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici** - Commissione Europea - Direzione Generale per l’Occupazione, gli Affari Sociali e l’Inclusione - Unità B3;
- **Decreto del 29/05/08** “Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell’induzione magnetica”;
- **DM del 29.5.2008** “Approvazione della metodologia di calcolo delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”;
- **Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 08/07/2003** “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”, G.U. 28 agosto 2003, n. 200;
- **Legge quadro 22/02/2001, n. 36** “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”, G.U. 7 marzo 2001, n.55;
- **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”;
- **Norma CEI 211-4** “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	7

da linee elettriche”;

- **Norma CEI 211-6** “Guida per la misura e la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell’intervallo di frequenza 0 Hz – 10 kHz, con riferimento all’esposizione umana”;
- **Norma CEI 11-17:** Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	8

3. DEFINIZIONI

Nel seguito del documento si farà uso dei seguenti termini.

- **CAMPI ELETTROMAGNETICI (CEM):** campi magnetici statici e campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici variabili nel tempo di frequenza inferiore o pari a 300 GHz.
- **Corrente di contatto (I_c):** la corrente di contatto tra una persona e un oggetto è espressa in Ampere (A). Un conduttore che si trova in un campo elettrico può essere caricato dal campo.
- **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 a metro quadro (A/m²).
- **Intensità di campo elettrico (E):** è una grandezza vettoriale che corrisponde alla forza esercitata su una particella carica indipendentemente dal suo movimento nello spazio. È espressa in Volt al metro (V/m).
- **Intensità di campo magnetico (H):** è una grandezza vettoriale che, assieme all'induzione magnetica, specifica un campo magnetico in qualunque punto dello spazio. È espressa in Ampere al metro (A/m).
- **Induzione magnetica (B):** è una grandezza vettoriale 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 $1 \text{ A m}^{-1} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}$.
- **Assorbimento specifico di energia (SA):** si definisce come l'energia assorbita per unità di massa di tessuto biologico e si esprime in Joule al chilogrammo (J/kg). 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 al 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

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	9

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 Radio Frequenze dell'ordine di pochi MHz e di individui esposti nel campo vicino di un'antenna.

- **LIMITI DI AZIONE (LA):** l'entità dei parametri direttamente misurabili, espressi in termini di intensità di campo elettrico (E), intensità di campo magnetico (H), induzione magnetica (B), corrente indotta attraverso gli arti (IL), e densità di potenza (S), che determina l'obbligo di adottare una o più delle misure specificate dalla norma. Il rispetto di questi valori assicura il rispetto dei pertinenti Valori Limite di Esposizione.
- **VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE (VLE):** limiti all'esposizione a campi elettromagnetici che sono basati direttamente sugli effetti sulla salute accertati e su considerazioni biologiche. Il rispetto di questi limiti garantisce che i lavoratori esposti ai campi elettromagnetici sono protetti contro tutti gli effetti nocivi a breve termine, conosciuti, per la salute.

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

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	10

4. DATI GENERALI DEL PROGETTO

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa con le principali caratteristiche dell'impianto in progetto.

Committente	<u>Engie Rinnovabili S.p.A.</u> <u>Viale Giorgio Ribotta, 31 – 00144 Roma</u>
Luogo di installazione	Comuni di Salemi, Trapani, Marsala e Misiliscemi (Libero Consorzio Comunale di Trapani)
Denominazione impianto	Integrale ricostruzione del Parco Eolico "Salemi Trapani" composto da n. 18 aerogeneratori ciascuno dei quali di potenza pari a 7,2 MW per una potenza complessiva installata di 129,6 MW
Dati cartografici e catastali area di progetto	<ul style="list-style-type: none"> ✓ IGM, in scala 1:25.000, codici 257 IV-SE, 257 I-SO, 257 III-NE, 257 II-NO. ✓ Carta Tecnica Regionale, CTR, in scala 1:10.000, numeri 605120, 606090, 605160, 606130. ✓ Fogli di Mappa del Comune di Salemi nn. 12, 93, 111, 110, 55, 56, 57, 74, 39. ✓ Fogli di Mappa del Comune di Trapani nn. 292, 293, 296, 299, 300. ✓ Foglio di Mappa del Comune di Misiliscemi n. 102. ✓ Foglio di Mappa del Comune di Marsala n. 189.
Superficie di interesse impianto	Area impianto: 8,80 ha Area SSEU Misiliscemi: 2.650 m ² Area SSEU Marsala: 1.100 m ²
Potenza di picco (MWp)	129,6 MW
Informazioni generali del sito	Sito raggiungibile, caratterizzato da strade esistenti, idonee alle esigenze legate alla realizzazione dell'impianto e di facile accesso

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTRICI	11

Connessione

Elettrodotto MT da 30 kV, di collegamento tra gli aerogeneratori del Parco Salemi e la SSEU 30/150 kV di Marsala da connettere alla Stazione Elettrica "Partanna 2"

Elettrodotto MT da 30 kV, di collegamento tra gli aerogeneratori del Parco Trapani e la esistente SSEU 30/150 kV di Misiliscemi da connettere alla Stazione Elettrica "Fulgatore"

Tipo strutture di sostegno

La struttura di sostegno dell'aerogeneratore è composta da due parti: una interrata (plinto di fondazione su pali in conglomerato cementizio armato) e una fuori terra (il plinto è collegato a una struttura in acciaio troncoconica di altezza pari ad almeno 115 m, sulla cui sommità viene installato l'aerogeneratore)

Barriere

architettoniche

Assenti

Rete di collegamento

Media tensione – 30 kV

Punto di consegna AT 150 kV presso le Stazioni Elettriche "Partanna 2" e "Fulgatore"

Di seguito le coordinate assolute nel sistema UTM 33 WGS84 degli aerogeneratori:

Coordinate nel sistema di riferimento Gauss Boaga

	WTG	E	N
PARCO SALEMI	R-SAL01	300998.10	4187834.80
	R-SAL02	300667.00	4187533.00
	R-SAL04	300145.90	4187323.20
	R-SAL07	298676.00	4187244.80
	R-SAL09	298077.50	4187089.20
	R-SAL10	297599.00	4186797.00
	R-SAL12	299897.00	4189064.00
	R-SAL14	299368.00	4188753.00
	R-SAL16	298042.00	4189109.00
	R-SAL22	297110.00	4188766.00

Tabella 1 – Coordinate aerogeneratori nel sistema UTM 33 WGS84 del parco Salemi

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	12

PARCO TRAPANI	WTG	E	N
	R-SAL29	298460.00	4191355.00
	R-SAL30	297556.00	4193557.00
	R-TP01	296976.00	4193383.00
	R-TP03	296400.00	4192973.00
	R-TP05	295917.00	4192805.00
	R-TP09	293280.00	4191248.00
	R-TP11	292775.35	4190734.20
	R-TP13	292313.00	4190788.00

Tabella 2 – Coordinate aerogeneratori nel sistema UTM 33 WGS84 del parco Trapani

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	13

5. VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AL CEM E IDENTIFICAZIONE MISURE DI SICUREZZA

5.1. ANALISI DELLA NORMA

Le informazioni di cui si dirà sono tratte dalle seguenti normative:

- **DIRETTIVA 2013/35/UE** del Parlamento Europeo e del Consiglio del 26 giugno 2013 sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici), nel prosieguo Direttiva EMF (ElectroMagnetic Field).
- **Guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici** - Commissione Europea - Direzione Generale per l'Occupazione, gli Affari Sociali e l'Inclusione - Unità B 3, nel prosieguo Guida.
- **D. Lgs. 81/2008, Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro** (Titolo VIII, Agenti fisici, Capo IV, **Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici** (Capo aggiornato ai sensi del D. Lgs. n. 159 del 01/08/2016 "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").

Preliminarmente, si ricordi che un CEM si identifica con la propagazione nello spazio di campi elettrici e magnetici variabili nel tempo. Alcuni campi provocano la stimolazione degli organi sensoriali, dei nervi e dei muscoli, mentre altri causano riscaldamento. È importante notare che tutti questi effetti hanno una soglia al di sotto della quale non vi è alcun rischio e le esposizioni inferiori alla soglia non sono in alcun caso cumulative. Gli effetti causati dall'esposizione sono transitori, essendo limitati alla durata dell'esposizione, e cessano o diminuiscono quando finisce l'esposizione. Ciò significa che non vi sono ulteriori rischi per la salute una volta terminata l'esposizione.

Il tipo di effetto che i CEM hanno sulle persone dipende sostanzialmente da:

- ✓ frequenza del CEM;
- ✓ intensità del CEM.

In funzione della frequenza, le radiazioni generate da un CEM si dividono in

- ✓ Radiazioni Ionizzanti (IR) con frequenze superiori a 300 GHz (raggi UV, raggi gamma

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	14

e raggi X);

- ✓ Radiazioni Non Ionizzanti (NIR) con frequenza fino a 300 GHz (campi elettromagnetici a frequenze estremamente basse, radiofrequenze, microonde, infrarosso, luce visibile).

Si consulti in proposito l'immagine appresso indicata:



Figura 1 – Grafico esplicativo della suddivisione delle radiazioni in non ionizzanti e ionizzanti

Nel caso in esame i CEM cui possono essere esposti i lavoratori sono riconducibili a campi a frequenze estremamente basse (Extremely Low Frequency, ELF); infatti, in Italia, linee elettriche, cabine di trasformazione, elettrodomestici funzionano a frequenza industriale costante, pari a 50 Hz.

La Guida identifica gli effetti diretti e indiretti accertati che sono provocati dai CEM.

Gli effetti diretti sono i cambiamenti provocati in una persona dall'esposizione a un CEM. La Direttiva prende in considerazione solo gli effetti noti che si basano su meccanismi conosciuti, ma opera una distinzione fra effetti sensoriali ed effetti sulla salute, considerati più gravi. Gli effetti diretti sono i seguenti:

- ✓ vertigini e nausea provocati da CEM statici (associati di norma al movimento, ma possibili anche in assenza di movimento);
- ✓ effetti su organi sensoriali, nervi e muscoli provocati da campi a bassa frequenza (fino a 100 kHz);

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	15

- ✓ riscaldamento di tutto il corpo o di parti del corpo causato da campi ad alta frequenza (pari o superiore a 10 MHz); in presenza di valori superiori a qualche GHz il riscaldamento si limita in misura sempre maggiore alla superficie del corpo;
- ✓ effetti su nervi e muscoli e riscaldamento causato da frequenze intermedie (100 kHz-10 MHz).

Si consulti in proposito l'immagine appresso riportata, tratta dalla Guida:



Figura 2 – Effetti dei campi elettromagnetici con diverse gamme di frequenza

Gli effetti diretti possono, quindi, suddivisi in:

- ✓ **effetti non termici**, come la stimolazione di nervi, muscoli ed organi sensoriali,
- ✓ **effetti termici**, come il riscaldamento dei tessuti.

Con riferimento agli effetti indiretti si ravvisa quanto segue. Possono essere provocati dalla presenza, nel campo elettromagnetico, di oggetti che possono determinare pericoli per la sicurezza o la salute. Gli effetti indiretti sono i seguenti:

- ✓ interferenze con apparecchiature e altri dispositivi medici elettronici;
- ✓ interferenze con apparecchiature o dispositivi medici impiantabili attivi, per esempio stimolatori cardiaci o defibrillatori;
- ✓ interferenze con dispositivi medici portati sul corpo, per esempio pompe insuliniche;
- ✓ interferenze con dispositivi impiantabili passivi (per esempio protesi articolari, chiodi, fili o piastre di metallo);
- ✓ effetti su schegge di metallo, tatuaggi, body piercing e body art;
- ✓ rischio propulsivo di oggetti ferromagnetici non fissi in un campo magnetico statico;
- ✓ innescio involontario di detonatori;
- ✓ innescio di incendi o esplosioni a causa di materiali infiammabili o esplosivi;

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	16

- ✓ scosse elettriche o ustioni dovute a correnti di contatto quando una persona tocca un oggetto conduttore in un campo elettromagnetico e uno dei due non è collegato a terra.

Alla luce delle considerazioni effettuate, atteso che la frequenza dei CEM è di 50 Hz, andranno presi in considerazione:

- ✓ effetti diretti non termici;
- ✓ effetti indiretti connessi direttamente con la salute e la sicurezza dei lavoratori.

Con riferimento all'intensità, la Guida definisce:

- ✓ Livelli di Azione (LA): sono fissati in termini di grandezze di campo esterne, rilevabili con relativa facilità tramite misurazioni o calcoli.
- ✓ Valori Limite di Esposizione: sono definiti in termini di grandezze presenti nel corpo che non possono essere misurate o calcolate facilmente.

I LA sono ottenuti dai VLE sulla base di ipotesi prudenziali, e pertanto la conformità ai LA pertinenti garantisce sempre la conformità al VLE corrispondente. Tuttavia, è possibile mantenere la conformità al VLE pur avendo superato un LA.

5.2. MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Come anticipato in premessa, la presente relazione riguarda la valutazione del rischio di esposizione dei lavoratori ai CEM dovuti al Parco Eolico Matarocco nel suo intero ciclo di vita.

L'iter seguito per la valutazione, in conformità alle norme in vigore, contempla le seguenti attività:

1. Identificazione delle fasi di lavoro e dei lavoratori a rischio.
2. Identificazione delle sorgenti di CEM nei luoghi di lavoro.
3. Controllo dei Livelli di Azione, LA, e del superamento degli stessi.
4. Controllo dei Valori Limite di Esposizione, VLE, e del superamento degli stessi.
5. Verifica dei livelli di riferimento di cui alla Raccomandazione 1999/519/CE (0 - 300 GHz).
6. Esito della valutazione del rischio.
7. Identificazione delle misure di sicurezza.

Sulla base delle indicazioni della Guida, nel seguito verrà eseguita la valutazione specifica per ciascun luogo di lavoro per confrontare i valori attesi delle grandezze in gioco con i Limiti di Azione (LA) e i Valori Limite di Esposizione (VLE).

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	17

5.3. IDENTIFICAZIONE DELLE FASI DI LAVORO E DEI LAVORATORI A RISCHIO

Ai fini del presente studio, si è tenuto conto delle diverse categorie di lavoratori interessati da potenziali CEM nell'intero ciclo di vita dell'opera. La tabella che segue mostra le differenti fasi del ciclo di vita dell'opera e, per ciascuna di esse, le classi di lavoratori interessati.

Fase di Lavoro	Categorie di lavoratori
Costruzione	Operai Edili Operai elettrici Professionisti tecnici
Collaudo e avviamento	Operai elettrici Professionisti tecnici
Esercizio e manutenzione	Manutentori Professionisti tecnici
Dismissione	Operai Edili Operai elettrici Professionisti tecnici

Tabella 3 – Fasi di lavoro e categorie di lavoratori

A questo punto, la norma suggerisce alcune precise tipologie di lavoratori sensibili al rischio di esposizione ai CEM. Si tratta di:

- ✓ Lavoratori non particolarmente a rischio;
- ✓ Lavoratori particolarmente a rischio, appresso tabellati:

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	18

Lavoratori particolarmente a rischio	Esempi
Lavoratori portatori di dispositivi medici impiantabili attivi (Active Implanted Medical Devices, AIMD)	Stimolatori cardiaci, defibrillatori cardiaci, impianti cocleari, impianti nel tronco encefalico, protesi dell'orecchio interno, neurostimolatori, codificatori della retina, pompe impiantate per l'infusione di farmaci
Lavoratori portatori di dispositivi medici impiantabili passivi contenenti metallo	Protesi articolari, chiodi, piastre, viti, clip chirurgiche, clip per aneurisma, stent, protesi valvolari cardiache, anelli per annuloplastica, impianti contraccettivi metallici e tipi di dispositivi medici impiantabili attivi
Lavoratori portatori di dispositivi medici indossati sul corpo	Pompe esterne per infusione di ormoni
Lavoratrici in gravidanza	

Tabella 4 – Tabella 3.1 tratta dalla Guida

I campi elettromagnetici possono provocare interferenze con il corretto funzionamento delle apparecchiature mediche elettroniche (così come possono interferire con qualsiasi altra attrezzatura elettronica). Tuttavia, poiché tali apparecchiature possono avere una funzione vitale per le cure mediche, le conseguenze delle interferenze possono essere gravi.

A sua volta, la norma effettua una ulteriore distinzione, così articolata:

- ✓ Lavoratori con dispositivi impiantabili attivi (AIMD);
- ✓ Altri lavoratori particolarmente a rischio (che includono lavoratori portatori di dispositivi medici impiantabili passivi contenenti metallo, lavoratori portatori di dispositivi medici indossati sul corpo, lavoratrici in gravidanza);
- ✓ Lavoratori non particolarmente a rischio.

Tale articolazione viene utilizzata nella tabella 3.2 della Guida, in cui viene esplicitato, in funzione del tipo di apparecchiatura o luogo di lavoro e in funzione della tipologia di lavoratori, di cui al precedente elenco, se va fatta o no la valutazione dei CEM:

Tipo di apparecchiatura o luogo di lavoro	Valutazione richiesta per i		
	Lavoratori non particolarmente a rischio ^a	Lavoratori particolarmente a rischio (esclusi quelli con dispositivi impiantabili attivi) ^f	Lavoratori con dispositivi impiantabili attivi ^g
	(1)	(2)	(3)

Tabella 5 – Intestazione della tabella 3.2 della Guida

Se per tutte le attività svolte in un luogo di lavoro viene apposto un “No” nelle tre colonne

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	19

(relative ai lavoratori), non è necessario effettuare una valutazione specifica in relazione alla direttiva EMF, dato che non dovrebbero esserci rischi di questo tipo.

Pertanto, la valutazione andrà effettuata laddove sarà apposto un "Si".

Per i lavoratori particolarmente a rischio la valutazione è di solito più complessa. È possibile che i LA per gli effetti diretti non garantiscano una protezione adeguata a questi lavoratori, rendendo necessaria una valutazione separata che dovrà essere effettuata in fase esecutiva, confrontando i valori misurati in campo o desunti dai dati del fabbricante, con i livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/519/CE.

I lavoratori portatori di dispositivi medici impiantabili o dispositivi medici indossati sul corpo dovranno pertanto ricevere informazioni specifiche sui livelli di sicurezza dell'intensità di campo. In questo caso tali informazioni costituiranno criteri di valutazione e dovranno, quindi, essere anteposte a qualsiasi altra informazione più generale eventualmente disponibile.

L'interferenza pertanto non dovrebbe verificarsi a condizione che i campi, diversi dai campi magnetici statici, non superino i valori istantanei dei livelli di riferimento della raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio. L'AIMD deve inoltre rimanere esente dall'influenza dei campi magnetici statici inferiori a 0,5 mT.

Per le lavoratrici in gravidanza, il datore di lavoro dovrà fare riferimento agli orientamenti contenuti nell'appendice E della Guida per l'attuazione della Direttiva EMF.

5.4. IDENTIFICAZIONE DELLE SORGENTI DI CEM NEI LUOGHI DI LAVORO

La valutazione del rischio di esposizione ai CEM parte da un censimento iniziale di sorgenti ed apparati presenti nel luogo di lavoro. La maggior parte delle sorgenti dei CEM presenti negli ambienti di lavoro produce livelli di esposizione estremamente bassi, tanto che la maggior parte delle attività lavorative comuni difficilmente causa esposizioni superiori ai LA o ai VLE stabiliti dalla Direttiva.

Per la definizione delle fonti si sfrutta quanto indicato dalla tabella 3.2 della Guida. In particolare, ci si è riferiti alla sezione della tabella dedicata all'Alimentazione elettrica, all'Edilizia e all'Industria leggera, come appresso indicato:

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTRICI	20

Tipo di apparecchiatura o luogo di lavoro	Valutazione richiesta per i		
	Lavoratori non particolarmente a rischio	Lavoratori particolarmente a rischio (esclusi quelli con dispositivi impiantabili attivi)	Lavoratori con dispositivi impiantabili attivi
Alimentazione elettrica			
Turbine eoliche, lavori con 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	No	Si	Si
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
Edilizia			
Macchinari per cantieri (per esempio betoniere, vibratori, gru ecc.) – lavoro in stretta prossimità	No	No	Si
Industria leggera			
Utensili (elettrici portatili e trasportabili per esempio trapani, levigatrici, seghe circolari e smerigliatrici angolari) – utilizzo di	No	No	Si
Utensili (elettrici portatili e trasportabili) – luoghi di lavoro contenuti	No	No	No
Pistole ad aria calda – utilizzo di	No	No	Si

(1) Per linee aeree superiori a 150 Kv l'intensità di campo elettrico sarà solitamente, ma non sempre, inferiore al livello di riferimento specificato nella raccomandazione 1999/519/CE del Consiglio.

Tabella 6 – Tabella tratta dalla tabella 3.2 con indicazione del tipo di apparecchiatura o luogo di lavoro inerenti il caso in esame

I luoghi di lavoro individuati dalla precedente tabella sono stati applicati al caso in esame per definire le sorgenti di CEM. In particolare, di seguito si riportano due tabelle di cui:

- ✓ una relativa alla identificazione delle sorgenti di CEM nel caso di costruzione e dismissione dell'impianto;
- ✓ una relativa alla identificazione delle sorgenti di CEM nei casi di collaudo avviamento ed esercizio dell'impianto.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	21

Luogo di lavoro	Sorgente di CEM
Parco Eolico Salemi Parco Eolico Trapani	Macchinari per cantieri (per esempio betoniere, vibratori, gru ecc.) – lavoro in stretta prossimità Utensili (elettrici portatili e trasportabili per esempio trapani, levigatrici, seghe circolari e smerigliatrici angolari) – utilizzo di
Elettrodotti di interconnessione con le aree SSEU di Misiliscemi e Marsala	Macchinari per cantieri (per esempio betoniere, vibratori, gru ecc.) - lavoro in stretta prossimità Utensili (elettrici portatili e trasportabili per esempio trapani, levigatrici, seghe circolari e smerigliatrici angolari) - utilizzo di Pistole ad aria calda - utilizzo di
SSEU di Misiliscemi 30/150 kV	Si rinvia a quanto indicato al primo punto

Tabella 7 – Fasi di dismissione dell'impianto esistente e costruzione del nuovo impianto

Luogo di lavoro	Sorgente di CEM
Parco eolico	Turbina eolica Circuito a cavo sotterraneo o isolato, con qualsiasi tensione nominale — esposizione a campi elettrici
Elettrodotti di interconnessione con le aree SSEU di Misiliscemi e Marsala	Circuito a cavo sotterraneo o isolato, con qualsiasi tensione nominale — esposizione a campi elettrici
SSEU di Misiliscemi 30/150 kV SSEU di Marsala 30/150 kV	Circuito a cavo sotterraneo o isolato, con qualsiasi tensione nominale — esposizione a campi elettrici Conduttore nudo aereo con tensione nominale superiore a 100 kV o linea aerea superiore a 150 kV), sopra il luogo di lavoro — esposizione a campi elettrici Conduttori nudi aerei con qualsiasi tensione — esposizione a campi magnetici

Tabella 8 – Fasi di collaudo, avviamento ed esercizio dell'impianto

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.

I paragrafi che seguono forniscono una descrizione delle sorgenti individuate.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	22

5.4.1. Macchine da cantiere e utensili elettrici

Per l'impianto eolico in argomento si prevede la realizzazione di opere civili quali:

- ✓ viabilità di accesso (nuova viabilità o ampliamento di quella esistente);
- ✓ piazzole di servizio per il montaggio e la manutenzione degli aerogeneratori (nuove piazzole o ampliamenti di quelle esistenti);
- ✓ opere in conglomerato cementizio armato, quali pali e plinti di fondazione;
- ✓ opere di sostegno;
- ✓ infrastrutture della SSEU di Marsala quali recinzioni, edificio di comando e controllo, opere di fondazione per apparecchiature elettromeccaniche, opere elettromeccaniche, opere elettriche;
- ✓ ripristini di viabilità e piazzole non più utili al nuovo layout di impianto.

Si prevede inoltre:

- ✓ smontaggio di tutti gli aerogeneratori esistenti;
- ✓ smontaggio della struttura tronco-conica in acciaio a sostegno di ciascuno degli aerogeneratori esistenti;
- ✓ demolizione del primo metro della fondazione in conglomerato cementizio armato e contestuale taglio della virola di collegamento tra la fondazione e la struttura tronco-conica in acciaio di sostegno dell'aerogeneratore;
- ✓ montaggio di opere di sostegno tronco-coniche in acciaio a sostegno del nuovo modello di aerogeneratore;
- ✓ montaggio di tutte le componenti del nuovo modello di aerogeneratore;
- ✓ rimozione/posa in opera degli elettrodotti in MT.

Per la concreta attuazione di quanto su elencato, saranno utilizzate macchine da cantiere afferenti alle seguenti tipologie:

- ✓ escavatore,
- ✓ trivella per pali,
- ✓ autobetoniera,
- ✓ autopompa per calcestruzzo,
- ✓ gru di portata variabile a seconda dei carichi da sollevare,

nonché diverse tipologie di utensili manuali elettrici, soprattutto nella fase di definizione delle opere civili in area SSEU di Marsala.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	23

5.4.2. Turbine eoliche

Relativamente alla sola componentistica elettrica, l'aerogeneratore di nuova installazione risulta composto da:

- un generatore elettrico della potenza nominale pari a 7,2 MW alla tensione di 20 kV;
- un trasformatore MT/MT 20/30kV della potenza di circa 7.800 kVA;
- scomparti MT per la connessione in entra-esci dell'aerogeneratore con la linea passante, in numero variabile a seconda della configurazione della rete;
- un sistema LPS per la protezione dalle sovratensioni atmosferiche;
- una rete di terra, collegata con le fondazioni dell'aerogeneratore;
- un sistema di controllo, che sovrintende e supervisiona il funzionamento dell'aerogeneratore e le eventuali anomalie.

La potenza del generatore elettrico viene resa ad un livello di tensione pari a 20 kV, che viene innalzata attraverso il trasformatore MT/MT alla tensione di esercizio della rete, pari a 30 kV. La potenza così prodotta, con un livello di tensione compatibile con la rete, viene immessa nella rete di vettoriamento tramite un collegamento in entra-esci, realizzato attraverso gli scomparti MT installati alla base dell'aerogeneratore.

La navicella che accoglie le principali apparecchiature di cui sopra è installata ad un'altezza pari a circa 115 m; su di essa è installato il rotore, al quale sono connesse radialmente le pale rotoriche, le quali fanno sì che il sistema nel suo complesso raggiunga l'altezza media di 202,5 m dal suolo.

Tali pale rotoriche sono sicuramente il componente maggiormente soggetto al rischio di fulminazione, e, proprio per tale motivo l'aerogeneratore è dotato di un sistema di protezione dalle scariche atmosferiche.

Tutte le parti metalliche non attive presenti all'interno dell'aerogeneratore sono collegate alla sbarra di terra, così pure la rete di terra esterna all'aerogeneratore. Anche il trasformatore MT/MT risulta collegato alla sbarra di terra attraverso il proprio centro stella.

La rete di terra consisterà nella posa di un doppio anello di rame della sezione pari ad almeno 95 mm², posato ad una profondità pari a quella del piano di posa delle fondazioni. I due anelli saranno collegati radialmente fra loro, e collegati in più punti anche all'armatura del plinto di fondazione.

5.4.3. Elettrodotti in MT

Tutti i cavi di cui si farà utilizzo, sia per il collegamento interno dei sottocampi che per la

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	24

connessione alle SSEU di Misiliscemi e Marsala, saranno del tipo standard.

Si tratta di cavi unipolari, con conduttori in alluminio, congiunti in maniera da formare un unico fascio di forma rotonda. L'isolante dei cavi è costituito da miscela in elastomero termoplastico HPTE, e fra esso e il conduttore è interposto uno strato di miscela estrusa. Il cavo presenta uno schermo metallico. Sopra lo schermo metallico è presente una guaina protettiva.

I cavi verranno interrati ad una profondità di 1,10 m. La tensione di esercizio dei cavi è pari a 30 kV.

Le correnti nominali per ciascuna linea sono funzione della potenza vettoriata e del numero di aerogeneratori collegati a valle di tale linea.

5.4.4. SSEU di Misiliscemi e Marsala 30/150 kV

La SSEU MT/AT ha lo scopo di elevare la tensione dai 30 kV della rete MT proveniente dal parco eolico ai 150 kV della rete di trasmissione nazionale, nella quale il parco dovrà conferire l'energia prodotta. Tale elevazione avverrà attraverso un trasformatore di potenza, da almeno 60 MVA.

La corrente nominale dell'impianto in AT sarà pari a circa 80 A, ad una tensione di 150 kV e alla frequenza di rete di 50 Hz.

È prevista altresì l'installazione di un trasformatore trifase di distribuzione MT/BT, per l'alimentazione dei servizi ausiliari della sottostazione, della potenza nominale fino a 125 kVA, ubicato all'interno dell'edificio comandi della SSEU.

Verrà fatto uso di trasformatori di tensione del tipo induttivo per le misure fiscali e del tipo capacitivo per le protezioni, così pure si farà uso di una terna di trasformatori amperometrici per effettuare le misure.

Infine, presso l'edificio comandi della SSEU, verranno installati i quadri MT di protezione, sezionamento e misura, nonché i quadri di bassa tensione per i servizi ausiliari.

5.5. CONTROLLO DEI LIVELLI DI AZIONE, LA, E DEL SUPERAMENTO DEGLI STESSI

I **Livelli di Azione LA** sono definiti negli allegati II e III della Direttiva EMF. La Direttiva definisce una serie di LA differenti, alcuni dei quali applicabili simultaneamente. I LA riguardano gli effetti diretti o indiretti.

Alle basse frequenze (caso in esame), i campi elettrici e magnetici possono essere

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	25

considerati indipendenti (la cosiddetta «approssimazione quasi-statica») ed entrambi inducono campi elettrici nel corpo. Pertanto, alle basse frequenze esistono LA per i campi elettrici e magnetici. Ci sono anche LA per la corrente di contatto.

Con **l'aumentare della frequenza**, i campi provocano un accoppiamento più intenso e l'interazione con il corpo si modifica, producendo una deposizione di energia che a sua volta provoca effetti termici. Per queste frequenze ci sono LA per i campi elettrici e magnetici. A frequenze superiori a 6 GHz, esiste un LA supplementare per la densità di potenza, che è correlato all'intensità dei campi elettrici e magnetici. Ci sono anche LA per le correnti indotte attraverso gli arti, a loro volta correlati agli effetti termici, e per le correnti di contatto.

Se i LA non sono superati, si può ipotizzare che le esposizioni siano conformi ai VLE e che non sono necessarie ulteriori valutazioni.

In talune circostanze il superamento di alcuni LA può comunque essere accettabile.

Se i LA sono superati, è necessario proseguire con il controllo dei VLE.

Per i campi a bassa frequenza (**1 Hz – 10 MHz**) la Direttiva EMF esprime i valori limite per gli effetti sanitari in funzione del campo elettrico interno inteso come valore di picco spaziale per l'intero corpo del soggetto esposto. Per gli effetti sensoriali viene fissato un limite solo per il range di frequenze compreso tra 1 Hz e 400 Hz per una azione di protezione dagli effetti del campo elettrico sul sistema nervoso centrale e da effetti transitori quali l'induzione di fosfene retinici e modifiche minori di determinate funzioni cerebrali che si manifestano solo per gli intervalli di frequenza considerati nel quadro normativo. Anche in questo caso la quantità dosimetrica considerata è il campo elettrico interno limitato ai valori di picco spaziale nella testa del soggetto esposto.

Di seguito le tabelle con indicazione dei limiti di riferimento al variare della frequenza.

LA per esposizione a campi elettrici compresi tra 1 Hz e 10 MHz		
Gamma di frequenza	Intensità di campo elettrico LA(E) inferiori [Vm ⁻¹] (RMS)	Intensità di campo elettrico LA(E) superiori [Vm ⁻¹] (RMS)
$1 \leq f < 25 \text{ Hz}$	$2,0 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$
$25 \leq f < 50 \text{ Hz}$	$5,0 \times 10^5/f$	$2,0 \times 10^4$
$50 \text{ Hz} \leq f < 1,64 \text{ kHz}$	$5,0 \times 10^5/f$	$1,0 \times 10^6/f$
$1,64 \leq f < 3 \text{ kHz}$	$5,0 \times 10^5/f$	$6,1 \times 10^2$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$	$1,7 \times 10^2$	$6,1 \times 10^2$

Tabella 9 – Tabella B1 Allegato II Direttiva 2013/35/UE

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	26

LA per esposizione a campi magnetici compresi tra 1 Hz e 10 MHz			
Gamma di frequenza	Induzione magnetica LA (B) inferiori [μT] (RMS)	Induzione magnetica LA (B) superiori [μT] (RMS)	Induzione magnetica LA per esposizione arti a campo magnetico localizzato [μT] (RMS)
$1 \leq f < 8 \text{ Hz}$	$2,0 \times 10^5 / f^2$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$8 \leq f < 25 \text{ Hz}$	$2,5 \times 10^4 / f$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$25 \leq f < 300 \text{ Hz}$	$1,0 \times 10^3$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$300 \text{ Hz} \leq f < 3 \text{ kHz}$	$3,0 \times 10^5 / f$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$

Tabella 10 – Tabella B2 Allegato II Direttiva 2013/35/UE

I LA per corrente di contatto I_C	
Frequenza	LA (I_C) corrente di contatto stazionaria [mA] (RMS)
fino a 2,5 kHz	1,0
$2,5 \leq f < 100 \text{ kHz}$	0,4 f
$100 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ 000 kHz}$	40

Tabella 11 – Tabella B3 Allegato II Direttiva 2013/35/UE

Da misure sperimentali effettuate su aerogeneratori di potenza superiore a 4 MW, si rilevano i seguenti valori delle grandezze di riferimento (arrotondati per eccesso):

Punto di misura	Intensità campo elettrico [V/m]	Induzione magnetica [μT]
Esterno Torre	0,41	0,52
Base torre	7,60	12,50
Area Trasformatore	5,90	79,00
Area Convertitore	316,00	53,00
Area Navicella	36,00	0,25
Mozzo di rotazione	2,00	0,50

Tabella 12 – Fonte Gestore di parchi eolici

Si assumono come valori attesi quelli massimi per entrambe le grandezze misurate: per l'intensità del campo elettrico **316,00 V/m** e per l'induzione magnetica **79,00 μT** .

Per quanto riguarda il campo elettrico di linee elettriche aeree, misure sperimentali

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	27

evidenziano quanto segue:

Tipologia di linea aerea	Range di campo elettrico misurato a terra [V/m]
Linea 380 kV	da 7.000 a 8.000
Linea 150 kV	da 2.000 a 3.000
Linea 132 kV	da 1.000 a 2.000
Linea 15 kV	da 100 a 150

Tabella 13 – Fonte <https://www.overtec.it/articoli/campi-elettromagnetici/campi-elettromagnetici-generati-da-elettrodotti>

Si assume come valore atteso quello di **3.000 V/m** per linea a 150 kV.

Per quel che concerne l'induzione magnetica, sempre le misure sperimentali danno i seguenti valori:

Tipologia di linea aerea	Range di induzione magnetica misurata a terra [μT]
Linea 380 kV	da 20 a 22
Linea 150 kV	da 16 a 18
Linea 132 kV	da 14 a 16
Linea 15 kV	da 1 a 3,6

Tabella 14 – Fonte <https://www.overtec.it/articoli/campi-elettromagnetici/campi-elettromagnetici-generati-da-elettrodotti>

Si assume come valore atteso quello di **18 μT** per linea a 150 kV.

Le tabelle che seguono mostrano il confronto tra i valori attesi e i LA, con riferimento alla sorgente CEM per la quale è necessario effettuare la valutazione:

Denominazione sorgente:	Turbine eoliche, lavori con		
Frequenza F (Hz):	50,00		
Campi a bassa frequenza (1 Hz - 10 MHz)			
	Valore atteso	LA limite	Controllo L.A.
Intensità Campo Elettrico LA(E) inferiori [V/m]	316,00	10.000,00	≤ LA
Intensità Campo Elettrico LA(E) superiori [V/m]	316,00	20.000,00	≤ LA
Induzione Magnetica LA(B) inferiori [μT]	79,00	1.000,00	≤ LA
Induzione Magnetica LA(B) superiori [μT]	79,00	6.000,00	≤ LA
Induzione Magnetica LA esp. arti a C.M. localizzato [μT]	<18.000,00	18.000,00	≤ LA
Corrente di contatto I _c [mA]	<1,00	1,00	≤ LA
Risultato controllo superamento LA sorgente:			≤ LA

Tabella 15 – Controllo superamento LA per la specifica sorgente turbine eoliche

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTRICI	28

Denominazione sorgente:	Conduttore nudo aereo con tensione nominale superiore a 100 kV o linea aerea superiore a 150 kV, sopra il luogo di lavoro — esposizione a campi elettrici		
Frequenza F (Hz):	50,00		
Campi a bassa frequenza (1 Hz - 10 MHz)			
	Valore atteso	LA limite	Controllo LA
Intensità Campo Elettrico LA(E) inferiori [V/m]	3.000,00	10.000,00	≤ LA
Intensità Campo Elettrico LA(E) superiori [V/m]	3.000,00	20.000,00	≤ LA
Induzione Magnetica LA(B) inferiori [μT]	18,00	1.000,00	≤ LA
Induzione Magnetica LA(B) superiori [μT]	18,00	6.000,00	≤ LA
Induzione Magnetica LA esp. arti a C.M. localizzato [μT]	<18.000,00	18.000,00	≤ LA
Corrente di contatto I _c [mA]	<1,00	1,00	≤ LA
	Risultato controllo superamento LA sorgente:		≤ LA

Tabella 16 – Controllo superamento LA per la specifica sorgente conduttore aereo

In entrambi i casi, si registra il non superamento dei LA.

Con riferimento alle macchine da cantiere e agli utensili da lavoro si fanno le seguenti riflessioni.

L'approvazione della Direttiva europea 2012/11/CE (modifica della direttiva 2004/40/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dai campi elettromagnetici) ha posto l'attenzione sul problema delle emissioni di campi elettromagnetici in ambiente lavorativo e della conseguente esposizione da parte dei lavoratori.

Il testo unico sulla sicurezza nei luoghi di lavoro (D. Lgs. 81/2008) obbliga il datore di lavoro alla valutazione di tutti i rischi per la salute e la sicurezza, con specifico riferimento alla **valutazione dei rischi derivanti da esposizione ad agenti fisici e, fra questi, ai campi elettromagnetici.**

Per fare questo il datore di lavoro deve valutare l'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici conformemente alle norme di riferimento e sulla base delle tipologie di apparecchiature, impianti e macchine presenti nel luogo di lavoro e, dove necessario, **deve procedere con misurazioni strumentali per verificare il rispetto dei limiti previsti dalla normativa.**

Sia la direttiva 2004/40/CE che il D. Lgs. 81/2008 prevedono che i datori di lavoro mettano a disposizioni dei lavoratori macchine ed apparecchiature sicure e, nel caso specifico, che non comportino rischi di esposizione a campi elettromagnetici per i lavoratori esposti.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	29

Il requisito essenziale di sicurezza e di tutela della salute 1.5.10 della direttiva 2006/42/CE (Direttiva Macchine) stabilisce che *“le emissioni indesiderabili di radiazioni da parte della macchina (comprese quelle non ionizzanti, di cui i campi elettromagnetici fanno parte) devono essere eliminate o essere ridotte a livelli che non producono effetti negativi sulle persone”*. Si aggiunge inoltre che *“ogni emissione di radiazioni non ionizzanti funzionali durante la regolazione, il funzionamento e la pulitura deve essere ridotta a livelli che non producono effetti negativi sulle persone”*.

È quindi necessario, da parte del fabbricante, valutare se la macchina dia origine a campi elettromagnetici potenzialmente pericolosi per le persone esposte, con particolare riferimento alle postazioni in cui è prevista la presenza dell'operatore.

Bisogna sottolineare che, come previsto dal requisito essenziale di sicurezza e di tutela della salute 1.7.4.2 (contenuto delle istruzioni), la Direttiva Macchine prevede che il manuale di istruzioni debba contenere:

- ✓ *le informazioni in merito ai rischi residui che permangono, malgrado siano state adottate le misure di protezione integrate nella progettazione della macchina e malgrado le protezioni e le misure di protezione complementari adottate;*
- ✓ *le istruzioni sulle misure di protezione che devono essere prese dall'utilizzatore, incluse, se del caso, le attrezzature di protezione individuale che devono essere fornite;*
- ✓ *se la macchina può emettere radiazioni non ionizzanti che potrebbero nuocere alle persone, in particolare se portatrici di dispositivi medici impiantabili attivi o non attivi, le informazioni riguardanti le radiazioni emesse per l'operatore e le persone esposte.*

Inoltre, il requisito essenziale di sicurezza e di tutela della salute, della direttiva macchine, 1.7.4.3 prescrive che *“le pubblicazioni illustrative o promozionali che descrivono le caratteristiche delle prestazioni della macchina devono contenere le stesse informazioni delle istruzioni per quanto concerne le emissioni”*. Quindi, in presenza di campi elettromagnetici significativi, bisognerebbe indicare nel manuale di istruzioni anche il valore rilevato dalle misure strumentali e la relativa classificazione.

Risulta evidente che tali prescrizioni hanno il duplice obiettivo di incentivare la riduzione di emissioni di radiazioni da parte delle macchine (campi elettromagnetici, radiazioni ottiche, ecc.) e di fornire gli strumenti necessari, al datore di lavoro, per adempiere ai propri obblighi in materia di salute e sicurezza negli ambienti di lavoro in cui la macchina verrà installata.

La valutazione delle radiazioni elettromagnetiche, emesse dal macchinario, effettuata dal fabbricante (con riferimento alla norma UNI EN 12198, armonizzata ai sensi della Direttiva Macchine 2006/42/CE) permette di definire la corretta classificazione della macchina. La

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	30

valutazione delle radiazioni elettromagnetiche, se necessario, consente anche di prendere idonee misure di protezione per l'eliminazione o la riduzione dei rischi connessi con l'esposizione a tali emissioni.

Se è vero che la valutazione dei rischi presenti sul luogo di lavoro compete al datore di lavoro, che ha installato la macchina, è anche vero che detta valutazione potrebbe essere stata fatta sulla base delle informazioni fornite dal fabbricante, che devono essere complete e corrette.

A tal proposito la norma UNI EN 12198 stabilisce che, nella procedura per la valutazione del rischio dovuto all'emissione di radiazioni da un macchinario, è possibile ignorare alcune tipologie di emissioni definite "trascurabili" basandosi sull'esperienza, sui calcoli e sulle misurazioni di tecnici esperti. Un aiuto in tal senso viene dato dalla norma CEI EN 50499, che fornisce un **elenco apparecchiature considerate "conformi a priori"** in quanto le emissioni originate sono inferiori ai limiti minimi della Raccomandazione 1999/519/CE sulle esposizioni a campi elettromagnetici per la popolazione.

Fanno parte di questo elenco:

- apparecchiatura di illuminazione (escluse le illuminazioni speciali alimentate in RF);
- computer e apparecchiature IT;
- telefoni mobili e telefoni senza filo;
- caricabatterie per il normale uso domestico, destinati all'utilizzo in garage, nei negozi, nell'industria leggera e nelle fattorie (trattati nella norma CEI EN 60335-2-29);
- apparecchiature audio e video (esclusi i tipi speciali, che utilizzano trasmettitori radio usati tipicamente nel settore delle radiodiffusioni);
- antenne delle stazioni base (solo per distanze dall'antenna superiori a quelle di sicurezza definite per l'esposizione della popolazione);
- apparecchiature portatili alimentate a batteria, esclusi i trasmettitori a radio frequenza;
- apparecchiature elettriche per il riscaldamento di locali (esclusi i riscaldatori a microonde);
- strumentazione, apparecchiature di misura e controllo;
- reti di alimentazione elettrica (50 Hz) nei luoghi di lavoro e circuiti di distribuzione e trasmissione dell'elettricità che attraversano o sorvolano il luogo di lavoro; in questo caso le esposizioni ai campi elettrici e magnetici devono essere considerate separatamente.

I seguenti elementi sono conformi per l'esposizione ai campi magnetici:

- tutte le installazioni elettriche con un valore nominale della corrente di fase non

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	31

superiore a 100 A;

- tutti i circuiti singoli all'interno di un'installazione, con un valore nominale della corrente di fase non superiore a 100 A;
- tutti i circuiti i cui conduttori sono vicini e hanno una corrente netta non superiore a 100 A;
- sono compresi tutti i componenti delle reti che soddisfano i criteri precedenti (inclusi i cablaggi, le apparecchiature di manovra, i trasformatori, ecc.);
- tutti i conduttori aerei nudi.

I seguenti elementi sono conformi per l'esposizione ai campi elettrici:

- tutti i circuiti di cavi sotterranei o isolati, con qualsiasi tensione nominale;
- tutti i circuiti aerei nudi con tensione nominale non superiore a 100 kV;
- le linee aeree non superiori a 125 kV che sorvolano il luogo di lavoro;
- le linee aeree che sorvolano il luogo di lavoro di qualsiasi tensione, se il luogo di lavoro è all'interno.

Se la macchina non ricade fra queste tipologie sarà necessario procedere con le misurazioni strumentali al fine di valutare il livello di emissione di radiazioni, assegnare la corretta categoria di emissione, determinare le misure di protezione appropriate e fornire le informazioni necessarie agli utilizzatori della macchina.

Pertanto, si ritiene più corretto rinviare la definizione quantitativa dei CEM elettromagnetici prodotti da macchine e utensili da lavoro nell'ambito delle valutazioni preliminari del datore di lavoro prima che inizino le attività.

Si può comunque, ipotizzare, che i valori di campo elettrico e induzione magnetica di macchinari da cantiere e utensili elettrici siano paragonabili a quelli definiti per turbine e linee elettriche aeree.

5.6. CONTROLLO DEI VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE, VLE, E DEL SUPERAMENTO DEGLI STESSI

I Valori limite di esposizione VLE sono definiti negli allegati II e III della Direttiva EMF.

Per i campi a bassa frequenza (**1 Hz – 10 MHz**) la Direttiva EMF esprime i valori limite per gli effetti sanitari in funzione del campo elettrico interno inteso come valore di picco spaziale per l'intero corpo del soggetto esposto. Per gli effetti sensoriali viene fissato un limite solo per il range di frequenze compreso tra 1 Hz e 400 Hz per una azione di protezione dagli effetti del campo elettrico sul sistema nervoso centrale e da effetti transitori quali l'induzione di fosfeni

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	32

retinici e modifiche minori di determinate funzioni cerebrali che si manifestano solo per gli intervalli di frequenza considerati nel quadro normativo. Anche in questo caso la quantità dosimetrica considerata è il campo elettrico interno limitato ai valori di picco spaziale nella testa del soggetto esposto.

Le tabelle che seguono mostrano i VLE relativi ad effetti sanitari e agli effetti sensoriali.

VLE relativi agli effetti sanitari per un'intensità di campo elettrico interno compresa tra 1 Hz e 10 MHz	
Gamma di frequenza	VLE relativi agli effetti sanitari
$1 \text{ Hz} \leq f < 3 \text{ kHz}$	$1,1 \text{ Vm}^{-1}$ (picco)
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$	$3,8 \times 10^{-4} f \text{ Vm}^{-1}$ (picco)

Tabella 17 – Tabella A2 Direttiva 2013/35/UE

VLE relativi agli effetti sensoriali per un'intensità di campo elettrico interno compresa tra 1 Hz e 400 Hz	
Gamma di frequenza	VLE relativi agli effetti sensoriali
$1 \text{ Hz} \leq f < 10 \text{ Hz}$	$0,7/f \text{ Vm}^{-1}$ (picco)
$10 \text{ Hz} \leq f < 25 \text{ Hz}$	$0,07/f \text{ Vm}^{-1}$ (picco)
$25 \text{ Hz} \leq f \leq 400 \text{ Hz}$	$0,0028 f \text{ Vm}^{-1}$ (picco)

Tabella 18 – Tabella A3 Direttiva 2013/35/UE

Come risulta dai paragrafi precedenti, tutte le sorgenti risultano avere emissioni inferiori ai LA e, pertanto, non sono presenti sorgenti per cui occorre verificare il superamento dei VLE.

5.7. VERIFICA DEI LIVELLI DI RIFERIMENTO DI CUI ALLA RACCOMANDAZIONE 1999/519/CE (0 - 300 GHz)

Nel presente paragrafo si porrà l'attenzione sui livelli di riferimento relativi ai lavoratori particolarmente a rischio (portatori di dispositivi medici, lavoratrici in gravidanza, ecc.), per i quali risulta necessaria una valutazione separata che si esegue confrontando i valori misurati o desunti dai dati del fabbricante con i livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/519/CE.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	33

Intervallo di frequenza	Intensità di campo E (V/m)	Intensità di campo H (A/m)	Campo B (μT)	Densità di potenza ad onda piana equivalente Seq (W/m ²)
0-1 Hz	-	$3,2 \times 10^4$	4×10^4	-
1-8 Hz	10000	$3,2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	-
8-25 Hz	10000	$4000/f$	$5000/f$	-
0,025-0,8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	-
0,8-3 kHz	$250/f$	5	6,25	-
3-150 kHz	87	5	6,25	-
0,15-1 MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	-
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	-
10-400 MHz	28	0,073	0,092	2
400-2 000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$	$f/200$
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

Tabella 19 – Raccomandazione 1999/519/CE - Livelli di riferimento per i campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (0 Hz-300 GHz, valori efficaci (rms) non perturbati)

Gamma di frequenza	Corrente di contatto massima (mA)
0 Hz - 2,5 kHz	0,5
2,5 kHz - 100 kHz	0,2 f
100 kHz - 110 MHz	20

Tabella 20 – Raccomandazione 1999/519/CE - Livelli di riferimento per le correnti di contatto da oggetti conduttori

In questa sede verrà valutato in via preventiva il valore di campo stimato generato dalle sorgenti, confrontandolo con i valori limite.

Tuttavia, si rimanda alla fase esecutiva con le misure effettive di campo, prima di autorizzare l'ingresso dei lavoratori particolarmente a rischio nelle aree interessate dall'emissione dei CEM di cui alle sorgenti seguenti (i valori attesi discendono dalle considerazioni di cui al par. 5.5):

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	34

Denominazione sorgente:	Turbine eoliche, lavori con		
Frequenza F (kHz):	0,05		
Condizioni di rischio:	Dispositivi medici, lavoratrici in gravidanza		
	Valore atteso	Valore Limite	Controllo VL
Intensità di campo E [V/m]	316	5.000,00	≤ VL
Intensità di campo H [A/m]	63	80,00	≤ VL
Campo B [μT]	79	100,00	≤ VL
Densità di potenza ad onda piana equivalente Seq [W/m ²]	0,00	-	-
Corrente di contatto massima [mA]	<0,50	0,50	≤ VL

Risultato controllo superamento VL sorgente: ≤ VL

Tabella 21 – Controllo superamento VL per la specifica sorgente turbine eoliche

Denominazione sorgente:	Conduttore nudo aereo con tensione nominale superiore a 100 kV o linea aerea superiore a 150 kV, sopra il luogo di lavoro — esposizione a campi elettrici		
Frequenza F (kHz):	0,05		
Condizioni di rischio:	Dispositivi medici, lavoratrici in gravidanza		
	Valore atteso	Valore Limite	Controllo VL
Intensità di campo E [V/m]	3.000	5.000,00	≤ VL
Intensità di campo H [A/m]	14,5	80,00	≤ VL
Campo B [μT]	18	100,00	≤ VL
Densità di potenza ad onda piana equivalente Seq [W/m ²]	0,00	-	-
Corrente di contatto massima [mA]	< 0,50	0,50	≤ VL

Risultato controllo superamento VL sorgente: ≤ VL

Tabella 22 – Controllo superamento VL per la specifica sorgente conduttore aereo

In entrambi i casi, si registra il non superamento dei VL.

5.8. ESITO DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Poiché tutti i valori risultano inferiori rispetto ai LA, il rischio viene valutato **BASSO**: pertanto, il rischio risulta **ACCETTABILE**, e non è necessario procedere alla valutazione successiva (superamento dei VLE).

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTRICI	35

Si possono pertanto escludere rischi relativi alla salute dei lavoratori nei confronti della esposizione a CEM.

Va, comunque, ricordato che la valutazione dei CEM va effettuata certamente per i lavoratori con dispositivi impiantabili attivi che utilizzeranno macchine da cantiere o utensili da lavoro elettrici. In questo caso sarà cura del datore di lavoro procedere con la valutazione prima di consentirne l'uso.

Il datore di lavoro deve assicurarsi che l'esposizione dei lavoratori ai CEM non superi i VLE relativi agli effetti sanitari e i VLE relativi agli effetti sensoriali, di cui all'Allegato XXXVI del D. Lgs. 81/2008.

Qualora l'esposizione dei lavoratori ai CEM superi uno qualsiasi dei VLE, il datore di lavoro dovrà adottare misure immediate in conformità all'articolo 210, comma 7 del D. Lgs. 81/2008.

D'altra parte, si considera che i VLE siano rispettati qualora il datore di lavoro dimostri che i pertinenti LA di cui all'allegato XXXVI del D. Lgs. 81/2008 non siano stati superati. Il rispetto dei LA garantisce, infatti, il rispetto dei pertinenti VLE.

Nel caso in cui l'esposizione superi i LA, il datore di lavoro dovrà adottare misure in conformità all'articolo 210 del D. Lgs. 81/2008, salvo che la valutazione effettuata ai sensi dell'articolo 209, comma 1 del D. Lgs. 81/2008, dimostri che non siano superati i pertinenti VLE e che possono essere esclusi rischi per la sicurezza.

Va in ultimo puntualizzato che la valutazione del rischio **BASSO** per tutte le mansioni e senza alcuna limitazione di accesso alle parti elettriche o alle cabine, deve essere convalidata dal Medico Competente in quanto, se ci fossero lavoratori con limitazioni (es. patologie cardiache, portatori di elettrostimolatori impiantati, ecc..) questi dovrebbero essere allertati e gestiti di conseguenza in modo da non essere sottoposti al rischio.

5.9. IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI SICUREZZA

Malgrado siano rispettati i LA e il rischio di esposizione ai CEM sia valutato **BASSO** di seguito si identificano alcune misure di mitigazione del rischio.

Il personale dovrà essere adeguatamente formato, informato ed addestrato in merito a:

- misure adottate in applicazione alle normative di riferimento;
- entità e al significato dei VLE e dei LA, nonché ai possibili rischi associati e alle misure preventive adottate;
- eventuali effetti indiretti dell'esposizione;

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	36

- risultati della valutazione, della misurazione o del calcolo dei livelli di esposizione ai CEM rilevati;
- eventuali sintomi e sensazioni temporanei dovuti a effetti sul sistema nervoso centrale o periferico;
- diritto a una sorveglianza sanitaria;
- procedure di lavoro sicure per ridurre al minimo i rischi derivanti dall'esposizione.

La formazione dovrà essere particolarmente curata per lavoratori esposti a rischi particolari, ovvero per coloro che sono dotati di dispositivi medici impiantati attivi o passivi o dispositivi medici portati sul corpo e le lavoratrici in gravidanza che abbiano segnalato la propria condizione al datore di lavoro.

Inoltre, ai fini della prevenzione degli effetti indiretti dell'esposizione, il personale dovrà essere formato in particolare sui seguenti elementi, relativi ai macchinari individuati come fonti di campi elettromagnetici:

- casi di controindicazione all'esposizione ai campi elettromagnetici emessi dai macchinari;
- corrette modalità comportamentali da adottare in prossimità dei macchinari, che in genere comprendono il divieto di introdurre oggetti metallici di qualsiasi tipo ed apparecchiature elettriche all'interno dell'area, se non espressamente autorizzate dal responsabile della sicurezza.

Nell'utilizzo delle attrezzature, dovranno essere seguite sempre le informazioni contenute nel manuale di istruzioni e nelle istruzioni operative. Nel caso di attrezzature particolarmente complesse, l'utilizzo è effettuato solo se si è abilitati e si è seguito il relativo corso di formazione.

Il datore di lavoro, nell'ambito della valutazione del rischio, dovrà anche prendere in considerazione la possibilità di rischi indiretti per la salute quali:

- interferenza con attrezzature e dispositivi medici elettronici (compresi stimolatori cardiaci e altri dispositivi impiantati);
- rischio propulsivo di oggetti ferromagnetici per campi magnetici statici con induzione magnetica superiore a 3 mT;
- incendi ed esplosioni dovuti all'accensione di materiali infiammabili provocata da scintille prodotte da campi indotti, correnti di contatto o scariche elettriche.

Nelle attività lavorative ove siano presenti macchinari o impianti emettitori di CEM, il datore di lavoro dovrà:

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	37

- prevenire l'esposizione di individui con controindicazioni assolute o relative ai livelli di emissione degli apparati;
- ridurre al minimo l'esposizione dei lavoratori ai CEM irradiati da tali apparati.

È necessario che gli apparati emettitori di CEM siano installati in aree di lavoro adibite ad uso esclusivo degli stessi e a idonea distanza dalle altre aree di lavoro, ove il personale stazioni per periodi prolungati. Inoltre, per prevenire effetti indiretti, problemi interferenziali e per evitare esposizioni inutili, è importante evitare che in prossimità delle sorgenti di CEM vengano posizionati, se non previa idonea valutazione tecnica, oggetti metallici di qualsiasi tipo ed apparecchiature elettriche.

In generale la distanza di rispetto tra l'area di installazione dell'apparato, definita area ad accesso controllato, e le altre aree di lavoro, ad accesso libero, dipende dalle caratteristiche tecnologiche dell'apparecchiatura, e dovrà essere stimata dal datore di lavoro che effettua la valutazione del rischio.

Le aree di lavoro ove i valori di esposizione possono risultare superiori ai livelli di riferimento dovranno essere delimitate con cartelli di segnalazione di presenza di campi elettromagnetici, conformi alle normative vigenti in materia di segnaletica di sicurezza.

L'accesso a tali aree sarà consentito solo a personale autorizzato, previa valutazione dell'assenza di controindicazioni fisiche all'esposizione. L'accesso al personale non autorizzato dovrà essere interdetto possibilmente mediante barriere fisiche.

CODICE ELABORATO	OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
RST-SA-R0016_R0	INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "SALEMI-TRAPANI" VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI	38

6. CONCLUSIONI

Nella presente relazione è stato condotto uno studio quali-quantitativo volto a valutare l'impatto elettromagnetico delle opere da realizzare sui lavoratori e, sulla base delle risultanze, individuare eventuali misure di prevenzione da porre in atto, al fine di garantire la tutela dei lavoratori dalle esposizioni ai CEM, secondo il vigente quadro normativo. Una volta individuate le possibili sorgenti dei CEM, per ciascuna di esse è stata condotta una valutazione di tipo analitico, volta a determinare i valori previsti da confrontare con Livelli di Azione, LA, e le classi di lavoratori soggette alle sorgenti, verificando per ciascuna di esse la compatibilità. Dallo studio risulta che tutti valori previsti risultano inferiori ai LA e, pertanto, il rischio è stato valutato **BASSO** e il rischio è risultato **ACCETTABILE**. Per tale motivo non risulta necessario procedere ad ulteriori adempimenti, oltre a quanto identificato nell'elenco delle misure di sicurezza.

Si possono, quindi, escludere rischi relativi alla salute dei lavoratori nei confronti della esposizione a CEM.

Tuttavia, si rimanda alla fase esecutiva con le misure effettive di campo, prima di autorizzare l'ingresso dei lavoratori particolarmente a rischio nelle aree interessate dall'emissione dei CEM di cui alle sorgenti individuate.

Il presente documento dovrà essere oggetto di approfondimento prima della fase realizzativa dell'opera, dettagliando i contenuti all'interno del Documento di Valutazione dei Rischi aziendale, con particolare attenzione alla valutazione del rischio CEM, ovvero nel Piano Operativo della Sicurezza, POS.

La valutazione dovrà essere condotta ai sensi del D. Lgs. 81/2008, e dovrà essere soggetta ad aggiornamento periodico, ove si verificano significative variazioni normative che potrebbero renderla superata.

La valutazione dei rischi dovrà essere condotta dal datore di lavoro e dal Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione, con la collaborazione del Medico Competente, per quanto di sua competenza e con il coinvolgimento preventivo del Rappresentante dei Lavoratori per la Sicurezza.