

23_24_EO_ENE_CRC_AU_ARE_12_00	OTTOBRE 2023	RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO	Massimiliano Pacifico	Arch. Paola Pastore	Ing. Leonardo Filotico
N. ELABORATO	DATA EMISSIONE	DESCRIZIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO

**OGGETTO:**

Progetto dell'impianto eolico denominato "Serra della Croce" della potenza complessiva di 48 MW con storage da 50 MW da realizzare nei Comuni di Stigliano (MT) e Aliano (MT).

**COMMITTENTE:**

**KHAKY ENERGY S.r.l.**  
**Z.I. Lotto n.31**  
**74020 San Marzano di S.G. (TA)**

**TITOLO:**

**A.PROGETTO DEFINITIVO DELL'IMPIANTO DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI**

**A.12**

**Relazione tecnica specialistica sull'impatto elettromagnetico**

**PROJETTO engineering s.r.l.**

società d'ingegneria

direttore tecnico

**Ph.D. Ing. LEONARDO FILOTICO**



Sede Legale: Via dei Mille, 5 74024 Manduria  
 Sede Operativa: Z.I. Lotto 31 74020 San Marzano di S.G. (TA)  
 tel. 099 9574694 Fax 099 2222834 cell. 349.1735914  
 studio@projetto.eu  
 web site: [www.projetto.eu](http://www.projetto.eu) P.IVA: 02658050733



SOSTITUISCE:

SOSTITUITO DA:

**CARTA:**  
**A4**

**SCALA:**  
/

**ELAB.**  
**RE.12**

NOME FILE  
A.12

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>QUADRO NORMATIVO.....</b>	<b>3</b>
2.1	LEGISLAZIONE.....	3
2.2	NORMATIVA TECNICA.....	5
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI.....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>CAMPI ELETTROMAGNETICI .....</b>	<b>8</b>
4.1	LIMITI DI RIFERIMENTO .....	8
<b>5</b>	<b>ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI.....</b>	<b>10</b>
5.1	CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DAI CAVIDOTTI .....	11
5.2	TRASFORMATORI MT/BT.....	16
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>18</b>

Progetto dell'impianto eolico denominato "Serra della Croce" della potenza complessiva di 48 MW con storage da 50 MW da realizzare nei Comuni di Stigliano (MT) e Aliano (MT).

---

## 1 PREMESSA

La presente relazione ha come oggetto la valutazione dei campi elettromagnetici relativi all'impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica da realizzarsi nelle aree di pertinenza dei Comuni di Stigliano (MT) e Aliano (MT).

Saranno descritte le caratteristiche principali degli elementi dell'impianto in grado di produrre campi elettromagnetici significativi e verrà applicato quanto disposto dal vigente Decreto Ministeriale 29/05/2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti".

2

---

**PROJETTO engineering s.r.l.**  
**società d'ingegneria**

Direttore Tecnico: ING. LEONARDO FILOTICO  
Cap. Soc. 119.000,00 € Codice Fiscale: 02658050733  
Partita Iva : 02658050733  
Sede Legale: Via dei Mille 5, 74024 Manduria - Taranto  
Sede Operativa: Z.I. Lotto 31, 74020 San Marzano di San Giuseppe - Taranto  
Tel 099 9574694 fax 099 2222834 mob. 3491735914

**RELAZIONE ESPOSIZIONE AI  
CAMPI ELETTROMAGNETICI**



SR EN ISO 9001:2015  
Certificate No. Q204



SR EN ISO 14001:2015  
Certificate No. E345



SR EN ISO 45001:2018  
Certificate No. QHS97

## 2 QUADRO NORMATIVO

Le leggi italiane, nazionali e regionali, prevedono che, in sede di progettazione di impianti per la produzione di energia elettrica, si debbano applicare criteri specifici per tutelare la popolazione e i lavoratori dai possibili effetti dei campi elettrici e di induzione magnetica dispersi, individuando i livelli di riferimento per il conseguimento di questo obiettivo. La legislazione e le norme tecniche forniscono gli strumenti per l'analisi e la determinazione dei livelli attesi. Di seguito si elencano, suddivise per tipologia, le principali fonti normative e tecniche di riferimento.

### 2.1 LEGISLAZIONE

- Legge 22.02.2001, n.36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", GU SG n.55, 07.03.2001.  
Rappresenta la legge di riferimento in materia di esposizione della popolazione e dei lavoratori ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. Stabilisce i compiti e gli ambiti di competenza dei diversi organismi dello Stato. Definisce i concetti e i criteri di riferimento quali la fascia di rispetto, intesa come la zona in cui "non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore", e l'obiettivo di qualità per i campi, inteso come il limite fissato "ai fini della progressiva mitigazione dell'esposizione".
- 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 (50Hz) generati dagli elettrodotti", GU SG n.200, 29.08.2003. Costituisce il decreto attuativo della L. 36/2001. Individua i limiti di esposizione in 5 kV/m per il campo elettrico e 100  $\mu$ T per il campo di induzione magnetica, in termini di valori efficaci. Precisa il concetto di obiettivo di qualità fissandone il valore per il campo di induzione magnetica in 3  $\mu$ T, in termini di valore efficace. Non si applica ai lavoratori esposti per ragioni professionali.
- Decreto del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare 29.05.2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti", SO GU n.156, 05.07.2008. Costituisce il decreto attuativo della L. 36/2001 ai fini della determinazione delle metodologie di calcolo dei campi di induzione magnetica. Introduce il concetto di Distanza di prima Approssimazione (DpA) che, rappresentando una approssimazione della "fascia di rispetto", individua, sul terreno, una fascia all'esterno della quale è sicuramente garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità.
- D.Lgs. 19.11.2007 n.257 "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)", GU SG n.9, 11.01.2008. Costituisce la normativa di riferimento in materia per la valutazione dell'esposizione dei lavoratori esposti per ragioni professionali ai rischi derivanti dai campi elettromagnetici. La direttiva 2004/40/CE mira ad introdurre misure di protezione dei lavoratori contro i rischi associati ai campi elettromagnetici, creando per tutti i lavoratori una piattaforma minima di

protezione che eviti possibili distorsioni di concorrenza. La direttiva non riguarda, tuttavia, gli effetti a lungo termine, inclusi eventuali effetti cancerogeni dell'esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici variabili nel tempo, per cui mancano dati scientifici conclusivi che comprovino un nesso di causalità. Nella direttiva si precisa anche che la riduzione dell'esposizione ai campi elettromagnetici può essere realizzata in maniera più efficace attraverso l'applicazione di misure preventive fin dalla progettazione dei posti di lavoro, nonché attraverso la scelta delle attrezzature, dei procedimenti e metodi di lavoro.

La direttiva precisa, inoltre, che l'aderenza ai valori limite introdotti dovrebbe fornire un elevato livello di protezione rispetto agli effetti accertati sulla salute, ma non evita necessariamente i problemi di interferenza o effetti sul funzionamento di dispositivi medici quali protesi metalliche, stimolatori cardiaci e defibrillatori, impianti cocleari e di altro tipo; problemi di interferenza specialmente con gli stimolatori cardiaci possono verificarsi anche per valori inferiori ai valori limite ed esigono, quindi, appropriate precauzioni e misure protettive.

In sintesi, la direttiva 2004/40/CE:

- Stabilisce prescrizioni minime di protezione dei lavoratori dall'esposizione ai campi elettromagnetici (da 0 a 300 GHz) durante il lavoro (art. 1);
  - Riguarda gli effetti nocivi a breve termine conosciuti nel corpo umano derivanti dalla circolazione di correnti indotte e dall'assorbimento di energia, nonché da correnti di contatto (art. 2);
  - Non riguarda effetti ipotizzati a lungo termine (art. 3);
  - Non riguarda i rischi risultanti da contatto con i conduttori in tensione. La direttiva introduce due tipologie di valori limite (art. 2);
  - I valori limite di esposizione, 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 per la salute conosciuti;
  - I valori di azione, ossia l'entità dei parametri direttamente misurabili, espressi in termini di intensità di campo elettrico (E), intensità di campo magnetico (H), induzione magnetica (B) e densità di potenza (S), che determina l'obbligo di adottare una o più delle misure specificate nella presente direttiva. Il rispetto di questi valori assicura il rispetto dei pertinenti valori limite di esposizione.
- D.Lgs. 09.04.2008 n.81 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro", GU SG n. 101,30.04.2008. È il Testo Unico per la sicurezza. Al capo IV "Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici" viene trattata la tematica dell'esposizione dei lavoratori. Agli allegati XXXVI, lettera A, tabella 1 e XXXVI, lettera B, tabella 2. Sono rispettivamente riportati i limiti di esposizione e i valori di azione, in perfetta analogia con la Direttiva 2004/40/CE.
- Decreto interministeriale 21 marzo 1988, n. 449 "Approvazione nelle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne", GU SG n.79, 05.04.1988.

Costituisce la norma tecnica attuativa del Decreto Ministeriale 21 marzo 1988 n. 339. Riporta la classificazione delle linee elettriche aeree esterne e le indicazioni tecniche per la loro costruzione e il loro esercizio.

## 2.2 NORMATIVA TECNICA

- CEI 106-11 Fasc.8149 2006-02 "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".  
La metodologia di calcolo illustrata nella guida è basata sull'algoritmo bidimensionale normalizzato nella CEI 211-4, considerato idoneo per la maggior parte delle situazioni pratiche riscontrabili per le linee elettriche aeree o in cavo interrato. Nella Guida vengono presentate anche alcune formule analitiche semplificate che, per le distanze di interesse, forniscono risultati in buon accordo con quelli ottenibili con l'algoritmo normalizzato. La metodologia può essere applicata per qualsiasi livello di riferimento dell'induzione magnetica, ma, in considerazione dell'applicazione del DPCM 8 luglio 2003, le esemplificazioni riportate sono soprattutto sviluppate con riferimento ad un valore di induzione magnetica pari all'obiettivo di qualità di 3 m T di cui all'art. 4 del DPCM stesso, considerando la portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto dichiarata dal gestore (Articolo 6 del DPCM) in forma parametrica come "corrente di riferimento". Con l'ausilio della metodologia di calcolo illustrata nella guida, la fascia di rispetto viene determinata come "lo spazio circostante i conduttori di una linea elettrica aerea, o in cavo interrato, che comprende tutti i punti al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale ad un valore prefissato, in particolare all'obiettivo di qualità" inteso come 3  $\mu$ T per il valore efficace di induzione magnetica.
- CEI 211-4 Fasc.9482 2008-09 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e stazioni elettriche". La presente Guida ha lo scopo di fornire gli elementi fondamentali per il calcolo dei campi elettrici e magnetici a 50 Hz generati da linee, aeree e in cavo, e da cabine e stazioni elettriche. Essa è una revisione della Guida CEI 211-4:1996, per integrarla con metodi di calcolo del campo magnetico applicabili a molte situazioni di interesse pratico non coperte dalla precedente edizione; fornisce inoltre indicazioni generali sulle metodologie disponibili per il calcolo del campo elettrico. La Guida CEI 211-4:1996 era stata infatti redatta per formulare un metodo di calcolo del campo elettrico e del campo magnetico generati dalle linee elettriche aeree, che coprisse i casi di maggiore interesse riscontrabili in pratica per tali linee. Non era però applicabile a tutte le geometrie di linee aeree e in cavo e alle stazioni elettriche perché i metodi esposti nella suddetta precedente edizione, sviluppati limitatamente a geometrie bidimensionali, restavano applicabili soltanto alle linee, aeree e in cavo, nell'intorno delle quali i conduttori potevano essere considerati paralleli tra di loro e rispetto alla superficie del terreno (perlomeno per un tratto sufficientemente lungo rispetto alle distanze tra i conduttori stessi). Definisce i simboli e le formule e le procedure da utilizzare negli schemi di calcolo.

- CEI 11-17 Fasc.8402 2006-07 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo".

La norma si applica alle linee in cavo per la produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica a bassa, media ed alta tensione; si applica altresì alle linee in cavo per impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale superiore a 1000 V in corrente alternata ed a 1500 V in corrente continua, quando non esistano Norme in merito. La Norma ha lo scopo di fornire prescrizioni necessarie alla progettazione, all'esecuzione, alle verifiche e all'esercizio delle linee di energia in cavo a corrente sia alternata sia continua, nuove ed alle loro trasformazioni radicali. La presente Norma non si applica alle linee aeree in cavo per esterno, che sono oggetto della Norma CEI 11-4. Detta gli elementi per il calcolo della "portata in regime permanente" da utilizzare nei calcoli delle fasce di rispetto.

- CEI 11-4 Fasc.4644 C 1998-09 "Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne". La Norma tratta le linee elettriche aeree esterne. Essa si applica altresì alle linee situate in zone sismiche e tiene luogo integralmente delle disposizioni tecniche ed amministrative di cui alle leggi n. 1684 del 25.11.1962 e n. 64 del 2.2.1974. La Norma è stata pubblicata come regolamento di esecuzione della legge 28 giugno 1986, n. 339, con Decreto Ministeriale 21 marzo 1988, sul supplemento della Gazzetta Ufficiale n. 79 del 5 aprile 1988.

Progetto dell'impianto eolico denominato "Serra della Croce" della potenza complessiva di 48 MW con storage da 50 MW da realizzare nei Comuni di Stigliano (MT) e Aliano (MT).

### 3 DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI

L'impianto eolico con denominazione "Serra della Croce", ricade nei Comuni di Stigliano (MT) e Aliano (MT), è costituito da n. 8 aerogeneratori, ciascuno dei quali comprende un generatore asincrono trifase ( $V = 30.000 \text{ V}$ ,  $P = 6.000 \text{ kW}$ ). Queste macchine sono collegate al rispettivo trasformatore MT/BT di macchina (30/0.69 kV).

Le turbine eoliche sono raggruppate in n. 3 gruppi, di cui un gruppo formato da n. 2 aerogeneratori e due gruppi formati da n. 3 aerogeneratori. Ogni gruppo è interconnesso tramite una linea di media tensione (MT) a 30 kV alla stazione di utenza (AT/MT) di proprietà di Khaky Energy s.r.l.. La stazione di utenza sarà collegata in antenna al futuro ampliamento a 36 kV della Stazione Elettrica RTN 380/150 kV "Aliano". Ogni aerogeneratore è dotato di tutte le apparecchiature e circuiti di potenza nonché di comando, protezione, misura e supervisione. All'impianto di generazione sarà connesso un impianto di accumulo elettrochimico (BESS) avente una potenza di 50,0 MW (200 MWh), il quale sarà connesso a 30 kV alla stazione di utenza.

L'impianto sarà quindi suddiviso in più cluster che convergeranno in un punto comune che ospiterà la trasformazione dell'energia in alta tensione per l'erogazione in rete.

L'impianto è pertanto composto dalle seguenti strutture:

- n.8 aerogeneratori con annesse all'interno tutte le apparecchiature di macchina;
- n. 1 sistema BESS, costituito da n 80 cabine di accumulatori elettrochimici, n. 10 cabine di conversione e trasformazione, n.2 cabine MT, n. 1 cabina per l'alimentazione dei servizi ausiliari;
- cavidotti di media tensione a 30 kV che realizzano la rete elettrica interna al parco eolico;
- n.1 stazione elettrica AT/MT (36/30 kV) con un trasformatore della potenza di 110 MVA e rapporto di trasformazione 36/30 kV, un edificio di stazione ospitante i quadri elettrici di arrivo dal parco eolico e partenza verso il trasformatore di potenza, nonché i quadri elettrici di alta tensione (AT) a 36 kV per l'attestazione dei cavi di connessione alla stazione elettrica RTN. Inoltre nell'edificio della stazione utente saranno ubicati i locali delle apparecchiature di controllo, misura, alimentazione dei servizi ausiliari, locali ufficio e magazzino.
- cavidotto a 36 kV per la connessione della stazione utente all'edificio produttori del futuro ampliamento a 36 kV della stazione elettrica RTN 380/150 kV.

## 4 CAMPI ELETTROMAGNETICI

La linea elettrica durante il suo normale funzionamento genera un campo elettrico e un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il secondo è proporzionale alla corrente che vi circola. Entrambi decrescono molto rapidamente con la distanza, tuttavia nel caso di cavi interrati, la presenza dello schermo e la relativa vicinanza dei conduttori delle tre fasi elettriche rende di fatto il campo elettrico nullo ovunque. Pertanto il rispetto della normativa vigente in corrispondenza dei recettori sensibili è sempre garantito indipendentemente dalla distanza degli stessi dall'elettrodotto. Per quanto riguarda invece il campo magnetico si rileva che la maggiore vicinanza dei conduttori delle tre fasi tra di loro rende il campo trascurabile già a pochi metri dall'asse dell'elettrodotto.

La linea di connessione genera, con andamento radiale rispetto ai cavi, dei campi elettromagnetici dovuti al passaggio della corrente e ad essa proporzionali.

I cavidotti in progetto utilizzano un sistema di cavi unipolari disposti a trifoglio. Nella sezione di calcolo si ha una profondità di posa di 1 metro, su ogni linea è stata considerata la portata di corrente di esercizio riportata di seguito.

### 4.1 LIMITI DI RIFERIMENTO

Di seguito si riporta una tabella indicante i valori di azione per diverse grandezze che dovranno essere verificate:

Tabella 1 | Valori di azione

INTERVALLO DI FREQUENZA	INTENSITÀ DEL CAMPO ELETTRICO (V/m)	INTENSITÀ DEL CAMPO MAGNETICO (A/m)	INDUZIONE MAGNETICA (μT)	DENSITÀ DI POTENZA DELL'ONDA PIANA EQUIVALENTE $S_{eq}$ (W/m <sup>2</sup> )	CORRENTE DI CONTATTO $I_c$ (mA)	CORRENTE INDOTTA ATTRAVERSO GLI ARTI $I_L$ (mA)
0 - 1 Hz	-	$1,63 \times 10^5$	$2 \times 10^5$	-	1,0	-
1 - 8 Hz	20.000	$1,63 \times 10^5 / f^2$	$2 \times 10^5 / f^2$	-	1,0	-
8 - 25 Hz	20.000	$2 \times 10^4 / f$	$2,5 \times 10^4 / f$	-	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	-

Considerando l'impianto a corrente alternata con valore di frequenza  $f=0,050$  kHz, risultano i seguenti valori di riferimento per l'esposizione dei lavoratori:

- intensità del campo elettrico: 10 kV/m;
- intensità del campo di induzione magnetica: 500 μT.

Progetto dell'impianto eolico denominato "Serra della Croce" della potenza complessiva di 48 MW con storage da 50 MW da realizzare nei Comuni di Stigliano (MT) e Aliano (MT).

---

Il rispetto di questi valori assicura il rispetto dei pertinenti limiti di esposizione (art. 207DLgs 81/2008). A seguito della valutazione dei livelli dei campi elettromagnetici, qualora risulti che siano superati i valori di azione, il datore di lavoro valuta e, quando necessario, calcola se i valori limite di esposizione sono stati superati. Il valore massimo della tensione di esercizio presente nell'impianto è tale che i corrispondenti limiti di esposizione al campo elettrico (10 kV/m) sono raggiunti a distanze dai conduttori già reclusi all'accesso.

Si dovrà pertanto garantire il rispetto del limite di azione di 500  $\mu$ T per il campo di induzione magnetica, relativamente alle aree il cui accesso è limitato al personale esposto per ragioni professionali.

In ambito nazionale, ai fini della protezione della popolazione, la legge n. 36 del 22 febbraio 2001 e il successivo D.P.C.M. 8 luglio 2003 hanno introdotto, relativamente alla frequenza di rete di 50 Hz, i seguenti limiti:

- Limite di esposizione:  
5 kV/m per il campo elettrico  
100  $\mu$ T per l'induzione magnetica
- Valore di attenzione:  
10  $\mu$ T per l'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio
- Obiettivo di qualità:  
3  $\mu$ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Mentre i limiti di esposizione si applicano in ogni condizione di esposizione, i valori di attenzione si applicano nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere nel caso di linee esistenti nei pressi di edificato esistente.

## 5 ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI

Ogni sottocampo è costituito da più aerogeneratori fra loro interconnessi che producono energia elettrica da fonte eolica in corrente alternata e a bassa tensione. Come tali, non sono in grado di produrre un campo elettrico e magnetico significativo per generare disturbi alla salute umana in quanto ampiamente al di sotto del valore di qualità. Infatti, secondo quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 (paragrafo 3.2), la tutela in merito alle fasce di rispetto di cui all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 si applica alle linee elettriche aeree ed interrate ad esclusione di:

- linee esercite a frequenza diversa da quella di rete di 50 Hz (ad esempio linee di alimentazione dei mezzi di trasporto);
- linee di classe zero ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (come le linee di telecomunicazione);
- linee di prima classe ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (quali le linee di bassa tensione);
- linee di Media Tensione in cavo cordato ad elica (interrate o aeree); in quanto le relative fasce di rispetto hanno un'ampiezza ridotta, inferiore alle distanze previste dal DM 21 marzo 1988, n. 449 e s.m.i.

Le linee elettriche costituenti la rete elettrica dell'impianto eolico in progetto sono formate da cavi unipolari disposti a trifoglio con conduttori in alluminio.

La valutazione delle fasce di rispetto ai fini dell'esposizione della popolazione, sarà condotta applicando la metodologia del DM 29.05.2008 da cui si ricavano i valori delle Distanze di Prima Approssimazione (Dpa)

Il campo elettrico, invece, subisce una attenuazione per effetto della presenza di elementi posti fra la sorgente e il punto irradiato, pertanto le situazioni più critiche sono rappresentate dagli impianti in aereo esterni, tuttavia le schermature dei cavi e la blindatura degli scomparti rappresentano validi elementi di schermatura.

Tutti i cavi di cui si farà utilizzo, sia per il collegamento degli aerogeneratori che per la connessione della cabina primaria, saranno del tipo schermato, con formazione a trifoglio e idonei alla posa interrata.

Nel caso in questione l'impianto è suddiviso in n.3 gruppi eolici con relativa rete di collegamento degli aerogeneratori con potenza nominale di 6 MW ciascuno, quindi il fenomeno dei campi elettromagnetici è sostanzialmente associato alle linee di distribuzione di energia e al funzionamento dei trasformatori MT/BT posti nelle torri eoliche, inoltre le apparecchiature saranno accessibili solo al personale tecnico autorizzato.

Trattandosi di impianti che operano a bassa frequenza (50Hz) rientrano nel campo di applicazione del D.P.C.M. 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

Progetto dell'impianto eolico denominato "Serra della Croce" della potenza complessiva di 48 MW con storage da 50 MW da realizzare nei Comuni di Stigliano (MT) e Aliano (MT).

Hz) generati dagli elettrodotti. Tale Decreto, ha fissato i limiti di esposizione a campi elettrici (5 kV/m) e magnetici (3  $\mu$ T obiettivo di qualità) generati dalle linee elettriche a frequenza di rete. I limiti devono essere applicati a quelle situazioni in cui si prevede la presenza di persone in prossimità della sorgente, per un periodo superiore alle quattro ore giornaliere; il limite inoltre non si applica a quelle figure professionali che devono operare in prossimità della sorgente. Per tali figure professionali, si applicano le norme ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) e dalla direttiva 2004/40/CE, i cui limiti sono fissati in 500  $\mu$ T. Inoltre si evidenzia che applicando le medesime restrizioni previste dalla normativa a vantaggio della sicurezza, i limiti devono comunque essere applicati nei confronti della popolazione e per periodi di permanenza superiori alle 4 ore.

11

Si riporta di seguito il calcolo dell'intensità del campo elettromagnetico sulla verticale del cavidotto MT e nelle sue immediate vicinanze. Le simulazioni relative al calcolo dell'intensità del campo magnetico sono state elaborate con il software "MoE" (Monitoraggio Elettrodotti) v.1.0 sviluppato dal CESI – Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano - utilizzando modelli di calcolo basati sul metodo standardizzato dal Comitato Elettrotecnico Italiano Norma CEI 211-4/1996.

Il programma applicativo "MoE", partendo dai dati di input, consente di ottenere i valori dell'induzione magnetica in corrispondenza dei siti monitorati; ovvero: la definizione dei parametri geometrici del sito e dell'elettrodotto, il suo stato di funzionamento e il calcolo dell'induzione magnetica.

Per quanto riguarda il valore del campo elettrico, trattandosi di linee interrate, esso è da ritenersi trascurabile grazie anche all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno.

## 5.1 CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DAI CAVIDOTTI

Il calcolo del campo elettromagnetico generato dai cavidotti sarà svolto considerando la posa a trifoglio dei conduttori.

Per la corrente di calcolo si fa riferimento alla portata in corrente in servizio normale, corrispondente, nel caso in esame, alla corrente nominale che circola in ciascun circuito di collegamento.

Nella seguente tabella si riportano i risultati del calcolo dell'intensità del campo magnetico generato dalle linee di media tensione in esame, si fa presente che tali valori sono calcolati puntualmente nella condizione di massimo carico e in corrispondenza dell'asse del cavidotto alla quota di 0 m sul piano di campagna.

Progetto dell'impianto eolico denominato "Serra della Croce" della potenza complessiva di 48 MW con storage da 50 MW da realizzare nei Comuni di Stigliano (MT) e Aliano (MT).

Tabella 2 | Valori del campo magnetico generato dagli elettrodotti

CIRCUITO	CAVIDOTTO		FORMAZIONE [mm <sup>2</sup> ]	TIPO	I (A)	B [μT]
1	WTG01	WTG06	3x1x150	Al	141	1,407
	WTG04	WTG06	3x1x150	Al	141	1,407
	WTG06	SE_U	3x1x630	Al	422	6,535
2	WTG08	WTG03	3x1x150	Al	141	1,407
	WTG03	WTG02	3x1x240	Al	282	3,162
	WTG02	SE_U	3x1x630	Al	422	6,535
3	WTG07	WTG05	3x1x150	Al	141	1,407
	WTG05	SE_U	3x1x630	Al	282	4,367
BESS	BESS 1	MV SW 1	3x1x150	Al	117	1,168
	BESS 2	MV SW 1	3x1x150	Al	117	1,168
	BESS 3	MV SW 1	3x1x150	Al	117	1,168
	BESS 4	MV SW 1	3x1x150	Al	117	1,168
	BESS 5	MV SW 1	3x1x150	Al	117	1,168
	BESS 6	MV SW 2	3x1x150	Al	117	1,168
	BESS 7	MV SW 2	3x1x150	Al	117	1,168
	BESS 8	MV SW 2	3x1x150	Al	117	1,168
	BESS 9	MV SW 2	3x1x150	Al	117	1,168
	BESS 10	MV SW 2	3x1x150	Al	117	1,168
	MV_SW 1	SE_U	3x1x630	Al	535	8,285
	MV_SW 2	SE_U	3x1x630	Al	535	8,285
Connessione	SE_U	SE_RTN	3(3x1x800)	Al	1672	17,488

Dai risultati ottenuti si osserva che per la maggior parte delle linee elettriche in progetto risulta rispettato l'obiettivo di qualità di 3 μT in corrispondenza del piano di campagna, invece per i cavidotti di connessione dei gruppi eolici e dello storage è rispettato il limite di attenzione di 10 μT. Per il cavidotto di connessione della stazione utente non si supera il limite di esposizione di 100 μT.

Per i suddetti tratti di elettrodotti si riporta di seguito la rappresentazione grafica del campo magnetico emesso dalle linee elettriche. Nella tabella sottostante si riassumono le distanze di prima approssimazione per ottenere il limite di 3 μT per i cavidotti nei quali circola la maggiore intensità di corrente.

Tabella 3 | Tabella delle DPA

CAVIDOTTO		FORMAZIONE [mm <sup>2</sup> ]	I (A)	B [μT]	DPA [m]
WTG06	SE_U	3x1x630	422	6,535	1,8
WTG03	WTG02	3x1x240	282	3,162	1,2
WTG02	SE_U	3x1x630	422	6,535	1,8
WTG05	SE_U	3x1x630	282	4,367	1,5
MV_SW 1	SE_U	3x1x630	535	8,285	2,1
MV_SW 2	SE_U	3x1x630	535 </td <td>8,285</td> <td>2,1</td>	8,285	2,1
SE_U	SE_RTN	3(3x1x800)	1672	17,488	3,2

Figura 1 | Induzione magnetica generata dal cavidotto di connessione WTG06-SE\_U e WTG02-SE\_U

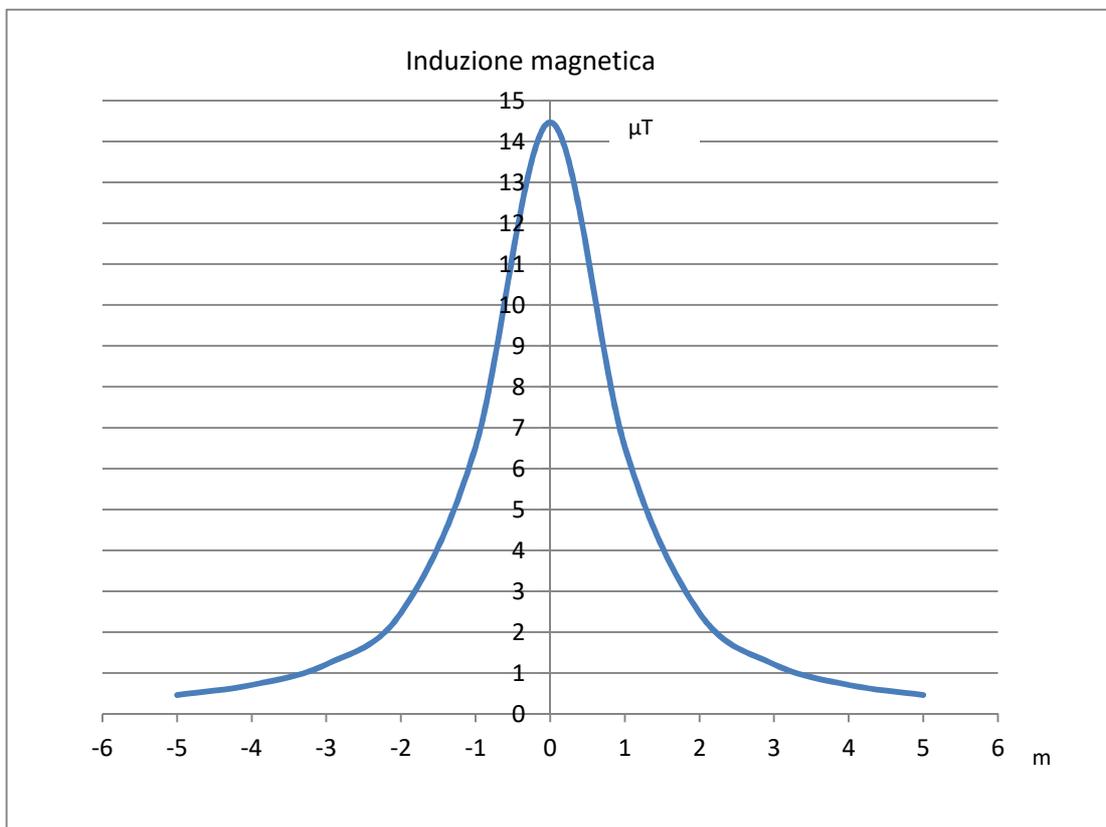


Figura 2 | Induzione magnetica generata dal cavidotto di connessione WTG03-WTG02

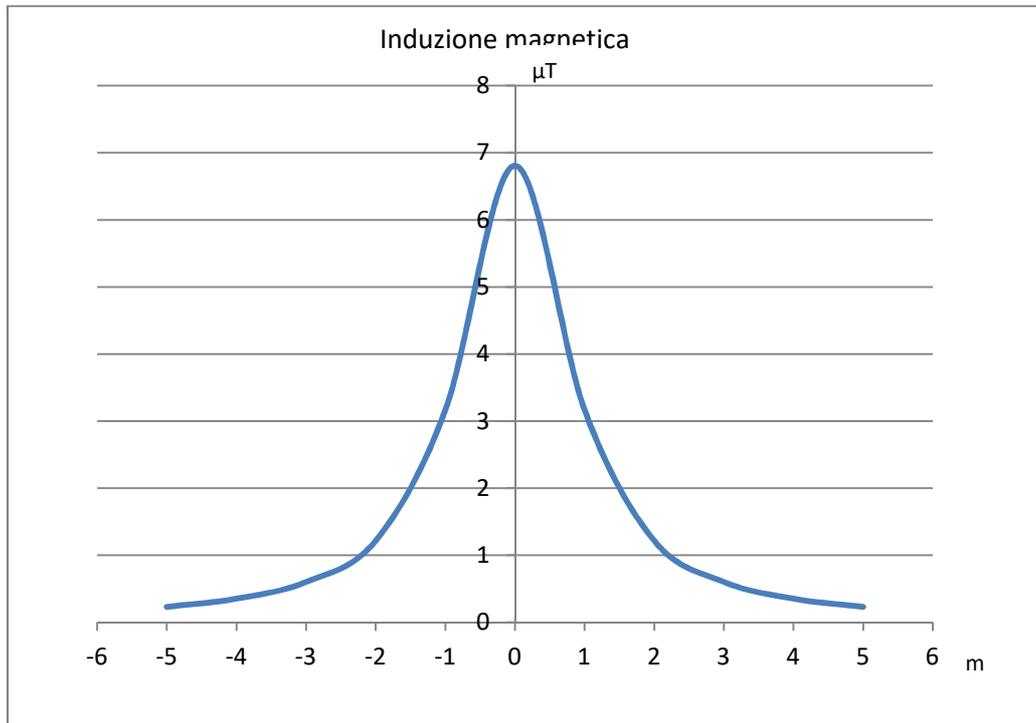


Figura 3 | Induzione magnetica generata dal cavidotto di connessione WTG05-SE\_U

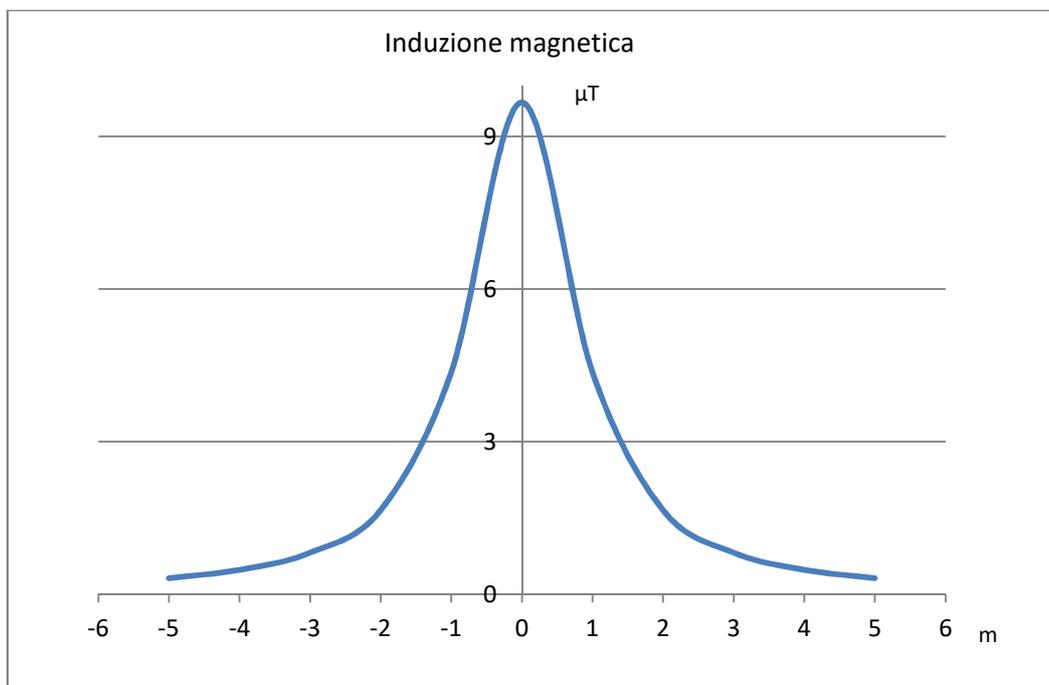


Figura 4 | Induzione magnetica generata dal cavidotto di connessione MW\_SW1-SE\_U e MW\_SW2-SE\_U

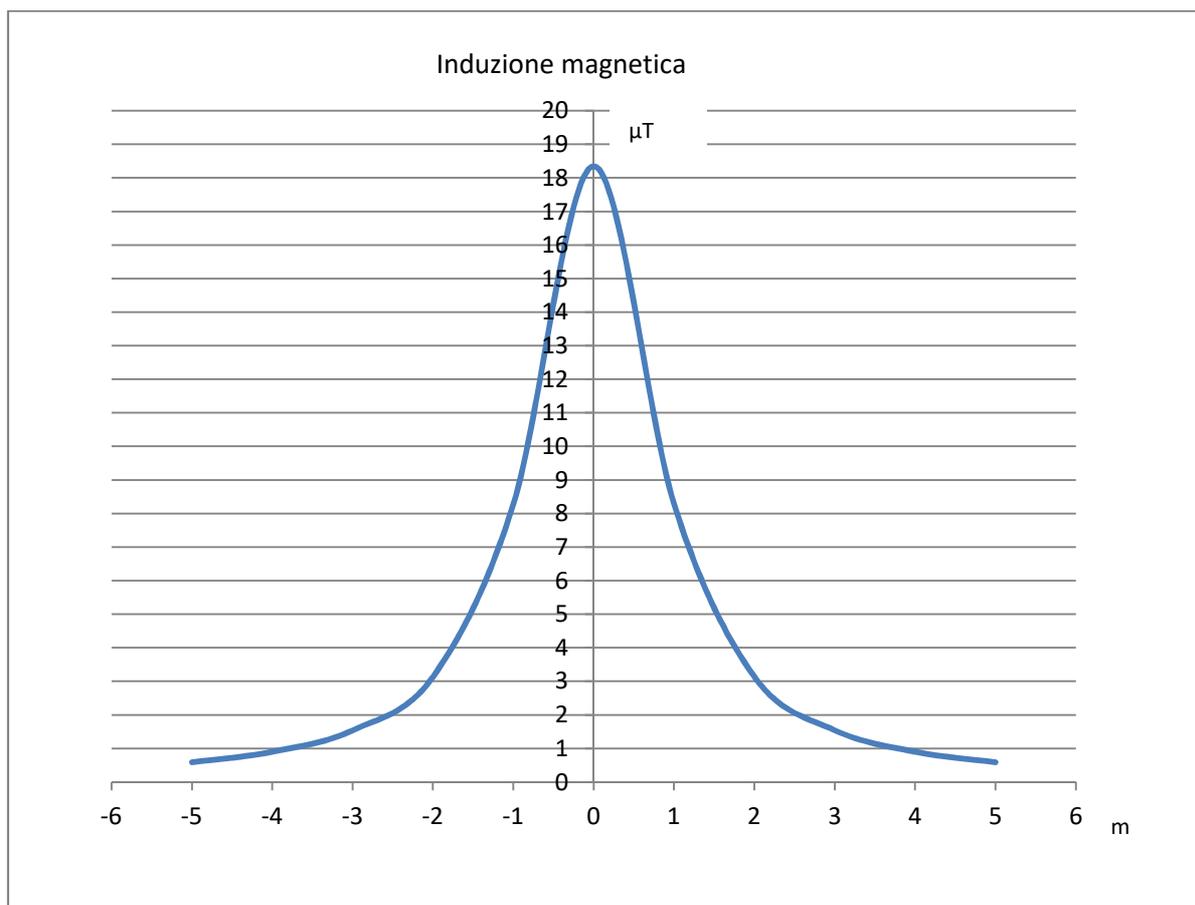
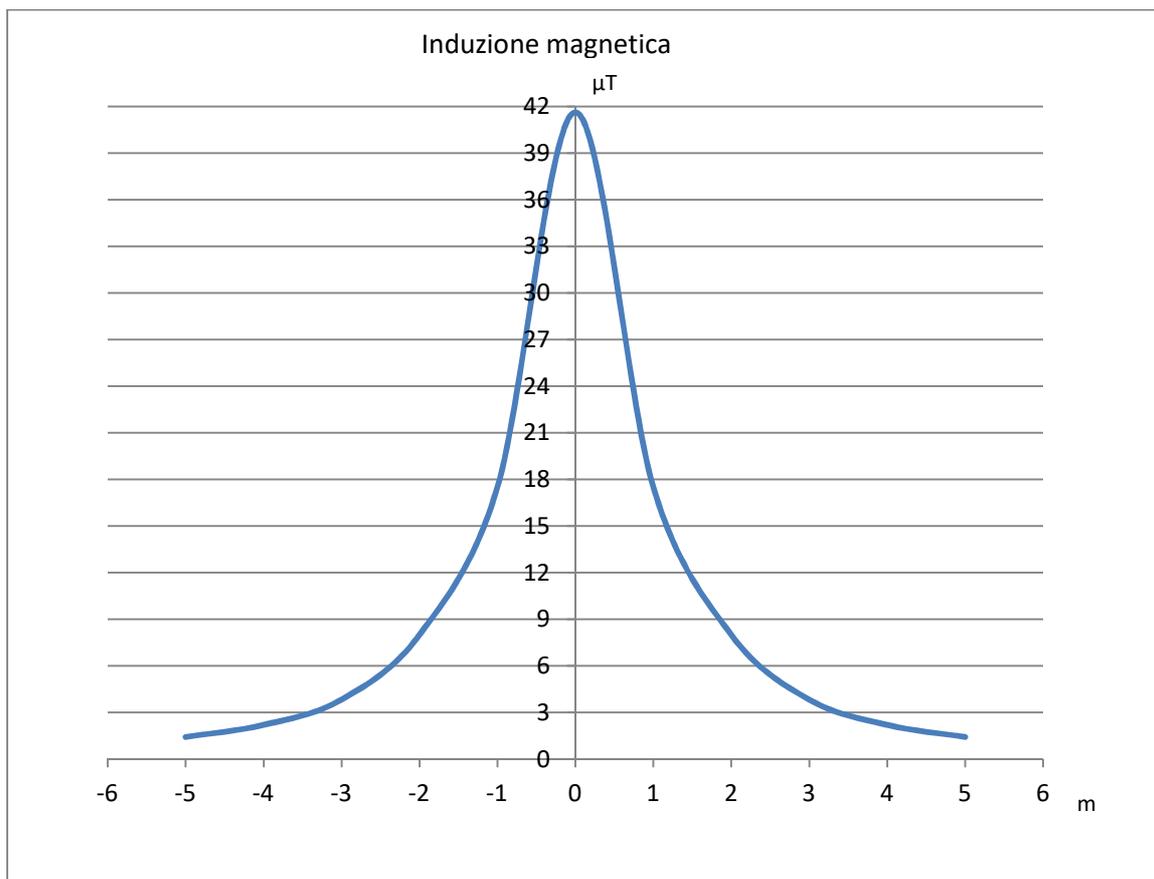


Figura 5 | Induzione magnetica generata dal cavidotto di connessione SE\_U - SE\_RTN



## 5.2 TRASFORMATORI MT/BT

Le torri eoliche presenti nell'impianto ospitano n.1 trasformatore MT/BT avente la funzione di elevare la tensione di uscita dal generatore (0,69 kV) al valore della rete MT a cui sarà connesso l'impianto (30 kV).

Per la corrente di calcolo si fa riferimento alla corrente nominale di bassa tensione, ovvero alla corrente nominale in ingresso al trasformatore di ciascun aerogeneratore.

La fascia di rispetto della DPA è la superficie che delimita lo spazio comprendente tutti i punti caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità. In linea generale, la forma e le dimensioni della fascia di rispetto dipendono da numerosi fattori; tuttavia, in questo caso, è possibile adottare un approccio approssimato basato sulla Dpa come descritto al par. 5.2.1 della "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti" di cui al DM 29/05/2008. Si precisa che la formula presentata di seguito fa riferimento a cabine elettriche e stazioni primarie (secondo gli attuali

Progetto dell'impianto eolico denominato "Serra della Croce" della potenza complessiva di 48 MW con storage da 50 MW da realizzare nei Comuni di Stigliano (MT) e Aliano (MT).

standard di riferimento nazionali), equipaggiate con trasformatori di taglia standardizzata (250-400-630 kVA) e relative ad infrastrutture di rete; per il calcolo della DPA dei trasformatori MT/BT si farà riferimento al valore massimo di corrente sul secondario dei trasformatori di potenza (potenza erogabile dal trasformatore 6000 kW).

In prima approssimazione, si ritiene lecito estendere al caso in esame la validità di tale formula:

$$Dpa = 0,40942 * x^{0,5241} * I^{0,5}$$

dove:

x = distanza tra le fasi pari al diametro complessivo dei cavi unipolari (conduttore + isolante);

I = corrente nominale di bassa tensione (corrente nominale lato BT di ciascuno dei trasformatori di potenza).

Tabella 4 | Distanza di prima approssimazione per i trasformatori MT/BT

Utenza	Formazione	I [A]	x [m]	Dpa [m]
Avvolgimento secondario	12//4x1x240	5578,42	0,0284	4,73

## 6 CONCLUSIONI

I risultati di tale analisi hanno permesso di effettuare una valutazione sull'elettrodotto in relazione ai limiti di qualità fissati in sede normativa per l'emissione elettromagnetica, inoltre è stato possibile determinare i valori delle distanze di prima approssimazione per le apparecchiature contenute nelle torri eoliche e per le linee elettriche a maggiore contributo di corrente. In riferimento alla rete elettrica di connessione delle varie parti dell'impianto si precisa che la modesta entità dei campi elettromagnetici emessi è dovuta alla formazione del cavo utilizzato, la cui configurazione permette di ottenere che i campi elettromagnetici prodotti da ciascun conduttore si compensino reciprocamente riducendone l'ampiezza. Per i locali tecnici delle torri eoliche è stata calcolata la distanza di prima approssimazione, ovvero la superficie che delimita lo spazio comprendente tutti i punti caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità, si è anche osservato che le fasce di rispetto ricadono all'interno di aree cui l'accesso è consentito solo a personale specializzato ed in modo saltuario e non continuativo.

In particolare nelle situazioni esaminate, per i locali tecnici e le linee elettriche la DPA è sempre riconducibile a pochi metri. Pertanto si ritiene logico ipotizzare che la permanenza di persone in prossimità dell'area di intervento, per un periodo di esposizione prossimo alle quattro ore, sia una condizione difficilmente riscontrabile nella realtà.

Con riferimento al rischio di esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici alla frequenza di rete connessi al funzionamento e all'esercizio dell'impianto, si può riferire, che in base alla normativa di riferimento attuale, i valori limite di esposizione sono rispettati con le considerazioni e le valutazioni sopra esposte e con le tolleranze attribuibili al modello di calcolo adottato.