

**REGIONE PUGLIA**  
**COMUNE DI MANFREDONIA (FG)**  
**PROVINCIA DI FOGGIA**



**PROGETTO DEFINITIVO dell'impianto eolico denominato "Foggia"  
della potenza complessiva di 79,20 MW da realizzarsi nel Comune di  
Manfredonia (FG).**

Codice Impianto 29MIWU1

<b>Cod. Id. Elaborato:</b>	21_17_EO_GA_AU_RE_17_00
<b>Elaborato:</b> RE_17	<b>Titolo:</b>  <b>29MIWU1_DocumentazioneSpecialistica_22</b> Relazione esposizione ai campi elettromagnetici
<b>Scala:</b> /	
<b>Data:</b> Dicembre 2022	

**ORDINE DEGLI INGEGNERI**  
della Provincia di **TABANTO**  
*LEONARDO*  
**Dott. Ing.**  
**FILOTICO Leonardo**  
**N. 1812**

**Committente:**  
**ENERGIA LEVANTE S.r.l.**  
Via Luca Guarico n. 9/11 - Regus Eur - 4° piano - 00143 Roma  
P.IVA 10240591007 - REA RM1219825 - [energialevantesrl@legalmail.it](mailto:energialevantesrl@legalmail.it)

SOCIETÀ DEL GRUPPO **SSR Renewables** | *For a better world of energy*

**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



N. REVISIONE	Data revisione	Elaborato	Controllato	Approvato	NOTE
00	Dicembre 2022	Massimiliano Pacifico	Ing. Pietro Rodia	Ing. Leonardo Filotico	

È vietata la copia anche parziale del presente elaborato

## 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	DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE DAI CAVIDOTTI.....	12
5.3	TRASFORMATORI MT/BT.....	16
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>18</b>



Progetto dell'impianto eolico denominato "Foggia" della potenza complessiva di 79,20 MW da realizzarsi nel Comune di Manfredonia (FG).

---

## 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 del Comune di Manfredonia (FG). 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 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.





### 3 DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI

L'impianto eolico con denominazione "Foggia", ricade nel Comune di Manfredonia (FG), è costituito da n. 12 aerogeneratori, ciascuno dei quali comprende un generatore asincrono trifase ( $V = 30.000 \text{ V}$ ,  $P = 6.600 \text{ kW}$ ). Queste macchine sono collegate al rispettivo trasformatore MT/BT di macchina (30/0.69 kV).

Le turbine eoliche sono raggruppate in quattro gruppi formati da n.3 aerogeneratori ciascuno, ogni gruppo è interconnesso tramite una linea di media tensione (MT) a 30 kV alla stazione di utenza (AT/MT) di proprietà di Energia Levante s.r.l.. La stazione di utenza sarà connessa alla sezione a 36 kV del futuro ampliamento 380/36 kV della SE RTN di Manfredonia (FG), previa realizzazione di un edificio di sezionamento e misura ubicato nei pressi dello stesso ampliamento 380/36 kV. Ogni aerogeneratore è dotato di tutte le apparecchiature e circuiti di potenza nonché di comando, protezione, misura e supervisione.

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.12 aerogeneratori con annesse all'interno tutte le apparecchiature di macchina;
- 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 90 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 all'edificio di sezionamento e misura. Inoltre nell'edificio della stazione utente saranno ubicati i locali delle apparecchiature di controllo, misura, alimentazione dei servizi ausiliari, locali ufficio e magazzino.
- n. 1 cabina secondaria di sezionamento e misura, comprendente il locale quadri elettrici a 36 kV (AT), locale misura e locale servizi ausiliari.
- cavidotti di alta tensione a 36 kV per la connessione della stazione utente alla cabina secondaria e di quest'ultima all'edificio produttori a 36 kV dell'ampliamento 380/36 kV della RTN.



## 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. Entrando nello specifico, nella sezione di calcolo si ha una profondità di posa di 1 metro e su ogni linea è stata considerata la portata di corrente calcolata 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 "Foggia" della potenza complessiva di 79,20 MW da realizzarsi nel Comune di Manfredonia (FG).

---

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 (10kV/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.

9

---

**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  
Tel099 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. E145



SR EN ISO 45001:2018  
Certificate No. OH597

## 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 in progetto ad esclusione di:

10

- 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 tripolari di media tensione (30 kV) del tipo cordato ad elica visibile per posa interrata e con conduttori in alluminio.

Pur avendo appurato che le linee in cavo interrato elicordato producono effetti elettromagnetici trascurabili, sarà ugualmente verificata l'ampiezza del campo di induzione al fine di escludere eventuali situazioni di pericolo elettromagnetico.

La linea elettrica di collegamento della stazione di utenza alla cabina secondaria, e di quest'ultima all'ampliamento 380/36 kV della RTN, sarà composta da cavi tripolari a 36 kV, anche in questo caso si utilizzeranno cavi elicordati per posa interrata e 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 conduttore in alluminio, con formazione a trifoglio e idonei alla posa interrata.

Progetto dell'impianto eolico denominato "Foggia" della potenza complessiva di 79,20 MW da realizzarsi nel Comune di Manfredonia (FG).

Nel caso in questione l'impianto è suddiviso in n.4 gruppi eolici con relativa rete di collegamento degli aerogeneratori con potenza nominale di 6,6 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 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.

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.

Progetto dell'impianto eolico denominato "Foggia" della potenza complessiva di 79,20 MW da realizzarsi nel Comune di Manfredonia (FG).

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.

Tabella 2 | Valori del campo magnetico generato dagli elettrodotti

GRUPPO EOLICO	LINEA DA - A		FORMAZIONE [mm <sup>2</sup> ]	CONDUTTORE	I [A]	B [μT]
1	WTG10	WTG12	3x1x150	Al	155	1,658
	WTG12	WTG05	3x1x400	Al	310	4,208
	WTG05	SE_U	3x1x800	Al	465	7,869
2	WTG11	WTG03	3x1x150	Al	155	1,658
	WTG03	WTG07	3x1x400	Al	310	4,208
	WTG07	SE_U	3x1x800	Al	465	7,869
3	WTG06	WTG01	3x1x150	Al	155	1,658
	WTG01	WTG02	3x1x400	Al	310	4,208
	WTG02	SE_U	3x1x800	Al	465	7,869
4	WTG08	WTG04	3x1x150	Al	155	1,658
	WTG04	WTG09	3x1x400	Al	310	4,208
	WTG09	SE_U	3x1x800	Al	465	7,869
-	SE_U	Cabina secondaria	3//3x1x800	Al	1351	19,713
-	Cabina secondaria	Ampliamento 380/36 kV	3//3x1x800	Al	1351	19,713

## 5.2 DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE DAI CAVIDOTTI

Le fasce di rispetto sono da definirsi in conformità alla metodologia di calcolo emanata dal decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 29 maggio 2008 e pubblicato sulla G.U. n. 156 del 05.07.08 nel supplemento ordinario della G.U. n° 160.

Il decreto suddetto definisce "fascia di rispetto" lo spazio circostante un elettrodoto, che comprende tutti i punti al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da una induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità; come prescritto dall'art. 4, comma 1 lettera h della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore.

L'art. 4 comma 2 del D.P.C.M. 8 luglio 2003 fissa "l'obiettivo di qualità" in 3 μT per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Progetto dell'impianto eolico denominato "Foggia" della potenza complessiva di 79,20 MW da realizzarsi nel Comune di Manfredonia (FG).

Per la determinazione della fascia di rispetto relativa all'elettrodotto interrato si individua la distanza dall'asse del cavo in corrispondenza della quale si raggiunge il valore  $3 \mu T$ .

Per DPA delle linee elettriche si intende la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea tale da garantire che ogni punto si trovi all'esterno delle fasce di rispetto: in questo caso, la DPA sarà il raggio della base della superficie cilindrica di cui sopra.

Nella tabella sottostante si riportano anche i valori di ciascuna DPA in riferimento alle varie sezioni, assumendo per B il valore dell'obiettivo di qualità pari a  $3 \mu T$ .

Nei tratti in cui si verifica la coesistenza di più linee di collegamento che si sviluppano sullo stesso percorso, il relativo valore di Dpa è stato calcolato tenendo conto che i campi magnetici generati da ciascuna linea si sovrappongono, determinando valori di induzione magnetica che risultano pari alla somma vettoriale dei singoli campi. All'interno dello spazio compreso fra le due linee i campi magnetici hanno verso opposto e, pertanto, si sottraggono, mentre all'esterno hanno lo stesso verso e, dunque, si sommano.

Nel caso in cui le caratteristiche delle linee non siano le stesse, si ha che, in ogni punto, il valore dell'induzione magnetica risultante è dato da:

$$B = B_{L1} + B_{L2} = 0,245 * \{(I_{L1} * S_{L1}) / D^2\} + 0,245 * \{(I_{L2} * S_{L2}) / D^2\}$$

$$\text{da cui } D = 0,495 * [(I_{L1} * S_{L1} / B) + (I_{L2} * S_{L2} / B)]^{0,5}$$

per 3 o 4 linee si ottiene:

$$D = 0,495 * [(I_{L1} * S_{L1} / B) + (I_{L2} * S_{L2} / B) + (I_{L3} * S_{L3} / B)]^{0,5}$$

$$D = 0,495 * [(I_{L1} * S_{L1} / B) + (I_{L2} * S_{L2} / B) + (I_{L3} * S_{L3} / B) + (I_{L4} * S_{L4} / B)]^{0,5}$$

dove:

- B = campo magnetico;
- I = portata di corrente della linea;
- S = distanza tra i conduttori (diametro del cavo unipolare che forma una fase);
- D = distanza di riferimento o di calcolo.



Progetto dell'impianto eolico denominato "Foggia" della potenza complessiva di 79,20 MW da realizzarsi nel Comune di Manfredonia (FG).

Figura 1 | Planimetria cavidotto 30 kV

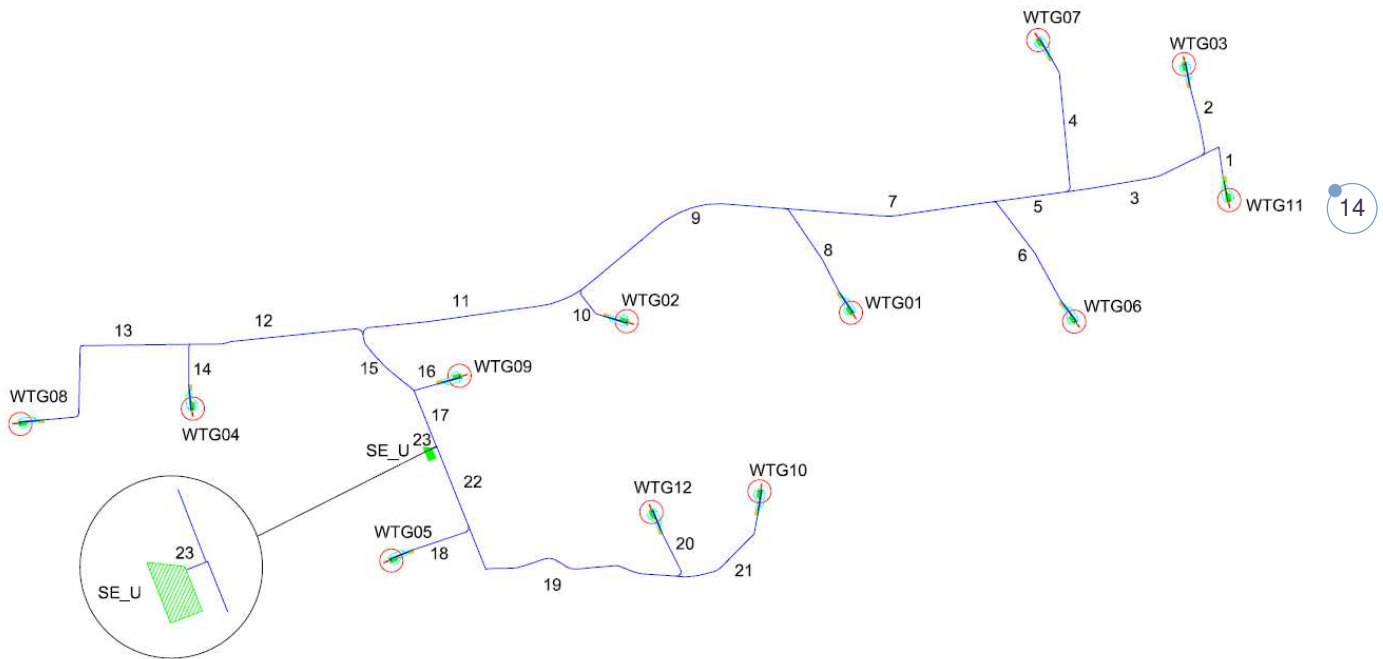
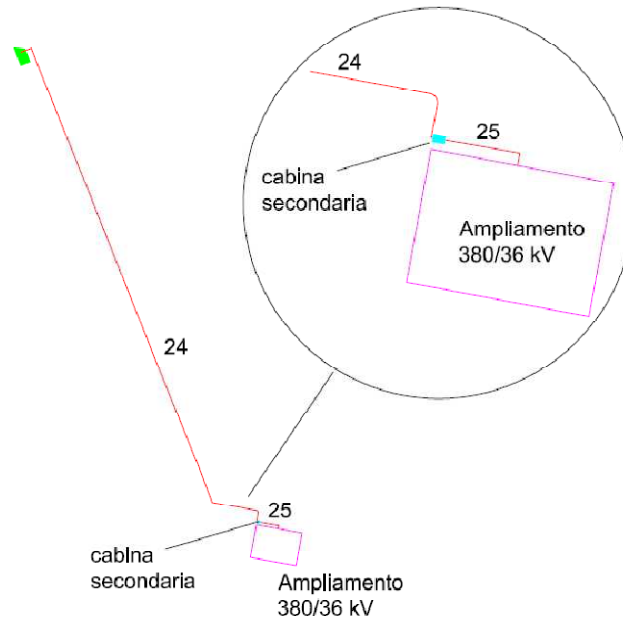


Figura 2| Planimetria cavidotto 36 kV



**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 ELETTRICI E MAGNETICI**



SR EN ISO 9001:2015  
Certificate No. Q204



SR EN ISO 14001:2015  
Certificate No. E145



SR EN ISO 45001:2018  
Certificate No. DH597



Progetto dell'impianto eolico denominato "Foggia" della potenza complessiva di 79,20 MW da realizzarsi nel Comune di Manfredonia (FG).

Tabella 3 | Distanza di prima approssimazione per le linee elettriche in progetto

N. LINEA	FORMAZIONE	CONDUTTORE	I [A]	B [ $\mu$ T]	S [m]	DPA [m]
1	3x1x150	Al	155	3	0,0379	0,69
2	3x1x150 3x1x400	Al	155 310	3	0,0379 0,0473	1,30
3	3x1x400	Al	310	3	0,0473	1,09
4	3x1x400 3x1x800	Al	310 465	3	0,0473 0,0579	1,84
5	3x1x800	Al	465	3	0,0579	1,48
6	3x1x150	Al	155	3	0,0379	0,69
7	3x1x150 3x1x800	Al	155 465	3	0,0379 0,0579	1,64
8	3x1x150 3x1x400	Al	155 310	3	0,0379 0,0473	1,30
9	3x1x400 3x1x800	Al	310 465	3	0,0473 0,0579	1,84
10	3x1x400 3x1x800	Al	310 465	3	0,0473 0,0579	1,84
11	3x1x800 3x1x800	Al	465 465	3	0,0579 0,0579	2,10
12	3x1x400	Al	310	3	0,0473	1,09
13	3x1x150	Al	155	3	0,0379	0,69
14	3x1x150 3x1x400	Al	155 310	3	0,0379 0,0473	1,30
15	3x1x400 3x1x800 3x1x800	Al	310 465 465	3	0,0473 0,0579 0,0579	5,04
16	3x1x400 3x1x800	Al	310 465	3	0,0473 0,0579	1,84
17	3x1x800 3x1x800 3x1x800	Al	465 465 465	3	0,0579 0,0579 0,0579	2,57
18	3x1x400 3x1x800	Al	310 465	3	0,0473 0,0579	1,84
19	3x1x400	Al	310	3	0,0473	1,09
20	3x1x150 3x1x400	Al	155 310	3	0,0379 0,0473	1,30
21	3x1x150	Al	155	3	0,0379	0,69
22	3x1x800	Al	465	3	0,0579	1,48

Progetto dell'impianto eolico denominato "Foggia" della potenza complessiva di 79,20 MW da realizzarsi nel Comune di Manfredonia (FG).

23	3x1x800	Al	465 465	3	0,0579	2,97
	3x1x800				0,0579	
	3x1x800				0,0579	
	3x1x800				0,0579	
24 (36 kV)	3x1x800	Al	450,43	3	0,066 0,066	2,70
	3x1x800				0,066	
	3x1x800				0,066	
25 (36 kV)	3x1x800	Al	450,43	3	0,066 0,066	2,70
	3x1x800				0,066	
	3x1x800				0,066	

16

### 5.3 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 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 6600 kW).

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

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

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).

**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 ELETTRICI**



SR EN ISO 9001:2015  
Certificate No. Q204



SR EN ISO 14001:2015  
Certificate No. E145



SR EN ISO 45001:2018  
Certificate No. OHS07

Progetto dell'impianto eolico denominato "Foggia" della potenza complessiva di 79,20 MW da realizzarsi nel Comune di Manfredonia (FG).

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

Utenza	Formazione	I [A]	x [m]	Dpa [m]
Avvolgimento secondario	4//3x1x400	6143	0,0365	5,66

**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  
Tel099 9574694 fax 099 2222834 mob. 3491735914

**RELAZIONE ESPOSIZIONE AI  
CAMPI ELETTROMAGNETICI**



## 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. Pertanto si può ritenere che la situazione connessa alla realizzazione e all'esercizio dell'impianto eolico in progetto, nelle condizioni ipotizzate, risulta compatibile con i limiti di legge e con la salvaguardia della salute pubblica.