


RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI E SUL CONTENIMENTO DEL RISCHIO DI ELETTROCUZIONE


Cliente/Customer PAN ANEMOS MAGNA GRECIA S.R.L.	Commessa/Job 10139.01	Emesso da PEE
---	------------------------------	----------------------

00	25/08/10	EMISSIONE			
			Barbera	Violi	Sammartano
Rev	Data	Descrizione	Preparato	Verificato	Approvato
Autorizzazione Emissione					

Gruppo T.M.E. Termomeccanica Ecologia 	Commessa	Emesso da	Documento	Rev.
	10139.01	PEE	10139.01TMER002	00
			Pag. 1 di 22	

Sommario

1. INTRODUZIONE	2
2. COLLEGAMENTO ALLA RETE DI TRASMISSIONE NAZIONALE.....	2
3. QUADRO NORMATIVO	3
4. ANALISI CAMPI MAGNETICI	5
5. DESCRIZIONE DELLE SORGENTI	5
5.1. <i>Generatori Eolici</i>	5
5.2. <i>Stazione di Trasformazione 150/33 KV</i>	7
5.3. <i>Rete in cavo MT di interconnessione</i>	8
6. AZIONE DI MITIGAZIONE	8
7. METODOLOGIA DI CALCOLO	9
7.1 <i>Generatori eolici</i>	9
7.2 <i>Rete MT</i>	9
7.3 <i>Stazione di trasformazione 150/ 33 KV</i>	10
8. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI	10
8.1 <i>Raccordo aereo in AT alla R.T.N.</i>	10
8.2 <i>Raccordo MT in cavo sotterraneo in S.E.</i>	14
8.3 <i>Rete MT in cavo sotterraneo</i>	17
8.4 <i>Rete AT in cavo sotterraneo</i>	19
9. CONCLUSIONI	20

Gruppo T.M.E. Termomeccanica Ecologia 	Commessa	Emesso da	Documento	Rev.
	10139.01	PEE	10139.01TMER002	00
			Pag. 2 di 22	

1. Introduzione

Tutte le apparecchiature a funzionamento elettrico generano, durante il Loro funzionamento, campi elettromagnetici. Le onde elettromagnetiche sono fundamentalmente suddivise in due gruppi: **radiazioni non ionizzanti** e **radiazioni ionizzanti**.

Le linee elettriche, i sistemi di comunicazione telefonica e radiotelevisiva, gli elettrodomestici e più in generale le apparecchiature elettriche, sono tutte appartenenti alla categoria delle **radiazioni non ionizzanti (NIR)**, che hanno un'energia associata che non è sufficiente ad indurre nella materia il fenomeno della ionizzazione, ovvero non possono dare luogo alla creazione di atomi o molecole elettricamente cariche (ioni).

Le interazioni tra l'opera in progetto e questa componente ambientale sono essenzialmente di duplice natura:

- 1) la costruzione di un parco eolico presuppone ovviamente un collegamento alla rete nazionale e questo trasporto comporta l'induzione di campi elettromagnetici lungo tale collegamento.
- 2) le possibili interferenze con le telecomunicazioni.

In entrambi i casi le radiazioni coinvolte sono del tipo non ionizzante.


2. Collegamento alla Rete di Trasmissione Nazionale

In merito al collegamento elettrico alla rete di trasmissione nazionale, si fa presente che le turbine saranno opportunamente raggruppate in sottoinsiemi e collegate tra loro da cavi interrati a 33 kV. Tali campi saranno collegati in gruppi da 4/6 torri in cui si realizzeranno dei punti di arrocco per assicurare un continuo vettoriamento dell'energia elettrica verso la R.T.N. e che, a loro volta, si attesteranno su un'unica cabina di trasformazione e consegna.

Il campo magnetico generato da un elettrodotto dipende dalla corrente trasportata, cioè dalle condizioni di carico della linea che non sono costanti poiché sono legate alla richiesta di energia che varia durante le ore del giorno e i periodi dell'anno.

Il campo magnetico, espresso in termini di induzione magnetica, diminuisce molto rapidamente con la distanza dalla linea.

In prossimità di una linea di alta tensione (150 kV), ad una distanza di circa 30 metri, i valori del campo

Gruppo T.M.E. Termomeccanica Ecologia 	Commessa	Emesso da	Documento	Rev.
	10139.01	PEE	10139.01TMER001	00
			Pag. 3 di 22	

elettrico sono inferiori ad 0,2 kV/m, i valori del campo magnetico sono inferiori ad 1 T.

I campi elettrici e magnetici dipendono anche dal numero e dalla disposizione geometrica dei conduttori, nonché dalla distribuzione delle fasi della corrente tra i conduttori stessi. Il campo elettrico è facilmente schermabile mediante l'uso di materiali quali legno o metalli, ma anche alberi o edifici: tra l'esterno e interno degli edifici si ha quindi una riduzione del campo elettrico.

Mentre il campo magnetico è difficilmente schermabile e diminuisce soltanto allontanandosi dalla linea.

Tenendo conto del diverso livello di potenza trasportato rispetto all'elettrodotto in aria (circa venti volte inferiore) l'interramento delle linee comporta che il campo magnetico massimo è sensibilmente più elevato (ciò è dovuto al terreno che si comporta come conduttore) mentre tale campo di induzione decade molto più rapidamente: già ad una distanza dall'asse del sistema di circa 5 m si ha una riduzione del campo di un ordine di grandezza rispetto al valore massimo.

Le linee interrato danno luogo a campi ridotti grazie alla vicinanza dei conduttori ed all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno.

Durante la fase di costruzione l'impatto sarà nullo in quanto nessuna delle attività previste genererà campi elettromagnetici. Il campo magnetico associato all'elettrodotto in cavo interrato in MT avrà, in fase di esercizio, valori trascurabili, come di seguito rappresentato.

3. Quadro Normativo

L'esposizione della popolazione a campi elettromagnetici è una problematica di recente interesse, pertanto solo di recente si è sviluppata una normativa che regola tale aspetto.

La prima legge emanata, ora abrogata, è il DPCM 23/04/92 "Limiti massimi di esposizione ai campi elettrici e magnetici, generati alla frequenza industriale nominale (50 Hz) negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno": tale normativa fissava la distanza da mantenersi da elettrodotti aerei e i valori massimi di esposizione per la popolazione.

Con il crescente interesse da parte della popolazione per la tematica in oggetto, è stata avvertita la necessità di una regolamentazione più dettagliata dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici con l'emanazione della legge quadro nazionale e della legge regionale.

In particolare la Legge Quadro n. 36 del 22/2/2001 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" ha lo scopo di assicurare la tutela della salute dei lavoratori, delle

lavoratrici e della popolazione dagli effetti dell'esposizione a determinati livelli di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici e di assicurare la tutela dell'ambiente e del paesaggio promuovendo l'innovazione tecnologica.


Nella Legge è previsto che con successivi decreti attuativi saranno determinati i livelli di esposizione, di attenzione e l'obiettivo di qualità da rispettarsi al fine della tutela della salute della popolazione e dei lavoratori.

Ad oggi sono stati emanati solo i DPCM 08/07/2003 che regolamentano l'esposizione della popolazione a campi elettromagnetici a bassa e alta frequenza.

Nella tabella seguente riportiamo i valori fissati come limite di esposizione, valore di attenzione e obiettivo di qualità per campi elettrici e magnetici prodotti alla frequenza di rete (50Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti.

	Campo Magnetico (μ T)	Campo Elettrico (kV/m)	Note
Limiti di Esposizione	100	5	
Valore di attenzione	10	-	Da verificarsi in luoghi abitati in permanenza (maggiore di 4 ore).
Obiettivo di qualità	3	-	

Tabella 1

Gruppo T.M.E. Termomeccanica Ecologia 	Commessa	Emesso da	Documento	Rev.
	10139.01	PEE	10139.01TMER001	00
			Pag. 5 di 22	

4. Analisi Campi magnetici

L'analisi dell'impatto elettromagnetico prodotto dalla costruzione e dall'esercizio del parco eolico si è svolta per passi successivi:

1. individuazione delle sorgenti di campi elettromagnetici correlate alla realizzazione e al funzionamento del parco eolico;
2. azione di mitigazione;
3. individuazione dei ricettori sensibili;
4. calcolo del campo elettrico e magnetico.

Si precisa che le azioni di mitigazione sono state intraprese al fine di garantire la massima tutela della popolazione che risiede in prossimità dell'impianto eolico e delle strutture ad esso connesse, non per la reale esistenza di problematiche relative all'esposizione a campi elettromagnetici.

5. Descrizione delle Sorgenti


Le componenti dell'impianto eolico in grado di produrre inquinamento elettromagnetico sono le seguenti:

- Generatori Eolici;
- Stazione di trasformazione 150/33 kV;
- Rete in cavo MT di interconnessione.
- Rete in cavo AT di connessione tra la Sottostazione 150/33kV e l'impianto di consegna TERNA

5.1. Generatori Eolici

Da un punto di vista prettamente elettrico l'aerogeneratore può essere suddiviso nei componenti di seguito riportati:

- Generatore elettrico;
- Sistema di controllo;
- Trasformatore MT/BT;
- Celle MT;

Gruppo T.M.E. Termomeccanica Ecologia 	Commessa	Emesso da	Documento	Rev.
	10139.01	PEE	10139.01TMER001	00
			Pag. 6 di 22	

- Sistema LPS di protezione dalle sovratensioni atmosferiche;
- Rete di terra.

L'analisi dei dati raccolti durante la campagna di misure del vento ha portato a scegliere, come taglia dei generatori eolici da installare, la potenza nominale di 2,5 MW al fine di sfruttare pienamente la potenzialità anemologica del sito.


Il tipo di aerogeneratore che verrà impiegato è costituito, nelle sue parti essenziali, da un rotore ad asse orizzontale messo in rotazione tramite l'impiego di tre pale ad inclinazione variabile.

L'unità centrale di elaborazione elabora continuamente le informazioni provenienti dalle diverse periferiche: l'anemometro disposto direttamente sull'aerogeneratore fornisce all'unità di controllo dei dati del vento sia in termini di velocità sia in termini di direzione. Il sistema di controllo elabora i dati pervenuti e varia opportunamente alcuni parametri del sistema in modo da garantire la massima resa ed efficienza in tutte le condizioni ambientali. Il sistema di controllo comanda l'arresto della turbina, quando la velocità del vento supera il valore impostato come limite massimo. L'unità centrale di elaborazione ha anche la funzione di comandare il cut-in del generatore eolico nel momento in cui la velocità del vento arrivi al valore minimo richiesto per il corretto funzionamento del sistema. La potenza del generatore viene resa disponibile ad un livello di tensione pari a 690 V; tale tensione deve essere innalzata a 33 kV che è la tensione di esercizio della rete MT del parco eolico. A tal fine viene impiegato un trasformatore trifase installato all'interno della torre stessa, installazione questa che permette di ridurre l'impatto ambientale delle singole torri.

Il punto più alto dell'aerogeneratore è rappresentato dalle punte delle pale rotoriche le quali sono sicuramente il componente maggiormente sottoposto al rischio di essere colpite da fulmini durante i temporali. Per questo motivo i generatori eolici saranno dotati di un sistema di protezione da sovratensioni atmosferiche costituito essenzialmente da un sistema captatore, realizzato tramite un anello di alluminio disposto sulle pale ad una distanza sufficiente dalle parti metalliche, da una linea di drenaggio a bassa impedenza e dalla rete di terra disposta intorno alla torre eolica.

Alla sbarra di terra faranno capo tutte le parti metalliche non attive disposte all'interno della torre, oltre alla corda di terra facente parte del sistema LPS; sempre al connettore di terra verrà collegato anche il centro stella del trasformatore MT/BT.

La rete di terra verrà realizzata mediante l'installazione a 1,2 metri al di sotto del suolo di un anello di rame circolare avente sezione minima pari a 50 mmq. collegato, tramite il conduttore di terra, al collettore a cui fa capo la corda di drenaggio della corrente di fulmine, le masse estranee ed il centro stella del trasformatore MT/BT.

Gruppo T.M.E. Termomeccanica Ecologia 	Commessa	Emesso da	Documento	Rev.
	10139.01	PEE	10139.01TMER001	00
			Pag. 7 di 22	

5.2. Stazione di Trasformazione 150/33 KV

La stazione di trasformazione AT/MT verrà realizzata al fine di elevare la tensione dai 33 kV, della rete MT del parco eolico, ai 150 kV della linea aerea di Terna, mediante l'installazione di idoneo trasformatore trifase in olio, opportunamente dimensionato per l'erogazione delle potenze installate.

Nel seguito sono elencate le caratteristiche generali del sistema e i componenti che verranno impiegati.

I dati generali che si sono assunti al fine di dimensionare la stazione in questione sono elencati qui di seguito:


- > Tensione di esercizio del sistema: 150 kV;
- > Frequenza nominale: 50 Hz;
- > Corrente nominale 171 A.

E' prevista, inoltre, l'installazione di trasformatore trifase di distribuzione isolato, per interno, per l'alimentazione dei Servizi Ausiliari di Stazione, il quale sarà a raffreddamento naturale ed avrà una potenza nominale di 45 kVA, connesso al quadro MT di stazione.

I trasformatori di tensione impiegati saranno del tipo induttivo per le misure fiscali e capacitivo per le protezioni, entrambi con nucleo avvolto e polo a terra completi di cassette, nel quale verranno alloggiati gli interruttori di protezione dei circuiti voltmetrici secondari, e saranno in grado di sopportare una tensione massima al primario di 170 kV.

La terna di trasformatori di corrente saranno con primario a barra passante mentre il secondario sarà a nucleo toroidale. La cassetta prevista sarà dotata di un bullone per il collegamento a terra.

La stazione di trasformazione AT/MT è un'altra potenziale sorgente di campi elettromagnetici. Essendo la stessa prevista in una configurazione "classica" in aria, in funzione di questa architettura sono stati determinati i campi elettromagnetici associati; i risultati sono tali da assicurare il mantenimento dei livelli di esposizione ai predetti campi elettromagnetici, al di sotto dei 3 µT immediatamente a ridosso della recinzione esterna della stazione di trasformazione.

Gruppo T.M.E. Termomeccanica Ecologia 	Commessa	Emesso da	Documento	Rev.
	10139.01	PEE	10139.01TMER001	00
			Pag. 8 di 22	

5.3. Rete in cavo MT di interconnessione

La rete di cavi di media tensione sarà realizzata per collegare gli aerogeneratori tra di loro e alla stazione di trasformazione AT/MT.

Gli aerogeneratori saranno collegati tra di loro, tramite cavi ARG7H1(AR)EX tripolari e unipolari, del tipo AIR BAG, con conduttore in rame (o alluminio). Gli stessi saranno interrati ad una profondità compresa tra 1 mt. e 1,4 mt ed interconetteranno gli aerogeneratori, secondo uno schema "entra-esci"; le potenze erogate dai diversi aerogeneratori saranno quindi convogliate verso la stazione di trasformazione AT/MT tramite altri cavi MT aventi le stesse caratteristiche.

La tensione nominale dei cavi è di 33 kV. La corrente nominale è la corrente massima che può essere prodotta dalle torri eoliche collegate alla linea, qualora tutte, contemporaneamente, funzionassero alla massima potenza per le quali sono state dimensionate. Cautelativamente nel calcolo della corrente nominale è stato considerato il fattore di potenza minimo previsto (pari a 0,90).

6. Azione di mitigazione


In via cautelativa, al fine di garantire il minimo impatto sull'ambiente dell'opera in oggetto dovranno essere fatte scelte progettuali che permettano di minimizzare il campo magnetico prodotto, pur comportando un onere aggiuntivo per il costruttore dell'impianto.

Si precisa che la finalità di tali scelte è quella di tutelare la popolazione che risiede in prossimità dell'impianto.

Relativamente alle linee di media tensione, principali sorgenti di campi elettrici e magnetici, dovrà essere previsto l'interramento in cavo.

Pur comportando maggiori costi di costruzione e manutenzione, rispetto ad una linea aerea, tale scelta è dettata soprattutto dall'esigenza di evitare qualsiasi alterazione di tipo visivo-paesaggistico, consentendo, peraltro, la riduzione del campo elettrico e magnetico generato. Il tracciato degli elettrodotti dovrà essere individuato tenendo conto di due esigenze prioritarie:

- limitare l'impatto sull'ambiente e sulla popolazione locale sia in fase di realizzazione sia in fase di esercizio;

Gruppo T.M.E. Termomeccanica Ecologia 	Commessa	Emesso da	Documento	Rev.
	10139.01	PEE	10139.01TMER001	00
			Pag. 9 di 22	

- ridurre la lunghezza dei percorsi al fine di limitare le perdite di potenza e le cadute di tensione, in modo da ridurre la sezione dei cavi da utilizzare.

Nel caso in cui dovessero verificarsi, in fase di progettazione, delle divergenze tra i due criteri sopra riportati, si cercherà di soddisfare il primo scegliendo i percorsi che permetteranno una riduzione dell'impatto complessivo sulla realtà locale intesa nella sua totalità, privilegiando le strade poderali, comunali e provinciali.

I cavi saranno posati all'interno di scavi su un fondo di sabbia o direttamente nel terreno, ad una profondità minima di 1,2 m .

7. Metodologia di calcolo

7.1 Generatori eolici


Nel complesso la torre eolica ha due fonti primarie di campi elettromagnetici, rappresentate dal generatore elettrico e dal trasformatore, impiegato per alzare la tensione dai 690 Volt ai 33 kV, tensione di esercizio della rete di cavi MT. Per entrambe le sorgenti occorre considerare la bassa tensione in gioco, il valore della corrente di esercizio, la quota di installazione del generatore elettrico (minimo 75 metri) e la schermatura offerta dalle pareti della torre al trasformatore.

Quest'ultimo, come già detto in precedenza, verrà collocato all'interno della base della torre di sostegno della turbina eolica. La normativa prevede inoltre una distanza tra le abitazioni e le torri eoliche di almeno 500 metri e gli edifici non utilizzati continuativamente di 100 metri. Per tutti questi motivi gli effetti dovuti ai campi elettromagnetici, indotti dal generatore elettrico e dal trasformatore MT/BT, sono del tutto trascurabili.

7.2 Rete MT

L'art. 6 del DPCM 08/07/2003 prevede che la determinazione delle fasce di rispetto dell'obiettivo di qualità, di $3 \mu\text{T}$, dovrà fare riferimento alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definito dalla norma CEI 11- 60. In base al predetto articolo 6, l'Organismo ANPAT, sentite le ARPA, definirà la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto.

In attesa dell'emanazione di tali metodologie, per il calcolo dell'induzione magnetica ci si è basati sulla

Gruppo T.M.E. Termomeccanica Ecologia 	Commissa	Emesso da	Documento	Rev.
	10139.01	PEE	10139.01TMER001	00
			Pag. 10 di 22	

norma CEI 211-4. Pertanto i conduttori sono schematizzati come fili paralleli tra loro di lunghezza infinita.

Essendo le linee in oggetto non dedicate alla distribuzione dell'energia elettrica, su cui transitano flussi di corrente variabile, ma linee "dedicate" a servizio dell'impianto eolico, al fine del calcolo dell'induzione magnetica è stata utilizzata una corrente pari alla massima corrente che potrà essere prodotta dall'impianto e non alla corrente massima di esercizio della linea come previsto dal DPCM 08/07/2003: tale scelta è stata effettuata nel rispetto del carattere cautelativo della norma in quanto i conduttori sono a servizio del parco eolico e pertanto la corrente elettrica che possono trasportare è pari a quella massima prodotta. Pertanto la corrente presa a riferimento è la corrente nominale che corrisponde alla corrente prodotta dall'impianto nella condizione di servizio contemporaneo degli aerogeneratori, alla massima potenza prevista.

Come specificato in precedenza i cavi sono interrati ad una profondità non inferiore ad 1,2 metri su uno strato di sabbia di 10 cm o direttamente nel terreno.

Le simulazioni sono state effettuate ad una altezza dal suolo di 1,5 metri, considerando l'altezza media di una persona che permane al piano terreno di un edificio.

Dove possibile le linee saranno realizzate con il medesimo percorso e interrate nel medesimo scavo. Pertanto le simulazioni riguarderanno il campo magnetico prodotto da ogni linea, considerando cautelativamente la massima corrente nominale prevista per l'intero tratto percorso singolarmente.

7.3 Stazione di trasformazione 150/ 33 KV

Come descritto in precedenza la stazione elettrica sarà in aria, quindi le sorgenti dei campi elettromagnetici sono i componenti della sezione Alta Tensione, il trasformatore AT/MT ed il trasformatore per i servizi ausiliari di stazione MT/BT, comunque progettati per avere bassi flussi dispersi.

8. Risultati delle simulazioni

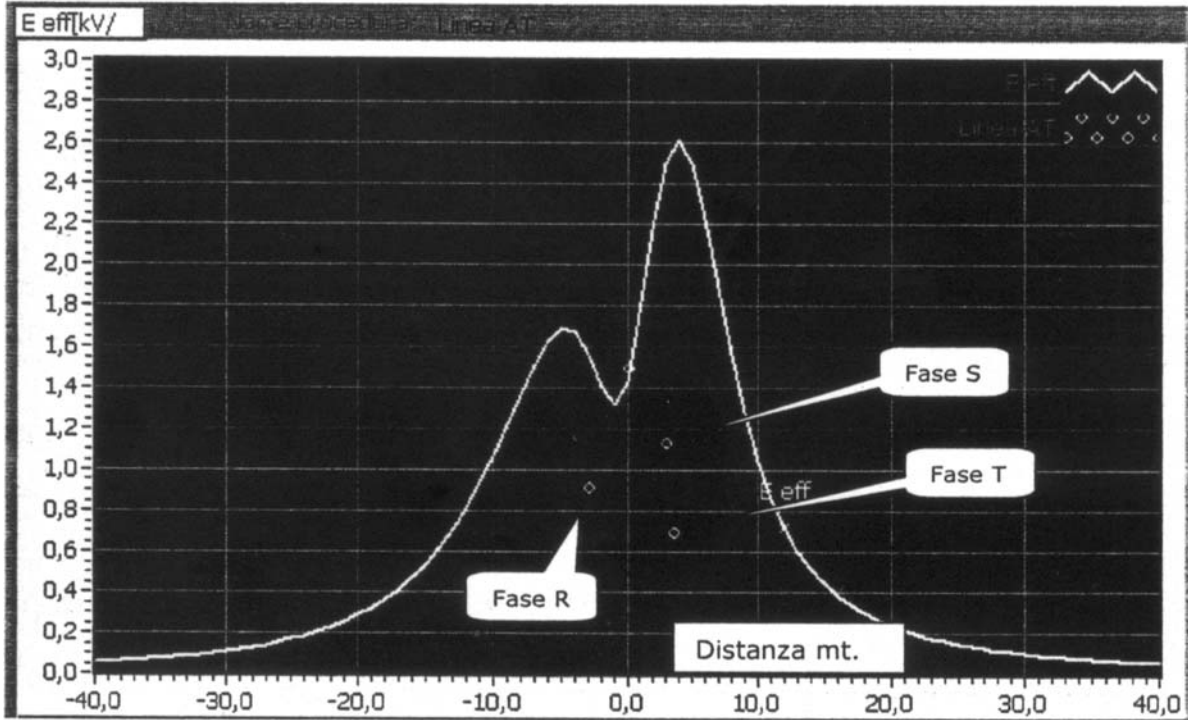
Le simulazioni sono state effettuate tenendo conto della corrente massima che può circolare su ciascuna linea esaminata, ipotizzando il funzionamento contemporaneo di tutte le torri eoliche alla massima potenza.

8.1 Raccordo aereo in AT alla R.T.N.

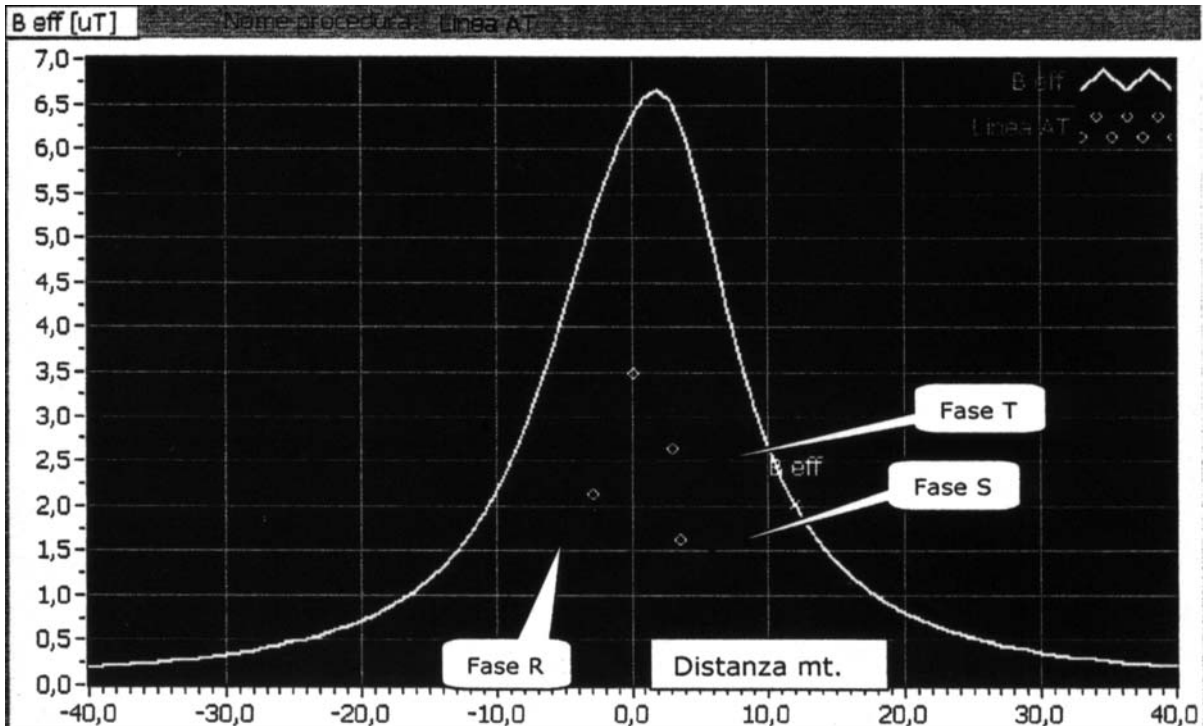
Tensione nominale: 150kV

Corrente nominale: 171 A

L'andamento del valore efficace del Campo Elettrico risultante, in funzione della distanza a partire dall'asse linea, è rappresentato nel diagramma seguente:



Mentre i valori del Campo Magnetico sono rappresentati nel diagramma



La tabella seguente riepiloga i dati delle simulazioni rappresentati nel diagramma precedente.



Distanza [m]	E orizz.le [kV/m]	E verticale [kV/m]	E risultante [kV/m]	B orizz.le [μ T]	B verticale [μ T]	B risultante [μ T]
-40,000	0,005	0,053	0,054	0,102	0,168	0,196
-39,000	0,005	0,057	0,057	0,108	0,176	0,206
-38,000	0,006	0,060	0,061	0,114	0,184	0,217
-37,000	0,007	0,064	0,065	0,121	0,194	0,228
-36,000	0,007	0,069	0,069	0,128	0,204	0,240
-35,000	0,008	0,074	0,074	0,136	0,214	0,254
-34,000	0,009	0,079	0,080	0,145	0,226	0,268
-33,000	0,010	0,085	0,086	0,155	0,238	0,284
-32,000	0,011	0,092	0,092	0,166	0,252	0,301
-31,000	0,012	0,099	0,100	0,178	0,266	0,320
-30,000	0,013	0,107	0,108	0,191	0,282	0,340
-29,000	0,015	0,117	0,118	0,206	0,299	0,363
-28,000	0,017	0,127	0,128	0,223	0,317	0,388
-27,000	0,019	0,139	0,140	0,242	0,337	0,415
-26,000	0,022	0,152	0,153	0,263	0,359	0,445
-25,000	0,025	0,167	0,169	0,288	0,382	0,479
-24,000	0,028	0,184	0,186	0,316	0,408	0,516
-23,000	0,033	0,204	0,206	0,348	0,436	0,558
-22,000	0,037	0,226	0,229	0,386	0,466	0,605
-21,000	0,043	0,252	0,256	0,429	0,499	0,658
-20,000	0,050	0,282	0,287	0,480	0,535	0,719
-19,000	0,058	0,317	0,322	0,539	0,573	0,787
-18,000	0,068	0,358	0,364	0,610	0,614	0,865
-17,000	0,079	0,405	0,413	0,694	0,657	0,955
-16,000	0,092	0,461	0,470	0,794	0,701	1,059
-15,000	0,108	0,526	0,537	0,915	0,745	1,179



Distanza [m]	E orizz.le [kV/m]	E verticale [kV/m]	E risultante [kV/m]	B orizz.le [μT]	B verticale [μT]	B risultante [μT]
-14,000	0,126	0,602	0,615	1,060	0,786	1,320
-13,000	0,146	0,691	0,706	1,235	0,822	1,484
-12,000	0,168	0,794	0,812	1,447	0,847	1,676
-11,000	0,190	0,913	0,932	1,700	0,855	1,903
-10,000	0,209	1,047	1,068	2,001	0,839	2,169
-9,000	0,220	1,195	1,216	2,348	0,802	2,481
-8,000	0,217	1,350	1,368	2,733	0,786	2,844
-7,000	0,191	1,499	1,511	3,128	0,911	3,257
-6,000	0,141	1,620	1,626	3,477	1,315	3,718
-5,000	0,127	1,682	1,687	3,696	2,019	4,211
-4,000	0,248	1,651	1,669	3,674	2,955	4,715
-3,000	0,439	1,503	1,566	3,315	4,008	5,202
-2,000	0,642	1,258	1,413	2,589	5,019	5,648
-1,000	0,816	1,033	1,317	1,639	5,809	6,036
0,000	0,921	1,089	1,427	1,358	6,206	6,353
1,000	0,917	1,504	1,762	2,555	6,059	6,576
2,000	0,768	2,036	2,177	4,053	5,277	6,654
3,000	0,490	2,450	2,498	5,177	3,969	6,523
4,000	0,245	2,600	2,611	5,572	2,608	6,152
5,000	0,343	2,474	2,498	5,231	1,947	5,581
6,000	0,481	2,173	2,226	4,460	2,062	4,914
7,000	0,516	1,819	1,891	3,603	2,249	4,248
8,000	0,477	1,489	1,563	2,856	2,260	3,642
9,000	0,406	1,212	1,278	2,277	2,134	3,120
10,000	0,331	0,991	1,045	1,847	1,944	2,681
11,000	0,264	0,819	0,861	1,530	1,738	2,315
12,000	0,209	0,685	0,716	1,292	1,542	2,012
13,000	0,165	0,580	0,603	1,110	1,365	1,759
14,000	0,132	0,497	0,514	0,965	1,211	1,548
15,000	0,106	0,430	0,443	0,847	1,077	1,371
16,000	0,086	0,376	0,386	0,750	0,963	1,221
17,000	0,071	0,331	0,338	0,668	0,865	1,093
18,000	0,059	0,293	0,299	0,598	0,780	0,983
19,000	0,049	0,262	0,266	0,538	0,707	0,889
20,000	0,042	0,234	0,238	0,486	0,644	0,807
21,000	0,036	0,211	0,214	0,441	0,588	0,736
22,000	0,031	0,191	0,194	0,402	0,540	0,673
23,000	0,027	0,174	0,176	0,367	0,497	0,618
24,000	0,023	0,158	0,160	0,337	0,459	0,569
25,000	0,021	0,145	0,146	0,310	0,425	0,526
26,000	0,018	0,133	0,134	0,286	0,395	0,487
27,000	0,016	0,122	0,123	0,264	0,368	0,453
28,000	0,014	0,113	0,114	0,245	0,343	0,422
29,000	0,013	0,104	0,105	0,228	0,321	0,394
30,000	0,011	0,097	0,097	0,212	0,301	0,368
31,000	0,010	0,090	0,090	0,198	0,283	0,345
32,000	0,009	0,084	0,084	0,185	0,267	0,324
33,000	0,008	0,078	0,078	0,173	0,251	0,305
34,000	0,008	0,073	0,073	0,163	0,237	0,288
35,000	0,007	0,068	0,069	0,153	0,225	0,272
36,000	0,006	0,064	0,064	0,144	0,213	0,257
37,000	0,006	0,060	0,061	0,136	0,202	0,243
38,000	0,005	0,057	0,057	0,129	0,192	0,231
39,000	0,005	0,054	0,054	0,122	0,182	0,219
40,000	0,004	0,051	0,051	0,115	0,174	0,209

8.2 Raccordo MT in cavo sotterraneo in S.E.

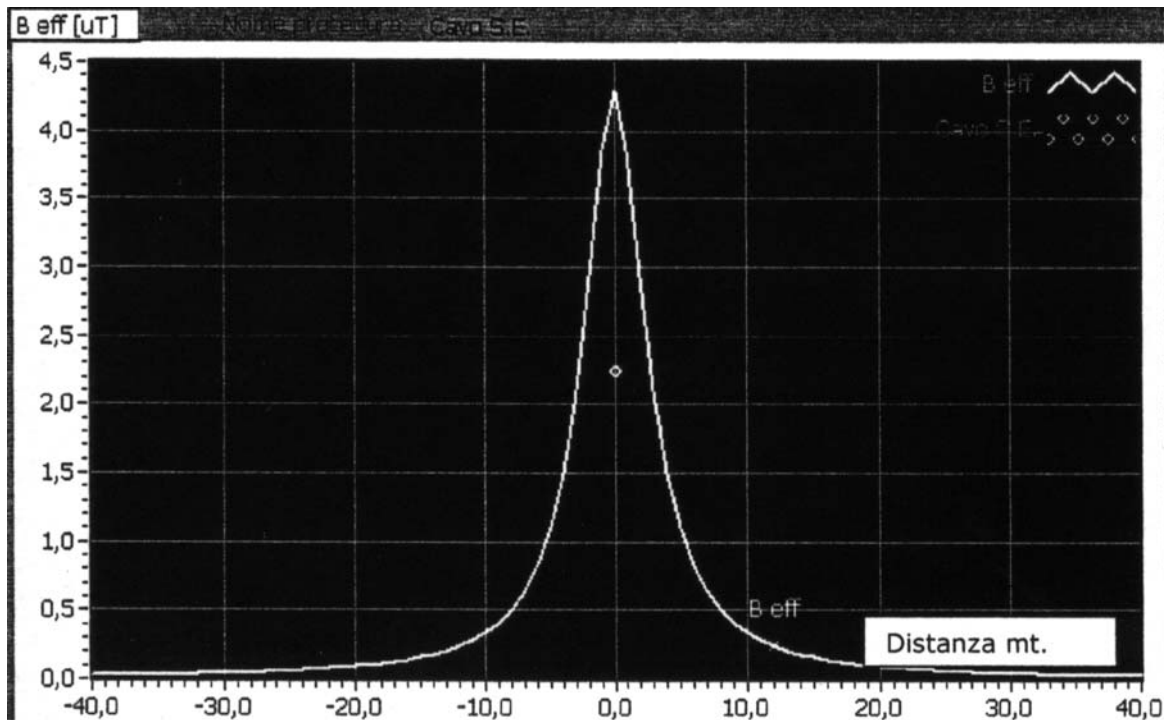
Si è ipotizzata la distribuzione del carico totale (45 MVA) su N° 1 Trasformatore 150/33 KV.

Il raccordo tra il Quadro MT ed il Trasformatore, sarà eseguito mediante cavi unipolari ARE4H1R in alluminio o in rame (accoppiati) aventi ciascuno la sezione nominale di 400 mmq, al fine di sostenere il carico nominale previsto di circa 40 MW. Ai fini della valutazione dei campi E.M. le grandezze in gioco da prendere in esame sono:

Tensione nominale: 33 kV - Corrente nominale: 780 Amp.

Il Campo Elettrico delle linee di MT in cavo sotterraneo è fortemente attenuato sia dal terreno che dalla schermatura dei cavi, per cui i valori minimi stabiliti dalle norme citate in premessa sono, nella fattispecie, ampiamente rispettati.

Per quanto riguarda invece il Campo Magnetico, l'andamento del valore efficace risultante, in funzione della distanza, è rappresentato nel diagramma seguente:




La tabella seguente riassume i dati delle simulazioni rappresentati nel diagramma precedente



Distanza [m]	E orizz.le [kV/m]	E verticale [kV/m]	E risultante [kV/m]	B orizz.le [μ T]	B verticale [μ T]	B risultante [μ T]
-40,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,016	0,023
-39,000	0,000	0,000	0,000	0,017	0,017	0,024
-38,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,018	0,025
-37,000	0,000	0,000	0,000	0,019	0,019	0,027
-36,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,020	0,028
-35,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,021	0,030
-34,000	0,000	0,000	0,000	0,022	0,022	0,032
-33,000	0,000	0,000	0,000	0,024	0,024	0,034
-32,000	0,000	0,000	0,000	0,025	0,025	0,036
-31,000	0,000	0,000	0,000	0,027	0,027	0,038
-30,000	0,000	0,000	0,000	0,029	0,029	0,041
-29,000	0,000	0,000	0,000	0,031	0,031	0,043
-28,000	0,000	0,000	0,000	0,033	0,033	0,047
-27,000	0,000	0,000	0,000	0,035	0,035	0,050
-26,000	0,000	0,000	0,000	0,038	0,038	0,054
-25,000	0,000	0,000	0,000	0,041	0,041	0,058
-24,000	0,000	0,000	0,000	0,045	0,045	0,063
-23,000	0,000	0,000	0,000	0,049	0,049	0,069
-22,000	0,000	0,000	0,000	0,053	0,053	0,075
-21,000	0,000	0,000	0,000	0,058	0,058	0,082
-20,000	0,000	0,000	0,000	0,064	0,064	0,090
-19,000	0,000	0,000	0,000	0,071	0,071	0,100
-18,000	0,000	0,000	0,000	0,079	0,078	0,111



Distanza [m]	E orizz.le [kV/m]	E verticale [kV/m]	E risultante [kV/m]	B orizz.le [μ T]	B verticale [μ T]	B risultante [μ T]
-17,000	0,000	0,000	0,000	0,088	0,088	0,124
-16,000	0,000	0,000	0,000	0,099	0,099	0,140
-15,000	0,000	0,000	0,000	0,112	0,112	0,158
-14,000	0,000	0,000	0,000	0,128	0,127	0,181
-13,000	0,000	0,000	0,000	0,148	0,147	0,208
-12,000	0,000	0,000	0,000	0,172	0,171	0,242
-11,000	0,000	0,000	0,000	0,202	0,201	0,285
-10,000	0,000	0,000	0,000	0,242	0,239	0,340
-9,000	0,000	0,000	0,000	0,293	0,290	0,412
-8,000	0,000	0,000	0,000	0,362	0,358	0,509
-7,000	0,000	0,000	0,000	0,456	0,451	0,642
-6,000	0,000	0,000	0,000	0,589	0,583	0,829
-5,000	0,000	0,000	0,000	0,781	0,775	1,100
-4,000	0,000	0,000	0,000	1,062	1,063	1,503
-3,000	0,000	0,000	0,000	1,473	1,497	2,101
-2,000	0,000	0,000	0,000	2,046	2,104	2,935
-1,000	0,000	0,000	0,000	2,721	2,727	3,853
0,000	0,000	0,000	0,000	3,093	2,989	4,301
1,000	0,000	0,000	0,000	2,721	2,727	3,853
2,000	0,000	0,000	0,000	2,046	2,104	2,935
3,000	0,000	0,000	0,000	1,473	1,497	2,101
4,000	0,000	0,000	0,000	1,062	1,063	1,503
5,000	0,000	0,000	0,000	0,781	0,775	1,100
6,000	0,000	0,000	0,000	0,589	0,583	0,829
7,000	0,000	0,000	0,000	0,456	0,451	0,642
8,000	0,000	0,000	0,000	0,362	0,358	0,509
9,000	0,000	0,000	0,000	0,293	0,290	0,412
10,000	0,000	0,000	0,000	0,242	0,239	0,340
11,000	0,000	0,000	0,000	0,202	0,201	0,285
12,000	0,000	0,000	0,000	0,172	0,171	0,242
13,000	0,000	0,000	0,000	0,148	0,147	0,208
14,000	0,000	0,000	0,000	0,128	0,127	0,181
15,000	0,000	0,000	0,000	0,112	0,112	0,158
16,000	0,000	0,000	0,000	0,099	0,099	0,140
17,000	0,000	0,000	0,000	0,088	0,088	0,124
18,000	0,000	0,000	0,000	0,079	0,078	0,111
19,000	0,000	0,000	0,000	0,071	0,071	0,100
20,000	0,000	0,000	0,000	0,064	0,064	0,090
21,000	0,000	0,000	0,000	0,058	0,058	0,082
22,000	0,000	0,000	0,000	0,053	0,053	0,075
23,000	0,000	0,000	0,000	0,049	0,049	0,069
24,000	0,000	0,000	0,000	0,045	0,045	0,063
25,000	0,000	0,000	0,000	0,041	0,041	0,058
26,000	0,000	0,000	0,000	0,038	0,038	0,054
27,000	0,000	0,000	0,000	0,035	0,035	0,050
28,000	0,000	0,000	0,000	0,033	0,033	0,047
29,000	0,000	0,000	0,000	0,031	0,031	0,043
30,000	0,000	0,000	0,000	0,029	0,029	0,041
31,000	0,000	0,000	0,000	0,027	0,027	0,038
32,000	0,000	0,000	0,000	0,025	0,025	0,036
33,000	0,000	0,000	0,000	0,024	0,024	0,034
34,000	0,000	0,000	0,000	0,022	0,022	0,032
35,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,021	0,030
36,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,020	0,028
37,000	0,000	0,000	0,000	0,019	0,019	0,027
38,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,018	0,025
39,000	0,000	0,000	0,000	0,017	0,017	0,024
40,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,016	0,023

Gruppo T.M.E. Termomeccanica Ecologia 	Commessa	Emesso da	Documento	Rev.
	10139.01	PEE	10139.01TMER001	00
			Pag. 17 di 22	

8.3 Rete MT in cavo sotterraneo

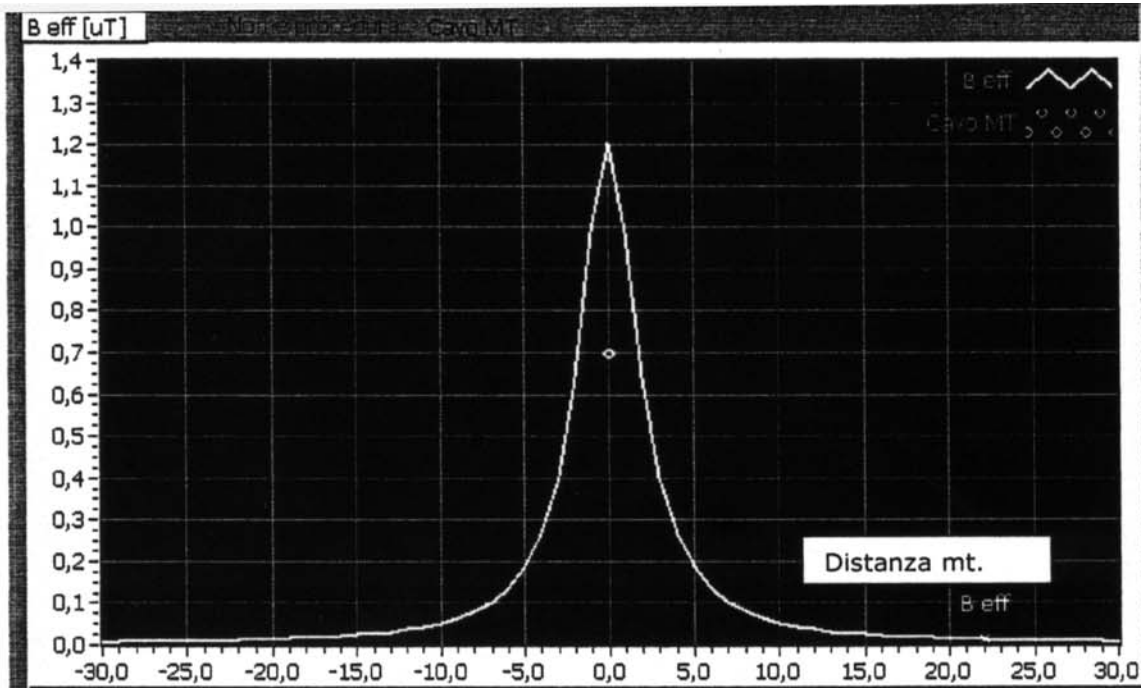
La valutazione di incidenza ai fini del calcolo dei valori del campo elettrico e magnetico generati dalle linee di interconnessione MT in cavo sotterraneo tra le torri eoliche e la Stazione Elettrica, è stata effettuata ipotizzando il funzionamento alla massima potenza, con le seguenti grandezze:

Tensione nominale: 33 kV

Corrente nominale: 292 Amp. (considerando il caso peggiorativo ovvero la corrente risultante di N° 6 Generatori Eolici)

Come già riferito sopra, il Campo Elettrico delle linee di MT in cavo sotterraneo è fortemente attenuato sia dal terreno che dalla schermatura dei cavi, per cui i valori minimi stabiliti dalle norme citate in premessa sono, nella fattispecie, ampiamente rispettati.

Per quanto riguarda, invece, il Campo Magnetico, l'andamento del valore efficace risultante, in funzione della distanza a partire dall'asse linea, è rappresentato nel diagramma seguente:



La tabella seguente riassume i dati delle simulazioni rappresentati dal diagramma precedente.

Distanza [m]	E orizz.le [kV/m]	E verticale [kV/m]	E risultante [kV/m]	B orizz.le [μT]	B verticale [μT]	B risultante [μT]
-30,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,007	0,010
-29,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,008	0,011
-28,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,008	0,012
-27,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,009	0,013
-26,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,010	0,014
-25,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,011	0,015
-24,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,011	0,016
-23,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,012	0,018
-22,000	0,000	0,000	0,000	0,014	0,014	0,019
-21,000	0,000	0,000	0,000	0,015	0,015	0,021
-20,000	0,000	0,000	0,000	0,017	0,016	0,023
-19,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,018	0,026
-18,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,020	0,029
-17,000	0,000	0,000	0,000	0,023	0,023	0,032
-16,000	0,000	0,000	0,000	0,026	0,026	0,036
-15,000	0,000	0,000	0,000	0,029	0,029	0,041
-14,000	0,000	0,000	0,000	0,033	0,033	0,047
-13,000	0,000	0,000	0,000	0,039	0,038	0,054
-12,000	0,000	0,000	0,000	0,045	0,045	0,064
-11,000	0,000	0,000	0,000	0,054	0,053	0,075
-10,000	0,000	0,000	0,000	0,064	0,064	0,091
-9,000	0,000	0,000	0,000	0,079	0,078	0,111
-8,000	0,000	0,000	0,000	0,099	0,097	0,138




Distanza [m]	E orizz.le [kV/m]	E verticale [kV/m]	E risultante [kV/m]	B orizz.le [μ T]	B verticale [μ T]	B risultante [μ T]
-7,000	0,000	0,000	0,000	0,127	0,124	0,177
-6,000	0,000	0,000	0,000	0,168	0,163	0,234
-5,000	0,000	0,000	0,000	0,231	0,224	0,322
-4,000	0,000	0,000	0,000	0,333	0,324	0,464
-3,000	0,000	0,000	0,000	0,502	0,500	0,708
-2,000	0,000	0,000	0,000	0,783	0,820	1,134
-1,000	0,000	0,000	0,000	1,223	1,282	1,772
0,000	0,000	0,000	0,000	1,605	1,477	2,181
1,000	0,000	0,000	0,000	1,223	1,282	1,772
2,000	0,000	0,000	0,000	0,783	0,820	1,134
3,000	0,000	0,000	0,000	0,502	0,500	0,708
4,000	0,000	0,000	0,000	0,333	0,324	0,464
5,000	0,000	0,000	0,000	0,231	0,224	0,322
6,000	0,000	0,000	0,000	0,168	0,163	0,234
7,000	0,000	0,000	0,000	0,127	0,124	0,177
8,000	0,000	0,000	0,000	0,099	0,097	0,138
9,000	0,000	0,000	0,000	0,079	0,078	0,111
10,000	0,000	0,000	0,000	0,064	0,064	0,091
11,000	0,000	0,000	0,000	0,054	0,053	0,075
12,000	0,000	0,000	0,000	0,045	0,045	0,064
13,000	0,000	0,000	0,000	0,039	0,038	0,054
14,000	0,000	0,000	0,000	0,033	0,033	0,047
15,000	0,000	0,000	0,000	0,029	0,029	0,041
16,000	0,000	0,000	0,000	0,026	0,026	0,036
17,000	0,000	0,000	0,000	0,023	0,023	0,032
18,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,020	0,029
19,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,018	0,026
20,000	0,000	0,000	0,000	0,017	0,016	0,023
21,000	0,000	0,000	0,000	0,015	0,015	0,021
22,000	0,000	0,000	0,000	0,014	0,014	0,019
23,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,012	0,018
24,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,011	0,016
25,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,011	0,015
26,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,010	0,014
27,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,009	0,013
28,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,008	0,012
29,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,008	0,011
30,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,007	0,010

8.4 Rete AT in cavo sotterraneo

Il collegamento tra la stazione di trasformazione del Parco Eolico e lo stallo di consegna della sottostazione primaria 380/150 di TERNA sarà realizzato in cavo unipolare tipo ARE4H1H5E-87 in Alluminio a norma IEC 60840 con sezione di 400 mmq , al fine di sostenere il carico nominale previsto di circa 40 MW.

Ai fini della valutazione dei campi E.M. le grandezze in gioco da prendere in esame sono:

Gruppo T.M.E. Termomeccanica Ecologia 	Commessa	Emesso da	Documento	Rev.
	10139.01	PEE	10139.01TMER001	00
			Pag. 20 di 22	

Tensione nominale: 150 kV - Corrente nominale: 171 Amp.

Il Campo Elettrico delle linee di AT in cavo sotterraneo è fortemente attenuato sia dal terreno che dalla schermatura dei cavi, per cui i valori minimi stabiliti dalle norme citate in premessa sono, nella fattispecie, ampiamente rispettati.

Per quanto riguarda invece il Campo Magnetico, il valore efficace risultante, in funzione della distanza, è il seguente:

B=6 microT (Con altezza dal suolo=0,0 mt)

B=2 microT (Con altezza dal suolo=1,0 mt)

9. Conclusioni

Il DPCM 08/07/2003 fissa in 100 μ T e 5 kV/m il limite massimo di esposizione della popolazione rispettivamente a campi magnetici ed elettrici e in 3 μ T il valore di qualità da raggiungere per esposizioni superiori alle 4 ore/giorno.


Come specificato in precedenza, le sorgenti di campi elettromagnetici presenti all'interno delle torri sono il generatore elettrico, posto, nel peggiore dei casi, a 75 metri di altezza, e il trasformatore posto all'interno della base della torre. Le basse correnti in gioco e la schermatura fornita dalla struttura della turbina eolica garantiscono il rispetto dei limiti di esposizione di 100 μ T e dei 5 kV/m. E' inoltre garantito il rispetto dei 3 μ T in prossimità delle abitazioni poste a grande distanza dalle torri.

Come già evidenziato in precedenza, non sono previsti luoghi a permanenza prolungata di persone posti in prossimità delle torri eoliche.

Come si osserva dalle tabelle riepilogative del Campo Magnetico, il valore di 3 μ T è rispettato a partire dalla distanza di metri 1 per i cavi AT, di m 2 per i cavi MT di collegamento TR - Quadro MT (2,935 μ T), all'interno della Stazione Elettrica, mentre per i cavi di collegamento "Quadro MT - Aerogeneratori" è rispettato in qualsiasi punto venga esaminato.

Benché nell'allegato al DGR n. 832/2004 non sia indicato esplicitamente, il valore di 0,2 μ T si intende da garantire nei luoghi in cui sia prevista la permanenza per un tempo superiore alle 4 ore giorno. Le fasce di rispetto del valore 0,2 μ T sono per la maggior parte inferiori a 6 metri.

Come in precedenza l'unica fascia di ampiezza superiore di 5 metri è posta in corrispondenza dell'entrata in

Gruppo T.M.E. Termomeccanica Ecologia 	Commessa	Emesso da	Documento	Rev.
	10139.01	PEE	10139.01TMER001	00
			Pag. 21 di 22	

stazione dove tutte le linee sono interrate in corrispondenza del medesimo scavo. Si sottolinea che i cavi sono previsti interrati in strade e campi a notevole distanza da abitazioni e il valore del campo magnetico generato non sarà, in alcun punto, superiore a $3 \mu\text{T}$.

Il rispetto del valore di $0,2 \mu\text{T}$ si ha ad una distanza di poco meno di 6 m dall'asse della linea stessa.

Relativamente alla stazione di trasformazione il valore di qualità di $3 \mu\text{T}$ si raggiunge a 12 metri dalla sbarra centrale della sezione AT, le dimensioni della recinzione sono pertanto sufficienti a garantire il rispetto di tale valore già sul perimetro della stazione stessa.

In conclusione di ciò, i limiti previsti dalla normativa vigente sono ampiamente rispettati per tutte le infrastrutture componenti il parco eolico.