



REGIONE
SICILIA



PROVINCIA DI
PALERMO



COMUNE DI
CALTAVUTURO



COMUNE DI
POLIZZI
GENEROSA



COMUNE DI
CASTELLANA
SICULA



COMUNE DI
VILLALBA

OGGETTO:

Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato "CATERINA II" situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA), e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL).

ELABORATO:

RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO



PROPONENTE:

**AEI WIND
PROJECT XI S.R.L.**

P.I. 17264821004
Via Savoia 78,
00198 Roma

Codice fiscale e n.iscr. al Registro Imprese: 17264821004
Numero REA RM - 1707090
Domicilio digitale/PEC: aeiwindprojectxi@legalmail.it

PROGETTAZIONE:

Ing. Carmen Martone
Iscr. n.1872
Ordine Ingegneri Potenza
C.F MRTCMN73D56H703E


EGM PROJECT S.R.L.


Geol. Raffaele Nardone
Iscr. n. 243
Ordine Geologi Basilicata
C.F NRDRFL71H04A509H

EGM PROJECT S.R.L.
VIA VERRASTRO 15/A
85100- POTENZA (PZ)
P.IVA 02094310766
REA PZ-206983

Livello prog.	Cat. opera	N°. prog.elaborato	Tipo elaborato	N° foglio/Tot. fogli	Nome file	Scala	
PD	I.IE	19	R		_RELAZIONE_IMPATTO _ELETTROM		
REV.	DATA	DESCRIZIONE			ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	DICEMBRE 2023	EMISSIONE				Ing. Carmen Martone EGM Project	Ing. Carmen Martone EGM Project

Sommario

1. PREMESSA	2
2. DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO	5
3. DESCRIZIONE TECNICA DEI COMPONENTI DELL’IMPIANTO	10
3.1 Aerogeneratori	10
3.2 Cavidotti.....	15
3.3 Modalità di connessione alla rete	16
4. INQUADRAMENTO NORMATIVO	17
5. Definizioni.....	22
5.1 Campo elettrico.....	22
5.2 Campo magnetico.....	22
6. METODOLOGIE DI CALCOLO DELLE FASCE DI RISPETTO/DPA	23
7. VALUTAZIONE DEI CEM E CALCOLO DELLA DPA	30
7.1 Aerogeneratori	33
7.2 Linee elettriche MT	41
7.2 Cabina di raccolta e smistamento	48
8. STAZIONE DI UTENZA E AMPLIAMENTO STAZIONE TERNA	50
9. CONCLUSIONI	53

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 2 di 53</p>
--	--	---

1. PREMESSA

Con il Decreto Legislativo 29 dicembre 2003, n. 387, il Parlamento Italiano ha proceduto all’attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell’energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell’elettricità.

Con la nuova normativa introdotta dal d.lgs. 30 giugno 2016, n. 127 (legge Madia), la conferenza dei servizi si potrà svolgere in modalità “Sincrona” o “Asincrona”, nei casi previsti dalla legge.

La Regione Siciliana con il D.P. Reg. Siciliana 48/2012, recependo il decreto ministeriale 10 settembre 2010, ha stabilito le procedure amministrative di semplificazione per l’autorizzazione degli impianti da fonti rinnovabili.

In particolare per impianti fotovoltaici superiori ad 1 MW di potenza è prevista l’indizione della conferenza dei servizi ai sensi del D.Lgs. 387/2003. Il citato decreto stabilisce la documentazione amministrativa necessaria e la disciplina del procedimento unico.

Il Progetto, nello specifico, è compreso tra le tipologie di intervento riportate nell’Allegato IV alla Parte II, comma 2 del D.Lgs. n. 152 del 3/4/2006 (cfr. 2c) – “Impianti industriali non termici per la produzione di energia, vapore ed acqua calda con potenza complessiva superiore a 1MW”, pertanto rientra tra le categorie di opere da sottoporre alla procedura di Valutazione d’Impatto Ambientale di competenza delle Regioni.


Nel caso specifico, l’iter di VIA si configura come un endo-procedimento della procedura di Autorizzazione Unica ai sensi del D.lgs. 29 dicembre 2003.

In data 21 luglio 2017 è entrato in vigore il d. lgs. n. 104 del 16 giugno 2017 (pubblicato in G.U. n. 156 del 06/06/2017), il quale ha modificato la disciplina inserita nel D.lgs. n.152/2006 in tema di Valutazione di Impatto ambientale (VIA).

Il provvedimento trae origine da un adeguamento nazionale alla normativa europea prevista dalla Direttiva 2014/52/UE del 16 aprile 2014, la quale ha modificato la Direttiva 2011/92/UE concernente la valutazione dell’impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati.

Ad oggi, la produzione di energia elettrica è per la quasi totalità proveniente da impianti termoelettrici che utilizzano combustibili sostanzialmente di origine fossile.

L’Italia non possiede riserve significative di fonti fossili, ma da esse ricava circa il 90% dell’energia che

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 3 di 53</p>
--	--	---

consuma, con una rilevante dipendenza dall'estero. I costi della bolletta energetica, già alti, per l'aumento della domanda internazionale rischiano di diventare insostenibili per la nostra economia con le sanzioni previste in caso di mancato rispetto degli impegni di Kyoto, Copenaghen e Parigi.

La transizione verso un mix di fonti di energia e con un peso sempre maggiore di rinnovabili è, pertanto, strategica per un Paese come il nostro dove, tuttavia, le risorse idrauliche e geotermiche sono già sfruttate appieno.


Scopo del provvedimento in esame è quello di rendere più efficiente le procedure amministrative nonché di innalzare il livello di tutela ambientale.

La presente relazione tecnica specialistica ha per oggetto la valutazione dell’impatto elettromagnetico delle opere in progetto, individuando le potenziali sorgenti di emissione e valutandone i potenziali rischi legati all’esposizione delle persone.

Tale valutazione è condotta, ai sensi del Titolo VIII, Capo IV del D. Lgs. 81/2008 e s.m.i. **“Testo Unico in materia di salute e sicurezza sul lavoro, come modificato e integrato dal D. Lgs. 159/2016, che attua la Direttiva 201G/G5/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 26 giugno 2013, sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all’esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE.**


Considerando che l’art. 209 del Testo Unico sulla Sicurezza individua le Norme tecniche del Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) come riferimento per l’identificazione dell’esposizione ai CEM nel campo di frequenza tra 0 Hz e 300 GHz e nella valutazione dei rischi derivanti dall’esposizione ai CEM nei luoghi di lavoro, il suddetto comitato ha pubblicato in data 01/2021 la **“Guida alla valutazione dei rischi per la salute e la sicurezza derivante dall’esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) fra 0 Hz e 600 GHz nei luoghi di lavoro”**, la quale integra i contenuti della Norma CEI EN 50499 “Procedura per la valutazione dell’esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici” e la disciplina sulla protezione dalle esposizioni ai CEM ai sensi della legislazione nazionale vigente, proponendo un approccio operativo semplificato per la valutazione dei rischi derivanti dall’esposizione ai CEM da parte di tutti i soggetti, interni ed esterni, coinvolti nell’organizzazione e gestione della salute e sicurezza nei luoghi di lavoro, a cui si è fatto riferimento per la redazione del presente elaborato.

In linea con l’orientamento mondiale, la società AEI WIND PROJECT X S.R.L. intende realizzare nei comuni di Caltavuturo, Castellana Sicula e Polizzi Generosa, in provincia di Palermo (PA) e Villalba in provincia di

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 4 di 53</p>
---	--	--

Caltanissetta (CL) un parco eolico della potenza nominale di 52,8 MW.

Il parco in progetto sarà costituito da 8 aerogeneratori e relative opere accessorie, ovvero la realizzazione della viabilità di accesso al parco, ove non esistente e/o non idonea al trasporto dei componenti delle torri, la posa del cavidotto interno di collegamento tra gli aerogeneratori, la posa del cavidotto di collegamento tra il parco eolico e la nuova cabina di Terna che permetterà l’immissione dell’energia elettrica prodotta alla dorsale nazionale. Il progetto è finalizzato alla produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, in linea con la Strategia Energetica Nazionale (SEN).

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 5 di 53</p>
--	--	---

2. DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO

Il sito oggetto dello studio è situato in provincia di Palermo (PA), nei comuni Caltavuturo, Castellana Sicula e Polizzi Generosa e Villalba in provincia di Caltanissetta (CL).

Il parco eolico denominato “Caterina II” è composto da 8 aerogeneratori; la A1, A2, A3, A4, A5, A6 A7 ricadono nel territorio comunale di Polizzi Generosa mentre la A8 ricade nel territorio comunale di Caltavuturo.

Il cavidotto per il collegamento del parco eolico alla sottostazione, si estende anche nel territorio del Comune di Castellana Sicula e Villalba; in quest’ultimo ricade anche la nuova stazione elettrica di trasformazione RTN.

L'area di progetto su cui verrà realizzato il parco eolico è caratterizzata da orografia tipica delle zone montuose della zona, priva di complicazioni eccessive e con un'altezza media compresa tra 471 e 768 metri sul livello del mare.

Attualmente il sito presenta un uso del suolo principalmente agricolo; la copertura vegetale arborea è scarsa, quindi l'area in esame è caratterizzata da una rugosità media, caratteristica favorevole allo sfruttamento del vento. Le turbine eoliche saranno posizionate in modo omogeneo, in direzione perpendicolare al vento prevalente N.

Per effettuare una localizzazione univoca dei terreni sui quali insiste il parco eolico, di seguito si riportano le cartografie riguardanti:

- sovrapposizione del campo eolico su ortofoto (figura 1);
- sovrapposizione del campo eolico su catastale (figura 2);
- sovrapposizione del campo eolico su CTR (figura 3);
- sovrapposizione del campo eolico su IGM (figura 4).

Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico

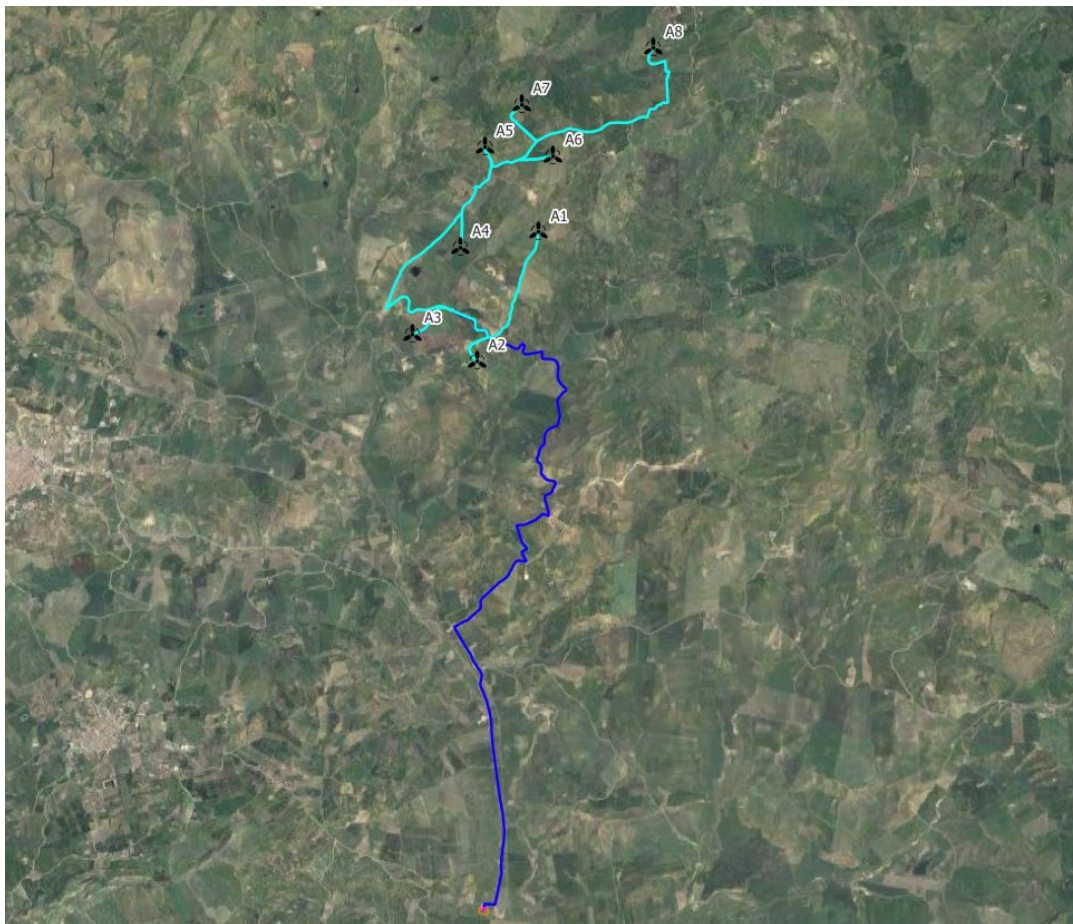


Figura 1 - Inquadramento area campo fotovoltaico su base ortofoto

Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico

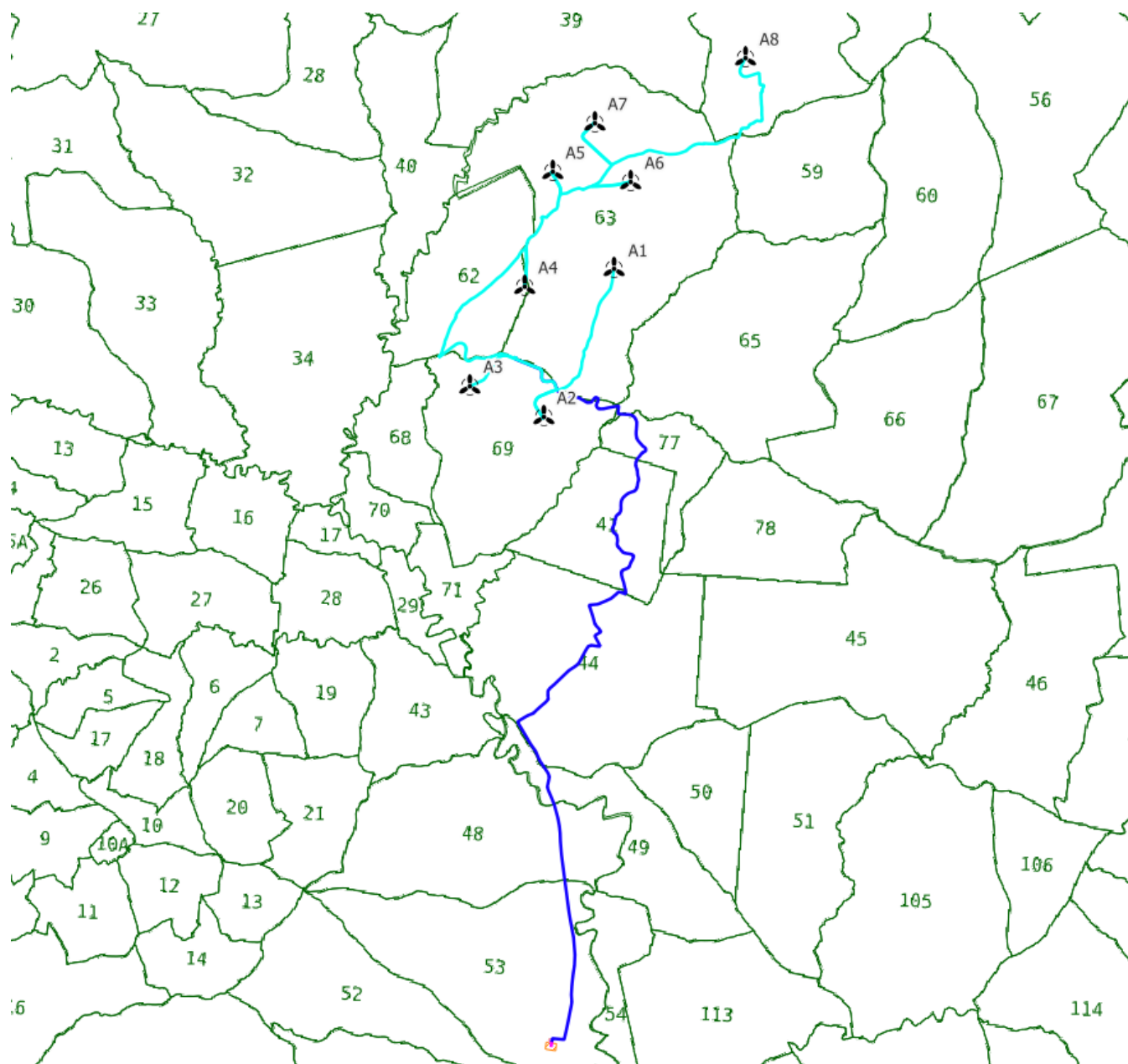


Figura 2 - Inquadramento area campo fotovoltaico su catastale

Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico

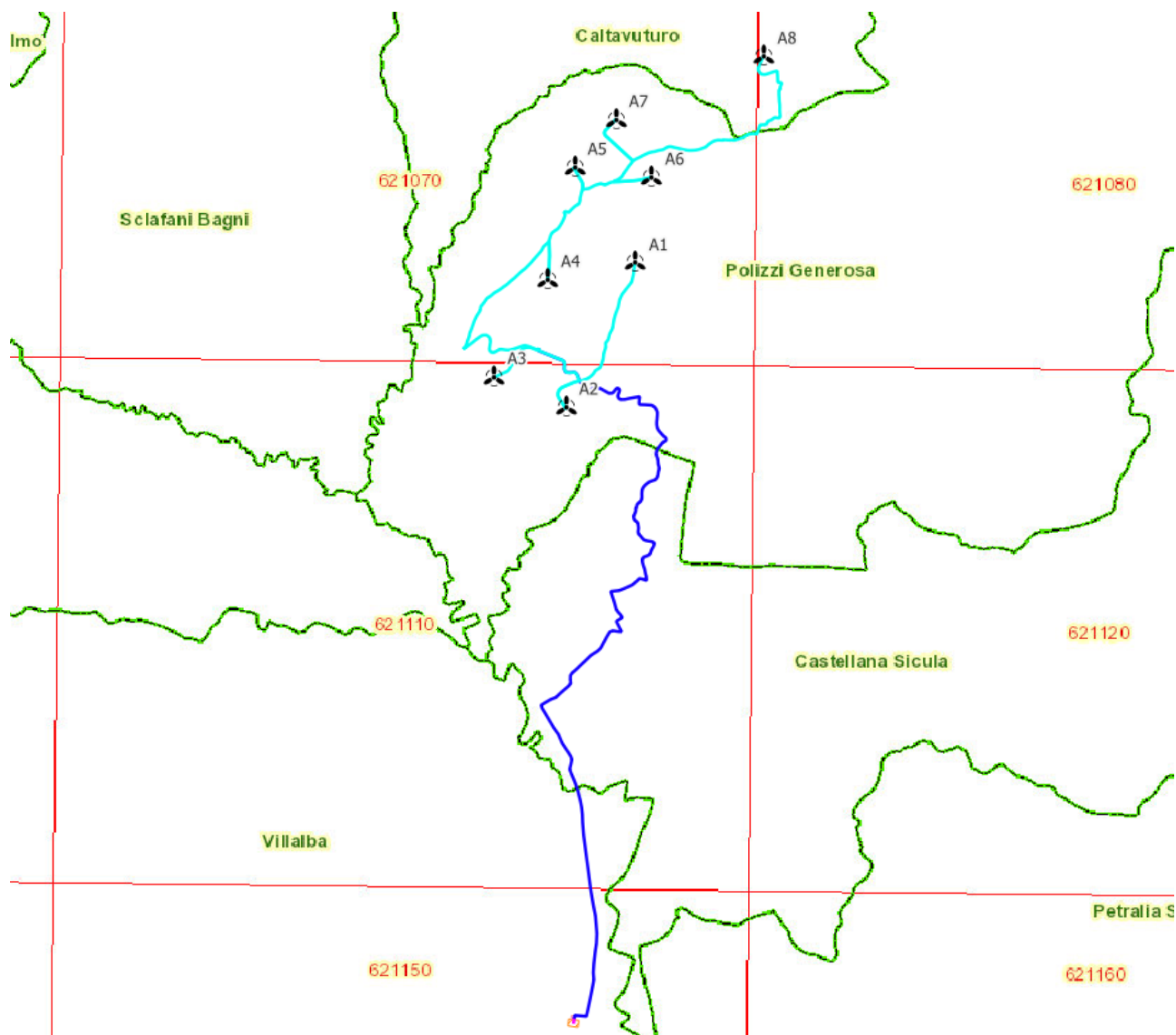


Figura 3 - Inquadramento area campo e sottostazione su CTR

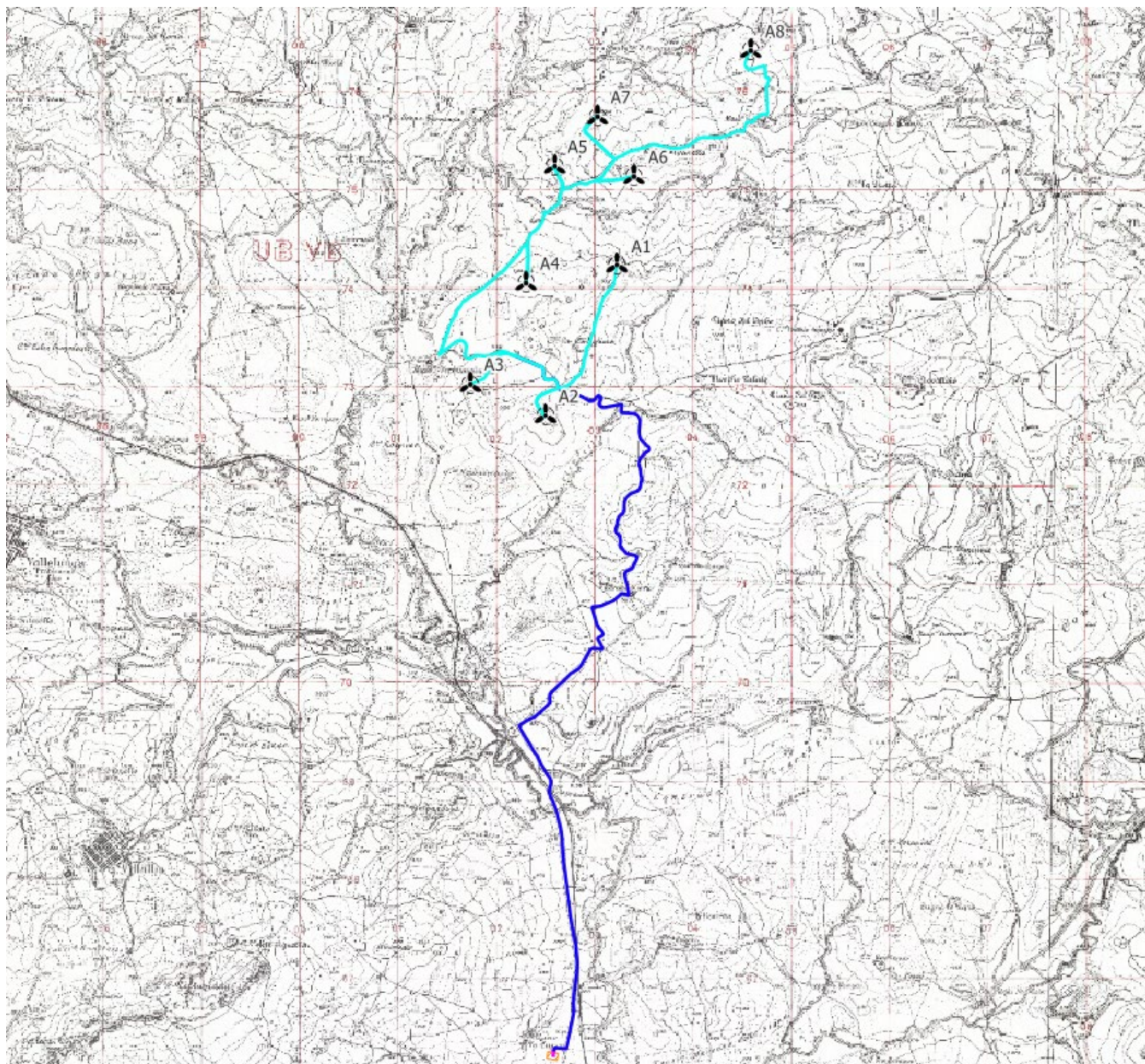



Figura 4 - Inquadramento area campo e sottostazione su IGM

Il parco eolico per la produzione di energia elettrica oggetto di studio avrà le seguenti caratteristiche:

- potenza installata totale: 52,8 MW;
- potenza della singola turbina: 6,60MW;
- n.8 turbine;
- n. 1 “Cabina di raccolta e smistamento”;
- n.1 “SSE lato utente di trasformazione”;
- n. 1 “Nuova stazione elettrica di trasformazione RTN”.

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 10 di 53</p>
--	--	--

I fogli e le particelle interessati dall’installazione dei nuovi aerogeneratori sono sintetizzati nella Tabella seguente.

Aerogeneratore	Foglio	Particella
A1	63	91
A2	69	61
A3	69	9
A4	62	1
A5	63	98
A6	63	7
A7	63	155
A8	38	16

Tabella 1 – Fogli e particelle aerogeneratori

3. DESCRIZIONE TECNICA DEI COMPONENTI DELL’IMPIANTO


3.1 Aerogeneratori

Le pale di un aerogeneratore sono fissate al mozzo e vi è un sistema di controllo che ne modifica costantemente l’orientamento rispetto alla direzione del vento, per offrire allo stesso sempre il medesimo profilo alare garantendo, indipendentemente dalla direzione del vento, un verso orario di rotazione.

L’aerogeneratore previsto per la realizzazione del parco eolico è la turbina da 6.6 MW della Siemens-Gamesa SG 6.6-170 -MOD 6,6 MW_v2, o similare.

Nella tabella che segue sono sintetizzate le principali caratteristiche dell’aerogeneratore previsto nel parco eolico “CATERINA II”.

Altezza al Mozzo	155 m
Diametro Rotore	170 m
Lunghezza singola Pala	83.5 m
Superficie del rotore	22,698 m ²
Numero Pale	3
Velocità di Rotazione Max a regime del Rotore	11.20 rpm

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 11 di 53</p>
--	--	--

Potenza Nominale Turbina	6600 kW
Cut-Out	25 m/s
Cut-in	3 m/s

Tabella 2 - Caratteristiche principali dell’areogeneratore previsto nel parco eolico

- **Rotore-Navicella**

Il rotore è una costruzione a tre pale, montata sopravento rispetto alla torre. L'uscita di potenza è controllata da pitch e regolazione della domanda di coppia. La velocità del rotore è variabile ed è progettata per massimizzare la potenza durante mantenendo i carichi e il livello di rumore.

La navicella è stata progettata per un accesso sicuro a tutti i punti di servizio durante il servizio programmato. Inoltre, la navicella è stata progettata per la presenza sicura dei tecnici dell'assistenza nella navicella durante le prove di servizio con la turbina eolica in piena attività.

Ciò consente un servizio di alta qualità della turbina eolica e fornisce ottimali condizioni di risoluzione dei problemi.

Lame

Le lame sono generalmente costituite da infusione di fibra di vetro e componenti stampati pultrusi in carbonio. La struttura della lama utilizza gusci aerodinamici contenenti cappucci di longheroni incorporati, legati a due reti di taglio principali in balsa epossidica / fibra di vetro.

- **Mozzo del rotore**


Il mozzo del rotore è solitamente fuso in ghisa sferoidale ed è montato sull'albero lento della trasmissione con un collegamento a flangia. Il mozzo è sufficientemente grande da fornire spazio ai tecnici dell'assistenza durante la manutenzione delle radici e del passo delle pale cuscinetti dall'interno della struttura.

- **Copertura della navicella**

Lo schermo meteorologico e l'alloggiamento attorno ai macchinari nella navicella sono realizzati con pannelli laminati rinforzati con fibra di vetro.

- **Torre**

La turbina eolica è montata di serie su una torre d'acciaio tubolare rastremata. Altre tecnologie di torri

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 12 di 53</p>
--	--	--

sono disponibili per altezze del mozzo più elevate. La torre ha salita interna e accesso diretto al sistema di imbardata e navicella. È dotata di pedane e illuminazione elettrica interna.

- **Controllore**

Il controller per turbine eoliche è un controller industriale basato su microprocessore. Il controllore è completo di quadro e dispositivi di protezione ed è autodiagnosi.

- **Convertitore**

Collegato direttamente al rotore, il convertitore di frequenza è un sistema di conversione 4Q back to back con 2 VSC in un collegamento CC comune.

Il Convertitore di Frequenza consente il funzionamento del generatore a velocità e tensione variabili, fornendo potenza a frequenza e tensione costanti al trasformatore MT.

- **SCADA**

L'aerogeneratore fornisce la connessione al sistema SGRE SCADA. Questo sistema offre il controllo remoto e una varietà di visualizzazioni di stato e report utili da un browser Web Internet standard.

Le viste di stato presentano informazioni tra cui dati elettrici e meccanici, stato operativo e di guasto, dati meteorologici e dati della stazione di rete.

- **Monitoraggio delle condizioni della turbina**

Oltre al sistema SCADA SGRE, la turbina eolica può essere dotata dell'esclusiva configurazione di monitoraggio delle condizioni SGRE. Questo sistema monitora il livello di vibrazione dei componenti principali e confronta gli spettri di vibrazione effettivi con una serie di spettri di riferimento stabiliti. Revisione dei risultati, analisi dettagliata e la riprogrammazione può essere eseguita utilizzando un browser web standard.

Sistemi operativi

La turbina eolica funziona automaticamente. Si avvia automaticamente quando la coppia aerodinamica raggiunge un certo valore.

Al di sotto della velocità del vento nominale, il controller della turbina eolica fissa i riferimenti di passo e coppia per operare nel punto aerodinamico ottimale (massima produzione) tenendo conto della capacità del generatore.

Una volta superata la velocità del vento nominale, la richiesta di posizione del passo viene regolata per mantenere una produzione di energia stabile pari al valore nominale.

Se è abilitata la modalità declassamento per vento forte, la produzione di energia viene limitata una volta che la velocità del vento supera un valore di soglia definito dalla progettazione, fino a quando non viene raggiunta la velocità del vento di interruzione e la turbina eolica smette di produrre energia.

Se la velocità media del vento supera il limite operativo massimo, l'aerogeneratore viene spento per beccheggio delle pale.

Quando la velocità media del vento scende al di sotto della velocità media del vento di riavvio, i sistemi si ripristinano automaticamente.

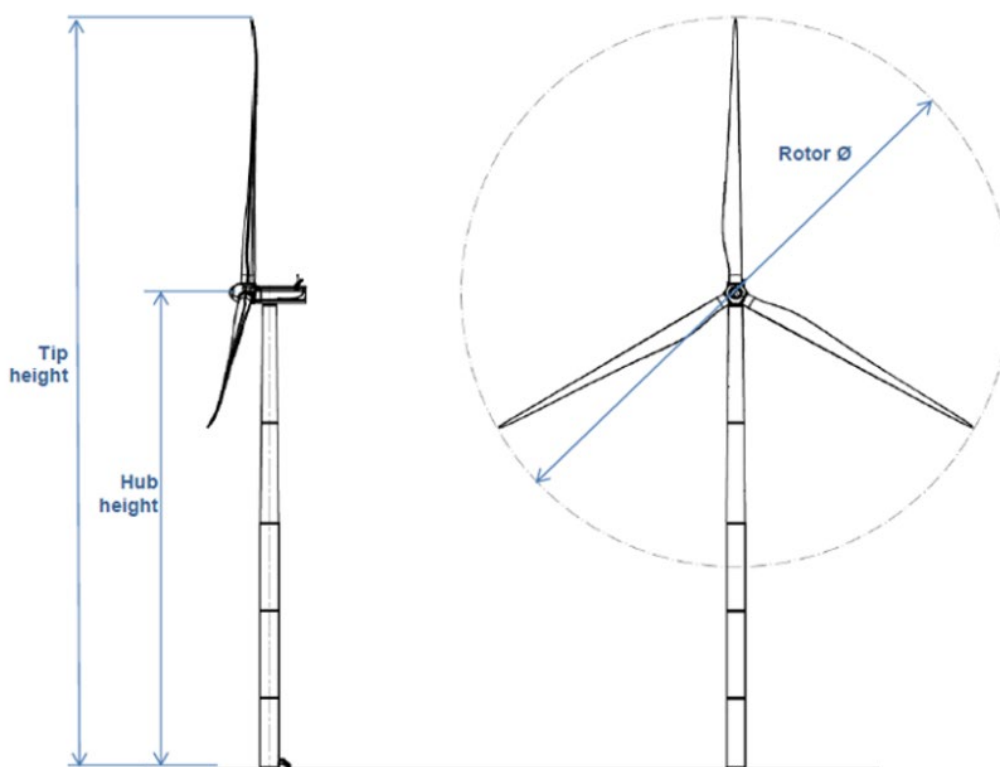



Figura 5 – Esempio Aerogeneratore

La navicella ospita i principali componenti del generatore eolico.

La navicella è ventilata e illuminata da luci elettriche. Un portello fornisce l'accesso alle pale e mozzo. Inoltre all’interno della navicella si trova anche una gru che può essere utilizzata per il sollevamento di strumenti e di altri materiali.

L'accesso dalla torre alla navicella avviene attraverso il fondo della navicella.

La turbina eolica è montata su una torre tubolare in acciaio, con un’altezza di circa 155 m, e ospita alla

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 14 di 53</p>
---	--	---

sua base il sistema di controllo.

È costituita da più sezioni tronco-coniche che verranno assemblate in sito. Al suo interno saranno inserite la scala di accesso alla navicella e il cavedio in cui saranno posizionati i cavi elettrici necessari al trasporto dell’energia elettrica prodotta.

L’accesso alla turbina avviene attraverso una porta alla base della torre che consentirà l’accesso al personale addetto alla manutenzione.

La torre, il generatore e la cabina di trasformazione andranno a scaricare su una struttura di fondazione in cemento armato di tipo diretto che verrà dimensionata sulla base degli studi geologici e dell’analisi dei carichi trasmessi dalla torre.

L’aerogeneratore ad asse orizzontale è costituito da una torre tubolare che porta alla sua sommità la navicella che supporta le pale e contenente i dispositivi di trasmissione dell’energia meccanica, il generatore elettrico e i dispositivi ausiliari.

La navicella può ruotare rispetto al sostegno in modo tale da tenere l’asse della macchina sempre parallela alla direzione del vento (movimento di imbardata).


Opportuni cavi convogliano al suolo, in un quadro all’interno della torre, l’energia elettrica prodotta e trasmettono i segnali necessari per il controllo remoto del sistema aerogeneratore.

Tutte le funzioni dell’aerogeneratore sono monitorate e controllate da un’unità di controllo basata su microprocessori. Le pale possono essere manovrate singolarmente per una regolazione ottimale della potenza prodotta, questo fa sì che anche a velocità del vento elevate, la produzione d’energia viene mantenuta alla potenza nominale.

La turbina è anche dotata di un sistema meccanico di frenatura che, all’occorrenza, può arrestarne la rotazione. In caso di ventosità pericolosa, per la tenuta meccanica delle pale, l’aerogeneratore dispone anche di un freno aerodinamico, un sistema in grado di ruotare le pale fino a 90° attorno al proprio asse che le posiziona in maniera tale da offrire la minima superficie possibile all’azione del vento.

Le verifiche di stabilità del terreno e delle strutture di fondazione saranno eseguite con i metodi ed i procedimenti della geotecnica, tenendo conto delle massime sollecitazioni sul terreno che la struttura trasmette.

Le massime sollecitazioni sul terreno saranno calcolate con riferimento ai valori nominali delle azioni. Il

	<p align="center">“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p align="center">Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p align="right">DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 15 di 53</p>
---	--	--

piano di posa delle fondazioni sarà ad una profondità tale da non ricadere in zona ove risultino apprezzabili le variazioni stagionali del contenuto d’acqua.

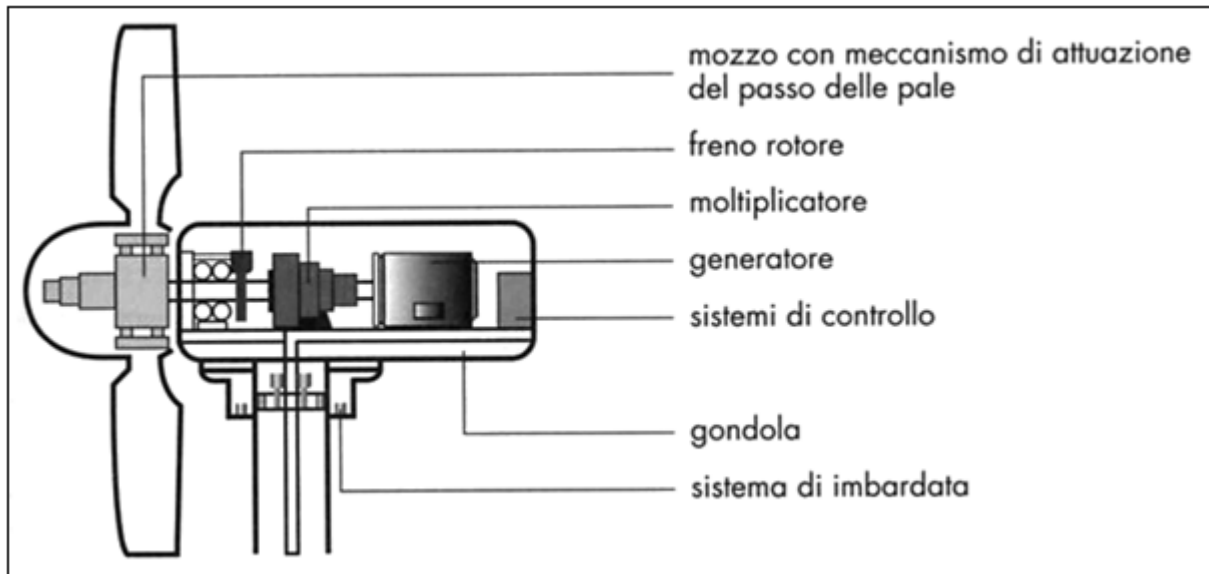


Figura 6 - Schema di principio di un aerogeneratore


3.2 Cavidotti

Gli aerogeneratori sono connessi tra loro tramite una linea MT a 30 kV; successivamente i cavidotti saranno raccolti e smistamenti in corrispondenza della “Cabina di raccolta e smistamento”. In uscita dalla cabina di raccolta e smistamento, è stato previsto un unico cavidotto interrato a 30 kV per connettere poi l’impianto alla stazione elettrica di trasformazione di competenza dell’utente. All’interno della cabina di trasformazione lato utente è stato previsto l’installazione di un trasformatore elevatore, il cui compito sarà aumentare la tensione da 30kV a 36kV. Il cavo in uscita dal trasformatore sarà posato un cavo AT il quale provvederà alla connessione in antenna all’ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) 380/150/36 kV della RTN, da inserire in entra-esce sul futuro elettrodotto RTN a 380 kV della RTN “Chiaromonte Gulfi-Ciminna”, come da STMG.

Ogni aerogeneratore è dotato di tutte le apparecchiature e circuiti di potenza nonché di comando, protezione, misura e supervisione.

L’impianto elettrico in oggetto comprende sistemi di categoria 0, I, II e III ed è esercito alla frequenza di 50Hz. Si distinguono le seguenti parti:

- ✓ il sistema MT a 30 kV, esercito con neutro isolato;

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 16 di 53</p>
--	--	--

✓ il sistema AT a 36 kV, esercito con neutro isolato.

3.3 Modalità di connessione alla rete

La STMG è definita dal Gestore sulla base di criteri finalizzati a garantire la continuità del servizio e la sicurezza di esercizio della rete su cui il nuovo impianto si va ad inserire, tenendo conto dei diversi aspetti tecnici ed economici associati alla realizzazione delle opere di allacciamento.

In particolare il Gestore analizza ogni iniziativa nel contesto di rete in cui si inserisce e si adopera per minimizzare eventuali problemi legati alla eccessiva concentrazione di iniziative nella stessa area, al fine di evitare limitazioni di esercizio degli impianti di generazione nelle prevedibili condizioni di funzionamento del sistema elettrico.


La STMG contiene unicamente lo schema generale di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN), nonché i tempi ed i costi medi standard di realizzazione degli impianti di rete per la connessione. L’Autorità per l’energia elettrica, il gas e rete idrica con la delibera ARG/elt99/08 (TICA) e s.m.i. stabilisce le condizioni per l’erogazione del servizio di connessione alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi per gli impianti di produzione di energia elettrica.

Il campo di applicazione è relativo anche ad impianti di produzione e si prefigge di individuare il punto di inserimento e la relativa connessione, dove per inserimento s’intende l’attività d’individuazione del punto nel quale l’impianto può essere collegato, e per connessione s’intende l’attività di determinazione dei circuiti e dell’impiantistica necessaria al collegamento.

L’impianto eolico di riferimento avrà una potenza di 52,8 MW.

La soluzione tecnica minima generale elaborata prevede che la centrale venga collegata in antenna a 36 kV con la sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) 380/150/36 kV alla RTN, da inserire in entra-esce sul futuro elettrodotto RTN a 380 kV della RTN ““Chiaramonte Gulfi - Ciminna””.

Ai sensi dell’art. 21 dell’allegato A alla deliberazione Arg/elt/99/08 e s.m.i. dell’Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, il nuovo/i elettrodotto/i a 36 kV per il collegamento in antenna della centrale sulla Stazione Elettrica della RTN costituisce/costituiscono impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo/i arrivo produttore a 36 kV nella suddetta stazione costituisce/costituiscono impianto di rete per la connessione.

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 17 di 53</p>
---	--	---

4. INQUADRAMENTO NORMATIVO


Il panorama italiano in fatto di protezione contro l’esposizione dei campi elettromagnetici si riferisce alla Legge n. 36 del 22/2/01, legge quadro sulla protezione delle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici completata a regime con l’emanazione del D.P.C.M. 8/7/2003 e del D.M. 29/05/2008.

La legge n. 36 del 22/02/2001 “Legge quadro sulla protezione delle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”, pubblicata su G.U. n. 55 del 7 Marzo 2001, è finalizzata ad:

- 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 nel rispetto dell’art. 32 della Costituzione;
- assicurare la tutela dell’ambiente e del paesaggio e promuovere l’innovazione tecnologica e le azioni di risanamento colte a minimizzare l’intensità e gli effetti dei ed elettromagnetici secondo le migliori tecnologie disponibili.

Nel D.P.C.M. 8/7/2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”, vengono fissati i limiti di esposizione e i valori di attenzione per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all’esercizio degli elettrodotti. In particolare, agli articoli 3 e 4, vengono individuate le seguenti 3 soglie di rispetto per l’induzione magnetica:

- “Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μ T per l’induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico intesi come valori efficaci” (art. 3, comma 1);
- “A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l’esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l’infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l’induzione magnetica il valore di attenzione

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 18 di 53</p>
---	--	---

di 10 μT , da intender i come mediana dei valori nell’arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio (art. 4)”.

- “L’obiettivo di qualità da perseguire nella realizzazione dell’impianto è pertanto quello di avere un valore di intensità di campo magnetico non superiore ai 3 μT , da intendersi come mediana dei valori nell’arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.”

Ai fini della protezione della popolazione dall’esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati da linee e cabine elettriche, il DPCM 8 luglio 2003 (artt. 3 e 4) fissa, in conformità alla Legge 36/2001 (art. 4, c. 2):

- i limiti di esposizione del campo elettrico (5 kV/m) e del campo magnetico (100 μT) come valori efficaci, per la protezione da possibili effetti a breve termine;
- il valore di attenzione (10 μT) e l’obiettivo di qualità (3 μT) del campo magnetico da intendersi come mediana nelle 24 ore in normali condizioni di esercizio, per la protezione da possibili effetti a lungo termine connessi all’esposizione nelle aree di gioco per l’infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere (luoghi tutelati).

Il valore di attenzione si applica nelle aree di gioco per l’infanzia, negli ambienti abitativi, negli ambienti scolastici e si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti; l’obiettivo di qualità si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti. L’obiettivo qualità da perseguire nella realizzazione dell’impianto è pertanto quello di avere un valore di intensità di campo magnetico non superiore ai 3 μT come mediana dei valori nell’arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.




Soglia	Valore limite del campo magnetico
Limite di esposizione	100 μT (da intendersi come valore efficace)
Valore di attenzione (misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, nelle aree di gioco per l’infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere)	10 μT (da intendersi come mediana dei valori nell’arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)
Obiettivo di qualità (nella progettazione di nuovi elettrodotti in aree di gioco per l’infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, e nella progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità delle linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio)	3 μT (da intendersi come mediana dei valori nell’arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)

Tabella 3 – limiti DPCM 8 luglio 2003 (artt. 3 e 4)

Il valore dell’induzione magnetica prefissato come obiettivo di qualità permette di individuare la Fascia di Rispetto, ovvero “lo spazio circostante un elettrodotto, 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 all’obiettivo di qualità (3 μ T). Come prescritto dall’articolo 4, c.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 e ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.”

La Fascia di rispetto consente di determinare la Distanza di Prima Approssimazione (DPA), che “per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più della DPA si trovi all’esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine secondarie è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra”.

Il DPCM 8 luglio 2003, all’art. 6, in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell’allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 20 di 53</p>
---	--	---

elettrodotti). Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all’obiettivo di qualità.

“La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti” prevede una procedura semplificata di valutazione con l’introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA). Detta DPA, nel rispetto dell’obiettivo di qualità di 3 μ T del campo magnetico (art. 4 del DPCM 8 luglio 2003), si applica nel caso di:

- realizzazione di nuovi elettrodotti (inclusi potenziamenti) in prossimità di luoghi tutelati;
- progettazione di nuovi luoghi tutelati in prossimità di elettrodotti esistenti. In particolare, al fine di agevolare/semplificare:
- l’iter autorizzativo relativo alla costruzione ed esercizio degli elettrodotti (linee e cabine elettriche);
- le attività di gestione territoriale relative a progettazioni di nuovi luoghi tutelati e a richieste di redazione dei piani di gestione territoriale, inoltrate dalle amministrazioni locali.

Le DPA permettono, nella maggior parte delle situazioni, una valutazione esaustiva dell’esposizione ai campi magnetici. Si precisa, inoltre, che secondo quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 sopra citato (§ 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, esistenti ed in progetto 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 - Figura 1); 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.

Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico

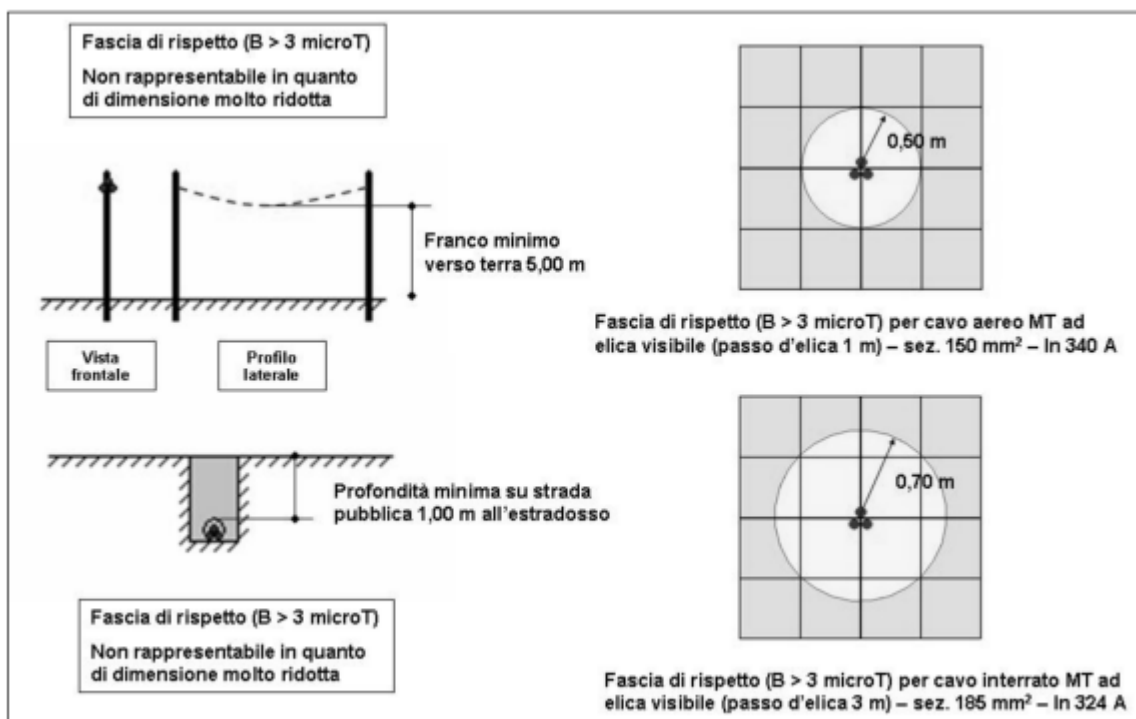



Figura 1 – Curve di livello dell’induzione magnetica generata da cavi cordati ad elica

Si evidenzia infine che le fasce di rispetto (comprese le correlate DPA) non sono applicabili ai luoghi tutelati esistenti in vicinanza di elettrodotti esistenti. In tali casi, l’unico vincolo legale è quello del non superamento del valore di attenzione del campo magnetico (10 μT da intendersi come mediana dei valori nell’arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio); solo ove tale valore risulti superato, si applicheranno le disposizioni dell’art. 9 della Legge 36/2001.

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 22 di 53</p>
--	--	--

5. Definizioni

Per quanto riguarda le definizioni che vengono di seguito riportate si fa riferimento, ove possibile, al documento CEI 111-2 (CENELEC ENV 50166-1).

5.1 Campo elettrico

Il campo elettrico E creato in vicinanza di un conduttore in tensione è un vettore la cui intensità rappresenta la forza esercitata dal campo stesso su una carica unitaria e si misura in volt al metro [V/m]. Nel caso di campi alternati sinusoidali, il vettore oscilla lungo un asse fisso (sorgente monofase) oppure ruota su un piano descrivendo un’ellisse (sorgenti polifase o sorgenti multiple sincronizzate).

Il campo elettrico in ciascun punto dello spazio è dunque un vettore dipendente dal tempo e descritto mediante le sue componenti spaziali lungo tre assi ortogonali:

$$\vec{E}(t) = E_x(t) \cdot \vec{u}_x + E_y(t) \cdot \vec{u}_y + E_z(t) \cdot \vec{u}_z$$

Nel caso particolare di campi alternati sinusoidali le singole componenti spaziali possono essere rappresentate ciascuna mediante un numero complesso o fasore.


Tenendo conto che il campo elettrico in vicinanza di oggetti conduttori (persone incluse) viene generalmente perturbato dagli oggetti stessi, per caratterizzare le condizioni di esposizione si usa il valore del “campo elettrico imperturbato” (cioè il valore del campo che esisterebbe in assenza di oggetti e persone).

5.2 Campo magnetico

Il campo magnetico è una grandezza vettoriale. Come nel caso del campo elettrico, in presenza di grandezze sinusoidali, questo vettore oscilla lungo un asse fisso (sorgente monofase) oppure ruota su un piano descrivendo un’ellisse (sorgenti polifase o multiple sincronizzate). L’intensità del campo magnetico, H , si esprime in ampere al metro [A/m].

Spesso il campo magnetico viene espresso in termini di densità di flusso magnetico, B , grandezza anche nota come induzione magnetica. La densità di flusso magnetico è definita in termini di forza esercitata su una carica in movimento nel campo e ha come unità di misura il Tesla [T].

L’induzione magnetica è legata all’intensità del campo magnetico a mezzo della relazione costitutiva del campo magnetico:

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 23 di 53</p>
--	--	--

$$B = \mu \cdot H$$

dove:

- $\mu = \mu_0 \mu_r$ è la permeabilità del mezzo in cui si opera (μ_0 è il valore della permeabilità assoluta del vuoto e μ_r è il valore della permeabilità relativa) espressa in H/m;
- H è l’intensità del campo magnetico, in A/m.

Analogamente al campo elettrico, anche il campo induzione magnetica può essere descritto mediante le sue componenti spaziali lungo tre assi simultaneamente ortogonali:

$$\vec{B}(t) = B_x(t) \cdot \vec{u}_x + B_y(t) \cdot \vec{u}_y + B_z(t) \cdot \vec{u}_z$$

e, nel caso di campi alternati sinusoidali, ciascuna componente spaziale può essere rappresentata mediante un fasore.

6. METODOLOGIE DI CALCOLO DELLE FASCE DI RISPETTO/DPA


Il D.P.C.M. 8 luglio 2003, all’art. 6, prevede che il proprietario/gestore dell’elettrodotto comunichi alle autorità competenti l’ampiezza delle fasce di rispetto ed i dati utilizzati per il calcolo dell’induzione magnetica, che va eseguito, ai sensi del 5.1.2 dell’allegato al Decreto 29 maggio 2008 (G.U. n. 156 del 5 luglio 2008), sulla base delle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea, tenendo conto della presenza di eventuali altri elettrodotti.

Detto calcolo delle fasce di rispetto va eseguito utilizzando modelli:

- ✓ bidimensionali (2D), se sono rispettate le condizioni di cui al § 6.1 della norma CEI 106-11 Parte I;
- ✓ tridimensionali (3D), in tutti gli altri casi.

Le dimensioni delle fasce di rispetto devono essere fornite con una approssimazione non superiore a 1,00 m. Al fine di agevolare la gestione territoriale ed il calcolo delle fasce di rispetto, il Decreto introduce una procedura semplificata (§ 5.1.3), per il calcolo della D.P.A. ai sensi della CEI 106-11 che fa riferimento ad un modello bidimensionale semplificato, valido per conduttori orizzontali paralleli, secondo il quale il proprietario/gestore deve:

- ✓ calcolare la fascia di rispetto combinando la configurazione dei conduttori, geometrica e di

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 24 di 53</p>
---	--	---

fase, e la portata in corrente in servizio normale che forniscono il risultato più cautelativo sull’intero tronco di linea;


- ✓ proiettare al suolo verticalmente tale fascia;
- ✓ comunicare l’estensione rispetto alla proiezione al centro linea: tale distanza (D.P.A.) sarà adottata in modo costante lungo il tronco.

Al fine di calcolare la fascia di rispetto, combinando la configurazione dei conduttori, geometrica e di fase, e la portata in servizio nominale si adotterà il modello normalizzato per il calcolo dell’induzione magnetica prodotta in una sezione trasversale di una linea elettrica descritto nella norma CEI 211-4, che viene considerato applicabile anche alle linee in cavo interrato. Si tratta di un modello bidimensionale che applica la Legge di Biot-Savart per determinare l’induzione magnetica dovuta a ciascun conduttore percorso da corrente e quindi la legge di sovrapposizione degli effetti per determinare l’induzione magnetica totale, tenendo ovviamente conto delle fasi delle correnti, supposte simmetriche ed equilibrate.

Vengono assunte le seguenti schematizzazioni della linea:

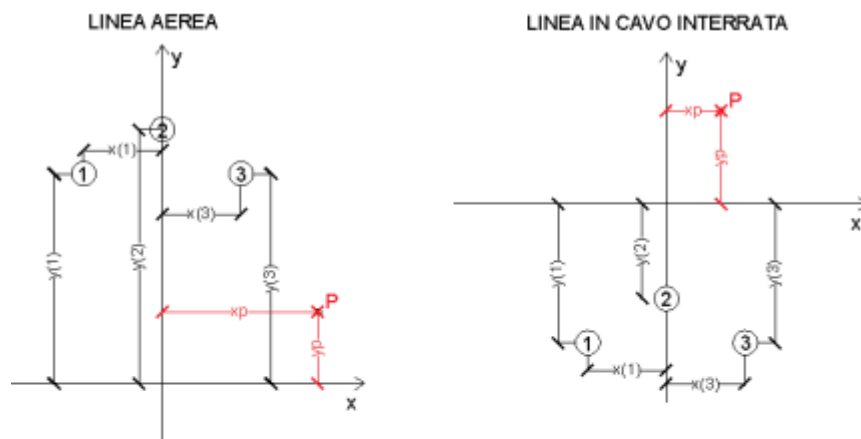
- tutti i conduttori sono considerati rettilinei, orizzontali, di lunghezza infinita e paralleli tra di loro;
- le correnti sono considerate concentrate negli assi centrali dei conduttori aerei o dei cavi interrati e, nel caso dei conduttori a fascio, negli assi centrali dei fasci, cioè negli assi dei cilindri aventi come generatrici gli assi dei subconduttori dei fasci;
- per le linee aeree non vengono considerate le correnti indotte nelle funi di guardia in quanto il loro effetto sull’induzione magnetica è ritenuto trascurabile; analogamente per le linee in cavo interrato non si tiene conto delle correnti indotte negli schermi;
- il suolo è considerato perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico e quindi si trascurano le immagini dei conduttori rispetto al suolo, che alla frequenza industriale risultano a profondità molto elevate.

Il modello bidimensionale considerato, con le schematizzazioni sopra elencate, fornisce risultati del tutto accettabili per la maggior parte delle situazioni riscontrabili per le linee aeree e in cavo interrate. In alcuni casi particolari (per esempio zone della campata in vicinanza dei sostegni, configurazioni

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 25 di 53</p>
--	--	--

particolari di linee, presenze di più linee con percorsi non paralleli) può risultare appropriato eseguire valutazioni con metodi più completi di tipo tridimensionale, assai più complessi, ma già sviluppati e trattati dalla letteratura tecnica. L’algoritmo di calcolo, implementabile con codici relativamente semplici, considera in sintesi i seguenti passi:

- ✓ i valori efficaci e le fasi delle correnti sinusoidali sui conduttori sono rappresentati attraverso fasori (numeri complessi): I_i è il fasore della corrente i ; sul conduttore i ;
- ✓ con riferimento ad un generico punto di coordinate (x_p, y_p) sul piano ortogonale ai conduttori si calcolano i fasori delle componenti spaziali dell'induzione magnetica totale B_x e B_y attraverso le formule riportate nella Figura 7, nella quale è anche illustrato il significato dei simboli usati nelle formule stesse, con riferimento alle linee aeree e a quelle in cavo interrato; per queste ultime la profondità di posa dei cavi (coordinata del centro geometrico di ciascun cavo) va introdotta con il segno negativo; per semplicità e maggior chiarezza, gli schemi riportati si riferiscono a linee a semplice terna, ma ovviamente le formule sotto riportate valgono per linee a doppia terna, introducendo opportunamente i fasori delle correnti in modo da rappresentare la disposizione delle fasi;
- ✓ il valore efficace dell'induzione B magnetica viene ottenuto con la formula già sopra illustrata.



$$B_x = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[\frac{y_i - y_P}{(x_P - x_i)^2 + (y_P - y_i)^2} \right]$$

$$B_y = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[\frac{x_P - x_i}{(x_P - x_i)^2 + (y_P - y_i)^2} \right]$$

$$B_z = 0$$

Figura 7 - Formule per il calcolo dell'induzione magnetica

In alternativa all'utilizzazione del modello di calcolo normalizzato sopra descritto, che richiede l'uso di codici di calcolo, seppur relativamente semplici, si può ricorrere a formule analitiche approssimate, che permettono il calcolo immediato dell'induzione magnetica ad una data distanza dal centro geometrico dei conduttori della linea elettrica. Tali formule derivano dalla considerazione che l'induzione magnetica generata da un sistema di conduttori di lunghezza infinita e tra di loro paralleli può essere espresso dalla scomposizione in serie della legge di Biot-Savart e che, per punti relativamente lontani dai conduttori, quali quelli di interesse per la valutazione delle fasce di rispetto a 3 μT, lo sviluppo in serie può essere troncato al primo termine con un'approssimazione tanto più accettabile tanto più è elevata la distanza dai conduttori.

Le possibili sorgenti formate da linee elettriche rettilinee, possono essere di diversa natura: linee unifilari, linee bifilari e linee trifase, quest'ultime con disposizioni differenti dei conduttori. Si faccia attenzione al fatto che nelle formule che seguono, l'induzione magnetica B viene misurata in microtesla (μT). In Figura 8 vengono riportate una linea unifilare (che rappresenta il caso di un conduttore a grande

distanza dal conduttore di ritorno della corrente) e una linea bifilare (ad esempio linea di distribuzione fase-fase o fase- neutro).

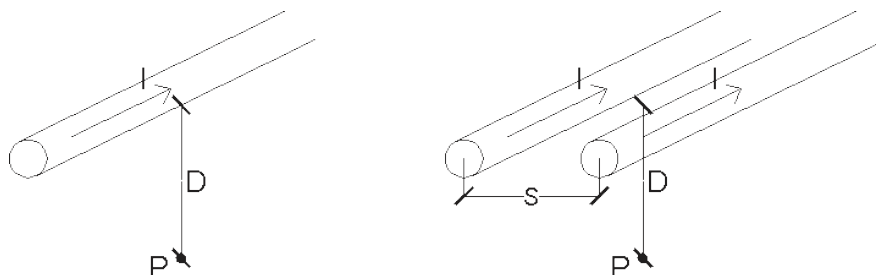


Figura 8 - Linea Unifilare e Bifilare

Per la linea unifilare l’induzione magnetica generata nel punto P sarà data da:

$$B_{(\mu T)} = 0,2 \times \frac{I}{D}$$

Per la linea bifilare invece il campo di induzione magnetica generato nel punto P varrà:

$$B_{(\mu T)} = 0,2 \times \frac{I}{D} \times \frac{S}{D}$$

Si nota che il campo magnetico generato dalle linee bifilari è inferiore a quello delle linee unifilari, a causa dell’effetto di riduzione del campo causato dalla presenza di conduttori vicini percorsi da correnti con fasi diverse.

Nel caso della linea unifilare, il campo magnetico decresce solo linearmente con la distanza D dalla sorgente; nel caso della linea bifilare, percorsa da correnti di intensità uguali, ma versi opposti, il decremento del campo è proporzionale al quadrato della distanza D, mentre cresce proporzionalmente al rapporto S/D, a parità di distanza dalla sorgente (S è la distanza fra i conduttori). In Figura 9 vengono riportati gli schemi dei sistemi trifase composti da conduttori rettilinei disposti tra di loro parallelamente e percorsi da una terna di correnti simmetrica ed equilibrata.

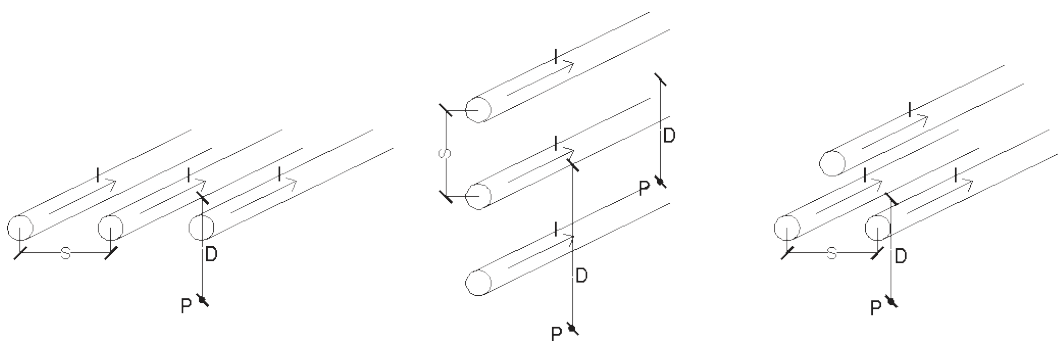



Figura 9 - Schemi dei sistemi trifase (conduttori in piano, in verticale, a triangolo)

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 28 di 53</p>
--	--	--

Per le terne trifase di conduttori in piano e di conduttori in verticale il campo di induzione magnetica nel punto P vale:

$$B_{(\mu T)} = 0,2 \times \sqrt{3} \times \frac{I}{D} \times \frac{S}{D}$$

Per le terne trifase di conduttori a triangolo l’induzione magnetica nel punto P è data da:

$$B_{(\mu T)} = 0,1 \times \sqrt{6} \times \frac{I}{D} \times \frac{S}{D}$$

Si fa notare che la disposizione dei conduttori ai vertici di un triangolo equilatero è quella che, a parità di altre condizioni, minimizza il campo magnetico.


Per l’intero percorso della linea interrata, il calcolo verrà condotto utilizzando cautelativamente la modellizzazione di conduttori localmente rettilinei, orizzontali e paralleli, di forma cilindrica con diametro costante per ogni tratto descritto nello schema unifilare. Sempre a titolo cautelativo il calcolo della perturbazione elettromagnetica indotta dal tracciato interrato verrà effettuato trascurando qualsiasi tipo di schermatura elettromagnetica prodotta dai cavi stessi. Dal punto di vista magnetico il terreno verrà considerato perfettamente trasparente, mentre dal punto di vista elettrico risulta essere uno schermo tale da poter ritenere il campo elettrico quasi nullo.

Il calcolo del campo di induzione magnetica verrà eseguito considerando cautelativamente una intensità di corrente pari alla massima corrente di impiego, ovvero la massima corrente che può interessare la linea di trasporto nelle normali condizioni di utilizzo. Tuttavia, è opportuno sottolineare che gli impianti di produzione di energia da fonte eolica sono caratterizzati da produzione variabile in funzione della velocità del vento e quindi la potenza prodotta e di conseguenza la corrente che transita nelle linee, varia nel corso del normale funzionamento.

Nel caso di cabine elettriche, ai sensi del § 5.2 dell’allegato al Decreto 29 maggio 2008 (G.U. n. 156 del 5 luglio 2008), la fascia di rispetto deve essere calcolata come segue:

Cabine Primarie: generalmente la D.P.A. rientra nel perimetro dell’impianto in quanto non vi sono livelli di emissione sensibili oltre detto perimetro.

Cabine Secondarie: nel caso di cabine di tipo box (con dimensioni mediamente di 4,0 m x 2,4 m, altezze di 2,4 m e 2,7 m ed unico trasformatore) o similari, la D.P.A., intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della CS, va calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari


 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 29 di 53</p>
---	--	---

al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (x) applicando la seguente relazione:

$$D.P.A. = 0,40942 * \chi^{0,5241} * \sqrt{I}$$

Per Cabine Secondarie differenti dallo standard “box” o similare sarà previsto il calcolo puntuale, da applicarsi caso per caso. Per Cabine Secondarie di sola consegna MT la D.P.A. da considerare è quella della linea MT entrante/uscente; qualora sia presente anche un trasformatore e la cabina sia assimilabile ad una “box”, la D.P.A. va calcolata con la formula di cui sopra (§ 5.2.1. del D.M. 29 maggio 2008). Nel caso di più cavi per ciascuna fase in uscita dal trasformatore va considerato il cavo unipolare di diametro maggiore.

I risultati delle calcolazioni, di seguito riassunte in appositi grafici e tabelle, sono stati ottenuti per mezzo di apposito foglio di calcolo predisposto dal tecnico sottoscrittore della presente relazione.

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 30 di 53</p>
--	--	--

7. VALUTAZIONE DEI CEM E CALCOLO DELLA DPA

Il tracciato del cavidotto in cavo interrato è stato studiato in armonia con quanto dettato dall’art.121 del T.U. 11/12/1933 n° 1775, comparando le esigenze della pubblica utilità delle opere con gli interessi sia pubblici che privati coinvolti.


Esso utilizza maggiormente corridoi già impegnati dalla viabilità stradale principale e secondaria esistente, con posa dei cavi il più possibile al margine della sede stradale.

L’elettrodotta è stata progettata in modo tale da recare minor sacrificio possibile alle proprietà interessate, avendo cura di vagliare le situazioni esistenti sui fondi da asservire rispetto anche alle condizioni dei terreni limitrofi.

Il cavidotto si estende, per quanto concerne la parte relativa fino alla Cabina di raccolta e smistamento (cavidotto a 30kV), per circa 16080 metri; per quanto riguarda invece il cavidotto a 30kV di collegamento tra Cabina consegna fino alla SSE Utente esso si estende per circa 9710 metri.

Tratta			Generazione	
Da	A	Lunghezza (km)	Pn (kW)	Vn (kV)
A8	A7	3,46	6600	30
A7	A6	3,46	13200	30
A6	A5	1,07	19800	30
A5	A4	1,42	26400	30
A4	Cabina raccolta e smistamento	2,96	33000	30
A3	Cabina raccolta e smistamento	0,66	6600	30
A1	A2	1,94	6600	30
A2	Cabina raccolta e smistamento	1,11	13200	30
Cabina di raccolta e smistamento	SSE lato utente di trasformazione	9,71	52800	30
SSE lato utente di trasformazione	Nuova stazione elettrica RTN	0,04	52800	36

L’energia prodotta da ogni aerogeneratore avente frequenza di 50Hz e tensione di 30kV, e sarà convogliata secondo la configurazione “entra-esci” in corrispondenza di ogni torre per poi confluire verso la Cabina di raccolta e smistamento con dei cavi di sezione adatta alla potenza trasportata, ed aventi caratteristiche di isolamento funzionali alla tensione di trasmissione (26/45kV).

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 31 di 53</p>
---	--	---

Questa cabina ha il compito di raccogliere e smistare l’energia in essa confluita.

In corrispondenza della Cabina di raccolta e smistamento l’energia elettrica viene trasferita con unico cavidotto a 30kV alla SSE Utente.

Questa rappresenta il punto di raccolta dell’energia prodotta dal campo eolico e consente il trasporto dell’energia prodotta fino al punto di consegna della rete di trasmissione nazionale.

La SSE Utente sarà realizzata allo scopo di collegare il parco eolico in antenna a 36 kV con la sezione a 36 kV ad una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) 380/150/36 kV della RTN, da inserire in entra – esce sul futuro elettrodotto RTN a 380 kV della RTN “Chiamonte Gulfi - Ciminna”

I cavi utilizzati saranno del tipo con conduttori a corda rotonda in rame, con isolamento in mescola di polietilene reticolato di colore naturale rispondente alle Norme CE 20-11, provvisti di strati semiconduttivi interni ed esterni in mescola estrusa all’isolante primario, lo schermo metallico sarà costituito da fili di rame rosso, la guaina esterna è costituita da una mescola termoplastica in PVC di qualità Rz di colore rosso.

I suddetti cavi saranno interrati ad una profondità di circa 1,2 metri e la posa sarà effettuata realizzando una trincea a sezione costante di circa 70 centimetri di larghezza, ponendo sul fondo dello scavo, opportunamente livellato, un letto di sabbia fine o di terreno escavato se dalle buone caratteristiche geomeccaniche.


Sul fondo dello scavo sarà posato il conduttore di protezione costituito da una corda di rame stagnata avente una sezione di 95 mmq o in alluminio di sezione equivalente, tale conduttore sarà interamente ricoperto dalla terra compattata.

Al di sopra di tale strato si poseranno quindi i conduttori a media tensione con posa a trifoglio, il cui verso di avvolgimento sarà invertito ogni 500 metri circa in modo da compensare le reattanze di linea.

I cavi saranno poi ricoperti da uno strato di circa 15/20 centimetri di terra vagliata e compattata.

Al di sopra di tale strato saranno posate per tutta la lunghezza dello scavo, ed in corrispondenza dei cavi, delle beole in CLS rosso, aventi la funzione di protezione da eventuali colpi di piccone o altro attrezzo da scavo, in caso di dissotterramenti futuri, nonché quella di indicare la posizione dei cavi stessi. Dopo la posa delle beole, si procederà al reinterro dello scavo con la terra proveniente dallo scavo stesso debitamente compattata, fino ad una quota inferiore di 15 centimetri al piano campagna.

A tale quota si poserà quindi, una rete di plastica rossa o altro mezzo indicativo simile (nastri plastificati

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 32 di 53</p>
---	--	---

rossi, etc) atto a segnalare la presenza dei cavi sottostanti.

In caso di percorso totalmente su terreno vegetale, lo scavo sarà completato con il rinterro di altro terreno vegetale, proveniente dallo scavo stesso, fino alla quota del piano campagna. In caso di attraversamenti stradali o di percorsi lungo una strada, la trincea di posa verrà realizzata secondo le indicazioni dei diversi Enti Gestori (Amm.ne Comunale e/o Provinciale).

Tutto il percorso dei cavi sarà opportunamente segnalato con l’infissione periodica (ogni 50 metri circa) di cartelli metallici indicanti l’esistenza dei cavi in MT sottostanti.

Tali cartelli potranno essere, eventualmente, sostituiti da mattoni collocati a filo superiore dello scavo e riportanti le indicazioni relative ai cavi sottostanti (Profondità di posa, Tensione di esercizio).

Ogni cinquecento metri, o a distanza diversa, dipendente dalle lunghezze commerciali dei cavi, si predisporranno delle camere cavi, costituite da pozzetti di ispezione 80cmx80cm, adatte ad eseguire le giunzioni necessarie fra le diverse tratte di cavi.

Si riporta un riepilogo delle indicazioni.

In sintesi, il sistema di linee interrate a servizio del parco, che per la quasi totalità del suo sviluppo segue il percorso delle piste di accesso, è realizzato con le seguenti modalità:

- scavo a sezione ristretta obbligata (trincea) con dimensioni di circa 70 x 120 cm di altezza;
- letto di sabbia di circa 10 cm, per la posa delle linee MT;
- tubazioni in PVC, idonee per il contenimento di cavi MT 30 kV, diametro 240/300 mm;
- cavi tripolari MT 30 kV, collocati all’interno delle tubazioni protettive di contenimento;
- rinfiacco e copertura delle tubazioni PVC (contenenti i cavi MT) con sabbia, per almeno 10 cm;
- corda nuda in rame, per la protezione di terra, e tubazioni PVC per il contenimento dei cavi di segnale e della fibra ottica, posati direttamente sulla sabbia, all’interno dello scavo;
- riempimento per almeno 20 cm con sabbia;
- nastro in PVC di segnalazione;
- rinterro con n materiale proveniente dallo scavo o con materiale inerte.

Quindi in riferimento al progetto in oggetto si analizza il calcolo delle DPA dei seguenti elementi dell’impianto:


- Aerogeneratori;



EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 33 di 53</p>
--	--	--

- Cavidotti MT di connessione (30 kV) per i collegamenti tra gli aerogeneratori e la cabina di raccolta e smistamento;
- Cabina di raccolta e trasformazione lato utente;
- Cavidotto AT di connessione (36kV) per il collegamento tra la cabina di raccolta e trasformazione e la SE della RTN;

Nel proseguo della presente relazione, per ciascuna delle apparecchiature/infrastrutture elencate, verranno calcolate le distanze di prima approssimazione e le emissioni elettromagnetiche generate e confrontate con i livelli massimi ammissibili stabiliti dalla Normativa Vigente per la protezione della Popolazione e dei Lavoratori dai rischi di esposizione ai campi elettromagnetici.

7.1 Aerogeneratori


Gli aerogeneratori possono essere fonte di interferenza elettromagnetica a causa della riflessione e della diffusione delle onde radio che investono la struttura. L’origine di disturbi elettromagnetici dovuti alla presenza di aerogeneratori è da ricercare nella interferenza delle pale (specialmente se in materiali metallici o riflettenti o se dotate di strutture metalliche all’interno) e dei sostegni con campi elettromagnetici, supporto di telecomunicazioni (televisione, segnali di ponti radio, mezzi di aiuto alla radionavigazione, ecc.).

Gli effetti di questo fenomeno possono essere studiati e calcolati facendo ricorso a modelli matematici predittivi che permettono di individuare, in maniera conservativa, la zona oltre la quale il rapporto tra segnale e disturbo è tale da non incidere sulla qualità del radioservizio.

La misurazione degli effetti è possibile attraverso prove sperimentali.

Un aerogeneratore trasforma l’energia cinetica posseduta dal vento in energia elettrica senza l’utilizzo di alcun combustibile e passando attraverso lo stadio di conversione in energia meccanica di rotazione effettuato dalle pale.

Al fine di sfruttare l’energia cinetica contenuta nel vento, convertendola in energia elettrica disponibile per l’immissione in rete o per l’alimentazione di carichi in parallelo, una turbina eolica utilizza diversi componenti sia meccanici che elettrici. I principali componenti che costituiscono un aerogeneratore ad asse orizzontale sono indicati nella figura 6 ed elencati di seguito:

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 34 di 53</p>
--	--	--

1. pala,
2. supporto della pala,
3. attuatore dell’angolo di Pitch,
4. mozzo,
5. ogiva,
6. supporto principale,
7. albero principale,
8. luci di segnalazione aerea,
9. moltiplicatore di giri,
10. dispositivi idraulici di raffreddamento,
11. freni meccanici,
12. generatore,
13. convertitore di potenza e dispositivi elettrici di controllo, di protezione e sezionamento,
14. trasformatore,
15. anemometri,
16. struttura della navicella,
17. torre di sostegno,
18. organo di azionamento per l’imbardata.

La potenza elettrica in uscita dal generatore è generalmente in media tensione e verrà trasferita alla tensione di 30 kV alla Cabina di raccolta e smistamento.

In relazione all’esposizione dei lavoratori al campo elettrico generato dalle apparecchiature installate all’interno delle cabine di consegna, vanno applicati i Valori Limite di Esposizione VLE relativi agli effetti sensoriali per il campo elettrico interno a frequenze comprese tra 1 Hz e 400 Hz e i Valori di Azione VA per i campi elettrici ambientali a frequenze comprese tra 1 Hz e 10 MHz:

Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico

VLE relativi agli effetti sensoriali per il campo elettrico interno a frequenze comprese tra 1 Hz e 400 Hz

Intervallo di frequenza	VLE relativi agli effetti sensoriali [Vm^{-1}] (valore di picco)
$1 \text{ Hz} \leq f < 10 \text{ Hz}$	$0,7/f$
$10 \text{ Hz} \leq f < 25 \text{ Hz}$	0,07
$25 \text{ Hz} \leq f \leq 400 \text{ Hz}$	$0,0028 f$

Tabella 4 - VLE relativi agli effetti sensoriali per il campo elettrico interno a frequenze comprese tra 1 Hz e 400 Hz (D. Lgs. 159/2016)

VA per i campi elettrici ambientali a frequenze comprese tra 1 Hz e 10 MHz:

Intervallo di frequenza	VA (E) inferiori per l'intensità del campo elettrico [Vm^{-1}] (valori RMS)	VA (E) superiori per l'intensità del campo elettrico [Vm^{-1}] (valori RMS)
$1 \leq f < 25 \text{ Hz}$	$2,0 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$
$25 \leq f < 50 \text{ Hz}$	$5,0 \times 10^5 / f$	$2,0 \times 10^4$
$50 \text{ Hz} \leq f < 1,64 \text{ kHz}$	$5,0 \times 10^5 / f$	$1,0 \times 10^6 / f$
$1,64 \leq f < 3 \text{ kHz}$	$5,0 \times 10^5 / f$	$6,1 \times 10^2$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$	$1,7 \times 10^2$	$6,1 \times 10^2$

Tabella 5 - VA per i campi elettrici ambientali a frequenze comprese tra 1 Hz e 10 MHz

Nota la frequenza di esercizio dell’impianto, pari a 50 Hz, si ottiene:

$$VLE_{sen} = 0,0028 \times 50 = 0,14 [V m^{-1}]$$

$$VA_{inf} = 5,0 \times 10^5 / 50 = 10.000 [V m^{-1}]$$


$$VA_{sup} = 1,0 \times 10^6 / 50 = 20.000 [V m^{-1}]$$

Tuttavia, poiché tutti i componenti dell’impianto presentano al loro interno schermature e parti metalliche collegate all’impianto di terra locale, i campi elettrici risultanti all’interno dei locali menzionati risultano trascurabili. In fase di collaudo verranno misurati i campi elettrici e laddove si dovessero riscontrare aree in cui gli effetti mitigatori delle schermature non dovessero risultare sufficienti, verranno adottate ulteriori idonee misure di protezione e prevenzione.

Il sistema elettrico degli aerogeneratori è costituito da apparecchiature in bassa tensione collocati sulla navicella e cavi di bassa tensione che da quest’ultima raggiungono il trasformatore MT/BT.

Per i cavi in BT non è applicabile la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti (art. 3.2 DM 29/05/2008), mentre per i trasformatori MT/BT il valore dell’induzione magnetica decresce rapidamente al crescere della distanza dal trasformatore.

Per quanto riguarda, infatti, i trasformatori MT/BT, posti nelle navicelle degli aerogeneratori, assumendo che il valore dell’induzione magnetica decresce rapidamente al crescere della distanza dal

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 36 di 53</p>
--	--	--

trasformatore, per l’innalzamento del livello di tensione, si determina la Distanza di Prima Approssimazione utilizzando la formula di Siemens che consente il calcolo del campo di induzione magnetica B prodotto da un trasformatore MT/BT in funzione della distanza dal trasformatore:

$$B = 0,72 v_{cc}\% \frac{\sqrt{S_n}}{d^{2,8}}$$

Dove:

- v_{cc} è la tensione di cortocircuito in valore percentuale del trasformatore;
- S_n è la potenza apparente nominale del trasformatore in kVA;
- d è la distanza dal trasformatore espressa in m.

Per i trasformatori in oggetto, i valori sono i seguenti:

- $S_n = 7111 \text{ kVA}$;
- $v_{cc} = 6\%$.

Inserendo tali valori nella relazione precedentemente riportata, in funzione della distanza d dal trasformatore si ottiene la seguente tabella di valori di induzione magnetica B:

D [m]	B [μ T]
1	364
1,5	116,9
2	52,3
2,5	27,9
3	16,8
3,5	10,9
4	7,5
4,5	5,4
5	4
5,5	3
6	2,4

Dalla tabella si può notare come già ad una distanza superiore ai 5 metri dal trasformatore, il valore di induzione magnetica scende al di sotto del valore di 3 μ T. Inoltre, considerando che dall’applicazione della formula utilizzata per il calcolo si ottengono valori del campo di induzione magnetica sovrastimati, si può assumere, in modo cautelativo, che il valore della DPA sia misurata a partire dalle pareti esterne degli aerogeneratori e risulta DPA=6m.



Dato che i trasformatori vengono contenuti all’interno di un sito intercluso alla libera circolazione, si può affermare che i livelli di emissione non costituiscono pericoli per la popolazione.



La torre inoltre è sempre inaccessibile e la distanza da essa è il sistema di protezione migliore per immunizzarsi rispetto ai fenomeni in questione.

Sempre in merito alla distanza va aggiunto che, per motivi diversi da quelli di derivazione elettrica come per esempio il rumore, solitamente quella minima da rispettare tra aerogeneratori e fabbricati continuativamente abitati è tale da costituire una ampia garanzia di protezione.

Ai fini della protezione dei lavoratori dal rischio di esposizione, si è fatto riferimento alla Scheda S.1 della Guida CEI 106-45:

TIPOLOGIA SORGENTE - APPARATO	LUOGHI DI LAVORO	CARATTERISTICHE E DESCRIZIONE
<p>ELETTRODOTTI OPERANTI ALLA FREQUENZA DI RETE (50 Hz)</p>   	<p>A. LUOGHI ACCESSIBILI ESCLUSIVAMENTE A LAVORATORI ADDETTI <i>(esposizione di carattere professionale)</i></p> <p>B. LUOGHI ACCESSIBILI AL PUBBLICO <i>(esposizioni di carattere NON professionale)</i></p>	<p>Rientrano nella fattispecie degli elettrodotti i seguenti impianti: linee elettriche, sottostazioni e cabine di trasformazione (Legge 22 febbraio 2001, n.36 [3])</p> <ul style="list-style-type: none"> Luoghi accessibili esclusivamente a lavoratori esposti per motivi professionali, ad es. addetti che debbano svolgere specifiche attività lavorative (ad esempio attività di controllo e manutenzione impianti) e solo in relazione allo svolgimento delle stesse. L'esposizione può superare i limiti di esposizione per la popolazione di cui al DPCM 8/7/2003 BF [5] (Cfr. 8.2). Devono essere rispettati i limiti stabiliti nel TUS, Allegato XXXVI, Parte II [1] (Cfr. Tabella 3 e Tabella 4 della presente Guida CEM). <p>I lavoratori esposti al CEM per motivi di carattere professionale, in relazione allo svolgimento di specifiche attività lavorative, devono essere sottoposti a sorveglianza sanitaria e ricevere una formazione ed eventuale addestramento in relazione al rischio specifico.</p> <p>Luoghi accessibili anche a lavoratori non esposti per ragioni di carattere professionale o a visitatori esterni (popolazione). L'esposizione deve essere contenuta entro le restrizioni per l'esposizione della popolazione fissate dalla legislazione nazionale vigente (DPCM 8/7/2003 BF) (Cfr. 8.2).</p> <p>PERMANENZE < 4 ORE</p> <ul style="list-style-type: none"> L'esposizione deve essere contenuta entro il limite di esposizione per la popolazione fissato dal DPCM 8/7/2003 BF, ma può superare il valore di attenzione e l'obiettivo di qualità. <p>PERMANENZE ≥ 4 ORE</p> <p>In un luogo adibito a permanenze non inferiori alle 4 ore giornaliere di pubblico o lavoratori non esposti per motivi di carattere professionale, in base alle definizioni del DPCM 8/7/2003 BF, si possono verificare le seguenti situazioni:</p> <p>EDIFICIO O ELETTRODOTTI PRECEDENTI alla data del 08.07.2003: l'esposizione deve essere contenuta entro il limite di esposizione e il valore di attenzione fissati dal DPCM 8/7/2003 BF;</p> <p>EDIFICIO O ELETTRODOTTI SUCCESSIVI alla data del 08.07.2003: l'esposizione deve essere contenuta entro il limite di esposizione e l'obiettivo di qualità fissati dal DPCM 8/7/2003 BF.</p>

Scheda S.1

Tabella 6 - Scheda S.1 Norma CEI 106-45 – Guida alla valutazione dei rischi per la salute e la sicurezza derivante dall’esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) fra 0 Hz e 100 GHz nei luoghi di lavoro – Elettrodotti operanti a frequenza di rete

Considerando che i trasformatori in oggetto insistono su luoghi accessibili esclusivamente agli addetti ai lavori, l’esposizione può superare i limiti per la popolazione di cui al DPCM 8 luglio 2003. Tuttavia, per la protezione dei lavoratori dal rischio di esposizione, è necessario rispettare i Limiti di Azione stabiliti dal D.Lgs 159/2016, di seguito riportati:



VA per i campi magnetici ambientali a frequenze comprese tra 1 Hz e 10 MHz:

Intervallo di frequenza	VA (B) inferiori per l’induzione magnetica [μ T] (valori RMS)	VA (B) superiori per l’induzione magnetica [μ T] (valori RMS)	VA (B) per l’induzione magnetica per esposizione localizzata degli arti [μ T] (valori RMS)
$1 \leq f < 8$ Hz	$2,0 \times 10^5 / f^2$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$8 \leq f < 25$ Hz	$2,5 \times 10^4 / f$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$25 \leq f < 300$ Hz	$1,0 \times 10^3$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$300 \text{ Hz} \leq f < 3$ kHz	$3,0 \times 10^3 / f$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10$ MHz	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$

Tabella 7 - VA per i campi magnetici ambientali a frequenze comprese tra 1 Hz e 10 MHz (D.Lgs. 159/2016)

Nota la frequenza di esercizio dell’impianto, pari a 50 Hz, si ottiene:

$$VA_{inf} = 1,0 \times 10^3 = 1.000 [\mu T]$$

$$VA_{sup} = 3,0 \times 10^5 / 50 = 6.000 [\mu T]$$

$$VA = 9,0 \times 10^5 / 50 = 18.000 [\mu T] \text{ (per esposizione localizzata degli arti)}$$

Cautelativamente, considerando che la principale fonte di emissione del campo magnetico è il trasformatore, è stato calcolato il valore di induzione magnetica generata ricorrendo nuovamente alla formula di Siemens di seguito riportata:

$$B = 0,72 v_{cc}\% \frac{\sqrt{S_n}}{d^{2,8}}$$

Considerando che i trasformatori hanno una potenza nominale di 7111 kVA e una Vcc% pari al 6%, a distanza di 1 m dal centro si ottiene un valore di B pari a circa 3,64 μ T, il quale risulta notevolmente inferiore ai limiti previsti dal D.Lgs. 159/2016.

In ogni caso, i lavoratori esposti ai CEM per motivi di carattere professionale, in relazione allo svolgimento di specifiche attività lavorative, verranno sottoposti a sorveglianza sanitaria e riceveranno una formazione ed addestramento in relazione al rischio specifico.

Ai sensi della Legge 22 febbraio 2001 n.36, ***le cabine elettriche di trasformazione rientrano nella fattispecie degli Elettrodotti.***

La principale misura di prevenzione che verrà adottata è la **zonizzazione**, che consiste nell’individuare e delimitare, le diverse zone in cui sono rispettate le restrizioni statuite dalla legge, come prescritto nella Norma CEI EN 50499.

L’individuazione delle diverse zone di rispetto, ad accesso libero o controllato, andrà fatta in relazione ai limiti di esposizione per la popolazione e per i lavoratori, tenendo conto dei casi di lavoratori

particolarmente sensibili al rischio procedendo come sintetizzato nella figura seguente:

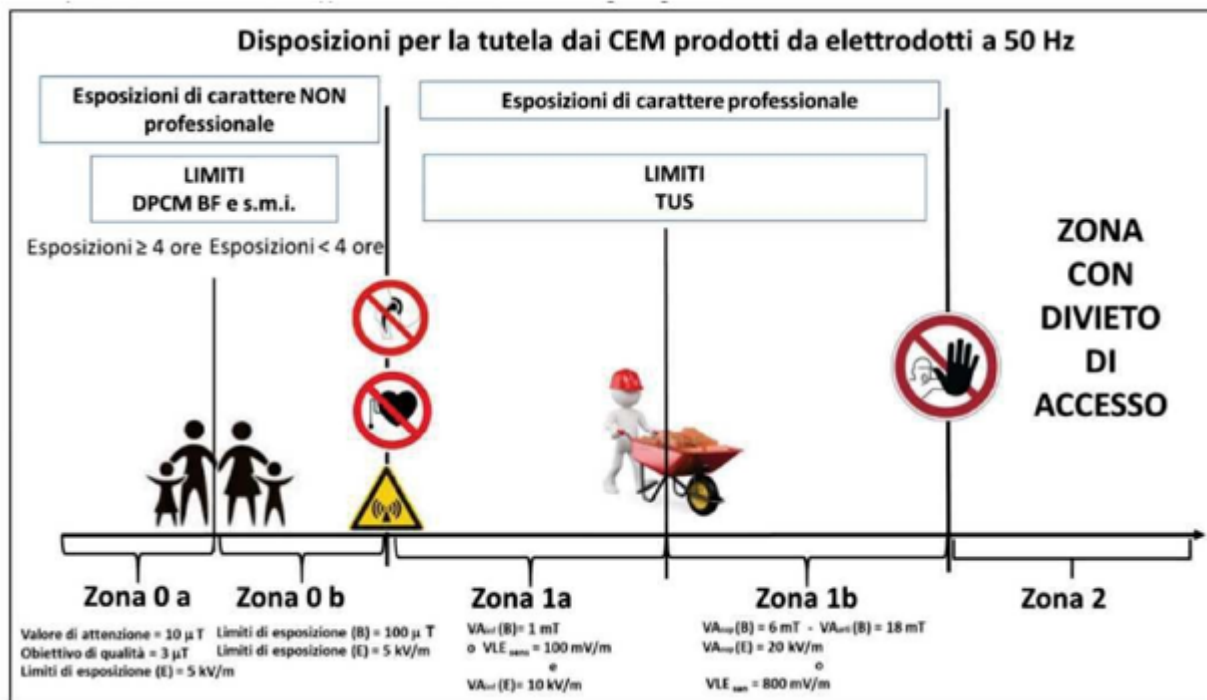


Tabella 8 - misure di prevenzione e protezione per la tutela dai CEM prodotti da elettrodotti a 50 Hz


7.1.1 Classificazione delle zone

Zona 0 “Area accessibile al pubblico e ai lavoratori non esposti per motivi di carattere professionale”: area nella quale le esposizioni sono conformi alle restrizioni per l’esposizione della popolazione (come definite dalla Legge Quadro 36/2001 e dal DPCM BF 8 luglio 2003); la Zona 0, in virtù della specifica legislazione italiana, verrà suddivisa in due ulteriori sottozone:

- **Zona 0a**: area in cui saranno rispettati sia i limiti di esposizione sia il valore di attenzione e l’obiettivo di qualità relativi all’esposizione della popolazione;
- **Zona 0b**: area in cui sono rispettati i limiti di esposizione ma in cui possono essere superati il valore di attenzione o l’obiettivo di qualità relativi all’esposizione della popolazione.

Zona 1: “Area accessibile esclusivamente a lavoratori esposti per motivi professionali” e solo in relazione allo svolgimento di specifiche attività. In conformità alla Norma CEI EN 50499, tale zona andrà suddivisa in due ulteriori sottozone:

- **Zona 1a**: area in cui le esposizioni possono essere superiori ai limiti per la popolazione ma conformi ai VA_{inf} o ai VLE_{sen};
- **Zona 1b**: area in cui le esposizioni sono conformi ai VA_{sup} o ai VLE_{sen} ma possono superare

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 40 di 53</p>
---	--	---

i VAinf o i VLEsen in cui può essere necessario adottare misure di controllo specifiche.

Zona 2: “Area di accesso vietatoK, in cui l’esposizione può superare i VLEsan.

7.1.2 Misure di protezione da adottare

Zona 0: la zona 0 non presenta alcun rischio in relazione all’esposizione ai CEM. Possono accedere anche la popolazione e i lavoratori appartenenti a gruppi particolarmente sensibili al rischio CEM. Qualora si configuri anche un’esposizione a campi magnetici statici, non deve essere superato il VA di 0,5 mT per l’induzione magnetica di campi magnetici statici per i rischi di interferenza con i DMIA. Per i portatori di DMIA devono essere rispettate le distanze di separazione dalle sorgenti giustificabili di CEM indicate nella tabella 1 della Norma CEI EN 50527-1.

Zona 1: nell’area 1 verranno adottate le seguenti misure di protezione:

- a) Verrà interdetto l’accesso al pubblico e ai lavoratori non addetti;
- b) Verrà vietato l’accesso ai lavoratori appartenenti a gruppi particolarmente sensibili al rischio CEM;
- c) Verrà delimitato l’accesso all’area con l’apposizione della pertinente segnaletica per i CEM ai sensi della normativa vigente;
- d) Verrà erogata specifica formazione ai lavoratori che vi accedono;
- e) In caso di superamento dei VLEsen, lo stesso sarà temporaneo e verranno adottate misure di protezione specifiche, quali il controllo dei movimenti nel caso di esposizione a campi magnetici statici o quasi statici;
- f) Verranno adottate misure di protezione finalizzate a prevenire il rischio di microscariche.

Zona 2: verranno adottate procedure autorizzative per l’accesso. In tale zona nessuno potrà accedere, salvo ridurre temporaneamente l’esposizione fino a ricadere almeno nel caso della Zona 1. L’accesso alla Zona 2 verrà impedito a mezzo di ostacoli fisici o provvedimenti organizzativi.

Le misure di prevenzione e protezione descritte, verranno adottate in fase di costruzione ed esercizio dell’impianto.

7.2 Linee elettriche MT

Per la realizzazione del cavidotto di collegamento in MT a 30 kV, tra tutti gli aerogeneratori e la cabina di consegna, saranno considerati tutti gli accorgimenti che consentono la minimizzazione degli effetti elettrici e magnetici sull’ambiente e sulle persone.

In relazione all’esposizione dei lavoratori ai campi elettrici generati dalle linee elettriche di media tensione elettrificate a 30 kV in corrente alternata a frequenza industriale, ai sensi della Norma CEI EN 50499 esse sono classificabili come **sorgenti giustificabili**, ovvero conformi a priori ai livelli di riferimento per l’esposizione della popolazione di cui alla Raccomandazione 1999/519/CE:

Luoghi e apparecchiature conformi a priori	
Tipo di apparecchiatura/luogo	Note
Luoghi di lavoro accessibili al pubblico	Sono ritenuti conformi i luoghi di lavoro aperti al pubblico che rispettano i limiti di esposizione indicati nella Raccomandazione del Consiglio Europeo 1999/519/EC (ad esempio a 50 Hz il limite di induzione magnetica è di 100 \square T)
Uso di apparecchiature a bassa potenza (così come definite dalla norma EN 50371: con emissione di frequenza 10 MHz + 300 GHz e potenza media trasmessa fino a 20 mW e 20 W di picco), anche in assenza di marcatura CE	Non sono comprese le attività di manutenzione
Uso di apparecchiatura con marcatura CE valutata utilizzando le norme armonizzate per la protezione dai CEM. L’elenco delle norme, che è comunque in frequente aggiornamento, è indicato nell’allegato C della norma EN 50499:	<p>L’apparecchiatura deve essere installata e utilizzata in conformità alle istruzioni del costruttore.</p> <p>Non sono comprese le attività di manutenzione che vanno valutate separatamente.</p> <p>Il datore di lavoro deve verificare sul libretto di uso e manutenzione che l’attrezzatura sia dichiarata conforme alla pertinente norma di prodotto.</p> <p>Non tutte le apparecchiature con marcatura CE sono però state valutate ai fini della protezione dai CEM, e può essere necessario raccogliere informazioni, ad esempio dal costruttore o dal fornitore, sulla valutazione dell’apparecchiatura.</p> <p>Non è comunque necessaria la valutazione rispetto alle norme per la protezione dai CEM per tutte le apparecchiature con la marcatura CE. Inoltre, per alcune apparecchiature e installazioni non è richiesta la marcatura CE.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ EN 50360: telefoni cellulari; ▪ EN 50364: sistemi di identificazione (RFID) e antitaccheggio (EAS); ▪ EN 50366: elettrodomestici; ▪ EN 50371: norma generica per gli apparecchi elettrici ed elettronici di bassa potenza; ▪ EN 50385: stazioni radio base e stazioni terminali fisse per sistemi di telecomunicazione senza fili; ▪ EN 50401: apparecchiature fisse per trasmissione radio (110 MHz - 40 GHz) destinate a reti di telecomunicazione senza fili; ▪ EN 60335-2-25: forni a microonde e forni combinati per uso domestico e similare; ▪ EN 60335-2-90: forni a microonde per uso collettivo 	



Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico

<p>Uso di apparecchiatura immessa nel mercato europeo in conformità alla Raccomandazione Europea 1999/519/CE, che non richiede marcatura CE</p>	<p>Alcune apparecchiature immesse nel mercato europeo possono anche essere conformi alla Raccomandazione Europea 1999/519/EC pur non avendo ricevuto il marchio CE, per esempio, se fanno parte di un impianto (vedi punto precedente)</p>
<p>Apparecchiature di illuminazione (lampade)</p>	<p>Escluse le illuminazioni speciali alimentate in RF</p>
<p>Computer e apparecchiature IT</p>	
<p>Apparecchiature da ufficio</p>	<p>I dispositivi per la cancellazione in blocco di nastri magnetici possono necessitare di ulteriori valutazioni</p>
<p>Telefoni mobili (cellulari, ecc.) e cordless (DECT, ecc.)</p>	
<p>Radio ricetrasmittenti</p>	<p>Solo quelle con potenze medie inferiori a 20 mW</p>
<p>Basi per telefoni DECT e reti Wlan (es. Wi-Fi)</p>	<p>Limitatamente alle apparecchiature destinate all'utilizzo da parte della popolazione</p>
<p>Apparecchiature e reti di comunicazione escluse quelle wireless</p>	
<p>Apparecchi elettrici portatili e trasportabili</p>	<p>Ad esempio conformi alle EN 60745-1 e EN 61029-1 inerenti la sicurezza degli utensili a motore trasportabili</p>
<p>Apparecchiature portatili per riscaldamento (escluso il riscaldamento a induzione e dielettrico)</p>	<p>Ad esempio conformi alla EN 60335-2-45 (es. pistole per colla a caldo)</p>
<p>Caricabatterie</p>	<p>Trattati nel campo di applicazione della norma EN 60335-2-29 la quale tratta i caricabatteria per il normale uso domestico e quelli destinati all'utilizzo in garage, nei negozi, nell'industria leggera e nelle aziende agricole</p>
<p>Attrezzature elettriche per il giardinaggio</p>	
<p>Apparecchiature audio e video</p>	<p>Alcuni particolari modelli che fanno uso di trasmettitori radio nelle trasmissioni radio/TV possono necessitare di ulteriori valutazioni</p>



Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico

Apparecchiature portatili a batteria esclusi i trasmettitori a radiofrequenza	
Apparecchiature elettriche per il riscaldamento di locali	Esclusi i riscaldatori a microonde
Tutte le apparecchiature non elettriche e di conseguenza tutte le attività che si svolgono unicamente in ambienti privi di impianti e apparecchiature elettriche e di magneti permanenti	
<p>Reti di alimentazione elettrica (50 Hz) nei luoghi di lavoro e circuiti di distribuzione e trasmissione dell’elettricità che attraversano o sorvolano il luogo di lavoro. Le esposizioni ai campi elettrici e magnetici vanno considerate separatamente.</p> <p>I seguenti elementi sono conformi per l’esposizione ai campi magnetici:</p> <ul style="list-style-type: none"> tutte le installazioni elettriche con un valore nominale della corrente di fase non superiore a 100 A; tutti i circuiti singoli all’interno di un’installazione, con un valore nominale della corrente di fase non superiore a 100 A; tutti i circuiti i cui conduttori sono vicini e hanno una corrente netta non superiore a 100 A; sono compresi tutti i componenti delle reti che soddisfano i criteri precedenti (inclusi i cablaggi, le apparecchiature di manovra, i trasformatori, ecc.); tutti i conduttori aerei nudi. <p>I seguenti elementi sono conformi per l’esposizione ai campi elettrici:</p> <ul style="list-style-type: none"> tutti i circuiti di cavi sotterranei o isolati, con qualsiasi tensione nominale tutti i circuiti aerei nudi con tensione nominale non superiore a 100 kV, o le linee aeree non superiori a 125 kV che sorvolano il luogo di lavoro, o di qualsiasi 	<p>I criteri qui riportati per dimostrare la conformità ai limiti di esposizione nel luogo di lavoro sono basati sulla dimostrazione che le esposizioni sono inferiori ai limiti minimi della Raccomandazione CE (1999) sulle esposizioni EMF per la popolazione. Tali criteri sono sufficienti a dimostrare la conformità per la maggior parte dei luoghi di lavoro.</p> <p>I criteri di valutazione basati direttamente sui limiti di esposizione della Direttiva CE per il luogo di lavoro, sono indicati nell’Allegato F (vedi capitolo 14) della norma EN 50499. Essi utilizzano 500 A al posto di 100 A, 200 kV invece di 100 kV e 250 kV invece di 125 kV. Le liste di controllo indicate nell’allegato F della norma (vedi capitolo 14) possono quindi essere utilizzate per dimostrare la conformità ai campi magnetici ed elettrici in qualsiasi luogo di lavoro.</p>

tensione se il luogo di lavoro è all’interno,	
Strumentazione e apparecchiature di misura e controllo	
Elettrodomestici	Sono inclusi anche gli elettrodomestici professionali, come piani cottura, lavabiancheria, forni a microonde, ecc., utilizzati in ristoranti, negozi, ecc. I piani cottura professionali a induzione sono esclusi e necessitano di ulteriori valutazioni
Computer e terminali IT con comunicazioni wireless	Esempi sono: WLAN (es Wi-Fi), WMAN (es WIMAX), bluetooth e tecnologie analoghe, limitatamente all’utilizzo da parte della popolazione
Trasmettitori a batteria	Limitatamente alle apparecchiature destinate all’utilizzo da parte della popolazione
Antenne di stazioni radio base	Un’ulteriore valutazione è importante solo qualora i lavoratori possano avvicinarsi all’antenna più della distanza di sicurezza stabilita per l’esposizione del pubblico
Tutte le apparecchiature mediche che, nei luoghi di lavoro medici, non irradiano intenzionalmente con esposizione elettromagnetica o applicazione di correnti	
Tutti i luoghi di lavoro interessati dalle emissioni di sorgenti CEM autorizzate ai sensi della normativa nazionale per la protezione della popolazione, con esclusione delle operazioni di manutenzione o altre attività svolte a ridosso delle sorgenti o sulle sorgenti stesse	Il datore di lavoro deve verificare se è in possesso di autorizzazione in base alla legge 36/2001 e relativi decreti attuativi (DPCM 08/07/03) oppure richiedere all’ente gestore una dichiarazione del rispetto della legislazione nazionale in materia

Tabella 9 - Elenco delle sorgenti giustificabili -Tabella 1 della Norma CEI EN 50499

Le linee elettriche con correnti superiori a 100 A rientrano tra le sorgenti **non conformi a priori** ai sensi della Norma CEI EN 50499, per cui sono necessarie ulteriori misure o approfondimenti.

Con riferimento alle **esposizioni di carattere professionale**, ai fini della verifica della conformità ai VA stabiliti dal TUS, si è fatto riferimento alla norma CEI EN 50647.

Il rispetto dei V_{Ainf} permette di prevenire le scariche elettriche nell’ambiente di lavoro.

Per i lavoratori particolarmente sensibili al rischio, in nessun caso l’esposizione dovrà superare i livelli di riferimento per l’esposizione della popolazione di cui al DPCM BF 8 luglio 2003.

Con riferimento alle **esposizioni di carattere non professionale**, sono state applicate le disposizioni contenute nel DPCM BF 8 luglio 2003.



Inoltre, trattandosi di cavi schermati con schermi continui e solidamente connessi tra di loro e a terra, il campo elettrico all’esterno del cavidotto può essere assunto sempre prossimo a zero e quindi al di sotto del limite di legge.

Per quanto riguarda l’esposizione al campo magnetico generato dal cavidotto MT interrato, nel caso in questione, l’elettrodotta in cavo è lungo per quanto concerne la parte relativa fino alla Cabina di raccolta e smistamento (cavidotto a 30kV), per circa 16080 metri, mentre per quanto riguarda invece il cavidotto a 30kV di collegamento tra Cabina di raccolta e smistamento fino alla SSE Utente esso si estende per circa 91710 metri.

La simulazione condotta prevede la posa dei cavi a trifoglio, a profondità di 1,2 m con 10 cm di letto di posa e differenti tipologie di corrente:

CIRCUITO			A8 A7	A7 A6	A6 A5	A5 A4	A4 Cabina raccolta e smistamento	A3 Cabina raccolta e smistamento	A1 A2	A2 Cabina raccolta e smistamento	Cabina di raccolta e smistamento SSE lato utente di trasformazione
TIPO CAVO			RG7HIR 26/45 Kv	RG7HIR 26/45 Kv	RG7HIR 26/45 Kv	RG7HIR 26/45 Kv	RG7HIR 26/45 Kv	RG7HIR 26/45 Kv	RG7HIR 26/45 Kv	RG7HIR 26/45 Kv	RG7HIR 26/45 Kv
Tensione trasporto	Vn	KV	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Cosfi			0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
Potenza nominale	Pn	MW	6,6	13,2	19,8	26,4	33	6,6	6,6	13,2	52,8
Corrente di impiego	I _p	A	127,02	254,03	381,05	508,07	635,09	127,02	127,02	254,03	1016,14
Numero di cavi in parallelo			1	1	1	1	2	1	1	1	2
Sezione cavo	S	mm ²	70,00	150,00	300,00	500,00	240,00	70,00	70,00	150,00	630,00

Come noto dalla normativa citata in materia, le particolarità costruttive di questi cavi, ossia la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione dovuta alla cordatura, fanno sì che il campo di induzione magnetica prodotto sia notevolmente inferiore a quello prodotto da cavi analoghi posati in piano o a trifoglio. In aggiunta a questa prima considerazione, si fa notare come le metodologie di calcolo suggerite dall’APAT (Agenzia per la protezione dell’ambiente e per i servizi tecnici), approvate dal D.M. 29/05/2008, fanno esplicito riferimento al caso in questione come un caso per il quale non è richiesto alcun calcolo delle fasce di rispetto.

Si riporta di seguito l’art. 3.2 “Oggetto e applicabilità” dell’allegato del suddetto decreto, con evidenziate le parti di interesse del presente paragrafo:

Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico

3.2 Oggetto e applicabilità

La presente metodologia, ai sensi dell’art. 6 comma 2 del DPCM 08.07.03, ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree e interrate, esistenti e in progetto.

I riferimenti contenuti nell’art. 6 del D.P.C.M. 8 luglio 2003 implicano che le fasce di rispetto debbano attribuirsi ove sia applicabile l’obiettivo di qualità: “Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l’infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio.” (art. 4).

La presente metodologia di calcolo si applica, quindi, agli elettrodotti esistenti o in progetto, con linee aeree o interrate.

Sono escluse dall’applicazione della metodologia:

- le linee esercite a frequenze diverse da quella di rete (50 Hz);
- le linee definite di classe zero secondo il decreto interministeriale 21.03.88 n. 449;
- le linee definite di prima classe secondo il decreto interministeriale 21.03.88 n. 449;
- le linee in MT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree);

In tutti questi casi le fasce associabili hanno ampiezza ridotta, inferiori alle distanze previste dal Decreto Interministeriale n. 449/88 e dal decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 16 gennaio 1991.

Figura 10 - Elenco delle sorgenti giustificabili -Tabella 1 della Norma CEI EN 50499

La metodologia di calcolo illustrata nella Norma CEI 106-11, riporta quanto segue:

b) Cavi unipolari posati a trifoglio

Lo schema di posa in questo caso è illustrato nella Figura 12. Si può quindi ricorrere alle relazioni approssimate viste per e linee aeree con conduttori a triangolo

$$B = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} \text{ [}\mu\text{T]} \quad R' = 0,286 \cdot \sqrt{S} \cdot I \text{ [m]} \quad (20)$$

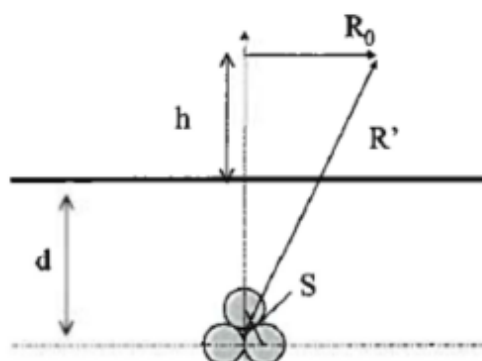


Figura 11 – Schema di principio per il calcolo delle distanze da terne di cavi interrati con posa a trifoglio oltre le quali l’induzione magnetica è inferiore all’obiettivo i qualità

Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico

I valori di DPA dipendono solo dalla geometria dei conduttori e dai valori di corrente che le attraversano. dove B [μT] è l’induzione magnetica in un generico punto distante R [m], che rappresenta la generica distanza o raggio dal centro geometrico dei conduttori, S [m] rappresenta la distanza tra le generatrici delle terne dei conduttori (in analogia a quanto previsto dal DM 29/05/08, si può considerare pari al diametro reale dei cavi), I [A] è la corrente che percorre i cavi.


Facendo riferimento ai calcoli eseguiti per il dimensionamento dei cavi in MT riepiloganti nella seguente tabella e considerando la tratta dalla cabina di raccolta e smistamento alla SSE lato Utente, in quanto è soggetta ad una intensità di corrente pari a 1016,14 A, è stata utilizzata la seguente relazione matematica per il calcolo della distanza R' , oltre la quale si evince una radiazione di campo di induzione magnetica B [μT]:

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} = 0,286 \cdot \sqrt{0,067 \cdot 1016,14} = 2,28 \text{ m}$$

CIRCUITO			A8 A7	A7 A6	A6 A5	A5 A4	A4 Cabina raccolta e smistamento	A3 Cabina raccolta e smistamento	A1 A2	A2 Cabina raccolta e smistamento	Cabina di raccolta e smistamento SSE lato utente di trasformazione
TIPO CAVO			RG7HIR 26/45 Kv	RG7HIR 26/45 kv	RG7HIR 26/45 kv	RG7HIR 26/45 kv	RG7HIR 26/45 kv	RG7HIR 26/45 kv	RG7HIR 26/45 kv	RG7HIR 26/45 kv	RG7HIR 26/45 kv
Tensione trasporto	Vn	kV	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Cosfi			0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
Potenza nominale	Pn	MW	6,6	13,2	19,8	26,4	33	6,6	6,6	13,2	52,8
Corrente di impiego	I _b	A	127,02	254,03	381,05	508,07	635,09	127,02	127,02	254,03	1016,14
Numero di cavi in parallelo			1	1	1	1	2	1	1	1	2
Sezione cavo	S	mm ²	70,00	150,00	300,00	500,00	240,00	70,00	70,00	150,00	630,00
Lunghezza linea	L	km	3,46	3,46	1,07	1,42	2,96	0,66	1,94	1,11	9,71
Resistenza della linea [20°C]	R _L	Ω / km	0,27	0,12	0,06	0,04	0,08	0,27	0,27	0,12	0,03
Resistenza della linea [90°C]	R _L	Ω / km	0,342	0,159	0,080	0,052	0,099	0,342	0,342	0,159	0,043
Reattanza della linea	X _L	Ω / km	0,15	0,13	0,12	0,11	0,12	0,15	0,15	0,13	0,1
Caduta di tensione	ΔV	V	280,278	282,586	75,408	96,218	203,040	53,463	157,150	90,352	560,103
	ΔV	%	0,93%	0,94%	0,25%	0,32%	0,68%	0,18%	0,52%	0,30%	1,87%
ΔV% < 4%			VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO
Materiale Isolamento			EPR	EPR	EPR	EPR	EPR	EPR	EPR	EPR	EPR
Portata nominale	I _n	A	255	385	570	735	510	255	255	385	835
Temperatura terreno	T	°C	25	25	25	25	25	25	25	25	25
terme	nr		1	1	1	1	1	1	1	1	1
distanza	m		a contatto	a contatto	a contatto	a contatto	a contatto	a contatto	a contatto	a contatto	a contatto
Profondità di posa	m		1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Resistività termica	°C m/W		1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fattori di correzione											
K1			0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
K2			0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
K3			0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
K4			1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
Portata cavo I _b S _{bc}	I _b	A	177,67	268,34	397,14	512,10	710,66	177,67	177,67	268,34	1163,54
I _b S _{bc}			VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO

In via precauzionale, arrotondando al metro superiore, si ottiene una DPA pari a 3 m.

Ricordando che il vincolo da rispettare per il caso in esame è l’obiettivo di qualità, pari a 3 μT , si rileva che l’elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all’asse centrale, pari a:

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 48 di 53</p>
--	--	--

$$B1 = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot ((0,0627 \cdot 1016,14) / 2,28^2) = 2,99 \mu T$$

inferiore al limite fissato.

Vista la profondità di posa ipotizzata, si possono considerare gli effetti del campo magnetico a livello del suolo praticamente nulli.

7.2 Cabina di raccolta e smistamento

I cavi in uscita dalla A4 (che provengono separatamente dalla A8-A7-A6-A5), dalla A2 (che provengono separatamente dalla A1) e dalla A3, sono connessi alla Cabina di raccolta e smistamento mediante cavidotti interrato a 30 kV con cavo con conduttori di fase in rame.

Questa cabina ha il compito di raccogliere, smistare l’energia in essa confluita ad una tensione di 30kV fino alla SSE Utente.

Analogamente alle linee elettriche anche nel caso delle cabine primarie e stazioni lo spazio definito da tutti i punti caratterizzati da valori di induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all’obiettivo di qualità definisce attorno a tali impianti un volume.

La superficie di questo volume delimita la fascia di rispetto.

Per la determinazione della DPA associata a tale cabina si fa riferimento alla “Linea Guida per l’applicazione del § 5.1.3 dell’Allegato al DM 29.05.08: Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche” (e- distribuzione S.p.A).

In tale documento, vengono standardizzate le DPA per linee MT e cabine primarie in riferimento a determinati valori di corrente, tensione e taglie dei trasformatori.

Data la natura della cabina di raccolta e smistamento, in assenza di trasformatori, la valutazione della distanza in prima approssimazione è stata svolta considerando il caso di cavi interrati a una profondità pari a 1.2m con posa a trifoglio a contatto.

b) Cavi unipolari posati a trifoglio

Lo schema di posa in questo caso è illustrato nella Figura 12. Si può quindi ricorrere alle relazioni approssimate viste per e linee aeree con conduttori a triangolo

$$B = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} \text{ [}\mu\text{T]} \quad R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \text{ [m]} \quad (20)$$

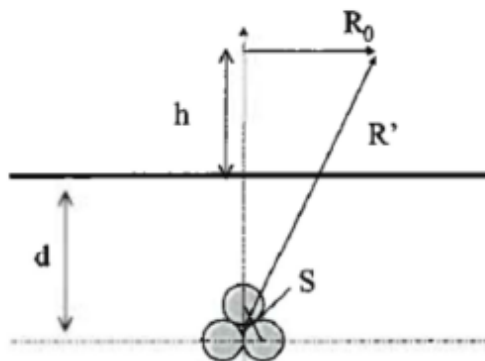


Figura 12 – Schema di principio per il calcolo delle distanze da terne di cavi interrati con poa a trifoglio oltre le quali l’induzione magnetica è inferiore all’obiettivo di qualità

I valori di DPA dipendono solo dalla geometria dei conduttori e dai valori di corrente che le attraversano. dove B [μT] è l’induzione magnetica in un generico punto distante R [m], che rappresenta la generica distanza o raggio dal centro geometrico dei conduttori, S [m] rappresenta la distanza tra le generatrici delle terne dei conduttori (in analogia a quanto previsto dal DM 29/05/08, si può considerare pari al diametro reale dei cavi), I [A] è la corrente che percorre i cavi.

Nel caso in esame la linea MT (Cabina di raccolta e smistamento alla cabina SSE lato utente) è attraversata da:


- una corrente pari a 1016,14 A, tipica di un doppio cavo con conduttori di fase in rame, con sezioni adottate pari a 630 mm² e posti a contatto.

Adottando la formula approssimata per i casi precedentemente esposti si ottiene:

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} = 0,286 \cdot \sqrt{0,0627 \cdot 1016,14} = 2,28 \text{ m}$$

In via precauzionale, arrotondando al metro superiore, si ottiene una DPA pari a 3 m.

Ricordando che il vincolo da rispettare per il caso in esame è l’obiettivo di qualità, pari a 3 μT , si rileva che l’elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all’asse

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 50 di 53</p>
--	--	--

centrale, pari a:

$$B = 0,1 * \sqrt{6 * ((0,0627 * 1016,14) / 2,25^2)} = 2,99 \mu T$$

inferiore al limite fissato.

Vista la profondità di posa ipotizzata, si possono considerare gli effetti del campo magnetico a livello del suolo praticamente nulli.

8. STAZIONE DI UTENZA E AMPLIAMENTO STAZIONE TERNA

L’impianto sarà progettato e costruito in modo da rispettare i valori di campo elettrico e magnetico, previsti dalla normativa statale vigente (Legge 36/2001 e D.P.C.M. 08/07/2003).

Si rileva inoltre che nella Stazione di utenza, che sarà normalmente esercita in teleconduzione, non è prevista la presenza di personale, se non per interventi di manutenzione ordinaria o straordinaria.

È da notare che generalmente per tali impianti le fasce di rispetto, determinate dal luogo in cui i valori dell’induzione magnetica sono entro i limiti ammessi, sono interne alla recinzione dell’impianto, come si legge, tra l’altro, al paragrafo 5.2.2 del Decreto MATT 29 maggio 2008.

In corrispondenza della Cabina di raccolta e smistamento l’energia elettrica viene trasferita con unico cavidotto a 30kV fino alla SSE Utente.

L’energia prodotta prima di essere immessa alla futura Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) viene elevata alla tensione di 36 kV mediante un trasformatore trifase di potenza 36/30 kV.

Il quadro all’aperto della SSE di Utenza è composto da:

- stallo MT;
- trasformatore 36/30;
- Sistemi di protezione;
- Cavidotto a 36kV.

Per la determinazione della DPA associata alla SSE Utente, in cui è contenuto il trasformatore 36/30 kV,

si fa riferimento alla “Linea Guida per l’applicazione del § 5.1.3 dell’Allegato al DM 29.05.08: Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche” (e- distribuzione S.p.A).

In tale documento, vengono standardizzate le DPA per linee MT e cabine primarie e secondarie in riferimento a determinati valori di corrente, tensione e taglie dei trasformatori.

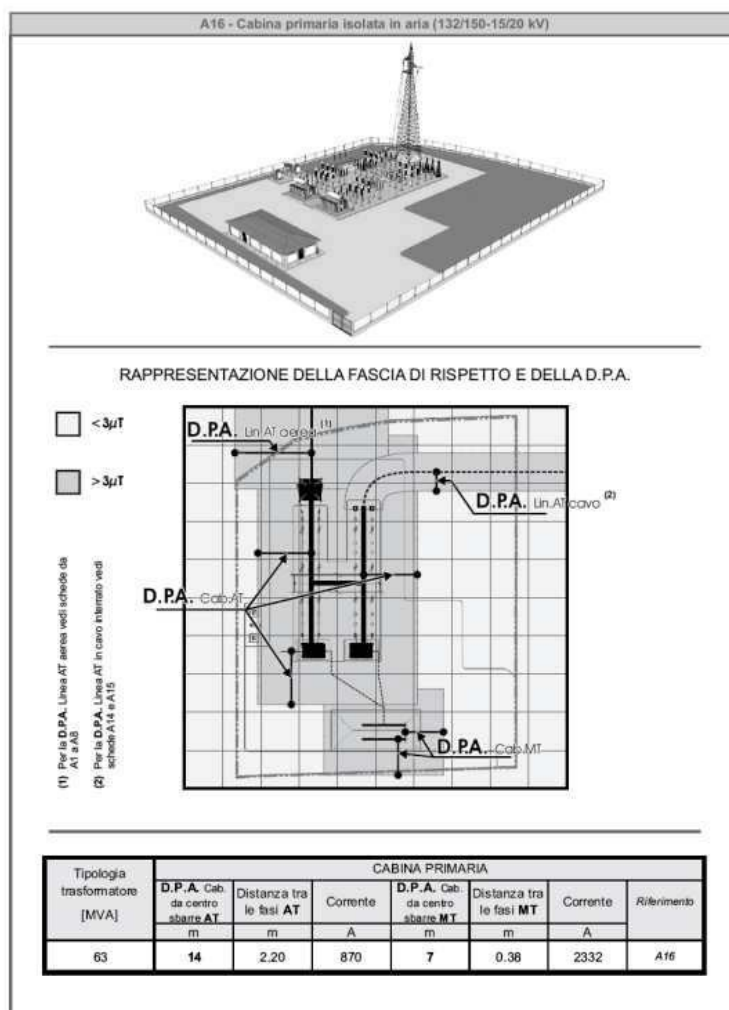



Figura 13 - Scheda A16 - Dpa per cabina primaria

Con riferimento alla valutazione dei campi elettromagnetici, in corrispondenza della cabina SSE utente e del cavidotto in AT a 36kV per il collegamento in antenna alla nuova stazione elettrica (SE), sono stati considerati i seguenti calcoli:

1. Calcolo DPA per SSE con trasformatore MT/AT 36/30kV
 - a. Intensità di corrente lato MT (I): 1016,14 A;
 - b. Diametro del cavo in uscita dal trasformatore (d): 0,074m

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 52 di 53</p>
--	--	--

$$DPA = d^{0,5241} 0,40942 \sqrt{I} = 2,98m$$

In via precauzionale, arrotondando al metro superiore, si ottiene una DPA pari a 3 m

2 Calcolo DPA cavidotto AT a 36kV per la connessione in antenna alla SE


- a. Intensità di corrente lato AT (I): 846,78 A;
- b. Diametro del cavo in uscita dal trasformatore (d): 0,074m;
- c. Tipo di posa: interrato a trifoglio con cavi a contatto;
- d. Profondità di posa: 1,3.

$$R' = 0,286 \sqrt{dI} = 2,26$$

Ricordando che il vincolo da rispettare per il caso in esame è l’obiettivo di qualità, pari a 3 μ T, si rileva che l’elettrodotta oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all’asse centrale, pari a:

$$B = 0,1 * \sqrt{6} * ((0,074 * 846,78) / 2,26^2) = 2,99 \mu T$$

inferiore al limite fissato.

 <p>AEI WIND PROJECT XI S.R.L. P.I. 17264821004 Via Savoia 78, 00198 Roma</p>	<p>“Progetto di realizzazione di un parco eolico della potenza di 52,8 MW denominato “CATERINA II” situato nei comuni di Caltavuturo, Polizzi Generosa, Castellana Sicula, in provincia di Palermo (PA) e di Villalba, in provincia di Caltanissetta (CL)</p> <p>Relazione tecnica specialistica sull’impatto elettromagnetico</p>	<p>DATA: DICEMBRE 2023 Pag. 53 di 53</p>
---	--	---

9. CONCLUSIONI

Nella presente relazione è stato condotto uno studio analitico volto a valutare l’impatto elettromagnetico delle opere da realizzare, e, sulla base delle risultanze, individuare eventuali fasce di rispetto da apporre al fine di garantire il raggiungimento degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici, secondo il vigente quadro normativo.

Una volta individuate le possibili sorgenti dei campi elettromagnetici, per ciascuna di esse è stata condotta una valutazione di tipo analitico, volta a determinare la consistenza dei campi generati dalle sorgenti e l’eventuale distanza di prima approssimazione (DPA).

Dall’analisi dei risultati si può concludere che i valori di induzione calcolati sono compatibili con i vincoli previsti dalla normativa vigente.