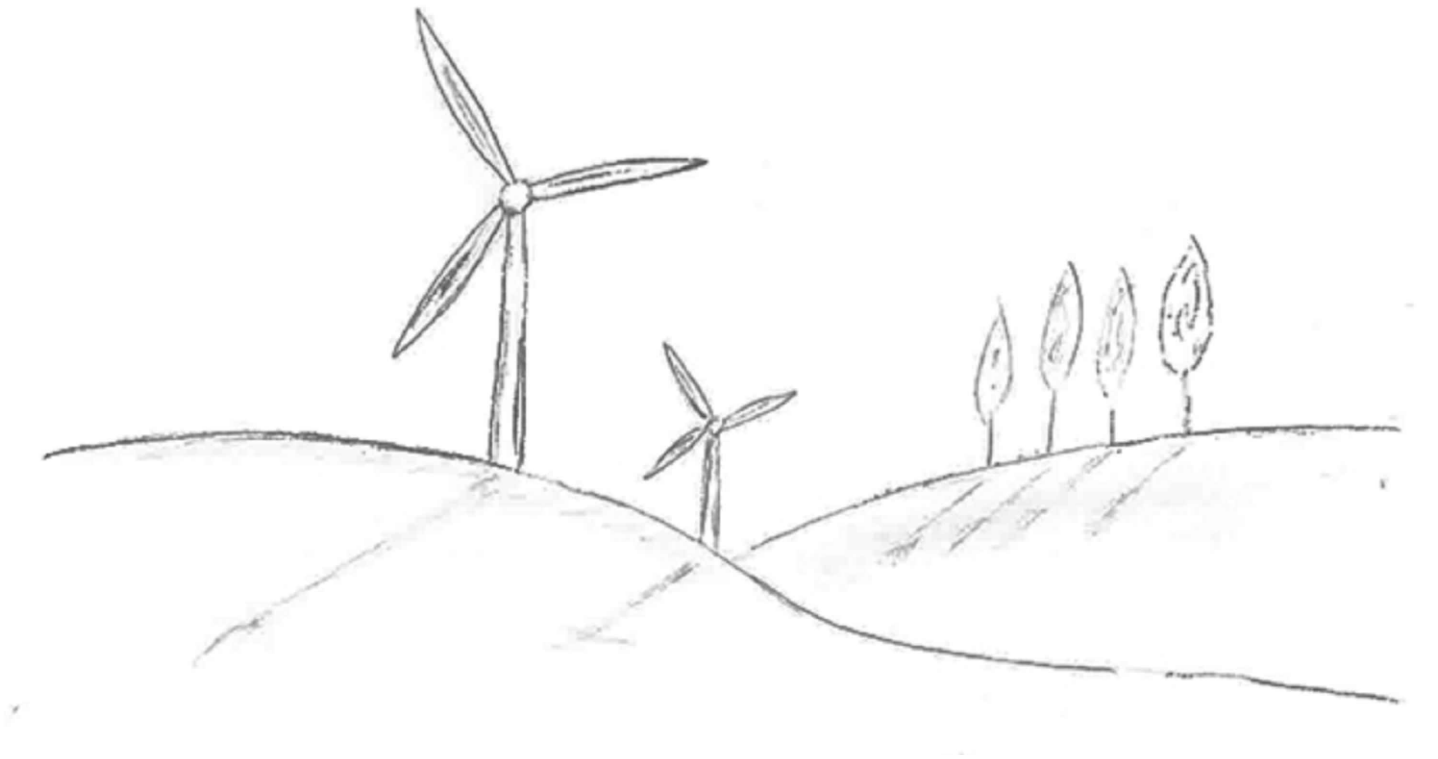
OGGETTO

PARCO EOLICO SCANSANO



PROGETTO

REALIZZAZIONE DI IMPIANTO EOLICO IN AREE TOTALMENTE IDONEE (D.Lgs. n°199/2021 e Allegato 1b del PIT Regione Toscana) COMPOSTO DA 11 AEROGENERATORI CON POTENZA COMPLESSIVA DI 79,2 MW

VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

TITOLO ELABORATO

RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI

Duccio Montemaggi 16.04.2024 15:27:12 GMT+01:00

CONSULENZA

SINTECNICA ENGINEERING S.R.L.
Piazza IV Novembre, 4
Milano - 20124
P.I. 10246080963

Progettisti:

ING. DUCCIO MONTEMAGGI

Gruppo di Lavoro:

GIULIO GORINI
MATTEO FARULLI
LUCA TRIPPANERA
SAMUELE GIRAFFA

PROPONENTE

GRUPPO VISCONTI SCANSANO S.R.L.
Via Giuseppe Ripamonti, 44
Milano - 20141
P.I. 13357800963

Numero attività
395.GVI.23

Codice Documento
R.CV.395.GVI.23.225.00

Revisione	Data	Oggetto revisione	Redatto	Verificato	Approvato
00	05.04.2024	Emissione	G.G.	D.M.	L.T.
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

Località

COMUNI DI SCANSANO
E MAGLIANO IN TOSCANA
Provincia di Grosseto
Regione Toscana

Questo disegno non può essere copiato o riprodotto senza autorizzazione, ogni violazione verrà perseguita a norma di legge.

PROGETTO PARCO EOLICO SCANSANO
COMUNI DI SCANSANO E MAGLIANO IN TOSCANA
PROVINCIA DI GROSSETO- REGIONE TOSCANA

STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE

VALUTAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI

SINTECNICA

GRUPPO VISCONTI
Join the ReEvolution
SCANSANO SRL

Sommario

1. INTRODUZIONE 3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO 3
Normativa nazionale 3
Normativa tecnica 4
3. DEFINIZIONI 5
4. INQUADRAMENTO GENERALE 7
Area di impianto 7
Ubicazione Aerogeneratori 8
Ubicazione Cavidotti e stazioni elettriche 9
5. VALORI LIMITE DI RIFERIMENTO 10
Valori limite del campo di induzione magnetica 10
Valori limite del campo elettrico 11
6. DESCRIZIONE DELLE LINEE ELETTRICHE E DEGLI IMPIANTI 11
Schema delle linee elettriche 11
Descrizione degli aerogeneratori 12
7. METODOLOGIE DI CALCOLO 12
Calcolo del campo di induzione magnetica 12
Calcolo del campo elettrico 13
8. CALCOLO DISTANZE DI PRIMA APPROSSIMAZIONE 14
DPA Aerogeneratori 14
DPA Cavidotti di collegamento tra aerogeneratori 15
DPA Cavidotto di collegamento tra gruppi di aerogeneratori e QMT 16
DPA Sottostazione Elettrica Utente e QMT 18
9. CONCLUSIONI 18

SINTECNICA

GRUPPO VISCONTI
Join the ReEvolution
SCANSANO SRL

1. INTRODUZIONE

Il presente elaborato costituisce la relazione di calcolo volta alla determinazione delle distanze di prima approssimazione (DPA) dei campi elettromagnetici, relativamente alla fase di esercizio, del parco eolico denominato "Scansano" che la società "Gruppo Visconti - Scansano S.r.l." (in seguito anche la Proponente) intende realizzare su un'area ricadente all'interno del territorio di Scansano in provincia di Grosseto.

Il progetto prevede l'installazione di n. 11 aerogeneratori di nuova generazione Vestas V-172, aventi potenza nominale pari a 7,2 MW ciascuno, per una potenza nominale complessiva del parco eolico pari a 79,2 MW e una producibilità attesa circa di 221.760 MWh/anno.

Per l'esecuzione del presente studio, è stato sviluppato un modello per il calcolo nello spazio dei valori di campo elettromagnetico prodotti dai nuovi aerogeneratori e dall'elettrodotto ad essi connesso.

Il presente Studio, oltre all'Introduzione, contiene:

- una sintesi della normativa di riferimento (Capitolo 2);
- la definizione delle grandezze oggetto di verifica (Capitolo 3)
- l'individuazione dell'area di studio, in cui vengono effettuate la caratterizzazione geografica dell'area interessata del parco eolico in progetto (Capitolo 4);
- l'individuazione dei valori limite di riferimento per gli impianti (Capitolo 5);
- la descrizione delle linee elettriche e degli impianti (Capitolo 0);
- la descrizione della metodologia di calcolo (Capitolo 7);
- la presentazione dei risultati di calcolo delle Distanze di Prima Approssimazione (Capitolo 8);

rimandando al Capitolo 0 le conclusioni del lavoro.

Le valutazioni circa il rispetto dei limiti normativi e la redazione della presente relazione sui campi elettromagnetici sono conformi a quanto stabilito dalla normativa nazionale e dalla normativa tecnica di settore

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nel presente capitolo viene riportata una panoramica dei principali riferimenti di legislazione nazionale e della normativa tecnica pertinente alle analisi oggetto del presente elaborato.

NORMATIVA NAZIONALE

- DM 21 marzo 1988, n. 449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne" e s.m.i.";
- Legge 22 febbraio 2001, n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- DPCM 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti".

Ai fini della protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati da linee e cabine elettriche, suddetto Decreto (artt. 3 e 4) fissa, in conformità alla L. 36/2001 (art. 4, c. 2):

- i limiti di esposizione del campo elettrico1 (5 kV/m) e del campo magnetico (100 uT) come valori efficaci, per la protezione da possibili effetti a breve termine;
- il valore di attenzione (10 uT) e l'obiettivo di qualità (3 uT) 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

Il valore di attenzione si riferisce a luoghi tutelati esistenti presso 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'art. 6, in attuazione della legge 36/01 (art 4 c.1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo della fascia di rispetto degli 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

- DM 29 maggio 2008, GU n. 156 del 5 luglio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti"

Suddetto Decreto introduce la metodologia di calcolo semplificata delle fasce di rispetto, con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA). Detta DPA, nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3 µT del campo magnetico, si applica nel caso di:

- Realizzazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati;
- Progettazione di nuovi luoghi tutelati in prossimità di elettrodotti esistenti.

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, la tutela in merito alle fasce di rispetto di cui all'art. 6 dei 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 in quanto le relative fasce di rispetto hanno un'ampiezza ridotta inferiore alle distanze previste dai DM marzo 1988, n 449 e s.m.i.

NORMATIVA TECNICA

- CEI 11-60 "Portata al limite termico delle linee elettriche esterne con tensione maggiore di 100 kV".
- CEI 20-21 "Calcolo della portata di corrente" (IEC 60287).
- CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo".

- CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6). Parte I".
- CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati dalle linee e da stazioni elettriche"
- CEI 211-6 “Guida per la misura e la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell’intervallo di frequenza 0 Hz – 10 kHz, con riferimento all’esposizione umana”

3. DEFINIZIONI

Valgono le definizioni di seguito riportate, per la maggior parte contenute nella Legge 36/2001, nel DPCM 8 luglio 2003 e nel Decreto 29 maggio 2008.

- Autorità competenti ai fini dei controlli: sono le autorità di cui all'art. 14 della Legge 36/2001 (le amministrazioni provinciali e comunali, al fine di esercitare le funzioni di controllo e di vigilanza sanitaria e ambientale, utilizzano le strutture delle Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente).
- Autorità competenti ai fini delle autorizzazioni: sono le autorità competenti al rilascio delle autorizzazioni per la costruzione e/o l'esercizio di elettrodotti e/o insediamenti e/o aree di cui all'art. 4 del DPCM 8 luglio 2003 (aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore).
- Campata: elemento minimo di una linea elettrica sotteso tra due sostegni.
- Distanza di Prima Approssimazione (DPA): 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 Figura 1. 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.
- Elettrodotto: è l'insieme delle linee elettriche delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione.
- Fascia di rispetto: è 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 μT). 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 Figura 1.

Si ricorda che le Regioni (fermi i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità) nella definizione dei tracciati degli elettrodotti che ricadono nella loro competenza autorizzativa, devono tener conto anche delle fasce di rispetto determinate secondo la metodologia in allegato al Decreto 29 maggio 2008 (art. 8, c. 1, lett. B) della Legge 36/2001).

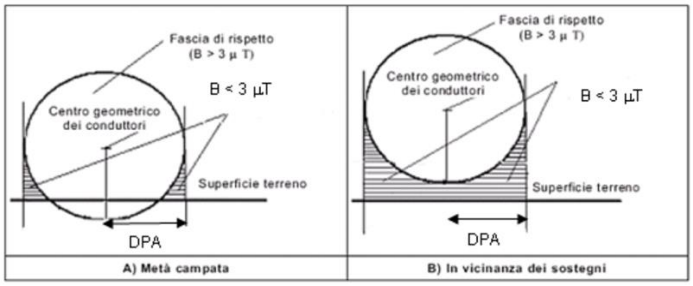


Figura 1: Schema Fasce rispetto e DPA in corrispondenza di metà campata e in vicinanza dei sostegni.

- Impianto: officina elettrica destinata, simultaneamente o separatamente, alla produzione, allo smistamento, alla regolazione e alla modifica (trasformazione e/o conversione) dell'energia elettrica transitante in modo da renderla adatta a soddisfare le richieste della successiva destinazione. Gli impianti possono essere: Centrali di produzione, Stazioni elettriche, Cabine di Primarie e Secondarie e Cabine Utente.
- Limiti di esposizione (DPCM 8 luglio 2003 art. 3 c. 1): nel caso di esposizione, della popolazione, a campi elettrici e magnetici, alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μT per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.
- Linea: collegamento con conduttori elettrici, delimitato da organi di manovra, che permettono di unire due o più impianti.
- Luoghi tutelati (Legge 36/2001 art. 4 c.1, lettera h): aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere.
- Obiettivo di qualità (DPCM 8 luglio 2003 art. 4): 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 giornaliere 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, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 μT per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.
- Portata in corrente in servizio normale: è la corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento. Essa è definita nella norma CEI 11-60 § 2.6. La corrente di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto è la "portata di corrente in servizio normale relativa al periodo stagionale in cui essa è più elevata":
    - per le linee con tensione >100 kV, è definita dalla norma CEI 11-60;
    - per gli elettrodotti aerei con tensione <100 kV, i proprietari/gestori fissano la portata in corrente in regime permanente in relazione ai carichi attesi con riferimento alle condizioni progettuali assunte per il dimensionamento dei conduttori;

- per le linee in cavo è definita dalla norma CEI 11-17 § 3.5 e § 4.2.1 come portata in regime permanente (massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato)

4. INQUADRAMENTO GENERALE

AREA DI IMPIANTO

Il parco eolico denominato "Scansano" che la Proponente intende realizzare, oggetto della presente valutazione, sarà composto da n. 11 aerogeneratori ubicati in provincia di Grosseto, nel comune di Scansano. Gli aerogeneratori saranno disposti, come mostrato nella seguente Figura 2.

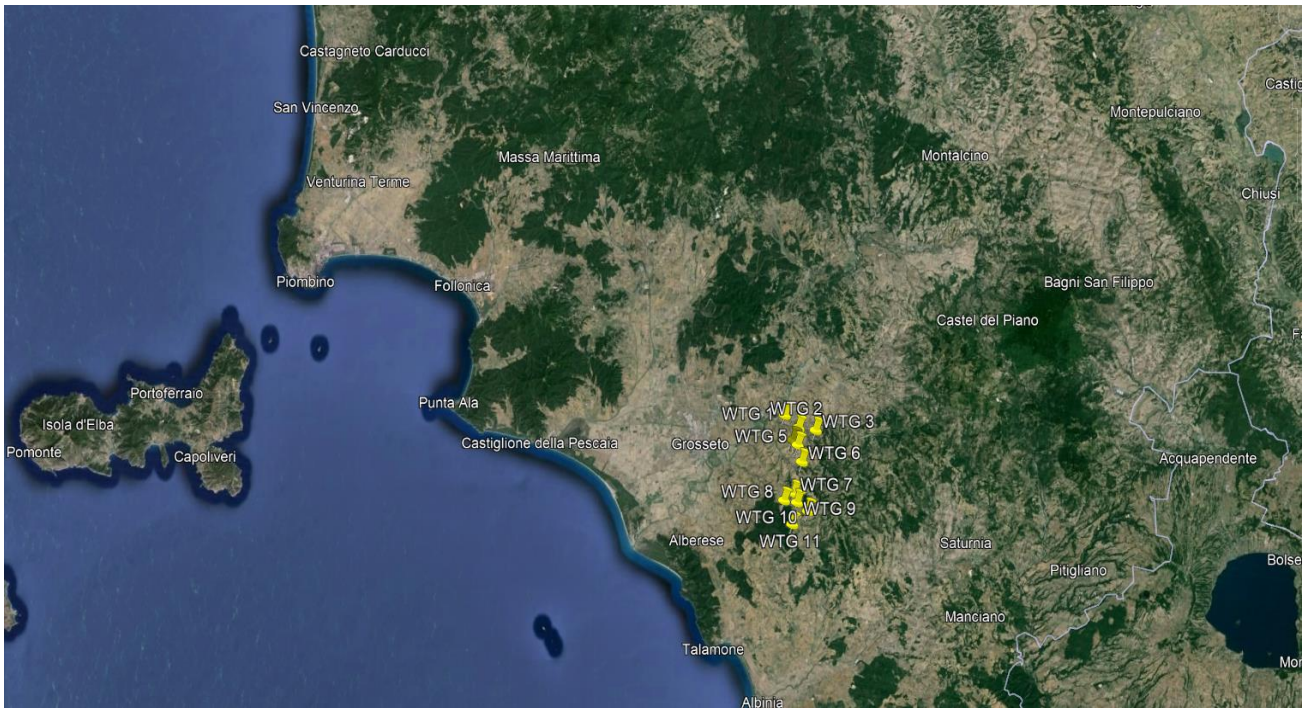


Figura 2: Ubicazione degli aerogeneratori del parco eolico in progetto

SINTECNICA

GRUPPO VISCONTI
Join the ReEvolution
SCANSANO SRL

UBICAZIONE AEROGENERATORI

Le coordinate geografiche degli aerogeneratori (indicati anche con il termine WTG, acronimo dall'inglese Wind Turbine Generator) individuati nella precedente Figura 2 sono riportate nella successiva Tabella 4.1, dove è indicata anche la quota sul livello del mare.

Tabella 4.1: Coordinate geografiche degli aerogeneratori

	X (m)	Y (m)	Z (m)
WTG1	1682671	4739045	55
WTG 2	1684354	4737649	64
WTG 3	1686438	4737446	161
WTG 4	1683758	4736265	76
WTG 5	1684326	4735734	110
WTG 6	1684859	4733854	148
WTG 7	1683990	4730292	169
WTG 8	1682831	4729472	208
WTG 9	1684402	4729270	163
WTG 10	1685740	4728341	210
WTG 11	1683889	4726797	246

UBICAZIONE CAVIDOTTI E STAZIONI ELETTRICHE

A servizio del parco eolico in progetto è prevista la realizzazione di un cavidotto MT (media tensione) interrato, il cui tracciato si sviluppa principalmente nel territorio comunale di Scansano (GR), per il collegamento dell'impianto eolico alla RTN, presso la nuova cabina primaria che sarà ubicata nel Comune di Magliano in toscana (GR).

Si riporta in figura 3 l'andamento del cavidotto e l'ubicazione della nuova SSU elettrica.

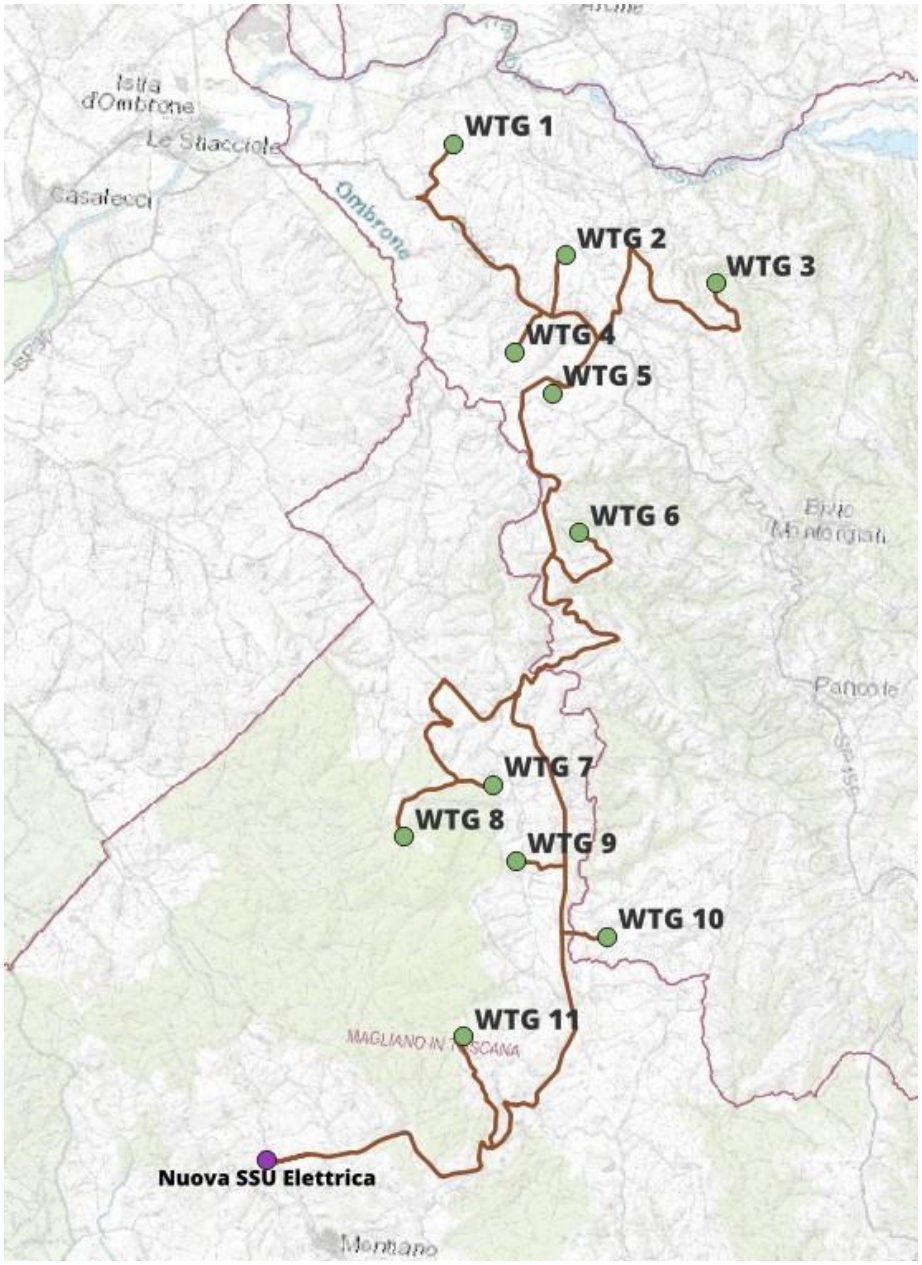


Figura 3: Ubicazione del cavidotto e della SSU

SINTECNICA

GRUPPO VISCONTI
Join the ReEvolution
SCANSANO SRL

5. VALORI LIMITE DI RIFERIMENTO

Nella redazione della relazione tecnica sui campi elettromagnetici è stato tenuto conto della normativa vigente in materia.

In particolare, sono state recepite le indicazioni contenute nel DPCM 08/07/2003, il quale fissa i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete generati dagli elettrodotti. Si è, inoltre, tenuto conto di quanto previsto dal DM 29/05/2008 per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti (metodologia di calcolo indicata dall'APAT), e della Legge quadro 22/02/2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", G.U. 7 marzo 2001, n.55.

VALORI LIMITE DEL CAMPO DI INDUZIONE MAGNETICA

Per quanto riguarda il campo di induzione magnetica generato dagli elettrodotti, esistono tre differenti tipologie di soglia cui fare riferimento, fissate attraverso il DPCM 8/07/2003. L'art. 3 del citato decreto indica i valori dell'induzione magnetica mostrati nella successiva Tabella 5.1

Tabella 5.1: Valori limite del campo di induzione magnetica

Tipologia di limite	Descrizione	Indicatore	Valore limite
Limite di esposizione	valore da non superare in alcuna situazione	valore efficace	100 µT
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	mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio	10 µT
Obbiettivo 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	mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio	3 µT

VALORI LIMITE DEL CAMPO ELETTRICO

In riferimento al campo elettrico, il DPCM 8/07/2003 stabilisce il valore limite pari a 5kV/m, da considerarsi come valore efficace.

6. DESCRIZIONE DELLE LINEE ELETTRICHE E DEGLI IMPIANTI

Nel presente capitolo sono riassunti i parametri di linee elettriche e impianti. Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato *D.CV.395.GVI.23.210.00 - SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE*, all'elaborato *R.CV.395.GVI.23.214.00 - Relazione Descrittiva Delle Opere Elettriche*, all'elaborato. *D.CV.395.GVI.23.209.00 - Planimetria sottostazione di allaccio – D.CV.395.GVI.23.208 – Linea elettrica di allaccio*.

SCHEMA DELLE LINEE ELETTRICHE

Gli aerogeneratori del Parco Eolico sono collegati come rappresentato nel particolare dello schema unifilare in Figura 5.

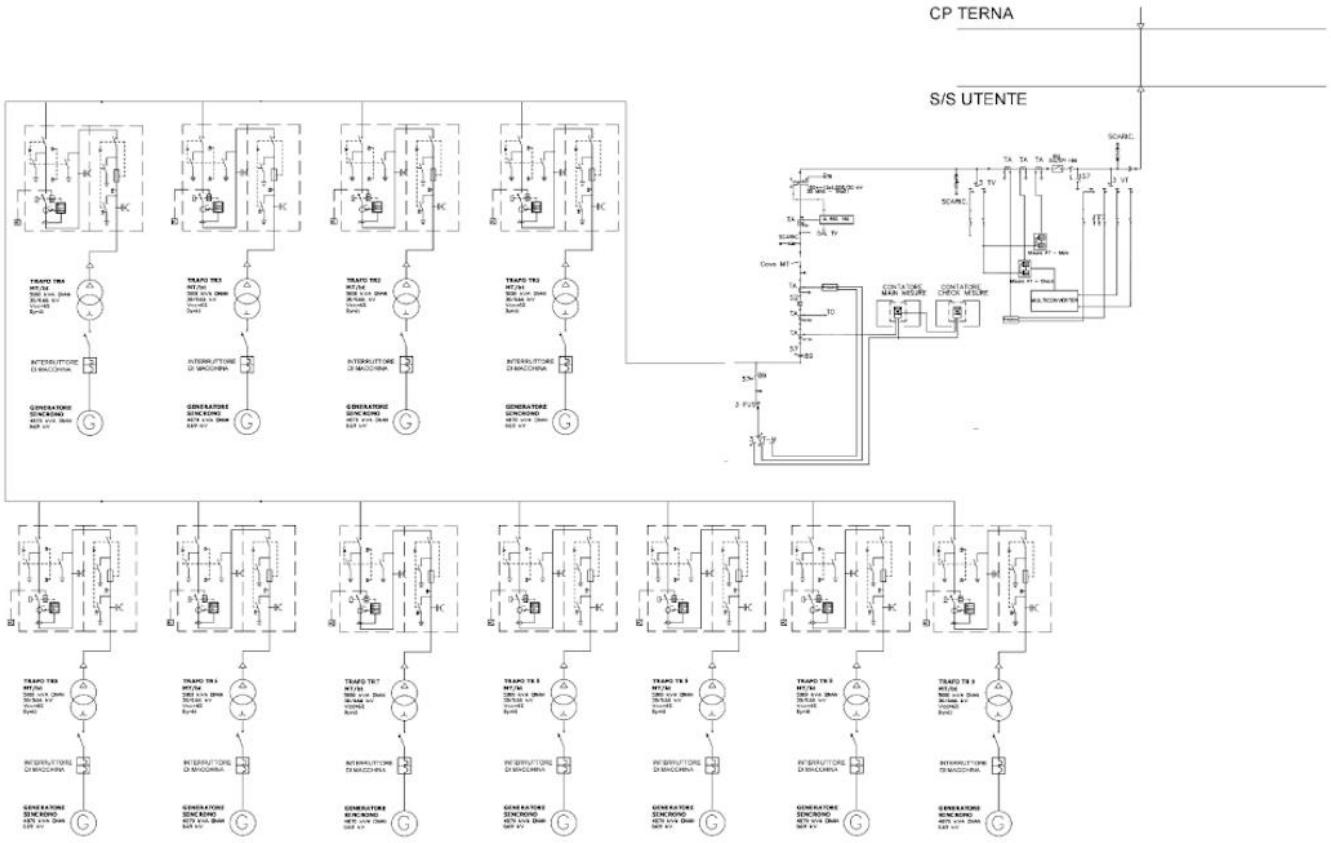


Figura 4: Schema unifilare del Parco Eolico

SINTECNICA

GRUPPO VISCONTI
Join the ReEvolution
SCANSANO SRL

DESCRIZIONE DEGLI AEROGENERATORI

L'impianto eolico potenziato è composto da aerogeneratori indipendenti, opportunamente disposti e collegati in relazione alla disposizione dell'impianto, dotati di generatori asincroni trifasi. Ogni aerogeneratore ha una potenza nominale di 7,2 MW, ed è topograficamente, strutturalmente ed elettricamente indipendente dagli altri anche dal punto di vista delle funzioni di controllo e protezione.

All'interno della torre saranno installati:

- l'arrivo cavo BT dal generatore eolico al trasformatore;
- il trasformatore MT/BT ;
- il sistema di rifasamento del trasformatore;
- la cella MT di arrivo linea e di protezione del trasformatore;
- il quadro di BT di alimentazione dei servizi ausiliari;
- il quadro di controllo locale.

L'impianto Eolico nel suo complesso sarà costituito da n° 11 aerogeneratori, ciascuno di potenza massima da 7,2 MW, corrispondenti ad una potenza installata massima di 79,2 MW. I dati sopra riportati sono presi dalla scheda tecnica del modello Vestas V172 del produttore, utilizzata a titolo esemplificativo.

I dispositivi elettrici di trasformazione MT/BT degli aerogeneratori trovano alloggiamento all'interno delle torri stesse degli aerogeneratori, appoggiati al basamento.

7. METODOLOGIE DI CALCOLO

CALCOLO DEL CAMPO DI INDUZIONE MAGNETICA

L'induzione magnetica B generata da N conduttori filiformi può essere calcolata con l'espressione riportata di seguito; si considera il solo contributo al campo magnetico dei conduttori reali assumendo il suolo perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico potendo così trascurare i conduttori immagine.

$$\vec{\boldsymbol{B}} = -\frac{\mu_0}{4\pi}\sum_{k=1}^{N}\int_{C_k}\frac{\boldsymbol{i}}{\boldsymbol{r^3}}\vec{\boldsymbol{r}}\times d\vec{\boldsymbol{l}}$$

Dove:

- μ_0 è la permeabilità magnetica del vuoto;
- N è il numero dei conduttori (3 nel caso di una terna, n*3 nel caso di n terne);
- i la corrente in ciascun conduttore;
- C_k il conduttore k-esimo;
- r la distanza tra il tratto elementare di un conduttore k-esimo ed il punto dove si vuole calcolare il campo.

Il modello adottato (conduttori cilindrici rettilinei orizzontali indefiniti paralleli tra di loro) consente di eseguire facilmente l'integrazione e semplificare i calcoli. Indicato con Q il punto dove si vuole determinare il campo, definiamo sezione normale il piano verticale passante per Q e ortogonale ai conduttori; indichiamo quindi con P_k il punto dove il generico conduttore C_k interseca la sezione normale, e con I_k la corrente nel singolo conduttore (si è preso l'asse z nella direzione dei conduttori).

Con queste posizioni, per l'induzione magnetica in Q si ottiene l'espressione

$$\vec{\boldsymbol{B}} = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_{k=1}^{N} \frac{\boldsymbol{i_k}\vec{\boldsymbol{z}} \times (\vec{\boldsymbol{Q}} - \overrightarrow{\boldsymbol{P_k}})}{\left|\vec{\boldsymbol{Q}} - \overrightarrow{\boldsymbol{P_k}}\right|^2}$$

La formula indica che l'induzione magnetica è inversamente proporzionale al quadrato della distanza del punto di interesse dai conduttori; esiste inoltre una proporzionalità diretta tra l'induzione e la distanza tra i singoli conduttori di ogni terna.

CALCOLO DEL CAMPO ELETTRICO

Il campo elettrico di N conduttori rettilinei paralleli di lunghezza infinita con densità lineare di carica costante può essere espresso come:

$$\vec{\boldsymbol{E}} = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0} \sum_{k=1}^{N} \frac{(\vec{\boldsymbol{Q}} - \overrightarrow{\boldsymbol{P_k}})}{\left|\vec{\boldsymbol{Q}} - \overrightarrow{\boldsymbol{P_k}}\right|^2}$$

Dove:

- λ è la densità lineare di carica sul conduttore;
- ε_0 è la permettività del vuoto;
- Q è il punto dove si vuole determinare il campo;
- P_k è il punto dove il conduttore interseca la sezione normale.

Nel caso analizzato, per quanto riguarda il valore del campo elettrico, trattandosi di linee interrate, esso è da ritenersi insignificante grazie anche all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno.

8. CALCOLO DISTANZE DI PRIMA APPROSSIMAZIONE

Gli elementi oggetto di valutazione della distanza di prima approssimazione sono di seguito riepilogati:

- Aerogeneratori;
- Cavidotti di collegamento tra aerogeneratori;
- Cavidotto di collegamento tra gruppi di aerogeneratori e QMT;
- Quadro di MT presente nella SSE Utente
- Sottostazione Elettrica Utente.

Per quanto riguarda la DPA relativa alle cabine e ai cavidotti si esegue il calcolo utilizzando le formule previste nel DM 29/05/08 e nella guida CEI 106-11.

Nei successivi paragrafi si presenta la valutazione analitica del campo di induzione magnetica generato dagli elettrodotti ed il calcolo delle Distanze di Prima Approssimazione, basandosi sulle metodologie di calcolo suggerite dall'APAT (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici), approvate dal D.M. 29/05/2008, e specificate dalla norma CEI 106-11.

Per le linee elettriche viene fornito il calcolo della DPA in corrispondenza di tratti rettilinei come proiezione sul piano di calpestio della isosuperficie di 3 uT. Viene inoltre indicata la DPA in corrispondenza dei cambi di direzione della linea, relativamente al lato in cui il cambio di direzione forma l'angolo concavo, da considerarsi estesa cautelativamente per una lunghezza pari a 3 volte il valore della DPA della sezione rettilinea.

I valori di DPA per linee elettriche sono ottenuti arrotondando i valori al metro superiore, come richiesto dal D.M. 29/05/08.

DPA AEROGENERATORI

Estendendo al caso in oggetto la metodologia individuata dal DM 29/05/2008 per il calcolo della DPA, si considera una struttura semplificata assimilabile ad un sistema trifase percorso da corrente pari alla corrente nominale presente sul lato di bassa tensione del trasformatore, e con distanza tra le fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore stesso.

La tensione del trasformatore sul lato bassa tensione è pari a 720 V. Per una potenza di 7,2 MW degli aerogeneratori, si possono ipotizzare correnti dell'ordine di 4100 A su ognuna delle tre fasi ed un diametro di ogni conduttore pari a 80 mm. Si riporta in Tabella 8.1 il risultato del calcolo.

Tabella 8.1: Valori DPA aerogeneratori

Posizione	DISTANZA
Centro base aerogeneratore	8 m

Si ricorda inoltre che il trasformatore è ubicato all'interno della navicella posta alla base della torre dell'aerogeneratore a un'altezza dal suolo di 114 m dal suolo. Pertanto la distanza sopra indicata rappresenta una sovrastima ampiamente cautelativa.

DPA CAVIDOTTI DI COLLEGAMENTO TRA AEROGENERATORI

Per i collegamenti verrà utilizzata una terna 3x1x50 mm2 disposta a trifoglio con cavo tipo ARP1H5(AR)E 18/30, interrato ad una profondità di circa 1,2 metri.

In Tabella 8.2 si riporta la scheda di calcolo.

Tabella 8.2: Scheda calcolo DPA cavidotto tra WTG

CARATTERISTICHE	UNITA'	VALORE
Potenza massima che trasporterà la linea	MVA	
Profondità di interramento	m	1,2
Numero di terne	-	1
Disposizione terna	-	trifoglio
Numero di conduttori	-	3
Spaziatura orizzontale tra terne	cm	-
Tensione	kV	30
Tipologia Cavo	-	ARP1H5(AR)E 18/30 kV
Portata massima in corrente per ogni conduttore	A	173
Sezione conduttori	mm^2	50
Diametro cavo	mm	38
DPA su tratti rettilinei	m	0
DPA in corrispondenza di cambi di direzione	m	0

Si riporta in Figura 5 l'andamento del campo di induzione magnetica calcolato sul piano di giacenza dei conduttori, sul piano di calpestio e ad un metro di altezza dal piano di calpestio, la distanza sulle ascisse è dal punto intermedio tra le terne.

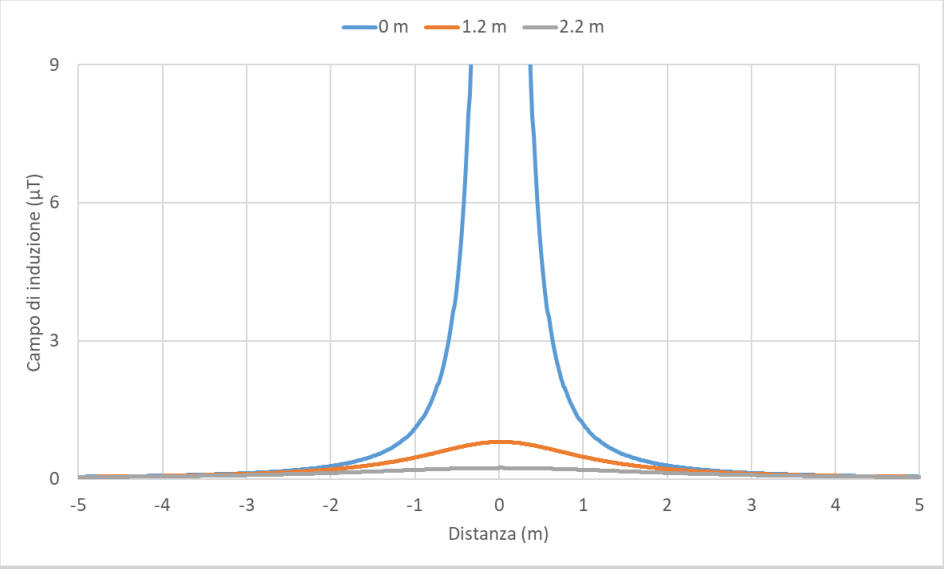


Figura 5: Andamento del campo di induzione magnetica cavidotto tra WTG

DPA CAVIDOTTO DI COLLEGAMENTO TRA GRUPPI DI AEROGENERATORI E QMT

Il collegamento tra gli aerogeneratori e il Quadro di MT avverrà mediante tre cavi MT 36 kV. Verranno utilizzate tre terne: 2x3x1x150 mm^2 e 1x3x1x300 mm^2 disposte a trifoglio con cavo tipo ARP1H5(AR)E 18/30, interrate ad una profondità di circa 1,2 metri.

A titolo cautelativo si è usata la configurazione sopra descritta anche per le parti di cavidotto in cui saranno presenti soltanto una o due terne di cavi.

In Tabella 8.2 si riporta la scheda di calcolo.

Tabella 8.3: Scheda calcolo DPA cavidotto tra WTG

CARATTERISTICHE	UNITA'	VALORE
Potenza massima che trasporterà la linea	MVA	
Profondità di interramento	m	1,2
Numero di terne	-	3
Disposizione terna	-	trifoglio
Numero di conduttori	-	9
Spaziatura orizzontale tra terne	cm	-
Tensione	kV	36
Tipologia Cavo	-	ARP1H5(AR)E 18/30 kV
Portata massima in corrente per ogni conduttore	A	486
Sezione conduttori	mm^2	300 - 150
Diametro cavo	mm	49 - 41
DPA su tratti rettilinei	m	2
DPA in corrispondenza di cambi di direzione	m	3

Si riporta in Figura 6 l'andamento del campo di induzione magnetica calcolato sul piano di giacenza dei conduttori, sul piano di calpestio e ad un metro di altezza dal piano di calpestio, la distanza sulle ascisse è dal punto intermedio tra le terne.

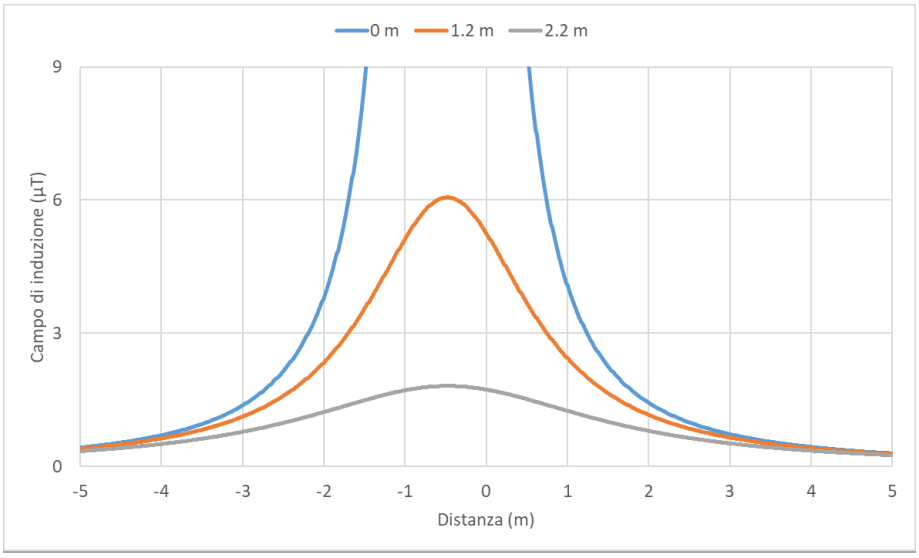


Figura 6: Andamento del campo di induzione magnetica cavidotto tra WTG e QMT

DPA Sottostazione Elettrica Utente e QMT

In quanto le DPA, e quindi le fasce di rispetto, ricadono all'interno dell'area di pertinenza della stessa cabina.

Applicando le "Linee Guida per l'applicazione del p.5.1.3 dell'Allegato al DM 29-05-2008 – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche" di ENEL Distribuzione S.p.a, si possono individuare le DPA da applicare per le sottostazioni di trasformazione analoghe a quella oggetto della presente relazione. Nell'allegato A al sopracitato documento, vengono indicate le distanze minime da garantire del centro sbarre AT e dal centro sbarre MT rispetto al perimetro dell'area della sottostazione.

Le distanze sono calcolate dal baricentro dei conduttori e quindi dalla fase centrale delle sbarre in aria. La proiezione al suolo di tale fascia di rispetto determina la distanza di prima approssimazione DPA. Tali distanze, per sistemi con caratteristiche analoghe a quelle della sottostazione in oggetto, sono indicate in Tabella 8.4.

Tabella 8.4: Valori DPA sottostazione rispetto centro sbarre

ELEMENTO	DPA
Sbarre AT	14 m
Sbarre MT	7 m

Il valore della distanza di prima approssimazione calcolato è da considerarsi dal filo di ogni parete esterna della cabina. In Tabella 8.5 è riportato il valore calcolato.

Tabella 8.5: Valori DPA cabine

Posizione	DPA
Cabina con trasformatore ausiliario	1 m

9. CONCLUSIONI

Nel presente documento sono stati valutati gli effetti sulla componente campi elettromagnetici potenzialmente indotti relativamente alla fase di esercizio, del parco eolico denominato "Scansano".

Nel documento sono illustrate le caratteristiche elettriche e meccaniche degli elementi analizzati ai fini della determinazione degli andamenti dei campi elettrici e magnetici e delle relative fasce di rispetto, con particolare riferimento al calcolo delle distanze di prima approssimazione (DPA) secondo il modello di calcolo previsto dal DM 29/05/2008.

I risultati ottenuti mostrano la piena conformità dell'intervento previsto con le caratteristiche specifiche del sito, dal momento che, a distanze inferiori a quella di prima approssimazione, non si segnalano abitazioni o fabbricati dove sia contemplata una permanenza di persone superiore alle 4 ore diurne.