



AGOSTO 2022

**TORCELLO WIND S.r.l.**

**IMPIANTO EOLICO TORCELLO**

**PROVINCIA DI VITERBO**

**COMUNE DI BAGNOREGIO E LUBRIANO**

**Montana**

## **RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO**

**Progettista**

Ing. Laura Maria Conti – Ordine Ing. Prov. Pavia n.1726

**Coordinamento**

Corrado Pluchino

**Codice elaborato**

2799\_4680\_R19\_Rev0\_Relazione impatto elettromagnetico



## Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2799_4680_R19_Rev0_Relazione impatto elettromagnetico	07/2022	Prima emissione	ML	C. Pluchino	L. Conti



## Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Laura Conti	Direttore Tecnico - Progettista	Ord. Ing. Prov. PV n. 1726
Corrado Pluchino	Coordinamento Progettazione	Ord. Ing. Prov. MI n. A27174
Daniele Crespi	Coordinamento SIA	
Riccardo Festante	Tecnico competente in acustica	ENTECA n. 3965
Mauro Aires	Ingegnere Civile – Progettazione Strutture	Ord. Ing. Prov. Torino – n. 9583J
Matteo Lana	Ingegnere Ambientale	
Giuseppe Ferranti	Architetto – Progettazione Civile	Ord. Arch. Prov. Palermo – Sez. A Pianificatore Territoriale n. 6328
Sergio Alifano	Architetto	
Fabio Lassini	Ingegnere Civile Ambientale – Progettazione Civile	Ord. Ing. Prov. MI n. A29719
Vincenzo Gionti	Ingegnere Civile Ambientale – Progettazione Civile	
Andrea Fronteddu	Ingegnere Elettrico – Progettazione Elettrica	Ord. Ing. Cagliari n. 8788 – Sez. A
Matthew Piscedda	Esperto in Discipline Elettriche	

### Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano  
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

[www.montanambiente.com](http://www.montanambiente.com)





Andrea Delussu	Ingegnere Elettrico – Progettazione Elettrica	
Davide Lo Conte	Geologo	Ordine Geologi Umbria n.445
Riccardo Baecker	Ingegnere Ambientale	
Elena Comi	Biologa – Esperto GIS – Esperto Ambientale	Ord. Nazionale Biologi n. 060746 Sez. A
Matteo Cuda	Naturalista	
Marco Corrà	Architetto	
Francesca Jaspardo	Esperto Ambientale	
Fabrizio Columbro	Ingegnere Ambientale	
Luca Morelli	Ingegnere Ambientale	



## INDICE

1. PREMESSA.....	5
2. DESCRIZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO.....	6
3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO .....	8
3.1. AEROGENERATORI.....	8
3.2. LINEE ELETTRICHE DI IMPIANTO .....	11
3.3. STAZIONE DI CONDIVISIONE .....	12
3.4. CABINA DI CONNESSIONE .....	13
3.5. QUADRI 30 KV.....	14
3.6. CAVI DI POTENZA .....	14
3.7. RETE DI TERRA.....	15
3.8. CONNESSIONE.....	15
3.9. SISTEMA SCADA.....	15
3.10. CAVI DI CONTROLLO E TLC.....	15
3.11. MONITORAGGIO AMBIENTALE.....	16
3.12. TRASFORMATORI .....	18
4. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	19
5. DEFINIZIONI.....	21
6. CALCOLO DELLE DPA .....	25
6.1. VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLE DPA PER LA STAZIONE ELETTRICA D'UTENZA E LA LINEA AT DI CONNESSIONE.....	25
6.2. CALCOLO DELLA DPA PER LA LINEA 30 KV .....	26
6.3. CALCOLO DELLA DPA PER LE WTG .....	27

## 1. PREMESSA

Il presente elaborato costituisce la Relazione Impatto elettromagnetico che, unitamente agli elaborati grafici, descrive il Progetto definitivo delle opere civili ed elettriche per la realizzazione del Parco Eolico “Torcello” sito nei comuni di Bagnoregio e Lubriano (VT), nell’area nord occidentale della regione Lazio sviluppato dalla società Torcello Wind S.r.L..



Figura 1.1 - Carta geografica del Lazio con ubicazione dell’impianto

Il documento descrive tutte le opere necessarie all’installazione di un parco eolico della potenza complessiva di 42 MW. Nel suo complesso il parco sarà composto da N° 7 aerogeneratori della potenza nominale di 6.0 MW ciascuno, da un cavi-dotto di MT interrato, da una Stazione MT/AT Utente, dalla viabilità di servizio interna, dalle reti tecnologiche per il controllo del parco e dalle opere di regimentazione delle acque meteoriche.

L’impianto in esame sarà del tipo collegato in rete e funzionerà quindi in parallelo alla rete elettrica nazionale.

La connessione alla linea elettrica nazionale è stata prevista, come da STMG 202002709 rilasciata da TERNA, in prossimità di una nuova stazione elettrica di futura realizzazione e già autorizzata, sita nel comune di Viterbo.

Nello specifico la STMG prevede che la Stazione MT/AT Utente venga collegata in antenna a 150 kV con la sezione a 150 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) 380/150 kV della RTN da inserire in entra – esce sull’ elettrodotto RTN a 380 kV della RTN “Roma Nord - Pian della Speranza”.

Il progetto si inquadra nell’ambito della ricerca di fonti energetiche alternative da utilizzare per la produzione di energia elettrica.

## 2. DESCRIZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO

L'intera area di realizzazione del parco in esame è ubicata in zone al di fuori dei centri abitati limitrofi e, per quanto riguarda l'area produttiva di installazione degli aerogeneratori, si estende in parte nel territorio comunale di Lubriano (torre B01 e torre B02) e in parte nel territorio del comune di Bagnoregio (torre B03÷B07).

La sottostazione di trasformazione sarà ubicata nel territorio comunale di Viterbo mentre la linea di connessione attraverserà, oltre ai comuni in cui sono posizionate le piazzole anche i territori comunali di Montefiascone, Celleno e Viterbo.

L'accesso al sito si ipotizza possa avvenire mediante strade pubbliche esistenti a carattere nazionale e regionale partendo dal vicino porto industriale di Civitavecchia. All'interno dell'area del parco, verranno utilizzate come viabilità primaria la Strada Regionale 71 TER, la Strada Provinciale 130, la Strada Provinciale 54 e la Strada per la località Tortolaio. Dalla viabilità primaria, le aree per la costruzione degli aerogeneratori saranno raggiunte mediante strade secondarie (asfaltate e/o sterrate) esistenti o mediante la realizzazione di apposite piste. Nella figura successiva si riporta un inquadramento generale dell'impianto.

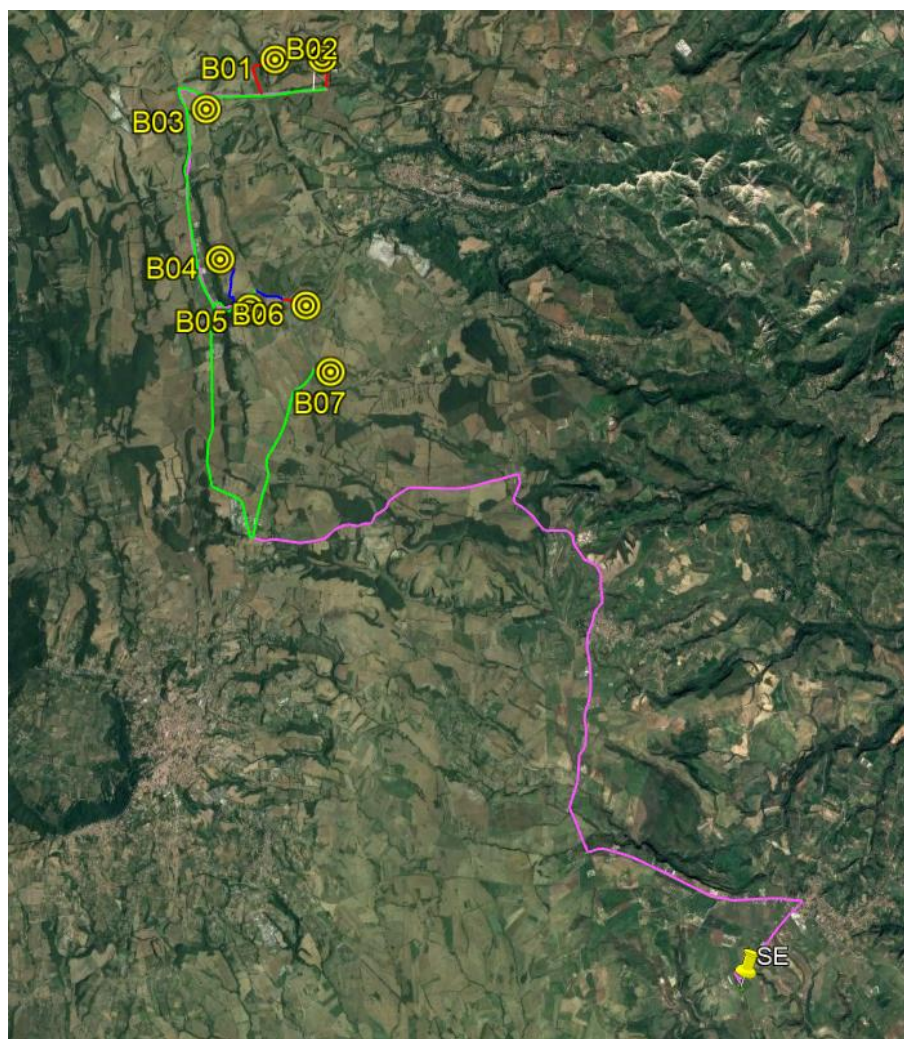


Figura 2.1 - Inquadramento generale dell'area di progetto



Il Parco eolico si estende in zona compresa tra il lago di Bolsena e l'abitato di Bagnoregio, posto a circa 3 km in direzione est. Con una distribuzione Nord-Sud, il parco può essere suddiviso in due aree: una più a nord, comprendente gli aerogeneratori denominati B01, B02 e B03 situati in territorio con andamento collinare con quote altimetriche comprese tra 520 e 580 m slm; ed una più a sud, in cui sono riunite le torri B04, B05, B06 e B07, posizionate in territorio pianeggiante con quote altimetriche comprese tra 550 e 590 m

La realizzazione della Stazione MT/AT Utente è invece prevista nel comune di Viterbo in prossimità della stazione elettrica TERNA di nuova realizzazione denominata "Piscinale" - Frazione di Grotte S. Stefano.

Il collegamento elettrico tra gli aerogeneratori e la sottostazione avverrà mediante un elettrodotto interrato che seguirà in gran parte il tracciato delle strade esistenti e in piccola parte il tracciato di quelle di nuova realizzazione (nuove strade di interconnessione degli aerogeneratori e strada di accesso alla sottostazione elettrica).

Nella seguente tabella si riportano le coordinate dei 7 aerogeneratori in esame, mentre nei paragrafi successivi si descrivono dettagliatamente gli inquadramenti tecnici dell'area di progetto.

*Tabella 2.1: Coordinate aerogeneratori*

WTG		UTM – zona 33T		gauss boaga	
ID	m Est	m Nord	m Est	m Nord	
B01	258554,27	4725906,30	2278557,78	4725918,27	
B02	259424,84	4726046,41	2279428,36	4726058,39	
B03	257321,30	4725122,06	2277324,78	4725134,03	
B04	257488,51	4722531,26	2277491,99	4722543,17	
B05	257972,74	4721670,68	2277976,22	4721682,58	
B06	258957,58	4721720,94	2278961,08	4721732,84	
B07	259339,23	4720541,16	2279342,74	4720553,04	



### **3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO**

Il parco in esame sarà costituito da N° 7 aerogeneratori e sarà collegato alla rete elettrica nazionale. La connessione sarà garantita da un cavidotto interrato in media tensione (MT 30 kV) che si allaccerà alla Stazione Utente MT/AT sita nel territorio comunale di Viterbo in località Piscinale - Frazione di Grotte S. Stefano. L'energia generata verrà poi immessa sulla rete AT a 150 kV mediante la nuova stazione elettrica di TERNA Piscinale ubicata in un'area limitrofa alla Stazione Utente MT/AT.

Per determinare le soluzioni tecniche adottate nel progetto, si è fatta una valutazione ed una successiva comparazione dei costi economici, tecnologici e soprattutto ambientali che si devono affrontare in fase di progettazione, esecuzione e gestione del parco eolico.

Viste le diverse caratteristiche dell'area, la scelta è ricaduta su di un impianto caratterizzato da un'elevata potenza nominale in grado di ridurre, a parità di potenza da installare, i costi di trasporto, di costruzione e l'incidenza delle superfici effettive di occupazione dell'intervento. Nel caso in esame, la scelta è ricaduta su di un impianto costituito di macchine tripala della potenza nominale di 6.0 MW, che meglio rispondono alle esigenze progettuali.

La tipologia di turbina è stata scelta basandosi sul principio che turbine di grossa taglia minimizzano l'uso del territorio a parità di potenza installata; mentre l'impiego di macchine di piccola taglia richiederebbe un numero maggiore di dispositivi per raggiungere la medesima potenza, senza peraltro particolari benefici in termini di riduzione delle dimensioni di ogni singolo aerogeneratore.

La scelta dell'ubicazione dei vari aerogeneratori è stata fatta, per quanto possibile nelle vicinanze di strade, piste e carrarecce esistenti, con lo scopo di ridurre notevolmente la costruzione di nuove piste di accesso, minimizzando di conseguenza le lavorazioni per scavi e i riporti.

Nei seguenti paragrafi verranno descritte singolarmente le diverse lavorazioni e componenti che costituiscono il parco eolico.

#### **3.1. Aerogeneratori**

Un aerogeneratore ha la funzione di convertire l'energia cinetica del vento prima in energia meccanica e successivamente in energia elettrica.

Sostanzialmente un aerogeneratore è così composto:

- Un rotore, nel caso in esame a tre pale, per intercettare il vento
- Una "navicella" in cui sono alloggiati tutte le apparecchiature per la produzione di energia
- Un fusto o torre che ha il compito di sostenere gli elementi sopra descritti (navicella e rotore) posizionandoli alla quota prescelta in fase di progettazione

In questa fase progettuale l'aerogeneratore scelto è un Siemens-Gamesa della potenza nominale di 6.0 MW ad asse orizzontale. In fase esecutiva, in funzione anche della probabile evoluzione dei macchinari, la scelta dell'aerogeneratore potrà variare mantenendo inalterate le caratteristiche geometriche massime.

Di seguito si riporta uno schema grafico dell'aerogeneratore e della navicella.



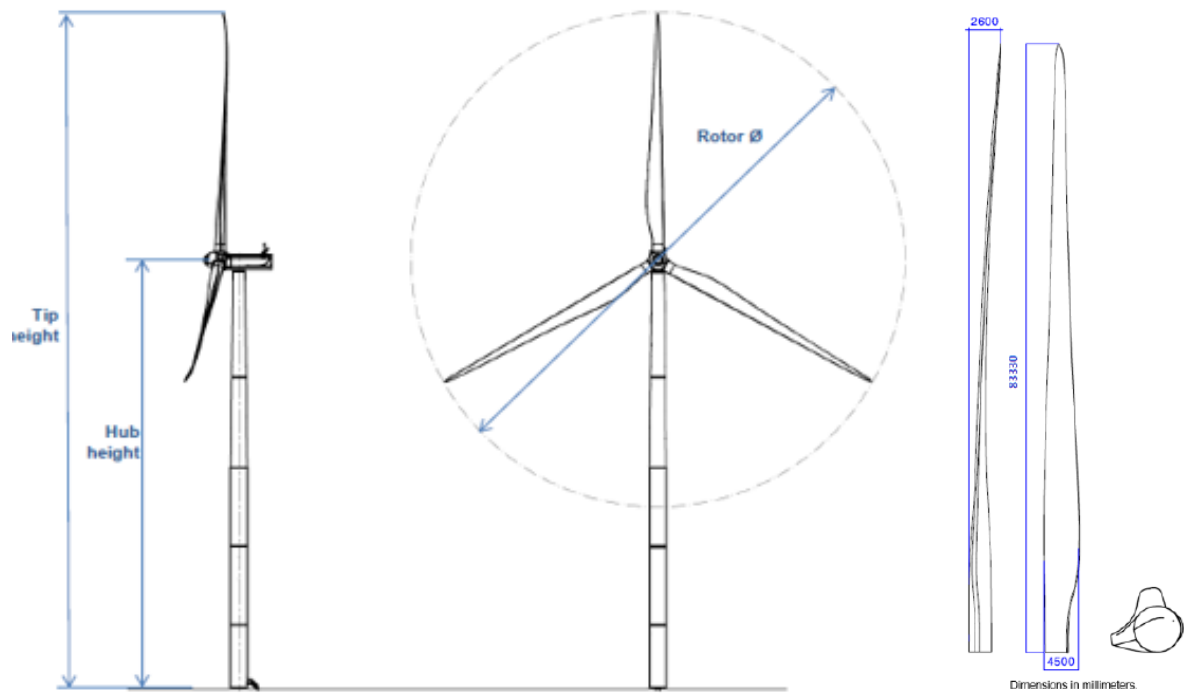
L'aerogeneratore SIEMENS GAMESA SG 6.0-170 o similare è equipaggiato con un rotore di 170 m circa di diametro costituito di tre pale ed un mozzo. Le pale sono controllate per mezzo di un microprocessore nel sistema del controllo del passo. Basandosi sulle prevalenti condizioni del vento, le pale sono continuamente posizionate per ottimizzare l'angolo di passo.

*Tabella 3.1: Caratteristiche WTG*

MODELLO AEROGENERATORE	SIEMENS GAMESA SG 6.0-170
Potenza Nominale Aerogeneratore	6 MW
Diametro massimo rotore	170 m
Altezza totale	200 m
Area spazzata	22698 mq
Altezza al mozzo	115 m
Numero di pale	3

*Tabella 3.2: Caratteristiche geometriche e funzionali dell'aerogeneratore di progetto*

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E FUNZIONALI AEROGENERATORE DI PROGETTO	
Modello	SIEMENS GAMESA SG 6.0-170 – 6MW
Potenza Nominale	6 MW (6000kW)
N. Pale	3
Tipologia Rotore	Tubolare
Diametro Rotore	170 m
Altezza al mozzo	115 m
Altezza massima dal piano di appoggio (alla punta della pala)	200 m
Area spazzata	22698 mq
Velocità vento di avvio	3,0 m/s
Velocità vento nominale	11 m/s
Velocità vento di stacco	25 m/s
Temperatura di funzionamento	- 40° + 50°



Tip height=200m; hub height=115m; rotor diameter=170m; blade length=83.33m

Figura 3.1 - Struttura aerogeneratore

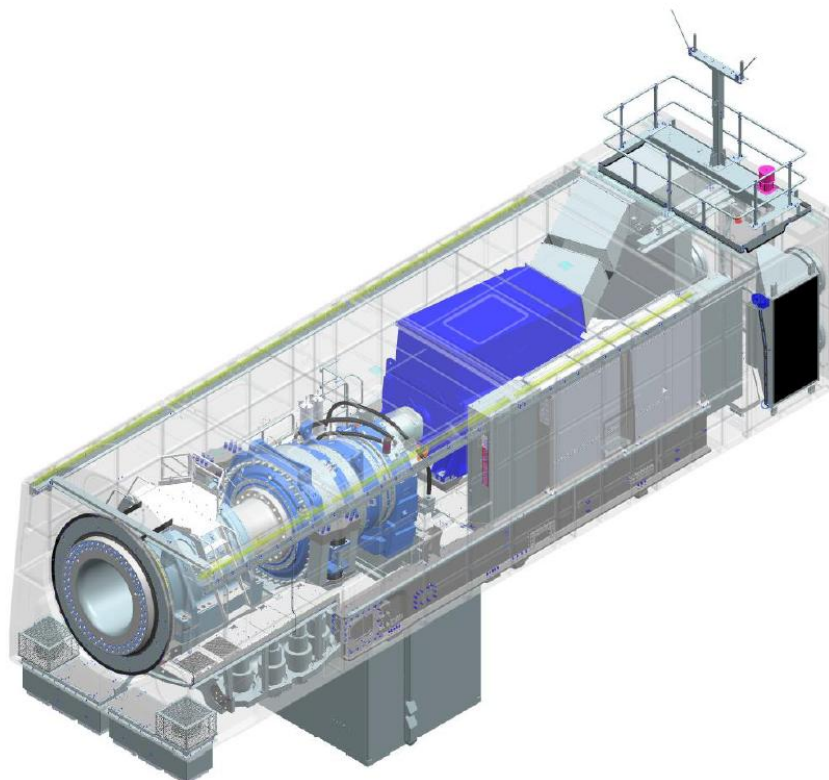


Figura 3.2 - Struttura navicella

All'interno della navicella sono alloggiati l'albero di trasmissione lento, il moltiplicatore di giri, l'albero veloce, il generatore elettrico ed i dispositivi ausiliari. All'estremità dell'albero lento, corrispondente



all'estremo anteriore della navicella, è fissato il rotore costituito da un mozzo sul quale sono montate le pale, costituite in fibra di vetro rinforzata. 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); inoltre è dotata di un sistema di controllo del passo che, in corrispondenza di alta velocità del vento, mantiene la produzione di energia al suo valore nominale indipendentemente dalla temperatura e dalla densità dell'aria; in corrispondenza invece di bassa velocità del vento, il sistema a passo variabile e quello di controllo ottimizzano la produzione di energia scegliendo la combinazione ottimale tra velocità del rotore e angolo di orientamento delle pale in modo da avere massimo rendimento. Il funzionamento dell'aerogeneratore è continuamente monitorato e controllato da un'unità a microprocessore.

Da un punto di vista elettrico schematicamente l'aerogeneratore è composto da:

- generatore elettrico;
- interruttore di macchina BT;
- trasformatore di potenza MT/BT;
- cavo MT di potenza;
- quadro elettrico di protezione MT;
- servizi ausiliari;
- rete di terra.

Il generatore produce corrente elettrica in bassa tensione (BT) che viene innalzata a 30 kV (MT) da un trasformatore posto internamente alla navicella.

Infine, gli aerogeneratori saranno equipaggiati con un sistema di segnalazione notturna con luce rossa intermittente posizionato sulla sommità posteriore navicella dell'aerogeneratore, mentre la segnalazione diurna verrà garantita da una verniciatura della parte estrema delle pale con tre bande di colore rosso ciascuna di 6 m. L'ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile) potrà fornire eventuali prescrizioni concernenti la colorazione delle strutture o la segnaletica luminosa, diverse o in aggiunta rispetto a quelle precedentemente descritte.

### **3.2. Linee elettriche di impianto**

L'energia prodotta dai singoli aerogeneratori del parco eolico verrà trasportata verso la stazione elettrica di connessione per poi essere immessa nella RTN a livello di tensione 30 kV.

I collegamenti tra il parco eolico e la stazione elettrica di connessione, avverranno tramite linee elettriche interrato esercite a 30 kV, ubicate sfruttando per quanto possibile la rete stradale esistente ovvero lungo la rete viaria da adeguare/realizzare ex novo nell'ambito del presente progetto.

La rete elettrica 30 kV sarà realizzata con posa completamente interrata allo scopo di ridurre l'impatto della stessa sull'ambiente, assicurando il massimo dell'affidabilità e della economia di esercizio.

Il tracciato planimetrico della rete, lo schema unifilare dove sono evidenziate la lunghezza e la sezione corrispondente di ciascuna terna di cavo e la modalità e le caratteristiche di posa interrata sono mostrate nelle tavole del progetto allegate.

Per il collegamento degli aerogeneratori si prevede la realizzazione di linee a 30 kV a mezzo di collegamenti del tipo "entra-esce".

I cavi verranno posati ad una profondità di circa 100 cm, con protezione meccanica supplementare il CLS (magrone) e nastro segnalatore.

I cavi verranno posati in una trincea scavata a sezione obbligatoria che avrà una larghezza variabile tra 100 e 300 cm. La sezione di posa dei cavi sarà variabile a seconda della loro ubicazione in sede stradale o in terreno.

Nella stessa trincea verranno posati i cavi di energia, la fibra ottica necessaria per la comunicazione e la corda di rame della rete equipotenziale.

Dove necessario si dovrà provvedere alla posa indiretta dei cavi in tubi, condotti o cavedi.

La posa dei cavi si articolerà nelle seguenti attività:

- scavo a sezione obbligata della larghezza e della profondità precedentemente menzionate;
- stesura di un primo strato di sabbia (circa 10 cm);
- posa del cavo di potenza e del dispersore di terra;
- posa del tritubo contenente il cavo in fibre ottiche;
- stesura di un secondo strato di sabbia vagliata (circa 10 cm);
- posa di protezione meccanica realizzata con strato di magrone dello spessore di 5 cm;
- rinterro parziale con materiale proveniente dagli scavi con inframezzato nastri segnalatori;
- posa del pacchetto di rifinitura in funzione della tipologia della superficie;
- apposizione di paletti di segnalazione presenza cavo ove richiesto.

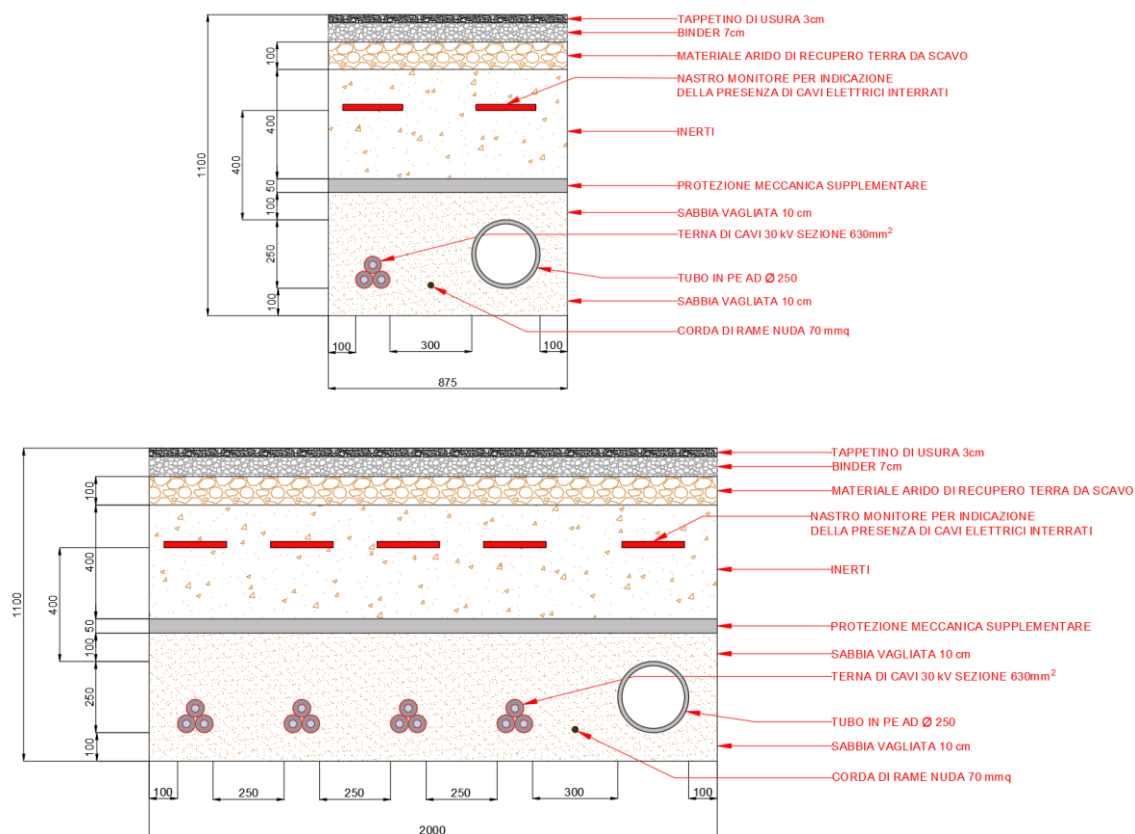


Figura 3.3 - Sezione scavi tipo posa cavidotti

### 3.3. Stazione di condivisione

In base alla soluzione di connessione del gestore della rete (STMG TERNA/P20220030423 del 08/04/2022), l'impianto sarà collegato, mediante una sottostazione MT/AT utente, in antenna a 150 kV con la nuova stazione di Terna S.p.A. da realizzare nel Comune di Viterbo in località Piscinale. La connessione in antenna avverrà mediante raccordo in cavo aereo AT tra lo stallo in sottostazione MT/AT e lo stallo di arrivo in stazione RTN.



Come da richieste del gestore, per l'ottimizzazione dell'uso delle infrastrutture di rete, lo stallo di arrivo Terna sarà condiviso tra diversi Produttori così come la Stazione MT/AT Utente.

Per il collegamento degli aerogeneratori alla stazione di condizione utente è prevista la realizzazione delle seguenti opere:

- Stallo AT 150 kV che si attesta alla sbarra di condivisione 150 kV e che comprenderà tutti gli apparati di sezionamento, interruzione e misura utili alla connessione dell'impianto.
- Trasformatore AT/MT 50/60 MVA ONAN/ONAF 150/30 kV
- Cabina generale di connessione con all'interno tutti gli apparati di sezionamento misura e interruzione lato 30 kV e tutti gli apparati di controllo del parco eolico.
- Cavidotto MT, composto da 4 linee provenienti ciascuna da un sottocampo del parco eolico, esercito a 30 kV, per il collegamento elettrico degli aerogeneratori con la suddetta sottostazione di trasformazione AT/MT. I cavidotti saranno installati all'interno di scavi in trincea (vedi paragrafo precedente) principalmente lungo la viabilità esistente e lungo le piste nuova realizzazione a servizio del parco eolico.
- Rete di monitoraggio in fibra ottica per il controllo della rete elettrica e dell'impianto eolico mediante trasmissione dati via modem o satellitare.

Partendo dalle condizioni al contorno individuate nel paragrafo, si sono studiate le caratteristiche dell'impianto elettrico con l'obiettivo di rendere funzionale e flessibile l'intero parco eolico, gli aerogeneratori sono stati collegati con soluzione "entra-esce" raggruppandoli anche in funzione del percorso dell'elettrodotto, contenendo le perdite ed ottimizzando la scelta delle sezioni dei cavi stessi. I percorsi delle linee, illustrati negli elaborati grafici, potranno essere meglio definiti in fase costruttiva.

All'atto dell'esecuzione dei lavori, i percorsi delle linee elettriche saranno accuratamente verificati e definiti in modo da:

- evitare interferenze con strutture, altri impianti ed effetti di qualunque genere;
- evitare curve inutili e percorsi tortuosi;
- assicurare una facile posa o infilaggio del cavo;
- effettuare una posa ordinata e ripristinare la condizione ante-operam.

La rete elettrica a 30 kV interrata assicurerà il collegamento dei trasformatori di torre degli aerogeneratori alla sottostazione. Si possono pertanto identificare 4 sottocampi costituiti da linee che collegano i quadri MT delle torri in configurazione entra/esce;

Ciascuna delle suddette linee provvede, con un percorso interrato, al trasporto dell'energia prodotta dalla relativa sezione del parco fino all'ingresso del quadro elettrico di raccolta, punto di partenza della linea elettrica di vettoriamento alla sottostazione di trasformazione MT/AT di Stornara.

Il percorso di ciascuna linea della rete di raccolta è stato individuato sulla base dei seguenti criteri:

- minima distanza;
- massimo sfruttamento degli scavi delle infrastrutture di collegamento da realizzare;
- migliore condizione di posa (ossia, in presenza di forti dislivelli tra i due lati della strada, contenendo, comunque, il numero di attraversamenti, si è cercato di evitare la posa dei cavi elettrici dal lato più soggetto a frane e smottamenti).

Per le reti MT non è previsto alcun passaggio aereo.

### **3.4. Cabina di connessione**

È stato ipotizzato il posizionamento della cabina di connessione all'interno della stazione Terna lato utente di riferimento; a valle della ricezione della soluzione di connessione tale posizionamento potrebbe subire delle variazioni. All'interno della cabina di connessione, esercita ad un livello di tensione 30 kV, saranno presenti i quadri a 30 kV, a 0,4 kV e a bassissima tensione, necessari per il

trasporto dell'energia prodotta nonché per l'alimentazione dei carichi ausiliari dell'impianto. La configurazione del quadro all'interno della cabina sarà a semplice sistema di sbarre.

Di seguito si riporta l'allestimento tipo per la cabina di connessione:

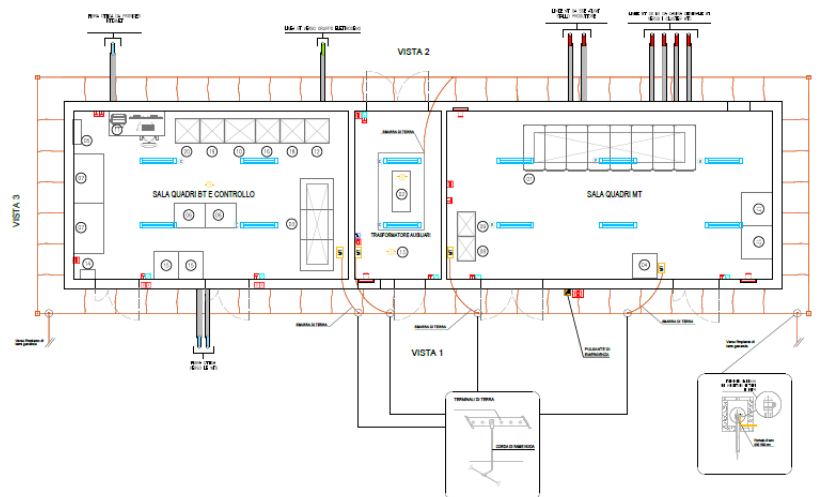


Figura 3.4: Allestimento tipo cabina di connessione

All'interno della cabina di connessione oltre alla sala quadri 30 kV sarà inoltre presente un locale contatori, una sala controllo (con presenza di personale inferiore alle 4 ore/giorno) e un locale dedicato al trasformatore ausiliari di cabina.

### 3.5. Quadri 30 kV

All'interno della cabina di connessione 30 kV verranno allocati n°1 Quadri direttamente connessi allo stallo di connessione 150/300 kV in stazione Terna, in conformità sia con le specifiche del Codice di Rete, sia con le specifiche che il gestore di rete dedicherà all'impianto eolico.

Indicativamente il quadro 30 kV sarà così configurato:

- N°1 scomparto di arrivo
- N°1 scomparto dedicato alle misure, al Dispositivo Generale (DG) e al Dispositivo di Interfaccia (DI) avente la funzione di apparecchiatura di manovra e protezione la cui apertura determina la separazione dal generatore della rete.
- N°1 scomparti dedicato all'alimentazione del trasformatore per i servizi ausiliari
- N°4 rami destinati alle WTG
- N°1 scomparto riserva

Al suo interno dovranno essere presenti i TA ed i TV (con tensione di isolamento adeguata) per la lettura fiscale dell'energia prodotta nonché il relativo contatore fiscale MID; i dispositivi di protezione abbinati agli interruttori di protezione installati nella cabina di connessione dovrà colloquiare con le protezioni presenti lato stazione elettrica Terna. Nei particolari il Quadro con tensione di isolamento fino a 30 kV, sarà costruito secondo le disposizioni indicate nella Specifica Tecnica dedicata.

### 3.6. Cavi di potenza

La connessione delle apparecchiature relative al campo eolico avverrà tramite linee in cavo a 18/30 kV e 0,4/1 kV. Le linee 30 kV saranno direttamente interrate oppure posate entro cavidotto.



### **3.7. Rete di terra**

Gli impianti di terra saranno progettati tenendo in considerazione i seguenti criteri:

- *Avere sufficiente resistenza meccanica e resistenza alla corrosione*
- *Essere in grado di sopportare, da un punto di vista termico, le più elevate correnti di guasti prevedibili*
- *Evitare danno ai componenti elettrici ed ai beni*
- *Garantire la sicurezza delle persone contro le tensioni che si manifestano sugli impianti di terra per effetto delle correnti di guasto a terra.*

Il trasformatore elevatore avrà l'avvolgimento primario lato bassa collegato a stella con il centro stella posto a terra e collegato con lo stesso impianto di messa a terra della turbina eolica; mentre il secondario lato 30 kV sarà con avvolgimento a triangolo con neutro isolato da terra.

Una parte fondamentale del sistema di messa a terra della singola turbina eolica è la barra principale di messa a terra, posta all'interno del generatore in prossimità dell'ingresso cavi. Tutti i dispersori faranno capo a questa barra principale garantendo collegamenti equipotenziali.

### **3.8. Connessione**

L'impianto dovrà essere connesso nel rispetto di quanto indicato dalla CEI 0-16 ed in particolare:

- *Il parallelo non dovrà causare perturbazioni alla continuità ed alla qualità del servizio della rete pubblica per preservare il livello del servizio per gli utenti connessi; in caso contrario la connessione si deve interrompere automaticamente e tempestivamente.*
- *L'impianto di produzione non dovrà connettersi o la connessione in regime di parallelo dovrà interrompersi immediatamente ed automaticamente in assenza di alimentazione dalla rete di distribuzione o qualora i valori di tensione e frequenza della rete stessa non siano entro i valori consentiti.*

### **3.9. Sistema scada**

Tutti i componenti dell'impianto eolico saranno predisposti per comunicare con un sistema SCADA in modo da rendere possibile la eventuale gestione remota dell'impianto eolico da parte del Gestore della Rete Nazionale e/o del gestore locale dell'impianto il tutto attraverso il controllo dei parametri rilevanti dell'impianto (potenza attiva/reattiva, tensione, frequenza, fattore di potenza, performance di produzione e tele-distacco).

Tutti i parametri rilevanti dell'impianto eolico saranno continuamente monitorati da un sistema dedicato, compatibile con tutte le altre apparecchiature e, in caso di guasto di un componente, la porzione di impianto verrà isolata automaticamente dalle protezioni e sarà segnalato su un sistema HMI, sia localmente che remoto.

Ogni funzione dell'aerogeneratore verrà monitorata e controllata in tempo reale attraverso un sistema di controllo dedicato, basato su architettura SCADA-RTU in conformità alle specifiche della piramide CIM che si estenderà sull'intero parco eolico.

Oltre a queste funzioni base lo SCADA si occuperà della gestione degli allarmi e la valutazione della non perfetta funzionalità dell'impianto in base agli scostamenti rilevati tra producibilità teorica ed effettiva.

### **3.10. Cavi di controllo e TLC**

Sia per le connessioni dei dispositivi di montaggio che di security verranno utilizzati prevalentemente due tipologie di cavo:



- *Cavi in rame multipolari / twistati e non*
- *Cavi in fibra ottica*

I primi verranno utilizzati, data la loro versatilità, per consentire la comunicazione su brevi distanze; mentre la fibra verrà utilizzata per superare il limite fisico della distanza di trasmissione dei cavi in rame, quindi comunicazione su grandi distanze, e nel caso in cui sia necessaria una elevata banda passante con nel caso di invio di dati.

### **3.11. Monitoraggio ambientale**

Il sistema di monitoraggio ambientale avrà il compito di misurare i dati climatici ed i dati di ventosità sull'impianto eolico, dove la ventosità è da considerarsi come parametro fondamentale per la quantizzazione dell'energia eolica.

I parametri rilevati puntualmente della stazione di monitoraggio ambientale di campo saranno inviati al sistema di producibilità teorica, parametro fondamentale per il calcolo delle performance dell'impianto eolico.

Infine tutti i dati monitorati saranno gestiti ed archiviati da un sistema SCADA. I dati climatici da rilevare principalmente sono:

- *Dati ambientali*
- *Velocità del vento*
- *Direzione del vento*

Le misure attinenti al vento saranno effettuate mediante l'utilizzo di anemometri.





Tabella 3.3: Tabella cavi 30 kV

CLUSTER	RAMO DI ALIMENTAZIONE	COLLEGAMENTO DA:	COLLEGAMENTO A:	POTENZA	FORMAZIONE	LUNGHEZZA LINEA	LIVELLO DI TENSIONE	CORRENTE DI IMPIEGO IB (PF 0.85)	PORTATA IZ DECLASSATA	CADUTA DI TENSIONE TOTALE LATO IMPIANTO (IB)	TIPO DI POSA	ISOLAMENTO	DESIGNAZIONE CAVO	MATERIALE CONDUTTORE	TEMPERATURA DI PROGETTO	FATTORE DI DECLASSAMENTO IN PORTATA
				[kW]	[mm <sup>2</sup> ]	[m]		[A]	[A]	[%]					[°C]	
1	RAMO 1 CLUSTER 1	STAZIONE ELETTRICA DI CONDIVISIONE MT/AT	WTG B02	6000	3x(1x300)	31000	30 kV	135.85	421,4	2,73	Posa interrata	HEPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30	0,89
2	RAMO 2 CLUSTER 2	STAZIONE ELETTRICA DI CONDIVISIONE MT/AT	WTG B03	12000	3x(1x630)	29600	30 kV	271.70	630,3	2,57	Posa interrata	HEPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30	0,89
3	RAMO 2 CLUSTER 2	WTG B03	WTG B01	6000	3x(1x630)	2300	30 kV	135.85	630,3	2,70	Posa interrata	HEPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30	0,89
4	RAMO 3 CLUSTER 3	STAZIONE ELETTRICA DI CONDIVISIONE MT/AT	WTG B05	12000	3x(1x630)	23400	30 kV	271.70	630,3	2,07	Posa interrata	HEPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30	0,89
5	RAMO CLUSTER 3	WTG B05	WTG B04	6000	3x(1x630)	1500	30 kV	135.85	630,3	2,15	Posa interrata	HEPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30	0,89
6	RAMO CLUSTER 4	STAZIONE ELETTRICA DI CONDIVISIONE MT/AT	WTG B07	12000	3x(1x630)	21200	30 kV	271.70	630,3	1,87	Posa interrata	HEPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30	0,89
7	RAMO CLUSTER 4	WTG B07	WTG B06	6000	3x(1x300)	2300	30 kV	135.85	630,3	1,98	Posa interrata	HEPR	ARG7H1RNR 18/30 kV	ALLUMINIO	30	0,89



### **3.12. Trasformatori**

Tutti i trasformatori all'interno delle WTG di impianto saranno regolati e azionati secondo una logica di avviamento e funzionamento che limiti le correnti di energizzazione e che consenta una corretta regolazione delle protezioni.

All'interno dell'impianto saranno presenti i trasformatori abbinati alle WTG in progetto; saranno inoltre presenti i trasformatori per l'alimentazione dei carichi ausiliari di impianto. Di seguito un elenco dei trasformatori in progetto:

- Trasformatore elevatore 0,69/30 kV 7200 kVA (DYn11) utilizzato nelle WTG;
- Trasformatore 30/0.4 kV 160 kVA (DYn11) per l'alimentazione dei carichi ausiliari BT;
- Trasformatore 30/150 kV (YnD11) con potenza nominale 50/60 MVA.

I trasformatori MT/BT saranno raffreddati a secco con avvolgimenti inglobati in resina epossidica e saranno autoestinguenti, resistenti alle variazioni climatiche e resistenti all'inquinamento atmosferico e all'umidità.



#### 4. RIFERIMENTI NORMATIVI

I principali riferimenti normativi vengono riportati nella tabella che segue:

Tabella 4.1 - Riferimenti normativi

RIFERIMENTI NORMATIVI

L. n. 36 del 22.02.2001	Legge Quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.
D.P.C.M. 08.07.2003	Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti
Raccomandazione del Consiglio dell'Unione europea del 12 luglio 1999, pubblicata nella G.U.C.E. n. 199 del 30 luglio 1999	Limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0Hz a 300Ghz
Decreto Min. Amb. 29.05.2008	Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica
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.
CEI 11-60	Portata al limite termico delle linee elettriche esterne con tensione maggiore di 100kV
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
ENEL - 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
Linee guida ICNIRP	Linee guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ed a campi elettromagnetici (fino a 300 GHz)
Circolare del Ministero dell'Ambiente del 15/11/2004	la Protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. Determinazione fasce di rispetto



La Legge Quadro ha demandato la definizione dei limiti di esposizione per la popolazione al decreto attuativo DPCM 8 luglio 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”.

Tabella 4.2: Limiti di esposizione – DPCM 8 Luglio 2003

<b>Tabella 1: Limiti di esposizione – DPCM 8 luglio 2003</b>		
	Intensità di campo elettrico E (kV/m)	Induzione Magnetica B ( $\mu$ T)
Limite di esposizione * (da non superare mai)	5 ***	100
Valore di attenzione ** (da non superare in ambienti abitativi e comunque nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore)	-	10
Obiettivo di qualità ** (da non superare per i nuovi elettrodotti o le nuove abitazioni in prossimità di elettrodotti esistenti)	-	3
Note: * Valori efficaci ** Mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio *** Il campo elettrico al suolo in prossimità di elettrodotti a tensione uguale o inferiore a 150 kV, come da misure e valutazioni, non supera mai il limite di esposizione per la popolazione di 5 kV/m.		

Come indicato dalla Legge 36/2001, il limite di esposizione non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione, mentre il valore di attenzione e l'obiettivo di qualità si intendono riferiti alla mediana giornaliera dei valori in condizioni di normale esercizio.

Inoltre, il valore di attenzione 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.

Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/2001 (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 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 suddetta 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): 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 di DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

Detta DPA, nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ 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.



## 5. DEFINIZIONI

### Campo magnetico

Il campo magnetico può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di corrente elettrica o di massa magnetica.

Tale perturbazione si può verificare constatando che ponendo in tale regione spaziale un corpo magnetizzato, questo risulta soggetto ad una forza. L'unità di misura del campo magnetico è l'A/m.

L'induzione magnetica è una grandezza vettoriale (B) che determina una forza agente sulle cariche in movimento ed è espressa in tesla (T). Nello spazio libero e nei materiali biologici l'induzione magnetica e l'intensità del campo magnetico si ricavano in base all'equazione:  $1A/m = 4\pi \cdot 10^{-7} T$ .

### Campo elettrico

Il campo elettrico può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di carica elettrica. Tale perturbazione si può verificare constatando che ponendo in tale regione spaziale una carica elettrica, questa risulta soggetta ad una forza. L'unità di misura del campo elettrico è il V/m.

### Campo elettromagnetico

Un campo elettrico variabile nel tempo genera, in direzione perpendicolare a sé stesso, un campo magnetico pure variabile che, a sua volta, influisce sul campo elettrico stesso. Questi campi concatenati determinano nello spazio la propagazione di un campo elettromagnetico. È importante la distinzione tra campo vicino e campo lontano. La differenza consiste essenzialmente nel fatto che in prossimità della sorgente irradiante, cioè in condizioni di campo vicino, il campo elettrico ed il campo magnetico assumono rapporti variabili con la distanza, mentre ad una certa distanza, cioè in campo lontano, il rapporto tra campo elettrico e campo magnetico rimane costante.

### ELF

È la terminologia anglosassone per definire i campi elettromagnetici a frequenze estremamente basse, comprese tra 30 Hz e 300 Hz.

L'esposizione a campi ELF dovuta ad una determinata sorgente è valutabile misurando separatamente l'entità del campo elettrico e del campo magnetico. Questo perché alle frequenze estremamente basse, le caratteristiche fisiche dei campi sono più simili a quelle dei campi statici, piuttosto che a quelle dei campi elettromagnetici veri e propri. I campi ELF sono quindi caratterizzati da due entità distinte: il campo elettrico, generato dalla presenza di cariche elettriche o tensioni, ed il campo magnetico, generato invece dalle correnti elettriche.

### Intensità di corrente (J).

È definita come il flusso di corrente attraverso una sezione unitaria perpendicolare alla sua direzione in un volume conduttore quale il corpo umano o una sua parte. È espressa in ampere per metro quadro (A/m<sup>2</sup>).

### Intensità di campo elettrico

È una grandezza vettoriale (E) che corrisponde alla forza esercitata su una particella carica indipendentemente dal suo movimento nello spazio. È espressa in Volt per metro (V/m).

### Intensità di campo magnetico

È una grandezza vettoriale (H) che, assieme all'induzione magnetica, specifica un campo magnetico in qualunque punto dello spazio. È espressa in Ampere per metro (A/m).

### Induzione magnetica

È una grandezza vettoriale (B) che determina una forza agente sulle cariche in movimento. È espressa in Tesla (T). Nello spazio libero e nei materiali biologici l'induzione magnetica e l'intensità del campo magnetico sono legate dall'equazione  $1A \cdot m^{-1} = 4\pi \cdot 10^{-7} T$ .



### **Densità di potenza (S).**

Questa grandezza si impiega nel caso delle frequenze molto alte, per le quali la profondità di penetrazione nel corpo è modesta. Si tratta della potenza radiante incidente perpendicolarmente a una superficie, divisa per l'area della superficie in questione ed è espressa in watt per metro quadro (W/m<sup>2</sup>).

### **Assorbimento specifico di energia (SA).**

Si definisce mediante l'energia assorbita per unità di massa di tessuto biologico e si esprime in joule per chilogrammo (J/kg). Nella presente raccomandazione il termine si impiega per limitare gli effetti non termici derivanti da esposizioni a microonde pulsate.

### **Tasso di assorbimento specifico di energia (SAR).**

Si tratta del valore mediato su tutto il corpo o su alcune parti di esso, del tasso di assorbimento di energia per unità di massa del tessuto corporeo ed è espresso in watt per chilogrammo (W/kg). Il SAR riferito a tutto il corpo è una misura ampiamente accettata per porre in rapporto gli effetti termici nocivi all'esposizione a RF. Oltre al valore del SAR mediato su tutto il corpo, sono necessari anche valori locali del SAR per valutare e limitare la deposizione eccessiva di energia in parti piccole del corpo conseguenti a speciali condizioni di esposizione, quali ad esempio il caso di un individuo in contatto con la terra, esposto a RF nella gamma inferiore di MHz e di individui esposti nel campo vicino di un'antenna.

### **Linea**

Le linee corrispondono ai collegamenti con conduttori elettrici aerei o in cavo, delimitati da organi di manovra, che permettono di unire due o più impianti allo stesso livello di tensione. Le linee a tre o a più estremi sono sempre definite come più tronchi di linea a due stremi. Gli organi di manovra connettono tra loro componenti delle reti (es. interruttori, sezionatori, ecc.) e permettono di interrompere il passaggio di corrente.

### **Elettrodotto**

È l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione;

### **Tronco**

I tronchi di linea corrispondono ai collegamenti metallici che permettono di unire fra loro due impianti gestiti allo stesso livello di tensione (compresi gli allacciamenti). Si definisce tronco fittizio il tronco che unisce due impianti adiacenti.

### **Tratta**

La tratta è una porzione di tronco di linea, composto da una sequenza di campate contigue, avente caratteristiche omogenee di tipo elettrico, di tipo meccanico (es. tipologia del conduttore, configurazione spaziale dei conduttori sui tralicci, tratta singola, doppia, ammazettata, ecc.) e relative alla proprietà e appartenenza alla RTN (Rete di Trasmissione Nazionale). Ad ogni variazione delle caratteristiche si individua una nuova tratta.

### **Campata**

La campata è l'elemento minimo di una linea elettrica; è sottesa tra due sostegni o tra un sostegno e un portale (ultimo sostegno già all'interno dell'impianto).

### **Sostegni**

Il sostegno è l'elemento di supporto meccanico della linea aerea in conduttori nudi o in cavo. I sostegni, i sostegni porta terminali ed i portali possono essere costituiti da pali o tralicci.

### **Impianto**

Nell'ambito di una rete elettrica l'impianto corrisponde ad un'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 fase di destinazione. Gli impianti possono essere: Centrali di produzione, Stazioni elettriche, Cabine di trasformazione primarie e secondarie, Cabine



Utente AT. Inoltre rientrano in questa categoria anche quelle stazioni talvolta chiamate di Allacciamento.

#### **Corrente**

Valore efficace dell'intensità di corrente elettrica.

#### **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 par. 2.6 e sue successive modifiche e integrazioni.

#### **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 (secondo CEI 11-17 par. 1.2.05).

#### **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. Come prescritto dall'articolo 4, comma I lettera h della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.

#### **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 di Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

#### **Esposizione**

È la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici, o a correnti di contatto, di origine artificiale;

#### **Limite di esposizione**

È il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione. I valori limite di esposizione per la popolazione sono invece richiamati dalla Legge Quadro, e sono stati indicati con apposito decreto D.P.C.M. 08.07.2003, che prevede il rispetto dei seguenti valori: 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  $\mu$ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

#### **Valore di attenzione**

È il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge;

#### **Obiettivi di qualità**

Sono i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali secondo le competenze definite dall'articolo 8 della L. 36/2001; sono anche i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato secondo le previsioni di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a) della medesima legge, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi;



### Limiti di base

Le limitazioni all'esposizione ai campi elettrici magnetici ed elettro-magnetici variabili nel tempo, che si fondano direttamente su effetti accertati sulla salute e su considerazioni di ordine biologico, sono denominate «limiti di base». In base alla frequenza del campo, le quantità fisiche impiegate per specificare tali limitazioni sono: la densità di flusso magnetico (B), la densità di corrente (J), il tasso di assorbimento specifico di energia (SAR), e la densità di potenza (S). La densità di flusso magnetico e la densità di potenza negli individui esposti possono essere misurate rapidamente.

### Livelli di riferimento.

Questi livelli sono indicati a fini pratici di valutazione dell'esposizione in modo da determinare se siano probabili eventuali superamenti dei limiti di base. Alcuni livelli di riferimento sono derivati dai limiti di base fondamentali attraverso misurazioni e/o tecniche informatiche e alcuni livelli di riferimento si riferiscono alla percezione e agli effetti nocivi indiretti dell'esposizione ai campi elettromagnetici. Le quantità derivate sono: l'intensità di campo elettrico (E), l'intensità di campo magnetico (H), la densità del flusso magnetico (B), la densità di potenza (S) e la corrente su un arto ( $I_L$ ). Le grandezze che si riferiscono alla percezione e agli altri effetti indiretti sono la corrente (di contatto) ( $I_c$ ) e, per i campi pulsati, l'assorbimento specifico di energia (SA). In qualunque situazione particolare di esposizione, i valori misurati o calcolati di una delle quantità sopra citate possono essere raffrontati al livello di riferimento appropriato. L'osservanza del livello di riferimento garantirà il rispetto delle restrizioni fondamentali corrispondenti. Se il valore misurato supera il livello di riferimento, non ne consegue necessariamente che sia superata la restrizione fondamentale. In tali circostanze, tuttavia, vi è la necessità di definire se il limite di base sia o meno rispettato.





## 6. CALCOLO DELLE DPA

Si è proceduto al calcolo della Distanze di Prima Approssimazione (DPA) per gli elementi costituenti il parco eolico possibili fonti di inquinamento elettromagnetico:

- Linee elettriche di impianto,
- Cabina di connessione
- WTG di impianto

Gli elementi sopra descritti sono tutti caratterizzati da una tensione nominale di 30 kV in AC (a frequenza 50 Hz). Tale valutazione si riferisce esclusivamente alla fase di esercizio dell'impianto in quanto durante la realizzazione e dismissione i campi daranno nulli data l'assenza di tensione nei circuiti.

### 6.1. Valutazione preliminare delle DPA per la stazione elettrica d'utenza e la linea AT di connessione

Le apparecchiature previste e le geometrie della sezione AT di impianto sono analoghe a quelle di altri impianti già in funzione; ai fini della valutazione preliminare dei campi elettromagnetici generati all'interno di tale sezione, si è fatto riferimento a verifiche sperimentali effettuate al suolo su impianti analoghi a quello in oggetto, nelle diverse condizioni di esercizio. Nelle opere previste in progetto non è necessaria la realizzazione di nuovi elettrodotti in AT in quanto la SSE utente oggi in esercizio ed oggetto di ampliamento risulta già connessa in AT con elettrodotto esistente e già in esercizio. I valori di campo magnetico al suolo sono massimi in corrispondenza dei passaggi cavo e variano in funzione delle correnti in esercizio. Sempre secondo la valutazione preliminare effettuata, i valori di induzione magnetica all'interno dell'area di sottostazione saranno massimi in corrispondenza delle apparecchiature AT ma notevolmente ridotti ed ampiamente sotto i limiti di legge in corrispondenza della recinzione. Il valore di campo elettrico per la sezione AT è stato valutato esclusivamente per le apparecchiature esterne di sottostazione; il campo generato dal cavo AT risulta annullato dal rivestimento schermante contro le interferenze elettrostatiche/elettromagnetiche interne ed esterne al cavo stesso. I valori di campo al suolo all'interno dell'area di sottostazione risultano massimi in corrispondenza delle apparecchiature AT 150 kV ma al di sotto del valore limite di esposizione al di fuori dell'area recintata. Data la tipologia della stazione, ovvero all'interno del sito e in prossimità, non si rilevano recettori sensibili stabili.

In merito alla valutazione preliminare delle DPA per la stazione elettrica d'utenza si è fatto riferimento alla cabina di connessione situata in prossimità di un lato del lotto. Si considera la distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della cabina stessa in quanto le stesse al loro interno non sono considerate luogo di lavoro stabile ma occupato dal personale tecnico in modo saltuario per una durata giornaliera inferiore alle 4 ore o durante i momenti in cui la tensione è assente.

La DPA è stata valutata impiegando la formula semplificata indicata nell'Allegato al Decreto 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti". La DPA va quindi calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale in bassa tensione in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (x) mediante la seguente formula di calcolo:

$$Dpa = 0.40942 * x^{0.5241} * \sqrt{I}$$

Per la cabina di connessione 30 kV la DPA da considerare è quella relativa alle linee elettriche entranti/uscenti dalla stessa.



Per tale cabina è stato preso come riferimento un diametro equivalente del cavo pari a 227,65 mm e una corrente a 30 kV massima pari a circa 810 A; la corrispondente DPA sarà pertanto pari a circa 5,36 m dal punto di proiezione dell'elettrodotto sul piano di calpestio. Pertanto si introduce lungo il tracciato degli elettrodotti una fascia di rispetto di raggio pari a circa 5,5 m (arrotondamento al mezzo metro successivo), oltre la quale è garantito l'obiettivo di qualità di induzione magnetica inferiore ai 3  $\mu$ T. All'interno della fascia introdotta dalla DPA intorno alla cabina di connessione non si rilevano presenti recettori sensibili e non è in alcun modo prevista la presenza di personale per un periodo superiore alla 4 ore giornaliere.

## 6.2. Calcolo della DPA per la linea 30 kV

Nella tabella a pagina 17 sono riepilogate le linee elettriche descritte per tipologia di posa, formazione, designazione e corrente nominale di impianto quali elementi considerati nella verifica delle DPA. Le linee considerate saranno esclusivamente quelle di connessione tra WTG caratterizzate da corrente AC poste a valle della cabina di connessione; pertanto il calcolo delle DPA farà riferimento al tratto per la connessione di quest'ultima alla WTG 07, tratto caratterizzato da una corrente maggiore di circa 810 A.

La stima delle DPA per le linee a 30 kV è stata valutata secondo il DM 29 maggio 2008 preliminarmente attraverso l'utilizzo del metodo semplificato riportato al paragrafo 6.2 della norma CEI 106-11.

Le premesse al calcolo sono:

- La corrente considerata è quella massima di erogazione dell'impianto eolico alla tensione di esercizio nominale
- La profondità di posa (d) è quella di progetto 1 m
- Le correnti si considerano equilibrate tra loro

Di seguito si riportano i risultati del calcolo delle DPA dei tratti considerati con i vari modelli, quali attraversati dalla maggior intensità di corrente e pertanto rappresentativi di tutte le linee elettriche a 30 kV presenti all'interno del parco eolico.

Il metodo semplificato per il calcolo dell'induzione magnetica per linee in cavo interrato a semplice terna, riportato al paragrafo 6.2.3 della norma CEI 106-11, prevede l'utilizzo della seguente relazione (specifica per cavi interrati a trifoglio):

$$B = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} \quad [\mu T]$$

Da tale formula si ricava il valore della distanza per la quale è garantita un'induzione magnetica inferiore ai 3  $\mu$ T che coincide con l'obiettivo di qualità imposto dalla norma per gli effetti a lungo termine:

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

Per cavi interrati il valore del raggio a induzione magnetica costante pari a 3  $\mu$ T calcolato al livello del suolo è pari a:

$$R_0 = \sqrt{0,082 \cdot S \cdot I - d^2} \quad [m]$$



COLLEGAMENTO DA	COLLEGAMENTO A	TENSIONE NOMINALE [KV]	DISTANZA TRA LE FASI [MM]	PROFONDITÀ DEI CAVI DAL PIANO DI CALPESTIO [M]	INTENSITÀ DI CORRENTE [A]
Cabina di connessione	WTG07	30	375	1,0	810

Tabella 6.1: Linea 30 kV maggiormente rappresentativa (4 terne in parallelo)

Nel caso in esame l'obiettivo di qualità è garantito ad una distanza di circa 4,89 m dal punto di proiezione dell'elettrodotto sul piano di calpestio.

Pertanto si introduce lungo il tracciato degli elettrodotti una fascia di rispetto di raggio pari a circa 5 m (arrotondamento al mezzo metro successivo), oltre la quale è garantito l'obiettivo di qualità di induzione magnetica inferiore ai 3  $\mu$ T.

All'interno di questa fascia, lungo tutti i tratti di linea interessati, non si rileva la presenza di recettori sensibili; pertanto è esclusa l'esposizione ai campi elettromagnetici generati.

### 6.3. Calcolo della DPA per le WTG

In merito alla valutazione della distanza di prima approssimazione all'interno dell'area di impianto eolico, trattandosi di ambiente recintato entro il quale non saranno presenti operatori per un tempo maggiore di 4 ore giornaliere, si effettuerà esclusivamente una valutazione rispetto agli elementi di impianto maggiormente critici; vale a dire Pala Eolica del ramo più caricato (il carico è pari a 12 MW) intorno alle quali, data la corrente in uscita a livello di tensione MT, si genererà una induzione magnetica superiore rispetto alle cabine finora analizzate.

La DPA è stata valutata impiegando la formula semplificata indicata nell'Allegato al Decreto 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti". La DPA va quindi calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale in bassa tensione in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (x) mediante la seguente formula di calcolo:

$$Dpa = 0.40942 * x^{0.5241} * \sqrt{I}$$

Per tale cabina è stato preso come riferimento un diametro equivalente del cavo pari a circa 120 mm e una corrente 30 kV massima pari a circa 231 A; la corrispondente DPA sarà pertanto pari a circa 2 m; oltre tale distanza dalla cabina il campo di induzione magnetica è sicuramente inferiore all'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T.

All'interno della fascia introdotta dalla DPA intorno alle WTG non si rilevano presenti recettori sensibili e non è in alcun modo prevista la presenza di personale per un periodo superiore alla 4 ore giornaliere, pertanto si esclude la possibilità che ci siano pericoli legati all'esposizione ai campi elettromagnetici.

La generazione asincrona di ogni turbina eolica alimenta un trasformatore elevatore (da 720 V a 30 kV) e degli ausiliari per il controllo e la protezione del sistema. Il trasformatore con la relativa quadristica a 30 kV fa parte dell'aerogeneratore ed è interamente installato all'interno dell'aerogeneratore stesso, sulla navicella.



Al fine di valutare l'effettiva influenza di tali macchine sulla generazione di nuovi campi magnetici, va considerato che ogni generatore elettrico è di fatto situato ad una quota di oltre 100 m rispetto al terreno, per cui il contributo all'inquinamento elettromagnetico dovuto alle componenti interne dell'aerogeneratore è del tutto trascurabile.