

caCOMMITTEN
TE

GRV Wind Sardegna 6 s.r.l.
Via Durini, 9 Tel. +39.02.5004315920122
Milano PEC:
grwindsardegna6@legalmail.it

M&M
GRV WIND SARDEGNA 6 S.R.L.

PROGETTISTI

Progettisti:
ing. Mariano Marseglia
ing. Giuseppe Federico Zingarelli

M&M ENGINEERING S.r.l.

Sede Operativa:
Via I Maggio, n.4 Tel./fax +39.0885.791912
Orta Nova (FG) Mail: ing.marianomarseglia@gmail.com

Collaborazioni:
Ing. Giovanna Scuderi
Ing. Dionisio Staffieri



REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA



PROVINCIA
SUD SARDEGNA



COMUNE SELEGAS



COMUNE GESICO



COMUNE MANDAS

PROGETTO

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DENOMINATO "PLANU SERRANTIS" COMPOSTO DA 9 AEROGENERATORI DA 6,6 MW, PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 59,4 MW SITO NEI COMUNI DI SELEGAS, GESICO E MANDAS (SU), CON OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI GUASILA, VILLANOVAFRANCA, VILLAMAR, FURTEI, SANLURI (SU)

ELABORAT
C

Titolo:

RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO

Tav./Doc.:

SIA-20

Codice elaborato:

EOL-SIA-20

Scala/Formato:

A4

0

Dicembre/2022

Prima emissione

M&M

M&M

GRVALUE

REV.

DATA

DESCRIZIONE

ELABORAZIONE

VERIFICA

APPROVAZIONE

INDICE

1. PREMESSA	3
2. NORME E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	4
3. INQUADRAMENTO NORMATIVO	5
4. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO	7
4.1 GENERALITÀ.....	7
4.2 LINEE DI DISTRIBUZIONE 36 KV	7
4.4 CABINA UTENTE 36 KV	7
Cabina Utente AT (36 KV)	7
5. METODOLOGIA DI CALCOLO MAGNETICO	9
5.1 DEFINIZIONI	9
5.2 DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE (DPA).....	9
5.3 CENNI TEORICI SUL MODELLO UTILIZZATO	9
5.4 METODO DI CALCOLO.....	10
6. METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO ELETTRICO	11
6.1 CENNI TEORICI.....	11
7. CAMPI ELETTROMAGNETICI AEROGENERATORE	12
7.1 INTERFERENZE ELETTROMAGNETICHE.....	12
7.2 CABINA TRASFORMAZIONE AT/BT	12
8. CAVIDOTTI 36 KV	13
8.1 DETERMINAZIONE DEI CAMPI MAGNETICI	13
8.2 DETERMINAZIONE DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE (DPA)	19
9. CABINA UTENTE AT (36 KV)	20
10. CONCLUSIONI	23

1. PREMESSA

La seguente relazione descrittiva è riferita al progetto per la realizzazione di un parco eolico proposto dalla società **GRV Wind Sardegna 6 s.r.l.** con sede legale a Milano, Via Durini, n. 9.

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 9 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 6,6 MW per una potenza complessiva di 59,4 MW, da realizzarsi nella Provincia del Sud Sardegna, nei territori comunali di Selegas, Gesico e Mandas in cui insistono gli aerogeneratori e parte dell'elettrodotto interrato, mentre nei territori comunali di Guasila, Villanovafranca, Villamar, Furtei, Sanluri ricade la restante parte dell'elettrodotto e la Cabina Utente.

Più in dettaglio l'impianto eolico presenta:

- 9 aerogeneratori ad asse orizzontale da 6,6 MW con l'obiettivo di realizzare una centrale di potenza complessiva pari a 59,4 MW;
- 9 cabine di trasformazione poste all'interno della torre;
- N.1 Cabina Utente 36 kV da realizzare nel Comune di Furtei prov. Sud Sardegna nei pressi del punto di connessione alla RTN. La suddetta Cabina Utente raccoglie le linee 36 kV di interconnessione al parco eolico, consentendo poi la trasmissione dell'intera potenza del parco eolico al punto di consegna mediante un collegamento in cavo interrato a 36 kV;
- Rete di cavidotti in cavo sotterraneo eserciti a 36 kV:
 - di parco per interconnessioni tra gli aerogeneratori e di vettoriamento verso la Cabina Utente 36 kV;
 - di collegamento all RTN

La relazione è stata redatta al fine di determinare i valori di campo elettrico e campo magnetico attesi (calcolo previsionale) e la valutazione degli effetti ambientali conseguenti ai sensi della legge 36/01 e DPCM 08/07/2003.

2. NORME E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

- 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”.
- 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”.
- "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti" APAT.
- CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo”.
- CEI 20-21 “Calcolo della portata di corrente” (IEC 60287).
- 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”.
- "La protezione dai campi elettromagnetici" - Edizione TNE.
- "Inquinamento elettromagnetico" - P. Bevitori et al. - Maggioli Editore.
- "La valutazione dell'inquinamento elettromagnetico" - Edizione Maggioli Editore.
- Documento di progetto: Elaborato - “EOL-OEL-03 “Calcolo Preliminari impianti”.
- Documento di progetto: Elaborato - “EOL-OEL-06 “Schema unifilare impianto eolico”.
- Documento di progetto: Elaborato - “EOL-OEL-07 “Planimetria elettromeccanica”.

3. INQUADRAMENTO NORMATIVO

La normativa nazionale per la tutela della popolazione dagli effetti dei campi elettromagnetici disciplina separatamente le basse frequenze (es. elettrodotti) e le alte frequenze (es. impianti radiotelevisivi, stazioni radiobase, ponti radio).

Il 14 febbraio 2001 è stata approvata dalla Camera dei deputati la legge quadro sull'inquinamento elettromagnetico (L.36/01). In generale il sistema di protezione dagli effetti delle esposizioni agli inquinanti ambientali distingue tra:

Allegato A1. Effetti acuti (o di breve periodo), basati su una soglia, per cui si fissano limiti di esposizione che garantiscono - con margini cautelativi - la non insorgenza di tali effetti;

Allegato B1. Effetti cronici (o di lungo periodo), privi di soglia e di natura probabilistica (all'aumentare dell'esposizione aumenta non l'entità ma la probabilità del danno), per cui si fissano livelli operativi di riferimento per prevenire o limitare il possibile danno complessivo.

È importante dunque distinguere il significato dei termini utilizzati nelle leggi (riportiamo nella tabella 1 le definizioni inserite nella legge quadro).

Tabella 1: Definizioni di limiti di esposizione, di valori di attenzione e di obiettivi di qualità secondo la legge quadro.

Limiti di esposizione	Valori di CEM che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione, ai fini della tutela dagli effetti acuti.
Valori di attenzione	Valori di CEM che non devono essere superati negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Essi costituiscono la misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti di lungo periodo.
Obiettivi di qualità	Valori di CEM causati da singoli impianti o apparecchiature da conseguire nel breve, medio e lungo periodo, attraverso l'uso di tecnologie e metodi di risanamento disponibili. Sono finalizzati a consentire la minimizzazione dell'esposizione della popolazione e dei lavoratori ai CEM anche per la protezione da possibili effetti di lungo periodo.

La normativa di riferimento in Italia per le linee elettriche è il DPCM del 08/07/2003 (G.U. n. 200 del 29.08.2003) "Fissazione dei limiti massimi di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti"; tale decreto, per effetto di quanto fissato dalla legge quadro sull'inquinamento elettromagnetico, stabilisce:

Allegato C1. I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute della popolazione nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze non contemplate dal D.M. 381/98, ovvero i campi a bassa frequenza (ELF) e a frequenza industriale (50 Hz);

Allegato D1. I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute dei lavoratori professionalmente esposti nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz (esposizione professionale ai campi elettromagnetici);

Allegato E1. Le fasce di rispetto per gli elettrodotti.

Relativamente alla definizione di limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità per l'esposizione della popolazione ai campi di frequenza industriale (50 Hz) relativi agli elettrodotti, il DPCM 08/07/03 propone i valori descritti in tabella 2, confrontati con la normativa europea.

Tabella 2: Limiti di esposizione, limiti di attenzione e obiettivi di qualità del DPCM 08/07/03, confrontati con i livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/512CE.

Normativa	Limiti previsti	Induzione magnetica B (μT)	Intensità del campo elettrico E (V/m)
DPCM	Limite d'esposizione	100	5.000
	Limite d'attenzione	10	
	Obiettivo di qualità	3	
Racc. 1999/512/CE	Livelli di riferimento (ICNIRP1998, OMS)	100	5.000

Il valore di attenzione di 10 μT si applica nelle aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi, negli ambienti scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per almeno 4 ore al giorno. Tale valore è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

L'obiettivo di qualità di 3 μT si applica ai nuovi elettrodotti nelle vicinanze dei sopraccitati ambienti e luoghi, nonché ai nuovi insediamenti ed edifici in fase di realizzazione in prossimità di linee e di installazioni elettriche già esistenti (valore inteso come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio). Da notare che questo valore corrisponde approssimativamente al livello di induzione prevedibile, per linee a pieno carico, alle distanze di rispetto stabilite dal vecchio DPCM 23/04/92.

Si ricorda che i limiti di esposizione fissati dalla legge sono di 100 μT per lunghe esposizioni e di 1000 μT per brevi esposizioni.

Per quanto riguarda la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, sentite le ARPA, ha approvato, con Decreto 29 Maggio 2008, "La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti". Tale metodologia, ai sensi dell'art. 6 comma 2 del D.P.C.M. 8 luglio 2003, 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 in tale articolo implicano che le fasce di rispetto debbano attribuirsi ove sia applicabile l'obiettivo di qualità: "Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree di gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio" (Art. 4).

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto è stato introdotto nella metodologia di calcolo un procedimento semplificato che trasforma la fascia di rispetto (volume) in una distanza di prima approssimazione (distanza).

4. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

4.1 GENERALITÀ

I campi a frequenze estremamente basse (ELF), quali quelli che si manifestano nell'esercizio delle linee elettriche, sono quelli con frequenze fino a 300 Hz. A frequenze così basse corrispondono lunghezze d'onda in aria molto grandi (6000 km a 50 Hz e 5000 km a 60 Hz) e, in situazioni pratiche, il campo elettrico e quello magnetico agiscono in modo indipendente l'uno dall'altro e sono calcolati e misurati separatamente.

I campi magnetici sono prodotti dal moto delle cariche elettriche, cioè dalla corrente. La loro intensità si misura in ampere al metro (A/m), ma è spesso espressa in termini di una grandezza corrispondente, l'induzione magnetica, che si misura in Tesla (T), milliTesla (mT) o microTesla (μ T). I campi magnetici sono massimi vicino alla sorgente e diminuiscono con la distanza e non vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune che ne vengono facilmente attraversati.

Le opere elettriche di impianto sulle quali rivolgere l'attenzione al fine della valutazione dell'impatto elettrico e magnetico sono di seguito descritte:

- Sezione 36 kV delle cabine degli aerogeneratori;
- Il cavidotto 36 kV di collegamento tra gli aerogeneratori costituente il collegamento interno;
- Il cavidotto 36 kV di collegamento tra gli aerogeneratori e la stazione elettrica esistente costituente il collegamento esterno;
- Cabina Utente 36 kV;
- Il cavidotto 36 kV di collegamento tra la Cabina Utente e Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione RTN 380/150/36 kV

4.2 LINEE DI DISTRIBUZIONE 36 KV

Gli aerogeneratori sono connessi tra di loro da una rete di distribuzione in cavo interrato esercita a 36 kV, costituente il collegamento interno. Quest'ultimi sono connessi alla Cabina Utente attraverso una rete di distribuzione a 36 kV, costituente il collegamento esterno.

I cavidotti saranno tutti realizzati direttamente interrati mediante terna di conduttori a corda rigida compatta in alluminio, disposti a trifoglio. Il conduttore sarà a corda rotonda compatta di alluminio, isolamento in XLPE, adatto ad una temperatura di esercizio massima continuativa del conduttore pari a 90 °C, schermo a fili di rame con sovrapposizione di una guaina in alluminio saldato e guaina esterna in PE grafitato, qualità ST7, con livello di isolamento verso terra e tra le fasi pari a $U_0/U=26/45$ kV. Lo schermo metallico è dimensionato per sopportare la corrente di corto circuito per la durata specificata. Il rivestimento esterno del cavo ha la funzione di proteggere la guaina metallica dalla corrosione. Lo strato di grafite è necessario per effettuare le prove elettriche dopo la posa, in accordo a quanto previsto dalla norma IEC 62067.

4.4 CABINA UTENTE 36 KV

Cabina Utente AT (36 kV), sita nel comune di Comune di Furtei prov. Sud Sardegna, a cui è collegato il cavidotto 36 kV proveniente dal parco eolico composto da 3 linee provenienti ciascuna da un sottocampo del parco eolico. Nella cabina sarà ubicato un fabbricato contenente tutti i quadri AT, BT e il sistema computerizzato di gestione da locale e da

remoto della rete elettrica e degli aerogeneratori ed un' area dedicata ad eventuali sistemi di compensazione dell'energia reattiva

5. METODOLOGIA DI CALCOLO MAGNETICO

5.1 DEFINIZIONI

In riferimento all'allegato del D.M. del 29 Maggio 2008 "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto" si introducono le seguenti definizioni:

Corrente

Valore efficace dell'intensità di corrente elettrica.

Portata in corrente in servizio normale

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

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.

5.2 DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE (DPA)

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.

5.3 CENNI TEORICI SUL MODELLO UTILIZZATO

L'induzione magnetica B generata da NR conduttori filiformi, numerati da 0 a (NR-1), può essere calcolata con l'espressione riportata di seguito; si fa notare che solo i conduttori reali contribuiscono al campo magnetico, perché si assume il suolo perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico e non si considerano quindi i conduttori immagine.

$$\vec{B} = -\frac{\mu_0}{4\pi} \sum_{k=0}^{NR-1} \int_{C_k} \frac{i}{r^3} \vec{r} \times d\vec{l}$$

Dove μ_0 è la permeabilità magnetica del vuoto, **NR** è il numero dei conduttori (nel nostro caso pari a 3), **i** la corrente, **C_k** il conduttore generico, **d_l** un suo tratto elementare, **r** la distanza tra questo tratto elementare 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

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_{k=0}^{NR-1} \frac{i_k \vec{z} \times (Q - P_k)}{|Q - P_k|^2}$$

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.

5.4 METODO DI CALCOLO

Lo studio dell'impatto elettromagnetico nel caso di linee elettriche aeree e non, si traduce nella determinazione di una fascia di rispetto. Per l'individuazione di tale fascia si deve effettuare il calcolo dell'induzione magnetica basato sulle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea presa in esame. Esso deve essere eseguito secondo modelli tridimensionali o bidimensionali con l'applicazione delle condizioni espresse al paragrafo 6.1 della norma CEI 106-11.

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, in prima approssimazione è possibile:

- Calcolare la fascia di rispetto combinando la configurazione dei conduttori, geometrica e di fase, e la portata in corrente in servizio normale che forniscono il risultato più cautelativo sull'intero tronco;
- Proiettare al suolo verticalmente tale fascia;
- Individuare l'estensione rispetto alla proiezione del centro linea (DPA).

6. METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO ELETTRICO

6.1 CENNI TEORICI

In generale, per il calcolo del campo elettrico si ricorre al principio delle immagini in base al quale il terreno, considerato come piano equipotenziale a potenziale nullo, può essere simulato con una configurazione di cariche immagini. In altre parole per ogni conduttore reale, sia attivo che di guardia, andrà considerato un analogo conduttore immagine la cui posizione è speculare, rispetto al piano di terra, a quella del conduttore reale e la cui carica è opposta rispetto a quella del medesimo conduttore reale.

In particolare, il campo elettrico di un conduttore rettilineo di lunghezza infinita con densità lineare di carica costante può essere espresso come:

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 d} \vec{u}_r$$

Dove: λ = densità lineare di carica sul conduttore;
 ϵ_0 = permittività del vuoto;
 d = distanza del conduttore rettilineo dal punto di calcolo;
 u_r = versore unitario con direzione radiale al conduttore.

7. CAMPI ELETTROMAGNETICI AEROGENERATORE

7.1 INTERFERENZE ELETTROMAGNETICHE

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.

Sulla base di quanto riportato a questo proposito in letteratura sulla caratterizzazione di macchine di media taglia, considerando che l'impianto è costituito da un solo aerogeneratore e che lo stesso non si frappone a ripetitori di segnali di telecomunicazione, si ritiene che il rischio di tali disturbi possa considerarsi irrilevante. Si consideri altresì che i moderni aerogeneratori utilizzano pale in materiale non metallico e antiriflettente, cosa che come detto riduce ulteriormente il disturbo.

7.2 CABINA TRASFORMAZIONE AT/BT

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 AT/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).

Riguardo i trasformatori MT/BT il valore dell'induzione magnetica decresce rapidamente al crescere della distanza dal trasformatore. Per distanze comprese tra 1 m e 10 m da un trasformatore in resina si può calcolare il valore del campo magnetico con la seguente formula:

$$B = 5 \frac{u_{cc}}{6} \sqrt{\frac{S_r}{630}} \left(\frac{3}{a}\right)^{2,8}$$

Dove

- U_{cc} è la tensione percentuale di cortocircuito;
- S_r è la potenza nominale del trasformatore (kVA);
- a è la distanza dal trasformatore.

Un valore di DPA pari a 5 m attorno al trasformatore garantisce valori di campo magnetico inferiori al limite consentito dalla legge.

8. CAVIDOTTI 36 KV

8.1 DETERMINAZIONE DEI CAMPI MAGNETICI

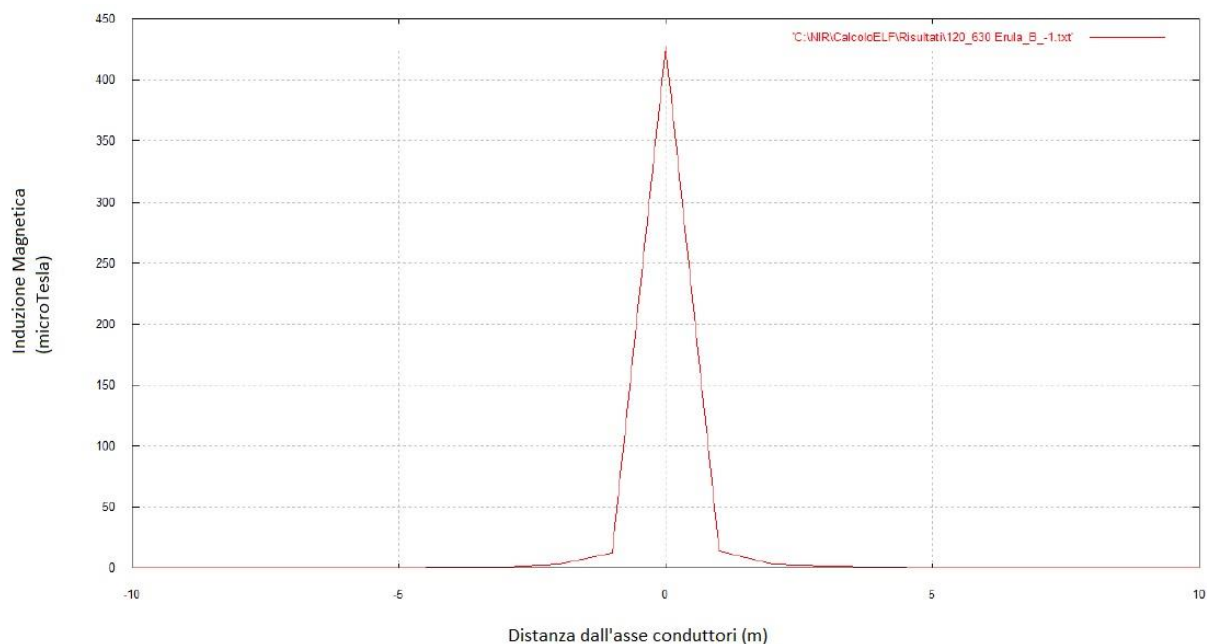
Per la realizzazione dei cavidotti di collegamento, sono stati considerati tutti gli accorgimenti che consentono la minimizzazione degli effetti elettromagnetici sull'ambiente e sulle persone. In particolare, la scelta di operare con linee in MT ed AT interrate permette di eliminare la componente elettrica del campo, grazie all'effetto schermante del terreno; inoltre la limitata distanza tra i cavi (ulteriormente ridotta grazie all'impiego di terne cosiddette "a trifoglio") fa sì che l'induzione magnetica risulti significativa solo in prossimità dei cavi.

In dettaglio saranno simulati i seguenti tratti di cavidotto alla tensione nominale di 36 kV:

- **S1:** due terne di conduttori disposti a trifoglio di sezione 800 mm^2 percorsa da corrente massima pari a 426 A ed interrata ad una profondità di 1,50 m (cavidotto interno aerogeneratori)
- **S2:** due terne di conduttori di sezione 800 mm^2 percorsa da corrente massima pari a 426 A e una terna di sezione 1200 mm^2 percorsa da corrente massima pari a 513 A, disposti a trifoglio ed interrate ad una profondità di 1,50 m (cavidotto di vettoriamento)
- **S3:** due terne di conduttori di sezione 1200 mm^2 percorsa da corrente massima pari a 690 A disposti a trifoglio ed interrate ad una profondità di 1,50 m.(cavidotto di connessione alla RTN)

Per la definizione della distanza di prima approssimazione, i valori del campo magnetico sono stati misurati ad altezza conduttori. Più precisamente, i risultati di seguito riportati illustrano l'andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori (asse x) e l'andamento del campo magnetico su di un asse ortogonale all'asse dei conduttori (asse y)

S1 - Cavidotto a n.2 terne di sezione da 800 mm² interrato a 1.50 m dal piano di campagna – terne disposte a trifoglio



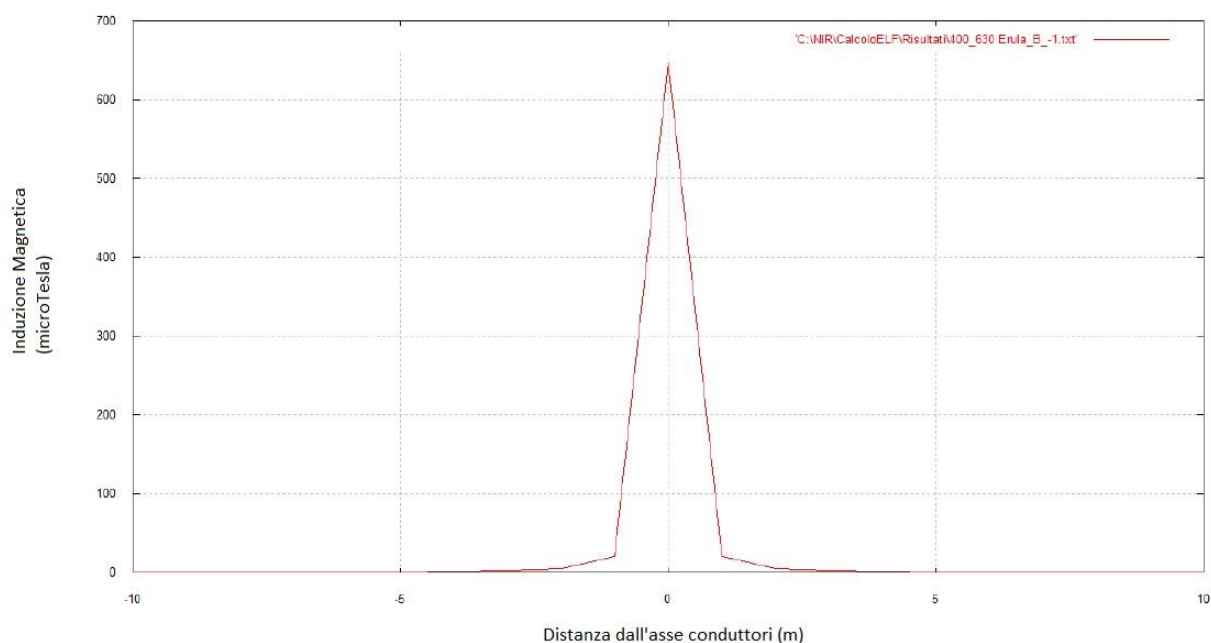
Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dello scavo in forma grafica relativa alla simulazione S2

<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Induzione Magnetica [μT]</i>
-10	.13
-9	.16
-8	.2
-7	.27
-6	.36
-5	.52
-4	.81
-3	1.43
-2	3.18
-1	12.23
0	427.07
1	13.88
2	3.39

3	1.49
4	.84
5	.53
6	.37
7	.27
8	.21
9	.16
10	.13

Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dello scavo in forma tabellare relativa alla simulazione S2

S2 - Cavidotto con n.2 terne di sezione 800 mm² e n.1 terna 1200 mm² interrate a 1.50 m dal piano di campagna – terne disposte a trifoglio



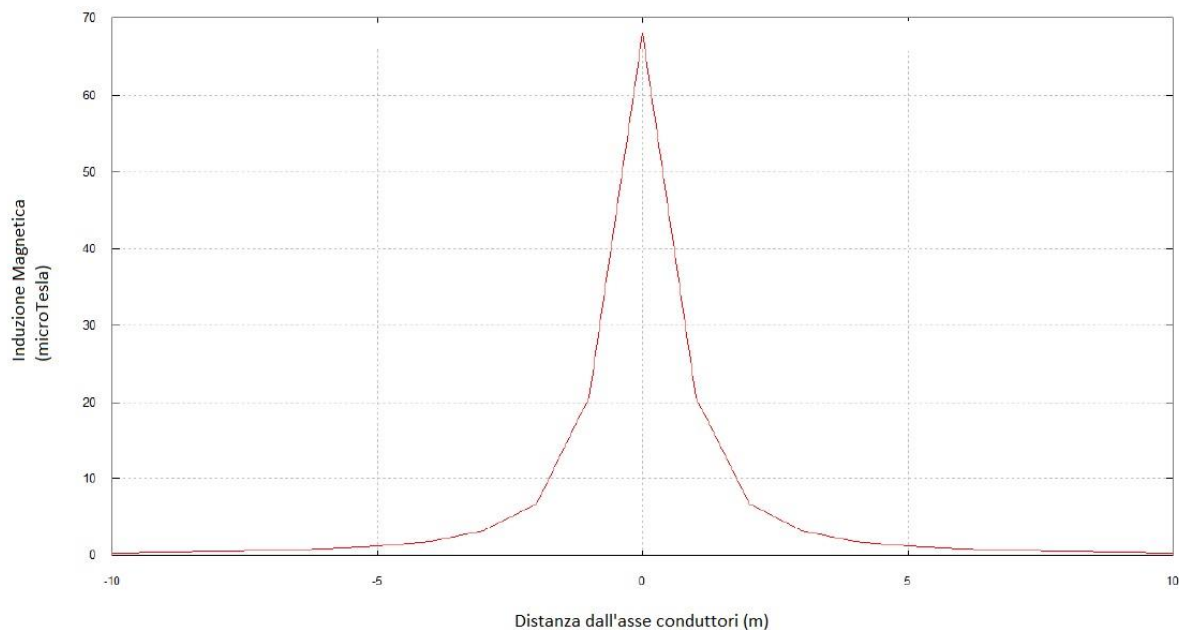
Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dello scavo in forma grafica relativa alla simulazione S2

<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Induzione Magnetica [μT]</i>
10	.21
-9	.26
-8	.32
-7	.42
-6	.57
-5	.83
-4	1.29
-3	2.29
-2	5.12
-1	20
0	647.25
1	21.01
2	5.24
3	2.32

4	1.31
5	.84
6	.58
7	.43
8	.33
9	.26
10	.21

Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dello scavo in forma tabellare relativa alla simulazione S2

S3 - Cavidotto con n.2 terne di sezione 1200 mm² interrate a 1.5 m dal piano di campagna – terne disposte a trifoglio



Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dello scavo in forma grafica relativa alla simulazione S3

<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Induzione Magnetica [μT]</i>
-10	.3
-9	.37
-8	.46
-7	.61
-6	.82
-5	1.18
-4	1.82
-3	3.17
-2	6.74
-1	20.77
0	68.01
1	20.77
2	6.74
3	3.17
4	1.82

5	1.18
6	.82
7	.61
8	.46
9	.37
10	.3

Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dello scavo in forma tabellare relativa alla simulazione S3

8.2 DETERMINAZIONE DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE (DPA)

Il calcolo della DPA per i cavidotti simulati si traduce graficamente nell'individuazione di una distanza che ha origine dal punto di proiezione dall'asse del cavidotto al suolo e ha termine in un punto individuato sul suolo il cui valore del campo magnetico risulta essere uguale o inferiore ai 3 μ T. Si riportano nella seguente tabella le distanze di prima approssimazione per i tratti di cavidotto presi in esame:

Tabella 15: Distanza di prima approssimazione per cavidotti di collegamento del parco eolico.

CASO DI STUDIO	N° TERNE	SEZIONI [mm ²]	TIPOLOGIA CAVO	TENSIONE [kV]	DPA [m]
S1	2	3x1x800 3x1x800	Posa a trifoglio	36	3
S2	3	3x1x800 3x1x800 3x1x1200	Posa a trifoglio	36	3
S3	2	3x1x1200 3x1x1200	Posa a trifoglio	36	4

Le DPA sono state calcolate con una approssimazione non superiore al metro così come indicato nel paragrafo 5.1.2 della guida allegata al DM del 29/05/2008, ovvero:

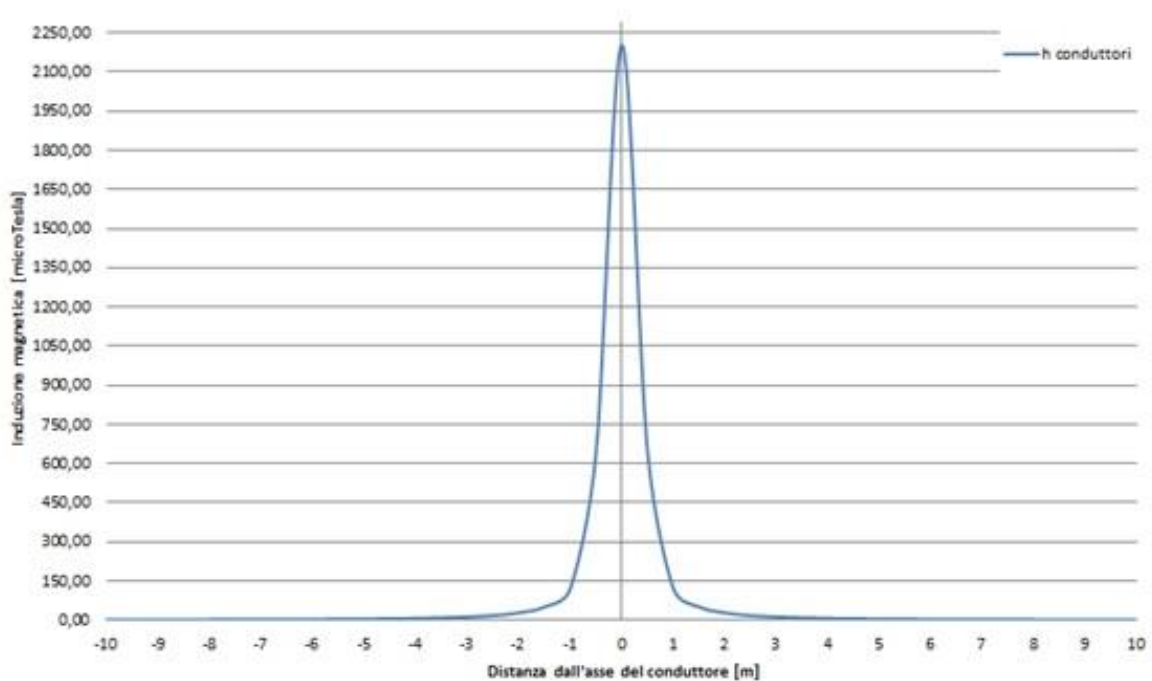
- **CASO S1** - Valore a 3 μ T: 1 m - Valore DPA: 3 m;
- **CASO S2** - Valore a 3 μ T: 2 m - Valore DPA: 3 m;
- **CASO S3** - Valore a 3 μ T: 2 m - Valore DPA: 4 m;

9. CABINA UTENTE AT (36 KV)

Il calcolo del campo elettrico e magnetico per la Cabina Utente è stato effettuato sulle sbarre a 36 kV dei quadri localizzati anch'essi all'interno della recinzione della stazione.

I parametri geometrici ed elettrici utilizzati per il calcolo sulle sbarre a 36 kV risultano i seguenti:

- Altezza delle sbarre: 1.6 m;
- Distanza tra le sbarre: 0.37 m;
- Valore efficace della corrente delle sbarre: 1600 A;
- Valore efficace della tensione fra conduttore e terra: 20809 V



Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica - Quadro 36 kV Cabina Utente - Valutazione della Distanza di prima Approssimazione.

Distanza dall'asse [m]	Valori di campo magnetico [μT]
	Altezza conduttori
-10,00	1,10
-9,00	1,36
-8,00	1,72
-7,00	2,25
-6,00	3,07
-5,00	4,42
-4,00	6,93

-3,00	12,37
-2,00	28,20
-1,00	121,25
0,00	2203,17
1,00	121,25
2,00	28,20
3,00	12,37
4,00	6,93
5,00	4,42
6,00	3,07
7,00	2,25
8,00	1,72
9,00	1,36
10,00	1,10

*Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori
 in forma tabellare – Sbarre 36 kV Cabina Utente - Valutazione della Distanza di prima Approssimazione.*

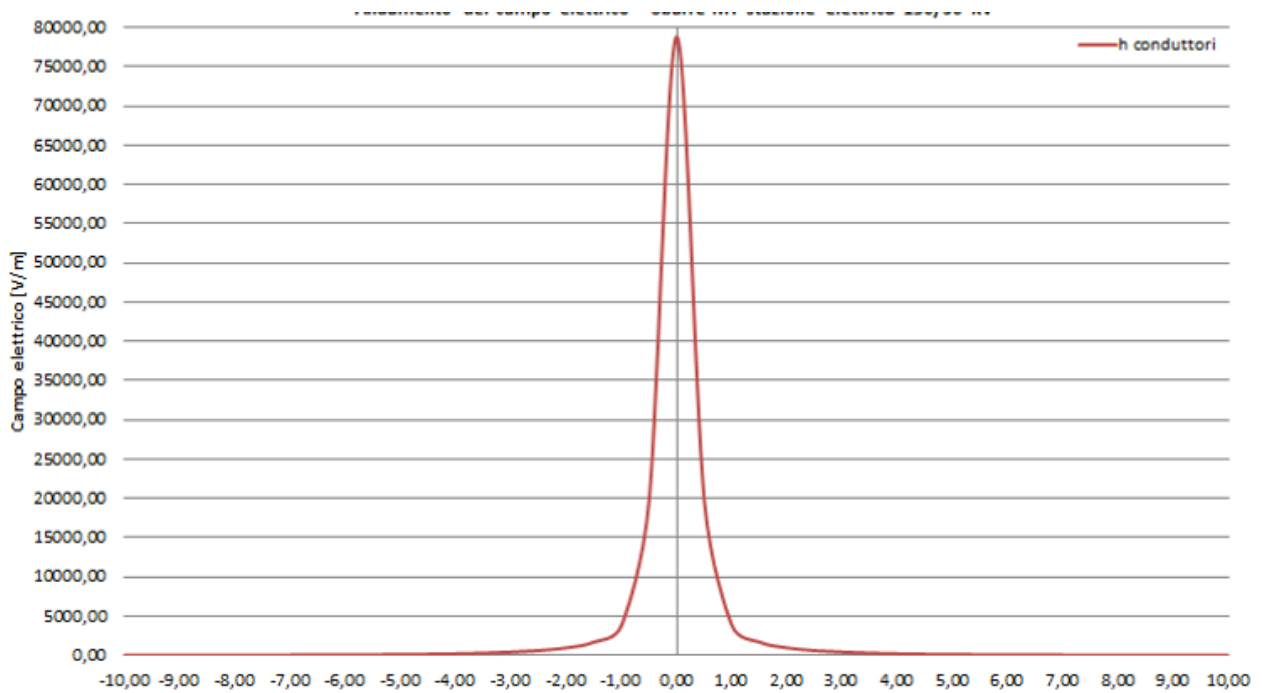


Figura 15: Andamento del campo elettrico in forma grafica - Cabina MT in stazione elettrica 150/30 kV.

Distanza dall'asse [m]	Valori di campo magnetico [V/m]
	Altezza conduttori
0,00	78925,50
0,50	19701,50
1,00	3846,20
1,50	1714,70
2,00	983,20
2,50	632,90
3,00	435,50
3,50	313,50
4,00	233,60
4,50	178,90
5,00	140,20
5,50	112,10
6,00	91,20
6,50	75,40
7,00	63,10
7,50	53,50
8,00	45,80
8,50	39,70
9,00	34,60
9,50	30,40
10,00	27,00

Tabella 19: Andamento del campo elettrico in forma tabellare – Cabina MT in stazione elettrica 30/150 kV.

Come si evince dalla simulazione del calcolo, dalle figure e dalle relative tabelle, sia i valori di campo magnetico ad altezza conduttori sia quelli ad 1 m dal suolo restano al di sotto dei 3 μ T ad una distanza di circa 7 m circa dal confine del quadro AT di Cabina Utente. Riguardo al campo elettrico, dai risultati delle simulazioni si ottengono valori di intensità inferiore ai limiti di 5000 V/m imposti dalla normativa a soli 1 m da l quadro AT di Cabina Utente.

10. CONCLUSIONI

La determinazione delle DPA è stata effettuata in accordo al D.M. del 29/05/2008 riportando per ogni opera elettrica la summenzionata DPA. Dalle analisi, i cui risultati sono riassunti nei grafici e tabelle riportati nei paragrafi precedenti si può desumere quanto segue:

- Per i cavidotti 36 kV del parco eolico sia per il cavidotto interno che per il cavidotto esterno la distanza di prima approssimazione non eccede il range di ± 3 m rispetto all'asse del cavidotto tranne che per il cavidotto 36 kV di connessione alla RTN con range ± 4
- Per la Cabina Utente 36 kV, la distanza di prima approssimazione è stata valutata in ± 7 m per le barre 36 kV
- I valori di campo elettrico risultano rispettare i valori imposti dalla norma (<5000 V/m) in quanto le aree con valori superiori ricadono all'interno della Cabina Utente il cui accesso è consentito al solo personale autorizzato.

All'interno delle aree summenzionate delimitate dalle DPA non risultano recettori sensibili ovvero aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici, luoghi adibiti a permanenza di persone per più di quattro ore giornaliere.

Si può quindi concludere che la realizzazione delle opere elettriche relative alla realizzazione dell'impianto eolico rispetta la normativa vigente.