



REGIONE ATÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



Comune di  
Tempio Pausania



Comune di  
Luras



Comune di  
Calangianus

AUTORIZZAZIONE UNICA AI SENSI DEL D.LGS 29/12/2003 N.387 RELATIVA ALLA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 42 MW COSTITUITO DA N.7 AEROGENERATORI DI POTENZA PARI A 6 MW CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA – IMPIANTO DENOMINATO “TEMPIO PAUSANIA WIND” UBICATO NEL COMUNE DI TEMPIO PAUSANIA (SS)

ELABORATO: RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO

COMMITTENTE:  
SCS 16 S.r.l.  
Via GEN ANTONELLI 3 - MONOPOLI

PROGETTAZIONE



PROGETTAZIONE



### REVISIONI

REV	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

## SOMMARIO

1. OGGETTO .....	1
2. PREMESSA .....	2
3. QUADRO NORMATIVO .....	3
4. CAMPO ELETTRICO .....	5
a) Linee AT e stazione MT/AT .....	5
b) Cavidotti .....	5
5. CAMPO MAGNETICO.....	6
a) Base teorica generale .....	6
b) Linea in cavo a 150 kV.....	7
c) Linee in cavo a 20 kV.....	8
6. CONCLUSIONI.....	10

## 1. OGGETTO

La presente relazione è finalizzata a verificare che i valori di campo elettrico e magnetico generati dai cavidotti e dalla stazione elettrica di trasformazione MT/AT del parco eolico “TEMPIO PAUSANIA W3IND”, da realizzare nel comune di Tempio Pausania (SS) a circa 7,4 km in direzione nord-nord-ovest dal centro abitato, siano conformi ai limiti imposti dal quadro normativo di riferimento.

Detto impianto sarà composto complessivamente da 7 aerogeneratori, ciascuno della potenza unitaria pari a 6 MW, per una potenza complessiva di 42 MW a cui sarà connesso un impianto di accumulo elettrochimico costituito da 10 inverter da 2,0 MVA, per una potenza di 20 MVA. La potenza in immissione prevista è data dal contributo della potenza prodotta dal parco eolico e quello dato dal sistema di accumulo, raggiungendo il valore di 62 MW.

Gli aerogeneratori saranno collegati tra loro attraverso un cavidotto a 20 kV interrato che convoglierà l'energia elettrica prodotta da ciascun aerogeneratore verso una sottostazione di trasformazione 20/150 kV che consegnerà l'energia prodotta dal parco eolico (PE) nella rete di AT di proprietà della società TERNA – Rete Elettrica Nazionale SpA (TERNA).

La connessione alla rete AT avverrà per mezzo di un collegamento in antenna a 150 kV sulla futura Stazione Elettrica (SE) di Smistamento della RTN a 150 kV in GIS denominata “Tempio” (prevista dal Piano di sviluppo Terna) da collegare, tramite due nuovi elettrodotti a 150 kV, a una nuova Stazione Elettrica di Trasformazione della RTN a 380/150 kV da collegare tramite un elettrodotto 380 kV al futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione delle RTN di Codrongianos. Ai sensi dell'art. 21 dell'allegato A alla deliberazione Arg/elt/99/08 e s.m.i. dell'Autorità di Regolazione per Energia, Reti e Ambiente, si comunica che il nuovo elettrodotto in antenna a 150 kV per il collegamento della centrale sulla Stazione Elettrica della RTN costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 150 kV nella suddetta stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

## 2. PREMESSA

L'esposizione ai campi elettromagnetici, o radiazioni non ionizzanti, tende sempre a crescere a causa dell'introduzione nell'ambiente di nuove sorgenti artificiali, mentre le radiazioni ionizzanti, al contrario, mantengono un contributo relativamente costante, in quanto legato a fenomeni naturali. Il continuo aumento delle esigenze delle telecomunicazioni ha portato ad un aumento del numero di dispositivi di telefonia cellulare, televisiva e radiofonica installati ormai ovunque. A tale situazione si aggiunge la presenza di linee elettriche utilizzate per il trasporto di energia elettrica.

### 3. QUADRO NORMATIVO

La Legge Quadro 22/02/01 n° 36 (LQ 36/01) “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici” è la normativa di riferimento che regola, in termini generali, l’intera materia della protezione dai campi elettromagnetici negli ambienti di vita e di lavoro.

Il DPCM 08/07/03 “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” (GU n. 200 del 29/08/03) ai sensi della LQ 36/01, art. 4 comma2, fissa i limiti di esposizione per la protezione della popolazione dai campi elettrico e magnetico ed il valore di attenzione e l’obiettivo qualità dell’induzione magnetica generati a 50 Hz dagli elettrodotti:

	CAMPO ELETTRICO [kV/M]	INDUZIONE MANGNETICA [ $\mu$ T]
Limite di esposizione	5	100
Valore di attenzione	-	10
Obiettivo di qualità	-	3

Il limite di esposizione è il valore di campo elettrico e di campo magnetico da non superare in nessuna condizione di esposizione.

Il valore di attenzione per l’induzione magnetica, introdotto come misura di cautela per la protezione dai possibili effetti a lungo termine, si applica alle aree di gioco per l’infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore giornaliere.

L’obiettivo di qualità per l’induzione magnetica, introdotto al fine della progressiva minimizzazione dell’esposizione ai campi, si applica nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l’infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore, nonché nella progettazione dei nuovi insediamenti e nelle nuove aree in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti sul territorio.

Le fasce di rispetto degli elettrodotti, previste al par. 5.1.1. della LQ 36/01, devono essere determinate in base all’obiettivo qualità di 3  $\mu$ T in corrispondenza della portata in corrente in servizio normale dell’elettrodotto (art. 6, comma 1, del DPCM 08/07/03) che deve essere dichiarata dal gestore al Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio per gli elettrodotti con tensione superiore a 150 kV ed alle Regioni per gli elettrodotti con tensione non superiore a 150 kV.

La portata in corrente in servizio normale è, per le linee aeree con tensione > 100 kV, calcolata ai sensi della norma CEI 11-60, mentre per le linee in cavo è la portata in regime permanente definita dalla norma CEI 11-17.

La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto è stata definita con il DM 29/05/08

“Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti” (SO n°160 alla GU n°156 del 05/07/08).

Il DPCM 08/07/03 prescrive che il proprietario/gestore comunichi alle autorità competenti l'ampiezza delle fasce di rispetto ed i dati utilizzati per il loro calcolo. Il calcolo dell'induzione magnetica deve essere basato sulle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea nella campata in esame e deve tener conto della presenza di altri elettrodotti che ne modifichino il risultato.

## 4. CAMPO ELETTRICO

### a) Linee AT e stazione MT/AT

Il campo elettrico prodotto da una linea è proporzionale alla tensione di linea. Considerando che per una linea di 400 kV si ottiene un valore 4 kV/m prossimo al limite di 5 kV/m, quello emesso dalla linea a 150 kV e dalle sbarre a 30 kV risulta essere molto minore dei limiti di emissione imposti dalla normativa. In particolare il valore tipico associato ad una linea a 150 kV è minore di 1 kV/m.

Per quanto concerne il campo elettrico nelle stazioni elettriche, i valori massimi si presentano in corrispondenza delle uscite delle linee AT con punte di circa 12 kV/m che si riducono a meno di 0,5 kV/m già a circa 20 m di distanza dalla proiezione dell'asse della linea.

### b) Cavidotti

Il campo elettrico generato dal cavidotto MT ha valori minori di quelli imposti dalla legge. Questa affermazione deriva dalle seguenti considerazioni:

- i cavi utilizzati sono costituiti da un'anima in alluminio (il conduttore elettrico vero e proprio), da uno strato di isolante + semiconduttore, da uno schermo elettrico in rame, e da una guaina in PVC. Lo schermo elettrico in rame confina il campo elettrico generato nello spazio tra il conduttore e lo schermo stesso,
- il terreno ha un ulteriore effetto schermante,
- il campo elettrico generato da una installazione a 20 kV è minore di quello generato da una linea, con conduttore non schermato (corda), a 400 kV, il quale è minore ai limiti imposti dalla legge.

Non si effettua quindi un'analisi puntuale del campo generato ritenendolo trascurabile.

## 5. CAMPO MAGNETICO

### a) Base teorica generale

Quando una corrente elettrica attraversa un conduttore produce un campo magnetico.

L'induzione magnetica  $B$  in un punto  $P$  prodotta da un conduttore lineare di lunghezza infinita è espressa tramite la legge di Biot e Savart:

$$B = \frac{\mu_0 * I}{2 * \mu_0 * r} [T]$$

Essendo:

- B** induzione magnetica [Tesla = T = Wb / m<sup>2</sup>]
- $\mu_0$**  permeabilità magnetica nel vuoto, pari a  $4 * \pi * 10^{-7}$  H/m
- I** corrente elettrica percorrente il conduttore espressa in Ampere [A]
- r** distanza radiale “r” del punto P dal conduttore [m]

Ne deriva che l'induzione magnetica assume la seguente forma:

$$B = \frac{2 * I * 10^{-7}}{r}$$

Per il calcolo dei campi elettromagnetici è stato utilizzato un software il cui algoritmo di calcolo fa uso del seguente modello semplificato:

- tutti i conduttori costituenti la linea sono considerati rettilinei, orizzontali, di lunghezza infinita e paralleli tra di loro;
- i conduttori sono considerati di forma cilindrica con diametro costante;
- la tensione e la corrente su ciascun conduttore attivo sono considerati in fase tra di loro;
- la distribuzione della carica elettrica sulla superficie dei conduttori è considerata uniforme;
- il suolo è considerato piano e privo di irregolarità, perfettamente conduttore dal punto di vista elettrico, perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico;
- viene trascurata la presenza dei tralicci o piloni di sostegno, degli edifici, della vegetazione e di qualunque altro oggetto si trovi nell'area interessata.

Le condizioni sopraesposte permettono di ridurre il calcolo ad un problema piano, poiché la situazione è

esattamente la stessa su qualunque sezione normale della linea, dove con "sezione normale" si intende, qui e nel seguito, quella generata da un piano verticale ortogonale all'asse longitudinale della linea (cioè alla direzione dei conduttori che la costituiscono) passante per il punto dove si vogliono calcolare i campi. Indicato con P il punto dove si vuole determinare il campo, definiamo sezione normale il piano verticale passante per P e ortogonale ai conduttori. Indichiamo quindi con Q<sub>k</sub> il punto dove il generico conduttore C<sub>k</sub> interseca la sezione normale. L'induzione magnetica B generata da NR conduttori filiformi, numerati da 0 a (NR-1), può essere calcolata con l'espressione seguente:

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

Le ipotesi adottate consentono di eseguire l'integrazione ed ottenere (asse Z nella direzione dei conduttori):

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

L'architettura della stazione di trasformazione è conforme ai moderni standard di stazioni AT, sia per quanto riguarda le apparecchiature sia per quanto concerne le geometrie dell'impianto.

Per tali impianti sono stati effettuati rilievi sperimentali per la misura dei campi magnetici al suolo nelle diverse condizioni di esercizio con particolare riguardo ai punti ove è possibile il transito di personale (viabilità interna). Per quanto concerne il campo magnetico al suolo, questo risulta massimo sempre in corrispondenza delle uscite delle linee AT.

Così come espresso all'art. 5.2.2 "Stazioni primarie" del DM 29/05/08, si può concludere che le fasce di rispetto di questa tipologia di impianti rientrano nei confini dell'area di pertinenza dei medesimi. Il campo elettromagnetico alla recinzione è sostanzialmente riconducibile ai valori generati dalle linee entranti.

È comunque facoltà dell'Autorità competente richiedere il calcolo, qualora lo ritenga opportuno, delle fasce di rispetto relativamente agli elementi perimetrali (es. portali, sbarre, ecc).

#### b) Linea in cavo a 150 kV

La linea di connessione in cavo a 150 kV è costituita da una semplice terna di cavi interrati disposti a trifoglio.

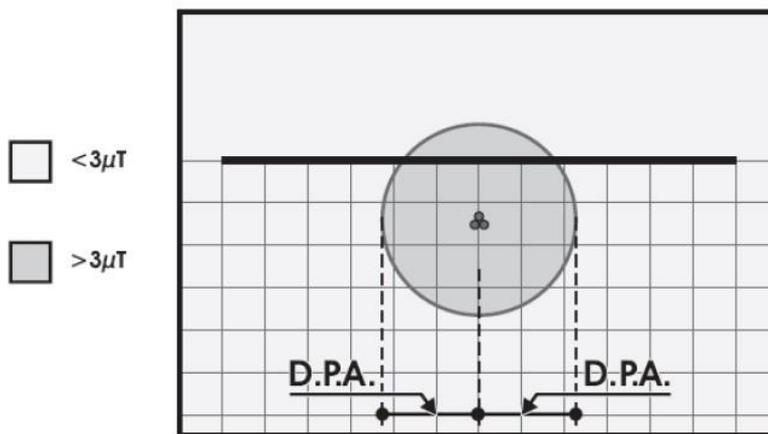
Essendo:

- I=1110 A (CEI 11-60)

- $S = 1600 \text{ mm}^2$
- $d = 108 \text{ mm}$

Si ottiene:  $R' = D_{pa} = 3,1 \text{ m}$

RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.



CONDUTTORI IN ALLUMINIO-ACCIAIO			
Diametro Esterno [mm]	Sezione Totale [mm <sup>2</sup> ]	CEI - 11-60 Portata [A]	
		Corrente A	D.P.A. m
108	1600	1110	3.10

### c) Linee in cavo a 20 kV

Per i tratti di cavidotto all'interno del parco eolico "MONTALLEGRO", dove:

- sono presenti cavi di minima sezione,
- le tratte sono per la maggioranza dei casi costituite da singole terne ad elica visibile,
- le potenze trasportate sono legate al numero di aerogeneratori collegati a monte delle linee,

si può affermare che già al livello del suolo ed in corrispondenza della verticale del cavo si determina una induzione magnetica inferiore a  $3 \mu\text{T}$  e che pertanto non è necessario stabilire una fascia di rispetto (art. 3.2 DM 29/05/08, art. 7.1.1 CEI 106-11).

Non è possibile affermare lo stesso per il tratto di collegamento tra il parco eolico e la stazione di trasformazione MT/AT, costituito da un cavidotto composto da n°3 terne.

Per il calcolo è pertanto stato utilizzato un software (di cui al modello descritto al par. 3.3.1) utilizzando le seguenti assunzioni:

- portata dei cavi in regime permanente (cavi in alluminio): 330 A per la terna da  $150 \text{ mm}^2$ , 435

A per la terna da 240 mm<sup>2</sup>, 560 A per la terna da 400 mm<sup>2</sup>, 735 A per la terna da 630 mm<sup>2</sup>;

- disposizione geometrica piana delle terne;
- cavi di una medesima terna a contatto;
- interasse tra le terne pari a 30 cm;
- disposizione delle fasi non ottimizzata (RST – RST – RST);
- profondità di posa pari a 120 cm.

Configurazione cavi	Sezione cavi [mm <sup>2</sup> ]	Dpa [m]
2 terne	150_240	1,5
2 terne	240_400	1,8
2 terne	240_630	2,0
2 terne	400_630	2,2
2 terne	630_630	2,4
3 terne	630_150_630	3,4

I risultati ottenuti mostrano che, in corrispondenza dell'asse del cavidotto e a livello del suolo, si raggiunge il valore massimo di induzione magnetica pari a circa 23,5  $\mu$ T e che i valori si riducono al di sotto del valore di qualità di 3  $\mu$ T già ad una distanza di circa 3,4 m dall'asse (vedi grafico nella pagina successiva).

Qualora tuttavia fosse utilizzata la configurazione geometrica di progetto ad elica visibile, i valori di induzione magnetica sarebbero al di sotto del valore di qualità di 3  $\mu$ T ad una distanza dall'asse di posa del cavidotto ben inferiore a quella calcolata.

Inoltre tali valori, come prescritto dalla norma, sono ottenuti per la portata nominale dei cavi. Nel caso del parco in oggetto, la corrente massima che impegna i cavi è in realtà molto inferiore a quella utilizzata nei citati calcoli.

## 6. CONCLUSIONI

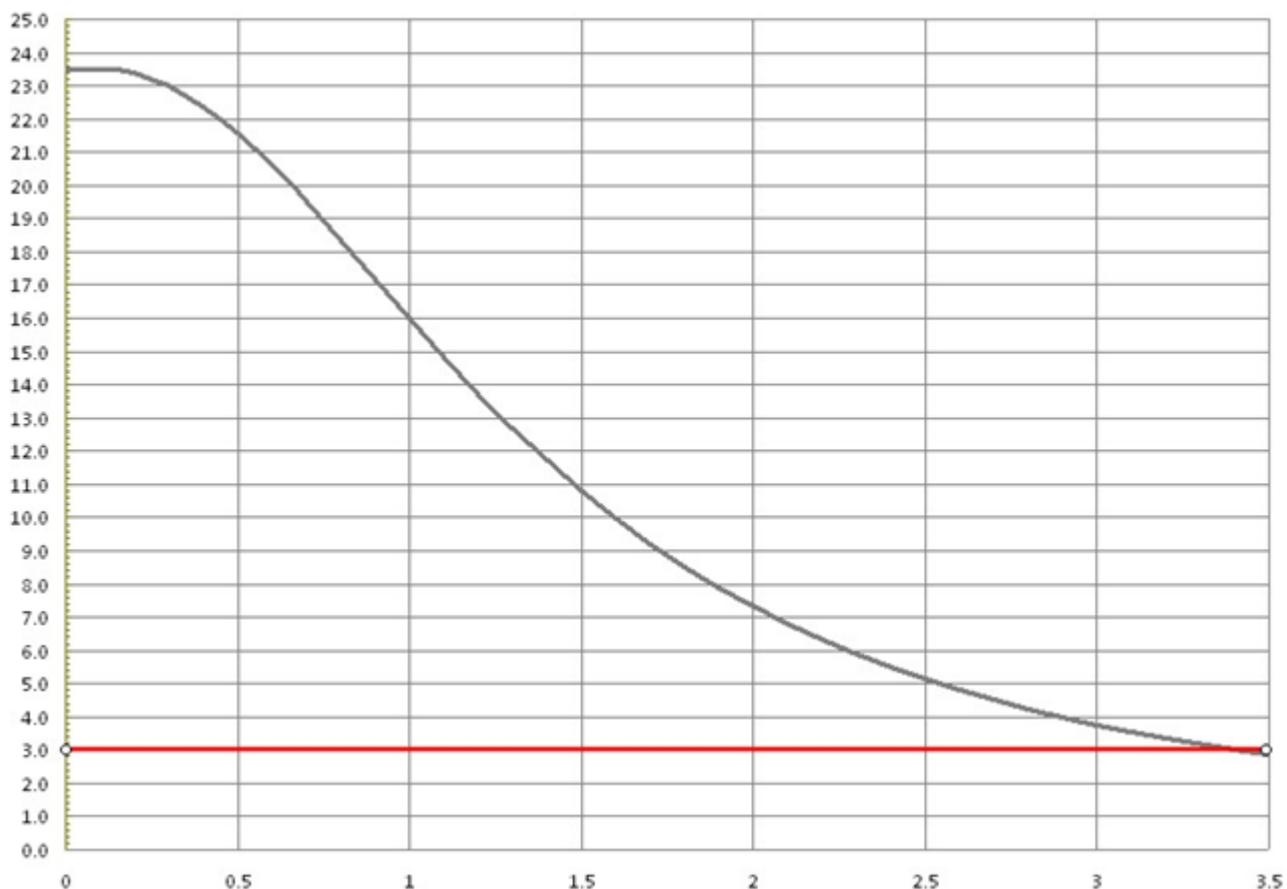
Per quanto illustrato precedentemente si può affermare che l'installazione del cavidotto MT nonché la realizzazione della Stazione Elettrica di Trasformazione con relativo raccordo in AT non generano, ad altezze dalla superficie del terreno prossime a 1,5÷2 m, emissioni al disopra dei limiti imposti per legge; ciò equivale a dire che qualsiasi punto sensibile, inteso come abitazione, zona di transito per le persone che sia situata a distanze ridotte dal cavidotto e dalla sottostazione è escluso dall'esposizione di campi elettromagnetici superiori ai limiti di legge.

In particolare dagli studi riportati nella presente relazione emerge che:

1. per punti prossimi al cavidotto (2 metri) il campo magnetico è già inferiore ai 100  $\mu\text{T}$  imposti dalla legge.
2. lo stesso dicasi per il campo elettrico, in tal caso data la tensione ridotta (30 kV) il campo elettrico generato dal cavo è trascurabile già sulla superficie del terreno al di sopra del cavo.
3. per quel che riguarda il campo magnetico generato dalla sottostazione, anche qui si registrano, in prossimità della stazione valori ancora più ridotti di quelli generati dal cavidotto (ciò a causa della ridotta corrente che interessa il sistema in AT). Ad esempio a 20 metri dall'asse della terna in alta tensione il campo magnetico risulta pari a 1  $\mu\text{T}$ , contro i 100  $\mu\text{T}$  imposti dalla legge.
4. Infine il campo elettrico generato dagli apparati in AT della sottostazione è, a distanze dell'ordine della decina di metri, dell'ordine del kV/m.

In conclusione con riferimento al sito di "TEMPIO PAUSANIA WIND", in cui i punti sensibili (abitazioni, strade densamente frequentate, ecc.) sono a distanza dell'ordine delle centinaia di metri dalle apparecchiature elettriche installate, si può affermare che tali punti sensibili risultano esposti a campi elettromagnetici nettamente inferiori ai valori limiti imposti dalla legge ai sensi del DPCM del 08/07/2003.

**ANDAMENTO CAMPO MAGNETICO**



Valore dell'induzione magnetica al suolo del cavidotto MT nel tratto a 3 terne con disposizione in piano.  
Distanza dall'asse di posa dei cavi espressa in metri [m].

Lecce, 20/11/2023

Ing. Emanuele Verdoscia

