



INTERNAL CODE

C23FSTR002WR02700

PAGE

1 di/of 12

TITLE: Relazione tecnica opere di connessione

AVAILABLE LANGUAGE: IT

“IMPIANTO EOLICO TERRANOVA DA SIBARI”COMUNI DI TERRANOVA DA SIBARI, SAN DEMETRIO CORONE, SPEZZANO ALBANESE,
CORIGLIANO – ROSSANO, SANTA SOFIA D'EPIRO E TARSIA (CS)**PROGETTO DEFINITIVO****Relazione tecnica opere di connessione**

Il tecnico

Ing. Leonardo Sblendido



File: C22FSTR001WR02701_Relazione tecnica opere di connessione.pdf

00	22/12/2023	PRIMA EMISSIONE	L. Piombini	C. Nicoletti	L. Sblendido
REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
VALIDATION					
<i>NOME</i>		<i>NOME</i>		<i>NOME</i>	
COLLABORATORS		VERIFIED BY		VALIDATED BY	
PROJECT / PLANT TERRANOVA DA SIBARI EO		INTERNAL CODE			
		C23FSTR002WR02700			
CLASSIFICATION: COMPANY			UTILIZATION SCOPE		



INTERNAL CODE

C23FSTR002WR02700

PAGE

2 di/of 12

INDICE

1	PREMESSA	3
2	INTRODUZIONE	3
3	VERIFICA DI CONFORMITA' DEL CAMPO MAGNETICO	5
3.1	DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE	5
3.2	CORRENTI DI CALCOLO PER LA DETERMINAZIONE DELLE DPA	5
3.3	DIMENSIONAMENTO DEL CAVIDOTTO AT DI CONNESSIONE.....	5
3.4	ANALISI ELETTROMAGNETICA NEL CAVIDOTTO AT DI CONNESSIONE	7
4	VERIFICA DELLA CONFORMITÀ DEL CAMPO ELETTRICO	10
5	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	10
6	CONCLUSIONI	11



1 PREMESSA

Il presente documento ha lo scopo di verificare il rispetto dei limiti di esposizione dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità, sui campi elettrici e magnetici, stabiliti dal D.P.C.M. dell'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**" e relativi al cavidotto in alta tensione a 150 kV di connessione alla RTN dell'impianto eolico destinato ad essere installato nei Comuni di Terranova Da Sibari, San Demetrio Corone, Spezzano Albanese, Corigliano-Rossano, Santa Sofia d'Epiro e Tarsia, Provincia di Cosenza, Regione Calabria.

L'impianto proposto è costituito da 31 aerogeneratori da 4.5 MW ciascuno ed operanti ad una tensione di $V_n=30kV$, per una potenza complessiva di 139.5 MW in immissione. L'energia prodotta dall'impianto sarà convogliata verso la Rete elettrica nazionale mediante la sottostazione multiutente di trasformazione 150/30kV, la quale consiste in un'area comune produttori formata da:

- n°1 stallo di trasformazione 150/30 kV a servizio dell'impianto in oggetto di proprietà di "Hergo Renewables";
- n°2 stalli a 150 kV di arrivo cavi per iniziative analoghe che conferiscono alla sottostazione per il successivo collegamento alla futura Stazione Elettrica 380/150 kV;
- n° 1 stallo di linea a 150 kV comune a tutti gli utenti della sottostazione.

Il cavidotto in uscita dallo stallo di linea AT della sottostazione multiutente sarà quindi interessato dalla corrente derivante dalla somma delle potenze dei tre impianti di produzione per un massimo di 250 MW, e sarà formato da una terna di cavi di sezione 1600mm².

2 INTRODUZIONE

Il D.P.C.M. 8 luglio 2003 fissa i limiti di esposizione e valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento ed all'esercizio degli elettrodotti, in particolare:

- **All'art.3 comma 1:** 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 μT per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.
- **All'art.3 comma 2:** a titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μT , da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.



- **Art.4 comma 1:** nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$ per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.
- **Art. 6 comma 1:** per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, per le quali si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità ($B=3\mu\text{T}$) di cui all'art. 4 sopra richiamato ed alla portata della corrente in servizio normale. L'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Metodologie di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti) definisce quale fascia di rispetto lo spazio circostante l'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.

Ai fini del calcolo della fascia di rispetto si omettono verifiche del campo elettrico, in quanto nella pratica questo determinerebbe una fascia (basata sul limite di esposizione, nonché valore di attenzione pari a 5kV/m) che è sempre inferiore a quella fornita dal calcolo dell'induzione magnetica. Pertanto, obiettivo dei paragrafi successivi sarà quello di calcolare le fasce di rispetto dagli elettrodotti del progetto in esame, facendo riferimento alla normativa vigente ed in particolare al limite di qualità di $3 \mu\text{T}$.

Soglia	Valore limite del campo magnetico
Limite di esposizione	$100 \mu\text{T}$ (da intendersi come valore efficace)
Valore di attenzione (misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere)	$10 \mu\text{T}$ (da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)
Obiettivo di qualità (nella progettazione di nuovi elettrodotti in aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, e nella progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità delle linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio)	$3 \mu\text{T}$ (da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)

Tab. 1: Tabella riassuntiva dei valori di soglia



3 VERIFICA DI CONFORMITA' DEL CAMPO MAGNETICO

Ai fini dell'individuazione dei limiti entro i quali deve essere verificato il rispetto dell'obiettivo di qualità, così come nel D.P.C.M. dell'8 Luglio 2003, si è provveduto ad effettuare il calcolo delle fasce di rispetto.

Come "**fasce di rispetto**" si intendono definite dalla Legge 22 Febbraio 2001 n. 36, ovvero il volume racchiuso dalle curve di isolivello a 3 μ T, all'interno delle quali non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore, da determinare in conformità alla metodologia di cui al D.P.C.M. 08/07/2003.

Tale DPCM prevede (art. 6 comma 2) che l'APAT (ora ISPRA), sentite le ARPA, definisca la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l'approvazione del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

3.1 DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE

Il Decreto 29 Maggio 2008 definisce la Distanza di Prima approssimazione (DPA), come "*la distanza in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro della linea, che garantisce che ogni punto la cui proiezione del centro linea più DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto*". Tale grandezza viene introdotta al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto.

3.2 CORRENTI DI CALCOLO PER LA DETERMINAZIONE DELLE DPA

Avendo supposto:

- La terna di cavi facente parte di sistema simmetrico ed equilibrato;
- Carico completamente rifasato con un fattore di potenza pari a 0,9.

Il modulo della corrente I che attraversa la terna di cavi a 150 kV risulta pari a 1069,2 A.

3.3 DIMENSIONAMENTO DEL CAVIDOTTO AT DI CONNESSIONE

Al fine di definire la DPA del cavidotto, si rende prima necessario dimensionare il cavo AT.

La scelta della sezione del conduttore adeguata è eseguita secondo i seguenti passaggi:

- Verifica che la corrente del caso in esame sia inferiore alla massima corrente ammissibile relativa alla sezione del cavo scelto;
- Verifica che la caduta di tensione, espressa in percentuale, per la sezione scelta non superi la soglia del 4% della tensione nominale del cavidotto (150 kV).

Di seguito si riportano le caratteristiche del cavo AXEH0 di sezione 1600 mm²:

Description	Size (mm ²)	Voltage Grade (kV)
AL/XLPE/AWS/HDPE	1X1600	87/150 (170)

Reference Standards	Application
IEC 60228:2004 IEC 60840:2020	For outdoor fixed installations and it's normally used for power transmission. Suitable for laying underground directly or in ducts.

Features	Cable Identification	Construction
Conductor Operating Temp. up to 90 °C Conductor Short Circuit Temp. up to 250 °C	Outer Sheath Color Black Marking Over the Outer Sheath: (Embossed) EL SEWEDY CABLES AZXAS(F)2Y 1X1600RMS/155 mm ² 87/150 (170) kV AL/XLPE/AWS/HDPE Manufacturing Year	Conductor Conductor Screen Insulation Insulation Screen Water Blocking Tape Metallic Screen Metallic Screen Water Blocking Tape Laminated Tape Outer Sheath Coating
		Segmental Aluminum (Class 2) [Water Blocked] Extruded Thermosetting Semi-conducting Compound XLPE Extruded Thermosetting Semi-conducting Compound Semi-conductive Water Blocking Tape Aluminum Wire Screen Aluminum Tape Screen (Open Helix) Semi-conductive Water Blocking Tape Laminated AL Tape HDPE (S7) Graphite Coating

Electrical Data		
Conductor Max. DC Resistance at 20°C	0.0186	Ω/km
Inductance	0.3484	mH/km
Reactance at 50 Hz	0.1094	Ω/km
Capacitance	0.268	μF/km
Charging Current at 50 Hz	7.31	Amp/km
Dielectric Losses at 50 Hz	636.5	W/km/phase
Conductor Short Circuit Current for 0.5 sec.	213.8	kA
(Metallic Screen + Laminated AL Tape) Short Circuit Current for 0.5 sec. (Non-Adiabatic)	31.5	kA
Rated Current [laid in Ground] *	1120	A
Rated Current [laid in Air] *	1555	A
* Air Temperature = 35 °C, Ground Temperature = 20 °C, Soil Thermal Resistivity = 1.0 °C.m/W, Burial Depth = 1.8 m, 1 Circuit, Trefoil Formation, Frequency = 50 Hz		
Nominal electrical stress at conductor screen at U0	6.34	KV/mm
Nominal electrical stress at insulation screen at U0	3.77	KV/mm

General Data		
Approximate Cable Diameter	108.6 *	mm
Approximate Cable Weight	11290	kg/km
Minimum Bending Radius during installation	25 × Outer Diameter	
Minimum Bending Radius after installation	20 × Outer Diameter	
* Cable Diameter is subjected to manufacturing tolerance, Diameter Table can be submitted on request.		

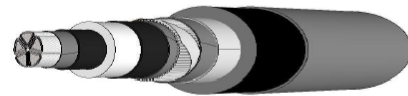


Figura 1 Dati tecnici del cavo AXEH0 per il cavidotto AT 150 kV.

La massima corrente ammissibile del cavo è pari a 1120 A ed è calcolata secondo le norme IEC 60840; è definita per condizioni di posa più severe di quelle implementate per il caso in esame e quindi tale corrente di esercizio è sufficiente per permettere l'utilizzo del cavo nella configurazione adottata.

La caduta di tensione lungo il percorso del cavidotto è valutata come:

$$\Delta U = \sqrt{3} * I * L * (R * \cos\varphi + X * \sin\varphi)$$

dove:

- ΔU è la caduta di tensione [V];
- I è l'intensità di corrente elettrica prevista sulla linea a pieno carico (1069.2 A);
- L è la lunghezza della linea [km];
- R è la resistenza per unità di lunghezza in corrente alternata a 90°C [Ω/km];
- X è la reattanza induttiva serie della linea [Ω/km];
- φ è l'angolo di fase tra tensione e corrente della linea (in mancanza di diverse disposizioni, $\cos\varphi = 0,9$).

La resistenza per unità di lunghezza in corrente alternata viene calcolata come:

$$R = R_{cc}(90^\circ C) * [1 + 1.5 * (y_s + y_p)]$$

dove:

- $R_{cc}(90^\circ C)$ è la resistenza per unità di lunghezza in corrente continua [Ω/km];



- y_s è un fattore correttivo per tener conto dell'effetto pelle dipendente dalle caratteristiche geometriche e fisiche del cavo;
- y_p è un fattore correttivo per tener conto della vicinanza tra in conduttori dipendente dalle caratteristiche geometriche e fisiche del cavo.

Considerando modelli appropriati, i valori assunti dai coefficienti correttivi della resistenza elettrica sono: $y_s = 1.34 * 10^{-7}$ e $y_p = 9.78 * 10^{-10}$; il loro contributo risulta quindi trascurabile ai fini del calcolo della caduta di tensione.

Applicando la metodologia sopra riportata, la caduta di tensione per il cavo AXEH0 di sezione 1600 mm² risulta essere inferiore al 1% della tensione nominale del cavidotto, rispettando il valore del 4% dei buoni criteri di progettazione.

Ne consegue che il cavo AXEH0 di sezione 1600 mm² risulta idoneo all'utilizzo per il caso in esame. In ogni caso le sezioni minime dei conduttori non sono inferiori a quelle previste dalle norme CEI per il tipo di impianto realizzato.

3.4 ANALISI ELETTROMAGNETICA NEL CAVIDOTTO AT DI CONNESSIONE

Il collegamento in cavo AT, per la connessione della Sottostazione Multiutente (SSE) a 150/30 kV con la stazione elettrica (SE) RTN 380/150 kV sarà realizzato con cavi conformi alla norma CEI 11-17+Var.V1 ed al par. 5.2.9 della norma CEI 11-1 ed a quanto riportato nel Progetto Unificato Terna.

La connessione dell'impianto sarà realizzata mediante una terna di cavi unipolari in alluminio con tensione nominale pari a 150kV e sezione 1600mm², quest'ultima dimensionata per sostenere la potenza di 250 MW, tenendo conto delle perdite e delle cadute di tensione ammesse sulla linea secondo quanto calcolato nel paragrafo precedente.

La modalità di posa come di seguito illustrata, sarà realizzata ad una profondità di 1,40m.

All'interno del cavidotto verrà posato un tritubo per i cavi di segnale. L'immagine seguente mostra la sezione tipo di cavidotto AT su strada bianca:

SEZIONE TIPO CAVIDOTTO AT FORMATO DA
UNA TERNA DI CAVI SU STRADA BIANCA
SCALA 1:100

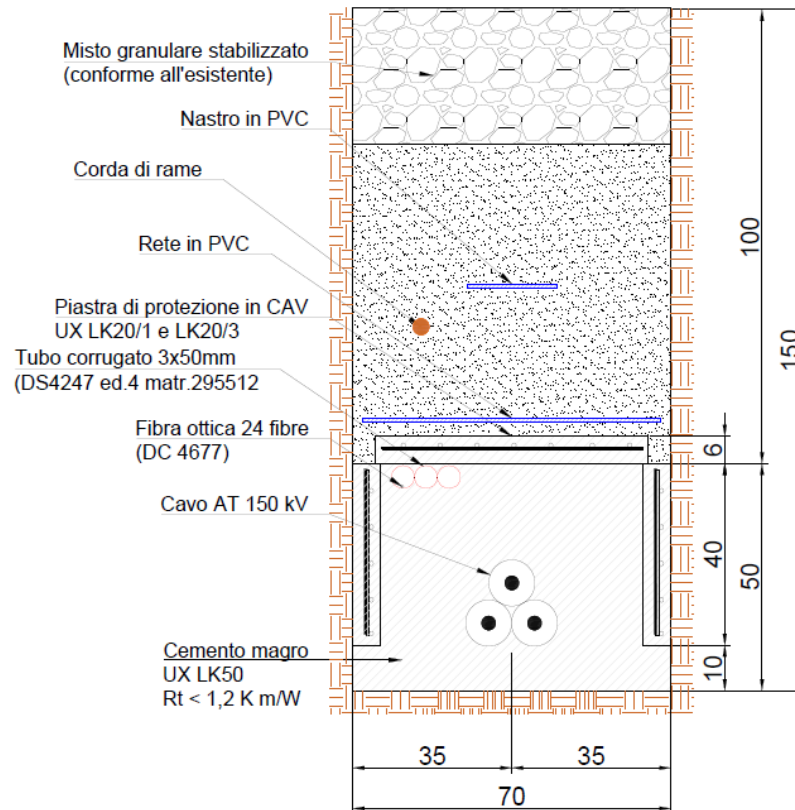


Figura 2 Tipico di sezione cavidotto AT su strada bianca.

A questo punto è possibile effettuare le simulazioni.

A seguire le curve di isolivello calcolate considerando le condizioni di esercizio più gravose:

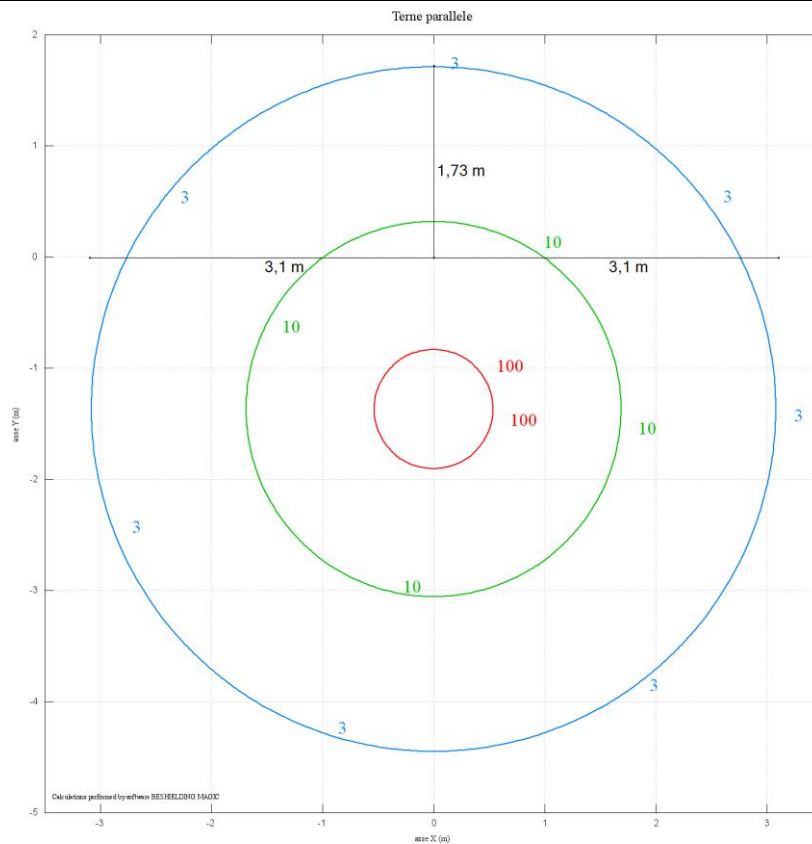


Figura 3 Curve di isolivello dell'induzione magnetica B generata dalla terna di cavi AT.

Dal grafico sopra riportato, è possibile evincere che il valore di qualità di $3 \mu\text{T}$ viene riscontrato al di sopra della quota stradale, con quota massima di 1,73 m sopra il piano calpestato.

Il valore della DPA è pari a 3,1m, misurato dall'asse centrale della terna.

Il grafico successivo mostra i valori dell'induzione magnetica sul piano calpestabile in funzione della distanza dall'asse centrale dello scavo $X=0$:

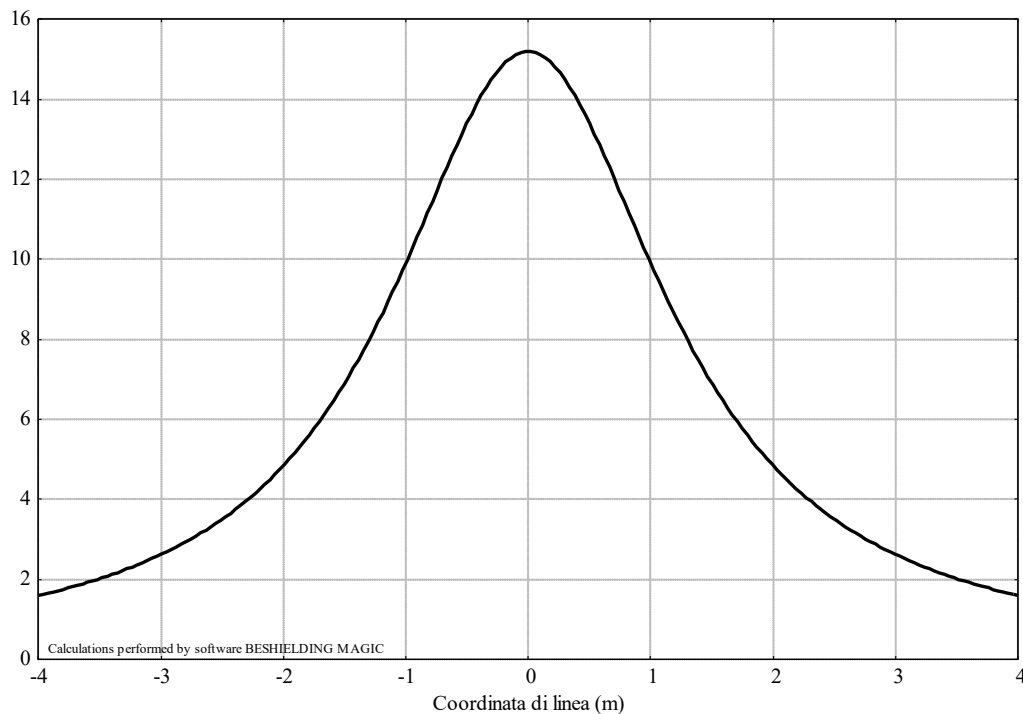


Figura 4 Valori di induzione magnetica sul piano calpestabile in funzione della distanza x (m).

4 VERIFICA DELLA CONFORMITÀ DEL CAMPO ELETTRICO

Per cavi interrati, essendo dotati di schermatura, il campo elettrico esterno ad essi è nullo.

5 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Legge Quadro n. 36 del 22/02/01 e relativo DPCM 08-07-2003 sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.
- Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 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.
- Decreto Ministeriale 29 maggio 2008: Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti.
- Decreto Ministeriale del 21 marzo 1988 n. 449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne".
- D.Lgs 81/2008 del 9/4/2008 "Testo unico sulla sicurezza".
- Norma CEI 106-11: "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003".
- Guida CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche".



- Guida CEI CLC/TR 50453 “Valutazione dei campi elettromagnetici attorno ai trasformatori di potenza”.
- Norma CEI EN 61936-1, “Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. Parte 1: Prescrizioni comuni”.
- CEI 11-60, “Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV”
- CEI 11-17, “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo”
- CEI IEC 602878, “Cavi elettrici - Calcolo della portata di corrente Parte1-1: Equazioni per il calcolo della portata di corrente (fattore di carico 100 %) e calcolo delle perdite – Generalità”
- D.Lgs 159/2016 “requisiti minimi per la protezione dei lavoratori contro i rischi per la salute e la sicurezza derivanti dall'esposizione ai campi elettromagnetici”.

6 CONCLUSIONI

Non ricadendo in nessuno dei casi riportati dall' Art.4 comma 1 del D.P.C.M. 23/07/2003 esposto nel paragrafo 2 della presente relazione, l'articolo di riferimento sarà l'Art. 3 comma 1 D.P.C.M. 23/07/2003 che cita testualmente “nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.”

La soglia limite da rispettare per il progetto in esame, pertanto, è pari a 100 μ T, valore dal quale siamo abbondantemente lontani, considerando che il valore di induzione magnetica alla quota stradale riportata in Figura 4 è inferiore ai 16 μ T.

Nel complesso si ritiene che l'impatto elettromagnetico generato dal cavidotto di alta tensione sull'ambiente esterno risulta essere trascurabile e conforme ai limiti imposti dalla legge.

Il tecnico

Ing. Leonardo Sblendido



INTERNAL CODE

C23FSTR002WR02700

PAGE

12 di/of 12