

Seminario sull'Inquinamento da Campi Elettromagnetici

per gli studenti del Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la Natura

Anno accademico 2025-2026

20 - 21 Novembre 2025

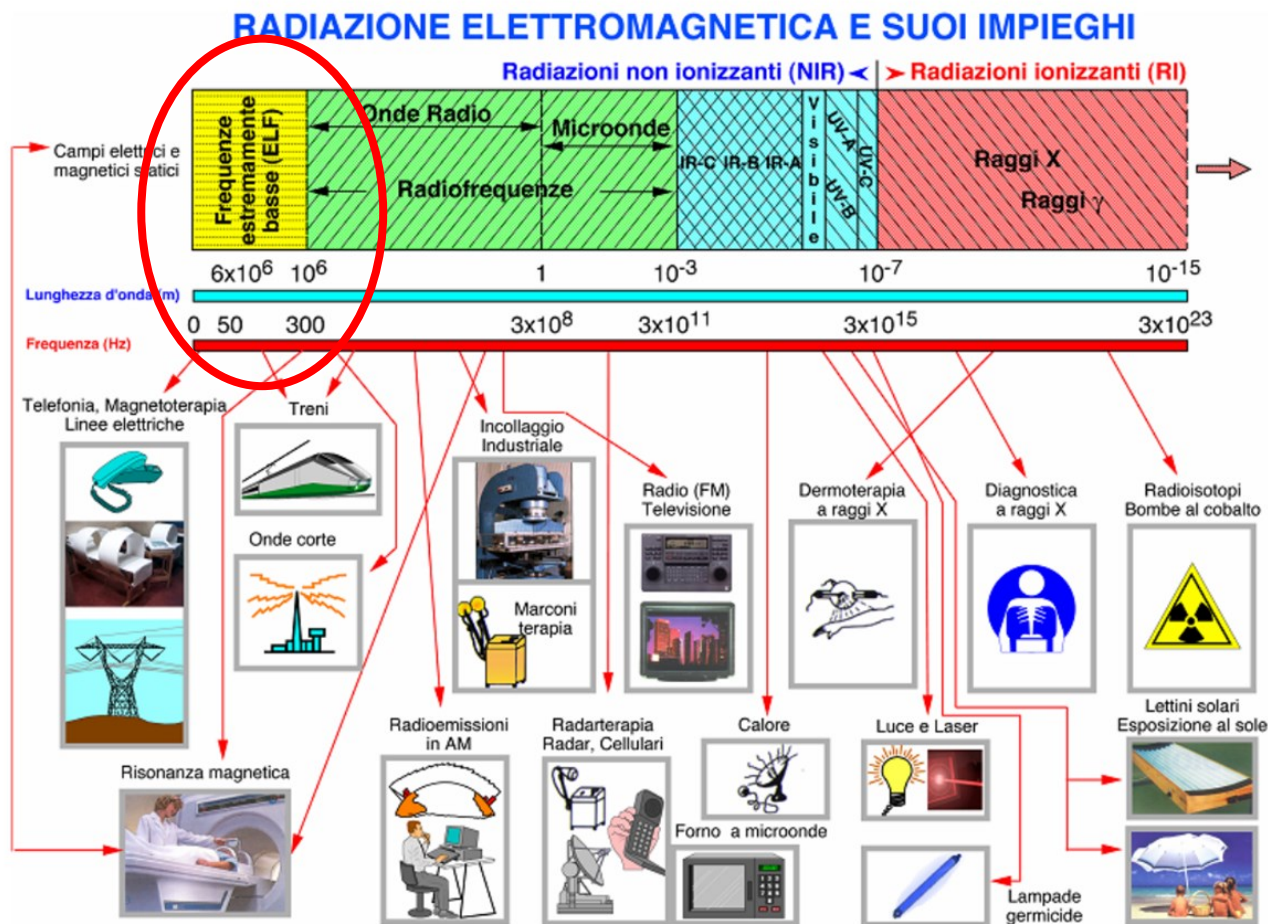
Autore: dott. S. Barba

S.O.S. Fisica Ambientale

I.P.A.S. Centro regionale di riferimento campi elettromagnetici e inquinamento acustico

Argomenti

- Elettrodotti
- Valutazioni preventive
- Misure



Sorgenti ambientali **ELF** (Extreme Low Frequency)

Frequenza pari a 50 Hz

Linee elettriche aeree ed interrate



Elettrodotti

Linee elettriche aeree e interrate esercite alla frequenza di **50 Hz** con tensioni che variano da 20 kV (Medie Tensioni – MT), a 66 kV e 132 kV (Alte Tensioni – AT) fino a 220 kV e 380 kV (Altissime Tensioni – AAT)

Sorgenti ambientali **ELF** (**E**xtr**e**m**e** **L**ow **F**requency)

Frequenza pari a 50 Hz

Cabine di trasformazione e sottostazioni elettriche

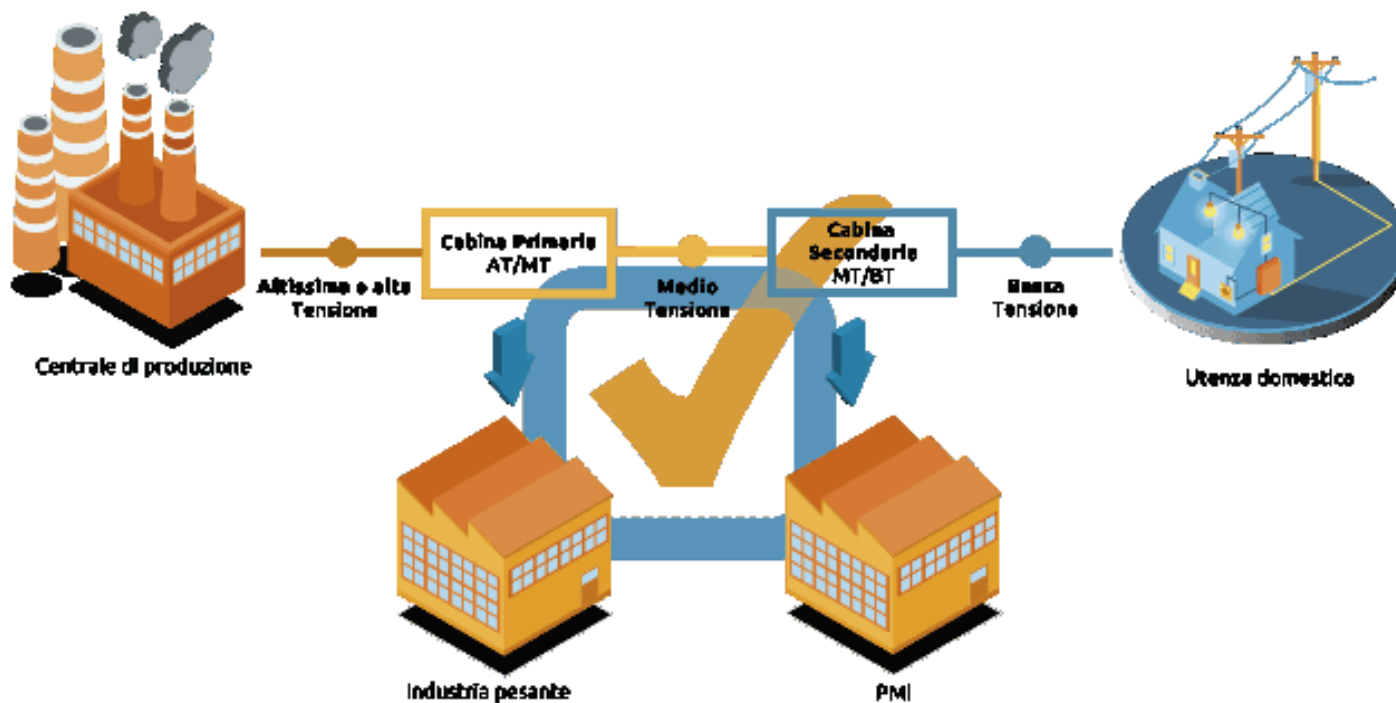
Elettrodotti

Sono classificate come elettrodotti le cabine di trasformazione e le sottostazioni elettriche



Sorgenti ambientali **ELF** (Extreme Low Frequency)

Rete elettrica nazionale



Sorgenti ambientali **ELF** (Extreme Low Frequency)

Perché bassa, media, alta ed altissima tensione ?

Potenza nominale

$$P_n = V \times I$$

Potenza dissipata per effetto Joule (termico)

$$P_d = R \times I^2$$

Resistenza conduttore cilindrico

$$R = \rho \times \frac{l}{A}$$

ρ = resistività del conduttore [$\Omega \cdot m$]

l = lunghezza [m]

A = sezione [m^2]



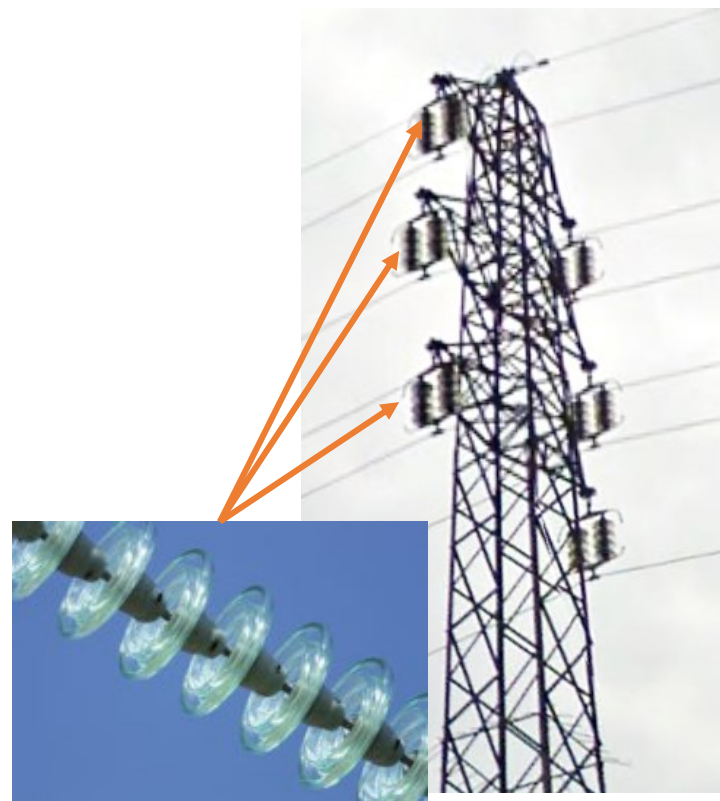
Più alta è la tensione, minore è la corrente a parità di potenza nominale e quindi minore è la potenza dissipata per effetto Joule



Sorgenti ambientali **ELF** (**E**xtr**e**m**e** **L**ow **F**requency)

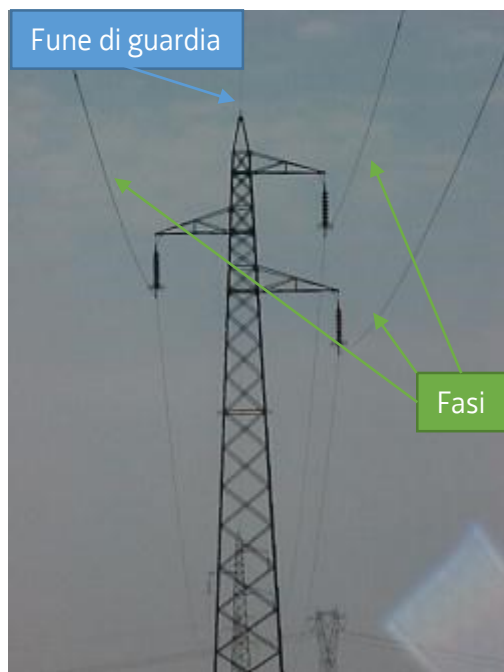
Identificazione della tensione nominale della linea (metodo empirico)

Numero isolatori	Tensione	Tipologia
1-4	20 kV	Media Tensione
5	66 kV	Alta Tensione
9	132 kV	Alta Tensione
15	220 kV	Altissima Tensione
19	380 kV	Altissima Tensione



Sorgenti ambientali **ELF** (Extreme Low Frequency)

Campo elettrico



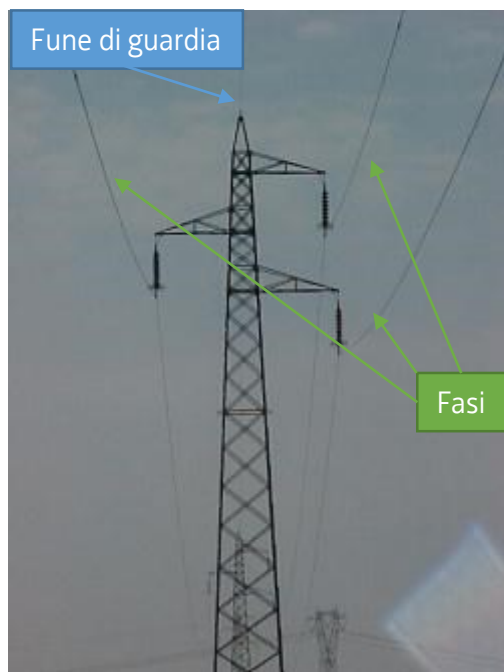
- Le fasi portano corrente
- La fune di guardia non porta corrente (serve a proteggere la struttura da fulminazioni)
- Il **campo elettrico** nel punto di misura dipende:
 - Dalla **tensione della linea (costante nel tempo)**
 - Dalla distanza dai conduttori (fasi)
 - Dalla configurazione della linea (altezza della linea, distanza tra le fasi e loro disposizione, dimensioni del conduttore)

Il campo elettrico prodotto dalle linee interrate, nelle aree accessibili fuori terra, risulta trascurabile.

Il campo elettrico è fortemente influenzato dalla presenza di oggetti, anche non conduttori.

Sorgenti ambientali **ELF** (Extreme Low Frequency)

Campo magnetico



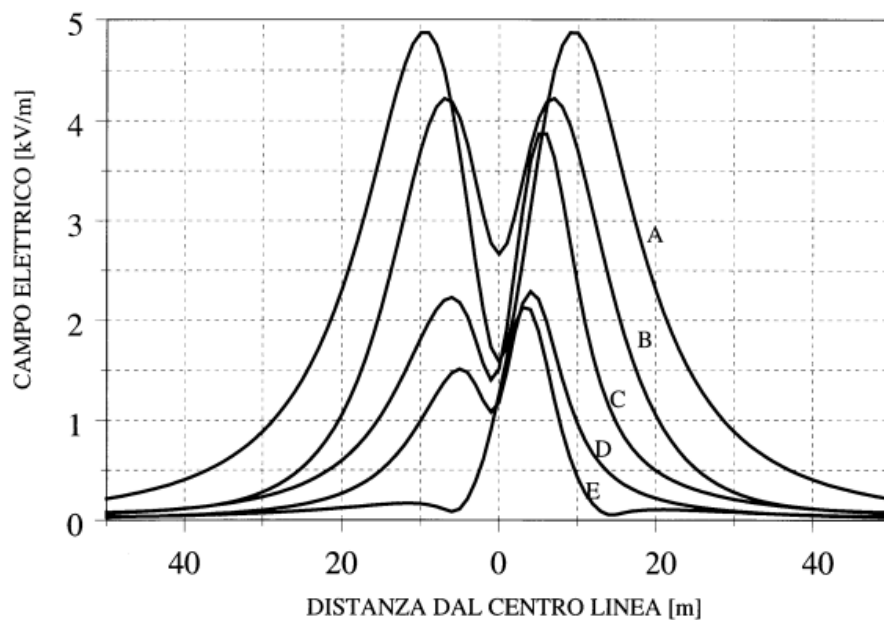
- Le fasi portano corrente
- La fune di guardia non porta corrente (serve a proteggere la struttura da fulminazioni)
- Il **campo magnetico** nel punto di misura dipende:
 - Dalla **corrente** della linea (**variabile** nel tempo)
 - Dalla distanza dai conduttori (fasi)
 - Dalla configurazione della linea (altezza della linea, distanza tra le fasi e loro disposizione, dimensioni del conduttore)

Il campo magnetico prodotto dalle linee interrate, nelle aree accessibili fuori terra, può risultare rilevante (non facilmente schermabile).

Sorgenti ambientali **ELF** (Extreme Low Frequency)

Andamento del Campo Elettrico

Profili laterali a 1 m da terra per diverse configurazioni di linee AAT/AT nella sezione corrispondente ai più gravosi franchi minimi stabiliti dalla legge



LEGENDA

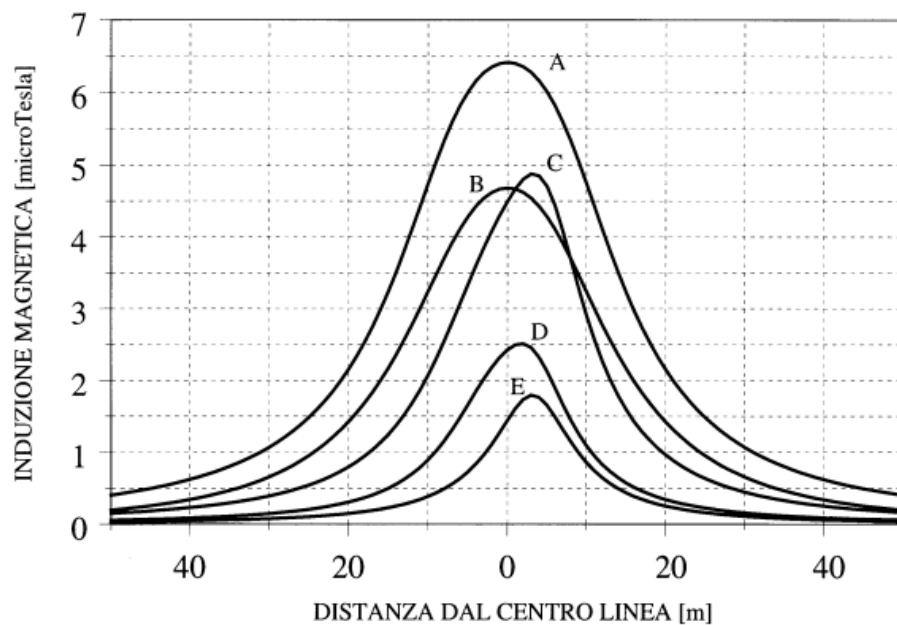
- A: Semplice terna a 380 kV
- B: Doppia terna a 380 kV
- C: Semplice terna a 220 kV
- D: Semplice terna a 132 kV
- E: Semplice terna a 132 kV con disposizione orizzontale dei conduttori



Sorgenti ambientali **ELF** (Extreme Low Frequency)

Andamento del Campo Magnetico

Profili laterali a 1 m da terra per diverse configurazioni di linee AAT/AT nella sezione corrispondente ai più gravosi franchi minimi stabiliti dalla legge



LEGENDA

Condizioni di riferimento per il calcolo:

- A: Semplice terna a 380 kV, carico 400 A; B: doppia terna a 380 kV, carico 400 A
- C: Semplice terna a 220 kV, carico 200 A; D: semplice terna a 132 kV, carico 100 A
- E: Semplice terna a 132 kV con disposizione verticale dei conduttori, carico 100 A

Argomenti

- Elettrodotti
- Valutazioni preventive
- Misure

Valutazioni preventive

Calcolo di impatto elettromagnetico - Parametri

Geometria dei sostegni

Geometria Sostegni

DESCRIZIONE

PINO_SIN1
 380_ST_AL_TUBOLARE_MONOSTELO_SN
 380_ST_AN_TUBOLARE_MONOSTELO_SN
 PINO_SIN2
 23406_M
 23719_P110
 M_TRONCOP_ESTESO
 RFI_CASARSA_SACILE_TN5_S_SX
 23797_V
 23797_L
 PINO_SIN_FVG
 28552_42/A
 23748_13
 PINO_SIN_220KV_TAV
 23718_P4
 ENECO_HAT_A
 24560_169
 24560_168
 24560_167
 24560_166
 T_PN_23749_17

Visualizza geometria come: ☒ Immagine ☐ Schema

Dati Geometria (*)

Descrizione: 23748_12 Tipologia: PINO SINISTRO Carica Bitmap

Collocazione ☒ Aerea ☐ Interrata Distanza Cavi (m): 0.000 Num. cond.: 3 Num. funi: 1

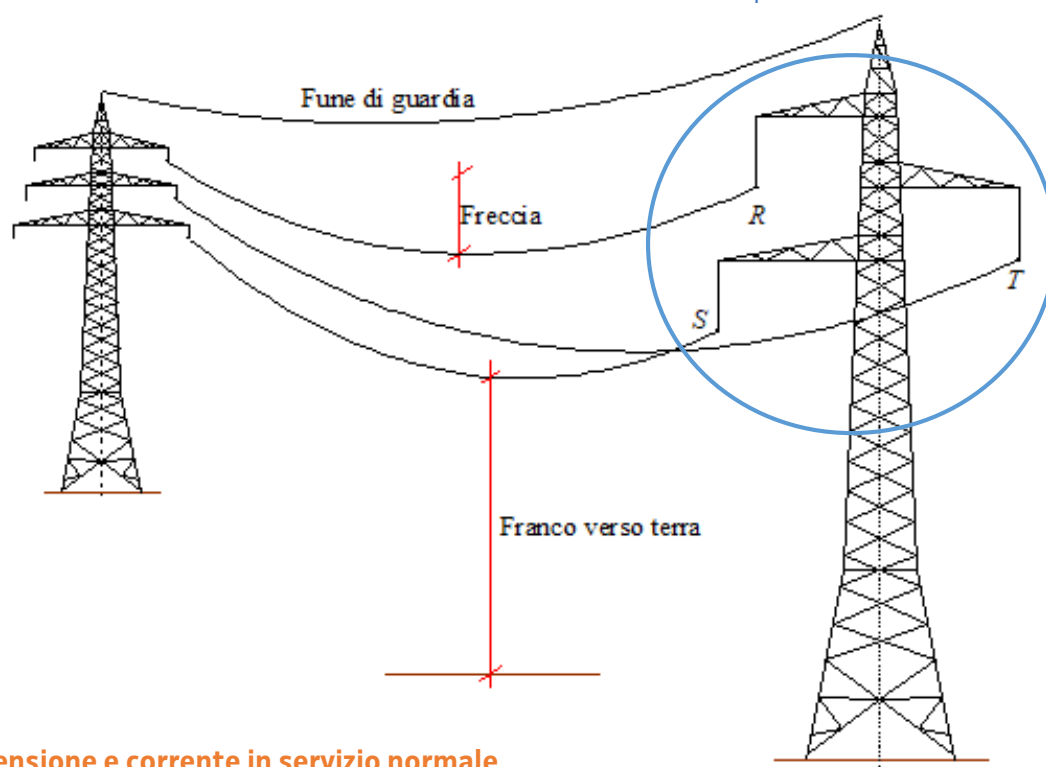
Conduttore 1		Conduttore 2		Conduttore 3		Fune di Guardia 1	
D1 (m):	-2.400	D2 (m):	2.500	D3 (m):	-2.600	Dfune1(m):	0.000
H1 (m):	4.050	H2 (m):	1.830	H3 (m):	0.000	Hfune1(m):	7.600

Conduttore 4		Conduttore 5		Conduttore 6		Fune di Guardia 2	
D4 (m):		D5 (m):		D6 (m):		Dfune2(m):	
H4 (m):		H5 (m):		H6 (m):		Hfune2(m):	

(*) Coordinate rispetto al s.r. del traliccio, con origine alla base della testa del sostegno, asse X positivo a destra e asse Y positivo verso l'alto. Traliccio è visto secondo il verso positivo della corrente (di fase 0, al tempo 0).

Inserisci Modifica Annulla Conferma Seleziona Elimina Esci

Disposizione delle fasi



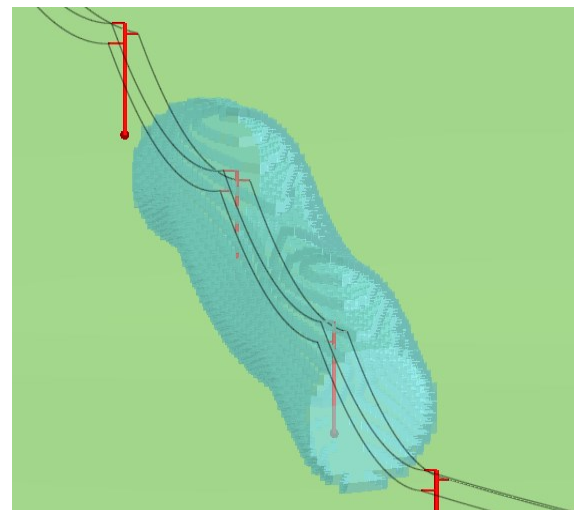
Tensione e corrente in servizio normale

Valutazioni preventive

D.M. 29.05.2008

Metodologia di calcolo delle fasce di rispetto

La **fascia di rispetto** è lo spazio che circonda l'elettrodotto entro il quale i valori del campo di induzione magnetica sono superiori o pari a **3 μ T**.



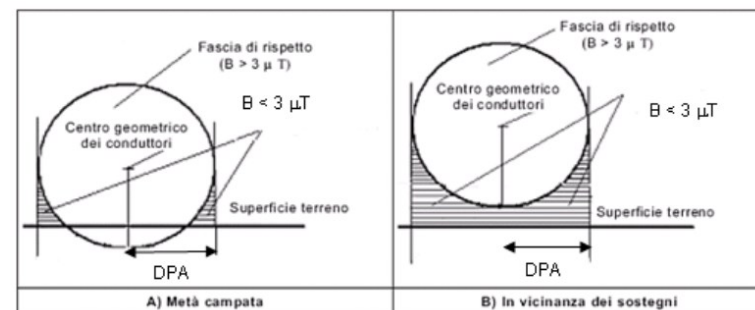
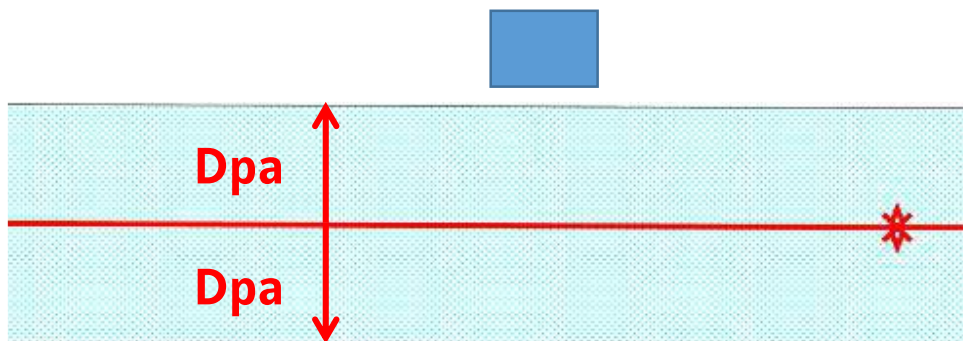
Dentro la fascia di rispetto non è consentita la presenza di edifici (o luoghi) adibiti a permanenza superiore alle **4 ore giornaliere**.

Valutazioni preventive

D.M. 29.05.2008

Metodologia di calcolo delle fasce di rispetto

La **distanza di prima approssimazione (DPA)** per le linee elettriche è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro della linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro della linea più di Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto.



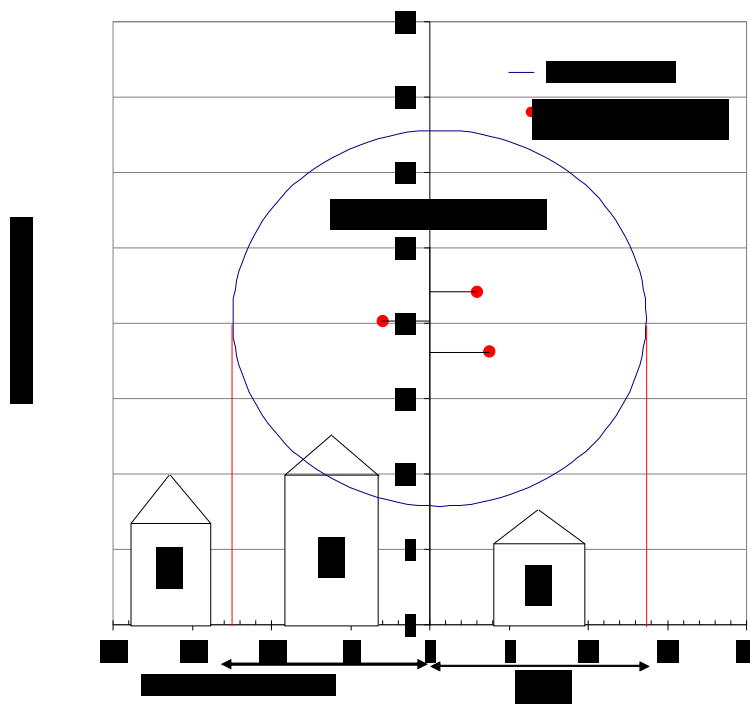
Per le cabine la Dpa è definita come la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

Valutazioni preventive

D.M. 29.05.2008

Metodologia di calcolo delle fasce di rispetto

In condizioni particolari è necessario il calcolo esatto della fascia di rispetto



Edificio A: esterno alla DPA.

Non necessita di ulteriori approfondimenti perché è sicuramente fuori dalla fascia di rispetto. Può essere autorizzato l'edificio o, analogamente, l'elettrodotto.

Edificio B: interno alla DPA e interno alla fascia di rispetto.

L'edificio non può essere autorizzato se destinato a permanenza superiore alle 4 ore. Analogamente l'elettrodotto non può essere autorizzato.

Edificio C: interno alla DPA ma esterno alla fascia di rispetto.

L'edificio può essere autorizzato e analogamente l'elettrodotto può essere autorizzato.

Valutazioni preventive

D.M. 29.05.2008

Metodologia di calcolo delle fasce di rispetto

Esempi

Tensione (kV)	Tipologia di linea	Dpa media (m)	Dpa intervallo (m)
380	Singola linea	47	38 – 51
220	Singola linea	25	22 – 30
132	Doppia linea	24	16 – 32
	Singola linea TERNA	17	12 – 25
	Singola linea ex RFI	15	12 – 19

Argomenti

- Elettrodotti
- Valutazioni preventive
- Misure

Misure

Strumenti

Strumento per misure puntuali
(breve periodo)



Centralina di monitoraggio
(lungo periodo)



Misure

Come eseguirle

Riferimenti

- Norma CEI 211-6 «Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz – 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana»
- D.M. 29.05.2008 «Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica»

Posizione

Altezza compresa tra 1.0 m e 1.5 m sopra il piano di calpestio, ad almeno 10 cm da qualsiasi superficie

Durata

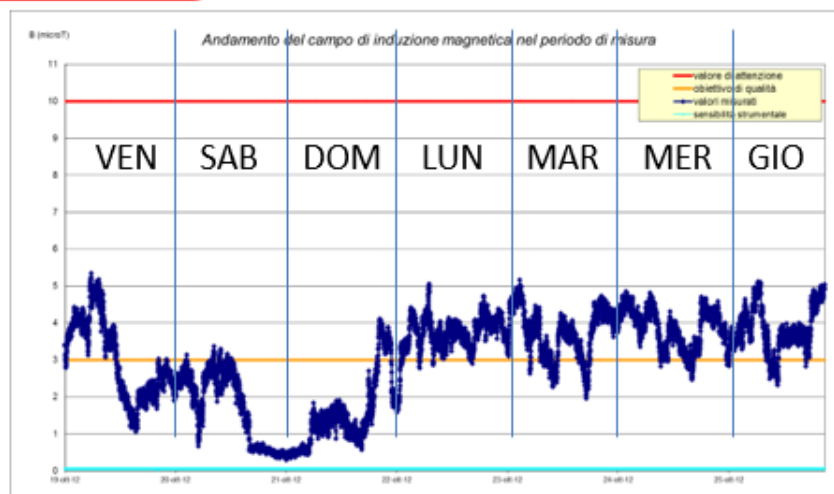
- Limite di esposizione: qualsiasi intervallo di un minuto (valore efficace)
- Valore di attenzione: mediana nelle 24 ore (almeno un valore efficace al minuto)

Misure

Esempio di misura in continuo

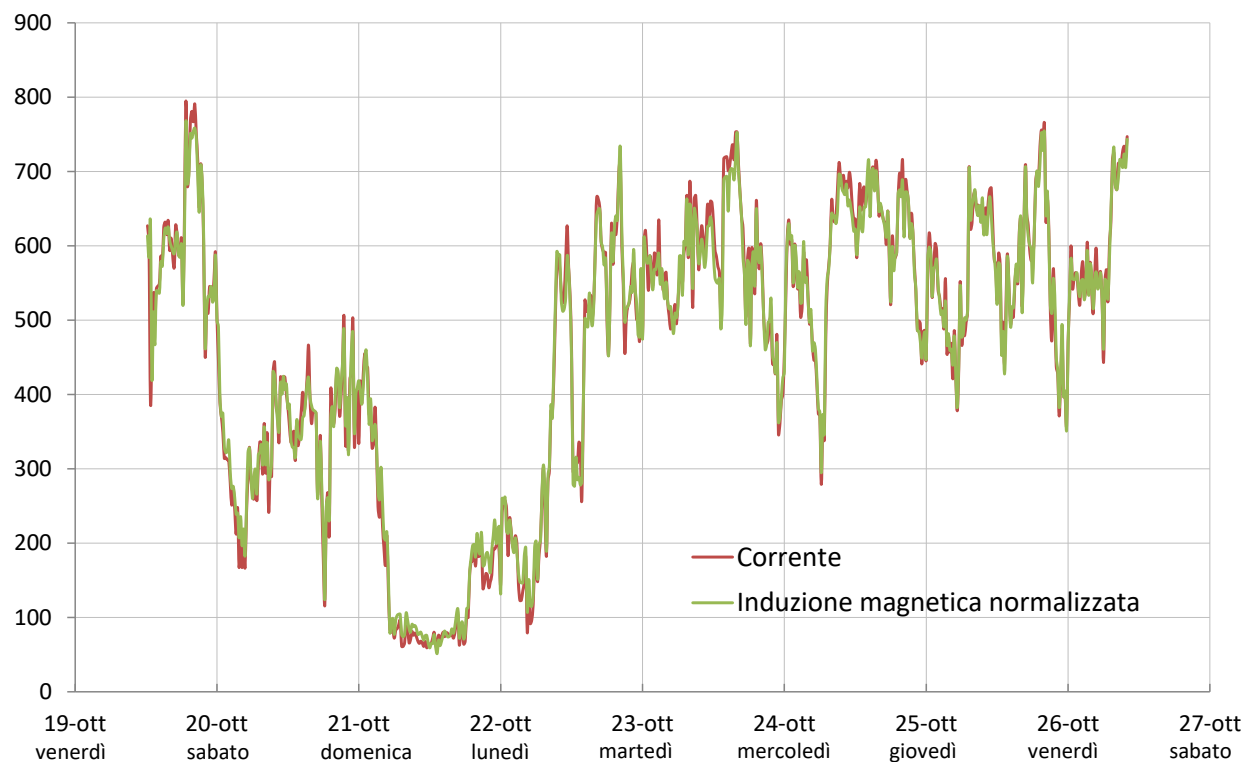


VALORE MISURATO INDUZIONE MAGNETICA		LIMITI PREVISTI DAL D.P.C.M. 8/07/2003		
MEDIANA MASSIMA NELLE 24 ORE (μT)	VALORE MASSIMO (μT)	LIMITE DI ESPOSIZIONE (μT)	VALORE DI ATTENZIONE (μT) (mediana nelle 24 ore)	OBIETTIVO DI QUALITA' (μT) (mediana nelle 24 ore)
4.02 RIFERITA AL 15/10/2012	5.34	100	10	3
VALORE MISURATO CAMPO ELETTRICO (V/m)		LIMITE DI ESPOSIZIONE PREVISTO DAL D.P.C.M. 8/07/2003 (V/m)		
1149		5000		
DATA MISURA: 19/10/2012 ORE: 12.30				



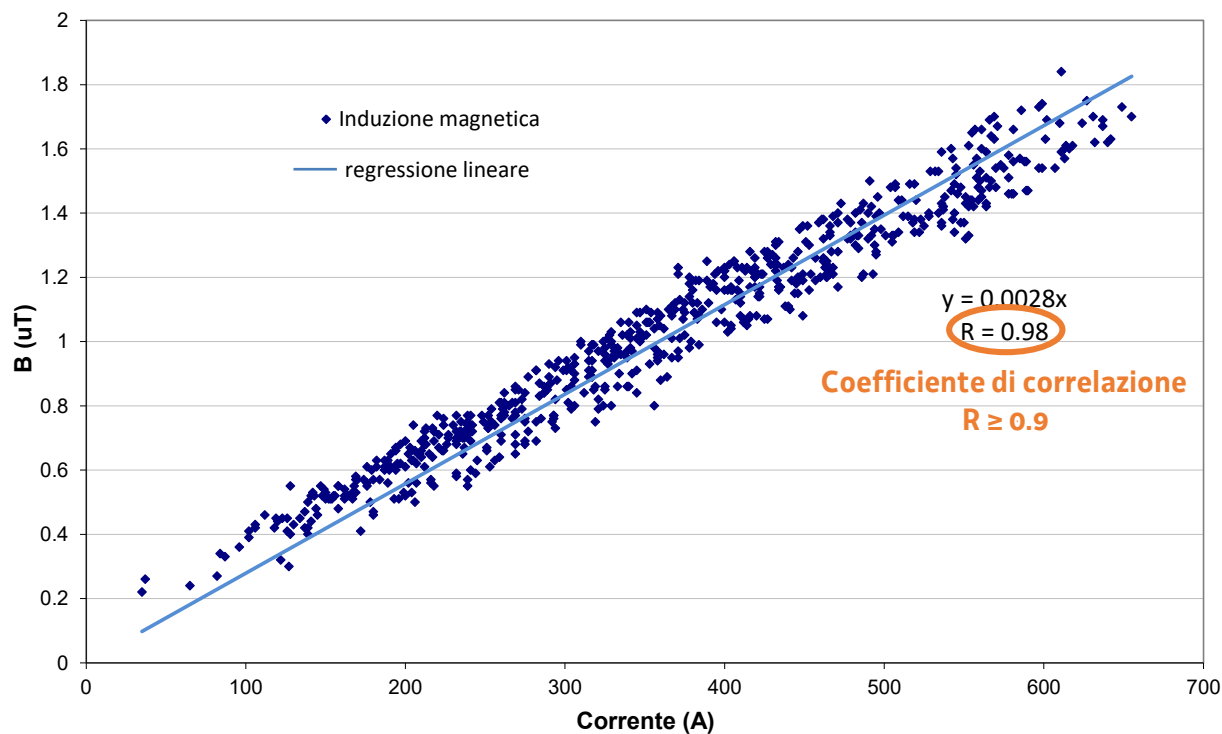
Misure

Esempio di correlazione tra campo magnetico misurato e corrente (dati forniti dal Gestore della linea)



Misure

Esempio di correlazione tra campo magnetico misurato e corrente (dati forniti dal Gestore della linea)



Si assume valida la relazione se il coefficiente di correlazione tra serie di dati di campo magnetico e corrente è maggiore o uguale a 0.9.

Tali condizioni potrebbero **non** essere soddisfatte in presenza di più elettrodotti o di altre sorgenti di campo magnetico a 50 Hz.

Misure

Estrapolazione del campo magnetico massimo (D.M. 29.05.2008)

1. Si acquisiscono valori di campo magnetico B_i per un periodo pari ad almeno 24 ore (almeno 100 valori da cui vengono esclusi quelli inferiori o uguali a $0.1 \mu T$). Dovranno essere acquisiti altrettanti valori di corrente I_i .
2. Si verifica che il coefficiente di correlazione sia maggiore o uguale a 0.9.
3. Si calcola il valore medio aritmetico R_m di tutti i rapporti $R_i = B_i / I_i$.
4. Si individua la massima **mediana** giornaliera I_{max} delle correnti, nelle normali condizioni di esercizio, rilevate nell'anno antecedente il giorno della misura.
5. Si calcola il valore di campo magnetico rappresentativo di quella giornata che sarà, quindi, il valore massimo nel periodo di riferimento: $B_{max} = R_m \times I_{max}$.
6. Per valutare l'affidabilità del risultato ottenuto è necessario considerarne l'incertezza associata.

? ! ? ! ?