

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 2023-2024

04 – 06 Dicembre 2023

Autore: dott. S. Barba

S.O.C. Stato dell'Ambiente
S.O.S. Protezione dall'Inquinamento Elettromagnetico

Argomenti

- Elettrodotti
- Valutazioni preventive
- Misure



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

Frequenza pari a 50 Hz

Linee elettriche aeree ed interrato



Elettrodotti

Linee elettriche aeree e interrato 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** (Extreme Low Frequency)

Frequenza pari a 50 Hz

Cabine di trasformazione e sottostazioni elettriche

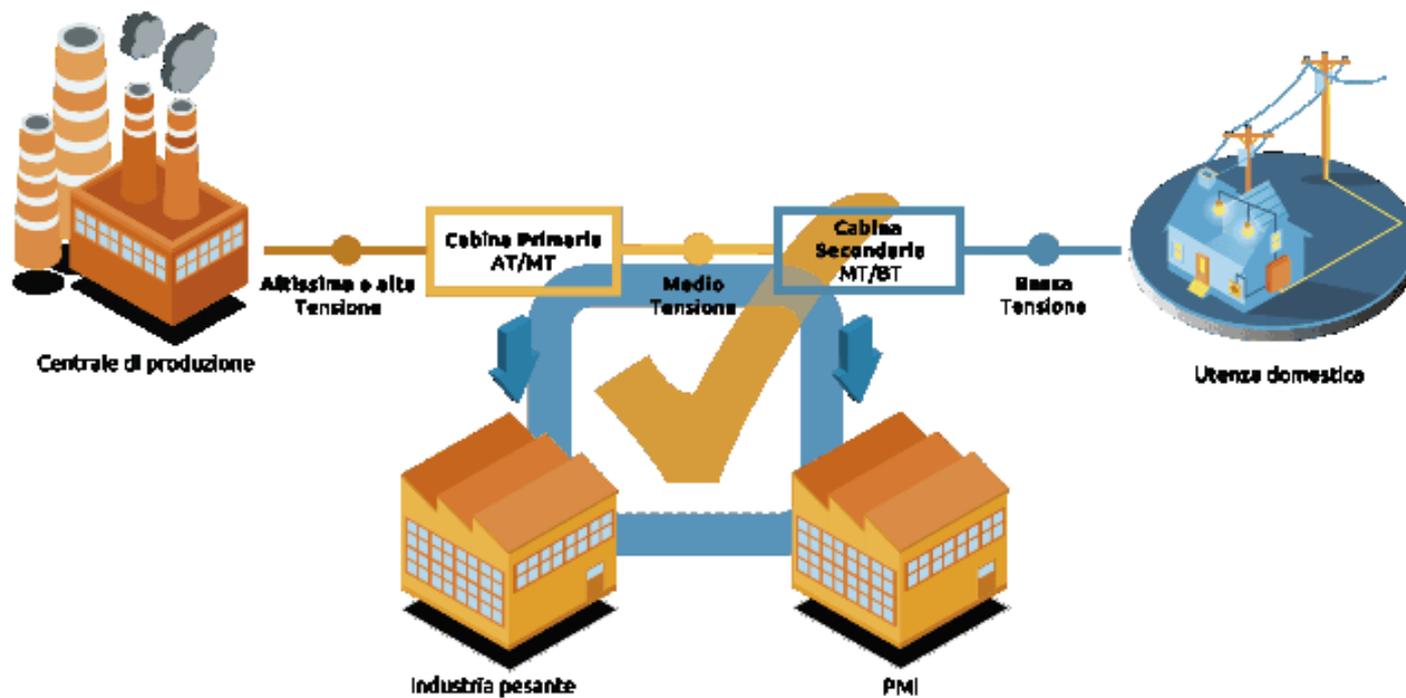
Elettrodotti

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 [m²]



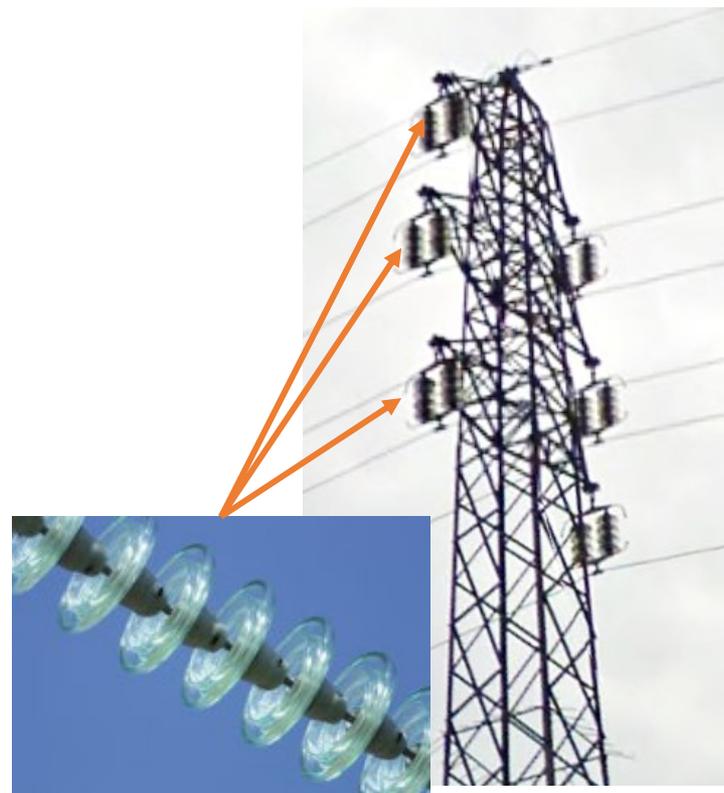
Più alta è la tensione, minore è la corrente a parità di potenza nominale e quindi minore è la potenza dissipata per effetto Joule



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

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



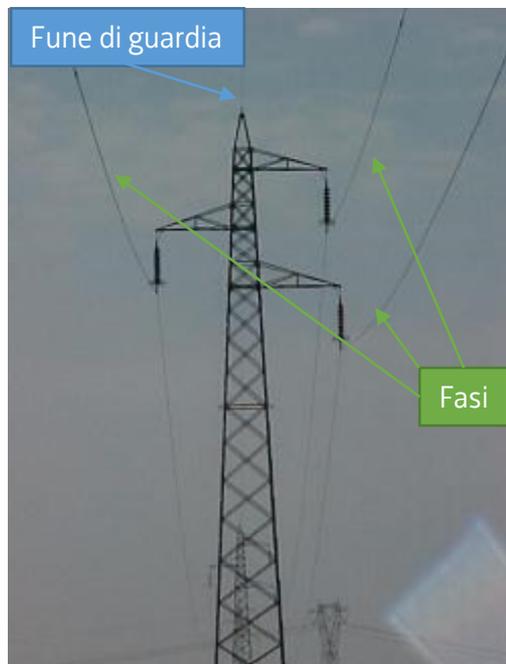
- Le fasi portano corrente
- La fune di guardia non porta corrente (serve a proteggere la struttura da fulminazioni)
- Il **campo elettrico** nel punto di misura dipende:
 - Dalla **tensione della linea (costante nel tempo)**
 - Dalla distanza dai conduttori (fasi)
 - Dalla configurazione della linea (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



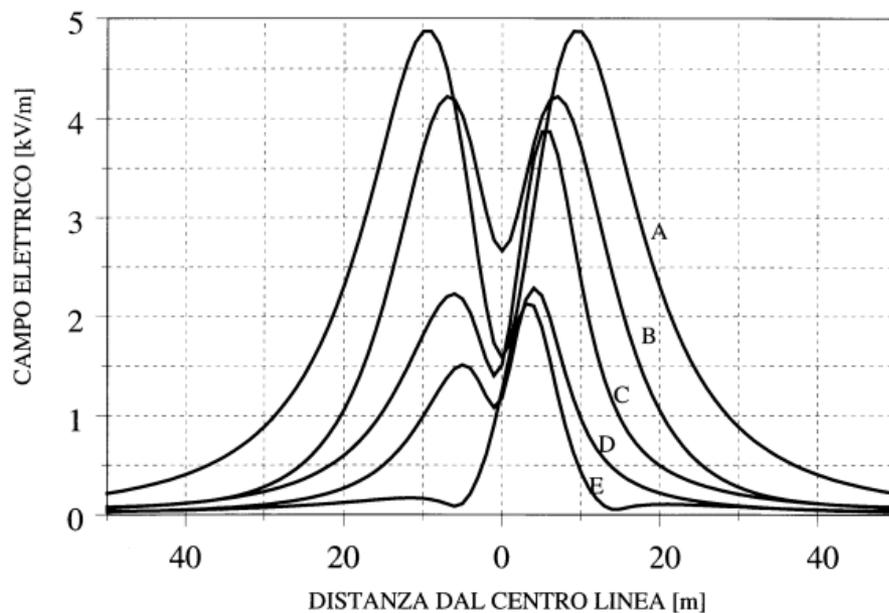
- Le fasi portano corrente
- La fune di guardia non porta corrente (serve a proteggere la struttura da fulminazioni)
- Il **campo magnetico** nel punto di misura dipende:
 - Dalla **corrente** della linea (**variabile** nel tempo)
 - Dalla distanza dai conduttori (fasi)
 - Dalla configurazione della 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

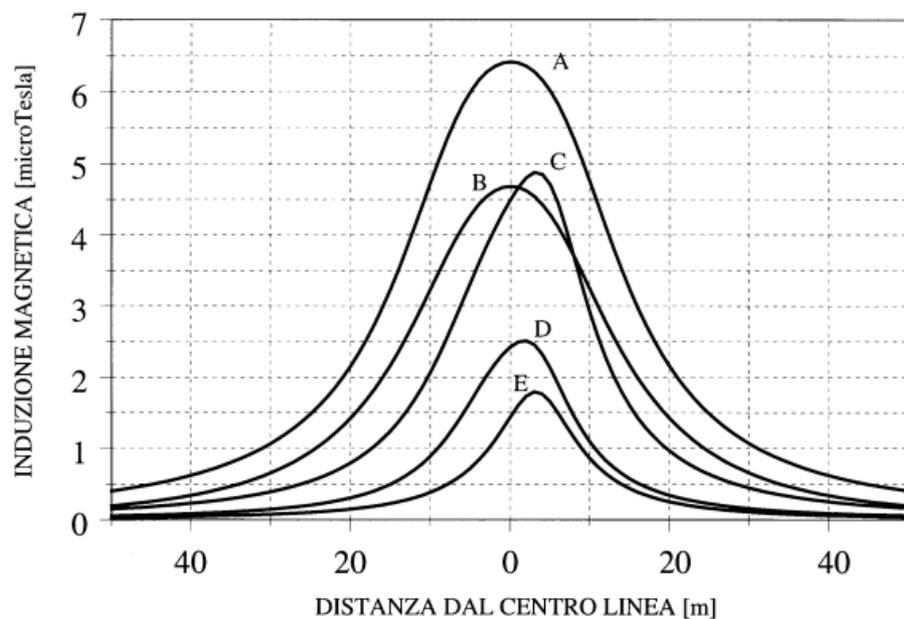
- A: Semplice terna a 380 kV
- B: Doppia terna a 380 kV
- C: Semplice terna a 220 kV
- D: Semplice terna a 132 kV
- E: Semplice terna a 132 kV con disposizione orizzontale dei conduttori



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

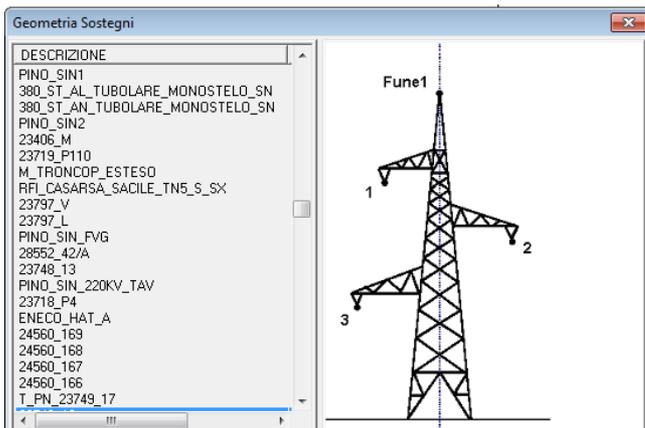
Argomenti

- Elettrodotti
- Valutazioni preventive
- Misure

Valutazioni preventive

Calcolo di impatto elettromagnetico - Parametri

Geometria dei sostegni



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_T3
- PINO_SIN_220KV_TAV
- 23718_P4
- ENECO_HAT_A
- 24560_T69
- 24560_T68
- 24560_T67
- 24560_T66
- T_PN_23749_17

Visualizza geometria come: Immagine Schema

Dati Geometria (*)
 Descrizione: 23748_12 Tipologia: PINO SINISTRO Carica Bitmap

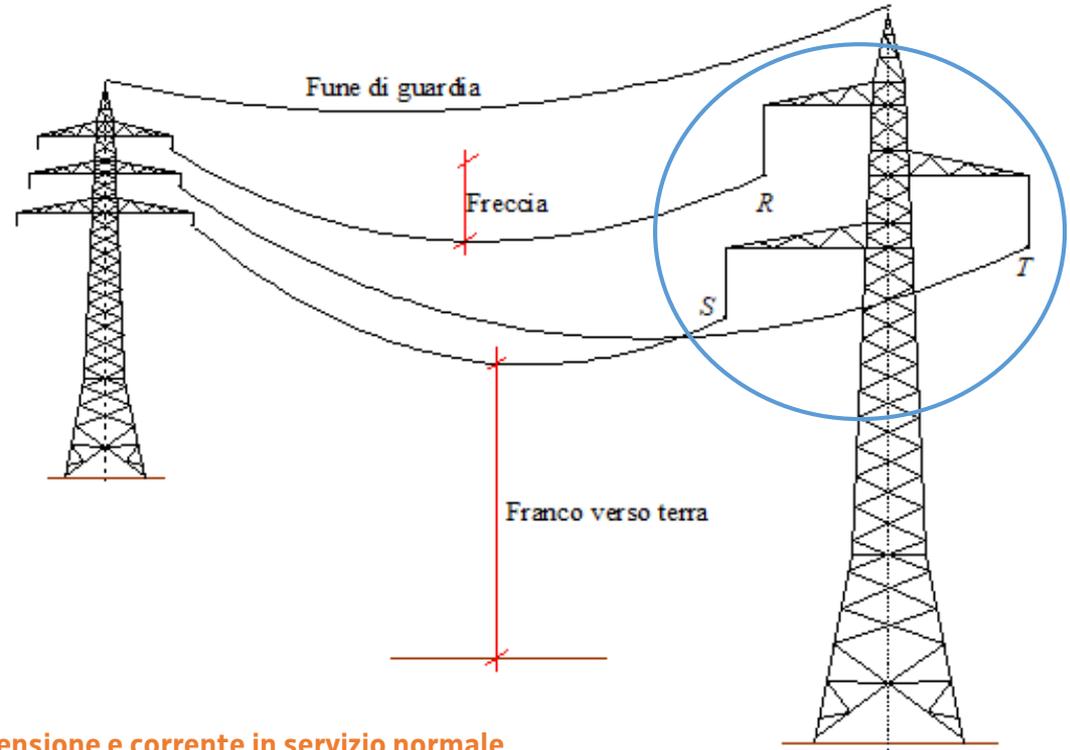
Collocazione: Aerea Interata Distanza Cavi (m): 0.000 Num. cond.: 3
 Num. funi: 1

Conduttore 1 D1 (m): -2.400 H1 (m): 4.050	Conduttore 2 D2 (m): 2.500 H2 (m): 1.830	Conduttore 3 D3 (m): -2.600 H3 (m): 0.000	Fune di Guardia 1 Difune1(m): 0.000 Hifune1(m): 7.600
Conduttore 4 D4 (m): H4 (m):	Conduttore 5 D5 (m): H5 (m):	Conduttore 6 D6 (m): H6 (m):	Fune di Guardia 2 Difune2(m): Hifune2(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. Il traliccio è visto secondo il verso positivo della corrente (di fase 0, al tempo 0).

Inserisci Modifica Annulla Conferma Selezione Elimina Esci

Disposizione delle fasi



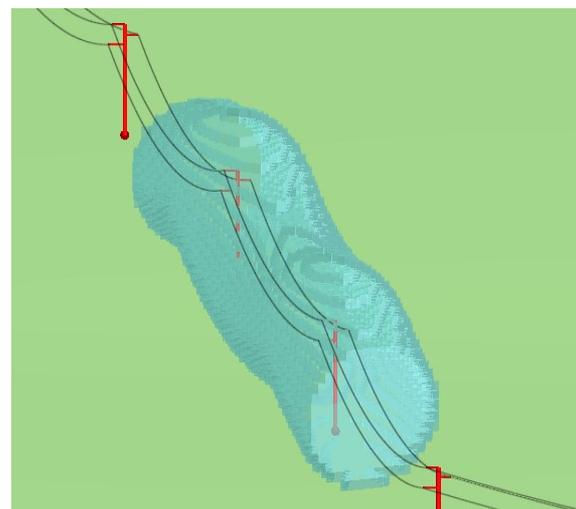
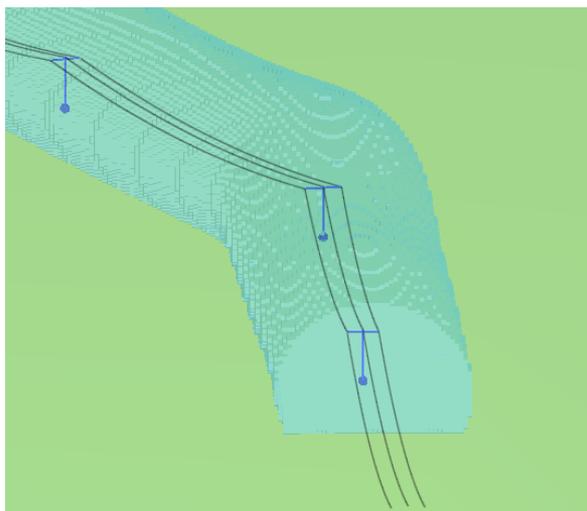
Tensione e corrente in servizio normale

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**.



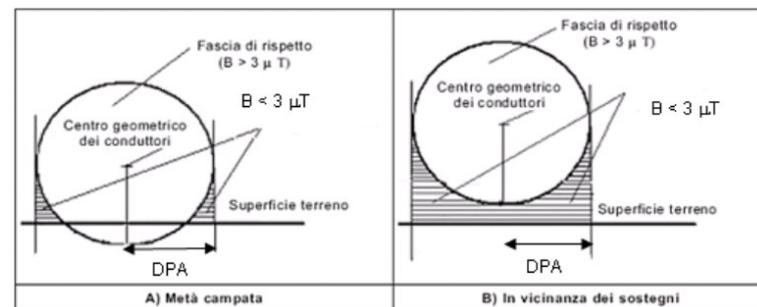
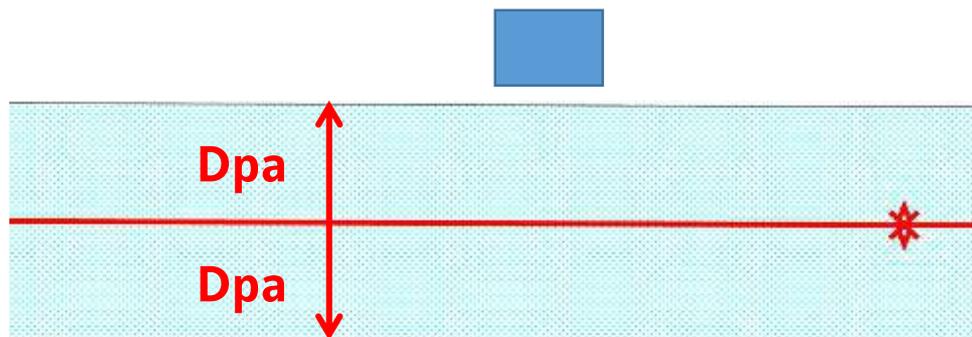
Dentro la fascia di rispetto non è consentita la presenza di edifici (o luoghi) adibiti a permanenza superiore alle **4 ore giornaliere**.

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.



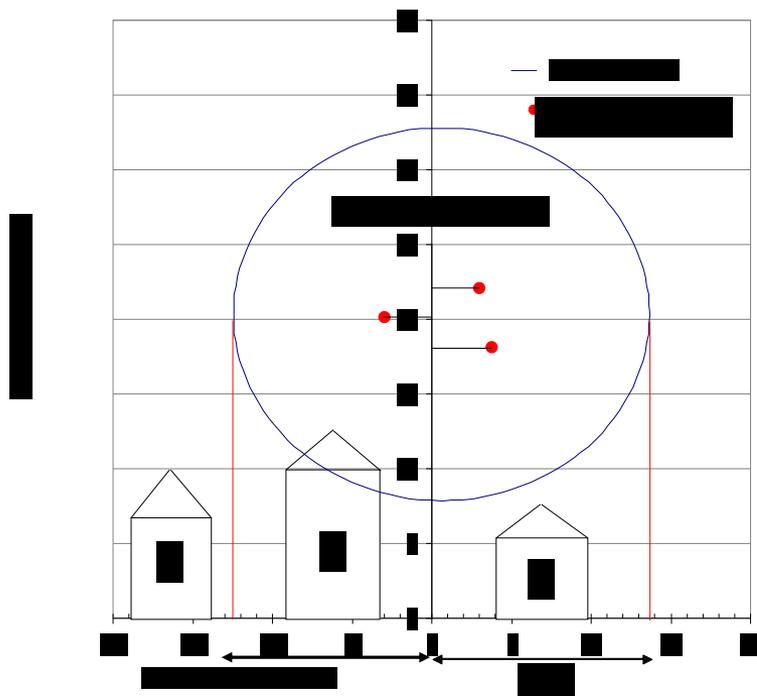
Per le cabine la Dpa è definita come la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

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

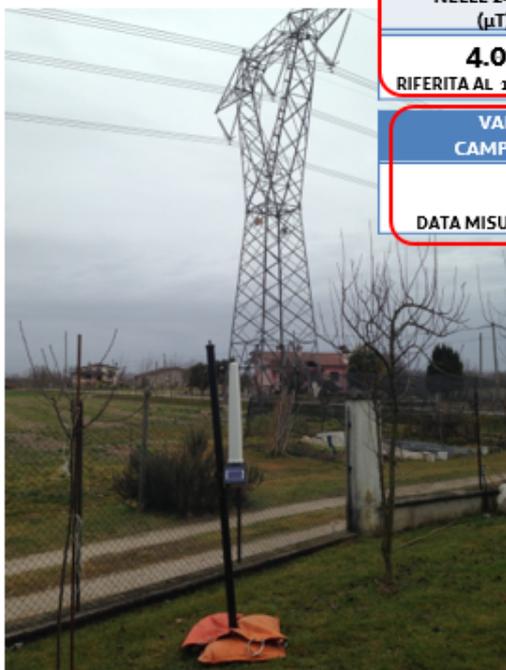
Altezza compresa tra 1.0 m e 1.5 m sopra il piano di calpestio, ad almeno 10 cm da qualsiasi superficie

Durata

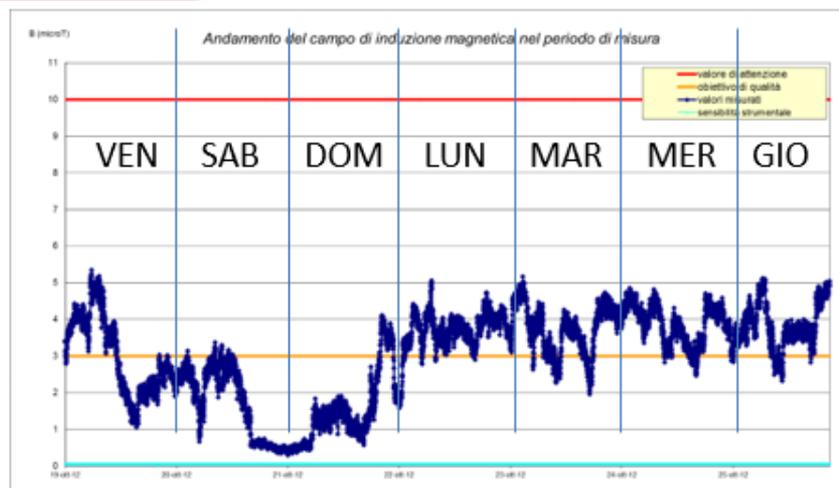
- Limite di esposizione: qualsiasi intervallo di un minuto (valore efficace)
- Valore di attenzione: mediana nelle 24 ore (almeno un valore efficace al minuto)

Misure

Esempio di misura in continuo

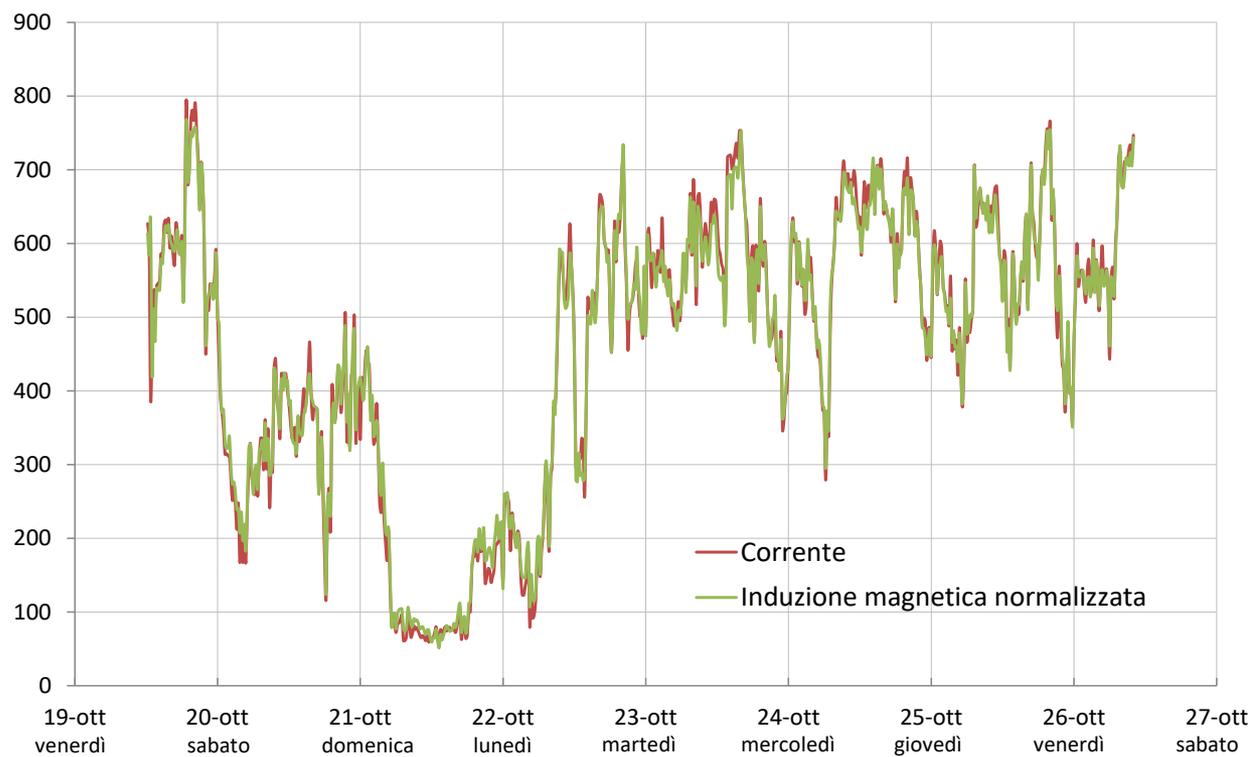


VALORE MISURATO INDUZIONE MAGNETICA		LIMITI PREVISTI DAL D.P.C.M. 8/07/2003		
MEDIANA MASSIMA NELLE 24 ORE (μT)	VALORE MASSIMO (μT)	LIMITE DI ESPOSIZIONE (μT)	VALORE DI ATTENZIONE (μT) (mediana nelle 24 ore)	OBIETTIVO DI QUALITA' (μT) (mediana nelle 24 ore)
4.02 RIFERITA AL 15/10/2012	5.34	100	10	3
VALORE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



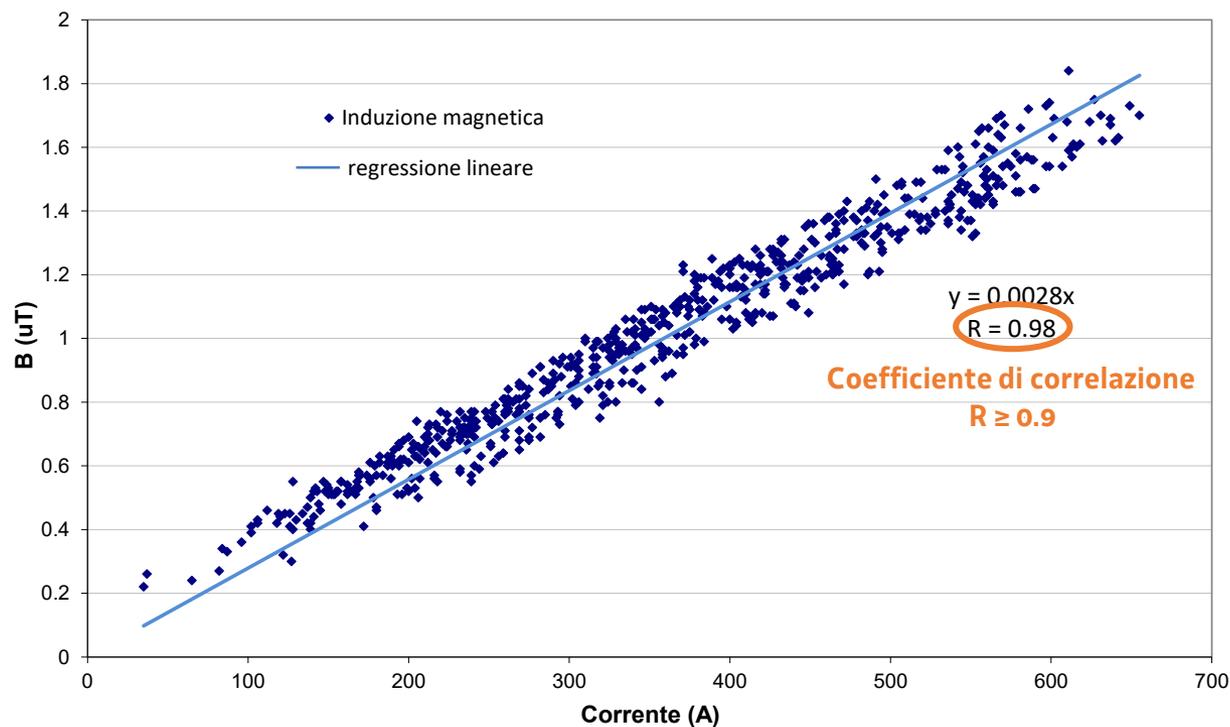
Misure

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 \mathbf{B}_i per un periodo pari ad almeno 24 ore (almeno 100 valori da cui vengono esclusi quelli inferiori o uguali a $0.1 \mu\text{T}$). Dovranno essere acquisiti altrettanti valori di corrente \mathbf{I}_i .
2. Si verifica che il coefficiente di correlazione sia maggiore o uguale a 0.9.
3. Si calcola il valore medio aritmetico \mathbf{R}_m di tutti i rapporti $\mathbf{R}_i = \mathbf{B}_i / \mathbf{I}_i$.
4. Si individua la massima **mediana** giornaliera \mathbf{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: $\mathbf{B}_{\max} = \mathbf{R}_m \times \mathbf{I}_{\max}$.
6. Per valutare l'affidabilità del risultato ottenuto è necessario considerarne l'incertezza associata.

? ! ? ! ?

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 2023-2024

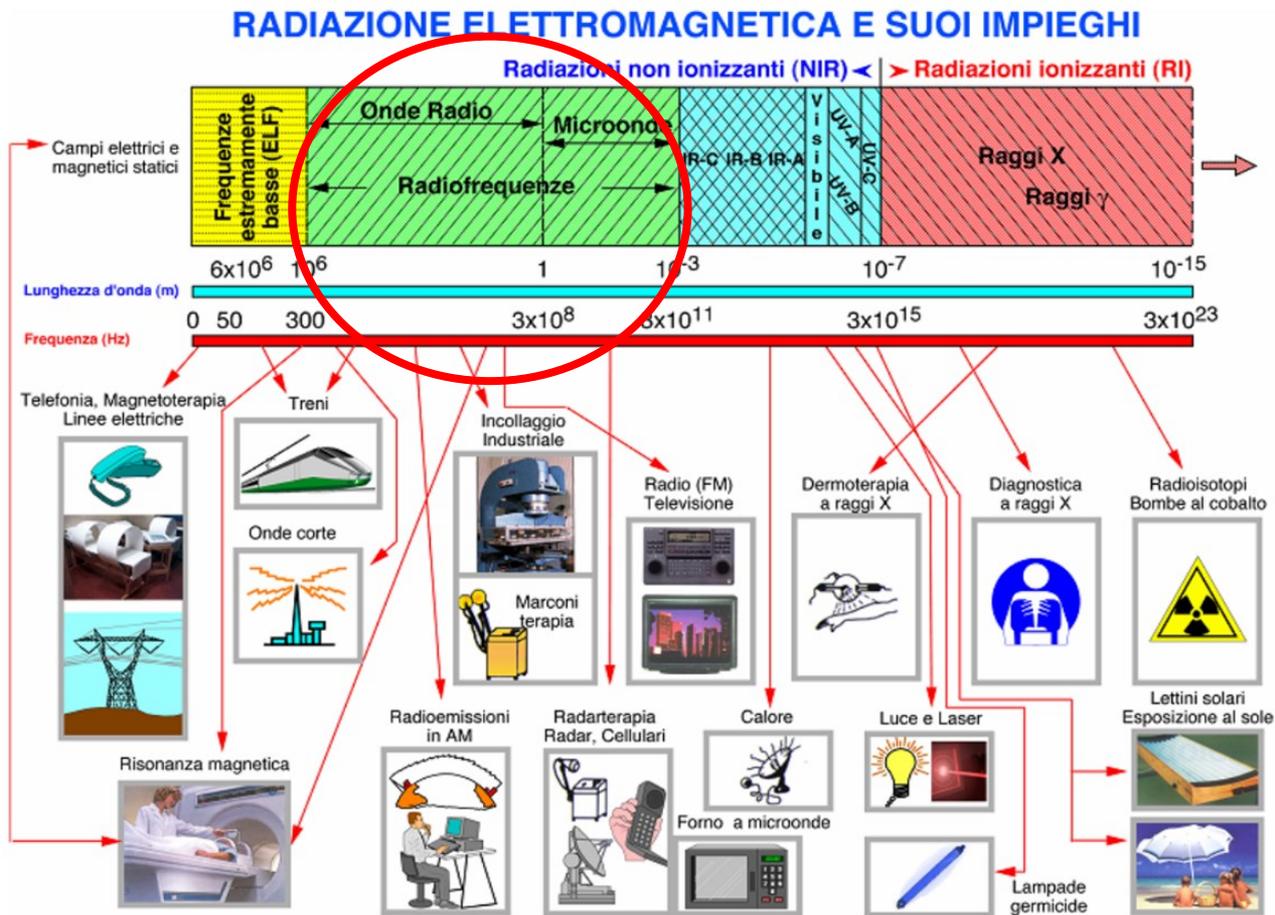
04 – 06 Dicembre 2023

Autore: dott. S. Barba

S.O.C. Stato dell'Ambiente
S.O.S. Protezione dall'Inquinamento Elettromagnetico

Argomenti

- Impianti RF
- Valutazioni preventive
- Misure



Sorgenti ambientali **RF** (Radio Frequency)

300 kHz – 3 MHz

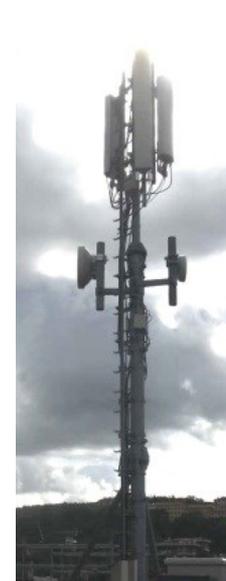
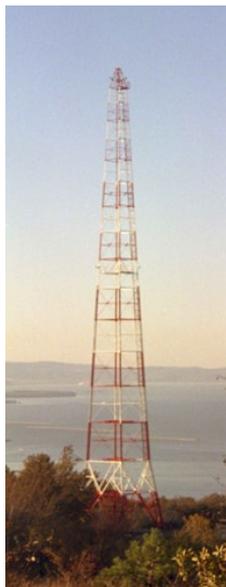
1 MHz – 1 GHz

88 MHz – 108 MHz

200 MHz – 700 MHz

700 MHz – 5 GHz

> 1 GHz



Radio AM
Onde medie

Impianti
radioamatoriali

Radio FM

Impianti TV

SRB

Ponti radio

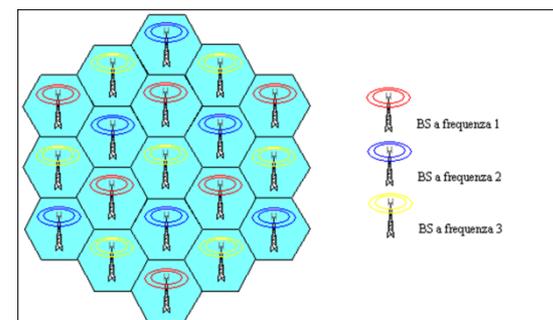
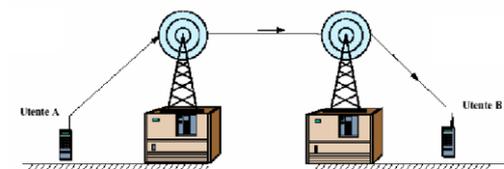
Sorgenti ambientali **RF** (Radio Frequency)

Sistemi broadcast e cellulari

Impianti Radio / TV
(uno trasmette – tutti ricevono)



Impianti SRB
(tutti trasmettono – tutti ricevono)



Sorgenti ambientali **RF** (Radio Frequency)

Ripartizione frequenze

Servizio	Tecnologia	Banda	Frequenza [MHz]
Radio	AM	MF	0.5 – 1.6
	FM	VHF	87.5 – 108.0
	DAB+	VHF	174.0 – 230.0
Televisione	DVB-T2	UHF	470.0 – 690.0

Possono differire tra Stati e Continenti.

DVB-T -> DVB-T2
Le frequenze superiori a 700 MHz sono state assegnate alla telefonia mobile

Sorgenti ambientali RF (Radio Frequency)

Uplink **Downlink**
 SRB ← UE SRB → UE

SRB: Stazione Radio Base
UE: User Equipment (es: smartphone)

Tec	Banda	UL [MHz]	DL [MHz]	3GPP Band #	Duplex
2G	900	880 - 915	925 - 960	8	FDD
	1800	1710 -1785	1805 -1880	3	FDD
3G	900	880 - 915	925 - 960	8	FDD
	2000	1920 -1980	2110 -2170	1	FDD
	2000	1900 -1920	1900 -1920	33	TDD
4G	2000	2010 - 2025	2010 - 2025	34	TDD
	800	832 - 862	791 - 821	20	FDD
	1400	---	1452-1492	32	FDD/CA
	1800	1710 -1785	1805 -1880	3	FDD
	2000	1920 -1980	2110 -2170	1	FDD
	2600	2500 -2570	2620 -2690	7	FDD
	2600	2570 -2620	2570 -2620	38	TDD
	3500	3400 - 3600	3400 - 3600	42	TDD
3700	3600 - 3800	3600 - 3800	43	TDD	
5G	700	703 - 748	758 - 803	n28	FDD
	3700	3300 - 3800	3300 - 3800	n78	TDD
	26GHz	26500 - 27500	26500 - 29500	n257	TDD

Ad ogni tecnologia corrispondono più bande.

Possono differire tra Stati e Continenti.

3GPP
3rd Generation Partnership Project
 collaborazione fra enti che si occupano di standardizzare sistemi di telecomunicazione

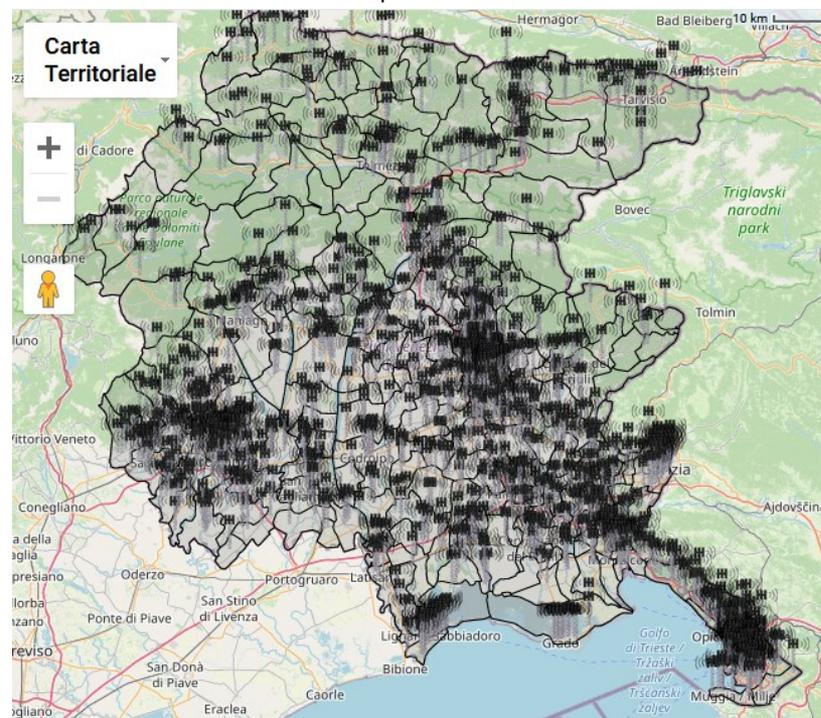
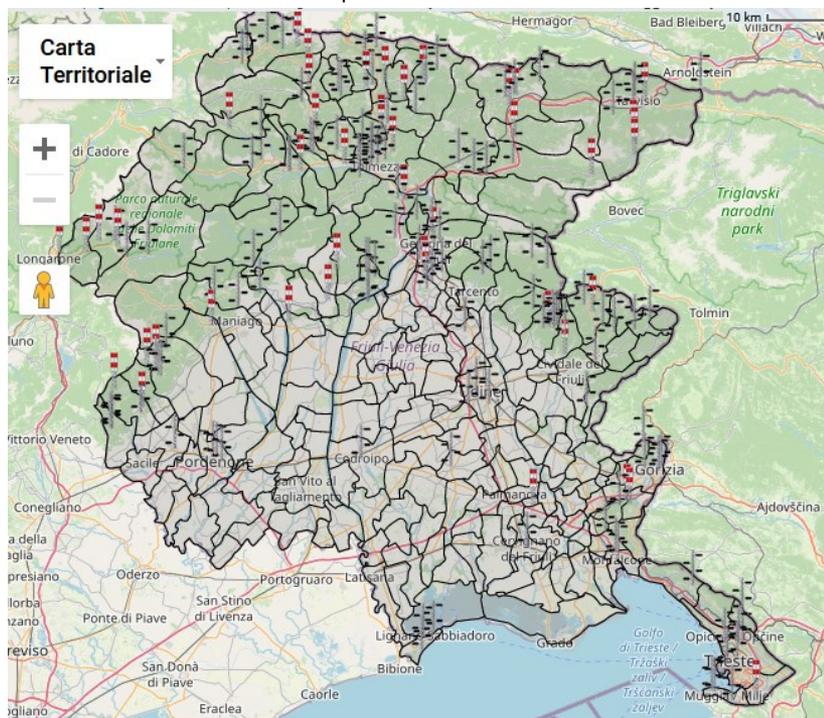
Norma CEI 211-7 App. E

Sorgenti ambientali RF (Radio Frequency)

Densità impianti

Impianti broadcast

Impianti SRB



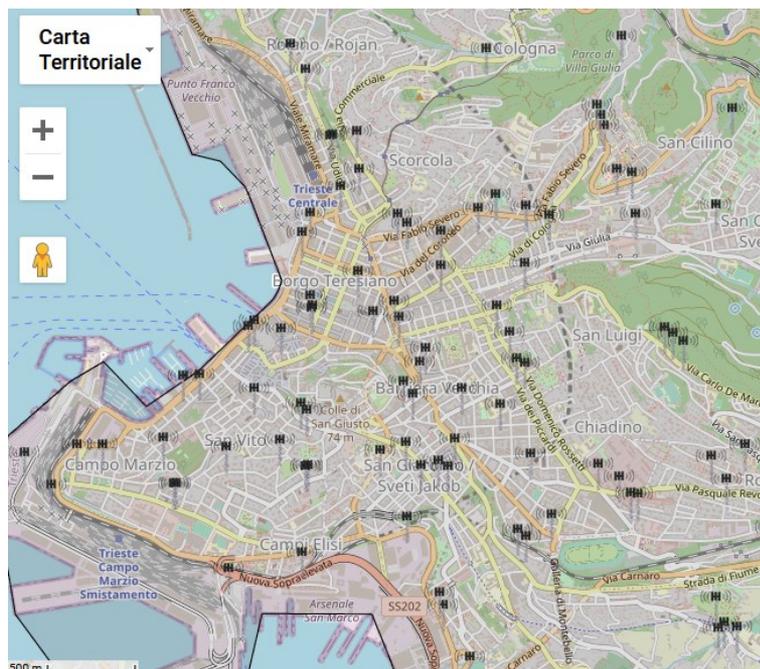
La differenza di densità degli impianti dipende principalmente da:

- Potenza -> Copertura
- Orografia territorio

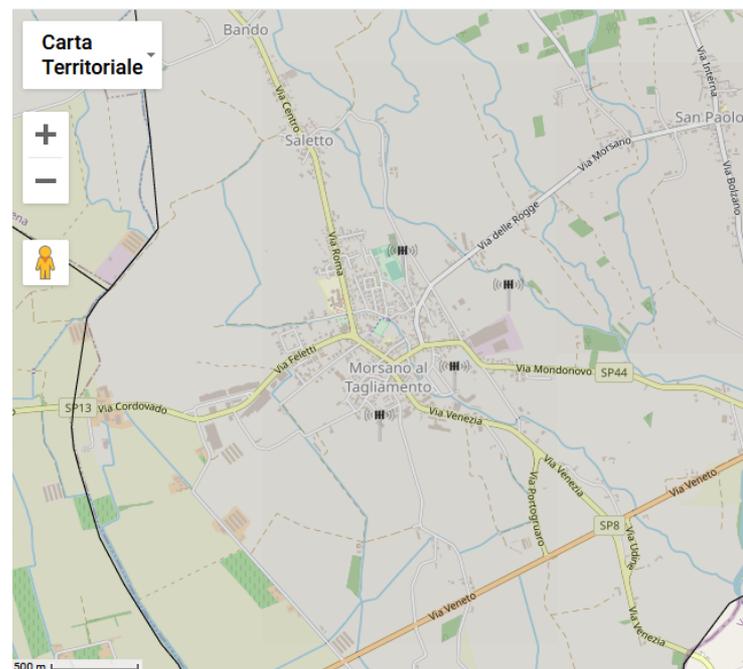
Sorgenti ambientali RF (Radio Frequency)

Densità impianti

Trieste



Morsano al Tagliamento

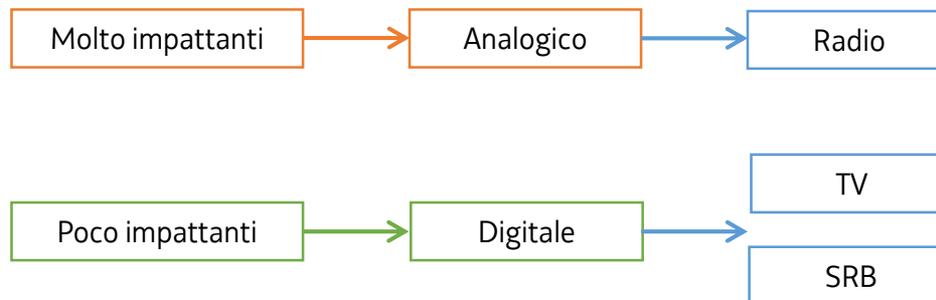


La densità di impianti SRB dipende principalmente da:

- Numero di utenti
- Orografia territorio

Sorgenti ambientali **RF** (Radio Frequency)

Tecnologie



È in generale vero a parità di distanza dalla sorgente.

Un impianto con modulazione analogica richiede maggiore potenza per garantire la stessa copertura di uno con modulazione digitale.

Sorgenti ambientali **RF** (Radio Frequency)

Tecnologie

Proprietà delle sorgenti CEM RF da tenere in conto ai fini della misura

**Tipo di emissione nel tempo
(fissa o variabile – broadcast o
cellulare)**

Permette di stabilire se una misura di
breve durata è sufficiente per il
confronto con i limiti di legge

**Range di frequenza e dimensioni del
sistema radiante**

Permette di scegliere il trasduttore più
idoneo alla misura di campo
elettrico/magnetico

**Direzione di puntamento e relativa
copertura**

Permette di individuare la direzione di
massimo irraggiamento

**I dati radioelettrici degli impianti contenuti nel
catasto regionale permettono, attraverso calcoli
preventivi, di individuare le aree in cui possono
trovarsi valori più alti.**

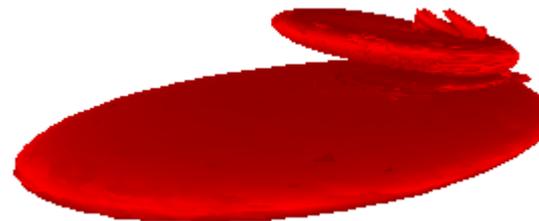
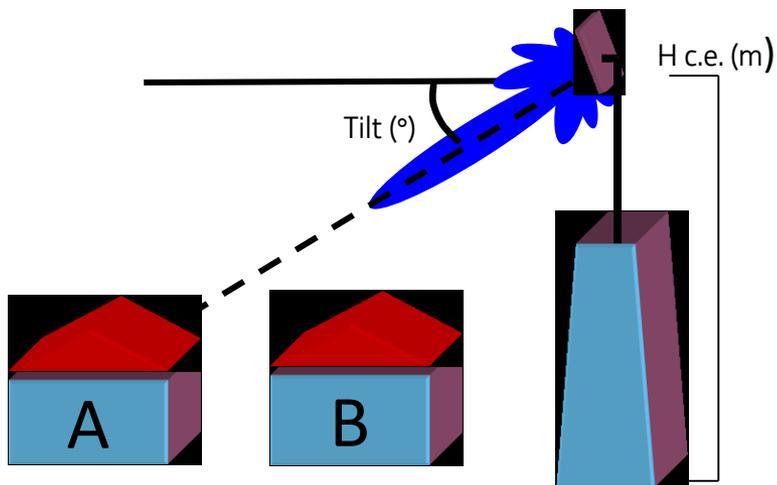
Argomenti

- Impianti RF
- Valutazioni preventive
- Misure

Valutazioni preventive

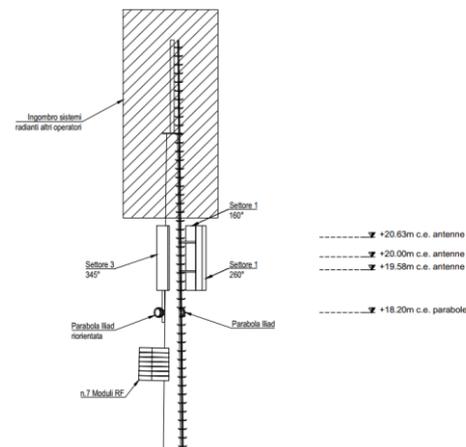
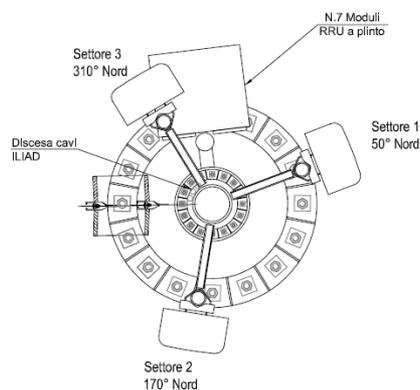
Intensità di campo elettrico prodotto da una sorgente con potenza P e guadagno $G(\theta, \varphi)$ alla distanza d

$$|\bar{E}| = \frac{\sqrt{30 \cdot P \cdot G(\theta, \varphi)}}{d}$$



Valutazioni preventive

Progetto: caratteristiche geometriche dell'impianto



Scheda radio:

dati tecnici necessari ai fini della valutazione dell'impatto elettromagnetico dell'impianto

Direzione [°N]	Frequenza [MHz]	Tecnologia	Altezza C.E. [m] ⁽¹⁾	Pol	Pmax [W]	a _{24h}	F _{TDC}	F _{PR}	Guadagno [dBi]	Tilt Mecc [°]	Tilt Elett. [°]	Id Modello	Marca Antenna	Modello Antenna (Diagramma d'Antenna)	Coord. X [m]	Coord. Y [m]
120	800	LTE	20	+/-45°	30	0.4	-	-	15.69	0	5	11051	KATHREIN	80010685V01_0791_X_CO_P45_04T	408638.4	5052863.4
190	800	LTE	20	+/-45°	30	0.44	-	-	15.65	3	5	11052	KATHREIN	80010685V01_0791_X_CO_P45_05T	408638.4	5052863.4
260	800	LTE	20	+/-45°	30	0.6	-	-	15.65	2	5	11052	KATHREIN	80010685V01_0791_X_CO_P45_05T	408638.4	5052863.4
120	900	GSM	20	+/-45°	30	1	-	-	16.42	0	5	11064	KATHREIN	80010685V01_0947_X_CO_P45_04T	408638.4	5052863.4
190	900	GSM	20	+/-45°	30	1	-	-	16.41	3	5	11065	KATHREIN	80010685V01_0947_X_CO_P45_05T	408638.4	5052863.4
260	900	GSM	20	+/-45°	30	1	-	-	16.41	2	5	11065	KATHREIN	80010685V01_0947_X_CO_P45_05T	408638.4	5052863.4
120	900	UMTS	20	+/-45°	30	0.4	-	-	16.42	0	5	11064	KATHREIN	80010685V01_0947_X_CO_P45_04T	408638.4	5052863.4
190	900	UMTS	20	+/-45°	30	0.55	-	-	16.41	3	5	11065	KATHREIN	80010685V01_0947_X_CO_P45_05T	408638.4	5052863.4
260	900	UMTS	20	+/-45°	30	0.55	-	-	16.41	2	5	11065	KATHREIN	80010685V01_0947_X_CO_P45_05T	408638.4	5052863.4
120	1800	LTE	20	+/-45°	60	0.4	-	-	17.43	0	3	11071	KATHREIN	80010685V01_1855_X_CO_P45_03T	408638.4	5052863.4
190	1800	LTE	20	+/-45°	60	0.55	-	-	17.43	3	3	11071	KATHREIN	80010685V01_1855_X_CO_P45_03T	408638.4	5052863.4
260	1800	LTE	20	+/-45°	80	0.45	-	-	17.43	2	3	11071	KATHREIN	80010685V01_1855_X_CO_P45_03T	408638.4	5052863.4

Approfondimento

Pareri preventivi Dati tecnici

La potenza emessa da un impianto SRB non è fissa ma varia nel tempo in funzione delle condizioni di carico (traffico utenza).

Affinché le valutazioni preventive possano essere più vicine alle reali condizioni di funzionamento dell'impianto, vengono considerati opportuni fattori di riduzione della potenza.

Direzione [°N]	Frequenza [MHz]	Tecnologia	Altezza C.E. [m] ^(*)	Pol	P _{max} [W]	a _{24h}	F _{TDC}	F _{PR}	Guadagno [dBi]	Tilt Mecc [°]	Tilt Elett. [°]	Id Modello	Marca Antenna	Modello Antenna (Diagramma d'Antenna)	Coord. X [m]	Coord. Y [m]
120	800	LTE	20	+/-45°	30	0.4	-	-	15.69	0	5	11051	KATHREIN	80010685V01_0791_X_CO_P45_04T	408638.4	5052863.4
190	800	LTE	20	+/-45°	30	0.44	-	-	15.65	3	5	11052	KATHREIN	80010685V01_0791_X_CO_P45_05T	408638.4	5052863.4
260	800	LTE	20	+/-45°	30	0.6	-	-	15.65	2	5	11052	KATHREIN	80010685V01_0791_X_CO_P45_05T	408638.4	5052863.4
120	900	GSM	20	+/-45°	30	1	-	-	16.42	0	5	11064	KATHREIN	80010685V01_0947_X_CO_P45_04T	408638.4	5052863.4
190	900	GSM	20	+/-45°	30	1	-	-	16.41	3	5	11065	KATHREIN	80010685V01_0947_X_CO_P45_05T	408638.4	5052863.4
260	900	GSM	20	+/-45°	30	1	-	-	16.41	2	5	11065	KATHREIN	80010685V01_0947_X_CO_P45_05T	408638.4	5052863.4
120	900	UMTS	20	+/-45°	30	0.4	-	-	16.42	0	5	11064	KATHREIN	80010685V01_0947_X_CO_P45_04T	408638.4	5052863.4
190	900	UMTS	20	+/-45°	30	0.55	-	-	16.41	3	5	11065	KATHREIN	80010685V01_0947_X_CO_P45_05T	408638.4	5052863.4
260	900	UMTS	20	+/-45°	30	0.55	-	-	16.41	2	5	11065	KATHREIN	80010685V01_0947_X_CO_P45_05T	408638.4	5052863.4
120	1800	LTE	20	+/-45°	60	0.4	-	-	17.43	0	3	11071	KATHREIN	80010685V01_1855_X_CO_P45_03T	408638.4	5052863.4
190	1800	LTE	20	+/-45°	80	0.55	-	-	17.43	3	3	11071	KATHREIN	80010685V01_1855_X_CO_P45_03T	408638.4	5052863.4
260	1800	LTE	20	+/-45°	80	0.45	-	-	17.43	2	3	11071	KATHREIN	80010685V01_1855_X_CO_P45_03T	408638.4	5052863.4

Fattori fissi

P_{max}

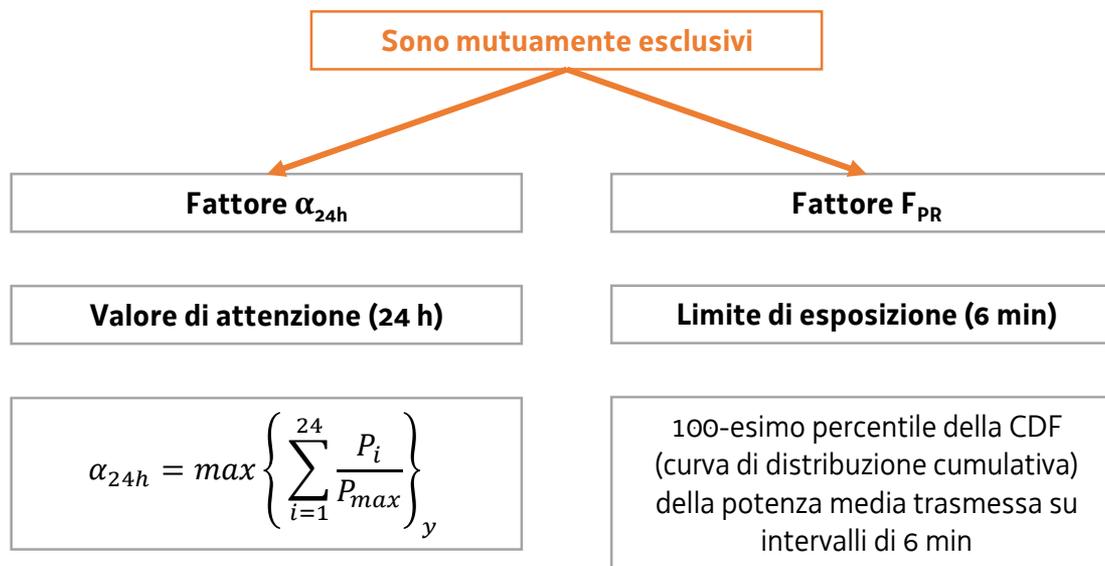
F_{TDC}

Fattori variabili

α_{24h}

F_{PR}

Pareri preventivi Dati tecnici – fattori variabili

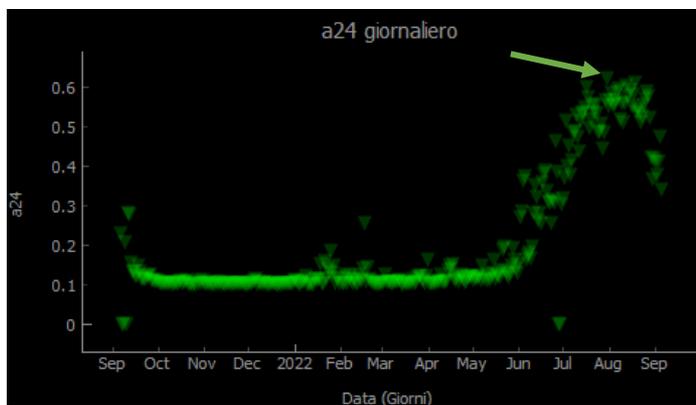
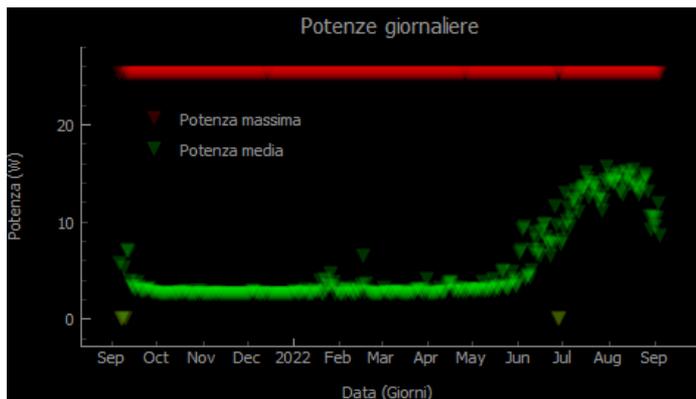


Relativamente all'intervallo di tempo di riferimento (24 ore o 6 minuti a seconda del limite di legge), semplificando, rappresentano la frazione di **potenza media** emessa rispetto alla potenza massima erogabile.

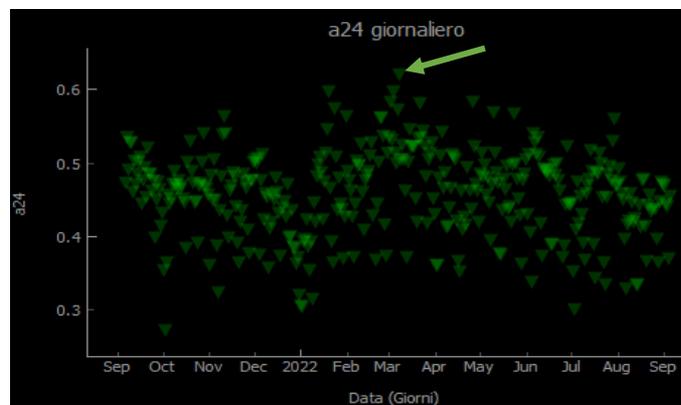
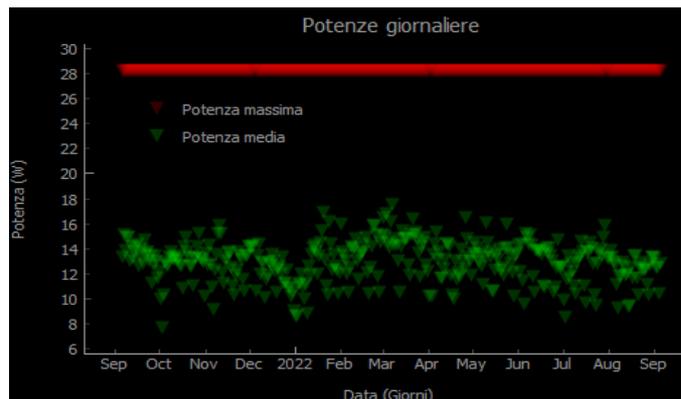
Pareri preventivi Dati tecnici – fattori variabili

Fattore α_{24h} – Confronto tra due impianti in località diverse

Lignano Sabbiadoro



Trieste



Pareri preventivi Dati tecnici

La tecnologia 5G NR prevede l'uso di antenne attive. Queste sono in grado di variare il loro lobo di radiazione (diagramma di antenna) in funzione della posizione e delle richieste dei singoli utenti o gruppi di questi.

Affinché le valutazioni preventive possano tenerne conto, in modo cautelativo, si considera l'inviluppo di tutti i beams sintetizzabili.

Direzione [°N]	Frequenza [MHz]	Tecnologia	Altezza C.E. [m] ^(*)	Pol	Pmax [W]	a _{24h}	F _{TDC}	F _{PR}	Guadagno [dBi]	Tilt Mecc [°]	Tilt Elett. [°]	Id Modello	Marca Antenna	Modello Antenna (Diagramma d'Antenna)	Coord. X [m]	Coord. Y [m]
120	800	LTE	20	+/-45°	30	0.4	-	-	15.69	0	5	11051	KATHREIN	80010685V01_0791_X_CO_P45_04T	408638.4	5052863.4
190	800	LTE	20	+/-45°	30	0.44	-	-	15.65	3	5	11052	KATHREIN	80010685V01_0791_X_CO_P45_05T	408638.4	5052863.4
260	800	LTE	20	+/-45°	30	0.6	-	-	15.65	2	5	11052	KATHREIN	80010685V01_0791_X_CO_P45_05T	408638.4	5052863.4
120	900	GSM	20	+/-45°	30	1	-	-	16.42	0	5	11064	KATHREIN	80010685V01_0947_X_CO_P45_04T	408638.4	5052863.4
190	900	GSM	20	+/-45°	30	1	-	-	16.41	3	5	11065	KATHREIN	80010685V01_0947_X_CO_P45_05T	408638.4	5052863.4
260	900	GSM	20	+/-45°	30	1	-	-	16.41	2	5	11065	KATHREIN	80010685V01_0947_X_CO_P45_05T	408638.4	5052863.4
120	900	UMTS	20	+/-45°	30	0.4	-	-	16.42	0	5	11064	KATHREIN	80010685V01_0947_X_CO_P45_04T	408638.4	5052863.4
190	900	UMTS	20	+/-45°	30	0.55	-	-	16.41	3	5	11065	KATHREIN	80010685V01_0947_X_CO_P45_05T	408638.4	5052863.4
260	900	UMTS	20	+/-45°	30	0.55	-	-	16.41	2	5	11065	KATHREIN	80010685V01_0947_X_CO_P45_05T	408638.4	5052863.4
120	1800	LTE	20	+/-45°	60	0.4	-	-	17.43	0	3	11071	KATHREIN	80010685V01_1855_X_CO_P45_03T	408638.4	5052863.4
190	1800	LTE	20	+/-45°	80	0.55	-	-	17.43	3	3	11071	KATHREIN	80010685V01_1855_X_CO_P45_03T	408638.4	5052863.4
260	1800	LTE	20	+/-45°	80	0.45	-	-	17.43	2	3	11071	KATHREIN	80010685V01_1855_X_CO_P45_03T	408638.4	5052863.4

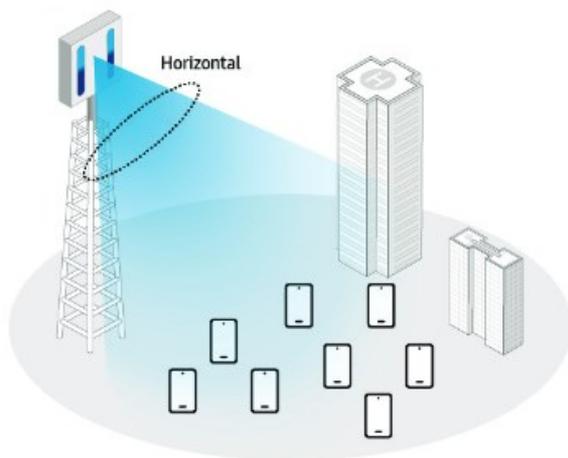
Per le antenne attive, il diagramma di antenna è l'inviluppo

Pareri preventivi

Dati tecnici – fattori variabili

Antenna passiva vs attiva

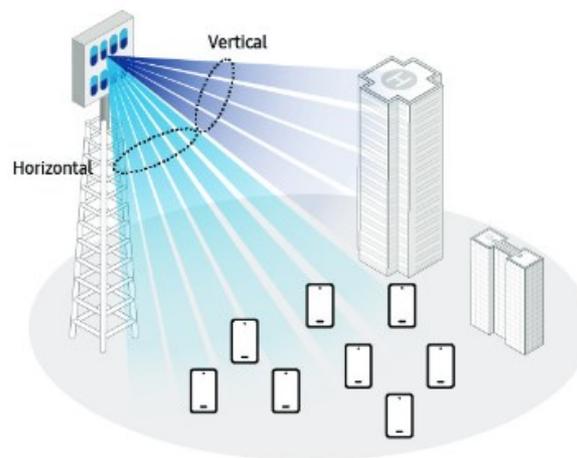
Legacy Antenna



Antenna passiva

La potenza è irradiata in un'area «statica» che dipende dall'apertura angolare dell'antenna

Massive MIMO



Antenna attiva

La potenza è irradiata in direzioni specifiche e focalizzata verso singoli utenti o gruppi ravvicinati

Pareri preventivi Dati tecnici – fattori variabili

Antenna attiva

A. Beamforming

Serve single users by directing the energy toward the user.



B. Generalized beamforming

Serve single users by sending the same data stream in different directions and possibly forming zero (nulls) in the directions of other users.



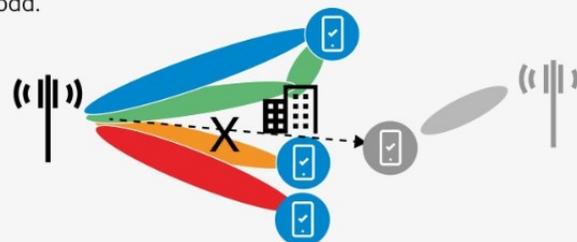
C. SU-MIMO

Increase data rates by transmitting several data streams to a user.



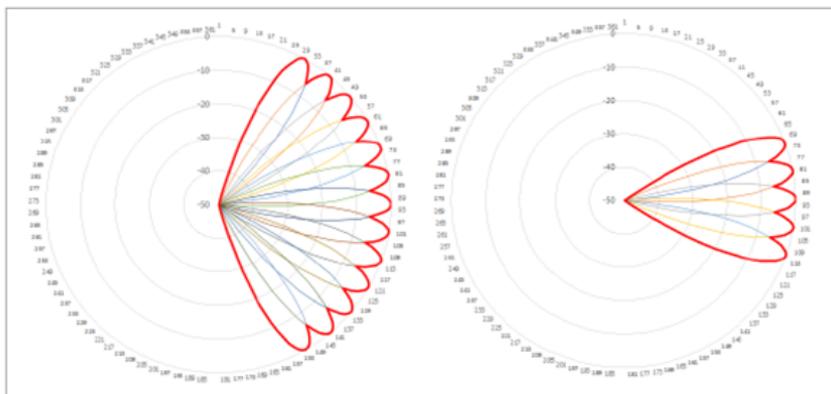
D. MU-MIMO

At high load, serve more users simultaneously at high load.

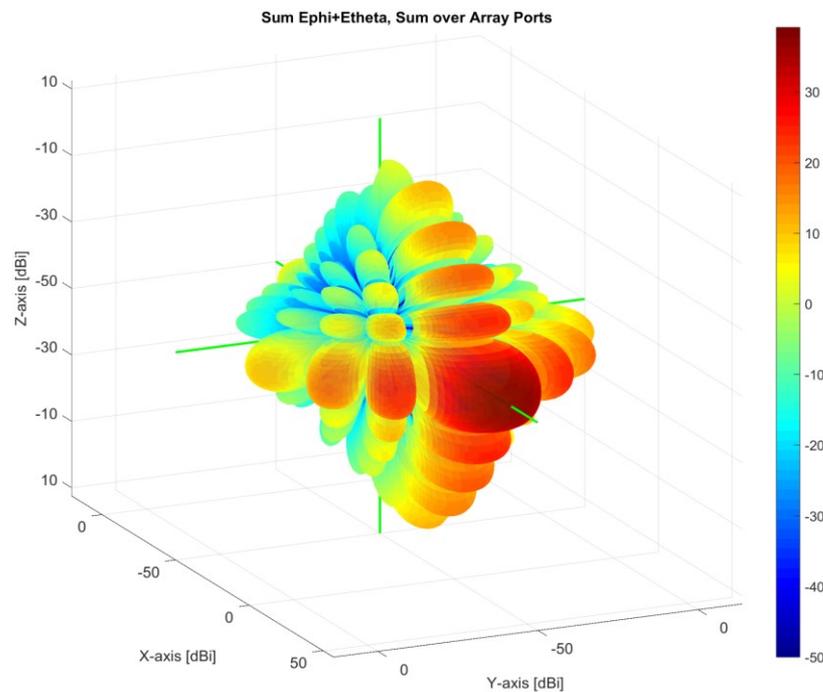


Pareri preventivi Dati tecnici – fattori variabili

Antenna attiva - Diagramma di antenna come involuppo



Griglia di 65 fasci: 13 fasci per ogni piano di azimuth; 5 piani di elevazione
La combinazione di fasci attivati può cambiare ad ogni intervallo di trasmissione



Pareri preventivi Dati tecnici – fattori variabili

Antenne attive - Diagramma di antenna come involuppo

- Il **beamforming (antenna attiva)** è efficiente solo per frequenze superiori al GHz: a frequenze inferiori (ad es. 700 MHz) risulta più efficiente utilizzare antenne passive.
- Non tutte le bande (frequenze) sono uguali: a parità di EIRP (prodotto potenza per guadagno) **maggiore è la frequenza, minore è la distanza percorsa dal segnale e maggiore è l'attenuazione dovuta agli ostacoli frapposti.**

Pareri preventivi Dati tecnici – fattori variabili

Alcune considerazioni

Le valutazioni preventive sono effettuate in condizioni cautelative

- **Non vengono considerate le attenuazioni dovute alla presenza di ostacoli** (ad esempio edifici, muri perimetrali, vegetazione, ecc.). Per le eccezioni si rimanda al D.M. 05/10/2016 «Approvazione delle Linee Guida sui valori di assorbimento del campo elettromagnetico da parte delle strutture degli edifici».
- **Viene considerata la massima potenza erogata tenuto conto dell'utilizzo medio inteso come valore massimo nel periodo di riferimento** (DM 02/12/2014 «Linee guida, relative alla definizione delle modalità con cui gli operatori forniscono all'ISPRA e alle ARPA/APPA i dati di potenza degli impianti e alla definizione dei fattori di riduzione della potenza da applicare nelle stime previsionali per tener conto della variabilità temporale dell'emissione degli impianti nell'arco delle 24 ore» e delibera SNPA 59/2019 e s.m.i.).
- **In caso di antenne attive, viene considerato l'inviluppo**, una forma statica di diagramma di antenna ottenuto considerando tutti i beams (fasci) sintetizzabili simultaneamente (condizione cautelativa e non fisicamente realizzabile - delibera SNPA 59/2019 e s.m.i.).

Fine approfondimento

Valutazioni preventive

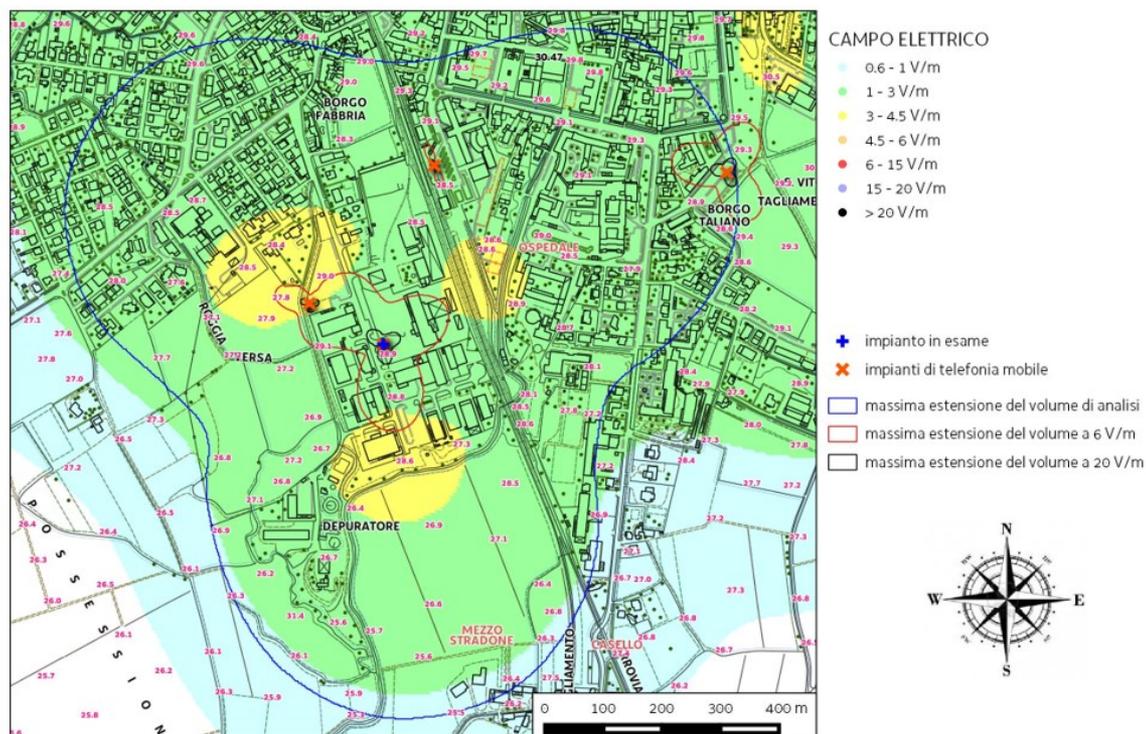
Elenco altre stazioni radio base considerate nelle simulazioni



ID	Gestore	Indirizzo
3562	TELECOM	VIALE ZUCCHERIFICIO C/O ZONA ARTIGIANALE
4037	RFI	TRATTA FERROVIARIA CASARSA-PORTOGRUARO
6312	TELECOM	Via Paolo Sarpi, 34/A c/o centrale Telecom
6313	VODAFONE	Via Paolo Sarpi, 34/A c/o centrale Telecom
6746	VODAFONE	VIALE PRODOLONE C/O CAMPO SPORTIVO
7268	VODAFONE	VIA TINA MODOTTI C/O PARCHEGGIO COMUNALE
7712	WIND-TRE	VIA MARTIRI DELLA LIBERTA'
8825	WIND-TRE	Via Zuccherificio 20
9028	WIND-TRE	VIA MARTIRI DELLA LIBERTA' C/O PARCHEGGIO COMUNALE
9288	TELECOM	VIA PRODOLONE C/O CAMPO SPORTIVO

Valutazioni preventive

**ALLEGATO V(a):
distribuzione del campo elettrico simulato, calcolato su una orografia a 1.5 metri sul livello del terreno**

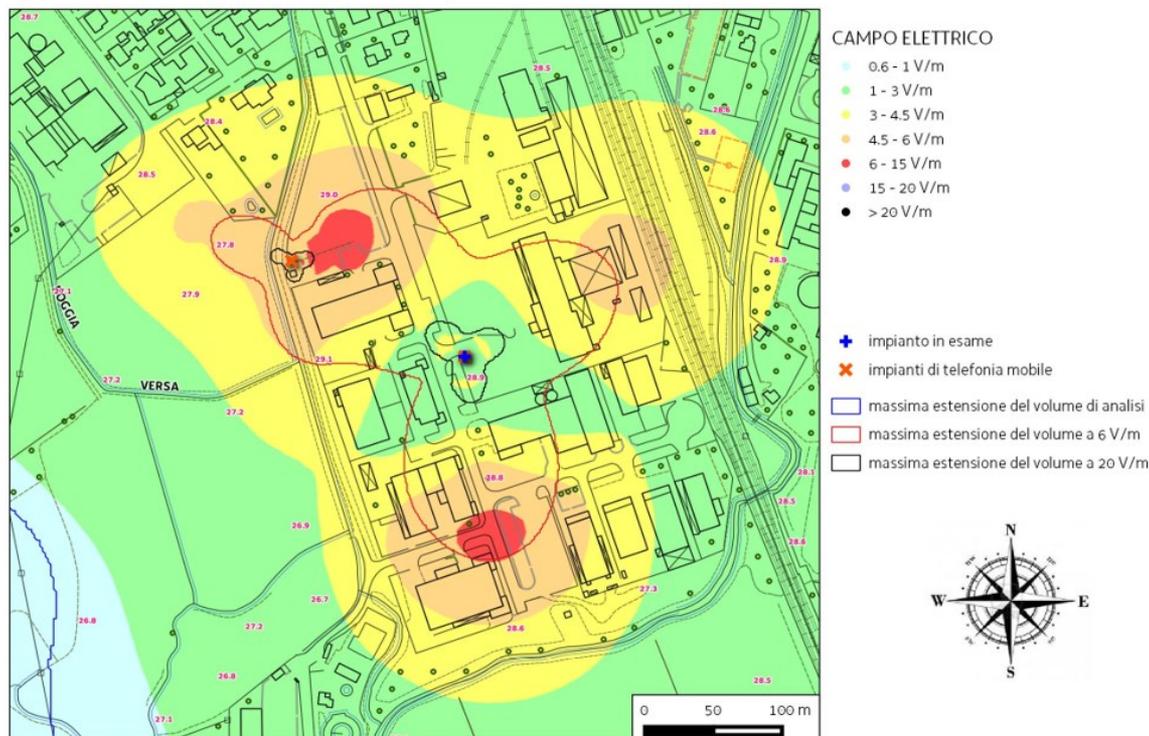


Massima estensione del Volume di Analisi (contorno linea blu)

Rappresenta la proiezione in pianta del volume evidenziato dalla simulazione singola nel quale si prevedono valori di campo elettrico maggiori o uguali a 0.6 V/m (area di interesse)

Valutazioni preventive

ALLEGATO V(b):
distribuzione del campo elettrico calcolato su una sezione a 10 metri dalla base dell'impianto in esame (quota minima a cui compaiono valori di campo elettrico pari a 6 V/m)



Massima estensione del Volume a 6 V/m (contorno linea rossa)

Rappresenta la proiezione in pianta del volume evidenziato dalla simulazione complessiva nel quale si prevedono valori di campo elettrico maggiori o uguali a 6 V/m (valore di attenzione / obiettivo di qualità)

Argomenti

- Elettrodotti
- Valutazioni preventive
- Misure

Misure

Strumenti

Banda Larga

Funzionamento dello strumento che include nella misura una grande parte dello spettro di frequenza del segnale, permettendo una valutazione globale del segnale stesso nell'intervallo di frequenza considerato.

Banda Stretta

Funzionamento dello strumento che considera per ogni singola misura una piccola parte dello spettro di frequenza del segnale, permettendo una dettagliata analisi delle componenti del segnale stesso.



Misure

Strumenti

Centralina di monitoraggio
in banda larga



Entrambe permettono
una misura prolungata
nel tempo

Centralina di monitoraggio
In banda stretta



Misure

Come eseguirle

Riferimenti

- Norma CEI 211-7 «Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 10 Hz – 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana»

Posizione

Altezza pari a 1.5 m sopra il piano di calpestio, ad almeno 3 volte la dimensione massima della sonda da qualsiasi superficie

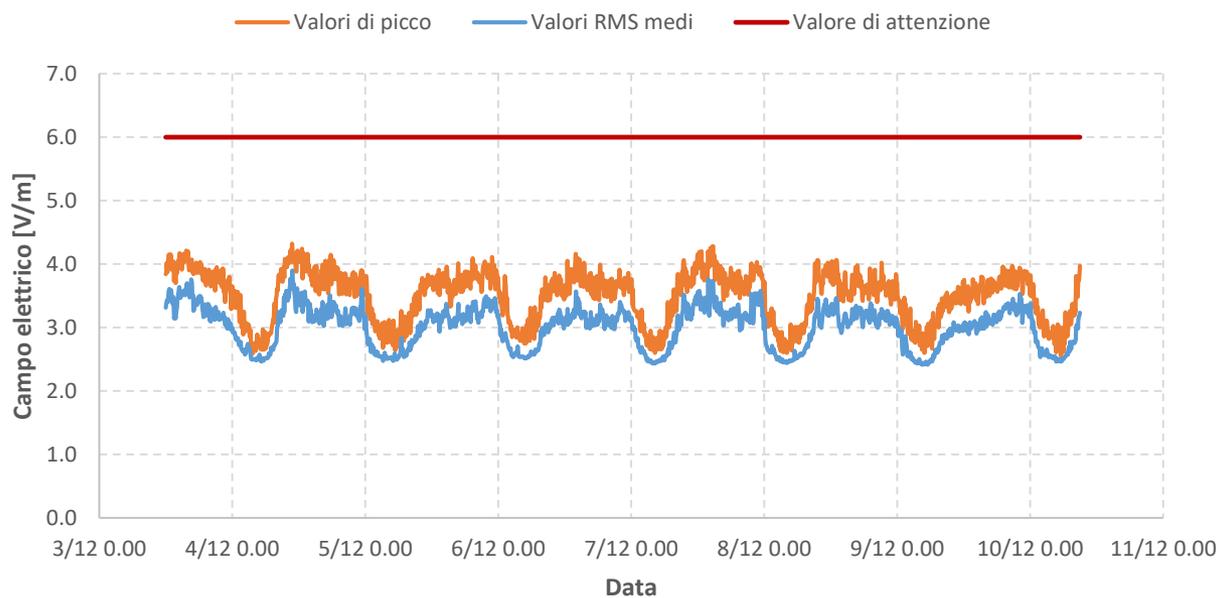
Durata

- Limite di esposizione: qualsiasi intervallo di 6 minuti (valore efficace)
- Valore di attenzione: media nelle 24 ore (almeno un valore efficace ogni 6 minuti)

Misure

Esempio di misura in continuo

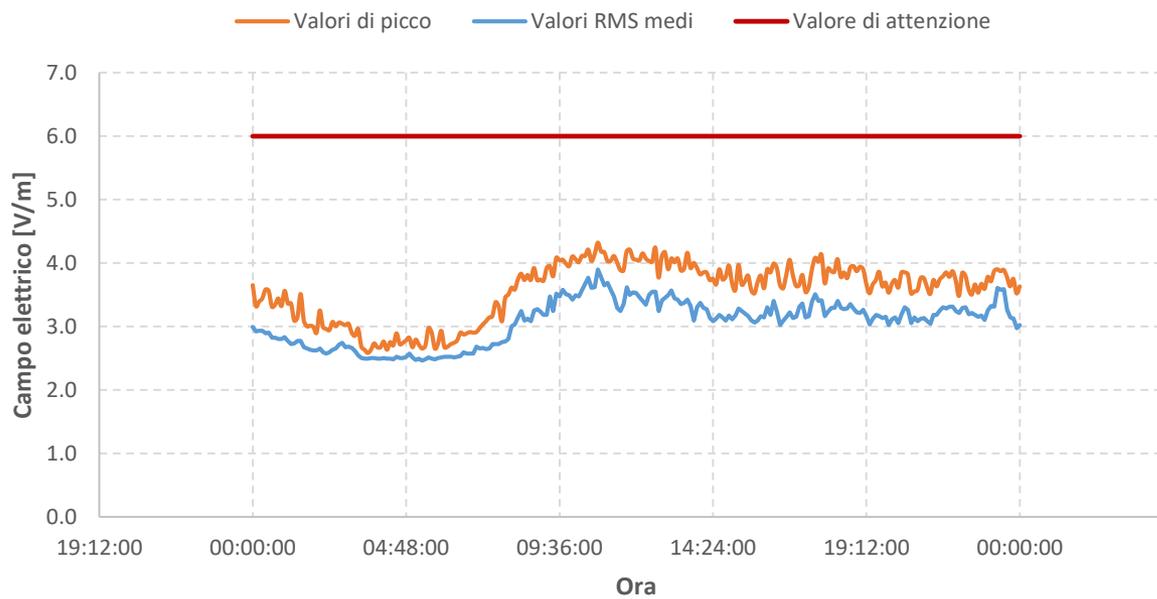
Andamento del campo elettrico nel periodo di misura



Misure

Esempio di misura in continuo

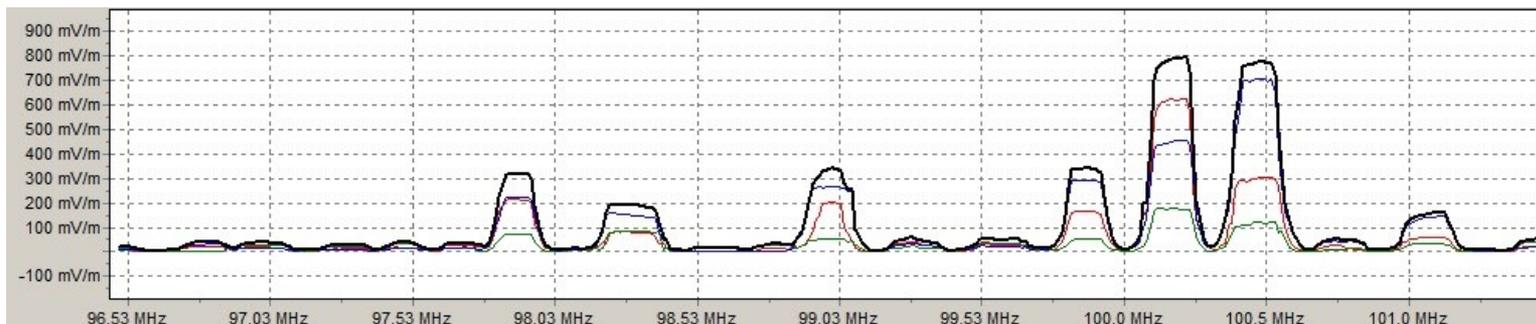
Andamento del campo elettrico in un giorno



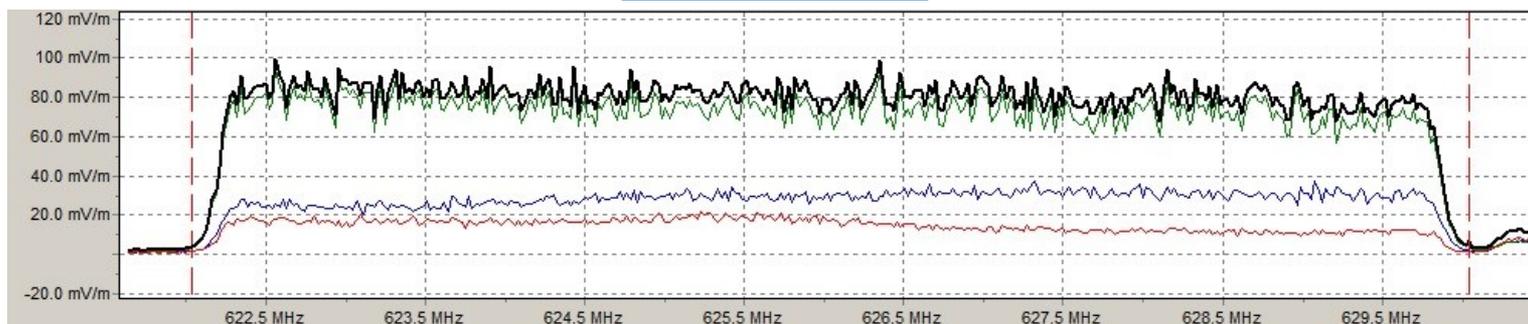
Misure

Esempio di misura in banda stretta

Segnali FM

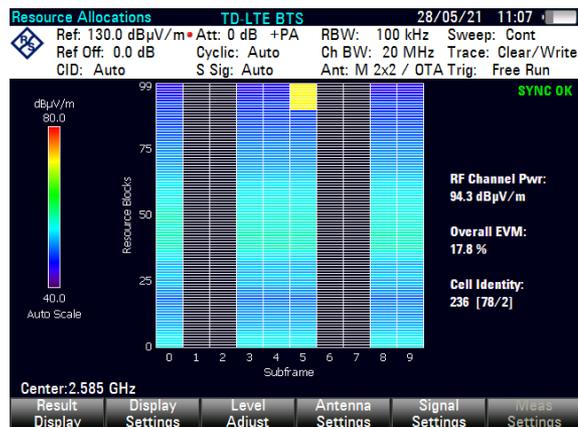
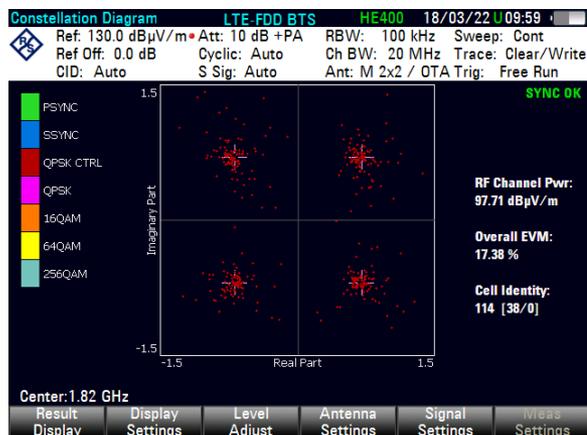


Segnale TV



Misure

Esempio di misura in banda stretta (dettagli SRB)



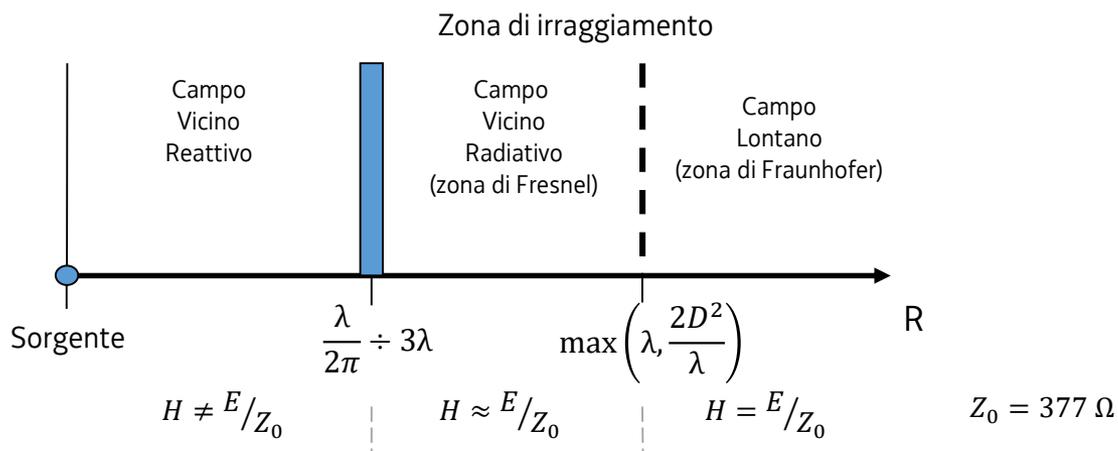
Result Summary		TD-LTE BTS		28/05/21 11:04	
Center:	2.585 GHz	Ref Level:	130.0 dBµV/m	Sweep:	Cont
Channel:	---	Ref Offset:	0.0 dB	Trigger:	Free Run
Band:	---	Att:	0.0 dB +PA	Cell [Grp/ID]	Auto
Transd:	TSEMF-B2_101708	Antenna:	M 4x4 / OTA	Cyclic Prefix:	Auto
Ch BW:	20 MHz (100 RB)	UL/DL:	Config 2	Subframes:	10

Global Results			
RF Channel Power:	93.43 dBµV/m	Cell Identity [Grp/ID]:	236 [78/2]
Overall EVM:	108.38 %	Cyclic Prefix:	Normal
Carrier Freq Error:	680.22 Hz	Traffic Activity:	5.29 %
Sync Signal Power:	73.41 dBµV/m	SINR:	20.95 dB
OSTP:	81.84 dBµV/m	RSSI:	98.45 dBµV/m
RSRP:	71.90 dBµV/m	RSRQ:	-6.56 dB
Frame Offset:	---		

Reference Signal Overview			
Antenna:	Power:	EVM:	Time Alignment Error to Antenna 1:
1	63.85 dBµV/m	13.81 %	0.00 s
2	74.57 dBµV/m	3.67 %	-58.16 ns
3	51.19 dBµV/m	187.82 %	-2.04 µs
4	51.22 dBµV/m	186.53 %	1.95 µs

Result Display	Display Settings	Level Adjust	Antenna Settings	Signal Settings	Meas Settings
----------------	------------------	--------------	------------------	-----------------	---------------

Misure



	Frequenza [MHz]	Lunghezza d'onda [m]	$\frac{\lambda}{2\pi} \div 3\lambda$ [m]
Radio AM	1	300	47 ÷ 900
Radio FM	100	3	0.5 ÷ 9.0
TV	400	0.75	0.12 ÷ 2.3
Telefonia mobile	700	0.42	0.07 ÷ 1.3

La strumentazione da utilizzare va scelta in funzione della tipologia di sorgente e della zona di irraggiamento

Misure

Misure di controllo e vigilanza

Par. 13.3: Criteri di scelta del sistema e delle metodologie di misura:

In generale è sufficiente effettuare soltanto misure di campo in **Banda Larga** se:

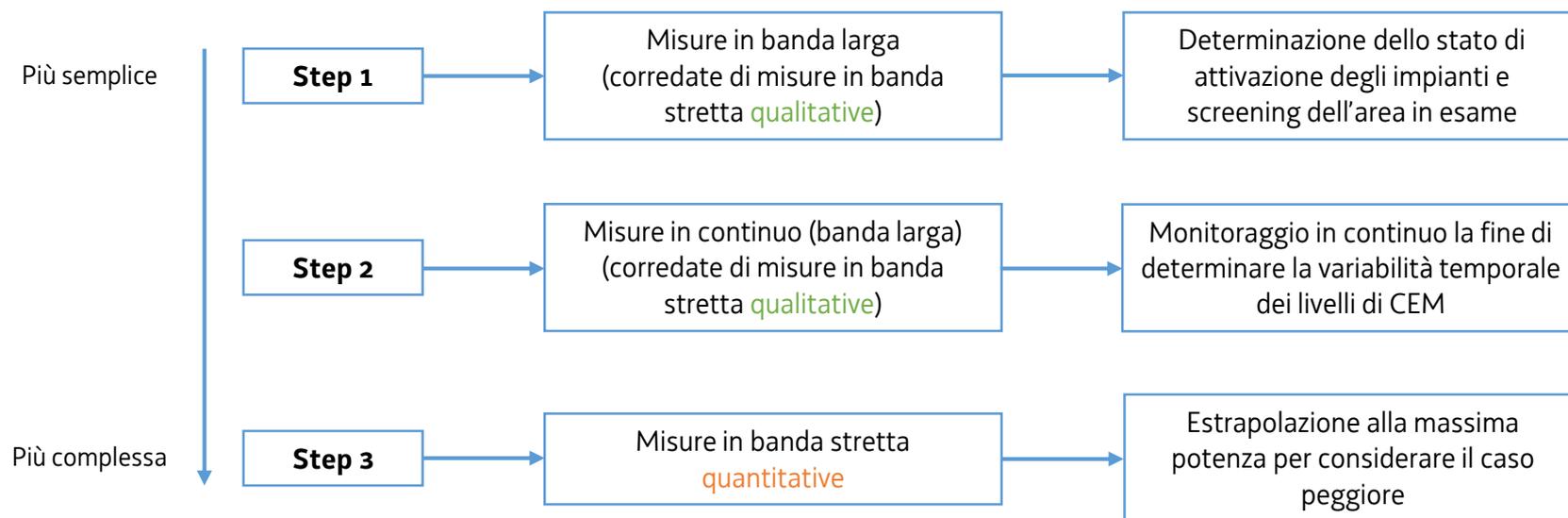
- le misure sono volte ad individuare punti critici in una zona su cui insistono più impianti (screening);
- il valore misurato in Banda Larga non supera il 75% del valore del limite più basso applicabile fra quelli relativi alle frequenze di emissione delle sorgenti presenti.

Viceversa è necessario effettuare la misura utilizzando una catena strumentale in **Banda Stretta** se:

- sono presenti più sorgenti che emettono in intervalli di frequenza su cui devono essere applicati differenti valori limite ed il valore precedentemente misurato in Banda Larga è superiore al 75% del limite più basso;
- mediante la misura in Banda Larga viene evidenziato un superamento del limite per cui si rende necessaria la riduzione a conformità, procedura che richiede di valutare i diversi contributi forniti singolarmente da ogni sorgente.

Misure

Misure di controllo e vigilanza

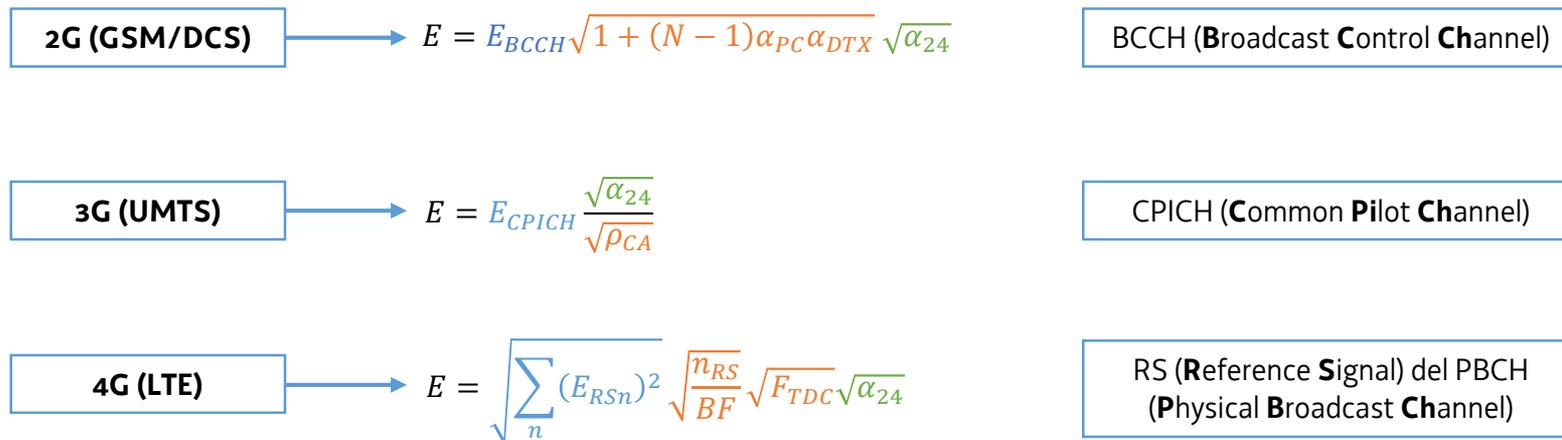


Procedura interna ARPA FVG

Relativamente al valore di attenzione, superati i 2 V/m, si procede al monitoraggio in continuo e/o all'estrapolazione alla massima potenza

Misure

Misure di controllo e vigilanza
Estrapolazione alla massima potenza



- Campo elettrico relativo al canale di controllo (quantità misurata)
 - Parametri di rete (quantità fissate dal Gestore)
- Variabilità nell'arco delle 24 ore (quantità misurata dai dati di potenza oraria forniti dal Gestore)

Misure

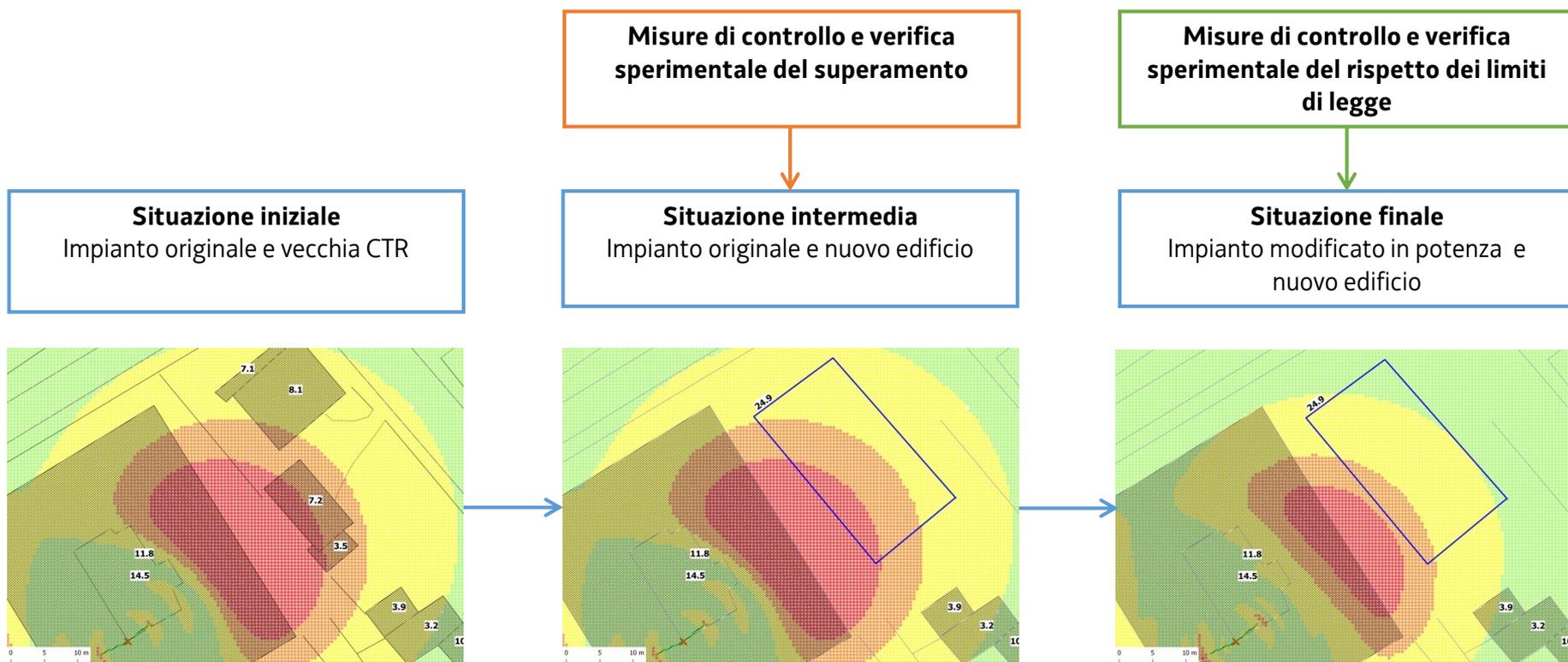
Misure di controllo e vigilanza

Considerazioni

1. Verificare le tipologie di impianti presenti a Catasto in modo da scegliere opportunamente gli strumenti da utilizzare e capire come procedere con le misure.
2. Tenere conto della storia del sito, per eventuali aggiornamenti non presenti a Catasto.
2. Mappare in banda larga l'area in esame, prediligendo zone abitate e/o sensibili (scuole, ospedali, parchi, ecc . . .) -> zone a permanenza superiore a 4 ore giornaliere e limite di legge più basso (valore di attenzione/obiettivo di qualità pari a 6 V/m).
3. Effettuare misure in banda stretta qualitativa per capire quali impianti sono attivi.
4. Effettuare misure in banda stretta quantitativa solo se superato il 75% del limite applicabile.
5. Adottare eventuali semplificazioni dettate dalle norme tecniche per rendere più efficiente l'intervento di misura (per impianti di tipo broadcast – radio/TV – è sufficiente una misura di 6 minuti anziché di 24 ore).

Misure

Esempio della risoluzione di un superamento



Misure

Criticità

ARPA possiede una buona conoscenza del territorio e ha individuato alcune aree critiche che controlla regolarmente: queste sono riportate nel PRRIR (Piano Regionale di Risanamento degli Impianti Radioelettrici) del 2014 aggiornato nel 2021.

In molti casi i valori di campo **sono rientrati** nei limiti di legge

I superamenti sono generalmente dovuti a campi elettromagnetici generati da **impianti radio e TV**

Alcune aree sono più rilevanti perché **maggiormente abitate**

? ! ? ! ?