Aspetti normativi relativi alle alte frequenze

Il riferimento scientifico delle raccomandazioni risulta soprattutto fondato sulla prevenzione dei cosiddetti effetti acuti dell'esposizione ai campi elettromagnetici. In particolare:

Tra 1 Hz e 10 MHz, i limiti di base sono ottenuti allo scopo di evitare effetti delle densità di correnti indotte sul funzionamento del sistema nervoso

Tra 100 kHz e 10 GHz, i limiti di base sul SAR sono ottenuti allo scopo di evitare eccessivi riscaldamenti del corpo, sia a livello locale sia in generale su tutto il corpo

Tra 10 e 300 GHz, i limiti di base si calcolano sulla densità di potenza e sono calcolati cercando di evitare riscaldamenti eccessivi nei tessuti superficiali o molto vicini alla superficie

NORMATIVA INTERNAZIONALE

ICNIRP (International Commission on Non Ionizing Radiation rotection), *Guidelines for Limiting to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (Up to 300 GHz).* Health Physics Journal, vol. 74, n. 4, 1998

NORMATIVA EUROPEA

Raccomandazione del Consiglio del 12 luglio 1999 relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz (1999/519/CE), pubblicata sulla G.U. delle Comunità Europee 199/59 del 30 luglio 1999. 199/512/CE del 12 luglio 1999:

Coerente con le linee guida dell'ICNIRP.

Table 6. Reference levels for occupational exposure to time-varying electric and magnetic fields (unperturbed rms values).[a]

Frequency range	E-field strength ($V\ m^{-1}$)	H-field strength ($A\ m^{-1}$)	B-field (μT)	Equivalent plane wave power density S_{eq} ($W\ m^{-2}$)
up to 1 Hz	—	1.63×10^5	2×10^5	—
1–8 Hz	20,000	$1.63 \times 10^5/f^2$	$2 \times 10^5/f^2$	—
8–25 Hz	20,000	$2 \times 10^4/f$	$2.5 \times 10^4/f$	—
0.025–0.82 kHz	$500/f$	$20/f$	$25/f$	—
0.82–65 kHz	610	24.4	30.7	—
0.065–1 MHz	610	$1.6/f$	$2.0/f$	—
1–10 MHz	$610/f$	$1.6/f$	$2.0/f$	—
10–400 MHz	61	0.16	0.2	10
400–2,000 MHz	$3f^{1/2}$	$0.008f^{1/2}$	$0.01f^{1/2}$	$f/40$
2–300 GHz	137	0.36	0.45	50

[a] Note:
1. f as indicated in the frequency range column.
2. Provided that basic restrictions are met and adverse indirect effects can be excluded, field strength values can be exceeded.
3. For frequencies between 100 kHz and 10 GHz, S_{eq}, E^2, H^2, and B^2 are to be averaged over any 6-min period.
4. For peak values at frequencies up to 100 kHz see Table 4, note 3.
5. For peak values at frequencies exceeding 100 kHz see Figs. 1 and 2. Between 100 kHz and 10 MHz, peak values for the field strengths are obtained by interpolation from the 1.5-fold peak at 100 kHz to the 32-fold peak at 10 MHz. For frequencies exceeding 10 MHz it is suggested that the peak equivalent plane wave power density, as averaged over the pulse width, does not exceed 1,000 times the S_{eq} restrictions, or that the field strength does not exceed 32 times the field strength exposure levels given in the table.
6. For frequencies exceeding 10 GHz, S_{eq}, E^2, H^2, and B^2 are to be averaged over any $68/f^{1.05}$-min period (f in GHz).
7. No E-field value is provided for frequencies <1 Hz, which are effectively static electric fields. Electric shock from low impedance sources is prevented by established electrical safety procedures for such equipment.

Table 7. Reference levels for general public exposure to time-varying electric and magnetic fields (unperturbed rms values).[a]

Frequency range	E-field strength ($V\ m^{-1}$)	H-field strength ($A\ m^{-1}$)	B-field (μT)	Equivalent plane wave power density S_{eq} ($W\ m^{-2}$)
up to 1 Hz	—	3.2×10^4	4×10^4	—
1–8 Hz	10,000	$3.2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	—
8–25 Hz	10,000	$4{,}000/f$	$5{,}000/f$	—
0.025–0.8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	—
0.8–3 kHz	$250/f$	5	6.25	—
3–150 kHz	87	5	6.25	—
0.15–1 MHz	87	$0.73/f$	$0.92/f$	—
1–10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0.73/f$	$0.92/f$	—
10–400 MHz	28	0.073	0.092	2
400–2,000 MHz	$1.375f^{1/2}$	$0.0037f^{1/2}$	$0.0046f^{1/2}$	$f/200$
2–300 GHz	61	0.16	0.20	10

[a] Note:
1. f as indicated in the frequency range column.
2. Provided that basic restrictions are met and adverse indirect effects can be excluded, field strength values can be exceeded.
3. For frequencies between 100 kHz and 10 GHz, S_{eq}, E^2, H^2, and B^2 are to averaged over any 6-min period.
4. For peak values at frequencies up to 100 kHz see Table 4, note 3.
5. For peak values at frequencies exceeding 100 kHz see Figs. 1 and 2. Between 100 kHz and 10 MHz, peak values for the field strengths are obtained by interpolation from the 1.5-fold peak at 100 kHz to the 32-fold peak at 10 MHz. For frequencies exceeding 10 MHz it is suggested that the peak equivalent plane wave power density, as averaged over the pulse width does not exceed 1,000 times the S_{eq} restrictions, or that the field strength does not exceed 32 times the field strength exposure levels given in the table.
6. For frequencies exceeding 10 GHz, S_{eq}, E^2, H^2, and B^2 are to be averaged over any $68/f^{1.05}$-min period (f in GHz).
7. No E-field value is provided for frequencies <1 Hz, which are effectively static electric fields. perception of surface electric charges will not occur at field strengths less than 25 kVm^{-1}. Spark discharges causing stress or annoyance should be avoided.

5 $kV\ m^{-1}$ for 50 Hz or 4.2 $kV\ m^{-1}$ for 60 Hz, to prevent adverse indirect effects for more than 90% of exposed individuals;

- In the low-frequency range up to 100 kHz, the general public reference levels for magnetic fields are set at a factor of 5 below the values set for occupational exposure;
- In the frequency range 100 kHz–10 MHz, the general public reference levels for magnetic fields have been increased compared with the limits given in the 1988 IRPA guideline. In that guideline, the magnetic field strength reference levels were calculated from the electric field strength reference levels by using the far-field

NORMATIVA ITALIANA NAZIONALE

In Italia il primo passo decisivo per la tutela della popolazione dai rischi derivanti dai campi elettromagnetici ad alta frequenza è stato mosso con l'emanazione della legge 249 del 31 luglio 1997 **"Istituzione dell'Autorità per le garanzie nelle comunicazioni e norme sui sistemi di telecomunicazioni e radiotelevisivo".** L'Autorità istituita ha il compito, tra gli altri, di vigilare sui tetti di radiofrequenze compatibili con salute umana e verificare che tali tetti, anche per effetto congiunto di più emissioni elettromagnetiche, non vengano superati. Il rispetto di tali valori rappresenta infatti condizione obbligatoria per le licenze o le concessioni all'installazione di apparati con emissioni elettromagnetiche.

Prima dell'emanazione di tale legge, gli unici riferimenti normativi esistenti erano il **DPCM 23 aprile 1992** ed il **DPCM 28 settembre 1995,** riferiti solo ai campi a 50 Hz (ELF), e la cosiddetta "legge Mammì" **(L. 6 agosto 1990 n°223 "Disciplina del sistema radiotelevisivo pubblico e privato")** che forniva però solo le prime indicazioni per regolamentare l'esistenza di siti per l'emittenza radiotelevisiva secondo il Piano Nazionale delle frequenze.

Nel settembre del 1998 il Ministero dell'Ambiente, d'intesa con il Ministero della Sanità ed il Ministero delle Comunicazioni, in attuazione della legge 249/97, emana il **DM 381/98 "Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana".**

Nel **luglio 1999** gli stessi Ministeri, al fine di favorire un'uniforme applicazione del decreto, elaborano le **Linee guida applicative del D.M. 381/98,** in cui sono spiegati ed interpretati gli articoli del Regolamento stesso**.**

Nel **381/98** si fa riferimento anche al rischio implicito rappresentato da eventuali malattie in qualche modo connesse con un'esposizione prolungata nel tempo anche a livelli molto bassi, per cui sono stati adottati anche valori inferiori ai limiti sanitari fissati dallo stesso decreto, che peraltro erano già cautelativi rispetto alla normativa sinora vigente nel contesto internazionale**.**

Il 14 febbraio 2001 il Parlamento Italiano ha approvato la "**Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici**", in cui si definiscono le norme generali per la protezione dai campi EM e per l'emanazione di un successivo decreto, che sostituisce il 381/98.

Si assegna allo Stato la determinazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità e l'individuazione delle tecniche di misura e di rilevamento dell'inquinamento elettromagnetico.

Di particolare interesse è l'istituzione del catasto nazionale delle sorgenti fisse e mobili dei campi elettrici, magnetici e elettromagnetici e delle zone territoriali interessate, al fine di rilevare i livelli di campo presenti nell'ambiente.

Il disegno di legge stabilisce anche le informazioni che i fabbricanti di apparecchi e dispositivi generanti campi elettromagnetici, sono tenuti a fornire agli utenti con etichette e schede informative. Le informazioni devono riguardare i livelli di esposizione prodotti dall'apparecchio, la distanza di impiego consigliato e le prescrizioni di sicurezza.

DPCM 8 LUGLIO 2003

Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz."

GU della Repubblica Italiana il 28 agosto 2003.

Art. 2.
Definizioni ed unità di misura

1. Ferme restando le definizioni di cui all'art. 3 della legge 22 febbraio 2001, n. 36, ai fini del presente decreto le definizioni delle grandezze fisiche citate sono riportate nell'**allegato** A che costituisce parte integrante del presente decreto

Art. 3.

Limiti di esposizione e valori di attenzione

1. Nel caso di esposizione a impianti che generano campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici con frequenza compresa tra 100 kHz e 300 GHz, non devono essere superati i limiti di esposizione di cui alla tabella 1 dell'allegato B, intesi come valori efficaci.
2. A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine eventualmente connessi con le esposizioni ai campi generati alle suddette frequenze all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, e loro pertinenze esterne, che siano fruibili come ambienti abitativi quali balconi, terrazzi e cortili esclusi i lastrici solari, si assumono i valori di attenzione indicati nella tabella 2 all'allegato B.
3. I valori di cui ai commi 1 e 2 del presente articolo devono essere mediati su un'area equivalente alla sezione verticale del corpo umano e su qualsiasi intervallo di sei minuti.

Art. 4.

Obiettivi di qualità

1. Ai fini della progressiva minimizzazione della esposizione ai campi elettromagnetici, i valori di immissione dei campi oggetto del presente decreto, calcolati o misurati all'aperto nelle aree intensamente frequentate, non devono superare i valori indicati nella tabella 3 dell'allegato B. Detti valori devono essere mediati su un'area equivalente alla sezione verticale del corpo umano e su qualsiasi intervallo di sei minuti.

2. Per aree intensamente frequentate si intendono anche superfici edificate ovvero attrezzate permanentemente per il soddisfacimento di bisogni sociali, sanitari e ricreativi.

Art. 5.

Esposizioni multiple

1. Nel caso di esposizioni multiple generate da piu' impianti, la somma dei relativi contributi normalizzati, definita in allegato C, deve essere minore di uno. In caso contrario si dovra' attuare la riduzione a conformita' secondo quanto decritto nell'allegato C. Nel caso di superamenti con concorso di contributi di emissione dovuti a impianti delle Forze armate e delle Forze di polizia, la riduzione a conformita' dovra' essere effettuata tenendo conto delle particolari esigenze del servizio espletato.

Art. 6.

Tecniche di misurazione e di rilevamento dei livelli di esposizione

1. Le tecniche di misurazione e di rilevamento da adottare sono quelle indicate nella norma CEI 211-7 e/o specifiche norme emanate successivamente dal CEI.

1. Il sistema agenziale APAT-ARPA contribuisce alla stesura delle norme CEI con l'approvazione del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio.

Art. 7.

Aggiornamento delle conoscenze

1. Il Comitato interministeriale di cui all'art. 6 della legge quadro n. 36/2001 procede, nei tre anni successivi all'entrata in vigore del presente decreto, all'aggiornamento dello stato delle conoscenze, conseguenti alle ricerche scientifiche prodotte a livello nazionale ed internazionale, in materia dei possibili rischi sulla salute originati dai campi elettromagnetici.

Normativa Regionale

Regolamento Regionale 21 Febbraio 2001, N.1

REGOLAMENTO REGIONALE PER LA DISCIPLINA DELLE PROCEDURE PER L'INSTALLAZIONE, LA MODIFICA ED IL RISANAMENTO DI SISTEMI RADIOELETTRICI

(pubblicata nel supplemento ordinario n.8 al Bollettino ufficiale della Regione Lazio n. 7, del 10 marzo 2001)

Normativa comunale

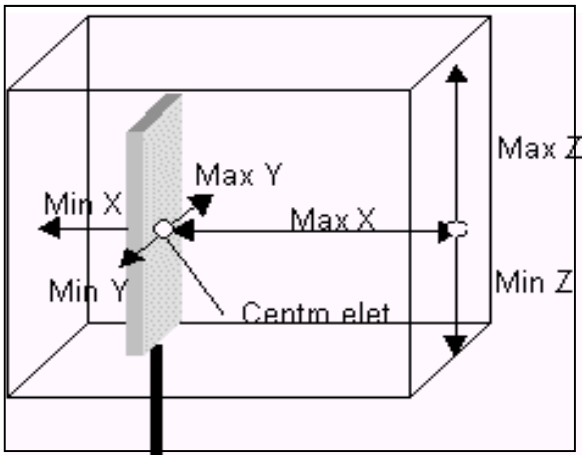
Deliberazione n. 211 dell'11 dicembre 2000 del Consiglio Comunale di Roma

Indirizzi per la tutela della salute dai rischi di inquinamento da onde elettromagnetiche. Modifiche alla procedura per il rilascio delle autorizzazioni e/o con cessioni edilizie relative l'installazione degli impianti per le reti di telefonia radiomobile e degli impianti di trasmissione radiofonica e televisiva e servizi similari. Istituzione di una rete di monitoraggio continuo dei campi elettromagnetici

Il volume di rispetto

La stima dei livelli di campo elettromagnetico prevede in primo luogo la costruzione di un volume di rispetto intorno all'antenna all'interno del quale sono superati i livelli assunti come riferimento. La costruzione di tale volume può costituire un utile strumento per evitare nuove edificazioni dove i livelli di campo possono essere rischiosi. Inoltre viene prevista una valutazione puntuale sugli edifici posti all'intorno dell'antenna e presumibilmente maggiormente soggetti al campo irradiato.
La stima dei volumi di rispetto avviene in relazione ai valori indicati nel decreto interministeriale (20 V/m e 6 V/m).

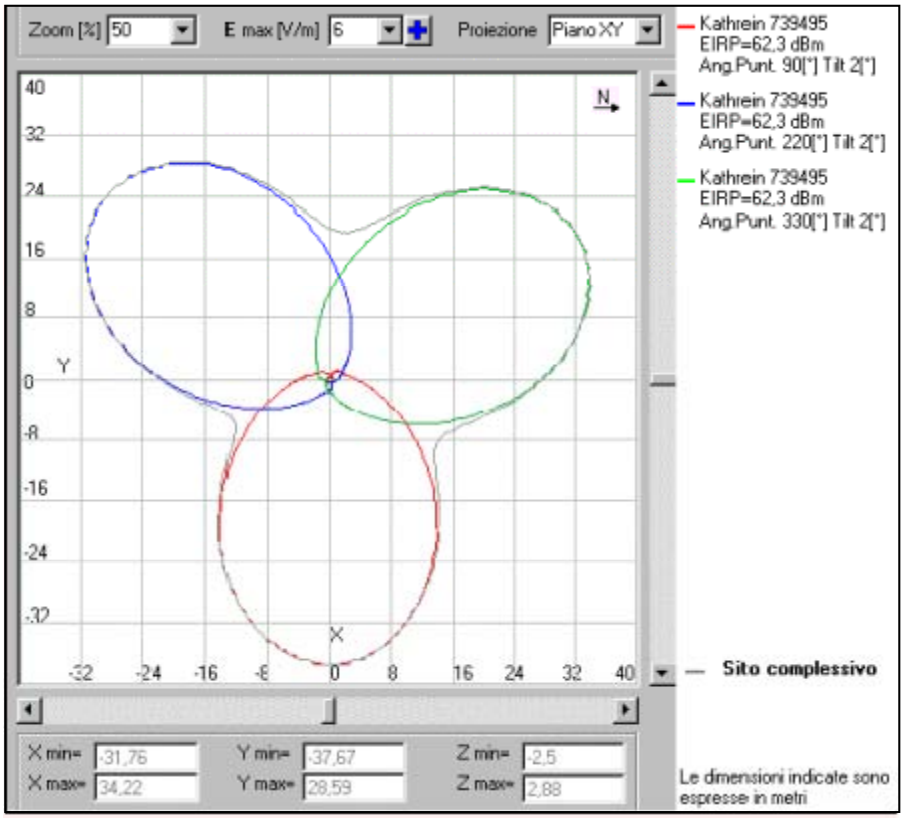
Dimensioni di massimo ingombro del volume di rispetto



Esempio 1

Volume di rispetto di un sito GSM

- 3 antenne Kathrein 739495
- Frequenza: 1800 MHz
- EIRP: 62.3
- Tilt: 2°

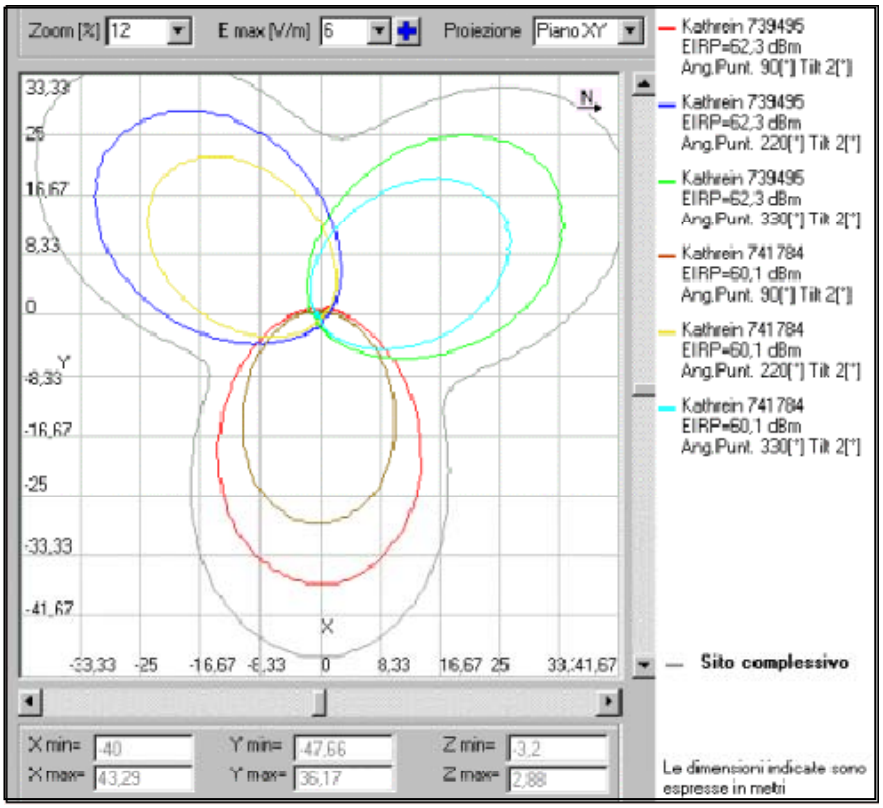


EIRP: Effective Isotropic Radiated Power

Esempio 2:

Confronto GSM/UMTS con colocazione dei siti

- 3 antenne Kathrein 741784
- Frequenza: 2110 MHz
- EIRP: 60.1 dBm
- Tilt: 2°



Antenna direttiva D01 (2 canali radio, 5W al connettore di antenna)

PUNTO DI MISURA	COORDINATE IN METRI DAL CENTRO ELETTRICO DELL'ANTENNA		VALORE DI C. E. MISURATO (V/M)
	ASSE X	ASSE Y	
B	5	0	20
C	7	0	18
D	9	0	13
A1	2	1	9
A2	2	2	3.2
C2	7	2	12

Tabella 3 - Valori del campo elettrico misurati a varie distanze lungo la direzione di massimo irraggiamento e verso il basso lungo il piano passante per il centro elettrico dell'antenna.

Antenna D01- 60°, G=13 dBd, L= 1.3 m, 2TX da 5W

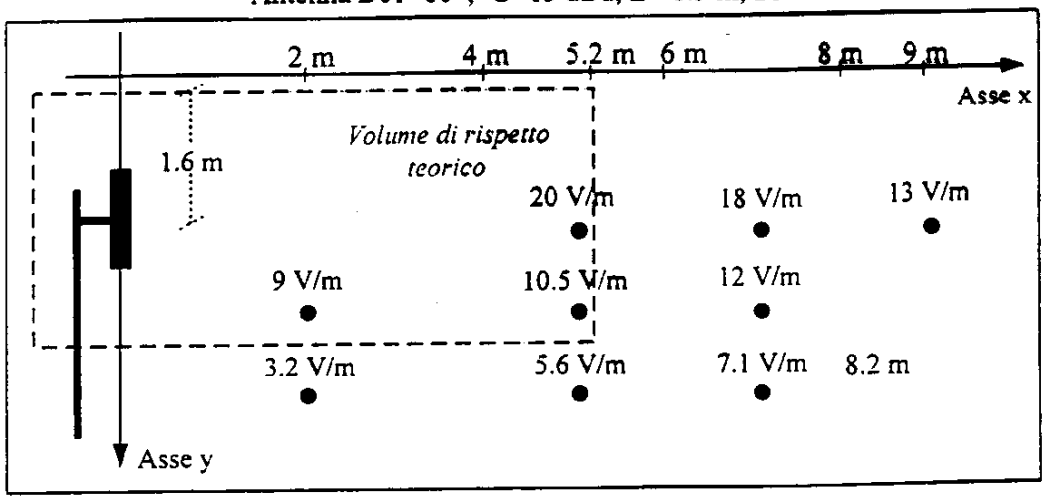


Figura 5 - Valori del campo elettrico misurati a varie distanze lungo la direzione di massimo irraggiamento e verso il basso lungo il piano passante per il centro elettrico dell'antenna

Soluzioni per la riduzione dei campi elettromagnetici prodotti dai sistemi di telecomunicazione

Principali tipologie di intervento

Per ridurre il livello di campo elettromagnetico generato da una sola antenna si può intervenire direttamente modificando la sua posizione (per esempio innalzando a una quota maggiore tutto il sistema) e la sua inclinazione.

Si può agire sul diagramma di radiazione modificandolo (aumentando per esempio il numero di sorgenti elementari) allo scopo di indirizzare la potenza emessa verso direzioni che non presentino inconvenienti oppure riducendo i lobi secondari

Un altro intervento tecnico, se realizzabile, consiste nel ridurre la potenza del trasmettitore.

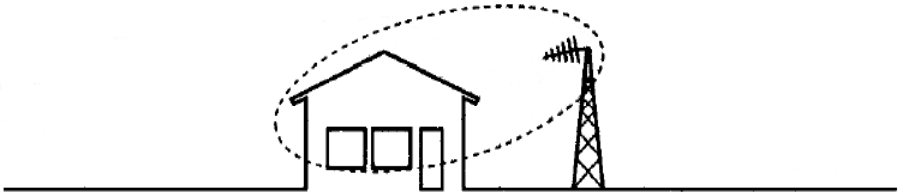
Anche la realizzazione di un’area all’interno della quale sia impedito l’accesso della popolazione può essere un intervento utile

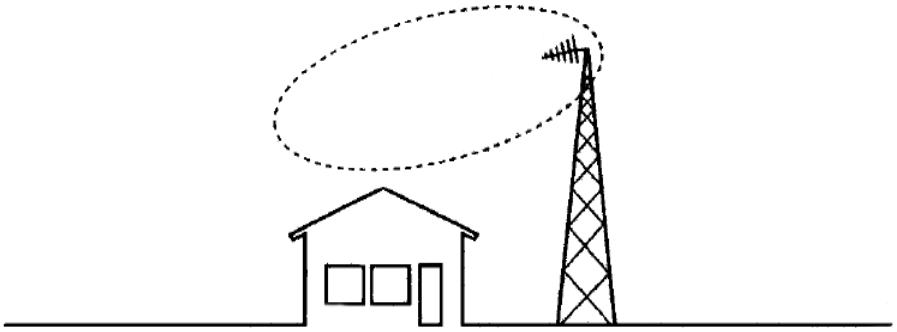
Un altro metodo è quello di intervenire attraverso sistemi di schermatura (tenendo conto del valore della profondità di penetrazione)

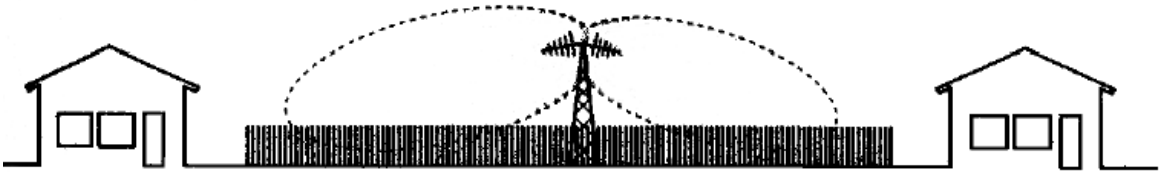
In presenza di un sistema di più antenne, gli interventi di mitigazione risultano più complessi, di fatto si può solo intervenire riducendo la potenza emessa da uno o più trasmettitori

In generale tra i principali vantaggi dei sistemi digitali troviamo:

- livelli utili più bassi e quindi minore potenza irradiata
- possibilità di trasmettere con lo stesso apparato servizi di tipo diverso







Esempio ordine di costi per il risanamento degli impianti (Fonte: Ray Way)

Tralicci

Altezza 30 mt tipo leggero: 60000 Euro
Altezza 30 mt tipo pesante: 135000 Euro
Altezza 60 mt tipo leggero: 190000 Euro
Altezza 60 mt tipo pesante: 350000 Euro
Altezza 100 mt : 1000000 Euro
Altezza 120 mt : 1250000 Euro

Tali costi risentono dell'applicazione del DM 1601/96 sulle prescrizioni relative al dimensionamento delle strutture della torre in relazione all'azione del vento. Il traliccio di tipo leggero è indicato in zone con poco vento e per ospitare sistemi d'antenna semplici. Il traliccio di tipo pesante è adatto a tutte le condizioni climatiche ed è in gradi di ospitare più sistemi d'antenna

Antenne

Pannello MF: 2800 Euro
Pannello VHF: 2500 Euro
Pannello UHF: 2300 Euro

Per ottenere un diagramma di radiazione che consenta di ridurre in modo consistente i lobi secondari occorre un numero di elementi di varie unità.
A questi costi sono da aggiungere i combinatori per irradiare più frequenze con una sola antenna con costi da 20000 ad oltre 50000 mila Euro in funzione della complessità, i costi del progetto radioelettrico completo che comprende: progettazione dell'antenna, previsioni delle variazioni in area di servizio, campi interferenti e previsioni di inquinamento elettromagnetico.
Complessivamente un'azione di risanamento e razionalizzazione può richiedere un impegno finanziario di milioni di Euro.

La riduzione a conformità

L'allegato C del decreto ministeriale n. 381/98 riporta la procedura di riduzione a conformità di sorgenti di campi elettromagnetici per le quali venga verificato un superamento dei limiti di esposizione per la popolazione.
La riduzione dei contributi dei campi elettromagnetici generati da diverse sorgenti, che concorrono in un dato punto al superamento dei limiti di esposizione adottati, deve essere eseguita nel modo seguente:

Indicando con E_i il campo elettrico della sorgente i-esima e con L_i il corrispondente limite, si calcolano i contributi normalizzati che le varie sorgenti producono nel punto considerato secondo la:

$$C_i = \frac{E_i^2}{L_i^2}$$

oppure, per frequenze f > 3 MHz,

$$C_i = \frac{D_i}{D_{Li}}$$

Dove D è la densità di potenza in W/m2.
Se la somma

$$C = \sum_i C_i$$

supera il valore 1, i limiti di esposizione non sono soddisfatti ed i vari segnali E_i vanno pertanto ridotti in modo che risulti

$$C \leq 0.8$$

ai fini di maggior cautela della popolazione. La sommatoria permette di considerare i contributi normalizzati di tutte le sorgenti nel punto preso in esame tenendo presente perciò tutta la banda delle radio frequenze dei segnali nel punto stesso.

A questo punto il processo di riduzione a conformità si articola in due fasi:

1) In primo luogo si individuano con R_i quei contributi C_i che singolarmente superano il valore 0.8: a ciascuno dei corrispondenti segnali Ei deve essere applicato un coefficiente di riduzione β_i che soddisfa la relazione: $\beta_i R_i = 0.8$
2) Se la somma

$$C = \sum_i C_i + \sum_i \beta_i R_i$$

Supera il valore 0.8 i vari segnali devono essere ridotti in modo che risulti $C \leq 0.8$. Ne segue che il quadrato del campo elettrico deve essere minore di 0.8 volte il quadrato del limite; questo implica che la percentuale di densità di potenza (proporzionale al quadrato del campo elettrico) complessiva esistente nel sito deve essere inferiore all'80% del valore limite, e che la percentuale di campo totale

Deve essere inferiore all'89.5% ($\sqrt{0.8} = 0.895$) del valore limite. Dall'insieme dei contributi da normalizzare devono essere esclusi i segnali che danno un contributo inferiore ad 1/100, indicati convenzionalmente con l'espressione

$$\sum_k A_k$$

Possiamo quindi scrivere:

$$C = \sum_\eta \frac{E_\eta^2}{L_\eta^2} + \sum_k A_k + \sum_i \beta_i R_i =$$

$$= \sum_\eta \frac{E_\eta^2}{L_\eta^2} + \sum_k A_k + \sum_i \beta_i \frac{E_i^2}{L_i^2}$$

Ponendo C= 0.8; $E_\eta' = \sqrt{\alpha} E_\eta$; $E_i' = \sqrt{\alpha} E_i$

$$0.8 - \sum_k A_k = \alpha \left(\sum_\eta \frac{E_\eta^2}{L_\eta^2} + \sum_i \beta_i \frac{E_i^2}{L_i^2} \right)$$

Essendo α il coefficiente di riduzione globale e E_η', E_i' i nuovi valori, ridotti a conformità, dei campi elettrici

Le due fasi precedentemente descritte possono essere riassunte nei due seguenti punti:

1) riduzione dei contributi E_i al campo elettrico globale che singolarmente superano il valore limite;

2) Nel caso in cui, dopo aver effettuato la riduzione di cui al punto 1), il livello globale di campo elettrico fosse ancora maggiore del limite, si riducono tutti i contributi (ad esclusione dei contributi inferiori ad 1/100 del livello limite ai quali, pertanto, non verrà applicato nessun coefficiente di riduzione) di un uguale fattore $\sqrt{\alpha}$ in modo tale che il livello si riduca di 0.8 volte il valore limite.