

Basi delle Normative internazionali

Normativa Italiana e legislazione

Volume di Rispetto

Procedure di definizione degli standard

Effetti biologici stabiliti – potenziali effetti sanitari

- basi biologiche
- meccanismi di accoppiamento

parametro “pericoloso”

- caratterizzazione del campo incidente
- dosimetria

- linee guida
- determinazione di livelli di sicurezza



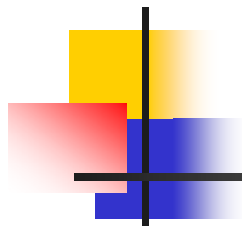
Criteri protezionistici e normativi

- La protezione dagli effetti termici, per i quali vi è danno certo, si attua con la definizione di:
 - Limiti primari: *limiti di base* legati agli effetti sanitari acuti ed espressi per mezzo di grandezze dosimetriche, interne al corpo umano.
 - Limiti derivati: *livelli di riferimento* caratterizzati dalle grandezze radiometriche, esterne al corpo umano, corrispondenti all'ambiente in cui avviene l'esposizione. Vengono dedotti cautelativamente ipotizzando le più sfavorevoli condizioni di esposizione.
- I limiti derivati sono fissati rispetto a quelli primari in modo che, se i valori di campo misurati in un ambiente non superano i primi, sicuramente non verranno superati i secondi.



Criteri protezionistici e normativi

- La legge italiana fissa tre distinti livelli per le grandezze radiometriche:
 - Limiti di esposizione: *valori del campo elettrico, magnetico o elettromagnetico considerati come valori di immissione, che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione (20 V/m per il valore efficace del campo elettrico)*
 - Livelli di attenzione: *valori del campo elettrico, magnetico o elettromagnetico considerati come valori di immissione che non devono essere superati negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Essi costituiscono misure di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine (6 V/m per il valore efficace del campo elettrico);*
 - Obiettivi di qualità: *valori del campo elettrico, magnetico o elettromagnetico considerati come valori di emissione degli impianti e delle apparecchiature, da conseguire nel breve, medio e lungo periodo, anche attraverso l'uso di tecnologie e metodi di risanamento disponibili, al fine di realizzare gli obiettivi di cautela previsti, anche con riferimento alla protezione da possibili effetti a lungo termine. Obiettivi di qualità sono: i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, etc.*

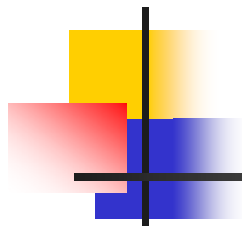


Normativa internazionale

Limiti di esposizione

- I limiti sono espressi in V/m e variano in funzione della frequenza.

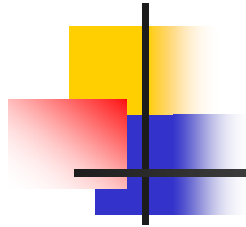
PAESE	f=400 MHz	f=900 MHz	f=1800 MHz	f >2 GHz
Australia	27	41	58	61
Austria	31	47	61	61
Bulgaria	6	6	6	6
Canada	31	47	61	61
Cina	12	12	12	12
EU CENELEC	27	41	58	61
Francia	27	41	58	61
Germania	27	41	58	61
Ungheria	6	6	6	6
ICNIRP	27	41	58	61



Normativa internazionale

Limiti di esposizione (CONTINUA)

PAESE	f=400 MHz	f=900 MHz	f=1800 MHz	f >2 GHz
Italia	20 (6)	20 (6)	20 (6)	20 (6)
Giappone	31	47	61	61
Paesi Bassi	60	109	180	193
Nuova Zelanda	27	41	58	61
Polonia	6	6	6	6
Russia	-	6	-	-
Sud Africa	27	41	58	61
Svezia	27	41	58	61
Svizzera	27	41	58	60
Turchia	29	41	58	58
Regno Unito	27	41	58	61
USA	31	47	61	61

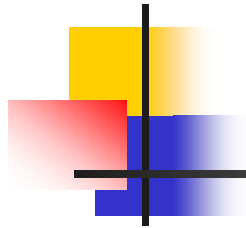


Situazione italiana

Il decreto 381

- Il Decreto 381/98 fissa i limiti di esposizione per la popolazione ai Campi E.M. nell'intervallo di frequenze tra *100 kHz* e *300 GHz*.

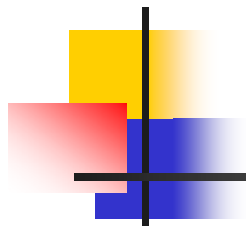
Intervallo di frequenza (MHz)	Valore efficace di intensità del campo elettrico E (V/m)	Valore efficace di intensità del campo magnetico H (A/m)	Densità di potenza dell'onda piana equivalente (W/m ²)
<i>0.1 – 3</i>	<i>60</i>	<i>0.2</i>	<i>-</i>
<i>3 – 3000</i>	<i>20</i>	<i>0.05</i>	<i>1</i>
<i>3000 – 300000</i>	<i>40</i>	<i>0.1</i>	<i>4</i>



Situazione italiana

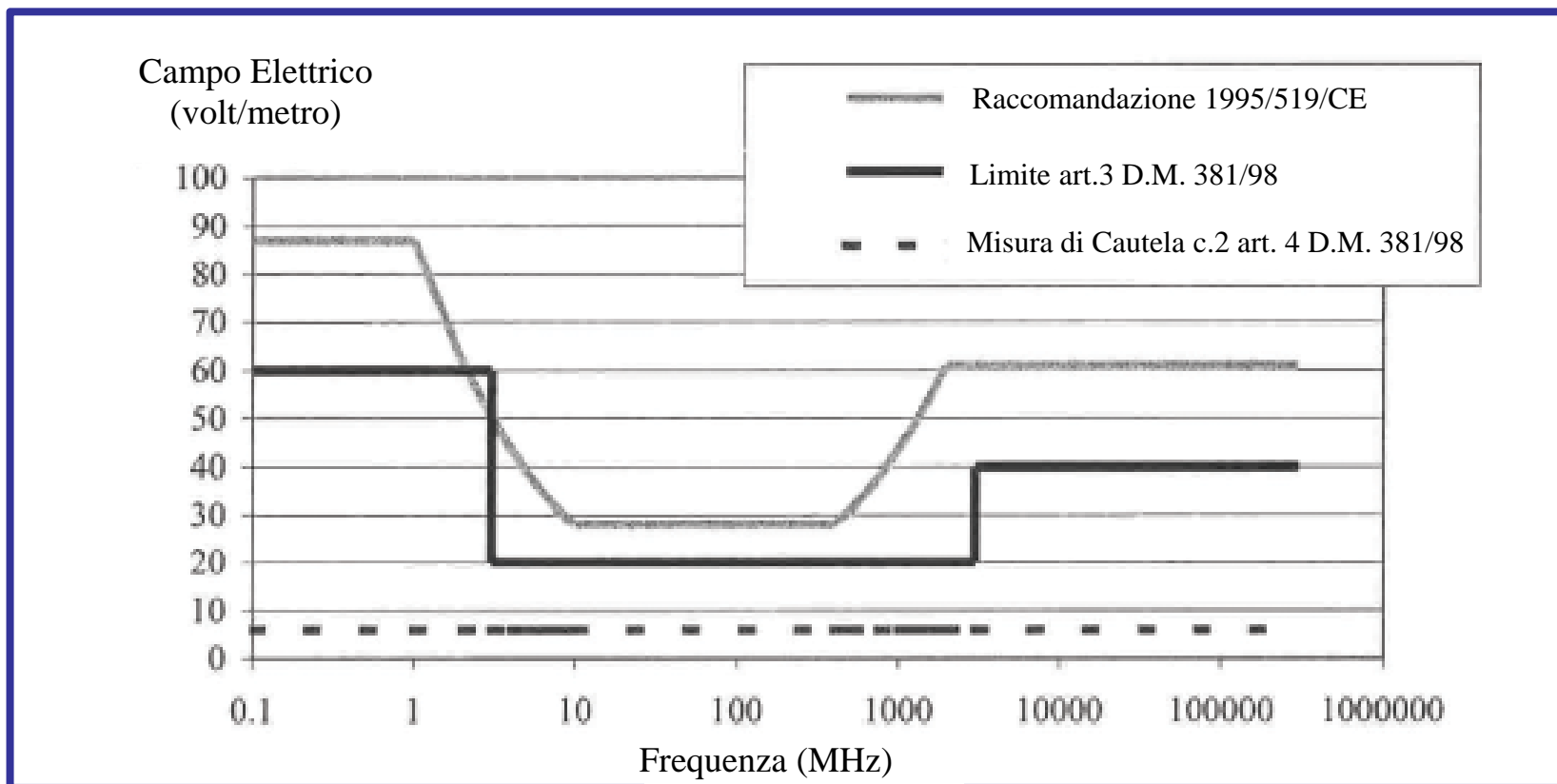
Il decreto 381

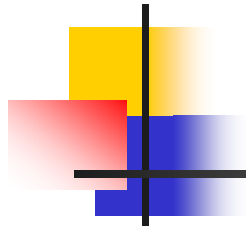
- L'articolo 4 del decreto 381/98 è relativo a “*Misure di cautela e obiettivi di qualità*”:
 - Comma 1: “*la realizzazione dei sistemi fissi delle telecomunicazioni... deve avvenire in modo da produrre i valori di campo elettromagnetico più bassi possibile, compatibilmente con la qualità del servizio svolto dal sistema stesso al fine di minimizzare l'esposizione della popolazione.*”
 - Comma 2: “*in corrispondenza di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore non devono essere superati i seguenti valori, indipendentemente dalla frequenza, mediati su un'area equivalente alla sezione verticale del corpo umano e su qualsiasi intervallo di sei minuti: 6 V/m per il campo elettrico, 0.016 A/m per il campo magnetico intesi come valori efficaci e, per frequenze comprese tra i 3 MHz e i 300 GHz, 0.10 W/m² per la densità di potenza dell'onda piana equivalente.*”



Situazione italiana

Il decreto 381

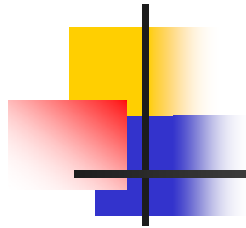




Situazione italiana

La legge quadro

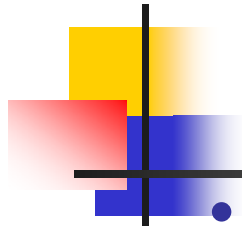
- Le disposizioni contenute nella “*Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici*” (n.36 del 2001) sono indirizzate alla tutela della popolazione e dei lavoratori dalla esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, generati da qualsivoglia tipo di impianto che operi nell’intervallo di frequenza $0\text{ Hz} \div 300\text{ GHz}$ e che emetta in ambiente esterno o in ambiente interno; restano escluse le applicazioni mediche a pazienti esposti intenzionalmente per motivi diagnostici o terapeutici.
- La legge non si limita alla tutela della salute, ma individua anche misure per la salvaguardia dell’ambiente e del paesaggio.



Situazione italiana

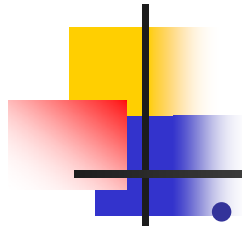
Il decreto attuativo

- Limiti di esposizione e valori di attenzione
 - *All'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere e loro pertinenze esterne (esclusi lastrici solari) si assume il valore di attenzione pari a 6 V/m*
- Obiettivi di qualità
 - *Il decreto fissa come obiettivo di qualità il limite di 6 V/m, estendendone l'applicazione a tutte le aree "intensamente frequentate", che devono essere indicate dai Comuni.*
- Aggiornamento delle conoscenze
 - *Il decreto prevede la possibile revisione dei livelli sopra menzionati in conseguenza dell'evolversi delle conoscenze scientifiche nei tre anni successivi alla sua entrata in vigore*



Calcolo dei livelli di Campo EM

- La valutazione a fini protezionistici del CEM mediante tecniche a raggi, ha evidenziato che un numero limitato di riflessioni ($2\div 3$) è sufficiente e le riflessioni successive non hanno effetti sensibili sui livelli di campo.
- Il Campo EM è generalmente valutato come media spaziale su una sezione verticale equivalente alla superficie del corpo umano, in coerenza con le normative.
- L'utilizzo di tecniche di **Ray Tracing** è subordinato alla disponibilità di mappe cartografiche in formato elettronico dettagliate e comprensive delle quote degli edifici.
- I **database territoriali** vengono prodotti attraverso la digitalizzazione di fotografie aeree oppure utilizzando planimetrie catastali affiancate agli opportuni rilievi altimetrici.
- Per valutazioni protezionistiche i database devono contenere anche informazioni relative alle caratteristiche dielettriche dei materiali degli edifici e del terreno.



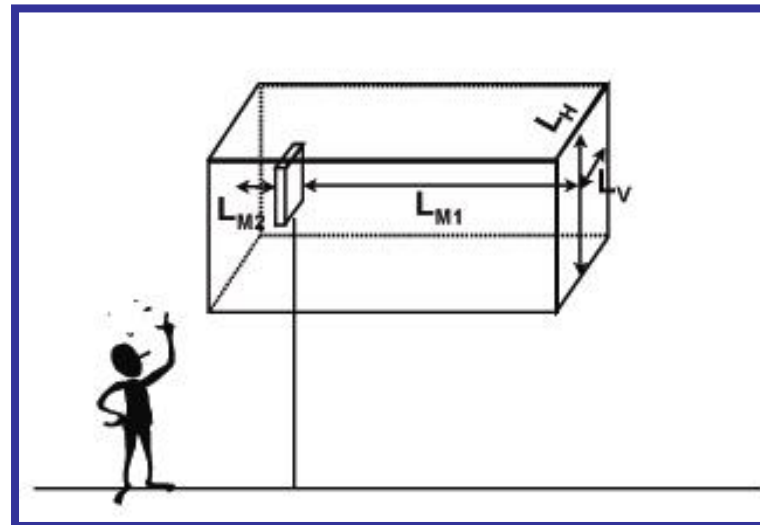
Il volume di rispetto

- Il **Volume di Rispetto** è una regione di spazio intorno all'antenna, determinata con metodi numerici, che racchiude tutti i punti dello spazio nei quali il campo elettromagnetico potrebbe superare i limiti di esposizione (es. $E_{lim} = 6 \text{ V/m}$)
- Utilizzando la formulazione vista per il calcolo del campo e/o della densità di potenza e imponendo l'uguaglianza ai limiti previsti dalle normative, è possibile costruire un'*isosuperficie* a campo costante.
- Per motivi di semplicità, il volume di rispetto è generalmente rappresentato da un'opportuna geometria solida:
 - Cilindro a sezione rettangolare (parallelepipedo)
 - Cilindro a sezione ellittica
 - Coppia di cilindri
- Utilizzando la rappresentazione semplificata il volume di rispetto è calcolabile dai parametri elettrici forniti dai costruttori.

Il volume di rispetto

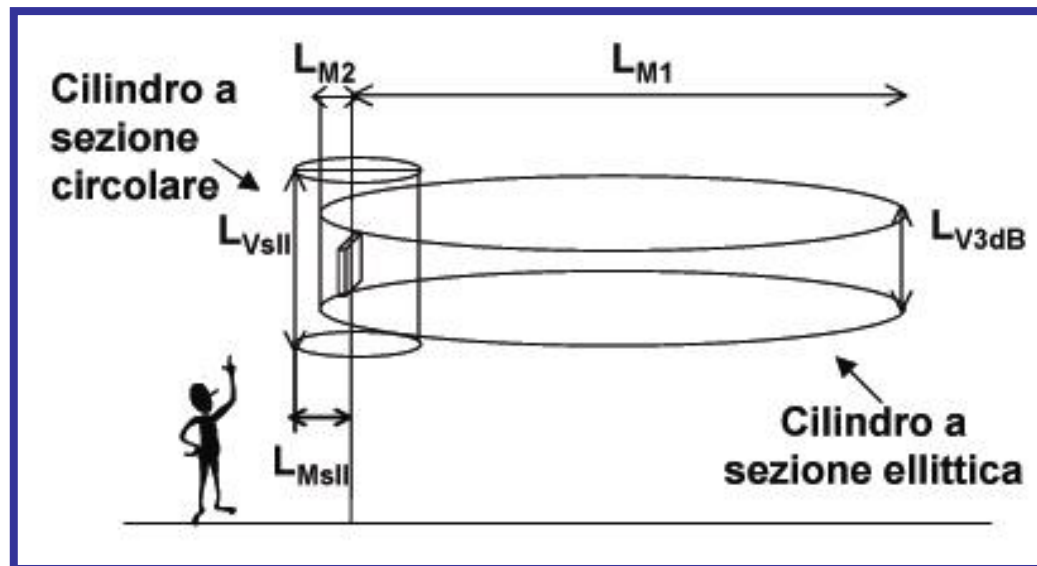
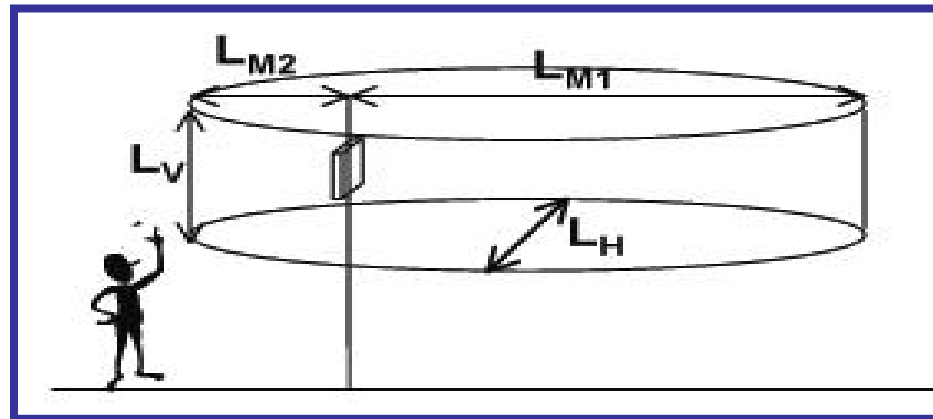
- Il **Volume di Rispetto** è definito da tre dimensioni:
 - L_M dimensione massima nella zona antistante l'antenna (*profondità*)
 - L_V dimensione parallela al piano verticale dell'antenna (*altezza*)
 - L_H dimensione parallela al piano orizzontale dell'antenna (*larghezza*)
- Il centro dell'antenna si trova nel punto medio di L_V e L_H , mentre L_M si suddivide in due segmenti L_{M1} e L_{M2} che si estendono in avanti e indietro dal centro dell'antenna.

Rappresentazione del volume di rispetto mediante un cilindro a sezione rettangolare



Il volume di rispetto

Rappresentazione del volume di rispetto mediante un cilindro a sezione ellittica



*Rappresentazione del volume di rispetto mediante una coppia di cilindri:
uno a sezione circolare
e uno a sezione ellittica*



Il volume di rispetto

- La **Guida CEI 211-10** indica come calcolare le distanze che definiscono il volume di rispetto, fissato il limite di esposizione (es. campo elettrico E_0)

➤ **Calcolo di \underline{L}_M**

$$L_{M1} = \frac{\sqrt{30P_T G_{MAX}}}{E_0}, \quad L_{M2} = \frac{\sqrt{30P_T fb}}{E_0}$$

$$L_M = L_{M1} + L_{M2}$$

Dove fb è data da: $fb = 10^{\frac{G_{MAX\,dbi} - FB}{10}}$ ed FB rappresenta il valore **Front-to-Back** dell'antenna espresso in dB.

➤ **Calcolo di \underline{L}_V**

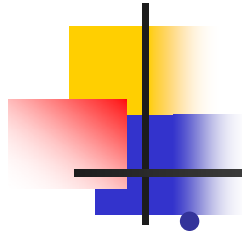
$$L_{V(3dB)} = \sqrt{2} \frac{\sqrt{30P_T G_{MAX}}}{E_0} \sin\left(\frac{\theta_V}{2}\right)$$

θ_V : ampiezza dell'angolo a metà potenza sul piano verticale

➤ **Calcolo di \underline{L}_H**

$$L_H = \sqrt{2} \frac{\sqrt{30P_T G_{MAX}}}{E_0} \sin\left(\frac{\theta_H}{2}\right)$$

θ_H : ampiezza dell'angolo a metà potenza sul piano orizzontale



Il volume di rispetto

La formulazione vista è relativa al solo lobo principale. Per quel che riguarda la dimensione verticale vale se i lobi secondari rimangono al di sotto di una certa soglia data da:

$$SLL \leq 20 \log_{10} \left[\frac{\sqrt{2} \sin(\vartheta_v / 2)}{2 \sin \vartheta_{sl}} \right]$$

ϑ_v : direzione del lobo secondario rispetto alla direzione del lobo principale

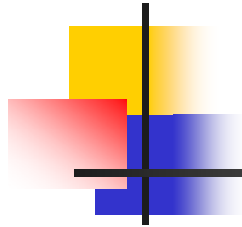
- Se la disuguaglianza non è verificata, per ogni lobo secondario si ha:

$$L_{V(sll)} = \text{MAX}_i \left(2 \frac{\sqrt{30 P_T \cdot 10^{(SLL_i + G)/10}}}{E_0} \sin \vartheta_{sl_i} \right)$$

$$L_V = \text{MAX} (L_{V(3dB)}, L_{V(sll)})$$

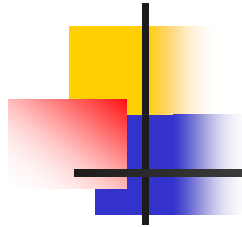
- Per il volume costituito da due cilindri, la dimensione del raggio del cilindro che racchiude i lobi secondari è:

$$L_{M(sll)} = \text{MAX}_i \left(2 \frac{\sqrt{30 P_T \cdot 10^{(SLL_i + G)/10}}}{E_0} \cos \vartheta_{sl_i} \right)$$



Il volume di rispetto

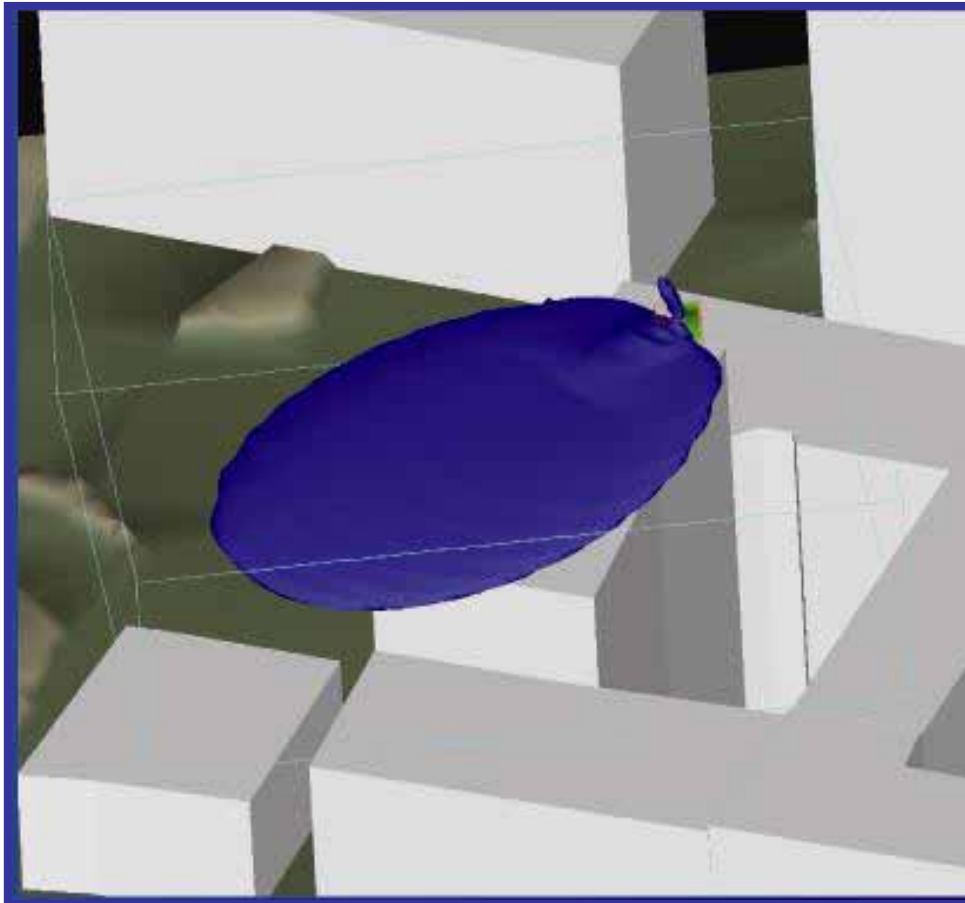
- Se l'antenna presenta un angolo di down tilt elettrico β_{elt} , per calcolare il volume di rispetto, occorre operare una rotazione pari a β_{elt}
- L'utilizzo di un particolare modello geometrico è funzione della accuratezza che si vuole ottenere.
- La rappresentazione mediante una coppia di cilindri è più accurata per la maggior parte degli impianti radiomobili.
- La rappresentazione mediante un parallelepipedo consente una verifica del rispetto dei limiti più immediata.
- Tuttavia ciascuna delle rappresentazioni possibili può portare in alcuni punti a stime eccessivamente conservative.



Il volume di rispetto

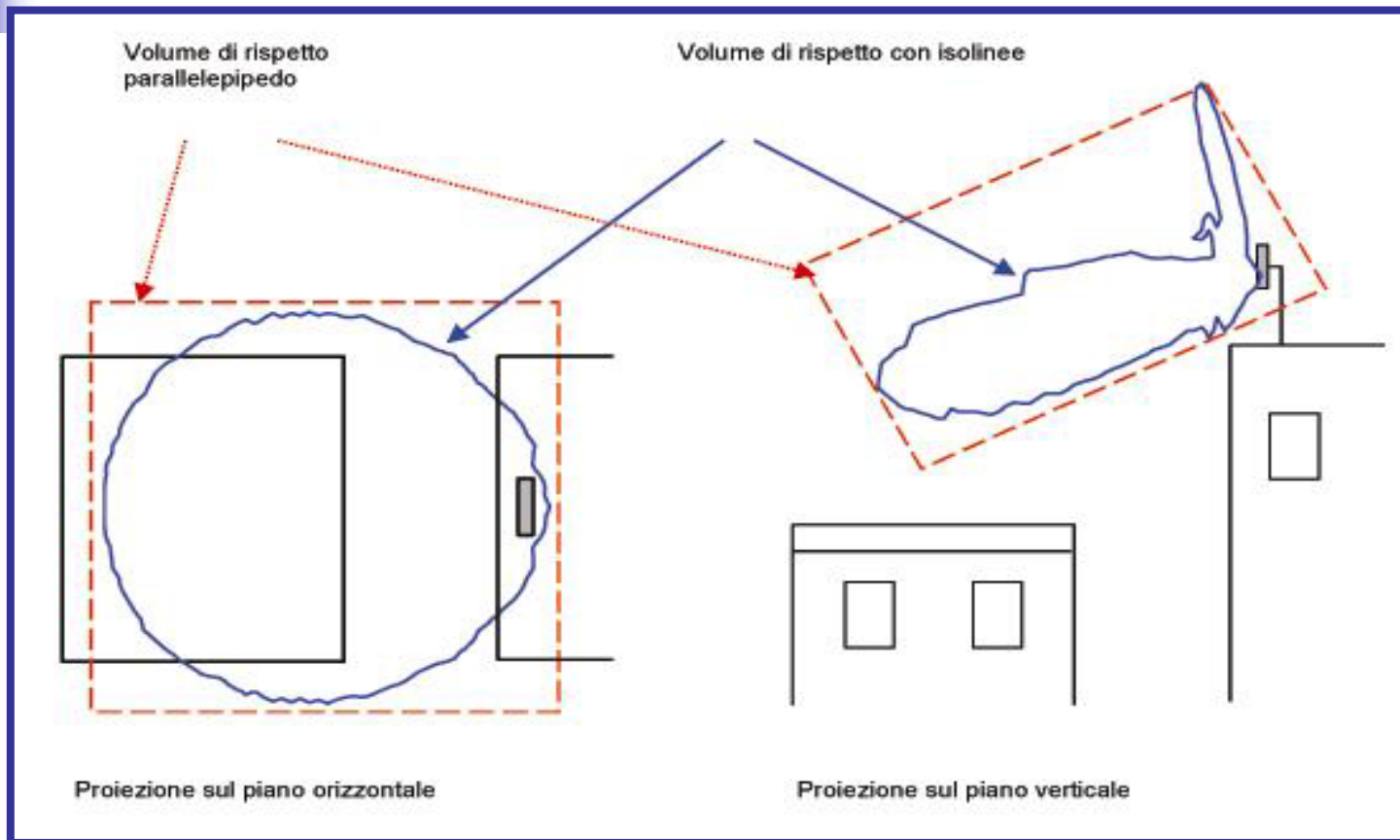
- Per avere stime più realistiche si può utilizzare la rappresentazione del volume di rispetto mediante isosuperficie 3D.
- I passi da seguire sono:
 - Calcolo di vertici del modello a parallelepipedo
 - Definizione di un insieme di punti contenuti nel parallelepipedo secondo un passo assegnato
 - Calcolo del campo nell'insieme di punti individuato
 - Costruzione dell'isosuperficie
- La visualizzazione richiede software in grado di implementare routine grafiche di rendering.
- Si possono anche avere rappresentazioni delle isosuperfici 3D sui tre piani coordinati, ottenendo così isosuperfici 2D. Ovviamente in questo caso la sovrapposizione con l'urbanizzato avverrà rappresentandogli edifici bidimensionalmente.

Il volume di rispetto

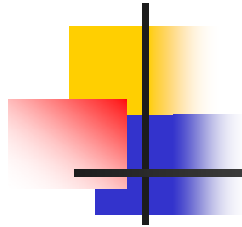


*Rappresentazione del
volume di rispetto
mediante isosuperficie 3D.
È riportata anche la
rappresentazione mediante
parallelepipedo.*

Il volume di rispetto



Rappresentazione del volume di rispetto mediante isosuperficie 2D.



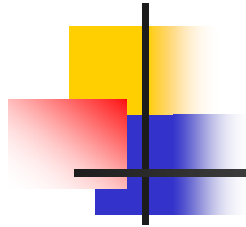
Il volume di rispetto

Volume di rispetto in presenza di più sorgenti

- In presenza di più antenne trasmettenti non è solitamente possibile utilizzare semplici relazioni per rappresentare il volume di rispetto mediante cilindri.
- Il volume di rispetto di ciascuna sorgente deve essere calcolato tenendo conto dei contributi derivanti dalle altre sorgenti.
- Generalmente è raccomandabile costruire un'isosuperficie a campo costante per rappresentare il volume di rispetto.

ESEMPIO 1: Due antenne uguali, con medesimo puntamento elettrico e affiancate ad una distanza d trascurabile rispetto ai singoli volumi di rispetto si possono concentrare come una sola antenna concentrata nel punto equidistante dalle due irradiante la somma delle potenze $P_T = P_1 + P_2$.

Valgono ancora le formule viste fatta eccezione per: $L_H = L_H + d$



Il volume di rispetto

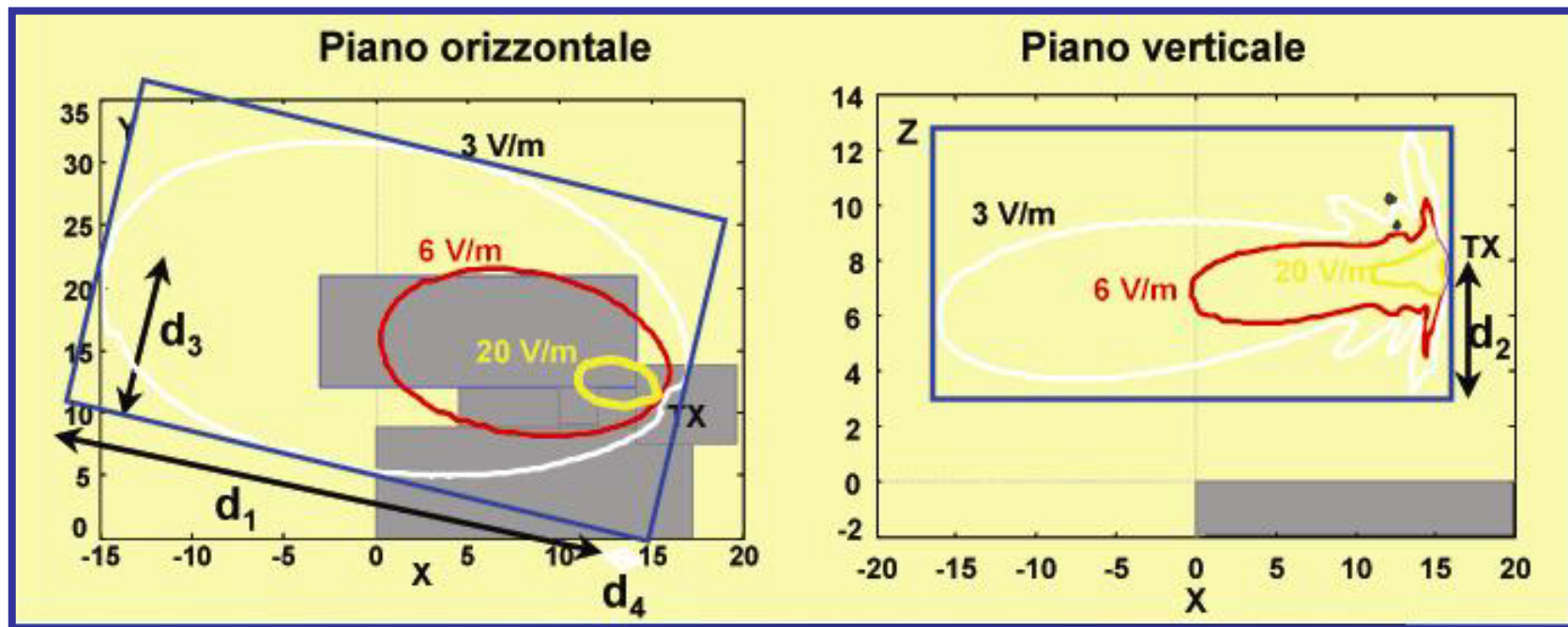
Volume di rispetto in presenza di più sorgenti

- Nel caso generale, se si utilizza la rappresentazione mediante cilindri, si procede nel seguente modo:
 - Calcolo del volume di rispetto per ciascuna antenna
 - Calcolo puntuale del campo generato da tutte le sorgenti nell'intorno dei volumi di rispetto
 - Controllo dei valori calcolati rispetto ai limiti
 - Estensione dei volumi se i limiti risultano superati
 - Il volume di rispetto complessivo è l'unione di tutti i volumi calcolati

Software di Elaborazione

Esempio di utilizzo di un Software di Elaborazione

Analisi dei livelli di campo

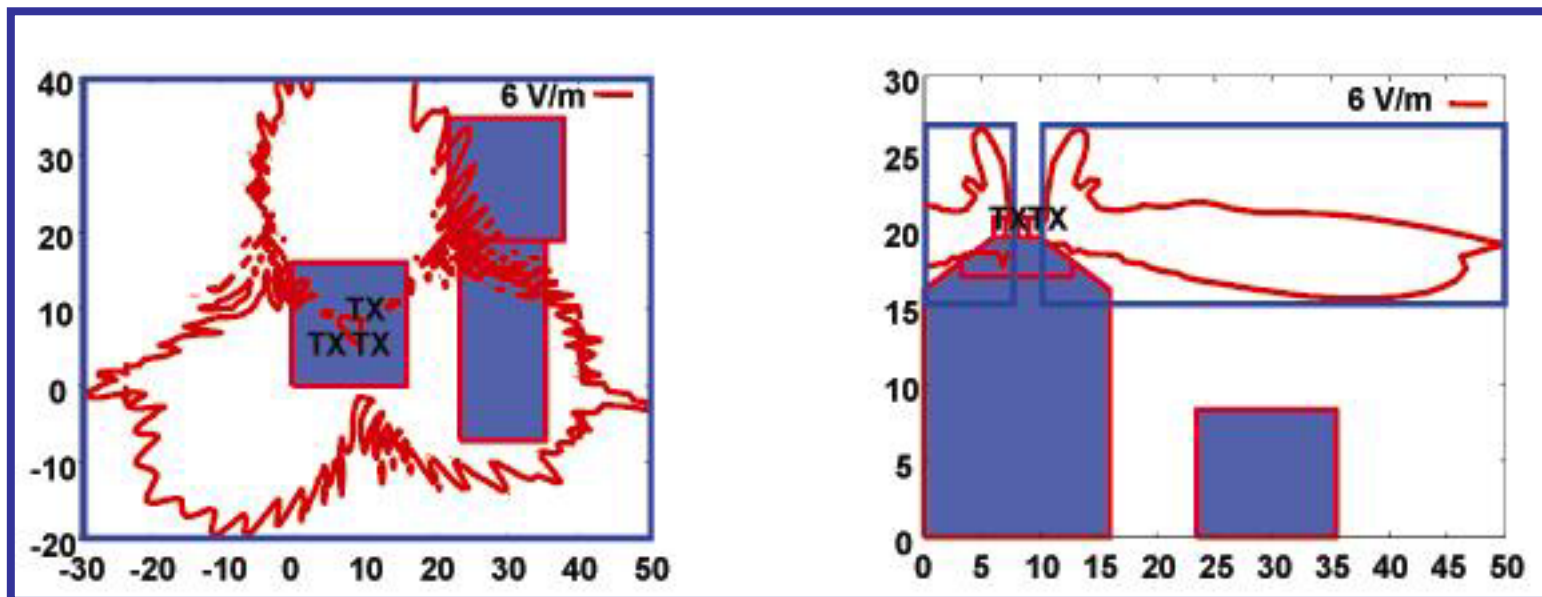


Il volume di rispetto sovrastima l'area effettiva in cui i limiti vengono superati

Software di Elaborazione

Esempio di utilizzo di un Software di Elaborazione

Installazione in area urbana macrocellulare, multiantenna



Quando l'installazione è complessa (più trasmettitori) il volume di rispetto, definito come parallelepipedo, rappresenta una stima eccessivamente conservativa: può essere necessario utilizzare una diversa rappresentazione del volume di rispetto (es. coppia di cilindri).



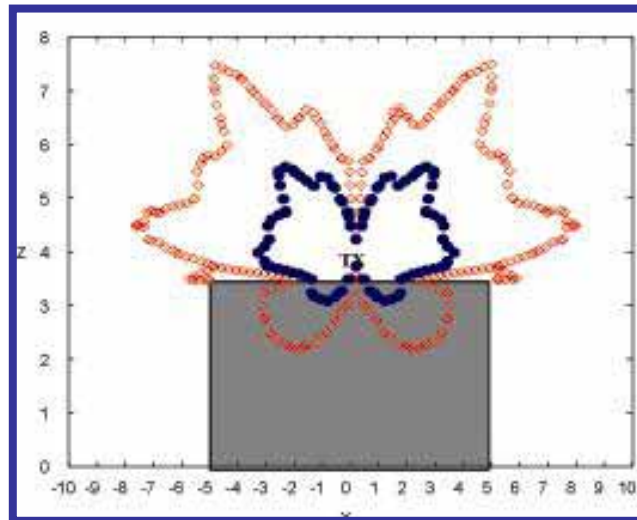
Tipologie di installazioni

ESEMPI

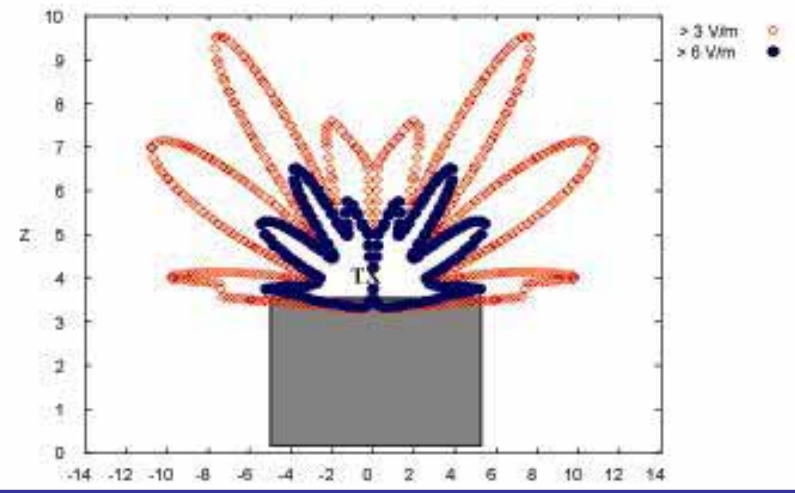
- Antenna posta sopra il tetto di un'edicola
- Antenna collocata in corrispondenza di un incrocio stradale
- Antenna a parete installata all'esterno di edifici con portici

Il ruolo dei materiali

Edicola in cemento

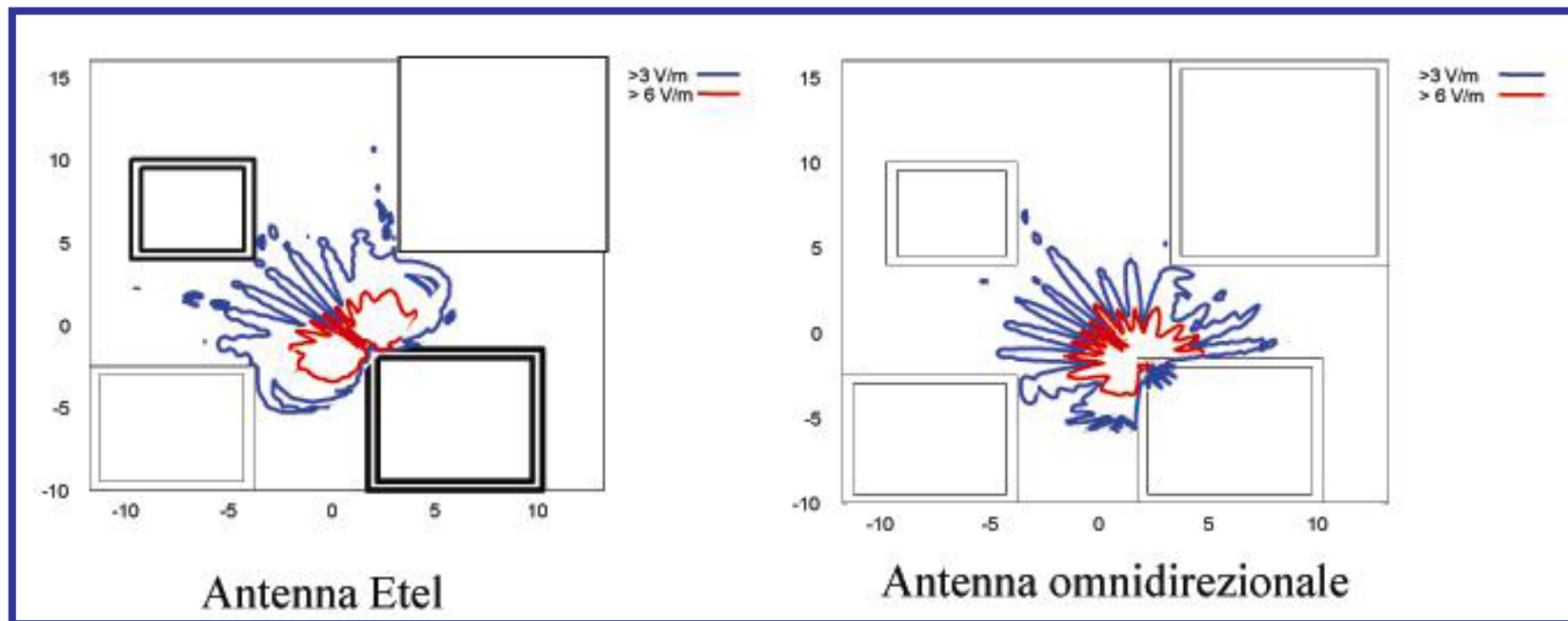


Edicola in metallo



- L'antenna è posta sopra il tetto dell'edicola
- L'altezza dell'installazione varia tra 3.7 e 4.5 metri dal suolo
- La potenza massima attribuibile al trasmettitore, in corrispondenza di 3.7 metri, è 4.4 Watt

Il ruolo dei diagrammi di antenna



- Scopo dell'impianto è coprire tutte le strade che formano l'incrocio
- Altezza dei trasmettitori compresa tra 4 e 4.5 metri
- Potenza compresa tra 0.8 e 2 Watt

Siti Microcellulari

Antenna all'esterno di edificio con portico



Caratteristiche dell'impianto:

- Impianto installato in corrispondenza di un incrocio a T
- Impianto formato da due celle per illuminare le strade. Ogni cella comprende due trasmettitori, alimentato con 0.34 Watt
- L'altezza dell'installazione è 5.2 metri