

Verifica dell'impatto elettromagnetico degli impianti di telefonia mobile e corretto insediamento urbanistico e territoriale delle strutture e loro pianificazione - Metodologia semplificata delle sfere di massimo impatto elettromagnetico

1. Nel rispetto del principio di minimizzazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici, al fine di una valutazione preliminare del corretto insediamento urbanistico e territoriale delle strutture e la loro pianificazione futura, vengono valutati gli impatti reali degli impianti esistenti e gli effetti potenziali degli impianti futuri, inseriti nei Piani di Sviluppo degli operatori (nel seguito Piani).

Per la fase di pianificazione si utilizza il metodo dell'antenna isotropica (norma CEI 211-10), una semplificazione che approssima gli impianti di telefonia a sfere che emettono il segnale in modo uniforme in tutte le direzioni. Sebbene nella realtà la propagazione delle onde elettromagnetiche sia influenzata da numerosi fattori (come la direttività delle antenne, la presenza di ostacoli, la topografia del terreno e le riflessioni), questo modello è utile per una prima verifica di massima dei campi elettrici prodotti dagli impianti.

Un'antenna di telefonia mobile emette normalmente lungo tre direzioni principali (solitamente orientate ogni 120 gradi), creando quindi un campo elettrico che, proiettato su un piano orizzontale, presenta una tipica forma a trifoglio, dove si concentra la maggiore intensità del campo stesso.

L'assunzione di una propagazione sferica e isotropica del campo elettromagnetico ha l'obiettivo di:

- a) superare la complessa rappresentazione dei diagrammi delle antenne (con direzioni principali e lobi principali e secondari), sostituendola con quella di un involucro massimo teorico uniforme in tutte le direzioni (sfera);
- b) standardizzare il comportamento dei siti di telefonia, permettendo così di confrontare l'impronta potenziale di siti diversi, indipendentemente dal numero o dalla specifica configurazione delle antenne;
- c) identificare eventuali aree di sovrapposizione: inserendo in mappa gli ingombri delle sfere ottenute è possibile verificare la presenza di eventuali zone di sovrapposizione, da considerare come potenziali "aree di attenzione";
- d) semplificare la pianificazione del territorio per una valutazione preliminare del corretto insediamento urbanistico di nuovi impianti richiesti dagli operatori, evitando, per quanto possibile, le aree controindicate e i siti sensibili e orientando la scelta verso le aree preferenziali.

La metodologia dell'antenna isotropica porta a rappresentare il campo elettrico prodotto da tutti gli impianti presenti su ogni sito con una sfera centrata sulla sorgente e di raggio proporzionale alle potenze dei suddetti impianti. La rappresentazione in mappa avverrà proiettando la sfera sul piano orizzontale, ottenendo cerchi del medesimo raggio.

Il modello concettuale utilizzato è uno strumento che consente una prima valutazione dell'insediamento urbanistico territoriale degli impianti, fermo restando che ogni progetto deve

necessariamente essere corredato dal previsto parere preventivo dell'ARPA FVG, che l'operatore chiede preliminarmente al momento della presentazione dell'istanza di autorizzazione/SCIA. Analogamente le verifiche di conformità ai limiti di legge, tramite misurazioni sul campo o simulazioni dettagliate che tengano conto di tutti i fattori reali, devono sempre essere effettuate da parte di ARPA FVG.

2. Per il calcolo dei livelli di campo elettrico generato dagli impianti di telefonia mobile esistenti è utilizzato un programma di simulazione, appositamente sviluppato e adottato anche dall'ARPA FVG per la propria attività di controllo.
3. La rappresentazione grafica è effettuata tramite il software QGIS. I risultati delle elaborazioni vengono resi tramite mappe che rappresentano il campo elettrico a diverse quote.
4. Per la verifica dei livelli di campo elettrico presenti o potenzialmente presenti sul territorio sono state effettuate le seguenti elaborazioni:
 - a) **Stato di Fatto (SDF):** come previsto dalla norma regionale, la prima analisi riguarda la rappresentazione dello stato di fatto:
 - rappresentazione cartografica delle localizzazioni degli impianti attivi esistenti sul territorio comunale, contenuti nel catasto regionale ARPA FVG;
 - utilizzando il software dedicato viene calcolato il contributo, in termini di campo elettrico, di tutti gli impianti presenti su ogni struttura di sostegno esistente, tenendo conto di ciascuna tecnologia impiegata (3G, LTE, 5G, ecc.). Il calcolo viene effettuato a 1,5 metri, a 3 metri, a 6 metri, a 12 metri e a 15 metri dal suolo; il risultato delle elaborazioni viene rappresentato graficamente su mappe geografiche, dove, utilizzando specifiche scale cromatiche, sono visualizzati i *range* di valori del campo elettrico sul territorio;
 - b) **Stato di Fatto Potenziale (SFP):** la seconda elaborazione, ad uso esclusivo degli uffici comunali, riguarda il calcolo e la rappresentazione dello stato di fatto potenziale. Esso prevede l'utilizzo di un modello teorico di propagazione sferica e isotropica delle onde elettromagnetiche generate dagli impianti di telefonia mobile. Tale modello semplifica i siti di telefonia, considerando tutti gli impianti ad essi afferenti, come se fossero dei dispositivi che emettono il segnale allo stesso modo in tutte le direzioni.

Per calcolare il campo elettrico si utilizza la seguente formula, valida in condizioni di campo lontano e spazio libero (trascurando riflessioni da parte di terreno, di infrastrutture, vegetazione e strutture orografiche eventualmente presenti), che portano ad una sovrastima dell'esposizione:

$$E = \frac{\sqrt[2]{30 * EIRP}}{d} \quad [4 - 1]$$

dove:

E è il campo elettrico in Volt per metro (V/m);

$EIRP$ (*Equivalent Isotropically Radiated Power*) è la Potenza Irradiata Isotropica Equivalente in Watt (W), che rappresenta la potenza che un'antenna isotropa dovrebbe irradiare per produrre la stessa intensità di campo nel punto di massima irradiazione dell'antenna reale; si calcola come prodotto tra la potenza di trasmissione e il guadagno dell'antenna;

d è la distanza dall'antenna del punto nel quale si calcola il campo elettrico;

Il valore di campo elettrico totale emesso in ogni sito è pari alla somma quadratica dei campi elettrici “ E_i ” generati dagli “ n ” impianti presenti, secondo la formula:

$$E = \sqrt{\sum_{i=1}^n E_i^2} \quad [4 - 2]$$

Per il campo elettrico la normativa individua:

- il *valore di attenzione* di 15 V/m, che è il valore che non deve essere superato nei luoghi adibiti a permanenze prolungate (oltre le 4 ore giornaliere)
- il *limite di esposizione* di 20 V/m, che è il valore che non deve essere mai superato per la tutela della salute.

Nello stato di fatto potenziale, il modello di propagazione sferica ed isotropica viene applicato per calcolare il contributo (in termini di potenza trasmessa) di tutti gli impianti presenti in ogni sito ed individuare il raggio della sfera rappresentativa di quel sito. Utilizzando la formula inversa della [4 – 1]:

$$R = \frac{\sqrt[3]{30 * EIRP}}{E} \quad [4 - 3]$$

e assumendo come valore di campo elettrico “ E ” il valore di attenzione, pari a 15 V/m, si calcola il raggio “ R ” delle sfere con potenza isotropica equivalente.

La sfera rappresentativa del sito è quella che inscrive il volume massimo potenziale in cui un sito di telefonia mobile può generare un campo elettrico pari (sul perimetro) o superiore (all’interno) al valore di attenzione; in questo modo viene rappresentato lo scenario più sfavorevole (*worst case*), che prende in considerazione tutte le possibili configurazioni che potrebbero assumere gli impianti presenti nel sito.

Graficamente le sfere relative ai vari siti sono rappresentate da cerchi, il cui raggio è proporzionale alle caratteristiche radioelettriche degli impianti presenti (numero antenne, potenza, guadagno, fattori di riduzione, ecc.), come riportato nell’immagine seguente.



Le forme a trifoglio rappresentano la massima estensione del campo elettrico (pari a 15V/m) potenzialmente prodotto dagli impianti qualora tutti fossero contemporaneamente funzionanti alla massima potenza.

Come si vede dalla suddetta immagine le sfere rappresentative circoscrivono le forme a trifoglio, dimostrando che il modello proposto è cautelativo in quanto sovrastima l'area di estensione del livello di attenzione (15V/m) del campo elettrico.

- c) **Stato di Sviluppo Potenziale (SSP):** la terza elaborazione, ad uso esclusivo degli uffici comunali, prevede il calcolo e la rappresentazione dello stato di sviluppo potenziale. Allo stato di fatto potenziale sono aggiunti i nuovi siti (punti o aree di ricerca), inseriti dagli operatori nei propri Piani, approvati dall'Amministrazione Comunale. I nuovi siti vengono semplificati utilizzando sempre il modello teorico dell'antenna isotropica definendo un impianto tipo per ogni operatore, come di seguito specificato:
- considerando le caratteristiche radioelettriche di ogni impianto attivo relativo a ciascun operatore è stato calcolato il raggio corrispondente; l'impianto tipo (uno per ogni operatore) è rappresentato dalla sfera di raggio massimo fra quelli precedentemente calcolati;
 - gli impianti tipo sono aggiunti a quelli attivi per una prima valutazione di massima dell'eventuale presenza di aree di sovrapposizione, con particolare riferimento alla collocazione dei siti sensibili, alle aree con vincolo di inedificabilità assoluta o alle zone controindicate:
 - per i siti esistenti: si considera il contributo fornito dai singoli impianti, prendendo a riferimento la sfera rappresentativa del sito, come se l'impianto emettesse in tutte le direzioni in modo uniforme;
 - per i nuovi impianti: per ogni operatore viene definito l'impianto tipo, rappresentativo di tutte le tecnologie insediabili (3G, 4G E 5G), con riferimento al valore massimo di potenza trasmissiva.

La verifica del rispetto dei limiti di legge resta comunque di competenza di ARPA FVG, sia nella fase di valutazione preventiva alla realizzazione degli impianti, che a seguito di attivazione con misurazioni effettuate sul campo.