

PER MONITORARE I CEM SERVONO STRUMENTI AFFIDABILI

CONOSCERE PUNTI DI FORZA E LIMITI DEGLI STRUMENTI PERMETTE DI EVITARE INTERPRETAZIONI ERRATE E DI ATTRIBUIRE INVECE CORRETTAMENTE IL CONTRIBUTO DELLE DIVERSE SORGENTI ELETTROMAGNETICHE. ECCO PERCHÈ SERVONO STRUMENTI DI MISURA AFFIDABILI PER DESCRIVERE CON PRECISIONE IL CEM AMBIENTALE.

Negli ultimi anni il tema dell'inquinamento elettromagnetico ha assunto un ruolo sempre più centrale nel dibattito pubblico, complice la diffusione delle reti di nuova generazione, la moltiplicazione delle sorgenti emmissive e la crescente sensibilità dei cittadini verso le questioni ambientali. Le Agenzie per la protezione dell'ambiente sono chiamate ogni giorno a fornire valutazioni puntuali, sia attraverso controlli preventivi e monitoraggi sul territorio, sia tramite attività di ricerca e sperimentazione nei laboratori accreditati.

Per svolgere correttamente questi compiti è essenziale poter contare su strumenti di misura affidabili, capaci di descrivere con accuratezza il campo elettromagnetico realmente presente nell'ambiente. In quest'ottica Arpa Piemonte ha condotto uno studio approfondito sulle prestazioni delle antenne utilizzate per le misure in banda stretta. L'attenzione si è concentrata sulle due tipologie oggi più diffuse:

- antenne triassiali, progettate per misurare il campo su tre assi e restituire rapidamente il valore totale del campo elettrico
 - antenne omnidirezionali, più recenti, caratterizzate da una costruzione semplice e da un costo più contenuto. L'obiettivo non era stabilire quale delle due rispondesse meglio "in assoluto", ma comprendere in quali condizioni ogni tipologia garantisce misure affidabili e in quali situazioni possono comparire limiti o comportamenti non ideali.
- Per questo il lavoro è stato articolato in due parti: una serie di prove condotte in laboratorio e una fase di verifica in campo.

Comportamento delle antenne in condizioni controllate

Le prove sperimentali sono state svolte a Ivrea, presso il laboratorio accreditato LAT00067 di Arpa Piemonte, utilizzando:

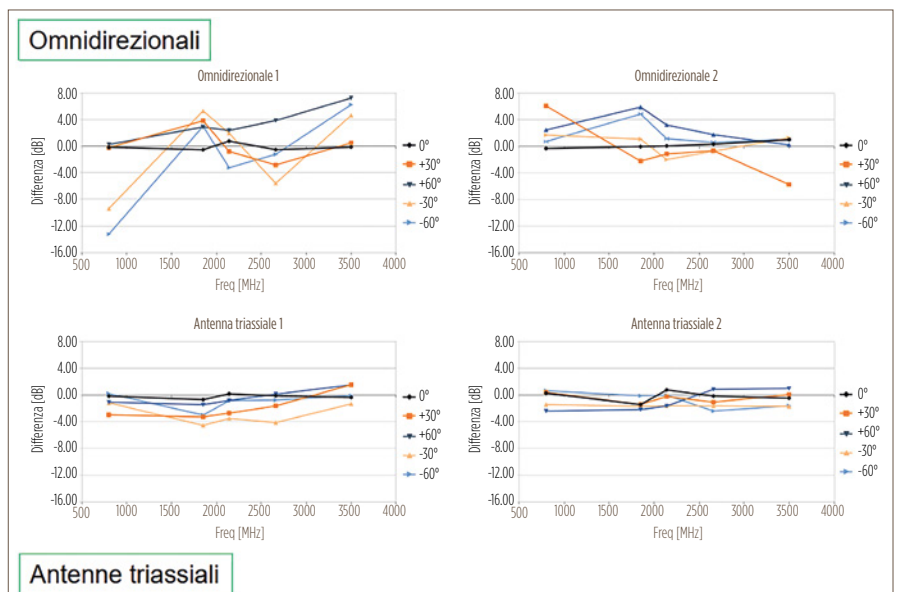


FIG. 1 RISPOSTA DELLE ANTENNE AL VARIARE DELL'ANGOLO DI INCIDENZA. In nero si identifica la posizione di taratura, riferimento rispetto alle diverse angolazioni.

TAB. 1
INDICI DI
COMPATIBILITÀ

Confronto tra antenna triassiale e omnidirezionale in campo aperto, per diverse frequenze e diversi angoli di incidenza.

Ambiente aperto						
Angolo	5°		40°		50°	
Frequenza (MHz)	Indice di compatibilità	Intervallo valori CE (V/m)	Indice di compatibilità	Intervallo valori CE (V/m)	Indice di compatibilità	Intervallo valori CE (V/m)
800	0,10	2,2-2,5	0,83	0,2	0,45	0,5-0,6
1800	0,72	0,5-0,6	0,90	1,7-2,3	2,25	0,4-0,9
2100	0,41	0,7-0,8	1,40	1,8-2,7	1,64	0,2-0,4

- una cella Tem, impiegata per le frequenze da 100 kHz a 200 MHz, ideale per generare campi uniformi e controllati
- una camera anecoica, che permette di operare da 400 MHz fino a 4 GHz eliminando le riflessioni e isolando la risposta dell'antenna.

In questo contesto sono stati analizzati due aspetti fondamentali: linearità della risposta (indica la capacità dell'antenna di rispondere in modo proporzionale all'aumento del campo incidente a frequenza fissa) e influenza dell'angolo di incidenza (fattore cruciale, perché nella realtà il segnale non è quasi mai in piena polarizzazione con l'antenna).

Le antenne omnidirezionali hanno mostrato una buona linearità, a eccezione delle misure effettuate per livelli di campo inferiori a 3 V/m.

Le antenne triassiali, invece, hanno evidenziato criticità di linearità per campi inferiori a 3 V/m per frequenze al di sotto i 200 MHz, risultando più sensibili alle condizioni di misura.

Per quanto riguarda l'angolo di incidenza, in *figura 1* si riportano i risultati.

Le antenne triassiali hanno presentato una risposta stabile, con variazioni contenute entro ± 4 dB rispetto al campo generato, comportamento considerato coerente e prevedibile.

Le antenne omnidirezionali hanno invece mostrato una maggiore variabilità: in alcuni casi il campo misurato è risultato superiore a quello generato, suggerendo la presenza di effetti interni o risonanze responsabili di comportamenti anomali.

Confronto tra antenna triassiale e antenna omnidirezionale in campo

Il lavoro svolto dal laboratorio rappresenta la parte "a monte" del processo di misura: definisce le prestazioni degli strumenti, individua i parametri critici e fornisce un riferimento certo su cui poggiano le attività operative.

Al fine di valutare la risposta delle antenne in condizioni di utilizzo reale, in ambiente non controllato, è stata condotta una campagna sperimentale finalizzata a confrontare le prestazioni di due tipologie di antenne, comunemente utilizzate da Arpa Piemonte nelle misure di campo elettromagnetico:

- antenna triassiale (420 MHz - 6 GHz)
- antenna omnidirezionale (20 MHz - 6 GHz).

L'obiettivo è stato quello di approfondire la risposta delle antenne in funzione di alcune variabili ambientali riscontrabili in campo: il contesto urbano, l'intensità di campo e l'angolo di incidenza tra la sorgente e l'antenna.

Queste le tipologie di contesto analizzate:

- ambiente urbano (area con edificato, sorgenti multiple e possibile presenza di riflessioni)
- ambiente semi-urbano (zone aperte come aree sportive o giardini, con minore densità edilizia)
- ambiente aperto (presenza di un'unica sorgente dominante).

Le misure sono state eseguite su segnali a diversa frequenza (700, 800, 1.800, 2.100, 2.600, 3.700 MHz), utilizzando lo strumento Srm3006.

Ogni serie di misure è stata effettuata tramite l'acquisizione di *channel power* e analizzando i segnali di un unico operatore. Nella fase di analisi, si è lavorato sui valori di media di ogni set di dati. Le misure di confronto tra le due antenne, al fine di riprodurre uniformità del segnale, sono state effettuate in condizioni di forzatura di traffico, mediante *speed test*. Gli strumenti sono stati impostati in acquisizione automatica al fine di registrare più misure possibili nell'unità di tempo.

Il confronto tra le risposte delle antenne è stato valutato mediante la stima dell'indice di compatibilità che, tenendo conto dello scarto tra le misure rapportato all'incertezza a esse associata, permette di dare un'indicazione sintetica e immediata di tale compatibilità: se il valore dell'indice è inferiore a 1, allora le misure sono compatibili.

Si riportano in *tabella 1* alcuni risultati significativi, in particolar modo quelli relativi all'ambiente aperto, nel quale è stato possibile variare l'angolo di incidenza.

Ciò che si nota è che vi sono due parametri principali che danno luogo ai casi di non compatibilità: il valore di campo elettrico e l'angolo di incidenza tra la sorgente e il punto di misura. Risulta infatti che i casi non compatibili (evidenziati nella tabella) corrispondono o a condizioni con valori di campo minori di 0,5 V/m oppure a condizioni con angoli maggiori di circa 40°. La sperimentazione ha evidenziato che la risposta delle due antenne in condizioni di misura reali è indipendente dalla tipologia di ambiente e che negli scenari operativi più comuni la risposta risulta compatibile.

Conclusioni

Nel complesso, lo studio ha messo in evidenza che entrambe le tipologie di antenna possono essere utilizzate per il monitoraggio ambientale, viste le normali condizioni operative di misura (valori di campo elettrico maggiori di 0,5 V/m e angolo di incidenza inferiore a 40°).

I test di laboratorio hanno evidenziato che:
- le antenne triassiali risultano più stabili in diverse condizioni di orientamento del segnale o quando il campo è debole
- le antenne omnidirezionali possono introdurre una maggiore incertezza, in particolare per la loro sensibilità all'angolo di incidenza.

Queste informazioni sono fondamentali per una lettura consapevole dei dati raccolti sul territorio: conoscere punti di forza e limiti degli strumenti permette di evitare interpretazioni errate e di attribuire correttamente il contributo delle diverse sorgenti elettromagnetiche.

Federica Bogo, Chiara Pedrolì, Pierre Blasotta, Alex Zanotto

Dipartimento Rischi fisici e tecnologici, Arpa Piemonte