

MONITORAGGIO CEM CON CENTRALINA SELETTIVA

UN PROTOTIPO DI CENTRALINA SELETTIVA IN BANDA STRETTA CONSENTE IL MONITORAGGIO PER 24 ORE DEI CEM, DISTINGUENDO I CONTRIBUTI PER FREQUENZA. TESTATO DA ARPA PUGLIA IN AMBIENTE URBANO E CONFRONTATO CON STRUMENTI IN COMMERCIO, MOSTRA RISULTATI COMPATIBILI E PROMETTE MISURE PIÙ AFFIDABILI PER LA VERIFICA DEL RISPETTO DEI LIMITI.

Negli ultimi decenni l'evoluzione delle tecnologie di telecomunicazione ha determinato un incremento significativo del numero di sorgenti di campi elettromagnetici nell'ambiente, in particolare nelle aree urbane e periurbane. Stazioni radio base per connessione in mobilità, sistemi di radio-telediffusione, reti wi-fi e altre infrastrutture contribuiscono in modo variabile ai livelli di esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici (Cem). La valutazione dell'esposizione è regolamentata da normative nazionali che stabiliscono limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità, al fine di tutelare la salute umana e l'ambiente, e da guide tecniche di settore (Cei 211-7) che indicano le modalità di misura. In tale contesto, il monitoraggio ambientale rappresenta uno strumento essenziale per verificare il rispetto dei limiti di legge, analizzare l'evoluzione nel tempo delle emissioni e fornire informazioni trasparenti ai cittadini e alle autorità competenti.

Il controllo di primo livello dei Cem è effettuato mediante misure puntuali o monitoraggi in continuo mediante sistemi di misura a banda larga, in grado di fornire una stima del livello di campo elettrico complessivo. Tuttavia, tali approcci non consentono di distinguere il contributo delle singole sorgenti né di analizzare in dettaglio l'andamento del campo elettrico nelle diverse bande di frequenza. Attualmente sono disponibili centraline selettive che permettono la misura separata dei contributi associati a specifici intervalli di frequenza. Esse sono dotate

di sensori isotropici e di moduli di analisi in grado di suddividere lo spettro di frequenza in bande, tipicamente associate alle principali tipologie di sorgenti di emissione (ad esempio radiodiffusione, telefonia mobile, sistemi wireless). Le grandezze misurate sono generalmente espresse in termini di campo elettrico efficace (Rms) e mediate su intervalli temporali configurabili. Dette centraline possono operare in modo autonomo e sono spesso dotate di sistemi di trasmissione dati per l'invio da remoto dei valori delle misure a un server centrale. Tuttavia, tali misure non possono essere impiegate per eseguire il confronto diretto con i limiti e hanno lo scopo di fornire indicazioni circa la variabilità del segnale complessivo nel tempo e individuare la tecnologia che prevalentemente contribuisce a eventuali superamenti dei limiti.

Per poter, invece, attribuire direttamente il superamento ai sensi della vigente normativa e della guida Cei 211-7, è necessario eseguire un monitoraggio della durata di 24 ore in grado di discriminare i diversi contributi al campo elettrico complessivo con risoluzione in frequenza che permetta un'analisi dettagliata delle componenti del segnale stesso, adeguata a effettuare le attività di controllo proprie della Arpa.

In tale contesto si è studiata la possibilità di implementare una centralina di monitoraggio in banda stretta che consenta l'acquisizione dei singoli segnali per un periodo di almeno 24 ore, in modo da poter eseguire il confronto diretto del risultato di detta misura con i limiti applicabili. Utilizzando un finanziamento



del Mase, Arpa Puglia ha quindi acquistato un analizzatore di spettro con un elevato grado di protezione dagli agenti atmosferici, in catena con una antenna omnidirezionale. È stato quindi costruito un prototipo di centralina di monitoraggio in banda stretta che fosse trasportabile e potesse essere agevolmente installata all'interno di abitazioni (ambiente *indoor*) o all'esterno (ambiente *outdoor*). È stata anche prevista la possibilità di alimentare la centralina con pannello solare e batteria oltre che di interrogare da remoto la centralina stessa tramite un modem. Le misure in campo, utilizzando il prototipo di centralina sopra descritto, sono state quindi eseguite in ambiente urbano, presso un'abitazione privata in linea di vista con una Srb di cui erano noti i segnali emessi. Il punto di misura distava circa 150 m dalla Srb ed era posizionato a 22° rispetto alla direzione di massimo irraggiamento. Per un intervallo di tempo di 1 ora, oltre al monitoraggio con la centralina, sono state eseguite in parallelo misure sugli

Catena di misura	Prototipo centralina selettiva	Catena Anritsu	Catena Narda
Analizzatore	Anritsu mod. MS27102A	Anritsu mod. MS2090A	Narda Srm 3006
Cavo	Cfd 240 low loss	Anritsu type JBY 300	Narda 3602/02
Antenna	Keysight mod. N6850A	Clampco mod. AP3000	Narda 3502/01

TAB. 1 STRUMENTAZIONE

Descrizione delle catene di misura impiegate nella sperimentazione.

stessi segnali, utilizzando due catene strumentali costituite da analizzatori di spettro e antenne commerciali. Questo ha consentito di eseguire un confronto fra i risultati del prototipo e i singoli analizzatori, oltre che un confronto fra le due catene strumentali commerciali. In *tabella 1* si riportano i dettagli della strumentazione utilizzata.

Ogni serie di misure è stata effettuata tramite l'acquisizione in modalità *channel power*, impostando le tracce in *average*,

min hold e *max hold* e analizzando i segnali, per ciascuna banda di frequenza, dell'unico operatore presente sulla Srh in linea di vista. Non disponendo di dispositivi per la forzatura del traffico, al fine di rendere efficace il confronto per ogni banda di frequenza, sono stati confrontati set di dati acquisiti contemporaneamente dalle tre catene strumentali.

I risultati delle misure sono riportati nel grafico in *figura 1*.

Per poter eseguire il confronto fra le

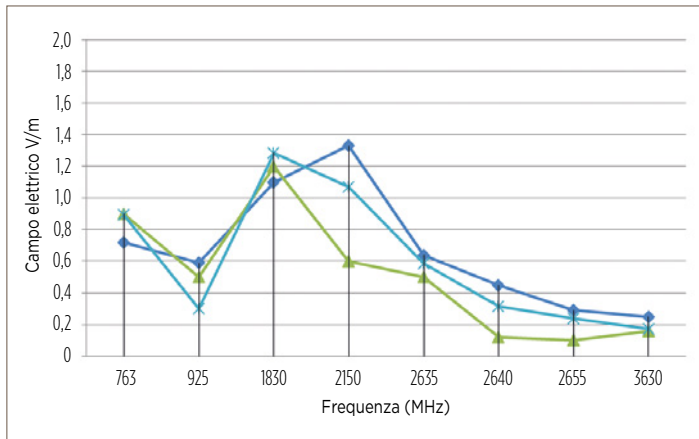
misure sopra riportate, è stato calcolato l'indice di compatibilità, o errore normalizzato, fra i risultati forniti dalla centralina e le singole misure eseguite con i due analizzatori di spettro. Tale procedura è mutuata dalla norma Iso 17043/2023 appendice B, che è preposta al confronto di due misure di cui una sia una misura di riferimento (procedura valida per i laboratori metrologici), ed è molto utile anche nel nostro caso perché ci consente di calcolare l'indice di compatibilità fra le misure eseguite. Dai dati ottenuti si evince che, per valori di campo superiori a 0,6 V/m, si ha una buona compatibilità fra le misure rilevate con la centralina e quelle eseguite con gli analizzatori di spettro commerciali. Anche gli analizzatori di spettro risultano fra loro in buon accordo per segnali significativi. I risultati ottenuti sono decisamente incoraggianti e meritano ulteriori approfondimenti al fine di rendere quanto più affidabile possibile la procedura di misura appena descritta e il dato ottenuto. Infatti l'uso di un siffatto sistema di monitoraggio in continuo a banda stretta consentirebbe di superare la problematica relativa alla forzatura del traffico durante una misura di campo elettrico necessaria, allo stato attuale, per poter escludere il superamento dei limiti quando si eseguono misure di breve durata. Infatti la centralina eseguendo misure nell'arco delle 24 ore fornisce un valore medio che tiene già in conto la variabilità temporale intrinseca al segnale 5G o, comunque, intrinseca ai segnali caratterizzati da una considerevole variabilità temporale.

Inoltre, è stato possibile verificare che il valore medio del campo elettrico misurato nell'arco delle 24 ore è, per tutti i segnali rilevati, sempre inferiore o, al più, uguale rispetto a quanto si rileva durante una misura di breve durata eseguita al mattino nella fascia oraria di massimo traffico (13.00-14.00). Pertanto se ne deduce che, nel contesto in esame, una misura di breve durata che restituisca un risultato inferiore rispetto al valore di attenzione, garantisce il non superamento dello stesso essendo una misura che restituisce un valore sovrastimato rispetto al campo elettrico medio. Il prototipo esaminato è in fase di ulteriori test anche in diversi contesti territoriali.

FIG. 1
RISULTATI
DELLE MISURE

Confronto fra i set di dati acquisiti con le tre catene strumentali.

- ◆ Anritsu
- ▲ Prototipo centralina
- ✕ Srm



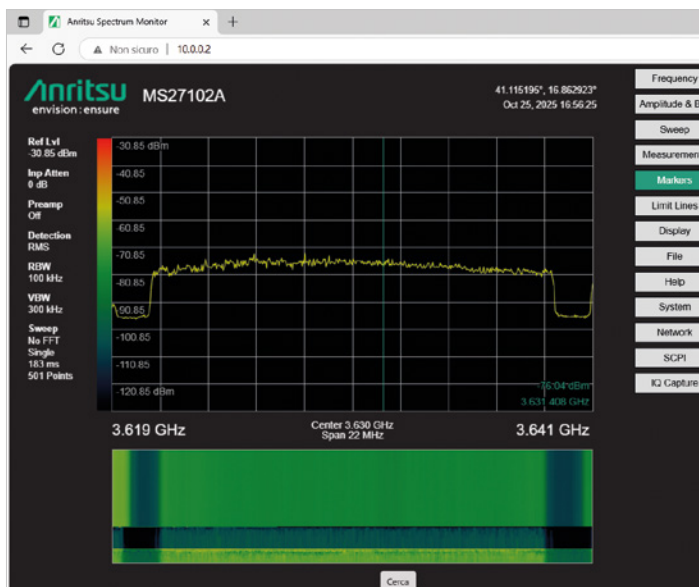
TAB. 2
CONFRONTO
FRA I DATI ACQUISITI
CON IL PROTOTIPO
DI CENTRALINA

Mediati su 24 ore e mediati su un ora (massimo traffico)

Frequenza centrale (MHz)	Prototipo centralina selettiva 24h (campo elettrico ± incertezza V/m)	Prototipo centralina selettiva 13.00-14.00 (campo elettrico ± incertezza V/m)
763	0,6±0,2	0,9±0,2
927	0,4±0,1	0,5±0,1
1830	0,9±0,2	1,2±0,2
2150	0,4±0,1	0,6±0,1
2635	0,4±0,1	0,5±0,1
2640	0,1±0,02	0,12±0,2
2655	0,1±0,02	0,1±0,02
3630	0,1±0,02	0,16±0,03

FIG. 2
MISURA

Esempio di acquisizione della misura in Channel Power con il prototipo di centralina.



Maddalena Schirone^{1,2},
Tiziana Cassano¹, Lucia Barbone¹

Arpa Puglia

1. Servizio agenti fisici

2. Direttrice servizio territoriale