

Circuito d'Interconfronto ISPRA IC015: misure selettive in frequenza di campi elettromagnetici

Ardoino L, Barbieri E, Barbizzi S

Servizio di Metrologia Ambientale, ISPRA, Via di Castel Romano 100, Roma

Adda S, Alviano M, Anglesio L, Benedetto A, Mantovan M, Polesel M, Tagliaro G, Trincherò S

Arpa Piemonte, Dipartimento Tematico Radiazioni, Via Jervis 30, Ivrea (TO)

RIASSUNTO

L'interconfronto, organizzato da ISPRA in collaborazione con ARPA Piemonte, è stato pianificato e attuato cercando di coniugare i "dettami" degli Standard sui Proficiency testing e sugli interconfronti (ISO Guide 43-1, 17043, etc), con le problematiche e le specificità delle misure radioprotezionistiche di campi elettromagnetici.

L'interconfronto ha riguardato la misura ambientale del campo elettromagnetico prodotto da sorgenti di trasmissioni e telecomunicazioni. Si è focalizzato, in particolare, sulla misura del campo elettrico associato a segnali GSM, UMTS e FM, in due distinti siti nella provincia di Torino; ai partecipanti è stato chiesto di fornire il valore dei singoli contributi in frequenza di alcune portanti delle tipologie suddette, anziché il valore del campo elettrico totale (o totale per ogni banda) come normalmente viene fatto quando si effettuano misure in campo per verifiche di conformità. Hanno partecipato 25 laboratori provinciali (16 Agenzie) e un laboratorio straniero.

INTRODUZIONE

Gli standard per la garanzia di qualità dei risultati prodotti dai laboratori e dagli enti preposti al monitoraggio ambientale richiedono, in tutti i settori e con sempre maggior insistenza, la partecipazione a circuiti di interconfronto.

Lo scopo principale degli interconfronti è quello di "fornire ai partecipanti strumenti obiettivi per la valutazione della qualità delle proprie prestazioni e la dimostrazione d'affidabilità dei risultati prodotti, mediante il confronto con le prestazioni fornite dagli altri partecipanti". Attraverso il confronto, infatti, si evidenziano meglio eventuali carenze procedurali e/o strumentali e si delineano più facilmente le conseguenti azioni di rimedio da intraprendere, nell'ottica di conseguire un miglioramento globale delle prestazioni ed una loro omogeneizzazione sul territorio nazionale.

La misura dei campi elettromagnetici è una misura eseguita necessariamente in campo e su sorgente complessa, in termini di composizione di segnali e loro variabilità in ampiezza. Le procedure di misura sono, ad oggi, abbastanza uniformate tramite le Norme tecniche CEI 211-7, CEI 211-10 App.H e CEI 211-6, rispettivamente per le trasmissioni radiotelevisive, le telecomunicazioni (alte frequenze) e per le frequenze associate al trasporto dell'energia (ELF). Le procedure definite nelle suddette norme lasciano, però, una certa arbitrarietà nell'impostazione di alcuni parametri di misura, la cui scelta è demandata a chi effettua la misura e può influire sul risultato della misura in campo, così come la scelta degli strumenti utilizzati che, pur essendo essenzialmente tutti dello stesso tipo, presentano delle differenze nella risposta a determinate sollecitazioni, legata soprattutto alle modalità con cui vengono implementate alcune funzioni.

Nell'ambito delle misure dei campi elettromagnetici, quindi, gli aspetti maggiormente interessanti ai fini dei circuiti d'interconfronto riguardano - la gestione di procedure solo parzialmente uniformate, - l'uso degli strumenti e, più in generale, - la gestione di problematiche tipiche delle misure in campo. Per queste ragioni si è optato, fin dall'inizio, per un'attenta ricerca e conseguente caratterizzazione di siti idonei, che rispondessero ad una serie di requisiti opportunamente predefiniti fra i quali quello di essere siti "reali" con sorgenti operanti nelle normali condizioni di emissione.

MATERIALI E METODI

In generale, la progettazione di un interconfronto richiede la predisposizione di uno schema organizzativo, redatto in modo da chiarire gli obiettivi e le modalità di svolgimento del confronto. E' necessario definire in questa fase anche i requisiti minimi per la partecipazione (per esempio la dotazione strumentale necessaria, etc), i parametri oggetto del confronto e il criterio di valutazione dell'accettabilità dei risultati prodotti.

Nel caso specifico di questo circuito, una volta definito lo schema di lavoro e verificata la risposta in termini di adesioni, il "coordinamento" ha avuto il compito di verificare l'adeguatezza del

sito prescelto, definire ed attuare le operazioni necessaria alla caratterizzazione accurata del sito e della tipologia di segnali presenti.

Sono stati inoltre attentamente considerati i seguenti aspetti:

- definizione del metodo di misura - I partecipanti all'interconfronto, personale esperto afferente a enti preposti al monitoraggio del territorio, dovrebbero utilizzare i metodi di misura usualmente adottati. Lo stesso discorso vale per l'elaborazione dei dati, la valutazione dell'incertezza associata al parametro considerato e la stesura della relazione o del rapporto di misura;
- taratura degli strumenti - preliminari agli interconfronti, volte a correggere la lettura degli strumenti utilizzati attraverso una verifica della loro risposta in condizioni controllate e note del parametro in esame;
- metodologia per l'elaborazione statistica dei dati - E' bene che sia chiaro, prima dell'attuazione delle misure in campo, quali test saranno effettuati sui dati forniti dai partecipanti, affinché il campione costruito coi risultati sia il più omogeneo possibile e non si debba ricorrere alla creazione di classi e sottoclassi con evidenti riduzioni del numero di elementi per campione.

SCELTA E CARATTERIZZAZIONE DEI SITI

A causa dell'assenza di esperienze specifiche in letteratura, la scelta e l'attività di caratterizzazione del sito campione sono state precedute da una fase di riflessioni e discussioni, di carattere tecnico, volte a definire i requisiti cui dovrebbe soddisfare un sito aperto per essere eletto a "sito-campione per lo svolgimento d'interconfronti di misure di campo elettromagnetico". A valle, quindi, di una serie di considerazioni di tipo sia logistico che tecnico ci si è orientati alla ricerca di un sito avente le seguenti caratteristiche:

- sorgente reale (non un modello o un simulatore), di tipo noto e diffuso,
- emissione di un unico tipo di segnale o in cui vi sia un tipo di segnale "predominante",
- ampio spazio per la dislocazione di più partecipanti simultaneamente (possibilmente, in condizioni di omogeneità spaziale del livello di campo),
- stabilità nel tempo, entro limiti prestabiliti, del livello del segnale di riferimento, e che avesse, inoltre, i requisiti logistici di:
- facile accesso anche con mezzi e laboratori mobili,
- possibilità di isolare l'area dall'accesso del pubblico
- disponibilità di prese di rete e/o di posizionamento dei gruppi elettrogeni.

Contemporaneamente a queste riflessioni si sono definite le azioni necessarie alla caratterizzazione di tale sito consistenti nelle seguenti operazioni:

- misure selettive, estese a tutta la banda (dalla VHF a tutta la telefonia di ultima generazione), in uno o più punti al centro dell'area di interesse, per determinare tutti i segnali presenti nel sito,
- mappatura spaziale, mediante misure a banda larga, dell'intera area interessata, per definire il livello, o i livelli, di omogeneità spaziale del campo EM,
- mappatura spaziale, mediante misura selettiva, dell'area interessata, nella banda del segnale scelto come segnale di riferimento, per definire il livello di omogeneità spaziale del campo EM prodotto dalla sola sorgente d'interesse,
- monitoraggio di più giornate, mediante centraline di monitoraggio (banda larga o banda stretta), per conoscere le variazioni temporali dei livelli di campo nel sito e del segnale di riferimento,
- uso di modelli previsionali (simulatori numerici) per la validazione teorica dei risultati delle misure di caratterizzazione.

L'approccio metodologico che si è cercato di dare a questo primo interconfronto organizzato nell'ambito delle attività istituzionali del Servizio di metrologia ambientale è giustificato sia dalla totale assenza di esperienze specifiche e precedenti di questo tipo, anche a livello internazionale, sia dalla necessità del sistema delle Agenzie di effettuare periodici confronti nell'intento di garantire l'omogeneità delle procedure e dei risultati forniti.

ORGANIZZAZIONE DEL CIRCUITO ISPRA-IC015

Alla luce delle suddette considerazioni, lo svolgimento dell'interconfronto si è articolato nelle seguenti fasi:

- raccolta delle adesioni sulla base di un protocollo preliminare contenente informazioni sul target (tipo di misura e grandezze), località e date; al contempo si sono raccolte informazioni sulle dotazioni strumentali e sulle procedure usate dai partecipanti;

- caratterizzazione dei siti individuati (valutazione della tipologia di campi elettromagnetici presenti in termini di frequenza, modulazione, intensità, stabilità temporale) con particolare attenzione ai livelli di omogeneità spaziale; stesura e invio del protocollo definitivo,
- raccolta e taratura degli strumenti, organizzazione del supporto logistico, invio degli schemi per posizioni e turni,
- misure in campo dei partecipanti,
- raccolta dei risultati e analisi dei dati secondo le ISO Guide 43-1 e ISO 13528.

DEFINIZIONE DEL TARGET

Il target specifico di questo circuito di interconfronto è la misura selettiva in frequenza del campo elettrico associato ad alcuni segnali molto diffusi sia in aree urbane che suburbane e rurali.

E' importante precisare che, quanto richiesto dal protocollo, è un insieme di valori che rappresentano i contributi (in V/m) in frequenza di alcuni segnali, al valore totale del campo elettrico in un punto; si tratta, pertanto, di valori di campo elettrico, che normalmente vengono inseriti nel computo del valore totale del campo nel punto per la verifica del rispetto dei livelli imposti dalla normativa o, in caso di superamento dei suddetti limiti, in opportuni algoritmi per la determinazione dei fattori di riduzione delle emissioni (riduzione a conformità di un sito).

CARATTERIZZAZIONE DEI SITI SCELTI

Data l'imprevedibilità di precipitazioni atmosferiche e l'ingente quantità di risorse messe in campo, si è deciso di effettuare due distinte sessioni di misura, in giorni consecutivi, in siti diversi e con diversi target (sorgente/segnale da misurare).

Le sorgenti individuate e scelte come "sorgenti campione" sono due sorgenti reali che al momento della misura erano operative in modo abituale: sebbene i segnali emessi siano nel seguito definiti "segnali di riferimento", non vi è stato, da parte degli organizzatori, alcun intervento sulle sorgenti, ma soltanto il monitoraggio continuo, sia prima che durante le sessioni di misura, attuato tramite una centralina di monitoraggio e la collaborazione dell'operatore.

I due siti-target sono una Stazione RadioBase Vodafone dislocata sul terrazzo di un parcheggio e un sito di trasmettitori radio FM dislocato alla sommità di una collina residenziale.

I due siti sono stati scelti in quanto già noti all'ente locale preposto al monitoraggio, che vi aveva già effettuato diverse sessioni di misure e in quanto soddisfacenti ai requisiti sopra definiti.

Sito 1

Il Sito 1, che si trova all'interno di un'area urbana, è il quinto e ultimo piano del parcheggio del Centro Commerciale Le Gru (Grugliasco). Si tratta di un "terrazzo" di circa 40 m x 120 m caratterizzato dal fatto di avere un'installazione radiobase Vodafone in un angolo del piano stesso e nessun'altra sorgente altrettanto vicino (Fig. 1). Questo ha permesso di considerare il segnale emesso da tale sorgente (telefonia mobile GSM, DCS e UMTS) come segnale dominante nell'area interessata alle misure.

Il sito è stato caratterizzato attraverso :

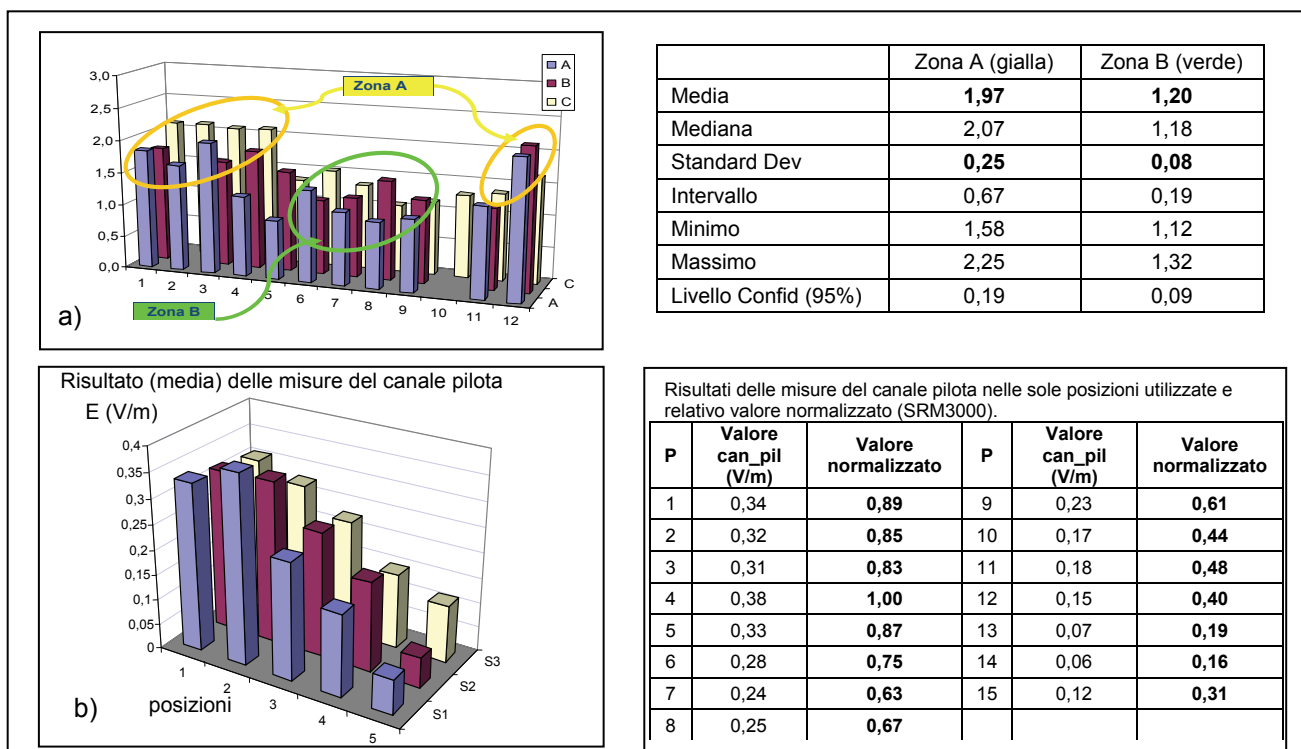
- misure selettive nella sola banda GSM secondo una griglia di 36 punti, per un'area totale di circa 10 m x 40 m, nell'intento di verificare l'omogeneità spaziale del campo e stabilire il valore di riferimento di tale contributo,
- misure selettive in tutte la banda della telefonia in tre punti dell'area suddetta, allo scopo di definire i contributi al campo totale,
- misure selettive nella banda dell'UMTS nei 36 punti della griglia (il diagramma di radiazione dell'antenna nella banda UMTS è significativamente diverso da quello della banda GSM e, di conseguenza, anche la distribuzione del campo è diversa),
- confronto dei risultati sperimentali (misure) con la distribuzione del campo risultante da simulazione teorica basata sulla formula di campo lontano in spazio libero applicato alla situazione specifica. In particolare, nell'area di maggior intensità, il valore di campo atteso, per il segnale Vodafone oggetto di confronto, è pari a 2,4 V/m.

Data la variabilità intrinseca del segnale considerato non si è ritenuto opportuno effettuare misure più esaustive finalizzate alla definizione di un vero e proprio valore di riferimento, decidendo, quindi, di ottenere il valore assegnato come valore di consenso da determinarsi attraverso l'applicazione della statistica robusta dopo un'accurata validazione dei dati.

Figura 1 – Sito di misura 1: parcheggio del Centro Commerciale Le Gru (Grugliasco) con in evidenza la griglia delle postazioni di misura.



Figura 2 – Caratterizzazione sito1: a): risultati misure segnale GSM - b): risultati misure UMTS



Dall'analisi dei risultati delle misure di caratterizzazione, sono state identificate due aree aventi due diversi livelli di campo elettrico in cui sono stati definiti 15 punti di misura totali: 9 punti (1-6 e 13-15) nell'area avente il livello più elevato ($EBCCH_Vodafone_952 \approx 2 \pm 0,25$ V/m) e 6 punti (7-12) nell'area al livello più basso ($EBCCH_Vodafone_952 \approx 1,2 \pm 0,08$ V/m).

Queste misure hanno mostrato, nonostante l'apparente variabilità tra alcuni punti, valori sufficientemente omogenei in tutti i punti di ogni area e significativamente diversi fra una e l'altra, per cui, i risultati delle misure effettuate dai partecipanti sono stati raggruppati e trattati per area.

La scelta di utilizzare soltanto 15 punti, rispetto ai 36 della griglia di misura, è scaturita dalla necessità di lasciare ampio spazio fra una posizione e l'altra sia per il posizionamento degli strumenti, sia per la movimentazione nel cambio dei turni. Naturalmente ciò ha comportato l'attuazione di più turni di misura per un totale di circa 4 ore.

Per la misura del segnale UMTS è stato necessario effettuare, in fase di caratterizzazione, delle misure aggiuntive per determinare un fattore di pesatura allo scopo di rendere i risultati delle misure dei partecipanti indipendenti dalla posizione. Nei soli 15 punti di misura utilizzati, sono state effettuate, con un SRM3000, misure ripetute sia del Canale Pilota (fisso), sia in modalità Channel Power (misura legata al traffico momentaneo).

A conforto della comparabilità dei risultati ottenuti nell'arco delle 4 ore, si sono utilizzati i dati di traffico forniti dal gestore dai quali, è risultato che le condizioni di traffico della stazione radiobase si mantengono sempre sufficientemente costanti nell'arco della mezza giornata.

Sito 2

Il luogo in cui sono state effettuate le misure è lo spazio antistante la statua di Piazzale Faro nel Parco della Rimembranza, Colle della Maddalena, nel comune di Pecetto Torinese. Si tratta di un'area sub-urbana, in una zona residenziale, verde e alta rispetto al centro della città, in cui si trovano, subito fuori dal Parco, diversi tralicci che ospitano antenne trasmettenti di molte stazioni radio FM e televisive (Fig. 2).

In linea d'aria, le sorgenti distano circa 200 m dal punto di misura e sono chiaramente visibili. Il sito è continuamente oggetto di monitoraggi e misure di campionamento in quanto, a causa soprattutto delle trasmissioni FM, in alcune aree vi è un costante superamento dei limiti (20 V/m). Il segnale dominante è, appunto, quello delle trasmissioni radio FM. Nell'area di misura l'intensità complessiva del campo elettrico è tra i 15 e i 20 V/m.

Per la caratterizzazione del sito sono state effettuate:

- misure a banda larga secondo una griglia di 36 punti, su una maglia di 2m x 2m, nell'intento di verificare l'omogeneità spaziale del campo e stabilire un valore di riferimento,
- misure selettive in tutte le bande (radio, TV e telefonia), e ripetutamente, in tutta la banda FM,
- confronto con misure precedenti, acquisite anche in giornate consecutive e in diverse fasce orarie, per verificare la stabilità del segnale.

L'analisi dei risultati delle misure, di seguito riportata, evidenzia, in base ai valori del campo elettrico totale, due aree distinte: i punti più distanti, in linea d'aria, dalle installazioni presentano, infatti, un livello di campo elettrico leggermente inferiore ($\approx 25\%$) rispetto a quelli più vicini e sono tra loro più omogenei.

Figura 3 – Sito di misura 2: Colle Della Maddalena .

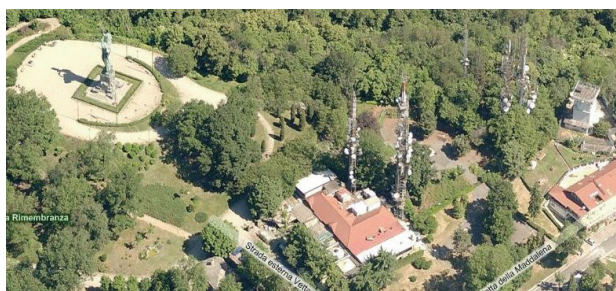
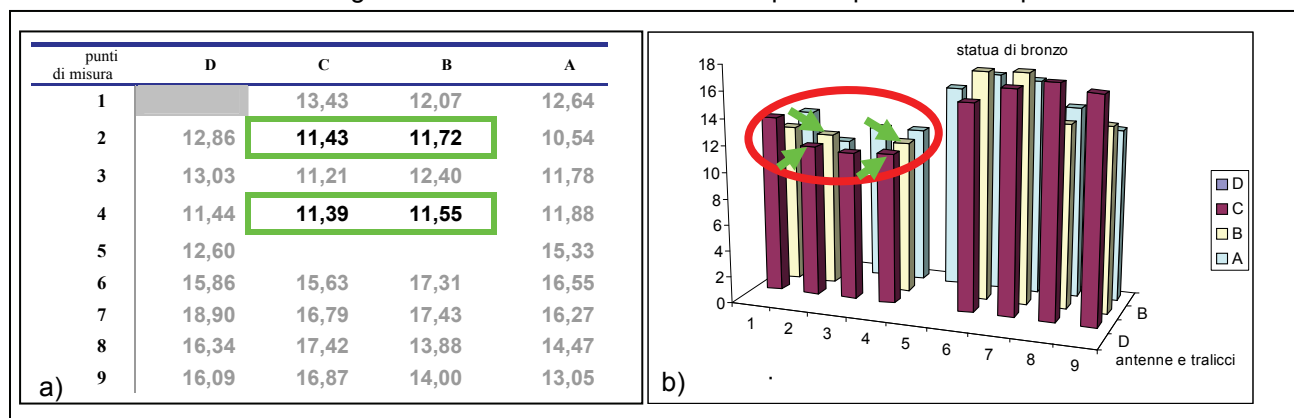


Figura 4 – Caratterizzazione sito2: tabella dei risultati delle misure di caratterizzazione (banda larga) e loro visualizzazione grafica: Le frecce verdi indicano le quattro posizioni occupate.



Nonostante i livelli di omogeneità spaziale fossero soddisfacenti, sono stati fissati solo quattro punti di misura, nell'area di maggiore uniformità, effettuando quindi sette turni, per un totale di circa 8 ore. Tale decisione è scaturita dalla necessità di impiegare i laboratori schermati per garantire a tutti l'immunità degli strumenti (normalmente l'immunità degli analizzatori, a seconda dei modelli, è garantita fino a $3 \div 10$ V/m).

Sono stati, quindi, posizionati tre laboratori mobili schermati, per un totale di quattro postazioni disponibili simultaneamente, adeguatamente forniti di cavi coassiali di lunghezza sufficiente.

Per controllare la variabilità temporale dei segnali da misurare nell'arco delle 8 ore di misure di tutti i partecipanti, è stata posizionata, ai margini dell'area di interesse, una centralina di monitoraggio a banda stretta (Narda AMS8060, 75 MHz-3 GHz), impostata per l'acquisizione di 1 campione al minuto sulle sette frequenze richieste.

Taratura delle Antenne

ARPA Piemonte dispone, all'interno del Centro Regionale per le Radiazioni Ionizzanti e Non Ionizzanti, di un laboratorio metrologico accreditato SIT (Centro SIT 069 per), per le grandezze potenza ed intensità di campo elettromagnetico nell'intervallo di frequenze 100 kHz – 3 GHz e per antenne di dimensioni contenute (circa 20 cm).

Si è deciso di sfruttare questa opportunità per effettuare la taratura delle antenne (e dei cavi) impiegate nell'interconfronto, per i partecipanti che ne avessero preventivamente fatto richiesta Misure in campo

L'attività di misura si è svolta secondo quanto stabilito nel Protocollo definitivo del circuito: nel sito 1 (parcheggio di Grugliasco), la sessione di misura, prevista per l'intera mattinata, è traslata al pomeriggio a causa del maltempo.

Nel sito 2, invece, le misure si sono svolte secondo il Protocollo; i partecipanti hanno raggiunto il sito poco prima del proprio turno, preso posizione secondo lo schema allegato al protocollo ed effettuato le misure.

RACCOLTA E TRATTAMENTO DEI DATI

Per la raccolta dei risultati delle misure è stato creato un format protetto in Excel in cui i partecipanti, oltre ai risultati, hanno riportato i dati di orario e posizione della misura, e, per ogni banda, le modalità e i parametri utilizzati per l'acquisizione del segnale; queste informazioni sono state fondamentali nell'interpretazione dei risultati e sono state ampiamente utilizzate per valutazioni più complesse.

L'elaborazione dei dati raccolti è stata articolata in due fasi principali: la "validazione" e l'Analisi. La validazione dei dati forniti dai partecipanti, che si è resa necessaria per la scelta del valore di consenso come valore di riferimento, si è basata principalmente sul confronto qualitativo coi dati di caratterizzazione, sul confronto fra i dati dei diversi partecipanti che hanno effettuato le misure nello stesso punto e nello stesso intervallo di tempo e, per ogni partecipante, sul confronto coi dati preliminari riportati sulle schede cartacee e nelle relazioni tecniche.

Il confronto dei dati dei partecipanti con quelli di caratterizzazione è stato possibile solo come confronto di distribuzioni spaziali: l'insieme normalizzato dei dati dei partecipanti di ogni turno è stato confrontato con la distribuzione normalizzata dei dati di caratterizzazione (solo per la BCCH 952 MHz). Tutto questo, come pure la verifica dei dati dei partecipanti con gli stessi dati riportati nei format cartacei o nelle relazioni tecniche, ha avuto il solo scopo di validare i dati e tentare di ridurre le fonti di "errore" nella determinazione del valore di consenso.

La procedura ha consentito di individuare alcune anomalie nei dati dei partecipanti i quali, quando hanno riconosciuto il problema, hanno re-inviato il file corretto. Da questo momento in poi, fino all'invio dei risultati preliminari, i dati sono stati trattati in maniera assolutamente anonima, cioè ogni dato è stato identificato solo attraverso il codice assegnato al partecipante.

Incertezza

A fianco della validazione si è aggiunto un complesso lavoro di conversione e "valutazione" dell'incertezza di misura, fornita da alcuni partecipanti in valore assoluto (V/m), da altri in dB. La volontà di utilizzare l'informazione di Incertezza, infatti, ha richiesto, innanzitutto la conversione in un unico formato (in V/m) e la definizione di "limiti di accettabilità".

Procedura di analisi

Per entrambi i siti i dati sono stati organizzati e analizzati "per frequenza".

Sono stati analizzati prima i dati del sito 2 in quanto tutti hanno misurato 7 frequenze richieste; sono stati creati 7 insiemi di dati (campioni) di ugual numero di elementi, più un campione con la somma delle 7 frequenze come valore rappresentativo del campo totale nella banda.

Ordinare e predisporre i dati delle misure del sito 1 è stato decisamente più complesso in quanto: 1) sono stati misurati due tipi di segnale (GSM e UMTS), 2) sono stati effettuati due punti

di misura, 3) i partecipanti non hanno rilevato tutti le stesse portanti (il protocollo richiedeva solo di individuare le BCCH, senza specificare nulla sulle altre portanti), 4) l'uso di diversi parametri di acquisizione può influire significativamente sul risultato della misura.

Per il segnale GSM, per ciascuna delle due misure, sono state identificate tutte le frequenze misurate da un numero congruo di partecipanti, ottenendo così 14 campioni (ogni campione rappresenta la misura di una portante) per ciascuna delle due misure.

L'elaborazione e l'analisi dei risultati delle misure del segnale UMTS è stata decisamente più complessa ed è stato necessario "manipolare" ripetutamente i dati, moltiplicandoli per il fattore di pesatura ottenuto dalle misure di caratterizzazione ed effettuando la media delle due misure. In questa banda non è stata utilizzata l'informazione di Incertezza fornita dai partecipanti.

L'elaborazione statistica dei dati è stata effettuata mediante l'utilizzo di fogli di calcolo Excel. Ogni campione è stato sottoposto ad una serie di test statistici per verificare la normalità delle distribuzioni dei dati e individuare eventuali outliers.

Il valore di riferimento è stato determinato come media robusta attraverso l'applicazione della statistica robusta (Algoritmo A), come pure lo scarto tipo e l'incertezza.

Altri test statistici (t-Student, ANOVA) sono stati effettuati per verificare le ipotesi di influenza dei parametri di acquisizione.

La valutazione dell'accettabilità dei risultati prodotti è stata fatta mediante z-scores⁽²⁾. Il criterio di accettabilità dei dati è:

$|z - score| \leq 2$ accettabile

$2 < |z - score| \leq 3$ discutibile

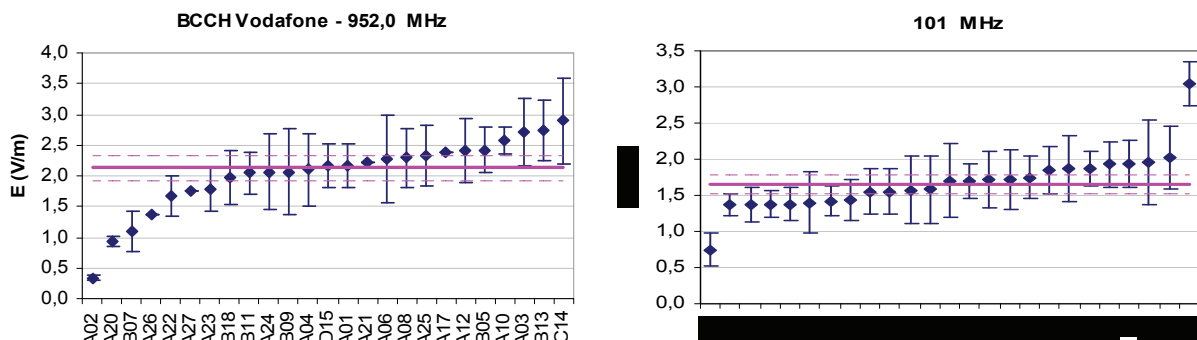
$|z - score| > 3$ non accettabile

Ad ogni partecipante è stato attribuito uno z-score per ogni frequenza misurata e per ogni misura e, sulla base di questi, è stato definito e attribuito un parametro di valutazione complessiva per ogni banda (GSM, UMTS e FM).

RISULTATI

I risultati dell'interconfronto sono stati riportati e discussi in diversi modi: nel seguito vengono mostrati, a titolo di esempio, i grafici con i risultati forniti dai partecipanti, con le relative incertezze, rapportati al valore di consenso e all'incertezza, per una portante GSM e per un'emittente FM. In Fig. 6, invece, è riportata la distribuzione ordinata degli z-scores attribuiti nella misura UMTS.

Figura 5 – Distribuzioni ordinate dei risultati forniti dai partecipanti rispettivamente per una BCCH (GSM-Sito1), e per un'emittente FM (Sito2), relativamente al valore di consenso e alla relativa incertezza (CI 95%).



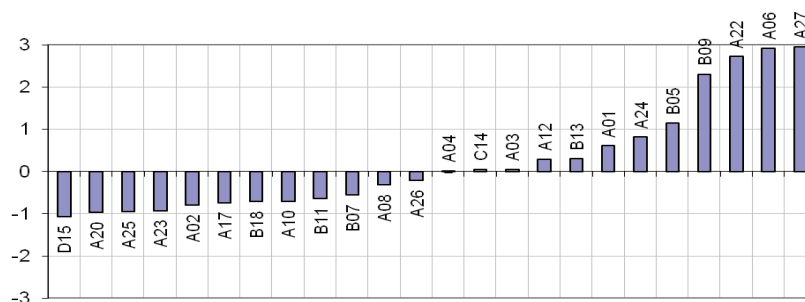
⁽²⁾ Lo z-scores è stato determinato per ogni laboratorio, per ogni frequenza e per ogni misura, secondo la formula:

$$z = \frac{X_{lab} - X_{rif}}{g_{rif}}$$

Ove:

X_{lab} è il valore di E (V/m) alla frequenza specifica, fornito dal partecipante, X_{rif} è il valore di consenso (media robusta) ottenuto dalla statistica robusta, g_{rif} è lo scarto tipo robusto.

Figura 6- Grafico degli z-scores della misura di Channel Power del segnale UMTS a 2167, 6 MHz.

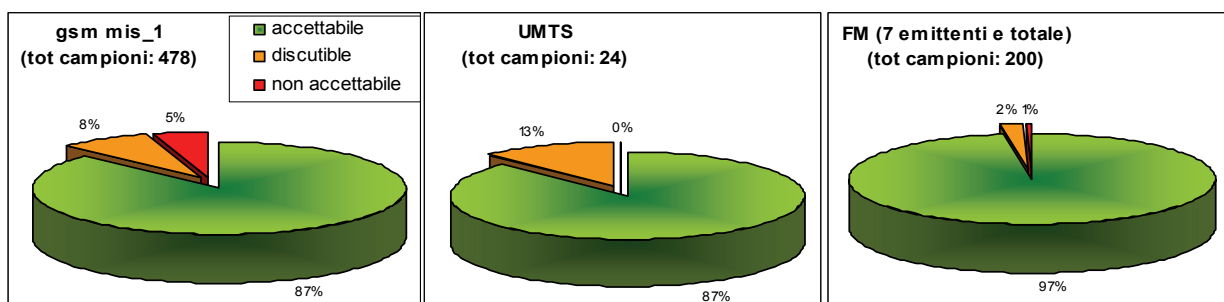


CONCLUSIONI

I risultati sono stati assolutamente soddisfacenti come dimostrano i grafici sottostanti in cui è evidente la netta prevalenza degli z-scores accettabili un po' in tutte le misure.

Tenendo conto di tutti i fattori di influenza, dalla variabilità temporale e spaziale delle sorgenti, ai diversi parametri di acquisizione e alle inevitabili differenze strumentali, una dispersione di valori, per le diverse frequenze, dell'ordine del 20%, è un risultato più che accettabile anche solo come riproducibilità del risultato di una misura.

Inoltre, grazie all'analisi stratificata dei dati basata sulle informazioni raccolte preliminarmente, e alla taratura SIT delle antenne, è stato possibile individuare le cause delle principali "anomalie" riscontrate. Dalla procedura di taratura delle antenne sono emersi elementi importanti riguardanti, ad esempio, i livelli di isotropia delle antenne isotrope che non sempre consentirebbero di soddisfare il requisito dell'incertezza posto dalla Norma.



Data la scarsa casistica di precedenti, nell'ottica di proseguire questa attività con una metodologia ben definita e finalizzata, si stanno ancora discutendo alcuni punti cruciali riguardanti soprattutto - le operazioni per la caratterizzazione del sito, - la scelta di definire o meno, a priori, alcuni parametri di acquisizione, - la determinazione e la gestione dell'incertezza (uso dell'En).

DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

1. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP): Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz), Health Physics, vol. 74, No. 4 (April), 1998. 494-522.
2. Norma Italiana CEI 211-7 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz - 300 Ghz, con riferimento all'esposizione umana", 2001.
3. Norma Italiana CEI 211-10;V1 "Guida alla realizzazione di una Stazione Radio Base per rispettare i limiti di esposizione ai campi elettromagnetici in alta frequenza Appendice H: Metodologie di misura per segnali UMTS", 2004.
4. ISO-Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, 1995.
5. ISO/IEC Guide 43-1 Proficiency testing by interlaboratory comparison – Part 1: Development and operation of proficiency testing schemes.
6. ISO 13528:2005(E): "Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons".