

Sulle modalità di misura dei campi elettromagnetici in alta frequenza

Abstract: Si fornisce un accenno sulle diverse modalità di misura esistenti attualmente per la valutazione strumentale dei campi elettromagnetici in alta frequenza (CEM), relativamente alla valutazione dell'esposizione umana. L'aspetto delle metodologie di valutazione utilizzata, come si prova a chiarire sommariamente, non è per niente secondario, relativamente ai risultati di misura ottenuti e alle valutazioni conseguenti, sia a fini di ricerca accademica, sia nell'ambito della medicina clinica applicata. Questo è particolarmente importante nel caso si utilizzino criteri precauzionali per l'analisi del rischio, stante l'attuale incertezza sugli effetti a lungo termine sulla salute umana e sui possibili impatti alla sfera del benessere del soggetto esposto.

Gli attuali limiti protezionistici contenuti nelle linee guida dettate da ICNIRP (e riprese dalle legislazioni di molti paesi del blocco occidentale) per l'esposizione umana a radiazioni a radiofrequenza sono unicamente improntati alla protezione da effetti acuti derivanti dall'esposizione, effetti di natura termica: tali limiti quindi proteggono l'organismo da un eccessivo riscaldamento (surriscaldamento), e da conseguente alterazioni sino alla necrosi cellulare. Per effetto dell'inerzia termica o, in altre parole, della costante di tempo relativa all'innalzamento termico del corpo, di circa sei minuti, la misura delle intensità di campo elettromagnetico al fine di un confronto con i livelli di riferimento di ICNIRP viene effettuata con dei sensori che misurano la densità di potenza media (o parametri fisici ad essa collegata) su tale scala temporale (sei minuti). Il sensore impiegato, in altri termini, integra l'indicazione dell'energia elettromagnetica captata in un ampio intervallo di tempo (intervallo in generale dipendente dal sensore e dalle impostazioni impiegate), producendo un segnale d'uscita proporzionale all'integrazione temporale del campione esaminato. Tale modalità di misura viene denominata RMS (Root Mean Squared), perché il calcolo effettuato per ottenere il risultato consiste nell'esecuzione della radice quadrata della media temporale, in un dato intervallo di tempo. I campioni

RMS così ottenuti possono essere a loro volta ulteriormente mediati, lungo un intervallo di tempo molto lungo. Ad esempio, una tipica sonda di campo elettrico in alta frequenza di strumenti in banda larga utilizzati per il confronto con i limiti ICNIRP (e anche con i limiti della legge italiana), genera 2-3 campioni RMS al secondo, campioni che vengono mediati dallo strumento in un intervallo di 6 minuti per riportare un valore di misura adatto a essere confrontato con i limiti ICNIRP (o i limiti di legge italiana).



Fig. 1 - Tipico strumento di misura con sensore RMS

Una enorme mole di letteratura scientifica riporta però, in aggiunta agli effetti di natura termica accennati, anche effetti biologici avversi (anche gravi) a livelli di intensità ben inferiori ai livelli che provocano effetti termici, sia nell'uomo che in altri organismi viventi (si veda ad esempio [1], [2], [3], [4]). Quello che emerge dall'evidenza disponibile è

che sono molti i parametri fisici caratterizzanti i campi elettromagnetici artificiali in alta frequenza, che possono fare una differenza in relazione agli effetti di natura non termica: l'intensità, la frequenza, la modulazione impressa, la polarizzazione, il fattore di cresta, il tempo di salita della forma d'onda. Riguardo all'intensità del campo e alla frequenza, quanto è sempre più riconosciuto per gli effetti biologici di natura non termica in generale è che ci si trova in presenza di fenomeni non lineari, che esistono finestre di questi due parametri in cui gli effetti possono avvenire e altre no, che non è presente una semplice relazione lineare dose-effetto per l'intensità. Esistono molti parametri fisici che potenzialmente condizionano l'esito degli esperimenti in vitro condotti in laboratorio, incluso il campo magnetico statico caratteristico della sua posizione geografica ([5], [6], [7], [8], [3]). In particolare, il livello d'impulsività appare particolarmente importante, nella bioattività del segnale a cui il soggetto viene esposto ([3], [9]).

Una volta superata l'assunzione del paradigma termico come unico fattore di interazione con la materia vivente, il metodo di misura sopra accennato, ovvero l'utilizzo di campioni RMS a loro volta mediati in lunghi intervalli temporali, appare del tutto inadeguato per catturare le caratteristiche del campo elettromagnetico, in relazione all'esposizione umana. In particolare l'utilizzo di campioni RMS non rende disponibile informazioni relative all'impulsività del segnale, impulsività che peraltro può manifestarsi in diverse scale temporali (microsecondi, millisecondi, secondi, minuti). In particolare, l'utilizzo di campioni RMS applicato ai moderni segnali digitali, tutti dotati di alti livelli d'impulsività, li sottostima notevolmente rispetto all'utilizzo di campioni di picco, ovvero del massimo livello

raggiunto dal segnale in un determinato segmento temporale (Fig. 2).

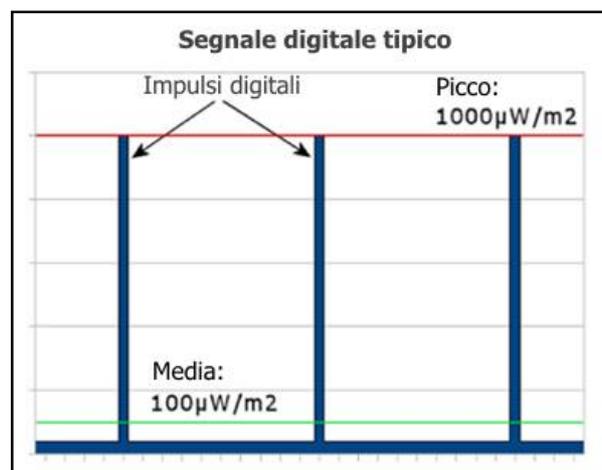


Fig. 2: Rivelazione di Media vs. Picco

Nelle nazioni di lingua tedesca, sono attive da diversi anni associazioni tecniche che focalizzandosi su temi di architettura biologica, si preoccupano della relazione tra gli esseri umani e il loro ambiente abitativo (ad esempio VDB in Germania). A differenza del nostro paese, si è posta sin dalla loro costituzione molta enfasi alla valutazione dell'esposizione a onde elettromagnetiche nelle unità abitative e in particolare nelle zone notte della casa. Già nel 1990 il famoso giornalista tedesco Wolfgang Maes poneva l'accento sullo stress fisiologico causato dall'esposizione cronica alle radiazioni in alta frequenza [10]. Tali gruppi di tecnici, anche con il supporto di medici ambientali [11], abbandonando le verifiche basate sui criteri ICNIRP, chiaramente inadatte a caratterizzare le esposizioni ambientali di debole intensità, hanno sviluppato e affinato nel tempo metodologie di misura armonizzate e coerenti per caratterizzare al meglio l'ambiente espositivo, con particolare riguardo alle camere da letto della casa [12]. Lo standard di *Bau Biologie* (Bau=Casa) edito da Institut für Baubiologie + Nachhaltigkeit IBN [13], pubblicato sin dal 1992 è ora all'ottavo aggiornamento [14]. E' per i motivi esposti sopra che sia lo standard citato che tutte le esistenti associazioni che a livello

internazionale attualmente si interessano di *Bau Biologie* utilizzano metodi di misura dei campi elettromagnetici in alta frequenza che rilevano i valori di picco dell'intensità di campo elettromagnetico, invece dei valori RMS [15]. La recente pubblicazione [16] indica dei valori guida precauzionali per l'esposizione a CEM, distinti per ogni tipologia di segnali tecnici in alta frequenza ed ulteriormente distinti per esposizioni diurne, notturne e su soggetti sensibili. Ogni segnale è valutato separatamente, al fine di giungere a un valore guida relativo all'intensità dell'esposizione, considerando le sue caratteristiche intrinseche quali il grado d'impulsività, il tempo di salita, la frequenza. Conseguentemente, non tutti i segnali sono valutati allo stesso modo: ad esempio il segnale Wi-Fi e il segnale DECT sono giudicati molto più severamente di altri segnali, per questi motivi (Supplemento 3 "RF signal characteristics" di [16]). Il valore guida per esposizione notturna a Wi-Fi è di appena 1 microWatt su metro quadro ($\mu\text{W}/\text{m}^2$), mentre il valore guida per esposizione notturna a segnali di tipo radio in modulazione di frequenza è di $1000 \mu\text{W}/\text{m}^2$. Per valutare la densità di potenza di picco di ogni segnale tecnico, si utilizzano tecniche di misura selettive in frequenza, che consentono di discriminare ogni segnale, a seconda della banda di frequenza occupata. Si adottano anche tecniche di campionamento che consentono una rapida esecuzione delle misure, garantendo un buon livello di accuratezza e ripetibilità. Ogni segnale tecnico digitale è contraddistinto da modulazioni impresse caratteristiche e da treni d'onda distinti. Ad esempio, il segnale Wi-Fi consiste in un treno di impulsi, emessi ogni decimo di secondo dalla sorgente, sia in presenza di traffico dati che in sua assenza (è dunque un'esposizione cronica), raffigurato nel dominio del tempo in Fig. 3.

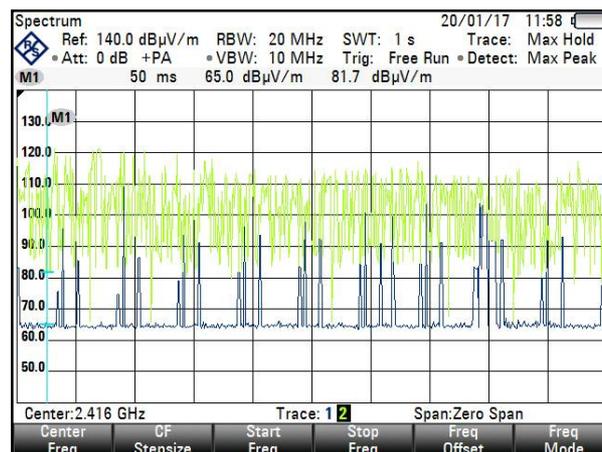


Fig. 3: Misura selettiva con rivelatore di picco di segnale Wi-Fi (impulsi visibili nella traccia blu - scala logaritmica in ordinata, espressa in $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$).

L'impulsività ricorrente di determinati segnali può manifestarsi anche su scale temporali nettamente più espanse, dell'ordine dei secondi o dei minuti. Si è soliti monitorare le esposizioni in radiofrequenza nella camera da letto, sempre con un rivelatore di picco. Eventi impulsivi ricorrenti possono essere presenti e compromettere il clima elettromagnetico durante il riposo. Tali verifiche non sono possibili con i tipici strumenti in banda larga con rivelatore RMS. In Fig. 4 e 5 si riporta un esempio di registrazione notturna di CEM con tale modalità.

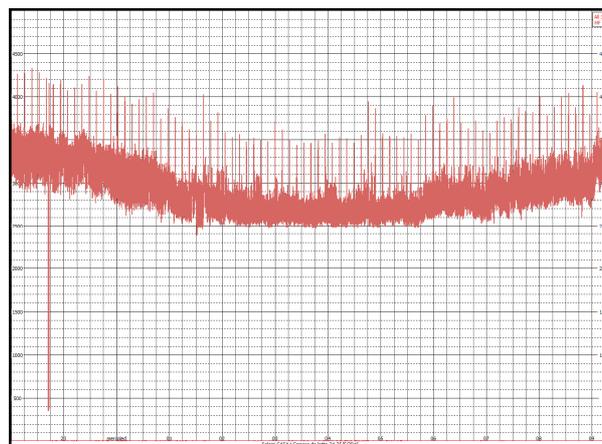


Fig. 4: Registrazione esposizione notturna (h22-h09) emissioni in alta frequenza, con rivelatore di picco.

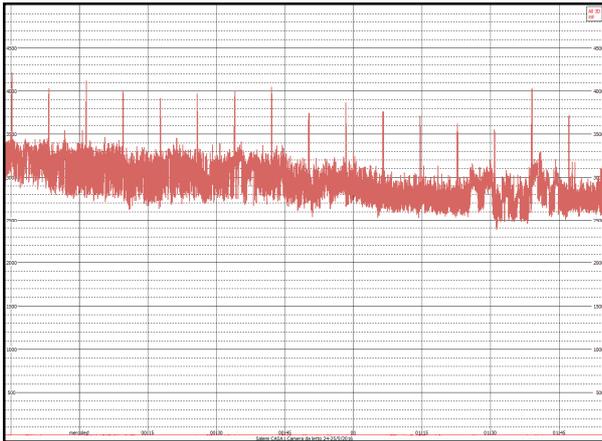


Fig. 5: Dettaglio ingrandito della precedente registrazione della esposizione notturna (h00-h02) da cui si osserva una netta emissione impulsiva ogni circa 8 minuti durante tutto il periodo osservato.

Alcuni eventi impulsivi ricorrenti possono essere messi in relazione con trasmettitori di debole intensità localizzati all'interno della casa o in prossimità, come ad esempio diverse tipologie di contatori intelligenti (smart meters) attualmente in fase di installazione, le cui emissioni, proprio per la loro natura sporadica e a raffica, possono passare del tutto inosservate a uno strumento con rivelatore RMS.

Riferimenti:

- [1] "Low intensity radiofrequency radiation: a new oxidant for living cells", I. Yakymenko, Oxid Antioxid Med Sci, 2014, <http://www.scopemed.org/?mno=154583>
- [2] "A review of the ecological effects of radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF)", S. Cucurachi, Environ Int, 2013, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23261519>
- [3] "BioInitiative Report", BioInitiative Working Group, 2007, 2012, www.bioinitiative.org/
- [4] "Health implications of long-term exposure to electrosmog", K. Hecht, Competence Initiative, 2014, <http://kompetenzinitiative.net/KIT/KIT/english-brochures/>
- [5] "Some effects of weak magnetic fields on biological systems", F. Barnes, B. Greenebaum, IEEE Power Electronics Magazine, March 2016, <http://ieeexplore.ieee.org/document/7425396/>
- [6] "Polarization: a key difference between man-made and natural electromagnetic fields, in regard to biological activity", D. Panagopoulos et al, <https://www.nature.com/articles/srep14914>
- [7] "The implications of non-linear biological oscillations on human electrophysiology for electrohypersensitivity (EHS) and multiple chemical sensitivity (MCS)", C. Sage, Rev Environ Health, 2015 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26368042>
- [8] "Electromagnetic fields act via activation of voltage-gated calcium channels to produce beneficial or adverse effects", M. Pall, J Cell Mol Med., <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23802593>
- [9] "Why pulsed microwave frequencies are more harmful than continuous waves and why we should care.", Dr. Magda Havas - personal note, 2010 <https://tinyurl.com/ybd2kx8p>
- [10] "Stress from current and radiation. The sick sleeping room and its successful treatment", W. Maes, 1990, <https://tinyurl.com/maes-stress>
- [11] "Guideline of the Austrian Medical Association for the diagnosis and treatment of EMF related health problems and illnesses (EMF syndrome), 2012", <https://tinyurl.com/freiburger2012>
- [12] Building Biology Testing Conditions, Instructions and Additions, 5th Draft 5/2015, Baubiologie Maes / Institut für Baubiologie + Nachhaltigkeit IBN <https://tinyurl.com/y89z8o2a>
- [13] Institut für Baubiologie + Nachhaltigkeit IBN, <https://www.baubiologie.de/international/note-sullistituto/>
- [14] Baubiologische Richtwerte für Schlafbereiche SBM-2015 <https://tinyurl.com/y7n77yx2>
- [15] "Baubiologische EMF-Messtechnik", M. Virnich, 2012, H&P Verlag (lingua tedesca)
- [16] "EUROPAEM EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses", I. Belyaev et al., Rev Environ Health, 2016, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27454111>

© Riproduzione riservata

Autore:

Davide Maria Palio

M.Eng, M.Sc.

Attualmente si occupa anche di rilievi di inquinamento elettromagnetico basati su criteri precauzionali con le metodiche descritte.