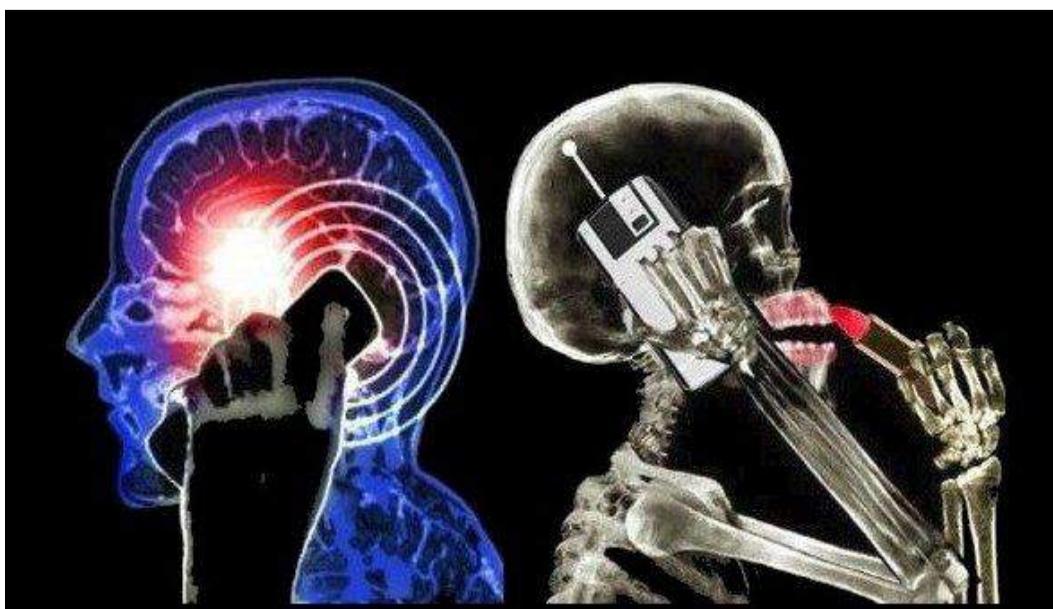


5G Cellulari Wi-Fi

Un esperimento sulla salute di tutti



di AA.VV.

Si ringrazia per la consulenza e la revisione del testo, in particolare:

Dott. Fiorenzo Marinelli

(Biologo e ricercatore, già Istituto di Genetica Molecolare del CNR)

Prof. Livio Giuliani

(già Dirigente di Ricerca dell'Unità Radiazioni dell'Ispesl, ora al SSN)

AA.VV.

5G, Cellulari, Wi-Fi:

Un esperimento sulla salute di tutti

Prima edizione in formato elettronico: 2019



Licenza: Copyleft

Sei libero di pubblicare e diffondere questo file su siti web e social

INDICE

Introduzione	5
1. Inquinamento elettromagnetico: cosa è davvero?	17
2. Le fonti esterne di inquinamento elettromagnetico	31
3. Sorgenti <i>indoor</i> di campi e.m. a bassa e alta frequenza	43
4. Inquinamento elettromagnetico: gli effetti sull'uomo	61
5. Campi elettromagnetici: la normativa ed i limiti di legge	81
6. Elettrosensibilità: una condizione invalidante diffusa	97
7. L'angolo dell'analisi: diventeremo tutti elettrosensibili?	111
8. Gli effetti delle stazioni radio base: lo studio Ramazzini	125
9. I limiti di legge ci proteggono dai campi dei cellulari?	143
10. Effetti biologici dei campi elettromagnetici a radiofrequenza	155
11. La rete 5G: un esperimento sulla salute di tutti noi	175
12. Come usare il cellulare in modo meno rischioso	195
13. Guida alla scelta e (non) schermatura di un telefonino	209
14. Proteggersi dalle radiazioni del Wi-Fi a scuola ed a casa	221
15. Gli strumenti per misurare i campi e.m. a radiofrequenza	241
16. Come misurare i campi delle stazioni radio base telefoniche	255

17. Misurazione dell'esposizione al campo di un telefonino	267
18. Come misurare i campi e.m. degli apparecchi domestici	279
19. Effetti biologici e sanitari dei campi e.m. a bassa frequenza	295
20. Come misurare i campi di elettrodotti e linee elettriche	313
21. La mappatura delle sorgenti di elettrosmog in Italia	333
22. Schermare i campi elettromagnetici alle varie frequenze	353
Note dei vari capitoli	371
Fonti e bibliografia	383

INTRODUZIONE

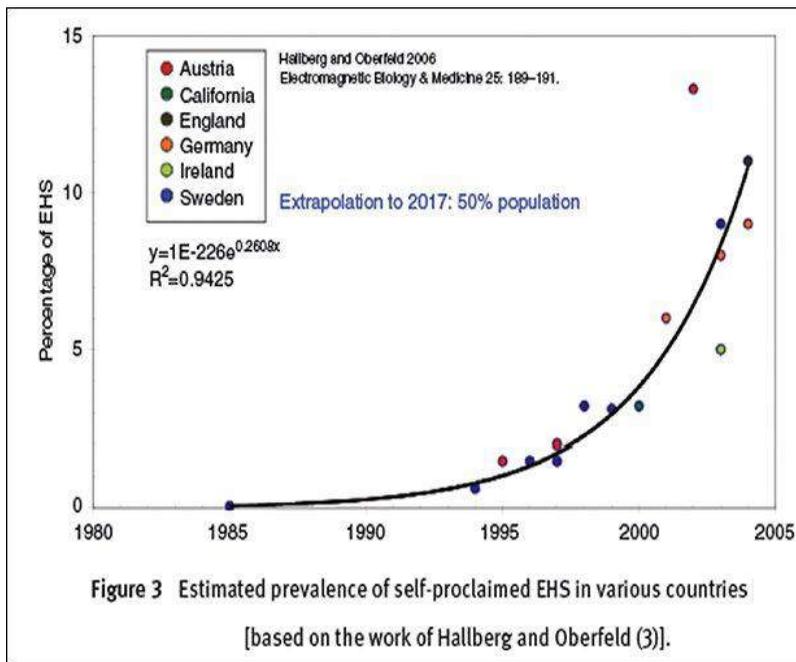
Molte persone ormai hanno sentito parlare del cosiddetto “5G” – il nuovo standard per la comunicazione mobile che permetterà a brevissimo la nascita dell’“Internet delle cose” – e pensano che sia una semplice evoluzione delle tecnologie precedenti: il 2G, il 3G, il 4G, etc., e che perciò *debba* essere innocuo. In realtà, si tratta di una tecnologia del tutto diversa, che avrà un impatto notevole per le ragioni che verranno spiegate in questo libro. E non è neppure vero che un telefonino 3G (UMTS) sia meno pericoloso di un 2G (GSM), come molti credono: infatti, nonostante la potenza emessa dal 3G sia minore, vi sono già evidenze epidemiologiche e di laboratorio che mostrano come il danno al DNA e il rischio di tumore al cervello con l’UMTS sia maggiore.

Il 5G, una volta a regime, funzionerà prevalentemente con delle antenne *phased array* (cioè “schiera in fase”) a 24-26 GHz, ovvero con frequenze altissime. Un singolo *array* potrà contenere, ad esempio, qualcosa come 64 antenne che collaborano insieme per costituire un’emissione direzionale, cioè un potente fascio di radiazioni diretto verso l’utente. Le antenne 5G hanno, in alto, elementi emittenti a 3,5-3,6 GHz e, sotto, l’*array* appena descritto che terrà il collegamento con l’“Internet delle cose”: dal frigorifero che dirà al lattaio di portare il latte perché è finito ad altre applicazioni del genere, fino alle auto che si guidano da sole. Il segnale 5G sarà forte e ubiquo, perché non deve succedere che un’automobile a 80 o 100 km/h non abbia informazioni su dove andare.

Questo significa coprire tutta l’area cittadina e anche fuori di essa con un campo elettromagnetico che è molto più alto di quello che abbiamo adesso. Secondo il responsabile dell’ARPA che ha illustrato la situazione nella trasmissione *Report* di Raitre del 27/11/18, già solo nella fase iniziale il numero di antenne attuale dovrà triplicare, per cui in Italia si passerebbe dalle 60.000 odierne a 180.000 in un amen. Swisscom ha di recente chiesto al Palamento svizzero l’innalzamento dei limiti di esposizione,

perché altrimenti non riuscirà a far funzionare il 5G. Per il momento, il Parlamento svizzero lo ha negato, ma non sappiamo fino a quando. È probabile che anche in Italia gli operatori faranno pressioni in tal senso, magari tramite organismi solo all'apparenza indipendenti ¹.

Potreste dire “ok, e quindi?”, se non fosse che, **a partire dal 1995, parallelamente con la crescita di antenne della telefonia mobile, si è assistito per vent’anni a una crescita quasi esponenziale del numero di persone diventate elettrosensibili da un giorno all’altro**, e che in alcuni Paesi rappresentavano già nel 2005 il 10% della popolazione. Una percentuale significativa di costoro vive una “non vita”, tanto che alcuni arrivano perfino a suicidarsi. L’elettrosensibilità è un effetto a breve termine dei campi elettromagnetici, ma vi sono poi tutta una serie di effetti sanitari a lungo termine – tumori al cervello, infertilità maschile, malattie neurodegenerative, etc. – di cui finora stiamo vedendo solo la “punta dell’iceberg”, proprio perché si manifestano dopo vari anni.



La crescita esponenziale del numero di persone elettrosensibili nei vari Paesi avanzati (mostrata in figura) coincide con gli anni del boom della telefonia mobile.

I campi elettromagnetici artificiali sono in uso da quando si usa l’energia elettrica, quindi da circa un secolo, ma in maniera abnorme negli ultimi

30-40 anni, quando alle emissioni a bassa frequenza tipiche di elettrodotti e linee elettriche si sono aggiunte quelle ad alta frequenza tipiche della radio, della televisione, dei radar, degli impianti radio-ricetrasmittenti, delle stazioni radio base della telefonia mobile, dei telefoni cellulari e dei cordless, dei router e degli hotspot Wi-Fi, dei sistemi di comunicazione usati dalla domotica (Bluetooth, Z-Wave, ZigBee, etc.), per non parlare di tutta una serie di impieghi minori di cui quasi non ci accorgiamo più: dai baby monitor fino alle porte anti-taccheggio dei negozi.

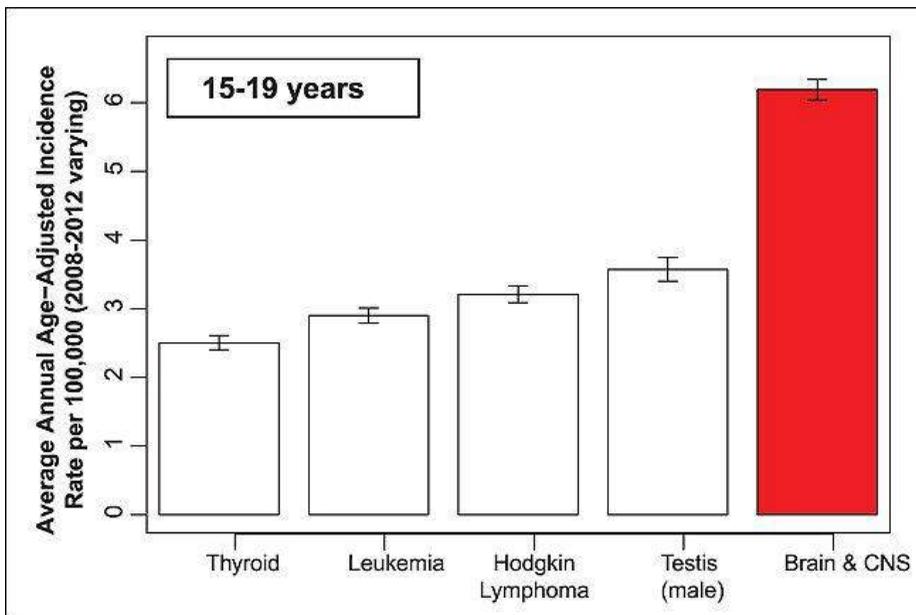
I campi elettromagnetici *a bassa frequenza* prodotti dalle linee di trasmissione elettrica hanno un cambiamento di polarità di 50 volte al secondo, che induce pertanto delle correnti all'interno degli organismi che ne sono investiti. Tanto che l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) nel 2001 ha classificato i campi magnetici a bassa frequenza come possibili cancerogeni per l'uomo. Nel frattempo, però, le ricerche svolte in laboratorio sugli animali hanno permesso di capire che i campi alla frequenza di rete (50 Hz) sono "co-promotori" del cancro, ovvero non lo provocano di per sé, ma in presenza di un agente carcinogeno ambientale ne favoriscono lo sviluppo, come suggerito da vari studi, non ultimo uno esemplare del 2016 eseguito dall'Istituto Ramazzini.

Le evidenze scientifiche dei danni prodotti dai campi elettromagnetici *a radiofrequenza* sono state invece ancora meglio determinate e ormai sono molto ben comprese. Qualche anno fa, nel 2011, lo IARC li classificò come "possibili cancerogeni" – invece che come "cancerogeni certi" – perché all'epoca non si avevano ancora gli studi su animali, che sono nel frattempo stati pubblicati. Ad esempio, sono stati fatti studi approfonditi dall'Istituto Ramazzini a Bologna e dal National Toxicology Program negli Stati Uniti (v. il Capitolo 8) che hanno colmato la lacuna di conoscenza che c'era nel 2011, e che potrebbero permettere presto di stabilire ufficialmente che le radiofrequenze sono dei cancerogeni certi per l'uomo, e dunque la cui esposizione è da evitare ai cittadini.

Secondo un recentissimo studio che è stato pubblicato online nel 2018 dalla rivista peer-reviewed *Journal of Environmental and Public Health*, in Inghilterra nel periodo 1995-2015 è stato riscontrato un aumento sostenuto e molto significativo nell'incidenza del Glioblastoma Multiforme – il tumore cerebrale più aggressivo e rapidamente fatale – nel corso dei 20 anni esaminati e in tutte le fasce d'età, mentre i tassi per i tumori di gravi-

tà inferiore sono diminuiti, mascherando questa drammatica tendenza nei dati complessivi. E risultati simili si sono riscontrati anche in Svezia, con molti tumori cerebrali di tipo nuovo diagnosticati già nella fascia di età fra i 20 ed i 40 anni. E questo solo per citare due Paesi per i quali si hanno a disposizione studi con i dati più recenti, che forniscono quindi meglio il quadro reale della situazione e del trend in atto.

I tumori cerebrali sono a crescita lenta e possono richiedere decenni per svilupparsi dopo l'esposizione tossica. I tassi di cancro ai polmoni non aumentarono nella popolazione generale fino a *più di tre decenni dopo* che gli uomini americani avevano cominciato a fumare molto. Pertanto **non deve stupire che non si sia ancora verificato un “boom” di casi nella popolazione generale: semplicemente non c'è stato ancora abbastanza tempo**, come ammettono *off-records* gli esperti, e come la recente ricerca del Ramazzini sembra confermare al di là di ogni ragionevole dubbio. Negli Stati Uniti, i tumori del cervello e del sistema nervoso centrale rappresentano però già il **tipo di cancro più comune** nella fascia di età 15-19 anni, come mostrato da una dettagliatissima analisi pubblicata nel 2015 (vedi le fonti bibliografiche alle fine di quest'opera).



I tumori del cervello e del sistema nervoso centrale (CNS) rappresentano il tipo di cancro più comune nella fascia di età 15-19 anni fra i giovani americani, secondo una approfondita analisi sui tumori cerebrali. (fonte: Ostrom et al., 2016)

La soluzione è quella di usare tutto via cavo, compresi i telefoni. Il cellulare va considerato come una preziosa “radio di emergenza”, che serve quando siamo in pericolo per qualche motivo, ma non va usato per sostituire la conversazione via filo, mentre oggi l’andamento è esattamente l’opposto. Però, i rischi di tumore cerebrale sono 4 volte maggiori in chi usa i cellulari e tale legame è ben dimostrato. Non stupisce, quindi, che un neurochirurgo dell’Università di Roma abbia dichiarato, poco tempo fa, che nel loro Istituto una volta operavano un tumore cerebrale al mese, o ogni 20 giorni, mentre adesso operano tutti i giorni.

Noi in Italia abbiamo un limite di esposizione della popolazione alle radiofrequenze (di emittenti radio-televisive, torri della telefonia mobile, ponti radio, vari apparati di telecomunicazione fissi, etc.) fra 6 e 20 V/m, ma – come rivelato dal biologo Fiorenzo Marinelli – l’ICNIRP sta chiedendo di portare questo limite di esposizione a 61 V/m. Tutto ciò, naturalmente, è da confrontarsi anche con il fondo naturale pulsato al quale l’uomo ed i suoi apparati biologici sono evolutivamente abituati (fino al 1940 circa), che è di 0,0002 V/m, mentre dal 2007 c’è stata una impenata della densità di potenza delle radiazioni nell’ambiente urbano, che corrisponde all’aver cambiato profondamente l’ambiente.

I limiti di legge attuali sono stati fatti pensando ai soli effetti termici e dicendo che non esistono effetti al di sotto della soglia termica di 61 V/m stabilita dall’ICNIRP, che provoca un forte riscaldamento. In Italia, grazie al professor Livio Giuliani – un esperto di livello internazionale degli effetti dei campi elettromagnetici e già dirigente di ricerca dell’Unità Radiazioni dell’Ispesl – quando si discussero i limiti di legge da attuare, si riuscì a far approvare un criterio di precauzione fissando la soglia a 6 V/m per gli ambienti con permanenze delle persone superiori alle 4 ore, quali ad esempio abitazioni, scuole, etc. Tuttavia, grazie agli studi degli ultimi anni, sappiamo che questi 6 V/m attuali non sono sufficientemente cautelativi e andrebbero ulteriormente ridotti.

Come spiega il già citato Marinelli, un ricercatore che ha lavorato quasi una vita all’Istituto di Genetica Molecolare del CNR di Bologna, occupandosi degli effetti biologici dei campi elettromagnetici, “il paradosso più grave è che questa legge (che fu il decreto n.381 del 1998) escludeva dal suddetto limite di esposizione gli apparati mobili, cioè i telefoni cellulari, che successivamente furono classificati attraverso un sistema molto

complicato che è quello del SAR, fissato per l'Europa in 2 W/kg, e che viene autocertificato dalle case che producono i telefoni cellulari. Per ottenere dentro il manichino usato per stabilire il SAR i 2 W/kg, bisogna emettere da fuori un campo di 307 V/m. Quindi, dire che un telefono cellulare rispetta la normativa di 2 W/kg, è come dargli una licenza d'uso a 307 V/m. Perciò, è un'assoluta assurdità!”.

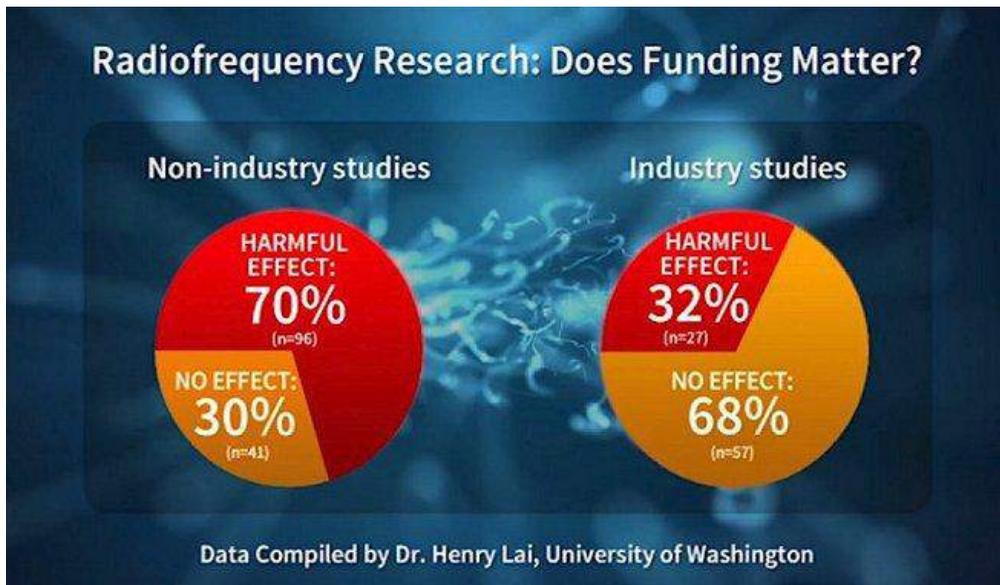
“L'OMS e l'ICNIRP”, spiega Marinelli “dicono: limite di legge 61 V/m. Il limite in Italia – che è uno dei valori più bassi a livello internazionale – è di 6 V/m. Ma gli studi indipendenti dicono che bisognerebbe scendere almeno a 0,6 V/m o a 0,2 V/m. Tuttavia il problema principale sono i telefoni cellulari, che sfuggono a questa limitazione. Inoltre, i limiti di legge sono stati ‘costruiti’ per gli effetti termici immediati, mentre invece irradiare una persona con 2 V/m praticamente per tutta la vita fa, molto probabilmente, un danno ben maggiore di quello causato dalla esposizione occasionale ai 6 V/m stabiliti dalla legge”. Inoltre, come spiega Giuliani, “diversamente da quello che l'uomo della strada pensa, gli effetti delle radiofrequenze non dipendono solo dall'intensità delle emissioni, ma anche dalle loro forme d'onda, frequenza e fase”.

Non dobbiamo dimenticare poi che, nel 2011, la risoluzione n.1815 del Parlamento Europeo dà un'indicazione precisa, e dice “bisogna diminuire al massimo l'esposizione dei cittadini, perché ci sono delle evidenze di possibile danno”². Non solo, ma con le conoscenze attuali non dobbiamo più parlare di *principio di precauzione* – come si faceva alcuni anni fa quando non si sapevano moltissime delle cose di seguito esposte in questo libro, soprattutto relativamente agli effetti biologici e sanitari delle onde elettromagnetiche ad alta frequenza ed a bassa frequenza – bensì dobbiamo parlare di *principio di prevenzione*, perché oggi *sappiamo* che le onde elettromagnetiche sono dannose.

L'ultimo aspetto che va sottolineato è il conflitto di interessi potenziale che può influenzare pesantemente la conoscenza scientifica in questo delicatissimo settore. Il grafico a torta seguente – realizzato dal Dr. Henry Lai, dell'Università di Washington – mostra che, se gli studi scientifici non sono finanziati dall'industria, trovano effetti dei campi elettromagnetici a radiofrequenza per il 70% e non li trovano per il 30%. Viceversa, se gli studi sono finanziati dall'industria, trovano effetti solo per il 32% e non li trovano per il 68%. Questa è l'esplicitazione numerica del

paventato *conflitto di interessi*, cioè l'industria sembra favorire/finanziare pubblicazioni scientifiche che servano a “bilanciare” quelle ottenute da scienziati indipendenti o operanti nel settore pubblico.

Purtroppo, come osservato dal prof. Angelo Gino Levis, a cui si deve la storica sentenza del tribunale di Ivrea sulla relazione fra neurinoma e uso del cellulare ^{3,4}, “oggi una gran parte della scienza subisce un processo di ‘secolarizzazione’, cioè di immobilità. Certe posizioni ufficiali sono ferme da 60 anni, nonostante le conoscenze scientifiche sull’argomento siano enormemente progredite. Inoltre, quando si ha a che fare con un problema nel quale sono coinvolti interessi planetari – e oggi quelli delle tecnologie che comportano la produzione e l’utilizzo di campi elettromagnetici, come la generazione di elettricità e la telefonia mobile, superano quelli che in passato ha avuto l’industria automobilistica – i conflitti di interesse possono influenzare in maniera determinante le conoscenze scientifiche, la normale dialettica fra i ricercatori e, in ultima analisi, l’informazione che arriva al grande pubblico”.



L’esplicitazione numerica del conflitto di interessi nel settore della ricerca sugli effetti sanitari dei campi elettromagnetici a radiofrequenza.

Molti cittadini pensano che alcune Istituzioni pubbliche possano, nonostante tutto, proteggere il cittadino, ma potrebbe non essere proprio così. Infatti, la voglia di deregolamentare il settore con una varietà di norme e

di interpretazioni sempre più “larghe” delle stesse è stata ed è, in questo settore, più forte di quella di stabilire dei limiti di legge cautelativi e di farli in qualche modo rispettare. Inoltre, le leggi nazionali che regolano l’installazione delle nuove antenne sono state via via semplificate a favore degli operatori di telefonia. Le nuove normative sulle misurazioni, poi, sono tali che le ARPA non riescono a fare rilievi di routine con valore legale. Ed i Comuni non hanno più in mano strumenti legislativi efficaci per poter imporre qualcosa agli operatori. E quando l’ultimo baluardo rimasto è costituito – come in questo caso – solo da giornalisti e scienziati, allora situazione appare critica e preoccupante.

Già subito dopo l’approvazione della legge quadro in materia di esposizione ai campi elettromagnetici, è iniziato un percorso di progressivo allontanamento da parte istituzionale rispetto a posizioni di protezione e cautela, a discapito della tutela della salute. La parabola discendente corrisponde in qualche modo ad un progressivo allontanamento di Livio Giuliani, di certo non voluto da lui, dalla possibilità di intervenire direttamente con le prerogative che la legge comunque gli attribuiva come dirigente dell’Ispesl (Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza sul Lavoro), l’organo che aveva espresso l’atteggiamento più cautelativo nei confronti dei campi elettromagnetici. E infatti l’Ispesl è stato eliminato, o meglio accorpato nell’Inail, rendendolo di fatto “innocuo”⁵.

Come osservato in un Convegno “Stop 5G” dalla dr.ssa Fiorella Belpoggi, biologa e dirigente dell’Area ricerca del prestigioso Istituto Ramazzini di Bologna, “l’industria chimica e quella delle automobili non possono mettere sul mercato un prodotto senza aver prima fatto degli studi su se ci siano degli effetti sulla salute; alla telefonia mobile ciò non è mai stato chiesto. Anche tale industria, invece, dovrebbe essere obbligata a seguire un certo percorso, altrimenti sostenibilità e salute – parole di cui ci siamo riempiti la bocca in questi anni – vanno a ‘farsi friggere’”. Il problema, inoltre, è che in Italia, per guadagnare dalle licenze sulla concessione delle frequenze radio-televisive, lo Stato ha reso gli operatori e gestori di telefonia mobile, di fatto, dei concessionari privati di un servizio. Ed abbiamo visto con il “caso Autostrade” cosa ciò comporti nel caso si verifichi un “imprevisto” e si renda opportuna una revoca.

In questo libro, troverete un quadro completo e aggiornato delle evidenze scientifiche e scoprirete moltissime cose che non sapevate semplice-

mente perché, da una parte, non vi era interesse affinché voi ne veniste a conoscenza e, dall'altra, perché è solo guardando alla foresta nel suo complesso e non ai singoli alberi che si può realmente capire la portata e l'importanza di tali tematiche; il tutto raccontato così come emerge dalle ricerche degli ultimi anni, le quali stanno ribaltando completamente il rassicurante quadro di qualche anno fa, dando finalmente delle certezze che richiedono degli interventi a tutela della salute dei cittadini e della loro libertà. Come dice il già citato Marinelli in una slide che mostra nelle sue conferenze in giro per l'Italia, "irradiare una persona senza il suo consenso andrebbe considerato un crimine!".

Per facilitare la lettura anche alle persone che hanno poco tempo, ogni capitolo del libro è stato reso il più possibile "stand-alone", cioè indipendente dagli altri. Quindi potete scorrere l'indice e cominciare dal capitolo che più vi interessa e poi, se qualche altro argomento o approfondimento vi attira, proseguire la lettura, saltellando da un capitolo all'altro. Alla fine, probabilmente capirete che si tratta di temi così importanti e poco noti che ne leggerete almeno metà. D'altra parte, si tratta di preziose informazioni che ogni cittadino dovrebbe avere, per poter compiere le proprie scelte in maniera informata, esattamente come quando decidiamo di fumare oppure, al contrario, di non fumare per non mettere a rischio la nostra salute e quella dei nostri figli.

Il parallelo con il fumo non è casuale, e non solo per il lungo periodo di latenza fra esposizione e sviluppo del cancro. Tutti abbiamo visto delle radiografie con i danni che esso provoca ai polmoni. Ebbene, vari studi recenti hanno costantemente riportato un aumento della permeabilità della barriera emato-encefalica e un deterioramento cognitivo dopo l'esposizione a campi elettromagnetici a radiofrequenza, confermando i risultati pionieristici di Leif Salford e colleghi, che per primi dimostrarono come **l'esposizione dei ratti alle radiazioni dei telefoni cellulari causi nel giro di sole 2 ore dei "buchi"** – mostrati dall'immagine altrettanto iconica che potete trovare alla pagina seguente – in questa fondamentale barriera fra i vasi sanguigni ed il resto del cervello. Ciò permette l'accesso a sostanze chimiche tossiche nel cervello, e può in parte spiegare perché molte persone elettrosensibili siano affette anche dalla cosiddetta "Sensibilità Chimica Multipla" (MCS).



L'impressionante immagine dei "buchi" prodotti nella barriera emato-encefalica del cervello di un mammifero esposto per appena 2 ore alle radiazioni alla frequenza delle microonde emesse da un telefono cellulare. (Persson, Salford et al., 2012)

Infine, come risulterà chiaro dalla lettura del libro, è assai importante conoscere il livello di elettrosmog nel proprio ambiente di vita (casa e ufficio), e soprattutto l'intensità del campo prodotto dal proprio smartphone, dato che con il traffico dati attivo molti apparecchi emettono valori elevati di radiazioni h24, se non spenti. Vengono quindi illustrati semplici metodi con cui anche la casalinga di Voghera può fare da sé le misurazioni, che evidentemente *non* hanno valore legale, ma vi è un accenno alle linee guida professionali per rilevazioni più accurate. L'errore dichiarato degli strumenti consigliati è dell'ordine del 10%, e superiore per quelli analogici: sono quindi adatti sia per valutazioni relative sia per fornire una rapida valutazione preliminare dei valori assoluti.

Chi fosse interessato a saperne di più sugli argomenti trattati è invitato a consultare l'ampia bibliografia collocata alla fine del libro, ricca peraltro di pubblicazioni apparse proprio negli ultimi anni. Ma soprattutto, poiché quest'opera viene rilasciata sotto licenza *copyleft*, chiunque è libero di inviare il presente file pdf – anzi, è invitato a farlo! – a familiari, amici e colleghi, e può liberamente pubblicarlo e renderlo scaricabile tramite il proprio sito web o le proprie pagine social, al fine di diffondere il più rapidamente possibile la consapevolezza su questi temi. Per le citazioni dell'opera, scaricabile dal sito dell'AIE, si adotti la dicitura: "AA.VV., *5G, Cellulari, Wi-Fi: Un esperimento sulla salute di tutti*, 2019".

Come sarà evidente dal prosieguo della lettura, quest'opera è in realtà il frutto del lavoro, diretto o indiretto, di più persone, molte delle quali at-

tivamente impegnate nello studio degli effetti delle onde elettromagnetiche e/o nella divulgazione al grande pubblico di tali argomenti.

Nel momento dei ringraziamenti, quindi, non si può non sottolineare il rilevante contributo a questo saggio portato da scienziati esperti come Fiorenzo Marinelli (biologo, già ricercatore presso l'Istituto di Genetica Molecolare del CNR di Bologna, dove ha condotto per molti anni diverse ricerche sugli effetti biologici della radiofrequenza emessa dai telefoni cellulari, dai radar, dal Wi-Fi e da altri dispositivi mobili, pubblicate su riviste internazionali *peer-reviewed*). In questo libro sono citate alcune delle ricerche più significative svolte nella propria carriera, oltre che mostrate alcune slide tratte da sue conferenze divulgative (come pure da quelle del biologo Andrea Vornoli, dell'Istituto Ramazzini). Attualmente, Marinelli è ricercatore del Centro Interuniversitario di Ricerca per lo Sviluppo Sostenibile (CIRPS) dell'Università "La Sapienza" di Roma, e collabora pure, per nuovi studi, con l'Università dell'Insubria.

Un sentito ringraziamento va anche al dr. Mario Menichella (fisico, già Istituto Nazionale di Fisica Nucleare), per i 5 capitoli riguardanti le misurazioni dei campi elettromagnetici, a Maurizio Martucci, giornalista investigativo de *Il Fatto Quotidiano*, per il suo lavoro qui più volte citato, nonché – per la lettura critica del testo per le rispettive aree di competenza – al prof. Livio Giuliani (già dirigente dell'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro) ed a Fiorella Belpoggi (dirigente Area ricerca del Ramazzini). Si ringrazia, infine, per i suggerimenti forniti, Luigi Poderico (ingegnere elettronico, già dirigente presso un gestore di telefonia), Valerio Cinti (fisico, Centro ricerche Enel di Pisa), Paolo Orio (medico, presidente dell'Associazione Italiana Elettrosensibili).

Buona lettura!

CAPITOLO 1

INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO: COSA È DAVVERO?

Le attuali tecnologie sono diventate una fonte di onnipresente *inquinamento elettromagnetico*, o “elettrosmog”, generato dai campi elettromagnetici e dalla conseguente radiazione elettromagnetica. In molti casi, questo inquinamento è assai più forte di qualsiasi fonte naturale di campi elettromagnetici o radiazioni, quale ad esempio il Sole e le stelle. La Terra stessa, del resto, genera un campo magnetico naturale.

A questi campi elettromagnetici di origine naturale si sono sommati, con l’inizio dell’era industriale, quelli artificiali, strettamente connessi allo sviluppo scientifico e tecnologico; per esempio, nell’ambiente, quelli generati dagli elettrodotti, dagli impianti di telecomunicazione e dai telefoni cellulari. Anche all’interno degli ambienti domestici e lavorativi sono presenti campi elettromagnetici: tutti gli apparecchi alimentati con energia elettrica sono sorgenti di campi elettrici e magnetici.

Le comunicazioni wireless e radio, la trasmissione di energia o i dispositivi di uso quotidiano – come ad es. smartphone, tablet e computer portatili – ci espongono ogni giorno all’inquinamento elettromagnetico. Il danno causato da questo inquinamento è stato a lungo oggetto di discussione anche perché, come si può capire, vi sono elevati interessi in gioco; e ciò nonostante il fatto che i campi elettromagnetici siano stati da alcuni anni classificati ufficialmente come “possibili cancerogeni”.

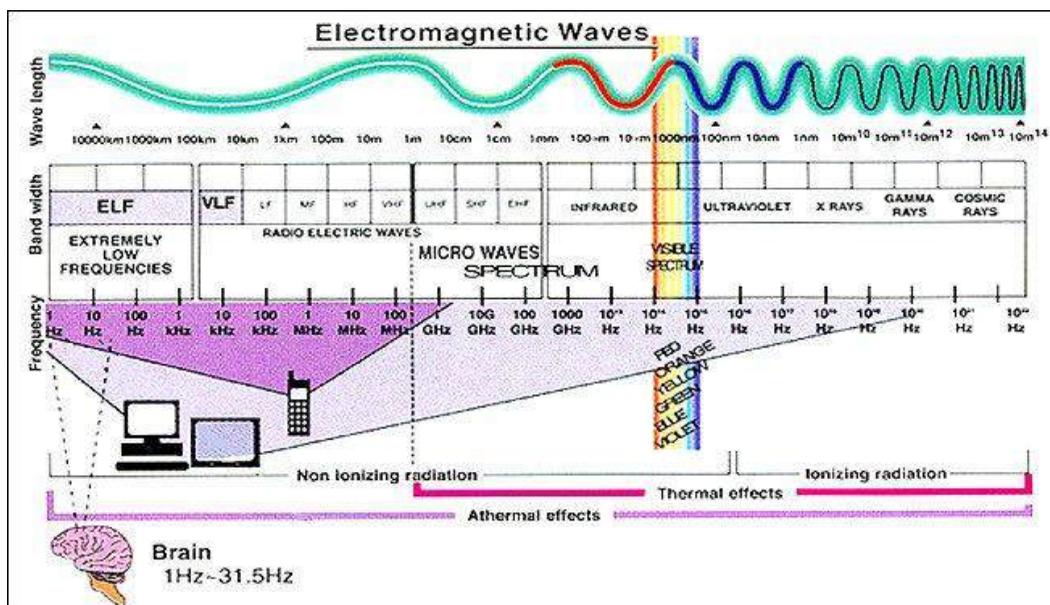
Lo spettro elettromagnetico e le radiazioni non ionizzanti

I campi elettromagnetici hanno origine dalle cariche elettriche e dal movimento delle cariche stesse (corrente elettrica). L’oscillazione delle cariche elettriche – ad es. in un’antenna o in un conduttore percorso da corrente – produce campi elettrici e magnetici che si propagano nello spazio sotto forma di onde elettromagnetiche. Le onde elettromagnetiche sono

caratterizzate dalla *frequenza*, che è il numero di oscillazioni compiute in 1 secondo dall'onda e si misura in cicli al secondo, o hertz (Hz).

Un campo elettromagnetico non è altro che un'alterazione naturale o artificiale di una porzione di spazio dal punto di vista elettromagnetico. Vi è una distinzione pressoché basilare fra campi elettromagnetici *ad alta frequenza* (10 kHz - 300 GHz), fra i quali rientrano ad esempio i campi generati dagli impianti radio-TV e di telefonia mobile, e campi *a bassa frequenza* (0 Hz - 10 kHz), fra i quali rientrano ad esempio i campi generati dagli elettrodotti, che emettono campi elettrici e magnetici a 50 Hz (in Italia, mentre sono 60 Hz negli Stati Uniti).

Questa distinzione è necessaria in quanto le caratteristiche dei campi in prossimità delle sorgenti variano al variare della frequenza di emissione, così come variano i meccanismi di interazione di tali campi con gli esseri viventi e quindi le possibili conseguenze per la salute. Lo spettro elettromagnetico rappresenta la classificazione di tutte le onde elettromagnetiche in base alla loro frequenza. Tale spettro può essere suddiviso in due parti: radiazioni “non-ionizzanti” e radiazioni “ionizzanti”.



Lo spettro delle radiazioni elettromagnetiche. Le radiazioni non-ionizzanti, presenti nella parte sinistra e centrale dello spettro, sono quelle responsabili dell'inquinamento elettromagnetico.

Le radiazioni *non-ionizzanti* comprendono le frequenze da 0 a 10^{15} Hz, fino alla luce visibile; l'energia da esse trasportata non è sufficiente a ionizzare gli atomi e a rompere i legami atomici, cioè a rimuovere un elettrone da un atomo o da una molecola. Le radiazioni *ionizzanti*, invece, coprono la parte dello spettro con frequenza maggiore a circa 10^{15} Hz (o 1000 THz), dalla luce ultravioletta ai raggi gamma; la loro energia è sufficiente a ionizzare gli atomi o le molecole ed a rompere i legami atomici.

All'interno dello spettro delle radiazioni non-ionizzanti, che sono quelle responsabili dell'inquinamento elettromagnetico, possiamo distinguere due importanti regioni: quella delle *radiofrequenze* (RF) che si estende da 10 KHz a 300 GHz; e un suo sottoinsieme, la regione delle *microonde*, che è quella compresa tra le gamme superiori delle onde radio e la radiazione infrarossa: ovvero, da una frequenza di circa 1 GHz, pari a 1000 MHz e corrispondente a una lunghezza d'onda di 30 cm, a circa 300 GHz.

SUDDIVISIONE DELLE FREQUENZE					
Abbreviazione	Gamma di frequenze		Lunghezza d'onda		Suddivisione metrica
			metri	metri	
ELF (onde extra lunghe)	0,1 Hz	3 KHz	1000.000	100.000	onde audiometriche
VLF (onde lunghissime)	3 KHz	30 KHz	100.000	10.000	onde miriametriche
LF (onde lunghe)	30 KHz	300 KHz	10.000	1.000	onde chilometriche
MF (onde medie)	300 KHz	3 Mhz	1.000	100	onde ettometriche
HF (onde corte)	3 Mhz	30 Mhz	100	10	onde decametriche
VHF (onde ultracorte)	30 Mhz	300 Mhz	10	1	onde metriche
UHF (microonde)	300 Mhz	3 Ghz	1	0,1	onde decimetriche
SHF (microonde)	3 Ghz	30 Ghz	0,1	0,01	onde centimetriche
EHF (microonde)	30 Ghz	300 Ghz	0,01	0,001	onde millimetriche

Nota: 1 KHz = 1000 Hz, 1 MHz = 1000 KHz e 1GHz = 1000 MHz

La suddivisione delle radiofrequenze. (fonte: www.radioamatore.info)

Le stazioni radio AM commerciali, in particolare, operano a frequenze comprese fra i 535 e i 1605 kHz (entro la banda HF), mentre le stazioni radio FM commerciali lavorano a frequenze più alte: il range varia da 88 a 108 MHz (dunque nella banda VHF, la stessa usata dalle forze dell'ordine). La TV digitale trasmette in VHF (da 55 a 210 MHz circa) e in UHF (fra 500 e 750 MHz circa). Invece, i ponti radio utilizzano frequenze di solito assai più alte, comprese fra i 2 GHz e gli 80 GHz, sostanzialmente come i radar ed i satelliti.

Banda	Frequenza	Principali impieghi
ELF	3–30 Hz	Comunicazione radio con i sottomarini, ispezione tubazioni, studio del campo magnetico terrestre
SLF	30–300 Hz	Comunicazione con i sottomarini, per es. la radio russa ZEVS
ULF	300–3000 Hz	Utilizzate per le comunicazioni in miniera
VLF	3–30 kHz	Marina, comunicazione con sommergibili in emersione
LF	30–300 kHz	Trasmissioni radio intercontinentali in AM
MF	300–3000 kHz	Trasmissioni radio in AM
HF	3–30 MHz	Radioamatori, Banda cittadina, trasmissioni intercontinentali in codice Morse
VHF	30–300 MHz	Radio commerciali in FM, Aviazione, Marina, Forze dell'ordine, Televisione, Radioamatori, Radiofari
UHF	300–3000 MHz	Radio PMR, Televisione, Telefonia cellulare, WLAN
SHF	3–30 GHz	Radar, Satelliti, WLAN
EHF	30–300 GHz	Trasmissioni satellitari e radioamatoriali

I principali impieghi delle onde radio nelle varie bande.

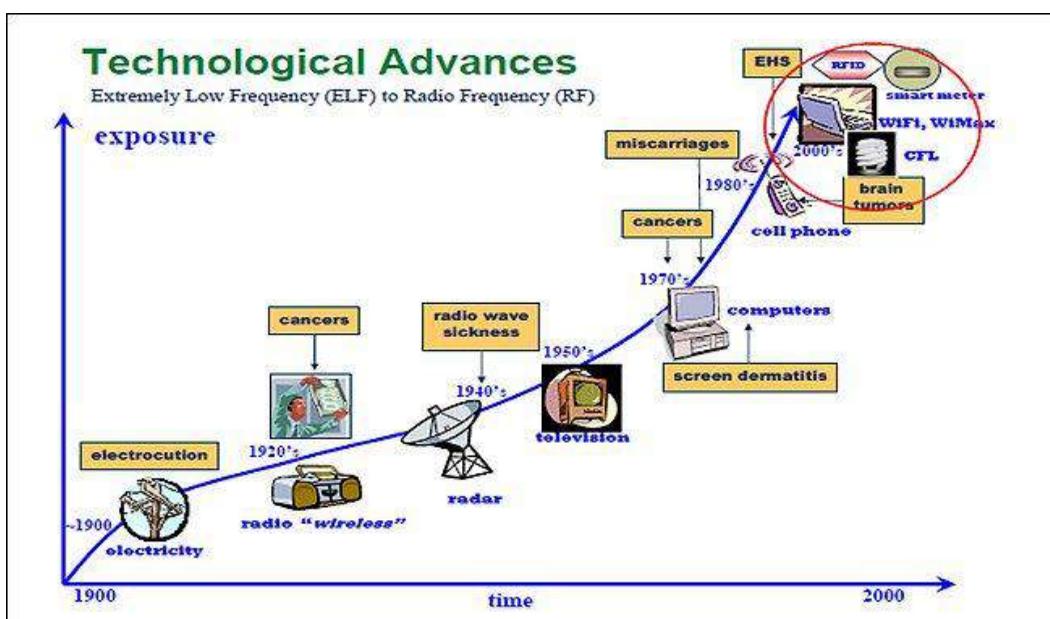
In Italia, i telefoni cellulari operano in bande a varie frequenze per comunicare con la stazione radio base: **800 MHz** (4G o LTE), **900 MHz** (2G/3G, o GSM-UMTS), **1,8 GHz** (2G/4G, o GSM-LTE), **2,1 GHz** (3G o UMTS), **2,6 GHz** (4G o LTE). Un router Wi-Fi come quelli presenti nelle nostre case, invece, opera – come del resto il protocollo di comunicazione senza fili noto come “bluetooth” – nella banda a **2,4 GHz** (la stessa di un forno a microonde, che lavora a 2,45 Ghz), ed i modelli di router più recenti anche a **5 GHz**.

Nell'autunno 2018, si è conclusa in Italia la prima fase dell'asta per l'assegnazione delle frequenze 5G, relative alla banda a **700 Mhz**, attualmente occupata dal segnale TV del digitale terrestre, e che dovrà essere liberata a partire dal 1° gennaio 2020 ed entro il 2022 (implicando il restringimento delle frequenze disponibili per il digitale terrestre e il passaggio di quest'ultimo al sistema Dvb-T2, cosa che richiederà peraltro la sostituzione dei “vecchi” televisori entro il 30 giugno 2022).

La banda a 700 MHz è la più interessante per i gestori della telefonia mobile poiché permette di raggiungere tutto il territorio italiano con la *banda ultralarga*, con una diffusione capillare della rete, ideale per i servizi dell'“Internet delle cose”. Restano invece ancora da assegnare i blocchi di frequenze per il 5G nelle bande a **3,7 GHz** ed a **26 GHz**. Si noti che la “torta” legata al 5G è stimata ammontare a 225 miliardi di euro di guadagni entro il 2025, per gli operatori privati di telefonia a livello mondiale, con solo “briciole” per i Governi nazionali.

La crescita esponenziale dell'inquinamento elettromagnetico

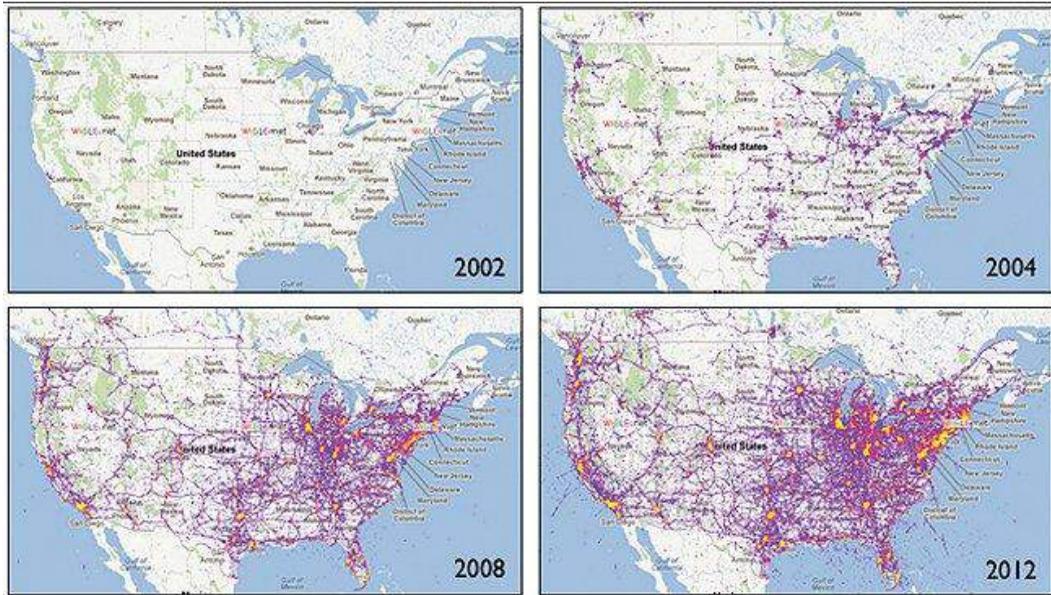
A partire dagli ultimi anni del Novecento, con l'avvento della tecnologia wireless – cioè, in pratica, dei cellulari, delle antenne di telefonia mobile, del Wi-Fi, etc. – il campo elettromagnetico di fondo al quale siamo esposti è cresciuto enormemente: la figura qui sotto, in particolare, mostra come l'esposizione ad esso sia aumentata in maniera esponenziale. Negli Stati Uniti, ad esempio, si è passati da circa 10 milioni di telefoni cellulari negli anni Novanta agli attuali quasi 300 milioni; in Italia, nel 1996 – cioè una ventina di anni fa – erano soltanto 4 milioni, mentre adesso ce ne sono più di 50 milioni, e 6,6 miliardi nel mondo.



L'aumento esponenziale dell'esposizione al campo elettromagnetico di fondo con l'avanzamento tecnologico degli ultimi 100 anni, e alcuni degli effetti sanitari a breve o a lungo termine associati. (fonte: E. Kelley)

Nella figura qui sotto vediamo, in particolare, come si siano diffusi rapidamente gli hot-spot Wi-Fi negli Stati Uniti dal 2002 al 2012. E stiamo parlando *soltanto* degli hotspot Wi-Fi. La nascita di questa grandissima macchia viola nella parte ovest degli USA è esattamente ciò che sta accadendo oggi in Europa e in Italia, dove stanno proliferando in maniera pressoché esponenziale il Wi-Fi, le stazioni radio base della telefonia mobile, i cellulari con le varie tecnologie 2G, 3G, 4G ed a breve anche

5G, etc. In più, l'Italia risulta al primo posto fra i Paesi d'Europa per l'utilizzo del telefonino (122 apparecchi ogni 100 abitanti).

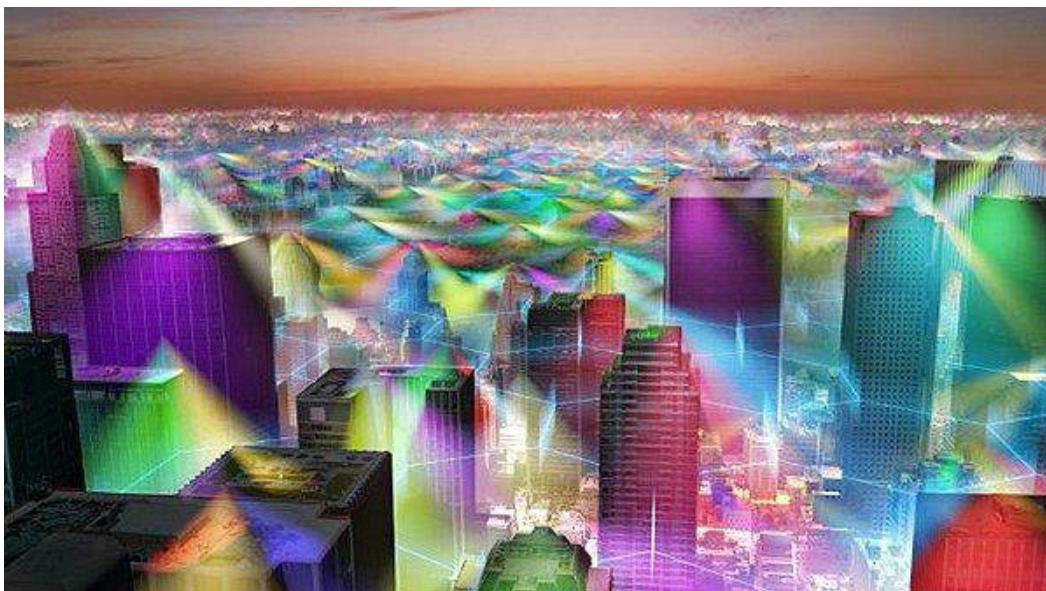


La crescita esponenziale degli hotspot Wi-Fi negli USA nell'arco di soli 10 anni.

In Italia abbiamo oltre 60.000 antenne di stazioni radio base della telefonia mobile e 24.000 hotspot Wi-Fi in spazi pubblici. L'immagine seguente rappresenta in modo molto paradigmatico come si potrebbe “vedere” il campo elettromagnetico nelle città con l'avvento della tecnologia 5G per l'“Internet delle cose”: infatti, le persone elettrosensibili lo sentono, ma le altre no. Come vediamo, per la densità di antenne previste e per la banda millimetrica usata, non ci sarà più un solo millimetro di spazio nel quale potremo dire di essere certi di non essere esposti ai campi elettromagnetici, con tutte le conseguenze del caso.

La situazione attuale non ha precedenti per la complessità e varietà delle frequenze modulate che trasportano le informazioni sempre più numerose che trasmettiamo sui nostri telefoni cellulari, smartphone e sistemi Wi-Fi. Questi campi elettromagnetici non sono stati testati nei loro effetti a lungo termine sugli esseri umani. Il neuroscienziato svedese Olle Johansson, che insegna al rinomato Istituto Karolinska di Stoccolma, dice che “la saturazione di massa nei campi elettromagnetici solleva terribili domande”. Ma da qualche anno cominciamo ad avere delle risposte, e come vedremo non sono affatto tranquillizzanti.

L'uomo ha impiegato milioni di anni per adattarsi al campo elettromagnetico naturale di fondo. Ma, negli ultimi vent'anni, gli abitanti dei Paesi industrializzati sono stati esposti a un "brodo" di radiazioni elettromagnetiche artificiali modulate e talvolta pulsate. Come può l'uomo adattarsi a un cambiamento così rapido? In particolare i bambini, per le loro caratteristiche anatomico-funzionali, hanno un grado di rischio di ammalarsi a causa delle alte e basse frequenze davvero elevato.



Un'immagine di come potrebbe apparire il campo elettromagnetico prodotto dalla rete 5G che si va progettando nel mondo se fosse visibile a occhio nudo.

Non stupisce, quindi, che Marshall e Wetherall abbiano trovato negli Stati Uniti un aumento esponenziale di autismo, ADHD (Disturbo da Deficit di attenzione e Iperattività), sindrome di stanchezza cronica e Alzheimer fin dal 1984, l'anno dell'installazione delle prime celle delle reti telefoniche che hanno iniziato a diffondersi attraverso dapprima in questo Paese d'Oltreoceano. Tale trend è aumentato ulteriormente con il passaggio dall'analogico (1G) al digitale (2G) nei primi anni '90. Come avrete capito, forse vale la pena di iniziare ad approfondire l'argomento degli effetti biologici e sanitari dei campi elettromagnetici.

Gli effetti sanitari delle alte e delle basse frequenze

I campi elettromagnetici che possono indurre una reazione nelle cellule

e/o nei delicati meccanismi elettromediati del nostro corpo – e dunque potenziali effetti sanitari – includono: (1) i campi elettrici e magnetici *a bassa frequenza* (ad es. quelli di elettrodotti, linee elettriche di casa, etc.); (2) le distorsioni *a media frequenza* dell'elettricità domestica (o “elettricità sporca”, ad es. quella prodotta dai sistemi a onda convogliata); (3) le onde radio *ad alta frequenza* (telefonia mobile, Wi-Fi, radio e TV, etc.).

Frequenze	Alcune sorgenti di elettrosmog
Basse	Elettrodotti (alta e media tensione), linee elettriche minori, etc.
Intermedie	Elettricità "sporca" d. rete domestica, lampadine fluorescenti, etc.
Alte	Emittenti radio-TV, telefonia mobile, Wi-Fi, cordless, etc.

Alcune sorgenti di elettrosmog associate ai tre principali intervalli di frequenze e.m.

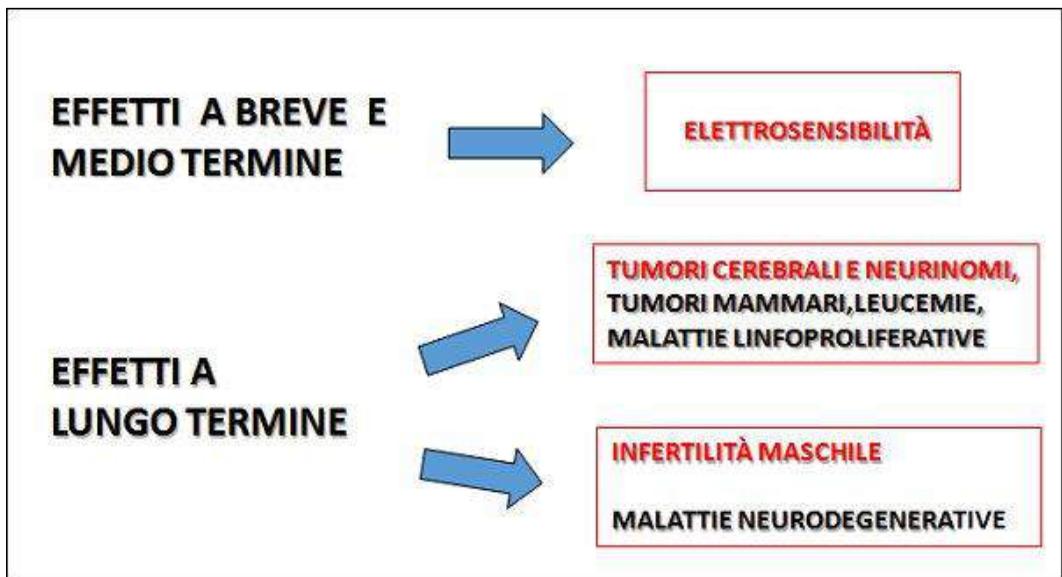
Uno dei maggiori esperti degli effetti biologici e sulla salute umana dei campi elettromagnetici è stato il fisico neozelandese Neil Cherry, un meta-analista che finché non è morto, nel 2003, ha studiato oltre 600 studi scientifici per capire quali fossero questi effetti. Nella sua carriera di meta-analista, egli trovò che tali campi causano rotture del DNA, aberrazioni cromosomiche, un aumento dell'attività oncogena nelle cellule, alterazioni dell'attività del cervello, alterazione della pressione sanguigna e aumento del cancro al cervello a livelli di intensità di campo molto bassi, assai più bassi di quelli consentiti dalla legge.

Trovò anche che essi hanno un impatto sulla ghiandola pineale nel cervello, provocando una riduzione della melatonina – una parte vitale di molti dei sistemi biochimici del corpo, compresa la mediazione di molte funzioni ormonali (incluso il controllo del peso) e un importante “spazzino” dei dannosi radicali liberi, il cui eccesso può innescare lo sviluppo di tumori. Cherry ha anche scoperto che le microonde possono aprire la cosiddetta “barriera emato-encefalica”, permettendo a prodotti chimici dannosi, virus e batteri l'ingresso nel cervello, il che può causare problemi come demenza e tumori cerebrali.

Questi risultati sono stati non soltanto replicati molte volte da allora, ma hanno dimostrato di essere profetici: cancro, leucemia, malattie cardiache, diabete, disturbi del sonno, demenza, guadagno o perdita di peso, indebolimento immunitario sistema, asma, allergie, artrite, nausea, me-

moria e concentrazione problemi, patologie neurologiche e depressione – sono tutte in forte aumento. Il dott. Cherry fu sorpreso di scoprire come molte delle ricerche pubblicate dimostrassero che – attraverso l'intero spettro elettromagnetico – il danno viene fatto al DNA cellulare, rendendolo genotossico e quindi questo semplice meccanismo potrebbe essere implicato nella formazione di tumori e di altre malattie.

In generale, i possibili effetti sanitari dell'esposizione alle onde elettromagnetiche sono di tre tipi: effetti *a breve termine* (1-elettrosensibilità) ed effetti *a lungo termine*, che includono (2) tumori e (3) altre patologie croniche (ad esempio, infertilità e malattie neurodegenerative). Naturalmente, diversi tipi di campi elettromagnetici e/o di radiazioni elettromagnetiche sono responsabili di diversi tipi di fenomeni che possono essere osservati come risultato dell'esposizione alle radiazioni.



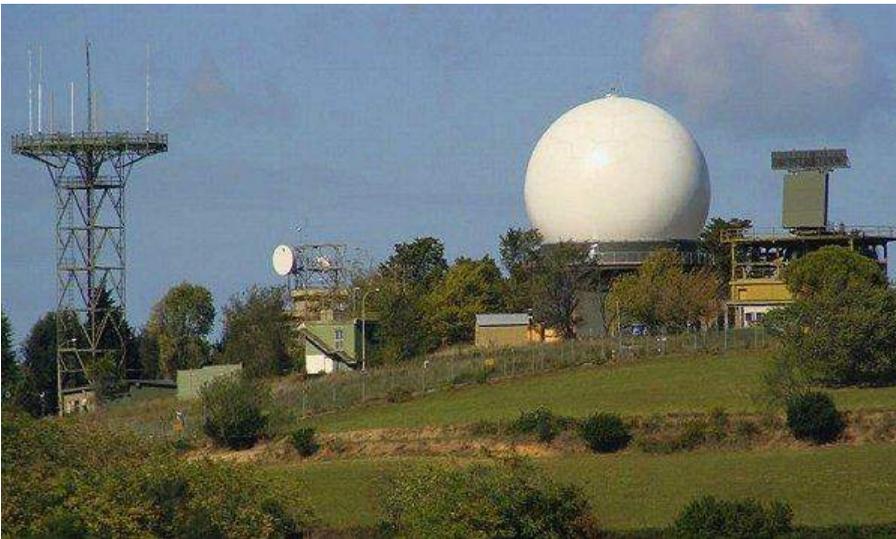
I tre principali tipi di effetti sanitari dell'esposizione alle onde elettromagnetiche.

Il numero di persone sofferenti di elettrosensibilità – o elettroipersensibilità (EHS), come si dice in gergo medico – è in notevole aumento in Europa e in particolare in Italia, e molte di loro presentano sintomi gravi o parzialmente invalidanti, anche se non sempre è facile diagnosticarla poiché i sintomi possono apparire in ritardo rispetto all'esposizione (v. Capitolo 8). Martin Pall, professore emerito di biochimica alla Washington State University (USA), ha spiegato le cause

biochimiche dell'elettrosensibilità, che è il risultato di reazioni avverse all'apparenza incomprensibili a un profano della materia.

In effetti, tutti gli esseri umani sono organismi elettrochimici. Il cervello, il cuore e l'intestino sono sistemi di organi attivati elettricamente e chimicamente, per non parlare dei canali ionici regolati dalla tensione presenti sulle membrane cellulari, in cui un segnale elettrico può far sì che delle sostanze chimiche entrino nella cellula modificandone la sua funzione. In quanto tali, siamo tutti potenzialmente "elettrosensibili". Di conseguenza, l'imminente diffusione della tecnologia 5G si presenta – già solo per la densità delle antenne prevista – come un "esperimento sulla salute di tutti noi" (v. Capitolo 11).

Pertanto, come sottoscritto nel 2013 da un gruppo internazionale di scienziati in un convegno su "Radar, radiofrequenze e rischi per la salute", "occorre tenere le fonti di radiofrequenza il più distante possibile dalle aree residenziali. Per le radiofrequenze pulsate – come radar e antenne WiMAX – la distanza dalle fonti elettromagnetiche dovrebbe essere anche maggiore, perché hanno maggiori effetti biologici dei segnali non pulsati. Inoltre, gli impianti Wi-Fi non dovrebbero venire posizionati nelle scuole e nelle aree pubbliche, perché questi emettono campi elettromagnetici con caratteristiche simili ai segnali pulsati".



Il discusso radar militare di Potenza Picena (Macerata).

Infine, l'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) ha classificato i campi elettromagnetici *a bassa frequenza* tra gli “agenti possibili cancerogeni per l'uomo” (gruppo 2B). Alcuni studi epidemiologici, infatti, hanno indicato che può esistere un collegamento tra esposizione a campi elettrici e magnetici a frequenza di rete (50 Hz) ed alcuni tipi di cancro, in primo luogo la leucemia ed il cancro al cervello, a partire da un determinato valore di campo magnetico (0,3-0,4 μ T). Altri studi non hanno trovato tale collegamento, ma ci sono stati interessanti sviluppi recenti sull'argomento (v. Capitolo 19). Perciò è giustificata l'applicazione del principio di precauzione e l'obiettivo di mantenere l'esposizione della popolazione e dei lavoratori ai più bassi livelli realizzabili.

Posizioni ufficiali sull'argomento e conflitti di interesse

L'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) ha, alcuni anni fa, classificato anche i campi elettromagnetici *a radiofrequenza* tra gli “agenti possibili cancerogeni per l'uomo” (gruppo 2B). Infatti, nel maggio 2011, la IARC – e alcuni anni dopo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) – hanno qualificato i campi elettromagnetici a radiofrequenza come possibile causa dell'aumento del rischio di sviluppare un tumore maligno del cervello, il glioma, che è principalmente associato all'uso di telefoni cellulari, come risulta sia dagli studi epidemiologici (v. Capitolo 10) sia da quelli compiuti sugli animali.

Dopo un decennio di utilizzo del cellulare, il rischio di ottenere un tumore al cervello sale fino al 40% per gli adulti. Addirittura, uno studio indipendente condotto da scienziati in Svezia ha concluso che le persone che hanno iniziato a usare un telefonino prima dei 20 anni avevano una probabilità cinque volte maggiore di sviluppare un tumore al cervello. Inoltre, secondo uno studio pubblicato sull'*International Journal of Cancer Prevention*, le persone che vivono per più di un decennio molto vicino a una torre di telefonia cellulare possono sperimentare un aumento finanche di quattro volte delle percentuali di cancro.

La decisione (peraltro possibilista) della IARC è stata presa – e fra poco non sarà difficile capire il perché – solo a seguito di molteplici avvertimenti, principalmente da parte dei regolatori europei, sui possibili rischi per la salute dei campi elettromagnetici. Già nel settembre 2007 il principale osservatore ambientale europeo, ovvero l'Agenzia Europea per

l'Ambiente, aveva suggerito che “l'esposizione massiccia non regolamentata degli esseri umani alle radiazioni a radiofrequenza diffuse potrebbe portare a una crisi sanitaria simile a quella causata dall'amianto, dal fumo e dal piombo nella benzina”.

Lo stesso anno, il Ministero dell'ambiente tedesco aveva individuato i pericoli dei campi elettromagnetici a radiofrequenza (nella regione delle microonde) utilizzati nei sistemi Wi-Fi, osservando che le persone dovrebbero mantenere l'esposizione al Wi-Fi “la più bassa possibile” e invece scegliere “connessioni cablate”. Nel 2008, la Francia ha emesso un avvertimento nazionale per la salute contro l'eccessivo uso del cellulare e, un anno dopo, ha annunciato il divieto della pubblicità di telefoni cellulari per bambini di età inferiore ai 12 anni.

Negli Stati Uniti, l'organizzazione di lobbying dell'industria dei telefoni cellulari, la “CTIA-The Wireless Association”, assicura al pubblico che le radiazioni dei telefoni cellulari sono sicure, citando studi – molti dei quali finanziati dall'industria delle telecomunicazioni – che non mostrano alcun rischio. Ma le meta-analisi di centinaia di studi sull'argomento, pubblicate su riviste *peer-reviewed*, suggeriscono che i finanziamenti del settore tendono a distorcere i risultati. Secondo un articolo di rassegna di Henry Lai, un ricercatore dell'Università di Washington, solo il 28% degli studi finanziati dall'industria wireless ha mostrato un qualche tipo di effetto biologico dalle radiazioni dei telefoni cellulari.

Nel frattempo, gli studi finanziati in modo indipendente producono un insieme di dati completamente diversi: il 67% di quegli studi ha mostrato un bioeffetto. La *Safe Wireless Initiative*, un gruppo di ricerca sito a Washington, che da allora ha scaricato e decompresso i dati di centinaia di studi sui rischi per la salute wireless, classificandoli in base alla fonte di finanziamento ha osservato: “I nostri dati mostrano che il lavoro finanziato / influenzato dal settore della telefonia mobile ha sei volte più probabilità di non trovare nessun problema rispetto al lavoro finanziato in modo indipendente. L'industria ha quindi contaminato significativamente l'insieme di prove scientifiche”.

Già nel 2003 la trasmissione *Report* di Rai 3 aveva evidenziato i conflitti di interesse di molti degli autori degli studi “negazionisti” sul nesso di causa tumori-telefonia, legame illustrato ancor meglio nella puntata del

27/11/2018. E, come spiega il giornalista d'inchiesta Maurizio Martucci in un suo recente libro, “lo studio che viene usato come testa d'ariete contro chi suggerisce un approccio precauzionale” è lo studio *Interphone*, che ha coinvolto 13 Paesi ma che, “oltre ad essere stato finanziato per il 30% dalle maggiori compagnie di telefonia mondiale, contiene clamorose distorsioni ed errori sia nella progettazione che nell'esecuzione della ricerca”, molti dei quali evidenziati dallo stimato oncologo-epidemiologo svedese Lennart Hardell (Carlberg e Hardell, 2017).

Format: Abstract ▾ Send to ▾

[Int J Oncol. 2017 Aug;51\(2\):405-413. doi: 10.3892/ijo.2017.4046. Epub 2017 Jun 21.](#)

World Health Organization, radiofrequency radiation and health - a hard nut to crack (Review).

[Hardell L¹](#)

⊕ Author information

Abstract

In May 2011 the International Agency for Research on Cancer (IARC) evaluated cancer risks from radiofrequency (RF) radiation. Human epidemiological studies gave evidence of increased risk for glioma and acoustic neuroma. RF radiation was classified as Group 2B, a possible human carcinogen. Further epidemiological, animal and mechanistic studies have strengthened the association. In spite of this, in most countries little or nothing has been done to reduce exposure and educate people on health hazards from RF radiation. On the contrary ambient levels have increased. In 2014 the WHO launched a draft of a Monograph on RF fields and health for public comments. It turned out that five of the six members of the Core Group in charge of the draft are affiliated with International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), an industry loyal NGO, and thus have a serious conflict of interest. Just as by ICNIRP, evaluation of non-thermal biological effects from RF radiation are dismissed as scientific evidence of adverse health effects in the Monograph. This has provoked many comments sent to the WHO. However, at a meeting on March 3, 2017 at the WHO Geneva office it was stated that the WHO has no intention to change the Core Group.

PMID: 28866257 PMCID: [PMC5504884](#) DOI: [10.3892/ijo.2017.4046](#)

(Indexed for MEDLINE) [Free PMC Article](#)

L'abstract di uno dei due esemplari articoli in cui lo stimato scienziato Lennart Hardell spiega i conflitti di interesse del “sistema”.

Infine, come spiega Hardell, “i due organismi internazionali che fissano le linee guida sull'esposizione per i lavoratori e per il pubblico generale – ovvero la Commissione internazionale per la Protezione dalle radiazioni non ionizzanti (ICNIRP) e l'Istituto di Ingegneri Elettrici ed Elettronici (IEEE) – sono, la prima, un'organizzazione privata (ONG) con sede in Germania che seleziona i propri membri e la sua fonte di finanziamento è non dichiarata; la seconda, invece, è la federazione di ingegneri più potente del mondo. I suoi membri sono (o sono stati) impiegati in aziende o organizzazioni che sono produttori o utenti di tecnologie che dipendono dalle radiazioni elettromagnetiche, come ad esempio le società elettriche, l'industria delle telecomunicazioni e le organizzazioni militari”.

CAPITOLO 2

LE FONTI ESTERNE DI INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO

Oggi siamo esposti a una miriade di fonti di inquinamento elettromagnetico di origine artificiale. Una prima classificazione può distinguerle in sorgenti *ambientali* e *personali*. Una migliore e più utile classificazione può distinguerle in tre tipi: (1) *outdoor*, o esterne agli edifici, in analogia alle sorgenti di inquinamento dell'aria; (2) *indoor*, o interne agli edifici, sempre in analogia alle sorgenti di inquinamento dell'aria; (3) *mobili*, come ad esempio i telefoni cellulari o altri dispositivi "mobile".

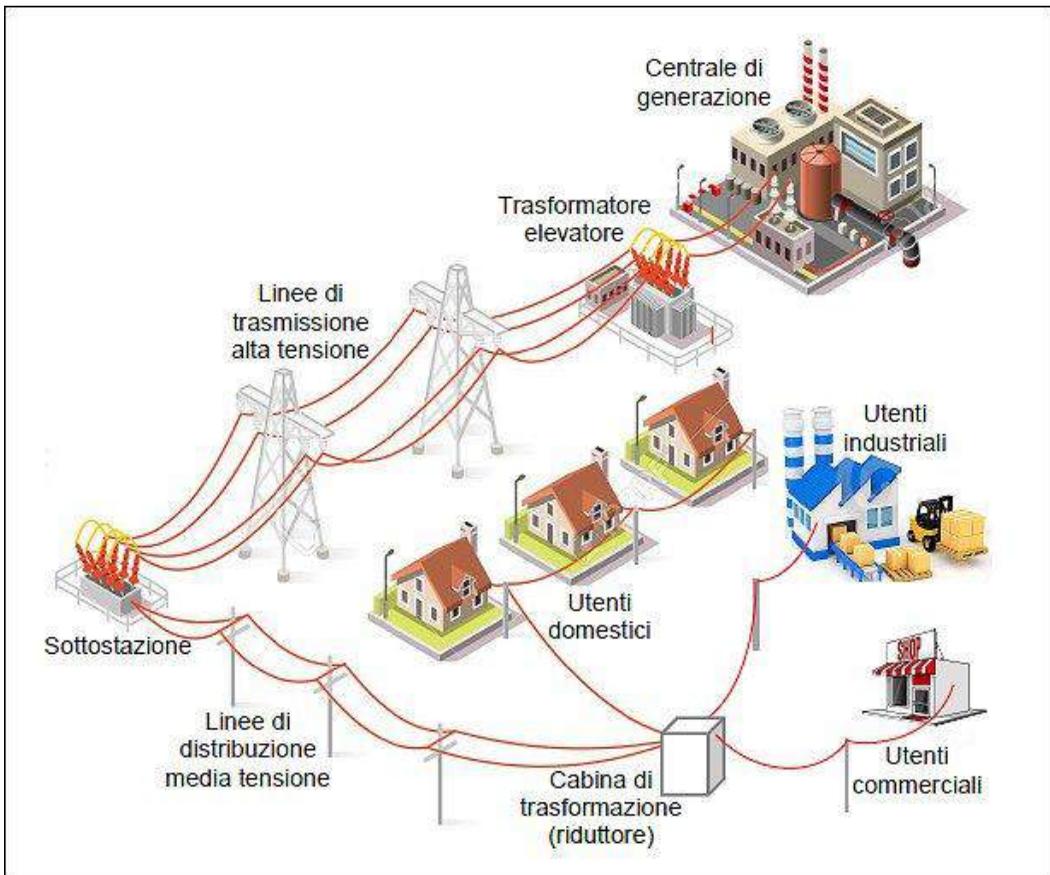
Le fonti di inquinamento elettromagnetico *outdoor* si distinguono, a loro volta, in: (a) sorgenti a *bassa frequenza* (elettrodotti, cabine di trasformazione, linee elettriche minori, che in Italia lavorano a 50 Hz); sorgenti a *radiofrequenza*, che comprendono una varietà di impianti di comunicazione *unidirezionali* (radio e televisione, radar) e *bidirezionali* (ponti radio e stazioni radio base della telefonia mobile), che lavorano a frequenze diverse ma comunque comprese nell'intervallo 10 kHz-300 GHz.

Vi sono poi le fonti di inquinamento *indoor*, come ad esempio quelle presenti nell'ambiente professionale (ad es. motori, trasformatori elettrici, etc.) o domestico (telefoni cordless, fornelli a induzione, forni a microonde, televisione, elettrodomestici e apparecchi elettronici vari, dai baby monitor alle lampadine a risparmio energetico), delle quali trattiamo in dettaglio in un altro articolo. Infine, vi sono le fonti di inquinamento *mobili*, che comprendono ad es. cellulari, smartphone, tablet, notebook, ma anche le autoradio (taxi, forze dell'ordine, ambulanze, etc.), etc.

Sorgenti di campi a bassa frequenza: gli elettrodotti

Le sorgenti di campi elettrici e magnetici a 50 Hz di maggior interesse per l'esposizione della popolazione generale sono le linee elettriche di alta e media tensione e le cabine elettriche secondarie. Quando si parla di

elettrodotta, infatti, ci si riferisce alle *linee elettriche* (aeree e/o interrate), e alle relative *cabine di trasformazione*. Gli elettrodotti producono campi elettrici e magnetici lentamente variabili nel tempo, ed a tali frequenze il campo elettrico e quello magnetico sono disaccoppiati, per cui non vengono irradiati ed è più corretto parlare di campi elettrici e magnetici, appunto, piuttosto che di campi elettromagnetici.



Schema tipico della distribuzione di energia. (fonte: ENEA)

Le caratteristiche principali di un **elettrodotta** sono la *tensione di esercizio* (espressa in V o kV) e la *corrente elettrica trasportata* (espressa in A). Le linee elettriche, deputate al trasporto e distribuzione dell'energia elettrica, in Italia si suddividono, a seconda della tensione, in:

- Altissima Tensione (AAT): 380 kV, 220 kV
- Alta Tensione (AT): da 40 kV a 150 kV (ad es. 132 kV)
- Media Tensione (MT): da 1 kV a 40 kV (ad es. 15 kV)

- Bassa Tensione (BT): 230 V (monofase) e 400 V (trifase)

Le **cabine elettriche**, invece, in Italia si distinguono in:

- *Stazione di trasformazione*: smista le linee di alta tensione, collega le linee elettriche con la centrale di produzione, trasforma la tensione da altissima ad alta, in pratica da 380 kV o 220 kV a 132 kV;
- *Cabina primaria*: esegue la trasformazione da Alta Tensione a Media Tensione, in pratica trasforma la tensione da 132 kV (alta tensione) a 15 kV (media tensione);
- *Cabina secondaria*: esegue la trasformazione da Media Tensione a Bassa Tensione, in pratica trasforma la tensione da 15 kV (media tensione) a 380 V o 220 V (bassa tensione).

Il complesso delle linee elettriche di trasmissione ad Alta ed Altissima Tensione (AT e AAT) e delle stazioni primarie sull'intero territorio nazionale è denominato “Rete di Trasmissione Nazionale” (RTN) ed è gestito da un unico Ente Gestore, che è TERNA S.p.A. La Rete di Trasmissione Nazionale costituisce l'ossatura principale della rete elettrica nazionale e svolge il ruolo di interconnessione degli impianti di produzione nazionale e di collegamento con la rete elettrica internazionale.

Sul territorio regionale, oltre alle linee e impianti appartenenti alla Rete di Trasmissione Nazionale, sono presenti anche altri elettrodotti ad alta tensione, oltre a quelli a Media e Bassa tensione (MT e BT), appartenenti ad altri proprietari: ENEL Distribuzione, Rete Ferroviaria Italiana (RFI), Aziende Municipalizzate, privati. Dunque, il panorama è variegato.



Una sottostazione elettrica ferroviaria con relativi tralicci.

In prossimità di un elettrodotto si generano un campo *elettrico* e un campo di *induzione magnetica*, cioè in pratica un campo magnetico. In particolare, il *campo elettrico* prodotto in un determinato punto, misurato in $\mathbf{V/m}$ (volt/metro), dipende dalla tensione della linea (aumenta all'aumentare della tensione) e dalla distanza dai conduttori (diminuisce all'aumentare della distanza). Dato che la tensione è fissa, anche i livelli di campo elettrico sono stabili in una data posizione spaziale, e presentano un massimo nella zona sottostante la linea aerea.

Il campo di induzione magnetica prodotto in un determinato punto, misurato in microtesla ($\mu\mathbf{T}$), dipende principalmente dalla corrente circolante (aumenta all'aumentare della corrente), dalla distanza dai conduttori (diminuisce all'aumentare della distanza), ma anche dalla loro disposizione spaziale e distanza reciproca. Dato che la corrente non è stabile nel tempo, ma varia al variare della richiesta di energia, ne consegue che anche l'induzione magnetica ha un'intensità variabile durante la giornata.

Sorgenti a radiofrequenza: gli impianti di comunicazione

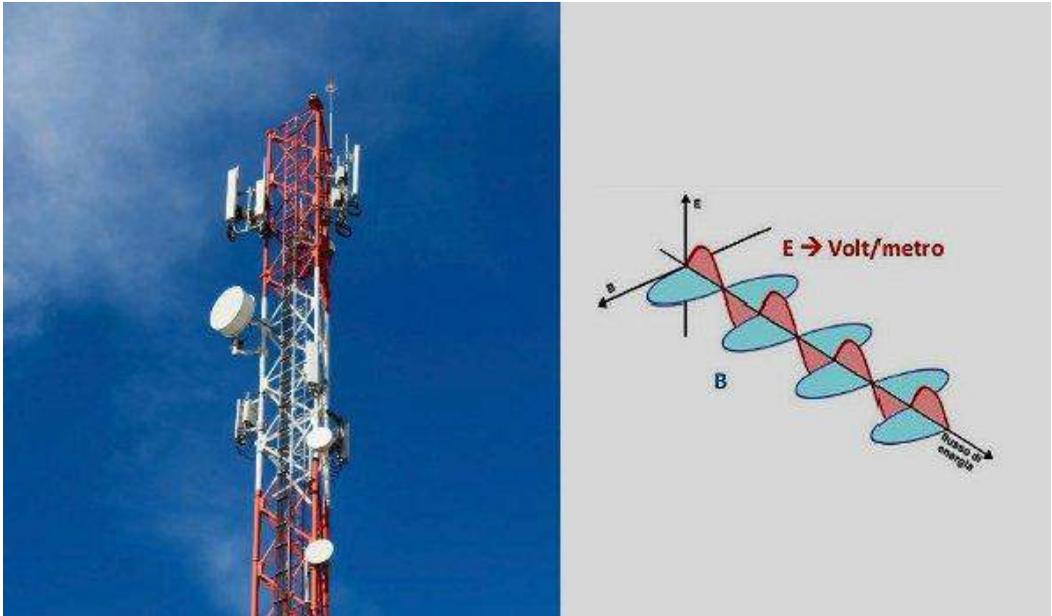
Un impianto di telecomunicazione comprende un sistema di antenne la cui funzione principale è trasmettere un segnale elettrico contenente un'informazione nello spazio aperto sotto forma di onda elettromagnetica. La trasmissione del segnale può essere:

- *unidirezionale* (**radio e televisione**): il dispositivo trasmittente invia il segnale che può essere rilevato da tutti gli apparecchi riceventi situati all'interno dell'area di copertura;
- *bidirezionale* (**radar, ponti radio, telefonia mobile, Wi-Fi**): ad es. le Stazioni Radio Base (SRB) ed i cellulari ricevono e trasmettono il segnale elettromagnetico in maniera bidirezionale.

La distribuzione del campo elettromagnetico nello spazio dipende, fondamentalmente, dalle caratteristiche radioelettriche della sorgente e dalla distanza dall'impianto. L'*intensità del campo* aumenta, inoltre, con l'altezza da terra, in quanto ci si avvicina al centro elettrico, punto di massimo irraggiamento delle antenne trasmittenti.

Per le sorgenti a radiofrequenza, nella maggioranza dei casi, campo elettrico e campo magnetico sono *proporzionali*, per cui per la misurazione

della loro intensità è sufficiente riferirsi al solo *campo elettrico*. Solo in alcune specifiche situazioni (per esempio in prossimità di impianti radio) è necessario misurare separatamente campo elettrico e campo magnetico.



Le onde elettromagnetiche emesse da una sorgente a radiofrequenza (RF).

Gli **impianti radiotelevisivi** hanno antenne spesso situate in punti elevati del territorio (colline o montagne) e possono coprire bacini di utenza che interessano anche diverse province. Le frequenze dell'onda portante usate dalla televisione tradizionale (analogica) andavano da 55 a 210 MHz circa (nella banda VHF, quindi), mentre oggi il digitale terrestre trasmette – su canali differenti a seconda delle regioni – oltre che nella citata banda VHF, soprattutto in UHF (fra 500 e 750 MHz circa).

Le stazioni radio AM commerciali operano a frequenze comprese fra i 535 e i 1605 kHz, mentre le stazioni radio FM commerciali lavorano a frequenze più alte: il loro range varia da 88 a 108 MHz (dunque nella banda VHF, la stessa usata dalle forze dell'ordine). Vi sono poi varie bande riservate ai radioamatori ed a vari servizi che cadono nel campo di frequenze VHF-UHF comprese tra i 26 e 900 MHz: ad es. la banda cittadina o “CB” attorno a 27 MHz usata dai camionisti, la banda aeronautica (118-136 MHz), la banda marina (156-157 MHz), la banda dedicata ad allarmi e vigilanza (465-470 MHz), etc.

ASSEGNAZIONE DI ALCUNE FREQUENZE VHF - UHF		
46-47 MHz	FM	Telefoni cordless vecchio tipo (base)
49-50 MHz	FM	Telefoni cordless vecchio tipo (terminale)
71-73 MHz	FM	Banda riservata ai Pompieri (ponti radio ?)
77-79 MHz	FM	Banda riservata alla Polizia (ponti radio ?)
118-136 MHz	AM/FM	Comunicazioni aerei <-> aeroporti
137-138 MHz	FSK	<u>Satelliti polari meteo</u>
147-151 MHz	FM	Banda riservata all' Esercito
153-155 MHz	FM	Banda riservata alla Guardia di finanza
156-157 MHz	FM	Banda marina navi; costa +4.6 MHz
160-170 MHz	FM	Servizi vari; (shift -4.6 MHz)
425-427 MHz	FM	Banda riservata ai Carabinieri
429-430 MHz	FM	Banda riservata alla Guardia di finanza (usata raramente)
436-450 MHz	FM	Servizi vari, telemetria, collegamenti fissi, ecc.
450-455 MHz	FM	Banda ex radiotelefoni-terminali (attualmente vuota)
455-460 MHz	FM	Servizi mobili vari, ingresso ponti radio
460-465 MHz	FM	Banda ex radiotelefoni-basi (attualmente vuota)
465-470 MHz	FM	Allarmi, vigilanza, pagers, ecc.
925.012,5-940.000 MHz	FM	Telefoni cellulari etacs base (shift -45 MHz)
959.012,5-960.000 MHz	FM	Telefoni cordless base (shift -45 MHz)

Assegnazione di alcune frequenze radio VHF-UHF (fonte: www.radioamatore.info)

La potenza in antenna degli impianti radiotelevisivi, specialmente per gli impianti radio, può raggiungere valori elevati (fino a qualche centinaio di chilowatt) ed a ridosso dei tralicci l'intensità di campo elettrico al suolo può raggiungere valori dell'ordine delle decine di volt/metro (V/m). Tuttavia la localizzazione di questi impianti, prevalentemente al di fuori dei centri abitati, agevola il rispetto delle soglie previste dalla normativa relativa all'esposizione della popolazione.

I **radar** sono usati principalmente per la sorveglianza dello spazio aereo a scopi civili e militari, e sono collocati solitamente negli aeroporti per il controllo del traffico a corto, medio e lungo raggio, sulle navi e sugli aerei, nonché in alcune installazioni militari. Ma vi sono anche radar meteorologici per la rilevazione delle idrometeore e delle turbolenze in tempo reale su un territorio. Il radar è utilizzato pure per usi di polizia con la misura della velocità di autoveicoli e motoveicoli (autovelox).

Un radar, in generale, è costituito da una grande antenna parabolica rotante che spazza un fascio impulsivo di microonde a forma di ventaglio

attorno allo spazio che lo circonda, ricevendo dopo un certo tempo un eco dagli eventuali ostacoli incontrati. I radar per il controllo del traffico aereo a lungo raggio operano in banda L (1-2 GHz), quelli per il traffico a corto e medio raggio in banda S (2-4 GHz). I radar meteorologici e quelli multifunzionali navali operano di solito in banda C (4-8 GHz).

Le antenne del sistema radar militare MUOS di Niscemi, in Sicilia.



I **ponti radio**, invece, svolgono la funzione di collegamento fisso punto-punto e punto-multipunto, unidirezionale o bidirezionale fra 2 stazioni fisse; le antenne paraboliche di varia grandezza sono le più usate, sono fortemente direttive e utilizzano, per le trasmissioni, frequenze nel campo dei GHz (microonde). I livelli di potenza tipici di questo tipo di trasmissione sono dell'ordine del watt.

Poiché la propagazione delle onde elettromagnetiche a queste frequenze avviene in modo analogo a quella della luce, la trasmissione avviene in modo rettilineo. Le antenne dei ponti radio devono perciò essere a visibilità diretta, cioè l'una deve vedere l'altra, senza ostacoli in mezzo che intercetterebbero il fascio di onde interrompendo la trasmissione. Nonostante l'elevato impatto visivo dei ponti radio, l'alta direttività delle antenne e le basse potenze utilizzate rendono sostanzialmente trascurabili le esposizioni ad essi, salvo che ci si trovi nel fascio.

Le **Stazioni Radio Base** (SRB) per la telefonia cellulare sono costituite da antenne che trasmettono il segnale al telefono cellulare e da antenne

che ricevono il segnale trasmesso da quest'ultimo. Tali antenne possono essere installate su appositi pali o tralicci (spesso alti 25-30 m) oppure su edifici, in modo che il segnale venga irradiato su una porzione limitata di territorio, denominata *cella*.



Una tipica torre di una stazione radio base della telefonia mobile.

Si noi che, in alcune zone dei centri urbani, alle stazioni radio base di tipo tradizionale si affiancano le *microcelle*, sistemi a corto raggio che garantiscono la copertura del servizio nelle aree con maggior traffico telefonico. Sono sistemi caratterizzati da un minor impatto visivo rispetto alle normali stazioni radio base e dall'uso di potenze estremamente basse che permettono installazioni anche a pochi metri dal suolo (circa 3 metri), in genere sulla parete di edifici o all'interno di insegne o stazioni.

I livelli di emissione di onde elettromagnetiche di una specifica stazione radio base sono variabili e dipendono, oltre che dalle caratteristiche radioelettriche e dall'altezza del centro elettrico, anche dal numero di chiamate (traffico) e dalla difficoltà di ricezione del segnale da parte dell'utente. Le Stazioni Radio Base, tuttavia, sono gli impianti di telecomunicazione che, per la loro capillare diffusione nei centri abitati, generano maggiore preoccupazione tra i cittadini.

In verità, le modalità con cui le stazioni radio base irradiano i campi nell'area circostante (cella) e il fatto che la potenza utilizzata sia limitata per evitare interferenze dei segnali, fanno sì che oggi i livelli di campo

elettrico rimangono nella maggioranza dei casi contenuti (al suolo i valori misurati con l'attuale tecnologia che va dal 2G al 4G sono generalmente inferiori a 2 V/m), sebbene si possa prevedere un sensibile aumento con lo sviluppo della tecnologia 5G destinata all'"Internet delle cose".

Le frequenze utilizzate oggi dalle stazioni radio base sono comprese tra gli 800 MHz ed i 2600 MHz (mentre la tecnologia 5G lavorerà in Italia nelle bande a 700 MHz, a 3,7 GHz ed a 26 GHz), e le potenze in antenna possono variare tipicamente tra i 10 ed i 150 W. Le reti radiomobili diffuse in Italia sfruttano varie tecnologie, che *non* utilizzano le stesse bande di trasmissione.

Le reti in questione sono:

- **GSM:** è la rete di telefonia di tipo "2G", su cui passano i dati voce ed sms delle comunicazioni da mobile. Ad essa si sono in seguito affiancate, come vedremo, altre reti adatte ad es. per la messaggistica WhatsApp (3G e superiori) e/o LTE per la navigazione in banda larga (4G).
- **GPRS:** è una evoluzione del GSM che permette di inviare gli MMS. È anche considerata "2.5G". Con il GPRS è possibile collegarsi ad Internet. Ma è una connessione davvero molto lenta. Per dare un termine di paragone, la velocità massima di download del GPRS è di 57,6 kbit/s, ovvero la velocità dei vecchi modem analogici di casa (icona G nella barra di stato del vostro smartphone).
- **EDGE:** con questa connessione è possibile collegarsi ad Internet, ma si navigherà in modo "lento". Infatti, la velocità massima di download è di 500 kbit/s. È considerato "2.75G" (icona E nella barra di stato del vostro smartphone).
- **UMTS:** utilizza connessioni di tipo "3G" (icona 3G o U nella barra di stato del vostro smartphone). Il W-CDMA è il protocollo di trasmissione con cui è possibile collegarsi ad Internet e riuscire a navigare senza grossi problemi. La velocità massima di download è di circa 2 Mbit/s. Generalmente tutti i telefoni e gestori supportano questo tipo di navigazione.
- **HSDPA, HSUPA e HSPA+:** utilizzano connessioni di tipo "3.5G". Sono una evoluzione della connettività 3G e consentono

di navigare e scaricare dati in maniera abbastanza veloce. Le velocità massime in download variano: HSDPA e HSUPA hanno una velocità di 14.4 Mbit/s, l'HSPA+ 42,2 Mbit/s in download. Generalmente tutti i telefoni e gestori supportano questo tipo di navigazione (icone H per HSPA o H+ per HSPA+ nella barra di stato del vostro smartphone, ma in alcuni modelli può apparire l'icona 3.5G).

- **LTE:** utilizza connessioni di tipo “4G”. Si tratta di una connettività di tipo veloce (la cosiddetta *banda larga*) per download ed upload di dati. La velocità massima di download può arrivare a circa 330 Mbit/s e a circa 90 Mbit/s in upload. Per utilizzare l’LTE occorre avere un telefono compatibile (icona 4G nella barra di stato del vostro smartphone).

STANDARD di TRASMISSIONE	FREQUENZE UTILIZZATE nella Telefonia Mobile
2G (GSM, EDGE)	900 MHz (Banda 8) Banda principale - (Tutti gli Operatori Telefonici) 1800 MHz (Banda 3) (utilizzata in qualche caso nelle grandi città per il 2G/gsm)
3G (UMTS, H+)	2100 Mhz (Banda 1) Banda principale per sistema 3G - (Tutti gli Operatori telefonici) 900 Mhz (Banda 8) (3G in corso refarming con graduale con passaggio da GSM a 3G)- sistemi coesistenti
4G (LTE)	800 Mhz (Banda 20) (TIM, Wind/3, Vodafone) (principalmente in zone extracittadine e rurali) 1800 Mhz (Banda 3) (TIM, Vodafone, Wind/3) - nei grandi centri urbani - (attualmente...) 2600 Mhz (Banda 7) (Tutti gli Operatori telefonici) - nei grandi centri urbani/ Aeroporti /Centri Commerciali 2100 Mhz (Banda 1) (Vodafone) - nei grandi centri urbani - (attualmente a ROMA.. solo Vodafone)
4,5G	1500 MHz (Banda 1) solo per DownLink (multicarrier) - TIM (1452 - 1472 MHz) / Vodafone (1472 - 1492 MHz)

*Le frequenze utilizzate in telefonia dalle varie generazioni di rete: 2G, 3G, 4G, etc.
(fonte: www.eurweb.it)*

Si noti che il sistema LTE sta sostituendo il **Wi-Max** (3,4-3,6 GHz), una tecnologia di connessione a Internet senza fili alternativa all'ADSL, stabile e ad alta velocità, nata per consentire ad aziende e ad abitazioni (ad es. di campagna) coperte dal segnale di navigare a banda larga senza il tradizionale filo telefonico, utilizzando un modem interno. L’LTE lascia inal-

terate le bande di utilizzo e la tipologia di connessione, ma comporta un aumento della potenza irradiata (tipicamente alcune decine di watt), sensibilmente superiore a quello del Wi-Max.

Gli **hotspot Wi-Fi**, infine, permettono di collegare a Internet con collegamenti “wireless”, cioè senza fili, computer e altri dispositivi (portatili, tablet, cellulari), garantendo la copertura con tale segnale di aree pubbliche (più vaste rispetto a case ed uffici), come aeroporti, centri commerciali, piazze e luoghi turistici. Le antenne Wi-Fi usano frequenze radio (nelle bande a 2,4 e 5 GHz) e hanno dimensioni limitate, trasmettono in tutte le direzioni e ad una certa distanza, ma con una potenza limitata.

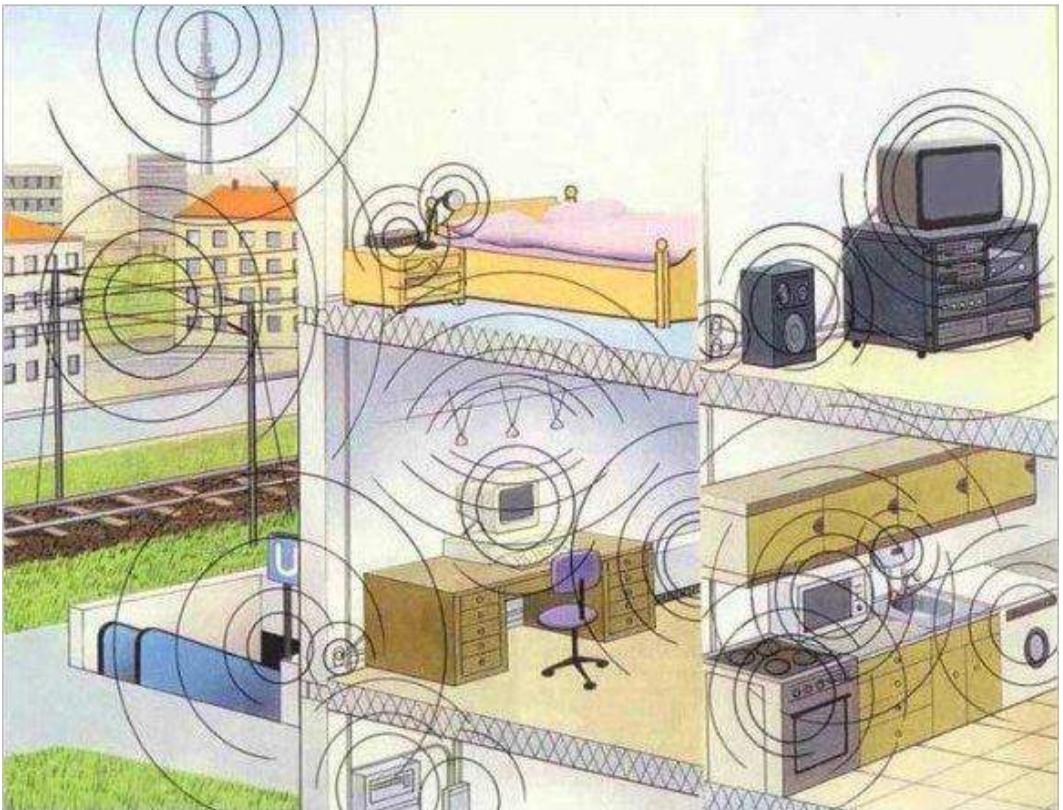
La normativa tecnica ETS 300-328-2 sui sistemi “Radio LAN”, infatti, impone di non irradiare con una potenza E.I.R.P. superiore ai 100 mW (equivalente a 20 dBm)¹. Per tale motivo su tutto il territorio dell'Unione Europea, ed anche in Italia, in locali aperti al pubblico o in aree confinate a frequentazione pubblica è vietato utilizzare antenne che abbiano un guadagno in trasmissione elevato (diciamo superiore ai 5 dBi), tale da portare la potenza trasmessa E.I.R.P. oltre i suddetti 100 mW.

Il **telefono cellulare**, essendo una sorgente mobile, non è propriamente considerabile una sorgente *outdoor*, ma di fatto lo diventa quando viene usato all'aperto; mentre, evidentemente, è una sorgente *indoor* quando viene usato in casa o in ambienti chiusi. Si tratta di un dispositivo a bassa potenza (0,2-2 W) che riceve e trasmette radiazione elettromagnetica; la potenza effettivamente emessa durante la trasmissione è variabile, perché dipende dalla “bontà” del segnale che riceve (e dunque dalla distanza dell'antenna della Stazione Radio Base più vicina, dalla schermatura operata dall'involucro di edifici e di veicoli, etc.). I telefoni cellulari sviluppano molta meno potenza rispetto alle Stazioni Radio Base ma, utilizzandoli, la testa dell'utente si trova quasi a contatto con l'antenna, quindi può essere sottoposta ad un assorbimento di potenza elevato.

CAPITOLO 3

SORGENTI *INDOOR* DI CAMPI E.M. A BASSA E ALTA FREQUENZA

Negli ambienti di vita e di lavoro, l'impianto elettrico stesso e tutti gli apparecchi alimentati con l'energia elettrica sono sorgenti di campi elettrici e magnetici *lentamente variabili* (ELF, o Extra Low Frequency) alla frequenza di rete (50 Hz). Il campo elettrico è prodotto negli ambienti domestici da qualunque dispositivo collegato alla presa elettrica, anche se non acceso. Il campo magnetico, invece, si produce solamente quando gli apparecchi vengono messi in funzione ed in essi circola corrente¹.



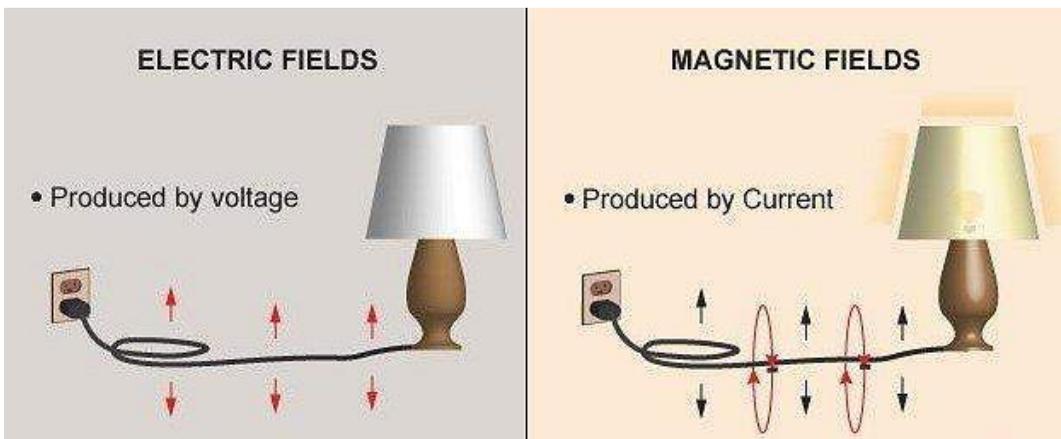
Le numerose sorgenti di campi elettromagnetici cui siamo esposti in casa.

Una tipica abitazione americana ha un livello di campo magnetico di fondo (lontano da dispositivi elettrici) a basse frequenze che varia da 0,05 a 0,4 μT , con un valore medio di 0,09 μT , mentre il campo magnetico medio di un’abitazione europea è di circa **0,07 μT** . Però, la maggior parte dei dispositivi elettrici presenti nelle case e negli uffici producono campi magnetici localizzati più elevati di quelli degli elettrodotti, sebbene in un raggio assai più limitato, dell’ordine di circa 1 metro. Per non parlare, poi, delle sorgenti a radiofrequenza, come ad es. i telefoni cordless DECT, i telefoni cellulari, i Wi-Fi ed i forni a microonde; e perfino di quelle meno note, come alcuni contatori elettronici “intelligenti” o i sistemi *powerline* per trasmettere Internet via cavo sulla rete elettrica di casa, che producono la cosiddetta “elettricità sporca”.

Quindi, come per l’aria, l’inquinamento elettromagnetico interno (*indoor*) – sia a bassa che ad alta frequenza – può in molti casi essere più rilevante di quello esterno (*outdoor*), esattamente come succede per l’inquinamento dell’aria. Del resto, tutti i giorni usiamo una gran quantità di elettrodomestici e di apparecchi elettrici, come la lavatrice, la lavastoviglie, il frigorifero, l’aspirapolvere, l’asciugacapelli, il televisore, il forno elettrico, il computer, i monitor, il ferro da stiro, le lampadine fluorescenti o a led, per non parlare di trasformatori, motori, trapani, rasoi elettrici, phon, ventilatori, pompe di calore, elettrodomestici o oggetti “smart”, cucine a induzione, sistemi di riscaldamento elettrico a pavimento, caricabatterie wireless per il cellulare, ricarica wireless dell’auto elettrica, etc.

Frequenza	Utilizzi indoor associati
50 Hz	Rete elettrica di casa
1 kHz-1 MHz	Alimentatori switching, inverter fotovoltaici
20 kHz-50 kHz	Lampadine fluorescenti compatte
466 MHz	Ricetrasmittenti LPD
700 MHz - 2600 MHz	Telefoni cellulari
908,42 MHz	Z-Wave (domotica)
1,9 GHz	Telefoni cordless (DECT)
2,4 GHz - 2,5 GHz	Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee (domotica)
2,45 GHz	Forni a microonde
5,15 GHz - 5,85 GHz	Router Wi-Fi dual-band, videocamere CCTV

Elettrodomestici e apparecchi elettrici o elettronici presenti in casa producono campi elettrici statici e campi elettromagnetici a *varie frequenze* che diminuiscono rapidamente all'aumentare della distanza. Gli elettrodomestici e gli apparecchi elettrici producono un *campo elettrico* anche quando sono spenti ma collegati con la spina. Producono un *campo magnetico* quando sono invece in funzione e vi passa attraverso una corrente. Questo campo magnetico, che risulta più intenso in prossimità dell'elettrodomestico e via via diminuisce quando ci si allontana, varia inoltre a seconda della potenza del trasformatore, del motore, della richiesta di energia e delle condizioni di funzionamento dell'apparecchiatura.



I campi elettrici e magnetici prodotti da un apparecchio elettrico.

Si noti che i valori di campo *elettrico* che si riscontrano in prossimità di apparecchi elettrici domestici sono *molto più bassi* di quelli che si registrano in prossimità di elettrodotti, i quali tuttavia – come tutti i campi elettrici a frequenze estremamente basse (ELF) – vengono assai ridotti in intensità da oggetti, quali edifici, alberi o veicoli. Al contrario, i campi *magnetici* che si registrano nelle strette vicinanze di apparecchiature elettriche sono spesso *più elevati* dei campi che si misurano direttamente al di sotto di un elettrodotto. Tuttavia, i campi magnetici generati da dispositivi elettrici decrescono in intensità con la distanza più rapidamente rispetto a quanto non accada per elettrodotti e linee elettriche.

Per ridurre l'esposizione a tali campi elettromagnetici, dunque, è sufficiente non stazionare a lungo a ridosso degli elettrodomestici funzionanti. Ad esempio, per evitare l'esposizione dallo schermo di un computer, è

sufficiente una distanza di 50 cm; per un forno microonde (che lavora a 2,45 GHz), sono sufficienti 30 cm distanza. Invece, nel caso delle cucine a induzione (che emettono radiazioni elettromagnetiche a frequenze dell'ordine di 24-40 kHz), è sufficiente mantenere una distanza di almeno 5-10 cm dal piano ad induzione per contenere l'esposizione al campo magnetico, a condizione di utilizzare pentole di materiale e dimensioni adeguate e corrispondenti alla misura della piastra, che deve essere del tutto coperta dal fondo del tegame; è inoltre importante posizionare le pentole al centro della piastra di cottura.

DISPOSITIVI DOMESTICI	MISURA A		
	3 cm (μ T)	20 cm (μ T)	30 cm (μ T)
Computer 	0,5 - 30	0,01	
Asciugacapelli 	6 - 2000	5	1,5
Lavatrice 	0,8 - 50	10	7,2
Frigorifero 	0,5 - 1,7	1	0,25
Lavastoviglie 	3,5 - 20	0,11	0,1
Televisore 	2,5 - 50	1	0,5

Valori indicativi dei campi magnetici generati da alcuni dispositivi domestici a varie distanze da essi. (fonte: ENEA)

Le principali sorgenti indoor a basse frequenze

Nella letteratura scientifica, le basse frequenze sono suddivise in due gamme principali, ovvero radiazioni a frequenza *estremamente bassa* (ELF), con frequenze fino a 300 Hz, e frequenza *intermedia* (IF), con frequenze comprese tra 300 Hz e 10 MHz. Un recente studio scientifico (Gajsek et al., 2016) ha mostrato che, nell'ambiente indoor, valori elevati del campo magnetico a frequenza estremamente bassa (ELF) sono stati misurati vicino a diversi elettrodomestici (fino alla gamma dei millitesla, un livello piuttosto elevato), alcuni dei quali sono tenuti vicino al corpo come, ad esempio, asciugacapelli e rasoi elettrici. Le comuni fonti di esposizione alle frequenze intermedie (IF) comprendono invece cucine ad induzione, lampadine fluorescenti compatte, sistemi di ricarica induttivi per auto elettriche e dispositivi di allarme o antitaccheggio.

TIPO DI RADIAZIONI	FREQUENZA	CHI LE PRODUCE
ELF (Extremely Low Frequency, campi a bassa frequenza)	fino a 300 Hz	Elettrodotti ed apparecchi elettrodomestici in genere
IF (Intermediate Frequency, campi frequenze intermedie)	300 Hz a 10 MHz	Monitor PC, dispositivi antitaccheggio, sistemi di allarme ecc...
RF (Radiofrequenze, campi ad alta frequenza)	10 MHz a 300 GHz	Ripetitori radio e tv, stazioni radio base per telefonia mobile, cellulari, forni a microonde ecc...

Le varie sorgenti di campi elettromagnetici alle varie frequenze. (fonte: ENEA)

Le sorgenti di campi a frequenze intermedie (IF) comprendono anche schermi per computer e televisori contenenti tubi catodici, giocattoli che includono motori elettrici, etc. I livelli di riferimento per l'esposizione del pubblico possono essere superati nelle immediate vicinanze di tali dispositivi. Alcune altre fonti di IF sono recentemente diventate estremamente comuni nelle case e altri dispositivi potrebbero presto seguirne l'esempio: pensiamo, ad esempio, agli apparecchi per la ricarica induttiva wireless

delle batterie dei telefoni cellulari. Anche vari componenti automobilistici producono campi magnetici a bassa frequenza (da pochi Hz a diversi kHz) nei cavi e nei componenti che conducono l'elettricità. Le auto ibride producono campi magnetici più potenti rispetto ai veicoli tradizionali dotati solo di motori a benzina o diesel.

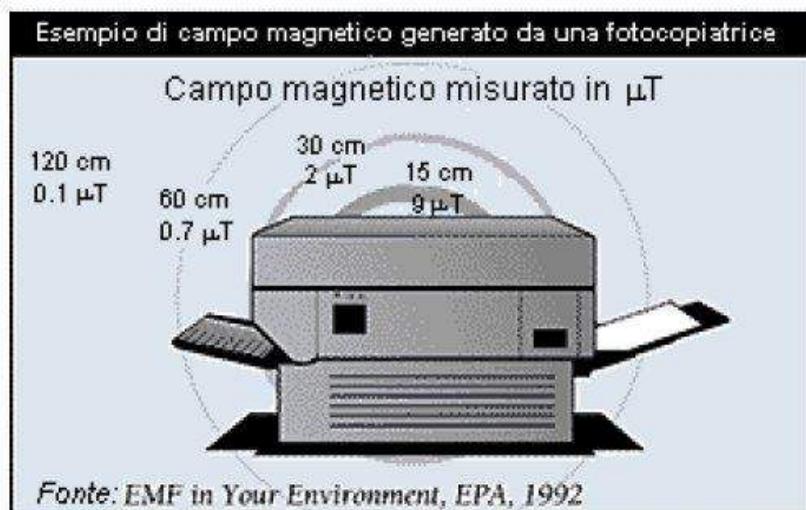
La tabella proposta di seguito riporta i valori tipici di campo magnetico a frequenza di rete generati da vari dispositivi elettrici, valori che si riscontrano normalmente nelle abitazioni e sui posti di lavoro. Ricordiamo infatti che ai campi magnetici sono associati effetti biologici importanti, non rilevati per i campi elettrici. Nella seguente tabella tutte le misure di campo magnetico sono espresse in μT . I valori di campo magnetico riportati nella tabella si riferiscono a misure effettuate negli Stati Uniti, dove i valori di frequenza di rete e di tensione sono di 60 Hz e 120 V.

Apparecchio	15 cm	30 cm	60 cm	120 cm
Asciugacapelli	0,1-70	0-7	0-1	0-0,1
Rasoio elettrico	0,4-60	0-10	0-1	0-0,1
Mixer da cucina	3-60	0,5-10	0-1	0
Lavastoviglie	1-10	0,6-3	0,2-0,7	0-0,1
Forno a microonde	10-30	0,1-20	0,1-3	0-2
Forno elettrico	0,4-2	0,1-0,5	0-0,1	0
Frigorifero	0-4	0,2-2	0-1	0-1
Tostapane	0,5-2	0-0,7	0	0
Ventilatore da soffitto	n.d.	0-5	0-0,6	0-0,1
Condizionatore	n.d.	0-2	0-0,6	0-0,4
Lavatrice	0,4-10	0,1-3	0-0,6	0
Ferro da stiro	0,6-2	0,1-0,3	0	0
Aspirapolvere	10-70	2-20	0,4-5	0-1
Orologio digitale	n.d.	0-0,8	0-0,5	0-0,3
Baby monitor	0,4-1,5	0-0,2	0	0
Lampada al neon	2-10	0-3	0-0,8	0
Caricabatterie	0,3-5	0,2-0,4	0	0
Trapano	10-20	2-4	3-6	0
Fotocopiatrice	0,4-20	0,2-4	0,1-1,3	0-0,4
Fax	0,4-0,9	0-3	0	0

Campo magnetico in μT di apparecchi vari (a 120 V e 60 Hz della rete USA).

Anche se i valori di frequenza di rete e di tensione applicati ai circuiti domestici negli Stati Uniti sono diversi rispetto a quelli utilizzati negli Stati Europei (frequenza = 50 Hz, tensione = 230 V), sempre per i circuiti domestici, è verosimile pensare che in Europa le stesse misure avrebbero portato a dei risultati solo leggermente diversi. La tabella riportata può dare quindi un'idea generale circa i livelli dei campi magnetici presenti nell'intorno di dispositivi elettrici di diverso tipo usati nelle case e negli uffici. Rimane in ogni caso di validità generale il comportamento dei campi magnetici, come ad es. l'andamento decrescente del campo all'aumentare della distanza dalla sorgente che lo genera.

Si vede che l'intensità dei campi magnetici non dipende da dimensioni, complessità, potenza o rumorosità dell'apparecchio che li genera. Le ragioni per cui ciò accade sono varie, e correlate alla funzione ed alla forma dell'apparecchio. L'illustrazione seguente riporta i valori di campo magnetico prodotti da termocoperte elettriche, sia quelle di tipo convenzionale, sia quelle più recenti PTC (*Positive Temperature Coefficient*) a bassa emissione di campo. La misura di campo è stata effettuata a distanza di 5 cm dalla superficie della coperta, distanza che approssima grossolanamente quella tra coperta ed organi interni di chi la utilizza. Sulla coperta i valori di intensità variano da punto a punto, in funzione della disposizione dei fili all'interno. Il grafico riflette questa caratteristica, e riporta sia i valori di picco che i valori medi.



Esempio di campo magnetico a varie distanze da un comune apparecchio d'ufficio.

Si noti che alcuni dispositivi producono sia campi a frequenza di rete (50 o 60 Hz), che a frequenze maggiori. Per esempio, i vecchi monitor di TV e computer producono campi a frequenze intermedie (10-30 kHz) oltre che a 50 Hz. In merito ai campi magnetici prodotti da monitor, il governo svedese ha a suo tempo emanato delle linee guida che raccomandano che i monitor producano campi magnetici di intensità non superiore a $0,25 \mu\text{T}$, ad una distanza di 50 cm dalla superficie del monitor. Gli Stati Uniti non hanno fissato raccomandazioni per i campi magnetici generati dai monitor. La raccomandazione governativa svedese è assunta *de facto* come valida per l'intera industria dei monitor nel mondo.

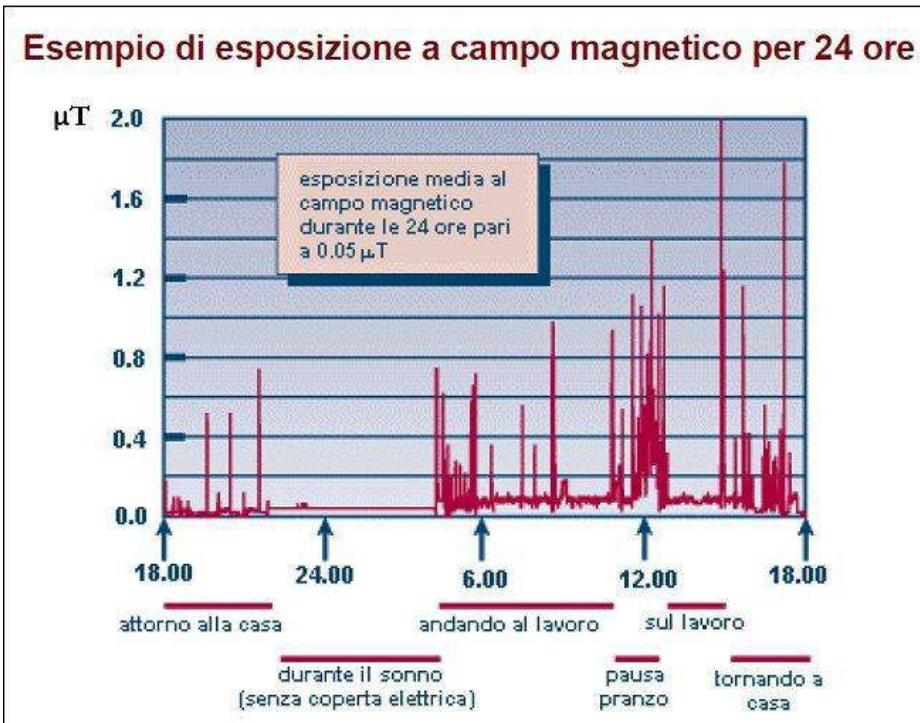
Solo pochi studi scientifici hanno affrontato l'esposizione del pubblico ai campi IF (cioè lampadine a risparmio energetico, cucine a induzione, sorveglianza elettronica degli articoli, etc.). I sistemi di sorveglianza elettronica degli articoli (EAS) sono assai usati per prevenire i furti in boutique, negozi, supermercati e biblioteche, ma i risultati di uno studio hanno mostrato che i livelli di riferimento nella maggior parte dei punti della loro griglia vengono superati. Bakos et al. (2010) hanno dimostrato che la massima intensità del campo elettrico nell'intervallo di frequenza 1,2-100 kHz in prossimità delle lampadine fluorescenti compatte era $> 42 \text{ V/m}$, e il valore più alto misurato è stato di 216 V/m . Al contrario, i relativi campi magnetici a bassa e media frequenza sono piccoli e non causano alcuna esposizione significativa.

La cosiddetta “elettricità sporca” è una radiazione indesiderata a media frequenza lungo la rete elettrica di casa o di ufficio. Questa scarsa qualità dell'alimentazione di rete è prodotta dal nostro sistema elettrico sovraccarico e obsoleto, o dalla stessa rete elettrica che ci fornisce elettricità contaminata da elettricità sporca o, ancora, da dispositivi che utilizziamo. L'elettricità sporca è particolarmente diffusa nelle nostre scuole e nei luoghi di lavoro, poiché i computer e le luci fluorescenti contribuiscono a creare livelli più elevati di elettricità sporca. In particolare, i sistemi *powerline* talvolta usati per trasmettere Internet via cavo sulla rete elettrica di casa producono elevati livelli di elettricità sporca.

I dati raccolti da misurazioni puntuali in ambienti esterni e interni non forniscono una visione sufficiente dei livelli di esposizione degli individui, che sono spesso esposti a più fonti allo stesso tempo e che si spostano frequentemente in una varietà di ambienti durante una giornata ti-

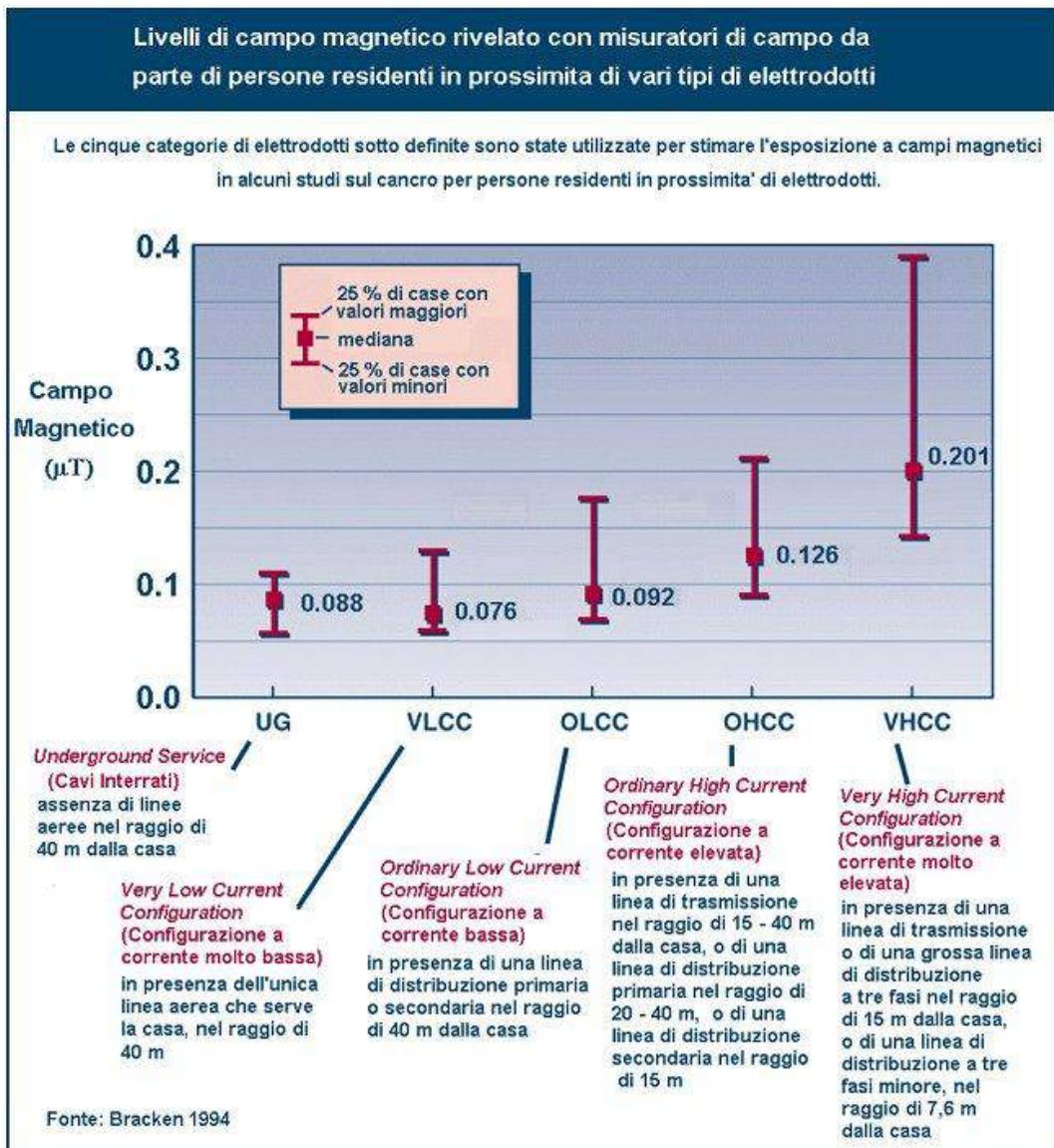
po. Catturare la vera esposizione ai campi a bassa frequenza vissuta da un individuo richiede che vengano effettuate misurazioni esplicite nel tempo e nello spazio, usando, ad es. esposimetri personali (detti anche “dosimetri”), che vengono indossati sul corpo e consentono di registrare l'esposizione a campi da tutte le fonti e in qualsiasi ambiente in cui l'individuo si trova. Poiché per tutti gli scopi pratici il corpo umano non perturba le ELF, il campo magnetico registrato può rappresentare una stima affidabile dei livelli di esposizione reali.

La figura qui sotto costituisce un esempio di dati acquisiti con un misuratore automatico dell'esposizione personale. Il campo magnetico è stato misurato ogni 24 secondi, su un periodo totale di 24 ore (il che permette di calcolare una media giornaliera). In questo caso, l'esposizione al campo nell'abitazione considerata era molto bassa. I picchi occasionali (rappresentativi di brevi esposizioni a campi elevati) si riferiscono infatti alle situazioni nelle quali la persona passava in prossimità di elettrodotti, o si avvicinava ad apparecchiature elettriche presenti in casa o in ufficio.



Esempio di esposizione ai campi magnetici per un periodo di 24 ore. Questa persona lavora in ufficio e vive in una casa con consumi di corrente molto bassi.

In alcuni studi sono stati utilizzati degli strumenti automatici per misurare l'esposizione umana ai campi magnetici a frequenza di rete. Tali studi tendono a mostrare che elettrodomestici e impianti elettrici indoor contribuiscono al livello (basso) di campo magnetico di fondo, al quale la maggior parte della popolazione è esposta. Il campo magnetico di fondo naturale – cioè in assenza di sorgenti artificiali – è di circa **0,02 μT** . Le persone domiciliate in prossimità di elettrodotti ad alta tensione sono generalmente assai più esposte. Tuttavia (v. figura qui sotto), si possono riscontrare situazioni molto dissimili tra loro, in abitazioni diverse.



Per il grande pubblico, i più alti campi magnetici ELF si trovano in prossimità di elettrodomestici e altri apparecchi elettrici di consumo, e questi campi possono raggiungere valori fino ad alcuni millitesla (mT). Tuttavia, questi campi elevati sono molto localizzati e sono limitati a distanze molto brevi (meno di qualche centimetro) dalla superficie dell'apparecchiatura. La massima esposizione possibile accanto a una fonte specifica spesso differisce di alcuni ordini di grandezza dalla media per l'esposizione individuale. Inoltre, i tempi di esposizione sono generalmente limitati anche per l'uso a breve termine. Le esposizioni più elevate ai campi magnetici nella gamma ELF si verificano durante l'uso di apparecchi elettrici che sono tenuti in stretta prossimità del corpo, come ad esempio l'uso di rasoi elettrici o asciugacapelli.

In un'indagine su 50 case nel Regno Unito (Preece et al., 1997), i campi magnetici a 50 Hz generati da 806 apparecchi domestici sono stati valutati a varie distanze dagli elettrodomestici. Le apparecchiature sono state misurate a distanze standard e i campi magnetici sono stati calcolati da un modello matematico a 100 e 50 cm per rimuovere i contributi di fondo della stanza. I campi generati da alcuni apparecchi erano superiori a $0,2 \mu\text{T}$ ad una distanza di 1 m: i fornelli a microonde producevano $0,37 \mu\text{T}$; lavatrici $0,27 \mu\text{T}$; lavastoviglie $0,23 \mu\text{T}$; alcune docce elettriche $0,11 \mu\text{T}$; e gli apriscatole hanno prodotto $0,2 \mu\text{T}$. Dei dispositivi in funzionamento continuo, invece, solo tre producevano campi da alcune decine di μT a una distanza di 50 cm: le pompe di riscaldamento centralizzate ($0,51 \mu\text{T}$), le caldaie per il riscaldamento centralizzato ($0,27 \mu\text{T}$) e le pompe d'aria per acquari ($0,32 \mu\text{T}$).

Più di 1000 apparecchi elettrici sono stati studiati in Austria per quanto riguarda le loro emissioni di campi magnetici. È stato rilevato che spettri di frequenza complessi misurati da 5 Hz a 2 kHz sono comuni e le emissioni di frequenza singola (cioè 50 Hz) sono rare. Di solito, i dispositivi emettono spettri di frequenza complessi, in particolare quelli con controllo dell'alimentazione a commutazione elettronica (utilizzata ad esempio nei moderni trasformatori *switching*) e/o con motori elettrici. In generale, tutti i trasformatori – in particolare quelli dei computer portatili, ma non solo – sono forti sorgenti (fino a circa $1 \mu\text{T}$) di tali campi. Tuttavia, sono le lampade fluorescenti compatte che producono campi elettrici IF molto più potenti di qualsiasi altro dispositivo o apparecchio preceden-

temente disponibile al pubblico.

In termini generali, secondo Gajsek et al. (2016) l'esposizione media ai campi magnetici a bassa frequenza del pubblico generale nei paesi europei è molto bassa, tra 0,01 e 0,1 μT . Circa lo 0,5% del pubblico generale è esposto per periodi più lunghi a livelli superiori a 0,2 μT dalle fonti fisse di campi ELF esterni (cioè linee elettriche ad alta tensione, e linee dei sistemi di trasporto). Un'elevata esposizione (fino a qualche μT) è stata misurata in appartamenti molto vicini a elettrodotti od a trasformatori di potenza. In termini di esposizione cumulativa, circa un terzo dell'esposizione totale vissuta da un individuo può essere attribuita all'uso di apparecchi elettrici personali. In ogni caso, si noti che le persone trascorrono in media circa 4,5 ore al giorno in cucina, dove si trovano le più forti fonti domestiche di campi magnetici.

Infine, recentemente, Tell et al. (2016) hanno condotto uno studio pilota per valutare i livelli di campo magnetico nei veicoli elettrici rispetto ai veicoli a benzina, che consideriamo *en passant* in questo capitolo in quanto i nostri veicoli si possono considerare una sorta di “estensione” della nostra casa. Hanno trovato che i campi magnetici andavano da 0,6 a 3,5 μT in 7 auto elettriche, rispetto a gli 0,4-0,6 μT in quattro auto a benzina.



Le auto ibride ed elettriche sono una importante sorgente di campi magnetici.

In uno studio svedese (Vedholm, 1996), la gamma di campi magnetici in un'auto ibrida con motore e climatizzatore acceso ma non in movimento è risultata pari a 0,03-2,4 μT . Nelle auto ibride in movimento, invece, per i campi magnetici a bassa frequenza (5 Hz-2 kHz) nel 33% delle auto sono stati misurati valori superiori a 2 μT e nel 25% delle auto i valori sono risultati essere superiori a 6 μT .

Le principali sorgenti indoor ad alte frequenze

Le misurazioni hanno dimostrato che, mentre la massima esposizione delle persone ai campi magnetici a bassa frequenza (50 hertz) si verifica vicino alle linee elettriche aeree e vicino alle apparecchiature con motori (come ad es. i rasoi) ed ai trasformatori di caricabatterie per laptop o telefoni cellulari, per i campi elettromagnetici a radiofrequenza (RF) l'uso personale di un telefono cellulare è il maggiore contributo all'esposizione, seguito dal contributo di persone che usano telefoni cellulari nell'area, da telefoni cordless DECT e da stazioni radio base per le telecomunicazioni mobili. Altre importanti sorgenti RF *indoor* sono i router Wi-Fi e tutti i dispositivi “smart”, compresi i contatori “intelligenti”.



Le numerose sorgenti indoor domestiche ad alte frequenze (RF/ microonde).

Il cordless è nato negli anni '80, ma nel giro di pochissimi anni siamo passati da telefoni cordless analogici a bassa potenza ad apparecchi ad alta potenza a frequenze elevate (in Italia, lavorano nella banda a 1,9 GHz) a radiazione pulsata DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunication). Un altro problema sono i livelli di radiazioni. In alcuni casi, la radiazione proveniente da una base di telefoni cordless DECT è superiore ai livelli di radiazione trovati vicino a una stazione radio base della telefonia cellulare. Il terzo problema è che la maggior parte dei telefoni cordless emette radiazioni dal telefono – così come dalla base – a piena potenza, anche quando il telefono non è in uso.

Table 1: 2.4 GHz cordless phone base station power density levels in the room

	US GIGASET (2.4 GHz)*	GERMANY GIGASET (DECT)**
Distance	DFHSS (Digital Frequency Hopping Spread Spectrum) digital pulsed 100 Hz frequency range 2450 MHz	DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunication) digital pulsed 100 Hz frequency range 1880 MHz
30 centimeter – 12.5"	673,000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	405,000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
50 centimeter – 19.8"	280,000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	146,000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
1 meter – 39.4"	72,000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	36,000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
2 meter – 78.8"	23,000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	9,100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$

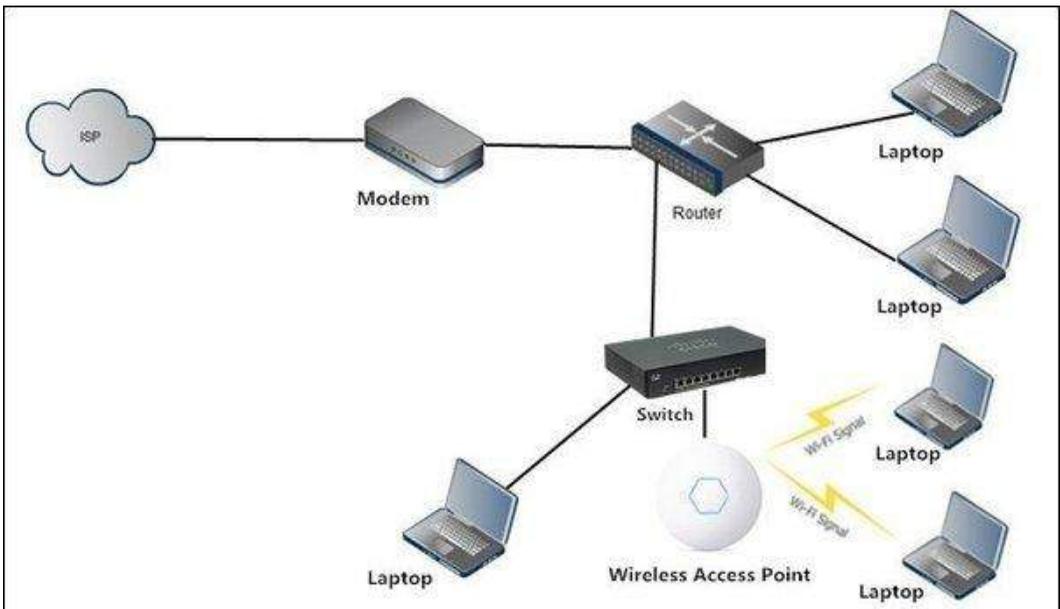
*this study. **OEKO-TEST 1996

Potenza emessa dalla base di ricarica di un cordless americano (che lavora a frequenza più alte e con diversa tecnologia) e di uno europeo (DECT).

Infatti, i telefoni cordless DECT, o con tecnologie molto simili, sono una tecnologia digitale operante nella gamma delle microonde e, diversamente da quel che pensano molte persone, irradiano anche quando

non si parla e sono riposti nella loro base – se anche una sola unità portatile è accesa – e d'altra parte non è possibile ricaricare questi telefoni senza che siano accesi. Perciò, le radiazioni da telefoni cordless contribuiscono in modo significativo ai livelli di elettrosmog domestici, irradiando per 24 ore tutto l'anno. I livelli di potenza riscontrati sono assai alti per una fonte *indoor* che emette in modo permanente. Un produttore, Gigaset, ha tuttavia un'impostazione “senza radiazioni”.

Ma vi sono anche altre importanti sorgenti a radiofrequenza indoor, in particolare il Wi-Fi, usato non solo dai router ma anche dai computer portatili e dai vari dispositivi di una moderna rete domotica domestica. Il *Wi-Fi* (abbreviazione di “Wireless Fidelity”) è il nome commerciale di una tecnologia – basata sullo standard IEEE 802.11 – che permette di distribuire la connettività *privatamente* all'interno di uffici o in aree di piccole dimensioni, oppure di garantire la copertura di aree *pubbliche* più vaste, come aeroporti, centri commerciali, piazze e luoghi turistici. Si parla, in tal caso, di reti Wi-Fi o di hotspot Wi-Fi.



Una tipica rete da ufficio con modem, router e access point Wi-Fi.

In pratica, si tratta di un sistema di comunicazione che utilizza onde elettromagnetiche a radiofrequenza che consente di collegare computer e altri dispositivi (come ad es. computer portatili, tablet, cellulari) tra di lo-

ro e con apparecchi periferici (ad es. stampanti, scanner, etc.) in una cosiddetta “rete locale senza fili” (*Wireless Local Area Network*, o W-LAN), cioè senza utilizzare cavi. Ciò può avvenire direttamente oppure tramite un *access point* (o un semplice *router Wi-Fi*) per navigare in Internet.

Un *router* è un dispositivo di rete che serve due funzioni principali: (1) collega più computer, telefoni, tablet o altri dispositivi per formare una rete locale gestita e (2) fornisce l'accesso a Internet a tutti i dispositivi compatibili collegati al router. Una rete locale (LAN) può essere configurata semplicemente installando un router e collegando uno o più dispositivi ad esso. I moderni router consentono agli utenti di collegare i dispositivi tramite cavi Ethernet o in modalità wireless (tramite Wi-Fi).

Un *access point*, o “punto di accesso”, è un dispositivo di rete wireless che funge da portale per i dispositivi per la connessione a una rete locale. I punti di accesso vengono utilizzati per estendere la copertura wireless di una rete esistente e per aumentare il numero di utenti che possono connettersi ad essa. Un cavo Ethernet ad alta velocità va da un router ad un punto di accesso, che trasforma il segnale cablato in uno wireless, cioè Wi-Fi, permettendo di stabilire collegamenti con i dispositivi finali.

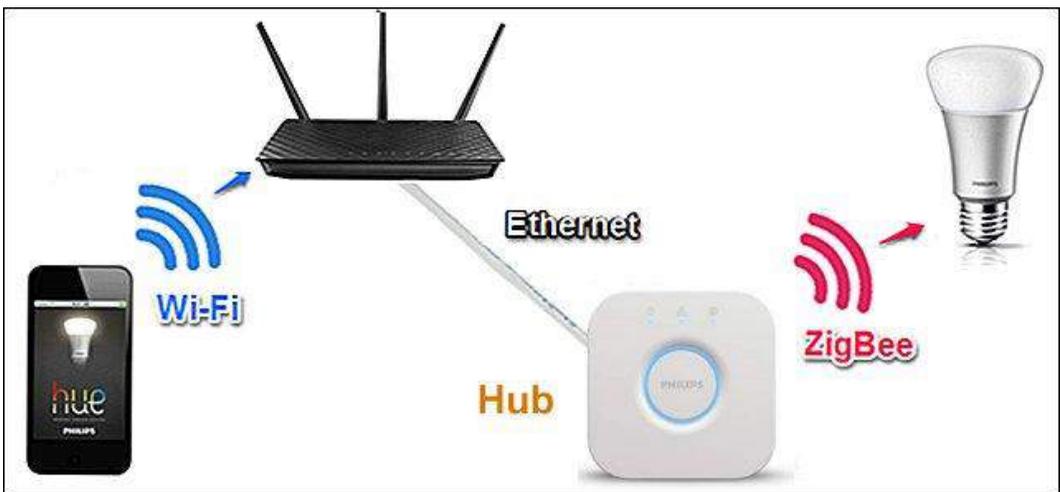
I dispositivi che possono utilizzare le tecnologie Wi-Fi includono computer desktop e laptop, console per videogiochi, smartphone e tablet, smart TV, lettori audio digitali e stampanti moderne. I dispositivi compatibili Wi-Fi possono connettersi a Internet tramite una W-LAN e un punto di accesso wireless. Un tale punto di accesso (o *hotspot*) ha una portata di circa 20 metri negli edifici e una maggiore portata all'aperto, grazie all'assenza di muri e altri ostacoli che bloccano le onde radio.

Esistono diverse versioni del Wi-Fi, con diverse gamme, bande radio e velocità. Il Wi-Fi utilizza più comunemente le bande radio a 2,4 GHz (12 cm) UHF ed a 5 GHz (5 cm) SHF ISM, che sono suddivise in più canali. Ogni canale può essere condiviso nel tempo da più reti. Questi segnali Wi-Fi funzionano meglio in linea retta. Molti materiali comuni li assorbono o li riflettono, il che limita ulteriormente la portata, ma ciò tende a ridurre al minimo l'interferenza tra reti diverse in ambienti affollati.

La normativa tecnica ETS 300-328-2 sui sistemi “Radio LAN” impone di non irradiare con una potenza E.I.R.P. superiore ai **100 mW** (equiva-

lente a 20 dBm) per *hotspot*. Per tale motivo su tutto il territorio dell'Unione Europea, ed anche in Italia, in locali aperti al pubblico o in aree confinate a frequentazione pubblica è vietato utilizzare antenne che abbiano un guadagno in trasmissione elevato (diciamo superiore ai 5 dBi), tale da portare la potenza trasmessa E.I.R.P. oltre i suddetti 100 mW.

Inoltre, i sistemi domotici usano anche altre tecnologie, oltre il Wi-Fi, per la comunicazione fra dispositivi: ad es. Z-Wave, ZigBee e Bluetooth. La tecnologia *Z-Wave*, nata in Danimarca nel 1999, lavora su una frequenza diversa (908,42 MHz negli Stati Uniti). *ZigBee* è una tecnologia simile, anche per raggio d'azione, nata nel 1998 ma operante nella banda a 2,4 GHz. Il *Bluetooth*, invece, è stato introdotto nel 1994 dalla Ericsson ed opera anch'esso nella banda a 2,4 GHz. Tutte e tre le tecnologie consumano di solito meno energia del Wi-Fi ed i relativi trasmettitori sono in genere meno potenti, dunque sono preferibili al Wi-Fi nei sistemi domotici, dal punto di vista dell'inquinamento a radiofrequenze.



Schema semplificato di una casa domotica: il Wi-Fi gestisce un hub che può comunicare con un protocollo proprietario con i vari elettrodomestici.

Tuttavia, non si tratta comunque di tecnologie innocue. Prendiamo, ad esempio, il *Bluetooth*. Si tratta di una tecnologia wireless che utilizza segnali a radiofrequenza pulsati. I segnali a impulsi trasportati dalle microonde sono particolarmente pericolosi. Questo perché la loro lunghezza d'onda molto corta consente la trasmissione di impulsi con tempi di salita e di discesa estremamente rapidi, ed è il tasso di cambiamento dei

campi (piuttosto che la loro energia totale) che fa la maggior parte del danno biologico. Inoltre, esistono tre classi di potenza, che sono il tuo miglior indicatore del livello di radiazioni Bluetooth a cui ti stai esponendo a: Trasmettitori di *classe 1* (100 mW e portata di 100 metri); Trasmettitori di *classe 2* (2,5 mW e portata di 10 metri); Trasmettitori di *classe 3* (1 mW e portata inferiore ai 10 metri).

Anche i contatori elettronici “intelligenti” usati nel mondo sono, in alcuni casi, una fonte di inquinamento elettromagnetico, poiché trasmettono al distributore locale l’informazione sui consumi di un cliente o attraverso *antenne a microonde* (che si collegano a *access point* nella propria zona) o tramite le linee di alimentazione elettrica, generando *elettricità sporca*. Alcuni contatori usati negli USA operanti con le microonde sono risultati essere perfino più potenti di un telefono cellulare, mentre quelli che usano le onde convogliate possono inquinare non solo la casa del cliente ma anche l’intera rete elettrica con energia a radiofrequenza (RF) che si irradia dalle linee elettriche della propria città o zona. Ad ogni modo, in Italia al momento *non* vi sono indicazioni di pericoli in tal senso.



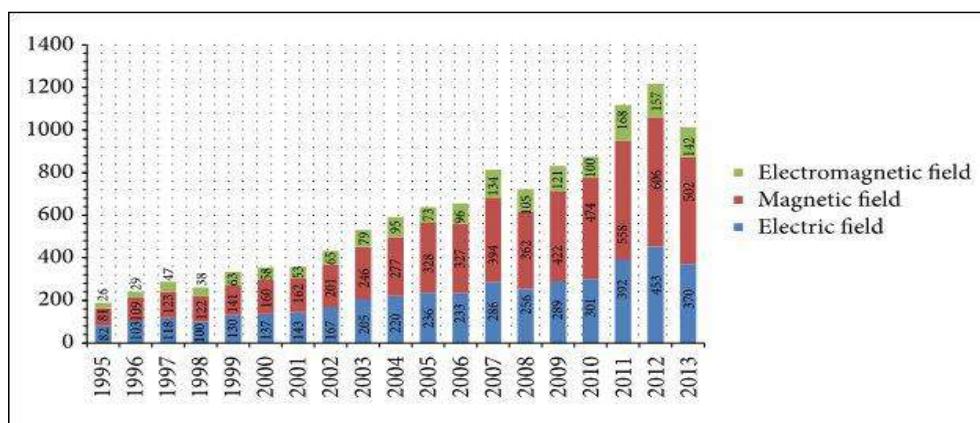
I contatori “intelligenti” vanno controllati sia alle alte che alle basse frequenze (ELF).

CAPITOLO 4

INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO: GLI EFFETTI SULL'UOMO

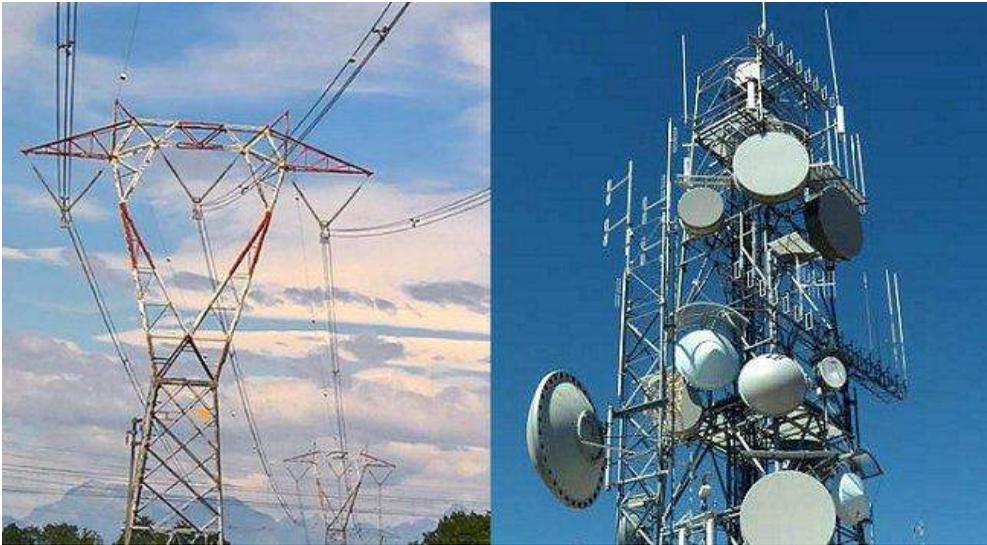
I campi elettromagnetici e/o le radiazioni elettromagnetiche – come l'inquinamento elettromagnetico prodotto dalle tecnologie create dall'uomo – influenzano vari elementi dell'ambiente. Tra gli elementi di quell'ambiente tutti gli organismi viventi dovrebbero essere collocati nella prima posizione. Pertanto diventa molto importante determinare in modo appropriato la natura e i relativi effetti collaterali dell'inquinamento elettromagnetico e il suo impatto sugli organismi viventi.

Il danno causato dall'inquinamento elettromagnetico è stato a lungo oggetto di discussione anche perché, come si può capire, vi sono elevati interessi in gioco, e ciò nonostante il fatto che sia i campi elettromagnetici a radiofrequenza sia quelli a bassa frequenza siano stati classificati ufficialmente come “possibili cancerogeni” dalla IARC. Per questi motivi, negli ultimi decenni si può osservare una crescita significativa nella ricerca scientifica sull'influenza dei campi elettromagnetici e/o delle radiazioni elettromagnetiche sugli organismi viventi.



La crescita del numero di articoli di ricerca pubblicati sull'influenza dei campi elettromagnetici sugli organismi viventi. (fonte: Redlarski et al. 2015)

I dispositivi elettronici come smartphone, tablet, forni a microonde, router Wi-Fi emettono radiazioni elettromagnetiche *a bassa intensità* e alta frequenza (da 300 MHz a 300 GHz), che possono essere associate alle radiofrequenze o alle microonde. D'altra parte gli elettrodotti ed i dispositivi elettrici sono forti fonti di campi elettromagnetici (principalmente magnetici per elettrodotti e trasformatori) e di radiazioni di frequenze molto più basse (50 Hz) ma di intensità *molto più elevate*.



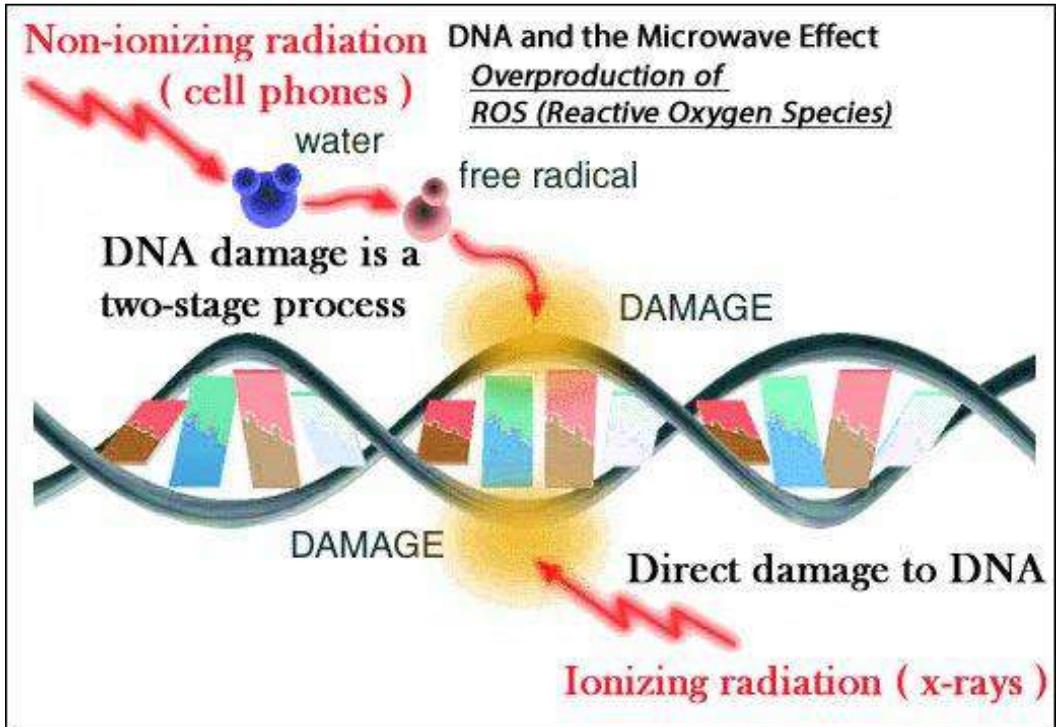
I due principali tipi di fonti di campi elettromagnetici: quelle a bassa frequenza (ad es. 50 Hz) e quelle ad alta frequenza (radiofrequenze).

Classificazione delle radiazioni e dei loro effetti sanitari

Inoltre, vi sono due grandi famiglie di radiazioni elettromagnetiche: *ionizzanti* e *non ionizzanti*. Le prime, come suggerisce la parola stessa, sono in grado di rompere i legami molecolari – ad esempio, se io andassi oggi a Fukushima, a causa dei raggi X e gamma avrei un grave rischio di sviluppare dopo qualche tempo la leucemia – mentre quelle non ionizzanti (come ad es. le onde radio e quelle a bassa frequenza) sono radiazioni *apparentemente* non in grado di indurre una rottura dei legami molecolari.

Infatti, l'energia delle radiazioni elettromagnetiche è direttamente proporzionale allo loro frequenza. Pertanto, i raggi X ed i raggi gamma han-

no energia sufficiente a ionizzare atomi o molecole, ovvero per rimuovere completamente un elettrone da un atomo o molecola; al contrario, le radiazioni non-ionizzanti, cioè quelle coinvolte nell'inquinamento elettromagnetico, no. Per tale motivo, sono state per lungo tempo ritenute relativamente innocue, se non per gli effetti termici prodotti nella materia vivente. Ma le cose, purtroppo, non stanno così.

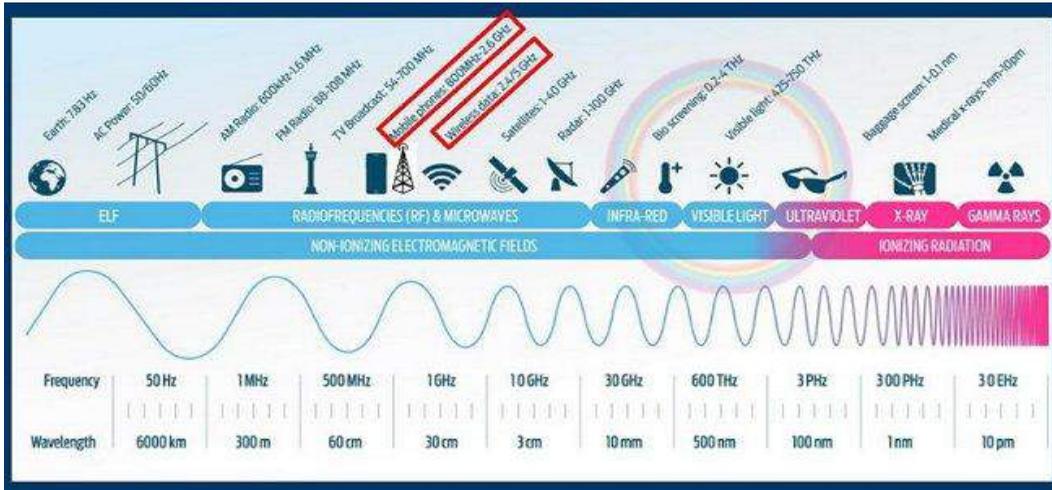


Con le radiazioni ionizzanti il danno al DNA delle cellule è diretto, con quelle non ionizzanti è invece un processo a due stadi.

I due gruppi di onde elettromagnetiche interagiscono in modo differente con gli organismi viventi e comportano rischi diversi per la salute umana, vanno quindi trattati separatamente. Le radiazioni non ionizzanti sono responsabili dell'inquinamento elettromagnetico, e si dividono in: radiazioni *a bassa frequenza* (ELF), comprendenti quelle con frequenza pari a 50 Hz degli elettrodomestici e delle linee elettriche; radiazioni *a radiofrequenza* (RF), con frequenza compresa tra 100 kHz e 300 GHz.

I campi a radiofrequenza (RF) cedono energia ai tessuti sotto forma di *riscaldamento* – perciò si parla di effetti termici, in particolare nella regione delle *microonde*, che è quella compresa tra le gamme superiori delle onde

radio e la radiazione infrarossa (cioè da una frequenza di circa 1 GHz, ovvero 1000 MHz, corrispondente a una lunghezza d'onda di 30 cm, a circa 300 GHz, che corrisponde a una lunghezza d'onda di 1 mm); mentre i campi a bassa frequenza (ELF), cioè lentamente variabili, inducono delle *correnti* nel corpo umano.



I campi ELF e radiofrequenza (RF) e microonde.

Ma, accanto agli effetti termici dei campi elettromagnetici a radiofrequenza, negli ultimi decenni sono emersi una serie di effetti biologici *non termici* prodotti da questi campi – compresi gli effetti cancerogeni – che illustriamo in un certo dettaglio nel Capitolo 10. Ciò non stupisce: le nostre cellule hanno un potenziale di attività mediamente tra i 100 ed i 200 mV (e fino a 1 V in situazioni di stress), mentre i campi elettrici associati ai moderni campi a radiofrequenza sono più elevati.

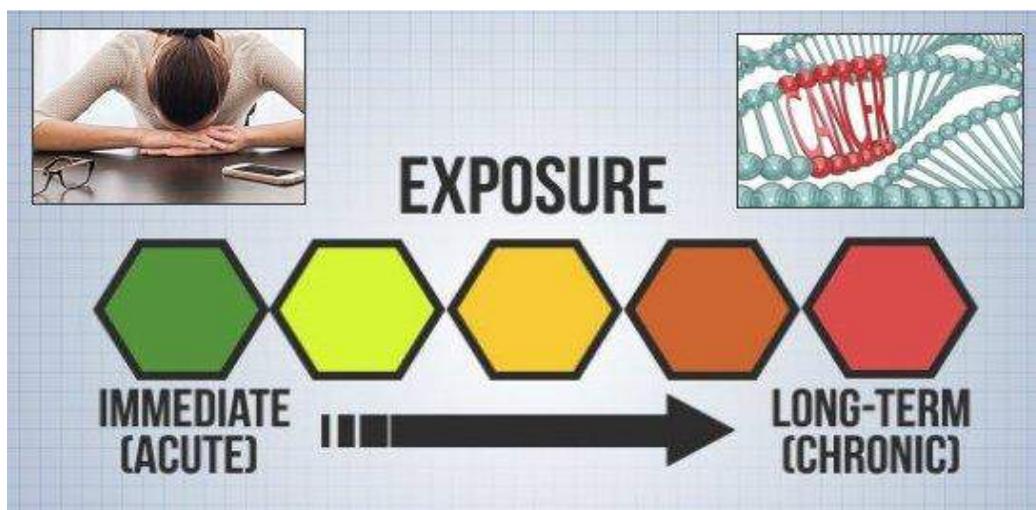
Ogni giorno gli organismi viventi sono esposti a diversi tipi di inquinamento elettromagnetico. Tuttavia, tutti possono essere ben caratterizzati dai loro parametri fisici, ed in particolare *tipo* (elettrico, magnetico, elettromagnetico), *frequenza* e intensità o *potenza*. Le fonti di radiazioni elettromagnetiche non ionizzanti possono essere classificate, fondamentalemente, come: (i) campi di radiofrequenze (campi RF); (ii) campi a frequenza intermedia (campi IF); (iii) campi a frequenze estremamente basse (campi ELF); (iv) campi statici.

Tipo	Frequenze	Alcune sorgenti tipiche
ELF	< 300 Hz	Elettrodotti, rete elettrica domestica, motori delle auto elettriche, treni, tram
IF	300 Hz - 100 kHz	Monitor, dispositivi antitaccheggio, metal detector, risonanza magnetica
RF	100 kHz - 300 GHz	Emittenti radio e TV, smartphone, tablet, forni a microonde, radar, etc.

Alcune sorgenti di campo elettromagnetico nelle tre principali bande del relativo spettro. (fonte: Redlarski et al. 2015)

In generale, i possibili effetti sanitari dell'esposizione alle onde elettromagnetiche sono di tre tipi: effetti *a breve termine* (1-elettrosensibilità) ed effetti *a lungo termine*, che includono (2) tumori e (3) altre patologie croniche (ad esempio, infertilità e malattie neurodegenerative). Naturalmente, diversi tipi di campi elettromagnetici e/o di radiazioni elettromagnetiche sono responsabili di diversi tipi di fenomeni che possono essere osservati come risultato dell'esposizione alle radiazioni.

Gli effetti sulla salute, inoltre si possono distinguere in due categorie fondamentali: *effetti acuti*, che possono manifestarsi come immediata conseguenza di brevi ma elevate esposizioni al di sopra di una certa soglia; *effetti cronici*, che possono manifestarsi dopo periodi anche lunghi di latenza in conseguenza di esposizioni lievi ma prolungate nel tempo, senza alcuna soglia certa. Tali effetti hanno una natura probabilistica: all'aumentare della durata dell'esposizione, aumenta la probabilità di contrarre un danno (ad esempio, un tumore).



Gli effetti acuti e cronici dell'esposizione all'elettrosmog.

In generale, le radiazioni a microonde ad alta energia a frequenze da 300 MHz a 300 GHz possono essere cancerogene e causare effetti termici, aumentando la temperatura degli organismi esposti. D'altra parte, lo stesso tipo di radiazione a microonde a frequenze più basse, da 100 kHz a 300 MHz, *non* ha un medesimo effetto, se non a intensità più elevate. È molto importante notare che le sorgenti di radiazione elettromagnetica caratterizzate da frequenze di campo inferiori a 300 GHz possono essere associate al tipo non ionizzante di radiazioni.

D'altra parte, i campi elettromagnetici a bassa frequenza sono la fonte di un altro tipo di radiazione elettromagnetica, come nel caso di elettrodotti o trasformatori di potenza. Tali campi elettromagnetici caratterizzati da frequenze di campo di 50 Hz (in Italia e in Europa) o 60 Hz (ad es. negli Stati Uniti) sono quasi stazionari e le loro due componenti di campo (elettriche e magnetiche) possono essere considerate separate. La componente magnetica sembra porre i maggiori problemi per la salute.

Gli effetti dei campi elettromagnetici a radiofrequenza

Il nostro organismo è un sistema elettrochimico di straordinaria sensibilità e, come una sorta di radio, subisce le interferenze dovute alla radiazione associata all'inquinamento elettromagnetico. Alcuni scienziati sovietici hanno evidenziato che i campi elettromagnetici alla frequenza tra i 30 MHz ed i 300 GHz possono intaccare il sistema circolatorio dell'uomo (alterando il ritmo cardiaco e la pressione sanguigna) anche a livelli di intensità della radiazione troppo deboli per produrre degli effetti termici.

“Le radiazioni a radiofrequenza hanno una serie di effetti biologici che possono essere osservati in modo riproducibile negli animali e nei sistemi cellulari”, afferma David O. Carpenter, direttore dell'Istituto per la salute e l'ambiente presso la State University di New York, e fra i massimi esperti mondiali dell'argomento. “Non possiamo dire davvero con certezza quali siano gli effetti negativi sull'uomo”, dice Carpenter, “ma le indicazioni sono che potrebbero esserci effetti molto gravi – e usa proprio le parole ‘molto gravi’ – negli esseri umani”.

E ciò non stupisce gli “addetti ai lavori”. Infatti, già nel 2005 dei ricercatori in Cina hanno scoperto che la radiazione elettromagnetica a radiofrequenza a intensità relativamente bassa può portare a interruzioni del

DNA, e nel 2004 il progetto REFLEX – che riassume il lavoro di 12 gruppi di ricerca in 7 paesi europei – ha riferito che la radiazione a radiofrequenza può aumentare il numero di rotture del DNA in cellule esposte, così come attivare una risposta allo stress: la produzione di proteine protettive, le cosiddette “proteine da shock termico”.

Oggi sappiamo che la radiazione elettromagnetica alle radiofrequenze promuove lo stress ossidativo, una condizione implicata nell'insorgenza del cancro, in diverse malattie acute e croniche e nell'omeostasi vascolare. E studi più recenti hanno suggerito effetti riproduttivi, metabolici e neurologici delle radiofrequenze, che sono anche in grado di alterare la resistenza agli antibiotici batterici. I risultati disponibili sembrano ormai sufficienti per dimostrare l'esistenza di effetti biomedici.

Se la radiazione elettromagnetica è pericolosa per l'uomo, oggi ci sono molti più rischi rispetto a 40 anni fa, grazie al settore delle telecomunicazioni. Più di un miliardo di persone in tutto il mondo possiedono telefoni cellulari. In Italia, ormai, ci sono più contratti mobili che persone. Le tecnologie 4G e 5G mirano a coprire il 98% del paese, cancellando tutti i “no spot” più lontani. Ora viviamo in una normalità satura delle onde di dispositivi wireless che non è mai esistita nella storia della razza umana.



La nuova generazione “digitale” che vive immersa fra dispositivi wireless.

L'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) ha classificato i campi elettromagnetici *a radiofrequenza* tra gli “agenti possibili cancerogeni per l'uomo” (gruppo 2B). Infatti, nel maggio 2011, la IARC – e alcuni anni dopo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) – hanno qualificato i campi elettromagnetici a radiofrequenza come possibile causa dell'aumento del rischio di sviluppare un tumore maligno del cervello, il glioma, che è principalmente associato all'uso di telefoni cellulari.

Gli effetti biologici più noti e generali dell'elettromagnetismo ad alta frequenza sono quelli cancerogeni, riproduttivi, neurologici e metabolici. E nel 2018, grazie a due importanti studi decennali (v. Capitolo 8), i dubbi residui sulla cancerogenicità si sono ridotti al lumicino. Si tratta di una ricerca del National Toxicology Program americano sugli effetti sul corpo di ratti dell'esposizione alle radiazioni di un telefonino (“campo vicino”) e una parallela dell'Istituto Ramazzini di Bologna sugli effetti dell'esposizione alle radiazioni – dalle 15 alle 1000 volte più basse – di una stazione radio base della telefonia (“campo lontano”).

“Questi due studi sperimentali, che hanno mostrato un aumento dei tumori delle cellule gliali del cervello, hanno fornito prove sufficienti per richiedere la rivalutazione delle conclusioni della IARC sul potenziale carcinogenico delle radiofrequenze negli esseri umani, che potrebbero secondo noi venire classificate come ‘cancerogeno certo per l'uomo’”, ha spiegato Fiorella Belpoggi, direttrice della ricerca al Ramazzini. “In ogni caso, questi risultati sembrano sufficienti per invocare il principio di precauzione, per definire i soggetti esposti come potenzialmente vulnerabili e per rivedere i limiti esistenti”.



Tumori, cellulari e Wi-fi - la Dott.ssa Fiorella Belpoggi ha presentato gli allucinanti dati della ricerca decennale condotta dall'Istituto Ramazzini di Bologna: cancro e malattie rare delle cellule nervose!

Il commento di un blogger che ha assistito a una conferenza divulgativa della Belpoggi.

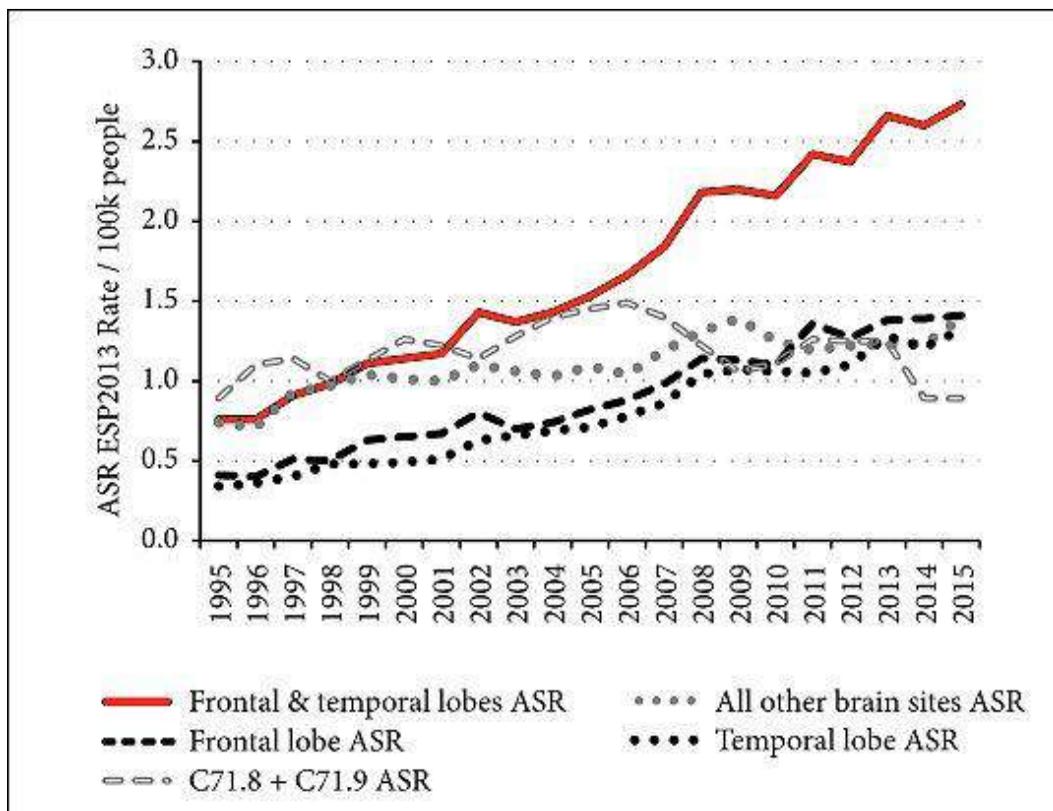
		Animals			
		Sufficient	Limited	Inadequate	Suggesting lack
Humans	Sufficient	1	1	1	1
	Limited	2A (1)	2B (2A)	2B (2A)	2B (2A)
	Inadequate	2B (1, 2A, 3)	3 (2B)	3	3 (4)
	Suggesting lack	3 (1)	3	3	4

I risultati dei due studi decennali del Ramazzini e del National Toxicology Program suggeriscono di includere le radiofrequenze nella classe 1 o almeno 2A, avendo trovato negli animali lo stesso tipo di tumori “da cellulare” riscontrati nell'uomo.

Inoltre, specifiche evidenze scientifiche preliminari hanno mostrato come l'esposizione a frequenze superiori ai 30 GHz (vicina alla banda a 26 GHz del 5G) possa alterare l'espressione genica cellulare, aumentare la temperatura della cute, stimolare la proliferazione delle cellule, alterare le proprietà delle membrane citoplasmatiche e la funzionalità dei sistemi neuro-muscolari, e modulare la sintesi di proteine coinvolte in processi infiammatori e immunologici, con potenziali effetti sistemici.

L'aumento dei tumori legati all'uso del telefonino

Dalla valutazione della IARC fatta nel 2011 sono stati pubblicati ulteriori studi che supportano un'associazione causale tra radiazione a radiofrequenza e tumori cerebrali e cranici. Secondo un recentissimo studio realizzato da Alasdair Philips e collaboratori, pubblicato online nel 2018 dalla rivista peer-reviewed *Journal of Environmental and Public Health*, nel corso del periodo 1995-2015 in Inghilterra è stato riscontrato un aumento sostenuto e molto significativo nell'incidenza del Glioblastoma Multiforme – il tumore cerebrale più aggressivo e rapidamente fatale – in tutte le fasce d'età, mentre i tassi per i tumori di gravità inferiore sono diminuiti, mascherando questa drammatica tendenza nei dati complessivi.

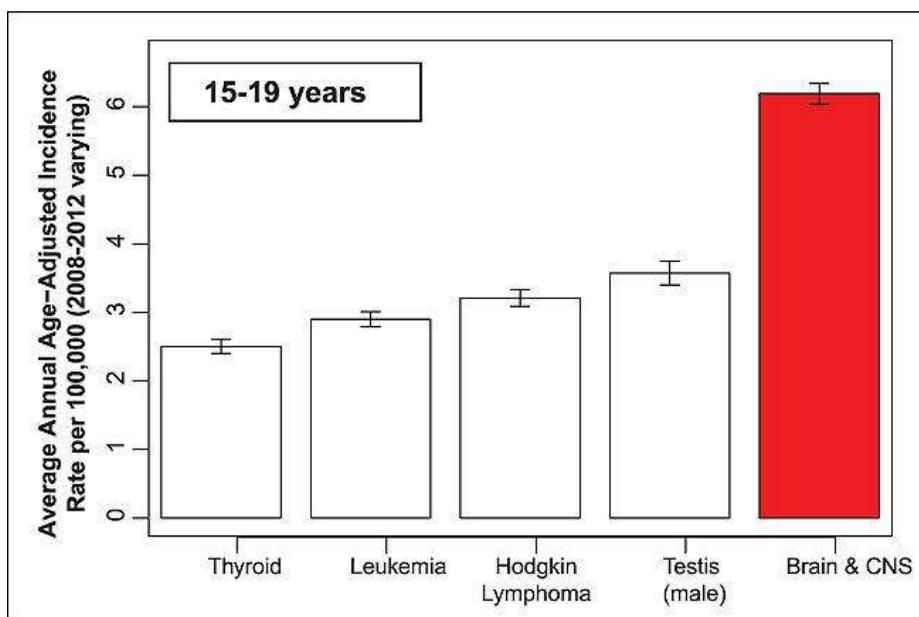


L'aumento, nel periodo 1995-2015, del tasso di incidenza (standardizzato per età) per 100.000 persone dei tumori cerebrali "glioblastoma multiforme" del lobo frontale e temporale in Inghilterra, per sito del tumore. (Philips et al., 2018)

E risultati simili si sono riscontrati anche in Svezia (Lennart e Carlberg, 2017), con tassi crescenti di tumori del cervello di tipo sconosciuto diagnosticati nel periodo 2007-2015 già nella fascia di età fra i 20 ed i 40 anni. Ciò può essere spiegato da un più alto rischio di tumore al cervello in soggetti con il primo utilizzo di un telefonino prima dei 20 anni, patologia che richiede un ragionevole periodo di latenza. Inoltre, il tasso di incidenza standardizzato per età per 100.000 tumori cerebrali nel registro svedese dei tumori risulta essere aumentato in modo statisticamente significativo negli uomini nel periodo 1998-2015.

Il fatto che il glioblastoma multiforme stia aumentando è documentato anche nei registri dei tumori statunitensi. I glioblastomi (il tipo di tumore al cervello legato alle radiazioni dei telefonini) ed i tumori del sistema nervoso centrale sono in aumento nei giovani americani, e proprio nelle

aree del cervello che assorbono la maggior parte delle radiazioni a microonde emesse dai cellulari. La più grande e completa analisi statunitense della American Brain Tumor Association (Ostrom et al., 2016) ha rilevato che l'incidenza di astrocitoma anaplastico, tumori delle meningi, tumori della regione sellare e tumori non classificati sono aumentati nei giovani adulti statunitensi tra i 15 ed i 35 anni di età. Negli Stati Uniti, i tumori del cervello e del sistema nervoso centrale rappresentano già il *tipo di cancro più comune* nella fascia di età 15-19 anni.



I tumori del cervello e del sistema nervoso centrale (CNS) rappresentano il tipo di cancro più comune nella fascia di età 15-19 anni fra i giovani americani, secondo una approfondita analisi sui tumori cerebrali. (fonte: Ostrom et al., 2016)

Un'analisi pubblicata nel 2015 (Gittleman et al.), che ha esaminato i dati 2000-2010 della *United States Cancer Statistics publication* e del *Central Brain Tumor Registry* degli Stati Uniti ha rilevato aumenti significativi nelle neoplasie maligne e non maligne del sistema nervoso centrale negli adolescenti e anche aumenti significativi nella leucemia linfatica acuta, linfoma non Hodgkin e tumori maligni del sistema nervoso centrale nei bambini. Ed i CDC statunitensi hanno riscontrato l'aumento di tumori cerebrali, renali, epatici e tiroidei tra gli individui sotto i 20 anni. E questo soltanto per citare tre Paesi per i quali si hanno a disposizione studi con i dati più recenti, che forniscono quindi meglio un'idea del trend in atto.

I tumori cerebrali sono a crescita lenta e possono richiedere decenni per svilupparsi dopo l'esposizione tossica. I tassi di cancro ai polmoni non aumentarono nella popolazione generale fino a *più di tre decenni dopo* che gli uomini americani avevano cominciato a fumare molto. Pertanto la ricerca che utilizza modelli caso-controllo che studiano piccoli gruppi di persone altamente esposte è più appropriata per identificare i rischi di cancro legati all'uso del telefono cellulare. Gli studi di casi clinici condotti da Lennart Hardell hanno scoperto che le persone che hanno iniziato ad usare i telefoni cellulari da adolescenti hanno un rischio da quattro a cinque volte maggiore di sviluppare un tumore al cervello.

Oltre all'ampio corpus di studi che hanno trovato collegamenti fra l'uso dei cellulari ed i tumori cerebrali, la ricerca ha trovato anche associazioni con i tumori delle ghiandole salivari. Uno studio del 2007 (Sadetzki et al.) pubblicato sull'*American Journal of Epidemiology* ha trovato una relazione tra l'uso a lungo termine del cellulare e i tumori della ghiandola parotide. Un'analisi del 2017 ha rilevato che l'incidenza dei tumori delle ghiandole salivari negli Stati Uniti sta aumentando, specialmente i piccoli tumori parotidei. Una meta-analisi, uscita nel 2017 (Siqueira et al.), di studi sui tumori della ghiandola parotide ha trovato un'associazione tra l'uso del telefono cellulare e il rischio di tumore della ghiandola parotide.

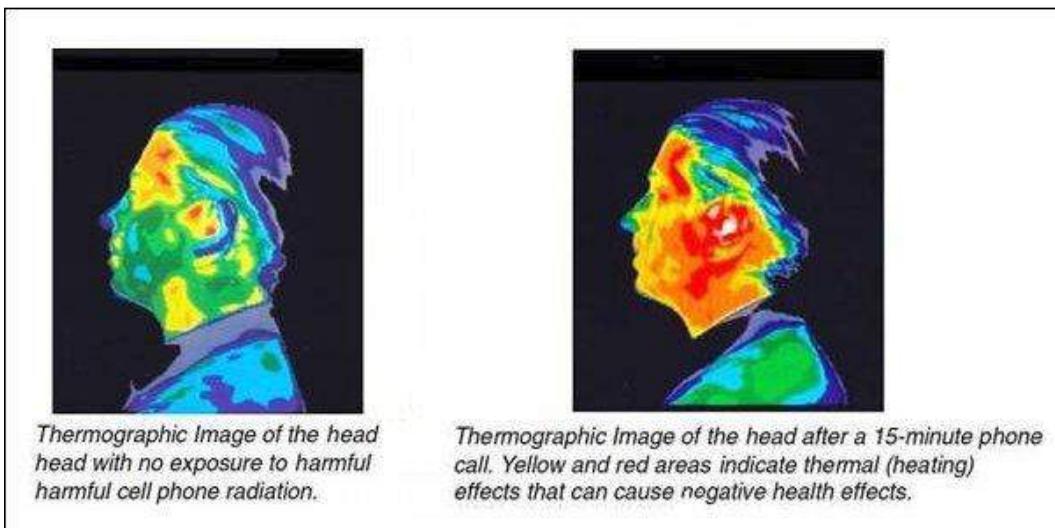


Immagine termica di una persona in uno stato normale (a sinistra) e di una che ha parlato con il telefonino all'orecchio per 15 minuti (a destra).

I clamorosi conflitti di interesse e lo studio Interphone

Fino a pochi anni fa, la maggior parte degli studi sui pericoli delle emissioni elettromagnetiche dei telefoni cellulari erano concentrati sulla possibilità che i dispositivi potessero riscaldare il cervello o causare direttamente il cancro. E molti di questi studi sono stati sponsorizzati o finanziati direttamente o indirettamente dall'industria delle telecomunicazioni. Perciò, grazie a queste ricerche operate in regime di conflitto d'interesse, è stata creata l'impressione che i telefoni cellulari fossero sicuri.

L'esempio più clamoroso in tal senso è costituito senza dubbio dallo studio *Interphone*, finanziato per il 30% dalle maggiori compagnie di telefonia mobile e dell'industria wireless del mondo, e che in quanto tale non si può definire "indipendente". Si tratta di una ricerca che ha coinvolto 13 Paesi del mondo e ha prodotto tre documenti, nei quali si attesta come l'uso dei telefonini non sia direttamente correlato causalmente al rischio di sviluppare tumori al cervello, pur riconoscendo alcune correlazioni indiziarie di un "aumento di glioma ai livelli di esposizione più alti".

L'oncologo-epidemiologo svedese Lennart Hardell, in un articolo pubblicato nel 2017 sulla rivista *Biomedical Research International*, ha messo in evidenza in modo assai puntuale e dettagliato le distorsioni nella comunicazione dei risultati e gli errori metodologici di cui questo che è stato il più grande studio mondiale sugli effetti delle radiofrequenze è stato oggetto. Ad esempio, meno del 10% dei casi analizzati dallo studio *Interphone* aveva più di 10 anni di esposizione ai telefonini: una scelta, questa, che maschererebbe perfino gli effetti cancerogeni del tabacco.

Inoltre, come evidenziato da Hardell, lo studio *Interphone* comprendeva soggetti che dichiaravano l'utilizzo del telefonino "almeno una volta a settimana", il che avrebbe drasticamente diluito i dati del campione: oggi, infatti, non sarebbe facile trovare qualcuno che usi lo smartphone solo una volta ogni sette giorni. Infine, non era stato incluso nell'indagine l'uso di telefoni cordless (che incidono altrettanto a livello biologico) e non si considerava la *ipsilateralità* – il fatto che causa ed effetti si verificano dallo stesso lato – diluendo il dato campione fino al 50%.

Seminare confusione e produrre dubbi è una strategia ben nota utilizzata, in precedenza anche dall'industria del tabacco e da altre (ad es. quella dei

dolcificanti). Una scheda informativa dell'OMS pubblicata a giugno 2011, poco dopo la decisione della IARC di classificare i campi a radiofrequenza come “possibili cancerogeni per l'uomo”, affermava che “fino ad oggi, non sono stati accertati effetti nocivi sulla salute causati tramite cellulare”. Questa affermazione contraddiceva la valutazione della IARC (che fa parte dell'OMS!) e non era basata su prove.

Mobile phone can cause cancer: WHO

Moscow, June 1: An expert panel by the World Health Organization (WHO) has established a potential link between the use of mobile phones and brain cancer, the organisation said in a statement on its website.

A group of 31 scientists announced at a meeting of the International Agency for Research on Cancer (IARC) that it classified electromagnetic fields as “possibly carcinogenic to humans”, based on an increased risk for glioma, a malignant type of brain cancer, associated with wireless phone use.

“Given the potential consequences for public health of this classification and findings, it is important that additional research be conducted into the long-term, heavy use of mobile phones,” IARC Director Christopher Wild said.



TIPS TO REDUCE RADIATION

- Use wired headset to minimise waves hitting you
- Talk on speakerphone whenever possible
- Don't wear Bluetooth continuously
- Avoid using phone in enclosed areas
- Hold phone little away from ear while talking
- Send text messages

“The evidence, while still accumulating, is strong enough
 ➔ See Mobile phone...on Pg-10

“Pending the availability of such information, it is important to take pragmatic measures to reduce exposure such as hands-free devices or texting.”

The team said it assigned the 2B status to electromagnetic fields, which means there is “limited evidence of carcinogenicity in humans”.

La notizia che anche per l'OMS i cellulari possono causare il cancro si farà attendere ben 6 anni dopo l'annuncio in merito della IARC, che dipende dalla stessa OMS.

Inoltre, scrive ancora Hardell, “i due organismi internazionali che fissano le linee guida sull'esposizione per i lavoratori e per il pubblico generale – cioè la Commissione internazionale per la Protezione dalle radiazioni non ionizzanti (ICNIRP) e l'Istituto di Ingegneri Elettrici ed Elettronici (IEEE) – sono, la prima, un'organizzazione privata (ONG) con sede in Germania che seleziona i propri membri e la sua fonte di finanziamento è non dichiarata; la seconda, invece, è la federazione di ingegneri più potente del mondo”. Più chiaro di così.

Secondo Hardell, “i membri della IEEE sono (o sono stati) impiegati in aziende o organizzazioni che sono produttori o utenti di tecnologie che dipendono dalle radiazioni elettromagnetiche, come ad esempio le società elettriche, l'industria delle telecomunicazioni e le organizzazioni milita-

ri”. Inoltre, spiega ancora Hardell nel suo articolo utilissimo a far luce sull’argomento, “l’IEEE ha per decenni privilegiato gli sforzi di lobbying internazionale, rivolti specialmente all’Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS)”. Il che pare spiegare molte cose.

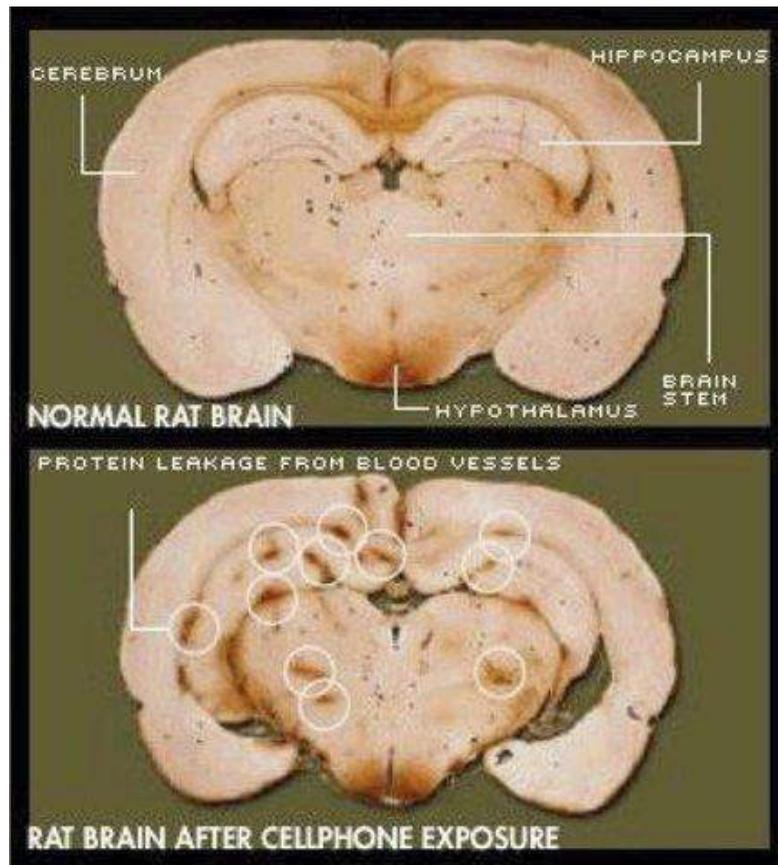
Il professor Leif G. Salford, neuro-oncologo svedese che ha diretto la ricerca sugli effetti delle emissioni elettromagnetiche dei cellulari presso l’Università di Lund, afferma senza mezzi termini in un’intervista che “i giganti delle telecomunicazioni che fabbricano e commercializzano telefoni cellulari costruiscono le torri con le antenne per la telefonia cellulare e spendono milioni di dollari in pubblicità, pubblicano dichiarazioni e manipolano i media ripetendo all’infinito che i telefoni cellulari sono sicuri e non causano danni alla salute”.

“Ma la maggior parte degli studi da essi finanziati o in qualche modo controllati”, spiega Salford, “non hanno esaminato le vere domande: qual è l’effetto a lungo termine sul corpo umano dalle radiazioni dei telefoni cellulari? Quale interferenza biologica si verifica dall’esposizione alla radiazione a microonde pulsata a bassa intensità non termica emessa dai telefoni cellulari? Ed i produttori di telefoni cellulari sono riusciti a influenzare le agenzie nazionali e internazionali affinché ignorassero i pericoli”. Insomma, conferma quanto detto da Hardell.

Ma da alcuni anni la situazione sta cambiando, principalmente a causa degli utenti di telefoni cellulari e di router Wi-Fi, i quali soffrono gli effetti delle radiazioni elettromagnetiche a radiofrequenza in numero sempre crescente e riportano i sintomi avvertiti ai loro medici. Ricercatori coraggiosi e studi finanziati privatamente stanno già da anni riconoscendo chiaramente gli aumenti statistici di gravi disturbi della salute tra gli utenti di telefoni cellulari, segnalandoli alla comunità scientifica.

Nuovi studi scientifici stanno ora individuando le domande pertinenti ed i rischi reali dell’uso frequente ed a lungo termine dei telefoni cellulari. Essi mostrano che anche bassi livelli di microonde causano danni biologici di vario tipo che possono portare a conseguenze sanitarie, che vanno dall’elettrosensibilità a una serie di patologie croniche. Salford afferma che “l’esposizione volontaria del cervello alle microonde dei telefoni cellulari portatili è il più grande esperimento biologico umano di sempre”.

Salford stesso ha scoperto, presso il suo Dipartimento di neurochirurgia, che le radiazioni dei telefoni cellulari danneggiano i neuroni nei ratti, in particolare quelli associati alla memoria e all'apprendimento. Il danno si è verificato dopo un'esposizione di appena due ore. Salford ha anche scoperto che i campi elettromagnetici provocano fori nella barriera tra il sistema circolatorio e il cervello nei ratti. La figura qui sotto li mostra bene ed è impressionante. Questi buchi nella barriera emato-encefalica permettono alle molecole tossiche dal sangue di filtrare nell'ambiente ultra-stabile del cervello. Uno dei risultati potenziali è la demenza.

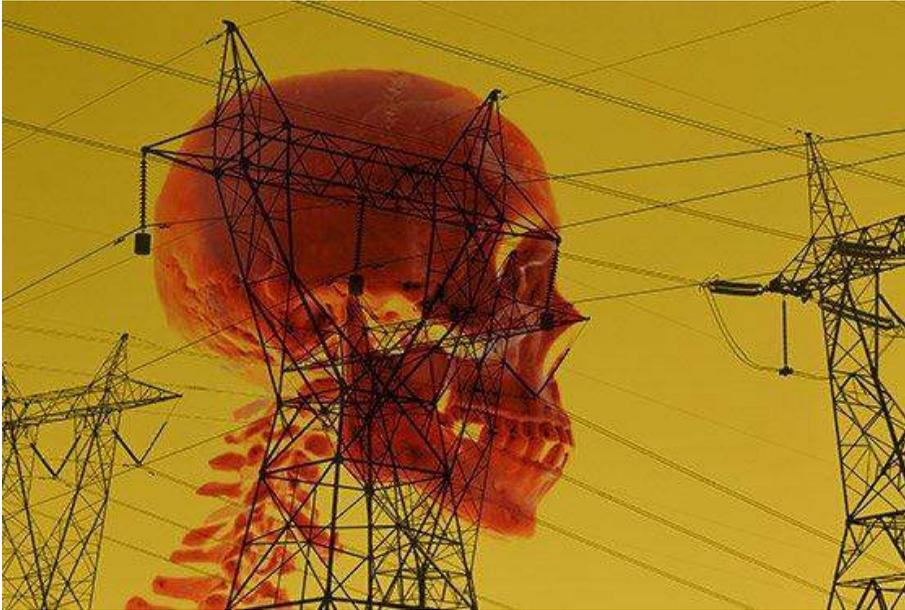


Le prove dei buchi nella barriera emato-encefalica dei ratti prima (in alto) e dopo (in basso) l'esposizione alle radiazioni dei telefoni cellulari trovate dal neurochirurgo Leif Salford. (fonte: Salford et al., 2003)

Gli effetti dei campi elettromagnetici a bassa frequenza

Le opinioni dei ricercatori sull'influenza delle onde elettromagnetiche a bassa frequenza sugli organismi viventi sono state a lungo divise, almeno per quanto riguarda i possibili effetti più gravi sull'uomo. Ciò può essere illustrato dal fatto che, dal 1980 al 2002, sono stati pubblicati oltre 200

studi *epidemiologici* sugli effetti dei campi elettromagnetici generati da elettrodotti, o linee elettriche, sugli esseri umani. Circa il 60% di essi non indicava effetti negativi di questi campi, mentre il restante 40% riportava alcuni effetti correlati statisticamente con la vicinanza a tali sorgenti (fra cui leucemie e altri tipi di cancro).



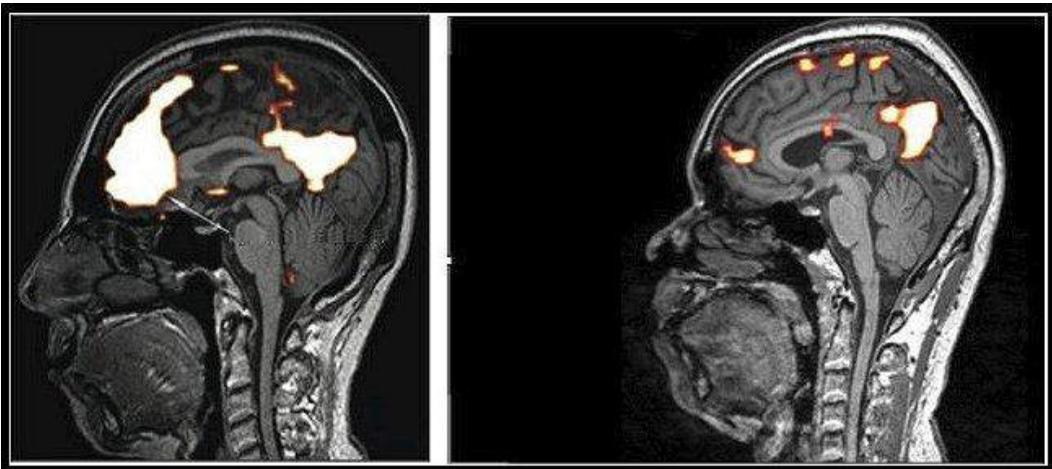
La pericolosità dei campi a bassa frequenza è stata a lungo dibattuta. Oggi cominciano a emergere delle novità (e verità) importanti.

La cosa non stupisce. Quando un organismo è esposto a campi a bassa frequenza (ad es. a 50 o 60 Hz), le relative onde elettromagnetiche sono in grado di passare attraverso il corpo provocando all'interno dell'organismo un flusso di corrente elettrica, che può causare delle importanti alterazioni nelle normali funzioni biologiche. Queste correnti indotte si sovrappongono a quelle endogene, cioè generate dallo stesso organismo umano durante il suo normale funzionamento. Ciò può pertanto causare nell'uomo effetti acuti ed effetti cronici.

Ricordiamo che gli effetti sulla salute si distinguono in due categorie: effetti *acuti*: sono conseguenti a esposizioni di breve durata e alta intensità; effetti *a lungo termine*: possono derivare da esposizioni prolungate nel tempo anche di lieve intensità. Gli effetti acuti si manifestano nel caso di intensità elevate del campo magnetico, cioè a livelli di campo magnetico

oltre 100 μT e provocano la stimolazione di nervi e muscoli nonché variazioni nell'eccitazione delle cellule del sistema nervoso centrale.

Per quanto riguarda sempre gli effetti *acuti*, essi sono stati segnalati sul sistema visivo e sul sistema nervoso centrale, nonché sotto forma di disturbi cardiaci (extrasistole e fibrillazione ventricolare); inoltre sono stati riscontrati sintomi quali cefalea, insonnia, affaticamento, in presenza di campi elettromagnetici (sia di bassa che di alta frequenza) al di sotto dei limiti di legge raccomandati per la protezione dagli effetti acuti. Tale effetto viene denominato “ipersensibilità elettromagnetica” (EHS) o, più comunemente, elettrosensibilità.



La differenza fra la risonanza magnetica funzionale di un individuo normale (a destra) e di uno elettrosensibile (a sinistra). (Fonte: Heuser, 2017)

Per quanto riguarda gli effetti *cronici*, o a lungo termine, il rischio sul quale si è focalizzata l'attenzione dei ricercatori e dell'opinione pubblica è la possibilità che l'esposizione a radiazioni non ionizzanti possa indurre la comparsa di tumori, sulla base dei risultati di una serie di indagini epidemiologiche. Numerosi studi hanno in effetti evidenziato un aumentato rischio di leucemia a partire da un determinato valore di campo magnetico (0,3-0,4 μT). Alcuni altri studi non hanno confermato tale evidenza.

Nel 2002, l'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) ha perciò classificato i campi elettromagnetici *a bassa frequenza* tra gli “agenti possibili cancerogeni per l'uomo” (gruppo 2B). Infatti, l'Agenzia ritiene (per l'esattezza, *riteneva*, dato che tali valutazioni risalgono ai dati dispo-

nibili più di 15 anni fa, ormai “vecchi”) che “la relazione epidemiologica causa-effetto tra esposizione e malattia possa essere credibile ma, allo stato attuale delle conoscenze (2002) ed in assenza di un supporto proveniente da studi di laboratorio, non è possibile escludere con certezza altre spiegazioni dell’associazione osservata”.

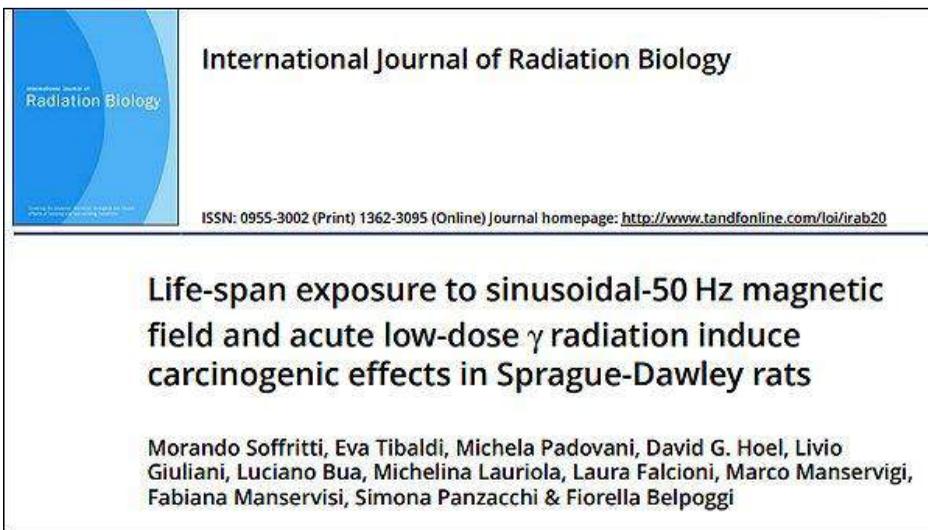
Nel frattempo, però, sono passati più di 16 anni e le cose sono alquanto cambiate anche per le basse frequenze. La ricerca cosiddetta “epidemiologica”, infatti, riguarda l’osservazione di individui umani che sono stati esposti a *maggiori* radiazioni elettromagnetiche per periodi di tempo *più lunghi*, come i lavoratori delle ferrovie o le persone che vivono nelle vicinanze degli elettrodotti. D’altra parte, esiste anche la ricerca cosiddetta “sperimentale”, che riguarda specifici organismi modello (cellule o animali) selezionati ed è stata condotta molto più spesso rispetto agli studi epidemiologici, con risultati molto interessanti.

Gli studi di laboratorio effettuati negli ultimi vent’anni hanno indicato che i campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete non hanno effetti mutageni, cioè *di per sé* non provocano il cancro. Tuttavia, alcuni studi effettuati in vitro sulle cellule e in vivo sugli animali sembrano indicare che i campi magnetici a frequenza di rete (50 o 60 Hz) possano agire piuttosto come promotori oppure *co-promotori* del cancro nelle cellule che sono già state avviate in tale processo. Il meccanismo indiziato di esercitare tale effetto sarebbe il calo del livello di melatonina nel sangue, un ormone che ha una funzione oncostatica.



I campi magnetici a bassa frequenza sono co-promotori del cancro, forse in quanto alterano il livello di melatonina, che è un ormone oncostatico.

Ad esempio, uno studio dell'Istituto Ramazzini, pubblicato nel 2016, ha trovato per la prima volta che l'esposizione di ratti per l'intera vita (dal periodo prenatale fino alla morte naturale) a un campo magnetico a 50 Hz ad alta intensità (1000 μ T) e ad un basso dosaggio acuto di radiazione gamma (0,1 Gy, cioè simile a quello di una TAC) induce effetti *cancerogeni*: cancro mammario, leucemia e schwannoma maligno del cuore. “Il risultato da noi ottenuto”, concludono gli autori Soffritti et al., “richiede una rivalutazione della sicurezza delle radiazioni e.m. (a bassa frequenza, *ndr*), specie in questo momento in cui vi è una pressione per passare dalla mobilità convenzionale basata sui carburanti alla mobilità elettrica”.



L'importante e recente studio dell'Istituto Ramazzini sugli effetti in animali di laboratorio dei campi magnetici a frequenza di rete (50 Hz).

CAPITOLO 5

CAMPI ELETTROMAGNETICI: LA NORMATIVA ED I LIMITI DI LEGGE

I limiti di legge previsti dalla normativa italiana, così come nella normativa internazionale, riguardano principalmente l'intensità dei campi elettromagnetici. Il limite all'intensità è volto a mitigare gli effetti *termici* del campo con un'elevazione della temperatura corporea minore di 1 °C. Il limite all'intensità, dunque, *non* è inerente agli effetti non termici del campo elettromagnetico, ovvero a quelli derivanti dalla sua interferenza con la biologia e la fisiologia degli esseri viventi.

Inoltre, in Italia non sono previste sanzioni per gli impianti emissivi che superano i limiti di legge, o per quelli che contribuiscono a generare una somma di campi elettromagnetici superiori al limite consentito per un'area abitata. In ogni caso, se sono superati i limiti totali o puntuali, si applicano procedure cosiddette di “riduzione a conformità”, almeno per gli impianti di telecomunicazioni. L'adeguamento degli impianti è imposto da Province e Regioni, ed è a carico del titolare dell'impianto.

La violazione delle normative relative alle emissioni elettromagnetiche e l'emissione di onde elettromagnetiche al di fuori dei limiti previsti dalla legislazione non sono infatti menzionate nel **D. Lgs. 231/2001**, e non comportano responsabilità amministrativa delle società private o Enti. Né sono contemplati fra le fattispecie di reati ambientali dal **D. Lgs. n. 121/2011** (emesso in attuazione della Direttiva 2008/99/CE, in materia di tutela penale dell'ambiente). Ma ci si può comunque difendere ¹.

Vi è, infine, una distinzione fra campi elettromagnetici *ad alta frequenza* (10 kHz - 300 GHz), fra i quali rientrano ad es. i campi generati dagli impianti radio-TV e di telefonia mobile, e campi *a bassa frequenza* (0 Hz - 10 kHz), fra i quali rientrano i campi generati dagli elettrodomesti, che emettono campi elettromagnetici a 50 Hz (in Italia, 60 Hz negli USA). Infatti, i meccanismi di interazione di tali campi con gli esseri viventi – e

quindi le possibili conseguenze per la salute – variano con la frequenza.

Si noti che i limiti di legge italiani che esporremo nei prossimi paragrafi si riferiscono alla popolazione generale, non ai lavoratori. A livello nazionale, il riferimento normativo per la sicurezza nei luoghi di lavoro è infatti costituito dal **D. Lgs. 159/2016**, che è una “Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici)”, e dal precedente **D.Lgs. 81/2008**, “Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro”.

I limiti italiani previsti per le alte frequenze

In Italia, la **legge quadro 36/01** prevede, per le intensità dei campi elettromagnetici:

- un “limite di esposizione” (per la tutela da effetti acuti);
- un “valore di attenzione” (per la tutela da effetti a lungo termine);
- un “obiettivo di qualità” (per la minimizzazione dell’esposizione).

Il *limite di esposizione* è il valore che non deve mai essere superato per le persone non professionalmente esposte (quindi il pubblico) per la tutela da **effetti acuti**. Il *valore di attenzione* si applica agli ambienti residenziali e lavorativi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore giornaliere, e loro pertinenze esterne, che siano fruibili come ambienti abitativi quali balconi, terrazzi e cortili esclusi i lastrici solari. Sono quindi escluse, ad esempio, strade e piazze, per le quali si applica il limite di esposizione.

In particolare, il *valore di attenzione* è assai importante, in quanto assunto a titolo di misura di cautela per la protezione da possibili **effetti a lungo termine** eventualmente connessi con le esposizioni a impianti che generano campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. L'*obiettivo di qualità*, invece, è un valore che dovrebbe essere raggiunto nel caso di nuove costruzioni, in altre parole si applica ai progetti successivi alla data di emanazione del decreto che li stabilisce per legge.

Per i campi elettromagnetici **ad alta frequenza** (da 100 kHz a 300 GHz), i limiti di legge sono previsti dal **DPCM 8.7.2003** (G.U. n. 199 del 28.8.2003), dal titolo: “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori

di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz”.

Il limite di esposizione previsto dal decreto in questione, relativo ai *campi elettrici* prodotti da una sorgente fissa di frequenza compresa fra 100 KHz e 300 GHz, è compreso fra 20 V/m e 60 V/m a seconda della frequenza della radiazione (v. tabella qui sotto). Il *valore di attenzione* e l'obiettivo di qualità sono invece di **6 V/m** (il primo è per i luoghi in cui si staziona almeno 4 ore al giorno), valori pari al doppio di quelli previsti in altre nazioni fuori dall'Unione Europea. Nel canton Ticino, ad esempio, il valore è di 3 V/m alla base dell'antenna.

Limiti di Esposizione (f = frequenza)	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Densità di Potenza D (W/m ²)
0,1 < f ≤ 3 MHz	60	0,20	---
3 < f ≤ 3000 MHz	20	0,05	1
3 < f ≤ 300 GHz	40	0,10 *	4
Valori di attenzione e obiettivi di qualità (f = frequenza)	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Densità di Potenza D (W/m ²)
0,1M Hz < f ≤ 300 GHz	6	0,016	0,10 (3MHz-300GHz)

I limiti di legge per i campi e.m. ad alta frequenza (da all. B del DPCM 8.7.2003)

Nel caso di esposizioni multiple generate da più impianti, la somma dei relativi contributi normalizzati, definita nell'allegato C del decreto DPCM 8.7.2003 con formule matematiche relativamente complesse, deve essere minore di 1. In caso contrario, si dovrà attuare la cosiddetta “riduzione a conformità”, secondo quanto descritto nel citato allegato C, ma in modo meno stringente se vi è il concorso di contributi di emissione dovuti a impianti delle Forze armate e delle Forze di polizia.

Da notare che, secondo la legge in questione, i valori limite riportati in tabella si applicano agli impianti fissi (come ad es. le stazioni radio base

della telefonia, le stazioni trasmettenti radio-televisive, etc.), ma non ai dispositivi mobili come i cellulari, per i quali nel nostro Paese *non* esiste una soglia specifica, se non quella europea del SAR (che però viene auto-certificato), di cui parleremo più avanti.

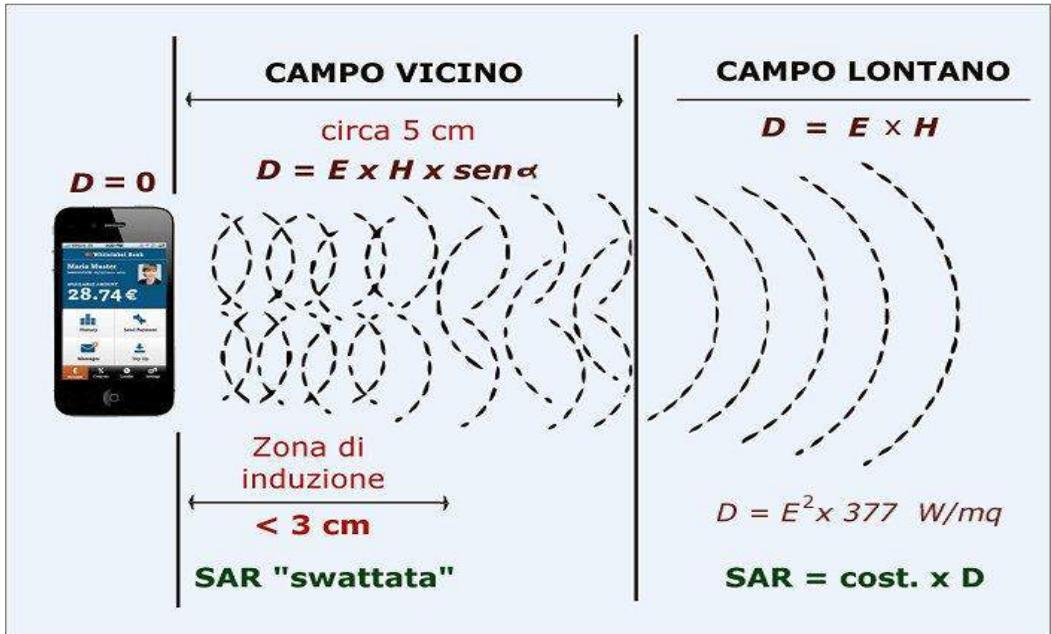
Si noti inoltre che, per i campi ad alta frequenza (purché di frequenza superiore a 300 Mhz), in generale non è necessario misurare a parte il valore del *campo magnetico* (H), essendo quest'ultimo semplicemente proporzionale a quello elettrico (E): infatti nel vuoto (o, con ottima approssimazione, in atmosfera) $E = 377 \times H$, per cui in pratica è sufficiente misurare il solo campo elettrico. Invece, la densità di potenza (D) è legata al campo elettrico dalla semplice relazione: $D = E^2 / 377 \text{ W/m}^2$, per cui il misurare solo la componente $|E|^2$ può approssimare la densità di potenza (se, ad es., $E = 6 \text{ V/m}$, ho $D = 100 \text{ mW/m}^2$).

Tuttavia, la proporzionalità fra campo elettrico e campo magnetico (o meglio, di induzione magnetica) è vera *solo* nel “campo lontano” dalla sorgente, *non* nel suo “campo vicino”, il cui raggio si estende dalla sorgente stessa per una distanza pari al massimo tra λ e $D^2/2\lambda$, dove λ è la lunghezza d'onda delle onde del campo e D è la dimensione massima dell'antenna. Ad es. il campo vicino di un'antenna di telefonia UMTS (3G) lunga 80 cm ha raggio $r = 0,64/2,86 \times 10 \text{ m} = 2,24 \text{ m}$; mentre, per un'antenna GSM (2G) a 960 MHz lunga 120 cm (che non sono state ancora smantellate), ha raggio $r = 1,44/3,125 \times 10 \text{ m} = 4,61 \text{ m}$.

Nel campo *vicino*, invece, campo elettrico e campo di induzione magnetica (che coincide con il campo magnetico in aria, ma non nei materiali) non sono né perpendicolari né proporzionali, e la densità di potenza è “swattata”, cioè il suo modulo è $D = E \times H \times \sin \alpha$, dove α è l'angolo formato tra le direzioni dei vettori E ed H . Alla sorgente i due campi possono essere paralleli, per diventare poi, alle soglie del campo lontano, perpendicolari. All'origine, quindi, $D = 0$, per diventare $D = E \times H$ in campo lontano. Quali sono le conseguenze di ciò?

Secondo Livio Giuliani, “in Italia i telefonini che producono a 3 cm per il GSM (rete 2G) a 1,5 cm per l'UMTS (rete 3G) a 1 cm per l'LTE (rete 4G) più di 40 V/m o più di 0,1 A/m dovrebbero essere già ora proibiti perché non risultano essere conformi ai tetti di radiofrequenza compati-

bili con la salute umana stabiliti all'art. 3 del DM 381/1998, Regolamento di cui all'art 1 comma 6 lett. a n. 15 della legge 31 luglio 1997 n. 249”.



Infatti, come spiega Giuliani, “in tale decreto c'è scritto che ‘in campo vicino’ devono essere rispettati i limiti e il valore di attenzione o misura di cautela tanto per il campo elettrico che per il campo magnetico in aria. Da qui si deduce che, ancorché la norma si riferisca agli impianti fissi, tuttavia è applicabile anche ai telefonini, a meno che non si voglia sostenere che il campo elettromagnetico fa bene o male alla salute a seconda della sua origine e non della sua intensità, frequenza e fase!”.

A tal fine, bisogna distinguere in campo vicino la cosiddetta “zona di induzione”: ovvero quella in cui i due campi, elettrico e magnetico, sono lontani dall'essere perpendicolari. Tale zona, matematicamente caratterizzata come avente distanza dall'origine $d < \lambda/2\pi$, diventa, da un punto di vista ingegneristico, $d < \lambda/10$.

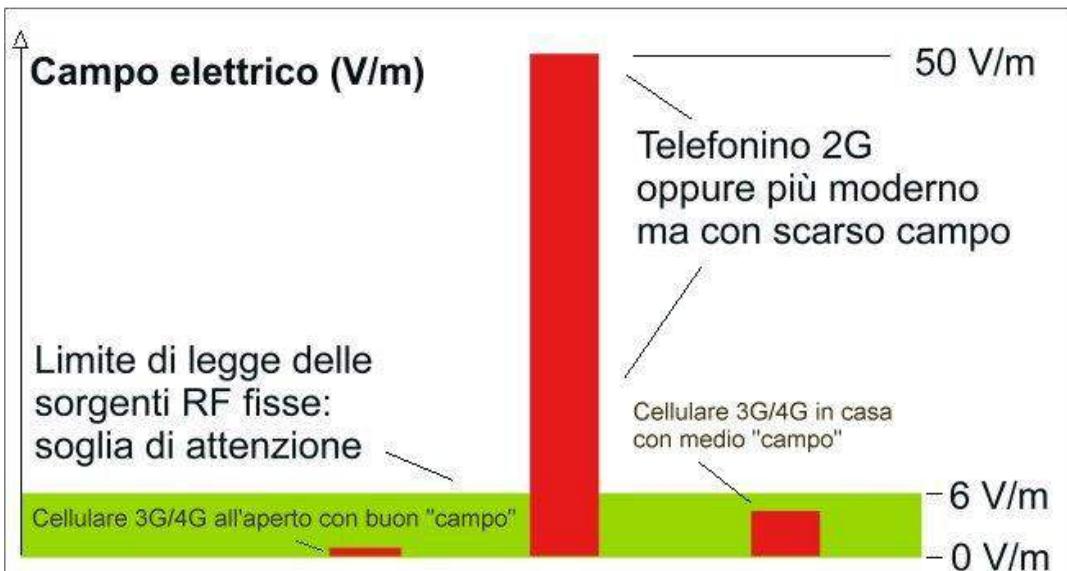
In pratica, per un'onda GSM (rete 2G) a 960 MHz, $d < 31,25/10 \text{ cm} = 3,125 \text{ cm}$; per una LTE (rete 4G) a 2,6 GHz, $d < 14,29/10 \text{ cm} = 1,43 \text{ cm}$; donde le raccomandazioni di tenere il telefonino ad una distanza di 1,5 cm dal corpo, presente in molti foglietti di istruzioni dei telefonini dove è riportato il SAR (di cui parleremo più avanti). Il SAR è proporzionale alla densità di potenza, ma nella zona di induzione del telefonino

la densità di potenza è fortemente “swattata”, per cui lì *non* è rappresentativa del reale campo elettrico o magnetico, bensì lo sottostima!

I limiti per le radiofrequenze a casa e all'aperto

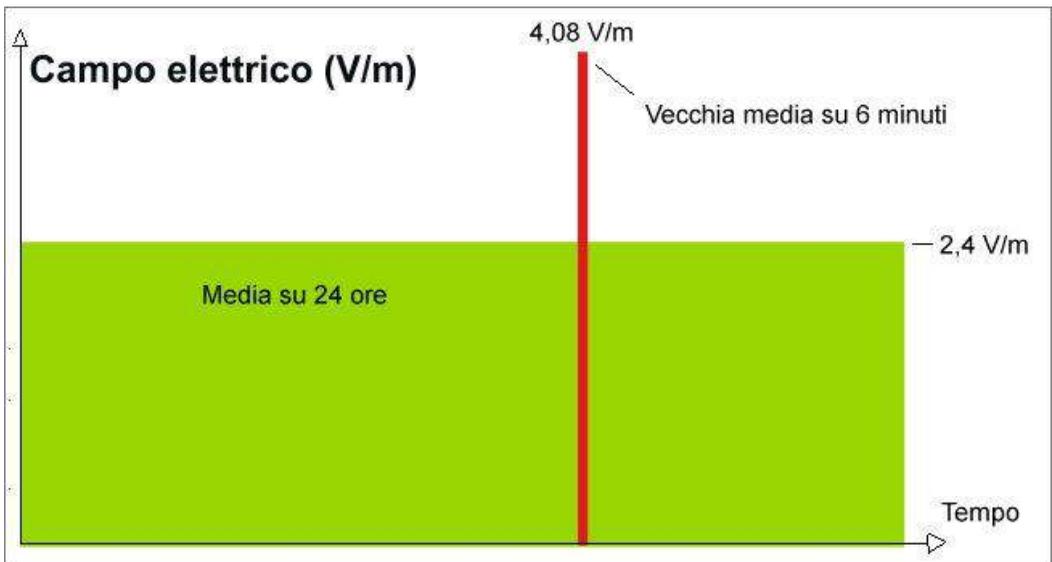
In pratica, a casa, nel giardino della propria abitazione ed a scuola il limite per le radiofrequenze previsto dalla legge italiana è di **6 V/m** per l'intensità del campo elettrico e di **100 mW/m²** per la densità di potenza. Invece all'aperto, ove non sia prevista una permanenza prolungata delle persone, il limite previsto attualmente dalla normativa varia tra 20 e 60 V/m, a seconda della frequenza della sorgente.

A titolo di esempio, un vecchio cellulare GSM operante su rete 2G alla potenza di 1 W crea un campo di circa 6 V/m già a un metro di distanza e di **60 V/m** a 10 cm (i moderni smartphone 4G di solito emettono molto meno: circa 1-5 V/m a 10 cm se il “campo” è buono/medio). I vecchi telefonini che usano il 2G sono noti per comunicare a piena potenza quando si collegano a un numero, perciò un modello vecchio – o magari uno nuovo con poco “campo” – sarebbe facilmente “fuori legge” se gli si applicasse tale normativa. Guarda caso, nel nostro Paese non esiste una normativa che regola il campo elettrico prodotto dai cellulari.



Molti telefonini vecchi e nuovi sarebbero fuori legge se a pochi cm da essi si applicasse loro la stessa soglia di legge che si applica per le sorgenti RF fisse.

Ma, con la **legge n. 221/2012**, correlata all'implementazione della tecnologia 4G (LTE), i limiti di esposizione della popolazione alle radiofrequenze sono in realtà ulteriormente aumentati, poiché il valore di 6 V/m non è più calcolato come media nei 6 minuti di rilevazione (previsti nel decreto del 2003), ma come media delle emissioni *nell'arco delle 24 ore*, per cui i picchi massimi oltre i 6 V/m sono oggi legalmente ammortizzati dai valori minimi registrati nelle ore notturne (quando si utilizzano poco i cellulari). Così, un valore massimo giornaliero su 6 minuti può essere ad es. di 4,08 V/m, ma la media su 24 ore di 2,4 V/m.



Il trucco dello “spalmare” per legge su 24 ore i valori del campo misurati per ottenere di fatto un limite di legge più basso.

Tuttavia, sull'argomento la dottoressa Fiorella Belpoggi, direttrice della ricerca all'Istituto Ramazzini – Centro di Ricerche sul Cancro “Cesare Maltoni”, raccomanda al Governo: “Occorre modificare il sistema di monitoraggio, in modo che le misurazioni dell'esposizione ai campi a radiofrequenza nelle abitazioni non vengano più fatte sulla base di una media nelle 24 ore, ma che vengano al contrario eseguite in maniera puntiforme, senza che *nell'intera giornata* venga superato il limite di 6 V/m”.

Inoltre, come spiega Maurizio Martucci nel suo libro *Manuale di difesa per elettrosensibili*, nel 2016 “un decreto attuativo del ministro Galletti ha inserito nuovi vincoli per l'assorbimento delle onde da parte degli edifici (sia

privati che pubblici, comprese scuole e ospedali), che si traducono in un generoso lascito alla discrezionalità dei gestori telefonici che, attraverso una motivata relazione tecnica, possono certificare una previsione sul tasso di assorbimento elettromagnetico della vostra abitazione tenendo presente la sola presenza di aperture e coperture, tralasciando ogni perizia sul materiale di costruzione dell'edificio”.

Come chiarisce infatti l'esperto prof. Livio Giuliani, portavoce della Commissione Internazionale per la Sicurezza dei campi elettromagnetici, “Alzano il valore limite e di attenzione dei campi elettromagnetici nell'ambiente. Lo fanno, come al solito, senza modificare i disposti del regolamento recante i tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana e confermati dal decreto ambientale DPCM 8/7/2003, ma dando disposizioni (per legge!) su come si fanno le misure”.

Il decreto DPCM 8.7.2003 non si applica per le esposizioni alle radiofrequenze dovute a scopi diagnostici o terapeutici ed a quelle dovute a ragioni professionali per i lavoratori (per i quali valgono, invece, le considerazioni contenute nel **D.Lgs. 81/2008**, in cui viene recepita la direttiva comunitaria specifica n. 2004/40/CE), come ad es. quelli che operano su trasporti azionati elettricamente (quali treni e tram), lavoratori addetti alla manutenzione o installazione delle antenne radio base, etc.

In risposta alla necessità, da tempo avvertita a livello nazionale ma ancor più a livello locale, di un censimento delle sorgenti inquinanti (in particolare, degli impianti per la telefonia cellulare) e, sulla base di quanto previsto dalla legge quadro n. 36/2001), è in corso la costituzione di specifici *catasti* (nazionale e anche regionali) delle sorgenti di campo elettromagnetico come supporto per le attività di controllo, di informazione della cittadinanza e, soprattutto, per l'attività di pianificazione.

I limiti italiani previsti per le basse frequenze

Per i campi elettromagnetici **a bassa frequenza** – ma solo per quelli a *frequenza industriale* (50 Hz) generati da elettrodotti – i limiti di legge, sia per il campo elettrico sia per quello magnetico, sono previsti dal **DPCM 8.7.2003** (G.U. n. 199 del 29.8.2003), dal titolo: “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici

alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”.

Il decreto in questione prevede un limite di esposizione di 100 μT per l'induzione magnetica e di 5000 V/m per il campo elettrico; lo stesso decreto fissa per l'induzione magnetica (cioè, in parole povere, per il campo magnetico) un *valore di attenzione* a 10 μT e per l'obiettivo di qualità a **3 μT** . Questi limiti vanno applicati, come per le alte frequenze, a tutti i luoghi ad alta frequentazione e dove si prevede una permanenza non inferiore alle 4 ore giornaliere e, per il solo obiettivo di qualità, ai nuovi progetti successivi alla data di emissione del decreto.

<i>soglie di riferimento</i>	<i>campo di induzione magnetica (μT)</i>	<i>campo elettrico (V/m)</i>
limite di esposizione	100	5000
valore di attenzione	10	La normativa non prevede soglie di riferimento
obiettivo di qualità	3	

I limiti di legge per i campi a 50 Hz generati da elettrodotti (DPCM 8.7.2003)

Si noti che, nel caso degli elettrodotti – e, più in generale, delle onde elettromagnetiche a bassa frequenza – i limiti sui campi magnetici sono più importanti di quelli sui campi elettrici, non fosse altro perché questi ultimi vengono facilmente abbattuti dalle mura degli edifici e dagli abitacoli dei veicoli, mentre i campi magnetici lentamente variabili, al contrario, non sono schermabili, ed inoltre, secondo la letteratura scientifica, risultano essere maggiormente responsabili degli effetti sanitari.

Perciò, come misura di cautela per la protezione da eventuali effetti a lungo termine connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di **10 μT** , da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Diversamente, nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella pro-

gettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, è fissato l'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$ per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi sempre come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore.

Lo strumento attraverso il quale viene garantita l'applicazione dell'obiettivo di qualità è la cosiddetta “fascia di rispetto degli elettrodotti”, ossia una porzione di territorio intorno alla linea (o alla cabina), all'interno della quale l'induzione magnetica supera $3 \mu\text{T}$; all'interno di tali fasce non è consentito costruire edifici adibiti a permanenza prolungata (non inferiore a 4 ore giornaliere). Tale concetto si applica sia ai nuovi edifici rispetto agli elettrodotti esistenti, sia ai nuovi elettrodotti rispetto alle strutture esistenti.



La fascia di rispetto di un elettrodotto (volume evidenziato in rosa).

La presenza di un elettrodotto comporta un vincolo per il territorio: la possibilità di edificare in prossimità di un elettrodotto è condizionata dalla destinazione d'uso della nuova opera con riferimento al tempo di occupazione previsto per la popolazione. La normativa prevede che sia il gestore a calcolare la fascia di rispetto per ogni singola linea. Il gestore calcola anche la “Distanza di Prima Approssimazione” (DPA), che rap-

presenta semplicemente la proiezione al suolo della fascia di rispetto valutata con parametri cautelativi.

Si tratta, in sostanza, di un corridoio tracciato sul terreno, da entrambi i lati della linea. La Distanza di Prima Approssimazione (DPA) non sostituisce la fascia di rispetto: ne rappresenta un'approssimazione bidimensionale utile per la gestione del territorio e per la pianificazione urbanistica. La sua ampiezza varia in funzione della corrente circolante e del tipo di elettrodotto. Il calcolo delle fasce di rispetto e delle DPA è previsto per le linee elettriche di alta e media tensione e per le cabine elettriche.

Per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, si deve fare riferimento all'obiettivo di qualità ed alla *portata in corrente* in servizio normale dell'elettrodotto – come definita dalla norma CEI 11-60 – che deve essere dichiarata dal gestore al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, per gli elettrodotti con tensione superiore a 150 kV, e alle regioni, per gli elettrodotti con tensione non superiore a 150 kV, ai fini delle verifiche da parte delle autorità competenti.

Si noti che i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità previsti dal decreto in questione non si applicano ai lavoratori esposti per ragioni professionali. Inoltre, a tutela delle esposizioni a campi a frequenze comprese tra 0 Hz e 100 kHz, generati da *sorgenti non riconducibili* agli elettrodotti, si applica l'insieme completo delle restrizioni stabilite nella raccomandazione del Consiglio dell'Unione europea del 12 luglio 1999, pubblicata nella G.U.C.E. n. 199 del 30 luglio 1999.

Invece, per le “procedure tecniche di misura e valutazione dell'induzione magnetica” – cioè del campo magnetico prodotto da un elettrodotto – occorre fare riferimento al Decreto 29 maggio 2008 pubblicato nella G.U. n.153 del 2.7.2008. Infine, per chi fosse interessato alla “metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”, occorre fare riferimento al Decreto 29 maggio 2008 pubblicato, questa volta, nella G.U. n.156 del 5.7.2008.

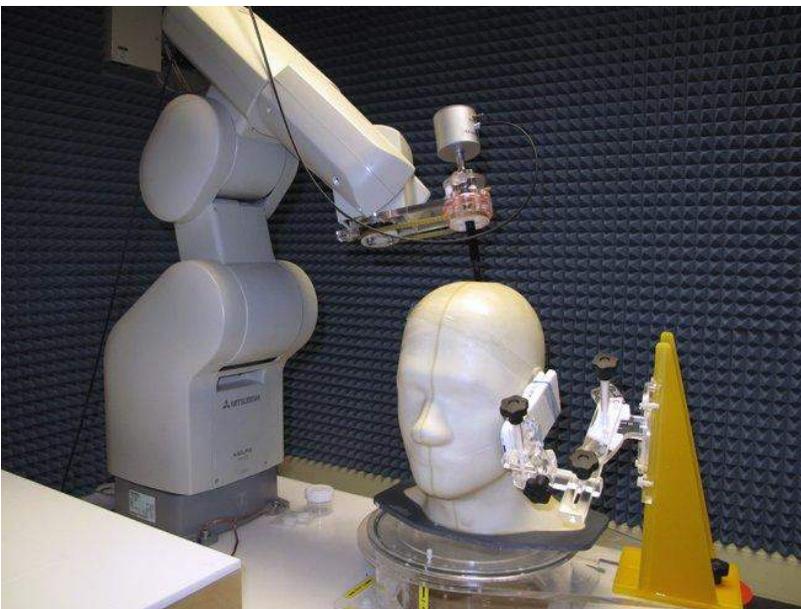
I limiti di esposizione per i telefoni cellulari

Oggi, nell'epoca del 4G (non sappiamo cosa succederà con il 5G), la gran parte della popolazione italiana risulta esposta ancora a valori molto

bassi di campo elettrico “ambientale” ($< 0,5 \text{ V/m}$), mentre è noto come l’esposizione al telefono cellulare possa raggiungere livelli di campo elettrico decisamente più elevati: in alcune condizioni, il cellulare può costituire la maggior fonte di esposizione a campi elettromagnetici (fino al 99% dell’esposizione globale alle radiofrequenze di un individuo).

Come detto in precedenza, nel nostro Paese *non* esiste una soglia specifica per il campo elettrico prodotto dai cellulari, nonostante la stessa legge che regola le emissioni di sorgenti a radiofrequenza fisse dicesse anche che entro i 120 giorni avrebbero stabilito i limiti per le emissioni delle onde elettromagnetiche dei telefoni cellulari. Se ne sono, ahimè, dimenticati. E allora, gli unici limiti esistenti che devono essere rispettati sono quelli del SAR. Sono, però, “rispettati” con delle semplici autocertificazioni prodotte dalle case che i cellulari li producono.

L’esposizione ai campi elettromagnetici generati dal telefono cellulare è molto localizzata e interessa l’area della testa. L’energia emessa dal cellulare, dunque, viene in parte assorbita dalla testa. Esiste perciò un limite che è stato posto sulla quantità massima di energia elettromagnetica che può essere assorbita dalla testa (detta SAR) durante una telefonata: in Europa, tale limite è di **2 W/kg**. Il manuale d’uso del telefono deve, per poter avere la marchiatura CE, riportare l’indicazione di tale quantità.



Un fantoccio usato per stimare il SAR prodotto da un telefonino.

Il SAR (acronimo di *Specific Absorption Rate*) è il cosiddetto “tasso di assorbimento specifico”, ed esprime la misura della percentuale di energia elettromagnetica assorbita dal corpo umano quando questo viene esposto all’azione di un campo elettromagnetico a radiofrequenza (RF). Più specificamente, il SAR è definito come “la quantità di energia elettromagnetica che viene assorbita nell’unità di tempo da un elemento di massa unitaria di un sistema biologico”, per cui la sua unità di misura è il Watt/chilogrammo (o W/kg).

Non esiste una normativa specifica italiana che regolamenti i limiti di esposizione per i cellulari, ma nel mondo vari Paesi hanno definito dei limiti sul SAR che vengono fatti passare come dei limiti di sicurezza di esposizione. Ad esempio, negli Stati Uniti la Commissione Federale per le Comunicazioni (FCC) impone un SAR inferiore a **1,6 W/kg**, mediato su 1 grammo di tessuto. Nell’Unione europea, come fissato dal Comitato europeo di normazione elettrotecnica (CENELEC), il valore massimo consentito è di 2 W/Kg, mediati su 10 grammi di tessuto. Ma sono misurati su solo 6 minuti in Europa e su 30 minuti negli USA: difficilmente oggi una persona parla per solo 6 minuti!

Gli esperimenti fatti sull’uomo e sugli animali indicano che un assorbimento esteso a tutto il corpo fra 1 e 4 W/kg comporta un aumento di temperatura inferiore a 1 °C. L’esposizione prolungata con SAR > 4 W/kg provoca aumenti di temperatura interna superiori a 1-2 °C e può risultare in danni irreversibili. Ad esempio, negli esperimenti sui ratti condotti negli USA dal National Toxicology Program, l’esposizione a livelli di 10 W/kg ha indotto aumenti eccessivi della temperatura corporea, portando a mortalità gli animali.

Il limite di 2 W/kg per l’Europa – che è stato formalizzato nella Raccomandazione del Consiglio Europeo 1999/519/EC ed è, secondo il metodo di calcolo europeo, mediato su 10 grammi di tessuto contiguo (ovvero con proprietà elettriche quasi omogenee) in un periodo di 6 minuti – è stato fissato tenendo conto del fatto che: l’esposizione alla sorgente non è continua; il metabolismo del cervello è più elevato di quello del corpo, per cui le sue capacità di termoregolazione sono superiori.

Limiti di base per i campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (0 Hz-300 GHz)						
Gamma di frequenza	Densità di flusso magnetico (mT)	Densità di corrente (mA/m ²) (rms)	SAR mediato sul corpo intero (W/kg)	SAR localizzato (capo e tronco) (W/kg)	SAR localizzato (arti) (W/kg)	Densità di potenza S (W/m ²)
0 Hz	40	—	—	—	—	—
>0-1 Hz	—	8	—	—	—	—
1-4 Hz	—	8/f	—	—	—	—
4-1 000 Hz	—	2	—	—	—	—
1 000 Hz-100 kHz	—	f/500	—	—	—	—
100 kHz-10 MHz	—	f/500	0,08	2	4	—
10 MHz-10 GHz	—	—	0,08	2	4	—
10-300 GHz	—	—	—	—	—	10

I limiti sulla SAR dei cellulari e, più in generale, dei dispositivi radioemittenti fissati dal Consiglio UE nel 1999.

Per l'esposizione dell'intero corpo esiste un limite, fissato dall'ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, che, lo ricordiamo, è un organismo privato), di 0,08 W/kg mediato rispetto all'intero corpo. Un SAR per l'intero corpo di 0,4 W/kg, dunque, è stato scelto come la restrizione che offre protezione adeguata per l'esposizione professionale. Un fattore di sicurezza aggiuntivo di 5 è stato introdotto per l'esposizione del pubblico, dando così un valore medio per il limite del SAR per l'intero corpo di 0,08 W/kg.

Il SAR viene usato per misurare l'esposizione ai campi elettromagnetici con frequenza portante compresa tra 100 kHz e 10 GHz. È comunemente usato per misurare l'energia assorbita dal corpo umano dai telefoni cellulari o, ad esempio, durante una sessione di risonanza magnetica tomografica. Esso vuole indicare la stima dell'energia elettromagnetica assorbita nell'unità di tempo e quindi della potenza assorbita da un soggetto irradiato. Non è però appropriato assimilare questa grandezza alla dose assorbita, che è usata per le radiazioni ionizzanti.

Si noti, inoltre, che – come sottolineato già nel 1993 dall'Istituto nazionale per la sicurezza e la salute sul lavoro (NIOSH) statunitense – lo

standard di legge è inadeguato perché “si basa su un solo meccanismo dominante: gli effetti nocivi sulla salute causati dal riscaldamento del corpo”. Oggi sappiamo, grazie a migliaia di articoli scientifici pubblicati su riviste *peer-reviewed*, che vi sono vari effetti biologici non termici dei campi elettromagnetici a radiofrequenza con esposizioni a soglie ben più basse di quelle di legge, sia a lungo termine che a breve termine: uno di questi ultimi è l'elettrosensibilità, patologia poco nota e spesso assai seria, di cui ora sveleremo alcuni aspetti sconcertanti.

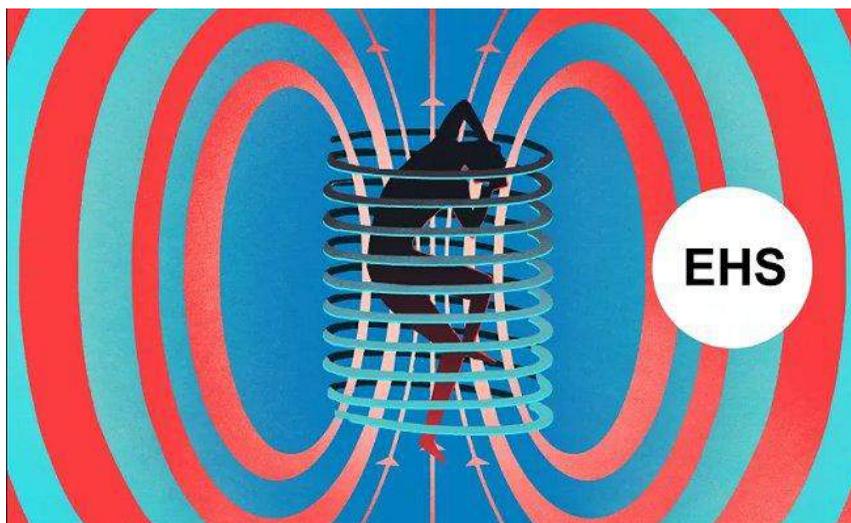
CAPITOLO 6

ELETTROSENSIBILITÀ: UNA CONDIZIONE INVALIDANTE DIFFUSA

In questo capitolo parleremo ampiamente del poco noto problema della *elettrosensibilità*, grazie anche al contributo divulgativo del dott. Paolo Orio, medico e presidente dell’“Associazione Italiana Elettrosensibili” (AIE) – oltre che lui stesso elettrosensibile da oltre vent’anni ma ancora in vita, sia pure con grandissima fatica e sofferenza – nel convegno nazionale “Elettrosmog ed elettrosensibilità: 5G esperimento sulla salute”, tenutosi a Viareggio il 6 ottobre 2018.

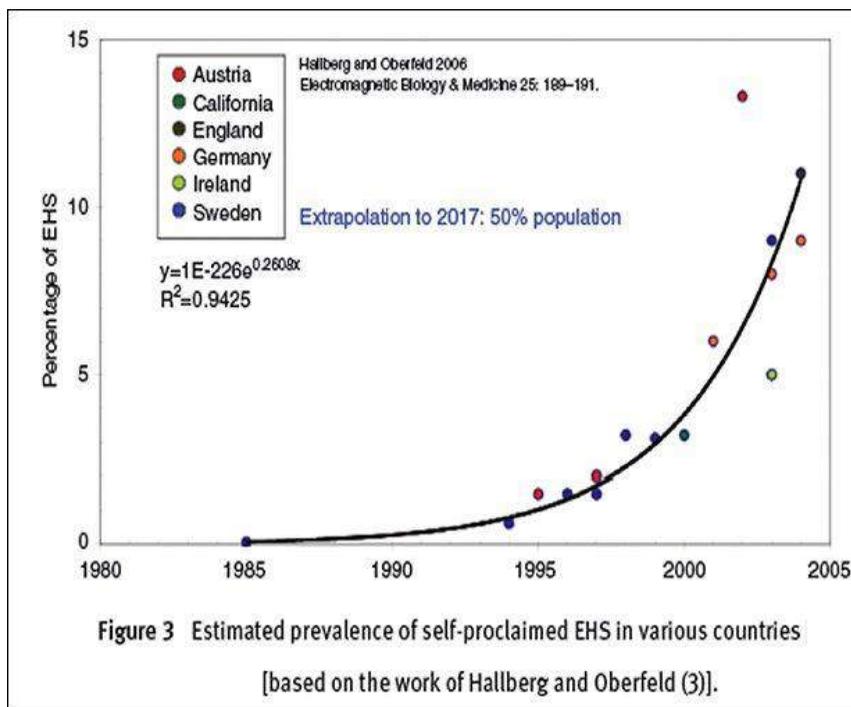
L’elettrosensibilità si può definire come “una reazione avversa multi-organo caratterizzata da sintomi aspecifici che variano per intensità, durata e frequenza e si può verificare in soggetti esposti per motivi residenziali, lavorativi o personali alle radiazioni elettromagnetiche emesse da sorgenti di alta e bassa frequenza a valori di esposizione – si noti bene – *inferiori* rispetto a quelli stabiliti per legge”, e rientra quindi fra gli effetti di natura non termica, che *non* sono considerati dai limiti di legge.

La sindrome di ipersensibilità alle onde elettromagnetiche in una illustrazione di Angelica Alzona.



Qualche anno fa, fino al 3% della popolazione mondiale *in media* era già elettrosensibile, secondo i dati dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), ed il 10% della popolazione colpita è gravemente disabile, come affermato anche in un documento ufficiale dell'OMS: si tratta di dati, e - evidentemente, spaventosi. In Italia, circa 1,8 milioni di persone sono elettrosensibili, ma questo è un dato stimato per difetto, in altre parole sottostima la reale dimensione del problema: le persone colpite sono in realtà molte di più, perché i sintomi dell'elettrosensibilità sono eterogenei e talvolta sfumati, per cui tanti non si rendono conto di averla.

Non a caso, la percentuale di elettrosensibili sulla popolazione generale varia da Paese a Paese e cresce di anno in anno: ad esempio, in Germania era del 6% nel 2002 e del 9% nel 2005; in Austria, del 2% nel 1998 e del 13,3% nel 2003; in Svezia, dello 0,6% nel 1995 e del 9% nel 2004. Il numero di persone elettrosensibili, come illustrato da dati pubblicati dalle varie ricerche svolte nei Paesi di tutta Europa e negli Stati Uniti, è in crescita esponenziale, e – guarda caso – il trend va di pari passo con la diffusione delle tecnologie wireless. Orio lancia quindi un monito: “Immaginiamoci cosa potrebbe succedere con il 5G!”.



La crescita esponenziale del numero di persone elettrosensibili nei vari Paesi avanzati coincide con il boom della telefonia mobile.

Inoltre, l'elettrosensibilità è più frequente nelle donne: il 70% delle persone colpite appartengono al gentil sesso. E non esistono limiti di età a cui si viene colpiti: in pratica, si tratta di una patologia che colpisce anche i bambini. L'elettrosensibilità è spesso – ma non necessariamente – associata alla cosiddetta “Sensibilità Chimica Multipla” (MCS), una malattia cronica che consiste nell'impossibilità di tollerare un certo ambiente chimico o una certa classe di sostanze, a livelli inferiori a quelli generalmente tollerati da altri individui. La MCS è causata dal crescente inquinamento chimico dell'ambiente, ma non solo.



Erika, una donna di 53 anni elettrosensibile che vive in provincia di Pavia, in una bella foto di Claudia Gori. (© C. Gori)

Quali sono i sintomi ed i fattori predisponenti?

I sintomi dell'elettrosensibilità sono soprattutto cefalea (ovvero mal di testa) e vertigini, ma anche nausea, disturbi del sonno in tutte le loro de-

clinazioni (difficoltà nell’addormentamento, risveglio precoce, sonno poco ristoratore, insonnia, e l’alzarsi la mattina sentendosi stanchissimi), vuoti di memoria, difficoltà di concentrazione, difficoltà nell’elaborare il pensiero (dovuta all’ippocampo “impallato”), irritabilità, depressione, tinnito avvertito nell’orecchio, visione offuscata, astenia, arrossamento cutaneo, formicolio, palpitazioni (anche il cuore è in un certo qual modo “impallato” dai campi elettromagnetici), sensazione di pressione al torace, perdita di appetito, malessere generale e senso di inadeguatezza.

Per quasi ogni sintomo citato, non a caso, vi sono già degli studi scientifici che correlano gli effetti biologici alle radiazioni elettromagnetiche. Tuttavia, i sintomi dell’elettrosensibilità appena elencati non sono tutti presenti in un medesimo individuo: variano molto a seconda del soggetto, a seconda delle condizioni in cui è in quel dato momento della sua storia personale, e ci possono essere remissioni importanti come pure recrudescenze improvvise. Se, ad esempio, scappo dalla città e vado in una baita isolata, i sintomi scompaiono e se torno in città ricompaiono, evidenziando un nesso causa-effetto.

I sintomi dell’elettrosensibilità, però, in generale tendono a peggiorare nel tempo, passando attraverso 3 stadi. In compenso, oggi sappiamo – grazie a uno studio effettuato da ricercatori francesi (Belpomme et al., 2015) – che l’elettrosensibilità può essere diagnosticata con *biomarcatori*, quindi in modo oggettivo e misurabile: nell’80% dei casi posso dimostrare uno stress di natura ossidativa attraverso una valutazione di biomarcatori che sottendono alla patologia.

Alcuni dei biomarcatori che permettono di diagnosticare l’EHS.

DE GRUYTER Rev Environ Health 2015; 30(4): 251–271

Dominique Belpomme, Christine Campagnac and Philippe Irigaray*

Reliable disease biomarkers characterizing and identifying electrohypersensitivity and multiple chemical sensitivity as two etiopathogenic aspects of a unique pathological disorder

Table 1: Disease biomarkers investigated in self-reporting EHS and/or MCS patients with their normal values.

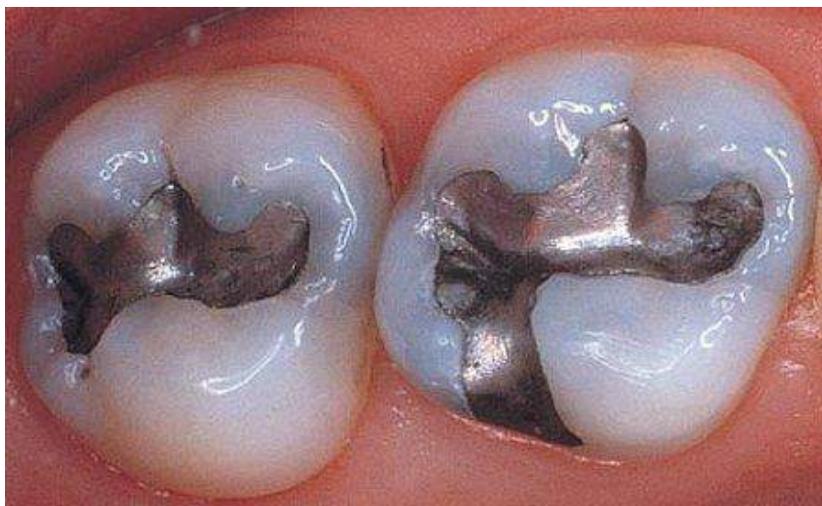
Biomarker	Normal range
High-sensitivity C reactive protein (hs-CRP)	≤ 3 mg/L
Vitamin D2-D3	≥ 30 ng/mL
Histamine	≤ 10 nmol/L
IgE	≤ 100 UI/mL
Protein S100B	≤ 0.105 µg/L
Nitrotyrosine (NTT)	≥ 0.6 µg/L and ≤ 0.9 µg/mL
Heat shock protein 70 (HSP70)	≤ 5 ng/mL
Heat shock protein 27 (HSP27)	≤ 5 ng/mL
Anti-O-myelin autoantibodies	Negative
Hydroxy-melatonin sulfate (6-OHMS)	≥ 5 ng/L and ≤ 40 ng/L
6-OHMS/creatinine	≥ 0.8 and ≤ 8

E di ciò occorre che ne prendano atto anche i detrattori, che hanno per anni sostenuto che gli elettrosensibili fossero persone affette da “effetto nocebo” o da turbe o disturbi psicosomatici. Infatti, questa tesi è smentita in maniera categorica dagli studi fatti sugli animali: non solo sui topi di laboratorio ma anche, ad esempio, sugli uccelli, sugli insetti, etc.

Del resto, come ha spiegato molto bene Orio, “se io testo un soggetto che si dichiara elettrosensibile con dei cosiddetti ‘test di provocazione’ – cioè dei campi elettromagnetici prodotti quando voglio io e nei quali l’elettrosensibile deve dire ‘è acceso’ o ‘non è acceso’, come ha fatto una volta l’OMS – vuol dire che non ho capito (o non voglio capire) nulla dell’elettrosensibilità: un elettrosensibile può avvertire molto le radiazioni elettromagnetiche ad alta frequenza, un altro magari avverte molto quelle a bassa frequenza, uno avverte un campo elettromagnetico dopo un minuto, un altro dopo un’ora, un altro dopo due ore. Se faccio un test di un’ora, chi avverte i sintomi dopo due ore è tagliato fuori. Analogamente, se faccio un test con le alte frequenze, chi è sensibile alle basse frequenze è tagliato fuori. E così via”.

Tra i fattori predisponenti all’elettrosensibilità, troviamo gli impianti di protesi metalliche e la presenza di amalgame dentarie. Le placche metalliche possono aumentare l’assorbimento delle onde elettromagnetiche di centinaia di volte e, secondo alcuni studi scientifici, rappresentano un fattore di rischio per l’ipersensibilità elettromagnetica (EHS), o ipersensibilità. L’amalgama, invece, è un composto di metalli tossici che veniva usato in odontoiatria per le otturazioni delle carie dentali.

Amalgama contenente metalli usato in otturazioni dentali.



Esso rilascia nanoparticelle durante l'igiene dentale, la masticazione e con l'usura, il che può modificare o inibire il sistema immunitario; e funge da antenna captando le onde irradiate dalle sorgenti elettromagnetiche.

Altro fattore predisponente l'elettrosensibilità è l'esposizione rilevante, per motivi residenziali o lavorativi, a fonti di campi elettromagnetici. Non a caso, essa emerse già all'inizio del secolo scorso. Le prime persone a esserne interessate furono gli installatori di linee telegrafiche e gli operatori di centralini telefonici. I sintomi della malattia includevano: disturbi nervosi (dove il nome di *nevrastenia*, o astenia nervosa), depressione, ansia estrema, esaurimento, convulsioni, stato di incoscienza, eruzioni cutanee e tutta una serie di altri malesseri. I sintomi divennero così gravi che nel 1907 gli operatori di centralino telefonico Bell di Toronto scioperarono, chiedendo orari di lavoro molto più brevi.

In seguito, i sintomi dell'elettrosensibilità e il nome dato alla malattia sostanzialmente si sono evoluti con gli sviluppi della tecnologia. Così, negli anni '60 e '70 e si parlava spesso, in ambito lavorativo, di "malattia da onde radio", provocata dall'esposizione professionale alle radiofrequenze.

Malattia da Onde Radio

Clinical studies of workers exposed on the job

Sadchikova	1960	525 workers exposed to microwave generating equipment
Sadchikova	1974	1180 workers
Klimkova-Deutschova	1974	530 workers from 29 places of employment
Baranski and Edelwejn	1975	Workers in the Military Institute of Aviation Medicine, Warsaw
Zalyubovskaya and Kiselev	1978	Study of 72 engineers and technicians
Bachurin	1979	100 television, radio and other workers
Sadchikova	1980	50 industrial workers
Chiang	1981	841 workers in 11 factories
Gorbach	1982	142 workers exposed to microwave equipment
Trinos	1982	2247 workers at two industrial plants
Markarov	1995	53 workers exposed to low-dose radio waves

Alcuni esempi documentati di "malattia da onde radio".

A metà degli anni '80, il prof. Olle Johansson scopre una nuova sintomatologia legata all'uso dei videotermini, che viene definita come “malattia da schermo”, e caratterizzata da arrossamento cutaneo al volto, perdita di memoria, affaticamento, insonnia, vertigini, nausea, cefalea, palpitazioni. Nel 2000, con la diffusione delle tecnologie wireless iniziata negli anni '90, si parla ormai anche di “sindrome da microonde”, caratterizzata da astenia, stanchezza, irritabilità, nausea, cefalea, anoressia, depressione, bradicardia, tachicardia, iper- o ipotensione, sonnolenza, insonnia, allergie cutanee, eczema, psoriasi.

Perché è una vera emergenza sanitaria e sociale

L'Associazione Italiana Elettrosensibili nasce nel 2005 come risposta concreta e fattiva a un'emergenza nata sul territorio nazionale: moltissime persone già allora in Italia manifestavano disturbi con sintomatologie aspecifiche correlati all'esposizione alle radiazioni elettromagnetiche *sia di alta che di bassa frequenza*. Si tratta di persone allo sbando, e in parte lo sono ancora oggi, ma grazie anche alla presenza di associazioni come questa possono avere un ascolto, una condivisione, e medici elettrosensibili si offrono per fare una diagnosi di elettrosensibilità, che molti medici di base oggi non sono in grado di fare.

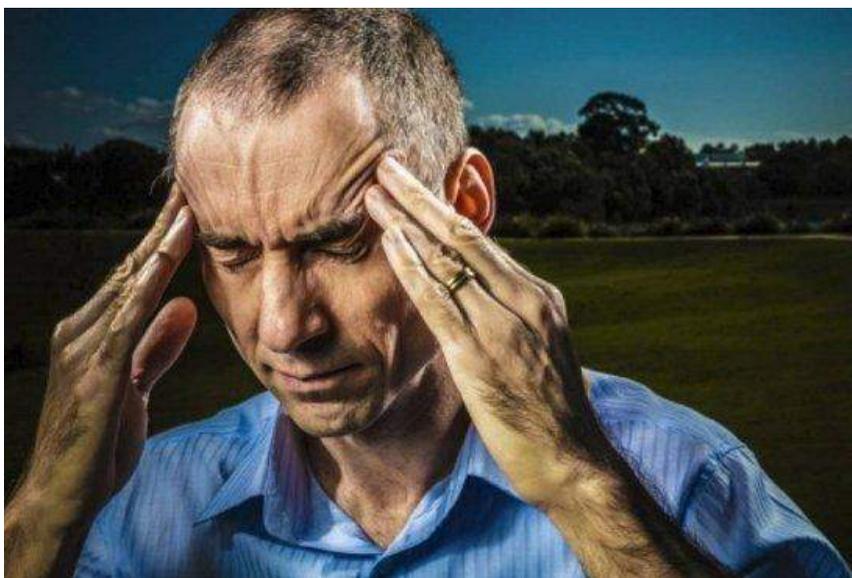
Una delle campagne dell'Associazione Italiana Elettrosensibili.

ELETTROSMOG
Un'emergenza sottovalutata

Difenditi e proteggi i tuoi cari dall'elettrosmog, un serio pericolo per la salute di tutti gli esseri viventi e per l'ambiente.
Collabora e aiuta le Associazioni, i Comitati, i Ricercatori indipendenti impegnati contro il dilagare dell'inquinamento elettromagnetico e la preoccupante crescita di malattie come l'elettrosensibilità.

ASSOCIAZIONE ITALIANA
**ELETTRO
SENSIBILI**

Per le persone che hanno un'elettrosensibilità grave, la loro condizione si traduce solitamente nel perdere le amicizie, il rapporto con i familiari, l'attività lavorativa, sino al ritiro sociale. Si tratta di persone che non possono usare il cellulare, il Wi-Fi, il computer, non possono viaggiare su un treno, su un pullman, in metropolitana, e sono spesso costrette a vivere a lume di candela rinchiusi a casa propria. Perciò, abbiamo a che fare con uomini e donne disperate, specie se c'è il Wi-Fi sul posto di lavoro che li fa star male, anche se in alcuni di questi casi i medici del lavoro dell'Associazione Italiana Elettrosensibili, certificando la situazione di tali persone, sono riusciti almeno a far loro mantenere il posto di lavoro.

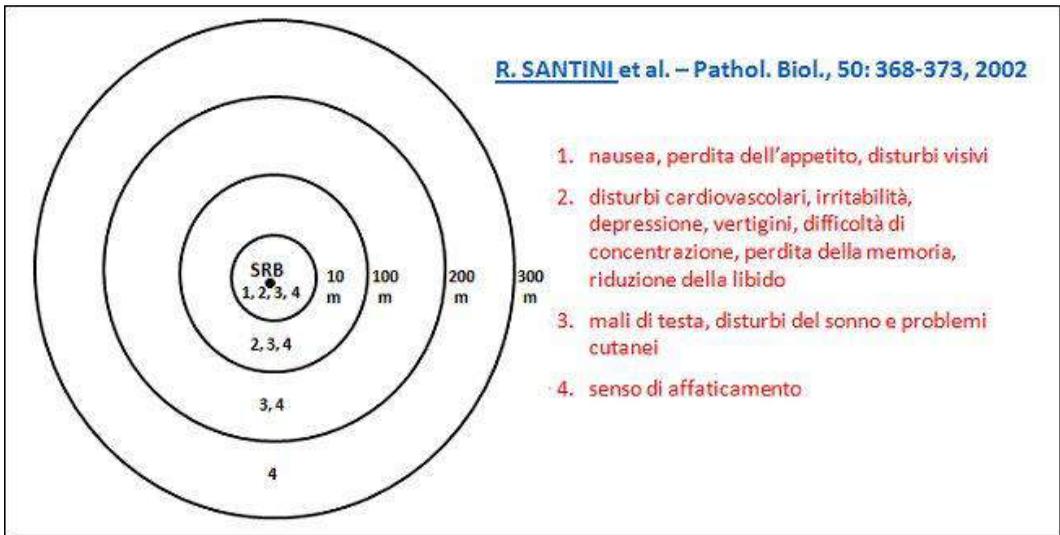


L'elettrosensibilità può portare all'esasperazione ed a gesti molto drammatici.

Non stupisce, quindi, che talvolta tutto ciò porti a esiti ancora più drammatici, che dovrebbero farci riflettere sulla gravità della situazione. A tal proposito, nel già citato convegno sull'elettrosmog, Orio ha illustrato il commovente – ma non così raro – caso di una ragazzina, Jenny, che si è suicidata a 15 anni a causa di una elettrosensibilità conclamata derivante da un'esposizione al Wi-Fi installato a scuola. “Ecco perché”, ha spiegato Orio, “il Wi-Fi non va installato a scuola: la scuola va cablata, per garantire una sicurezza certa per la salute di bambini e ragazzi”.

Anche le antenne delle stazioni radio base usate dalla telefonia mobile hanno effetti *a breve termine* sulle persone elettrosensibili: come mostrato

da uno studio epidemiologico svolto in Francia, dal titolo “Survey Study of People Living in the Vicinity of Cellular Phone Base Stations” e pubblicato nel 2003 sulla rivista *Electromagnetic Biology and Medicine*, più ci si avvicina a un’antenna di questo tipo e più si manifestano i disturbi della elettrosensibilità, mentre più ci si allontana e più questi disturbi diminuiscono. Lo studio ha analizzato gli effetti reali avvertiti dalla popolazione esposta grazie a un questionario compilato da 530 persone che vivevano o meno in prossimità di stazioni radio base di telefonia cellulare.



Effetti a breve termine riscontrati a varie distanze da una stazione radio base secondo lo studio di Santini ed al. (2002).

Sono stati considerati diciotto diversi sintomi, descritti come “malattia da radiofrequenza”. I risultati ottenuti sottolineano che alcuni sintomi vengano sperimentati solo nelle immediate vicinanze delle stazioni radio base (fino a 10 metri per nausea, perdita di appetito, disturbi visivi), e altri a maggiori distanze dalle stazioni radio base (fino a 100 m per irritabilità, tendenze depressive, abbassamento della libido e fino a 200 m per mal di testa, disturbi del sonno, sensazione di disagio). Nella zona da 200 a 300 metri, solo il sintomo di affaticamento è vissuto significativamente più spesso rispetto a soggetti che risiedono oltre i 300 metri di distanza o non esposti (gruppo di controllo).

Come poi ha spiegato Orio, “il Parlamento dell’Unione Europea, in una risoluzione del 2009, ha detto che gli stati membri dovrebbero ricono-

scere l'elettrosensibilità come disabilità; come ha fatto, ad esempio, la Svezia, dove gli elettrosensibili sono considerati disabili, con una serie di vantaggi: pari opportunità, schermatura delle case, ospedali con stanze 'low radiation', obbligo del datore di lavoro a darti la possibilità di schermare tutto e quindi di poter lavorare in maniera adeguata, etc.¹ E il Consiglio d'Europa ha dichiarato, nel 2011, che bisogna creare, per gli elettrosensibili che soffrono della sindrome di intolleranza ai campi elettromagnetici, delle zone 'wave free' non coperte da segnali wireless. Ma quando mai ciò accadrà con il 5G, che non lascerà un millimetro quadrato del pianeta non coperto dal segnale?"

Per vedere riconosciuti i propri diritti, è senza dubbio fondamentale che l'Organizzazione Mondiale della Sanità riconosca l'elettrosensibilità come un vero e proprio stato di malattia nei codici ICD (International Classification of Disease), come accade per polmonite, cistite, SLA, etc. Ad esempio, quale "sindrome da intolleranza ai campi elettromagnetici", come i ricercatori francesi hanno appena chiesto all'OMS. Ciò darebbe agli elettrosensibili diritti che altrimenti non hanno. Gli elettrosensibili sono persone che oggi, in Italia, hanno zero diritti. Sono considerati dei reietti, degli scarti. Se un elettrosensibile va da un medico di base, non ha diritto a una diagnosi, non ha diritto a una prognosi, né a una terapia.

Linea guida dell'Associazione Medica Austriaca per la diagnosi e il trattamento di problemi di salute e malattie collegate ai campi elettromagnetici (sindrome EMF)

Articolo dell'Austrian Medical Association's EMF Working Group (AG-EMF)

Adottato al meeting dei funzionari di medicina ambientale dell'Associazione Medica Regionale e dell'Associazione Medica Austriaca il 3 Marzo 2012 in Vienna.

(traduzione in italiano - v20131223 - <http://www.elettrosmogsicilia.org>)

Raccomandiamo che il codice Z58.4 (Esposizione a radiazioni) sotto la Classifica Internazionale delle Malattie (ICD-10) sia utilizzata per la sindrome EMF per il momento.

L'Associaz. Medica Austriaca fornisce un codice temporaneo per la sindrome EMF.

Insomma, è come se il problema non esistesse, ma esiste eccome. Orio ha raccontato che “all’Associazione Italiana Elettrosensibili, pur non essendo particolarmente conosciuta, chiamano due persone al giorno. Ci arrivano persone dopo aver passato dieci anni di calvario fra medici di base, neurologi, psichiatri, naturopati, endocrinologi, allergologi, otorinolaringoiatri. Chi paga questo costo di vita? E poi ci contattano per bambini malati, quattordicenni malati che non possono più andare a scuola, che non possono più varcare la soglia dell’aula di informatica perché stanno malissimo, sono devastati, devono prendersi insegnati privati. Eppure, basterebbe non mettere il Wi-Fi nelle scuole!”.

L’importanza della divulgazione di certi argomenti

Oggi abbiamo a che fare con quarant’anni di occultamento macchiati da conflitti di interesse inenarrabili, che saranno ancora maggiori con il 5G. Ma il grande Lorenzo Tomatis, medico e scienziato, dice: *“Adottare il principio di precauzione e quello di responsabilità significa anche accettare il dovere di informare”* – come il dott. Orio fa da anni in maniera oggettiva – *“impedire l’occultamento di informazioni sui possibili rischi, ed evitare che si consideri la specie umana come un insieme di cavie sulle quali sperimentare tutto quanto il progresso tecnologico è in grado di inventare, dando priorità alla qualità della vita e all’equità sociale, ponendo il mantenimento della salute al di sopra dell’interesse economico”*.

IMPIANTI A CORIANO
«Incenerire i rifiuti resta una follia»
 L'oncologo Lorenzo Tomatis critica lo studio scientifico
 di Alfredo Corallo

FORLÌ. «Difficilmente le nuove generazioni ci perdoneranno per questo suicidio ambientale». Molti forlivesi ricorderanno le drammatiche parole che l'ex direttore dell'Agenzia per la ricerca sul cancro dell'Organizzazione mondiale della sanità, Lorenzo Tomatis, pronunciò durante un incontro convocato sull'inceneritore in Municipio, circa due anni fa.

Oggi lo scienziato si dimostra scettico anche sul discusso studio dell'area di Coriano dove si sta costruendo il nuovo impianto di Heysa.

Convinzioni. Dalla sua casa francese di Lanzo, Tomatis è attualmente presidente del consiglio scientifico dell'Associazione medici per l'ambiente, ribadisce dunque le sue ragioni in merito alla pericolosità delle emissioni inquinanti del termovalorizzatore, e critica gli esiti e i limiti della ricerca compiuta da Azienda Usl, Comune e Arpa, e della quale peraltro era stato inizialmente chiamato a elaborare un parere come componente del comitato sciet-

co con un inceneritore i loro valori compaiono in maggiore quantità.

Traffico. Il luminare tridentino avanza più di un dubbio anche su quello che Arpa ha definito "fattore corforolista". Il problema che il gas dalle auro arrecherebbero alla qualità dell'aria di Coriano. «Scurazione tutta la questione sul traffico non mi pare una scusa valida», sottolinea Tomatis - anche perché gli effetti dei camion rappresentano un elemento moltiplicativo, ragion per cui ritengo che ci siano altri e migliori metodi per smaltire i rifiuti, a partire dalla raccolta differenziata. Pensare di voler ancora incenerire è una follia».

INDAGINE ALLARGATA
Medici per l'ambiente esclusi dal nuovo tavolo regionale

no fornito sul documento. E pochi dati che abbiano verificato non ci lasciano affatto tranquilli, come non ci persuadono le affermazioni

Forti critiche sulla scelta di puntare sugli inceneritori per lo smaltimento dei rifiuti

Lorenzo Tomatis, una vita spesa nella difesa della salute pubblica.

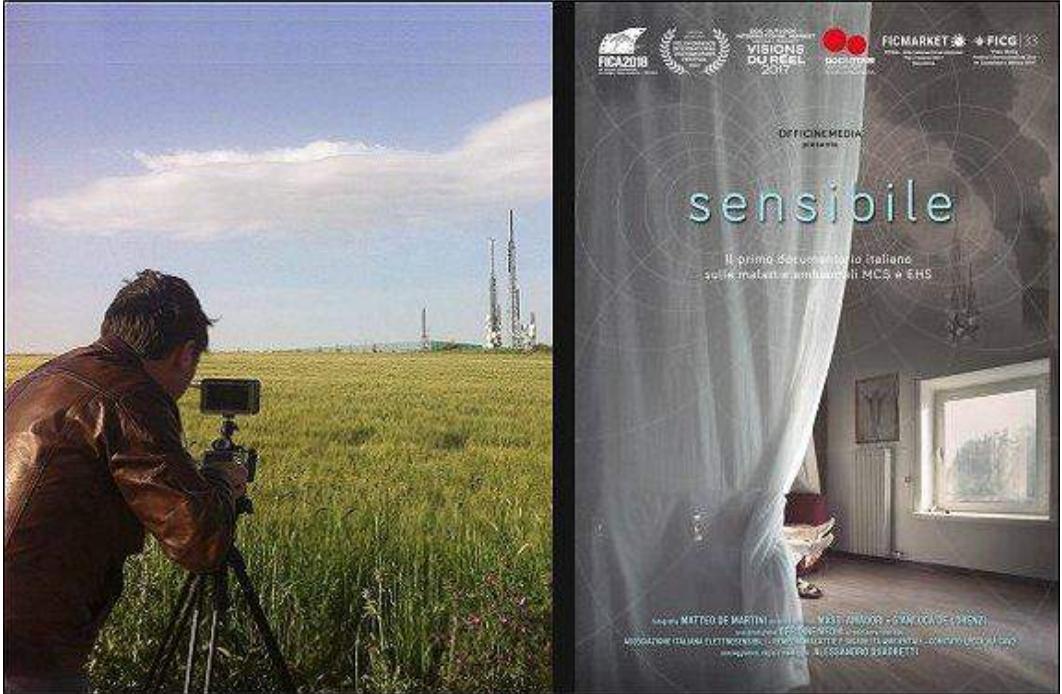
Orio ha sottolineato che “oggi è fondamentale dare informazioni oggettive che per quarant’anni non ci hanno dato, per portare sempre più chiarezza e consapevolezza. Serve ribadire, ad esempio, che un telefono portato nella tasca anteriore dei pantaloni può causare infertilità maschile perché ce lo dicono due meta-analisi, ovvero l’elaborazione di decine e decine di studi. Di conseguenza, avendo tali informazioni, posso trovare delle misure preventive primarie per limitare fortemente il danno e ridurre o annullare il rischio espositivo ai campi elettromagnetici”.

E ha rincarato la dose: “Se le autorità competenti queste cose non ce le dicono, non fanno una prevenzione primaria dal costo pari a zero come in Inghilterra, dove nei bagni pubblici troviamo dei poster giganti con un mezzo busto di ragazzo con un cellulare in tasca e sopra la scritta ‘previeni la tua infertilità perché il cellulare può causare infertilità maschile’, commettiamo un grave errore di omissione sanitaria”. Notiamo che, se l’Autorità pubblica preposta viene messa al corrente di un’emergenza sanitaria e non interviene per cercare di impedirla o di prevenirla, sostanzialmente commette a sua volta un reato.

In effetti, è molto importante sapere quali misure devo mettere in atto, a livello individuale o di gruppo, per prevenire il danno, prima di tutto il danno biologico, poiché gli effetti sanitari si manifestano successivamente, quando è troppo tardi per intervenire. In particolare, con la tecnologia 5G saremo esposti per 365 giorni l’anno ai campi elettromagnetici, che bombarderanno tutto il giorno le nostre cellule producendo effetti biologici, che *potrebbero* a loro volta tradursi in effetti sanitari. Nel Capitolo 8, dedicato allo studio dell’Istituto Ramazzini e del National Toxicology Program americano, vedremo che, mentre l’elettrosensibilità è un effetto a breve termine (e già ben presente), gli effetti sanitari *a lungo termine* possono essere anche dei tumori, e non solo.

Il problema dell’elettrosensibilità, che per le persone colpite in modo più grave è un vero e proprio dramma, è stato divulgato in vari modi. Vorremmo assegnare un premio – sia pure virtuale – a quelli che ci sono parsi i migliori nelle varie categorie, ed a cui pertanto rimandiamo il lettore per un approfondimento: *migliore conferenza*: l’ottima presentazione dell’intera tematica da parte del dott. Paolo Orio, che potete trovare nel link indicato in bibliografia; *miglior libro*: il documentatissimo “Manuale di autodifesa per elettrosensibili” (2018), del giornalista d’inchiesta

romano Maurizio Martucci, e che potete acquistare online; *miglior film*: il toccante documentario “Sensibile”, del regista forlivese Alessandro Quadretti; *miglior fotoreportage*: “The Sentinels: Electrosensitivity in Italy”, della giornalista pratese Claudia Gori, visibile online.



La locandina del film documentario “Sensibile” (a destra), del talentuoso regista Alessandro Quadretti (a sinistra).

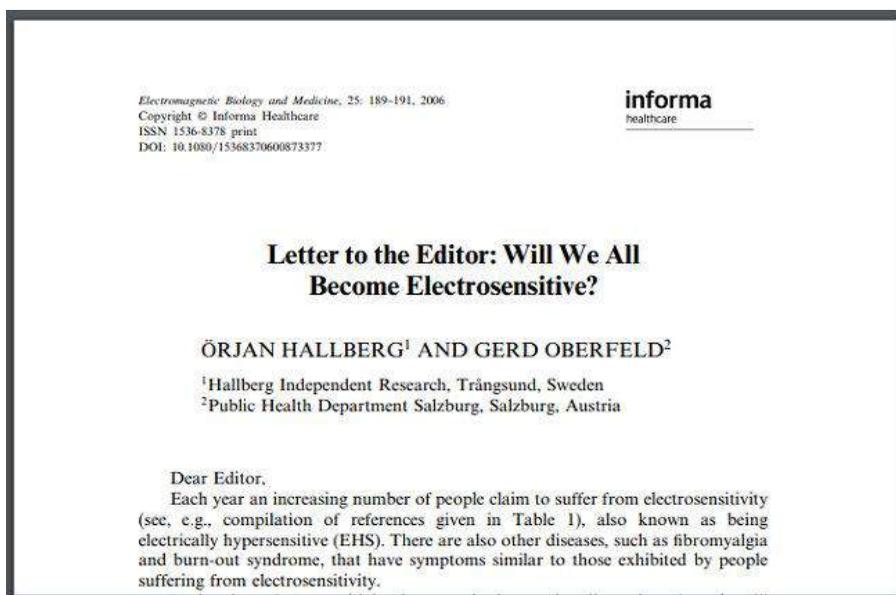
Sensibile è un film documentario di Officinemedia autofinanziato tramite crowdfunding, ed ha richiesto quasi un anno di lavoro per intervistare i malati ambientali di elettrosensibilità e di sensibilità chimica multipla in varie regioni italiane, nonché uno dei principali medici specialisti della materia, il professor Giuseppe Genovesi del Policlinico Umberto I di Roma, recentemente scomparso. Con la potenza unica delle immagini e delle testimonianze, il film ci fa capire che si tratta ormai di problemi di tutti. Questo docu-film, uscito nel 2018, è stato già proiettato in decine di cinema e di sale italiane ma, essendo realizzato a livello professionale, potrebbe venire tranquillamente trasmesso da un'emittente nazionale, se soltanto qualcuna di esse lo richiedesse.

CAPITOLO 7

L'ANALISI: DIVENTEREMO TUTTI ELETTROSENSIBILI?

“Diventeremo tutti elettrosensibili?”. È questo il titolo di una lettera inviata all'editore della rivista specializzata *Electromagnetic Biology and Medicine* da due scienziati, Orjan Hallberg e Gerd Oberfeld, il primo un ingegnere elettronico svedese e ricercatore indipendente sugli effetti dei campi elettromagnetici e il secondo medico e ricercatore presso il Dipartimento di Salute Pubblica di Salisburgo, in Austria.

Nell'articolo, i due sottolineano come ogni anno un numero crescente di persone dichiara di soffrire di elettrosensibilità, ovvero di essere elettricamente ipersensibile, il che lascia pensare che il fenomeno non riguardi più solo una piccola parte della popolazione per sua natura elettrosensibile o solo le persone che vivono in vicinanza delle antenne di nuove stazioni radio base della telefonia mobile.



Un articolo che coglie l'essenza del problema più a breve termine.

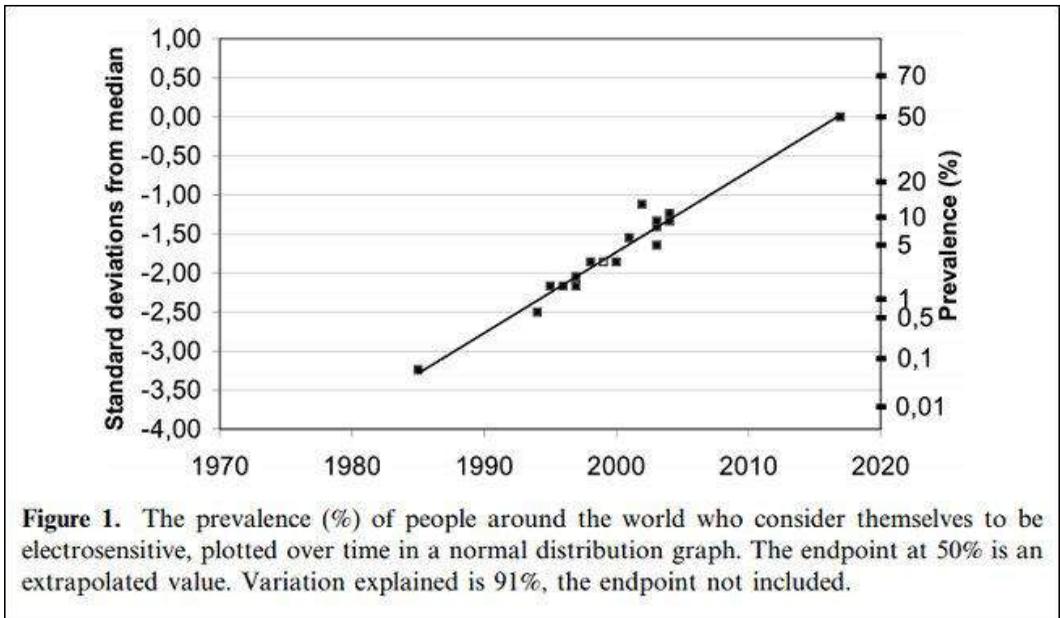
Il numero di casi segnalati di elettrosensibilità, infatti, è in costante aumento da quando è stato documentato per la prima volta nel 1991. I dati presentati dagli autori (v. tabella) sono stime, ma lo sono sulla base di ampie indagini campionarie in cui sono state utilizzate diverse serie di domande. Inoltre, l'articolo contiene un'originale analisi dei dati che dovrebbe far molto riflettere tutti noi.

Table 1
Estimated prevalence of electrosensitive people in different years and countries

Measured year	% E1 sensitive	Country, reported year	Ref. No.
1985	0.06	Sweden 1991 (0.025–0.125%)	National Encyclopedia Sw., 1991
1994	0.63	Sweden 1995	Anonymous est., 1994
1995	1.50	Austria 1995	Leitgeb N. et al., 1995, 2005
1996	1.50	Sweden 1998	SNBHW, Env. report, 1998
1997	2.00	Austria 1998	Leitgeb N. et al., 1998, 2005
1997	1.50	Sweden 1999	Hillert L. et al., 2002
1998	3.20	California 2002	Levallois P., 2002
1999	3.10	Sweden 2001	SNBHW, Env. report, 2001
2000	3.20	Sweden 2003	Sw Labour Union Sif, 2003
2001	6.00	Germany 2002	Schroeder E., 2002
2002	13.30	Austria 2003 (7.6–19%)	Spiß B., 2003
2003	8.00	Germany 2003	Infas, 2003
2003	9.00	Sweden 2004	Elöverkänsligas Riksförbund, 2005
2003	5.00	Schweiz 2005	Bern, Medicine Social, 2005
2003	5.00	Ireland 2005	This is London, 2005
2004	11.00	England 2004	Fox E., 2004
2004	9.00	Germany 2005	Infas, 2004
2017	50.00	Extrapolated to 50%	

Percentuale stimata delle persone elettrosensibili sulla popolazione totale in differenti anni e Paesi. (fonte: Hallberg e Oberfeld, 2006)

I dati presentati sono stati raccolti in Austria, Germania, Gran Bretagna, Irlanda, Svezia, Svizzera e Stati Uniti. Per determinare se le statistiche indichino semplicemente una sotto-popolazione elettrosensibile o se sia invece in gioco la popolazione totale, i due scienziati hanno riportato le stime di “prevalenza” (cioè la percentuale di elettrosensibili sulla popolazione) nel tempo in un diagramma (v. figura seguente).



Percentuale stimata del numero di persone elettrosensibili sul totale nel corso degli anni. Si noti il trend esponenziale (la scala usata in ordinata, infatti, non è lineare).

Contrariamente alle opinioni delle principali autorità mediche, la figura mostra che il gruppo di persone elettrosensibili in tutto il mondo, inclusa la Svezia, non è solo una piccola frazione che si discosta dal resto della popolazione sana. Inoltre, il trend in atto sottolinea la possibilità che l'elettrosensibilità diventi più diffusa nel vicino futuro. Notiamo che l'articolo in questione è uscito nel 2006.

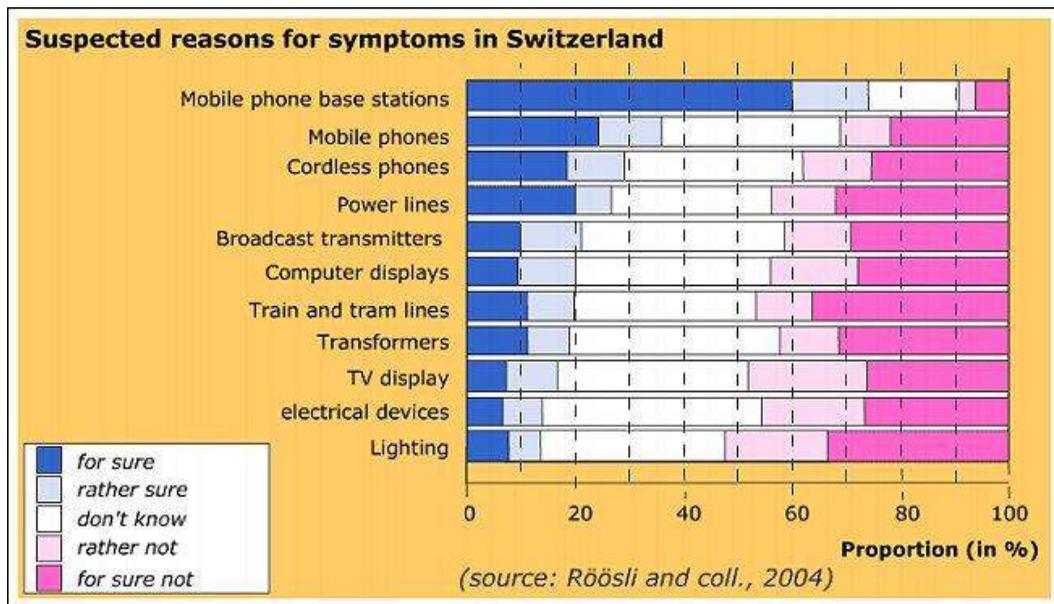
I malati di elettrosensibilità credono che ci stiamo avvicinando a un punto critico. In effetti, la tendenza ottenuta nel 2006 estrapolando tale trend indicava che il 50% della popolazione poteva essere previsto diventare elettrosensibile entro l'anno 2017. Anche se tale previsione non si è ancora verificata, appare comunque abbastanza chiaro il legame fra l'aumento degli elettrosensibili e lo sviluppo e la diffusione delle tecnologie wireless. La previsione si verificherà quindi con il 5G?

Come vedremo nel Capitolo 11 (“La rete 5G: un esperimento sulla salute di tutti”), grazie anche solo alla densità spaziale prevista per le antenne della rete vi sono tutti i presupposti perché ciò accada. Gli elettrosensibili di oggi sono dunque un po' come i classici “canarini nella miniera di carbone”: ci stanno avvisando del pericolo, invitandoci ad uscire fuori dal

tunnel prima che sia troppo tardi, così come i canarini avvertivano i minatori che lavoravano nelle miniere della presenza del pericoloso monossido di carbonio. Ma sapremo cogliere questo avvertimento?

Un trend da monitorare con attenzione e in modo oggettivo

A collegare la crescita della percentuale di elettrosensibili con lo sviluppo della rete di telefonia mobile non sono soltanto i rispettivi trend di crescita. Rööslì et al. (2004) hanno analizzato le ragioni sospette dei sintomi provati dagli elettrosensibili. I risultati di questo studio sono elencati di seguito. Si noti come le stazioni radio base della telefonia siano la ragione nettamente dominante.



Le sospette cause dei sintomi degli elettrosensibili. (fonte: Rööslì et al., 2004)

Schreier e colleghi (2006) hanno notato che le preoccupazioni espresse più spesso sono riguardo alle antenne delle stazioni radio base della telefonia mobile o delle linee elettriche ad alta tensione rispetto a telefoni cellulari, dispositivi elettrici e telefoni cordless. Risultati simili sono stati ottenuti in un altro studio (Siegrist et al., 2005) e in Austria (Hutter et al., 2004). Ad ogni modo, non si riscontra una reale specificità a seconda della sorgente dei sintomi sperimentati dalle persone.

Sebbene tutti noi possiamo sperimentare gli effetti negativi dei campi e-

lettromagnetici, alcuni di noi risultano più sensibili di altri. La questione chiave è: le persone elettrosensibili sono più sensibili ai campi elettromagnetici per ragioni genetiche o ambientali? Nel primo caso, solo le persone geneticamente predisposte diventano elettrosensibili, nel secondo *chiunque* può diventarlo. In fondo, semplicemente, possono essere proprio gli effetti biologici dei campi elettromagnetici a sensibilizzarci.

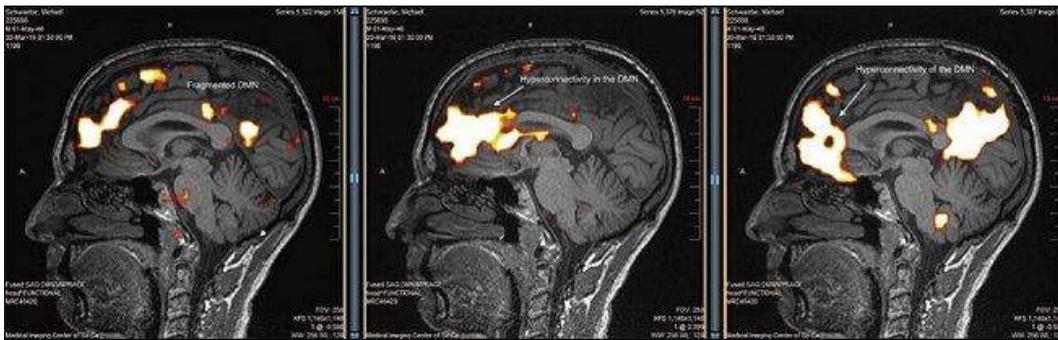
Difatti, quando i sintomi dell'esposizione a tali campi sono frequenti e intensi e, in alcuni casi, durano molto tempo dopo che ci si è allontanati dalla fonte, si può soffrire di elettrosensibilità, altrimenti nota come “ipersensibilità elettromagnetica” (EHS), una condizione fisiologica non ancora ampiamente riconosciuta che può rendere le persone incapaci di lavorare o vivere intorno alla tecnologia wireless. È un po' come andare a dei concerti senza usare i tappi per le orecchie: ci si rovina l'udito e, quel che è peggio, per sempre.



L'elettrosensibilità è una malattia che nasce come effetto *a breve o a medio termine* dell'inquinamento elettromagnetico. Come mostrato già venticinque anni fa in uno studio sperimentale americano (Rea, 1991), effettuato con una serie di stimolazioni con diverse frequenze ed in condizioni di doppio cieco su 100 pazienti che auto-denunciavano elettrosensibilità, “vi sono prove evidenti che la sensibilità al campo elettromagnetico esiste e può essere stimolata in condizioni controllate dall'ambiente”.

Oggi ci sono nuove prove della realtà dell'ipersensibilità elettromagnetica. In uno studio pubblicato nel 2017, *“Functional brain MRI in patients complaining of electrohypersensitivity after long term exposure to electromagnetic fields”*, dieci pazienti con tale sindrome sono stati sottoposti a scansioni cerebrali con la risonanza magnetica nucleare funzionale (fRMN) per verificare eventuali anomalie presenti.

Ebbene, tutti e dieci i soggetti esaminati con tale strumentazione hanno mostrato delle consistenti anomalie collocate nella stessa regione del cervello. Lo studio in questione ha anche permesso di osservare che i sintomi sperimentati da pazienti con elettrosensibilità rispecchiavano quelli di pazienti che avevano avuto esposizione a lungo termine a sostanze chimiche neurotossiche.



La risonanza magnetica nucleare funzionale può aiutare a diagnosticare l'elettrosensibilità. (fonte: Heuser, 2017)

In effetti, otto della decina di soggetti avevano avuto una tale esposizione nel loro passato, e solo anni dopo hanno iniziato a soffrire di sintomi neurologici (disabilità cognitive, mal di testa, tremori e altri), i quali sono iniziati dopo l'esposizione alle radiazioni dovute a campi elettromagnetici, e solitamente tali sintomi sono diminuiti dopo essersi allontanati dalla fonte di tali campi elettromagnetici.

Ciò suggerisce che le sostanze chimiche neurotossiche e le radiazioni elettromagnetiche possano aggravare gli effetti reciproci. Non stupisce, dunque, a questo punto, il fatto che una percentuale significativa delle persone con intolleranza elettromagnetica auto-diagnosticata manifestino intolleranza a bassi livelli di esposizione chimica, ovvero siano affetti dalla cosiddetta *“Sensibilità Chimica Multipla”* (MCS).

Poiché tutte le scansioni di risonanza magnetica ottenute nella ricerca citata in precedenza erano anormali con anomalie che erano coerenti e simili, gli autori del lavoro hanno proposto che le scansioni cerebrali con risonanza magnetica funzionale siano usate come ausilio diagnostico per determinare in modo oggettivo se un paziente ha o meno un'ipersensibilità elettromagnetica, cioè se sia elettrosensibile.

Si noti come gli stessi autori raccontino di avere, nel corso degli anni, assistito a un numero *crescente* di pazienti che avevano sviluppato sintomi multisistemici dopo ripetute esposizioni a campi elettromagnetici a lungo termine. Questi disturbi includevano mal di testa, problemi cognitivi e di memoria intermittenti, disorientamento intermittente e anche sensibilità all'esposizione a campi elettromagnetici. In questi pazienti, i normali esami di laboratorio erano risultati entro i limiti normali.

Un'altra cosa degna di nota che risulta dalla medesima pubblicazione scientifica è che sette dei dieci soggetti sottoposti a risonanza magnetica avevano vissuto o lavorato in prossimità di grandi quantità di campi elettromagnetici: ad es. uno era un controllore del traffico aereo, un altro lavorava con linee elettriche ad alta tensione e un altro viveva a circa 500 metri da una torre di telefonia cellulare.



Le stazioni radio base della telefonia sono spesso causa di elettrosensibilità.

Infine, ricordiamo che i possibili effetti sanitari dell'esposizione alle onde elettromagnetiche sono, fondamentalmente, di tre tipi: effetti *a breve termine* (1-elettrosensibilità) ed effetti *a lungo termine*, che includono (2) tumori e (3) altre patologie croniche (ad esempio, infertilità e malattie neurodegenerative, solo per citarne un paio). Pertanto, nei prossimi anni non occorrerà monitorare in modo assai attento e oggettivo soltanto il trend dell'elettrosensibilità, ma anche quelli dei tumori correlati (cervello, mammella, leucemie, cuore, etc.) e di altre patologie croniche.

Ai fini di tale monitoraggio, un prezioso aiuto nella diagnosi di elettrosensibilità con criteri oggettivi può venire dall'uso di idonei biomarcatori. Infatti, gran parte della controversia sul riconoscimento ufficiale, da parte dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), dell'elettroipersensibilità (EHS) e della sensibilità chimica multipla (MCS) come malattie risiedeva nell'assenza, in entrambi i casi, di criteri clinici riconosciuti e di biomarcatori obiettivi per una diagnosi ampiamente accettata.

Come mostrato qualche anno fa da un importante studio francese (Belpomme et al., 2015), esaminando prospetticamente – clinicamente e biologicamente – 1216 casi di pazienti che avevano auto-segnalato elettroipersensibilità (EHS) e/o sensibilità chimica multipla (MCS), i dati suggeriscono fortemente che entrambe le patologie possono essere caratterizzate in modo oggettivo e diagnosticate con procedure di routine mediante test semplici di laboratorio disponibili in commercio.

Markers	EHS	
Normal values		
hs-CRP < 3 mg/l	10.3 +/-1.9	15%
Vitamin D >30ng/ml	20.6 +/- 0.5	69.3%
Histamine <10 nmol/l	13.6 +/- 0.2	37%
IgE <100 UI/ml	329.5 +/-43.9	22%
S100B < 0.105 µg/l	0.20 +/-0.03	14.7%
Hsp 70 < 5 ng/ml	8.2 +/- 0.2	18.7%
Hsp 27 <5 ng/ml	7.3 +/-0.2	25.8%
Anti-O-myelin auto antibodies	Positively	22.9%
24 H urine 6-OHMS/creatinine ration >0.8	0.042 +/- 0.003	100%

I principali biomarcatori della elettrosensibilità. (fonte: Belpomme, 2015)

Il 71,6% dei pazienti esaminati dallo studio in questione sono stati diagnosticati con elettro-ipersensibilità (EHS), il 7,2% con MCS e 21,2% con entrambe. Due pazienti su tre con EHS e/o MCS erano di sesso femminile e l'età media era di 47 anni. Poiché l'infiammazione sembra essere un processo chiave risultante dal campo elettromagnetico e/o da effetti chimici sui tessuti, e il rilascio di istamina è potenzialmente un importante mediatore dell'infiammazione, è stata sistematicamente misurata l'istamina nel sangue di pazienti.

Circa il 40% dei pazienti esaminati ha avuto un aumento dell'istaminemia (soprattutto quando erano presenti entrambe le patologie), indicando che in questi pazienti è possibile rilevare una risposta infiammatoria cronica. Lo stress ossidativo fa parte dell'infiammazione ed è un fattore chiave per il danno e la risposta. Inoltre, la comune co-occorrenza di elettroipersensibilità (EHS) e sensibilità chimica multipla (MCS) suggerisce fortemente un meccanismo patologico comune.

Tutti possiamo diventare all'improvviso elettrosensibili

Secondo questionari distribuiti nei Paesi Bassi, in Finlandia e in Giappone, la stragrande maggioranza di coloro che hanno sofferto di sintomi di ipersensibilità elettromagnetica (EHS) erano donne: 68%, 81% e 95%, rispettivamente. Dunque, il sesso può essere considerato un fattore di rischio. Perché le donne sembrano avere maggiori possibilità di diventare sensibili ai campi elettromagnetici? Pochi studi sono stati condotti su questo aspetto, e c'è ancora molto che non capiamo.

Tuttavia, sappiamo da tempo che alcune patologie mediche tendono a influenzare un genere più di un altro. Ad esempio, gli uomini hanno il doppio delle probabilità di morire di malattia al fegato e quasi tre volte più probabilità di morire di AIDS rispetto alle donne. Al contrario, il 90 per cento dei pazienti con lupus è di sesso femminile. Quindi, può essere che le differenze biologiche tra uomini e donne, forse legate a differenze cromosomiche o in questo caso alla differente proporzione dell'acqua nel corpo, lascino quest'ultimo gruppo con una maggiore predisposizione alla sensibilità ai campi elettromagnetici.

Ad ogni modo, davvero tutti possiamo diventare all'improvviso elettrosensibili. La stessa Gro Harlem Brundtland, ex primo ministro norvegese

e già direttore generale dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), nel 2002 ha fatto “outing”, affermando pubblicamente di soffrire di ipersensibilità elettromagnetica (EHS) da anni. Ma, nonostante il suo ruolo all'OMS (fu costretta a dimettersi l'anno dopo), non è riuscita a far considerare questa una malattia riconosciuta ufficialmente. In effetti, il problema della ipersensibilità elettromagnetica è oggi principalmente politico: mette i malati dall'altra parte rispetto all'industria della telefonia mobile ed ai governi che traggono profitto dal leasing delle frequenze.



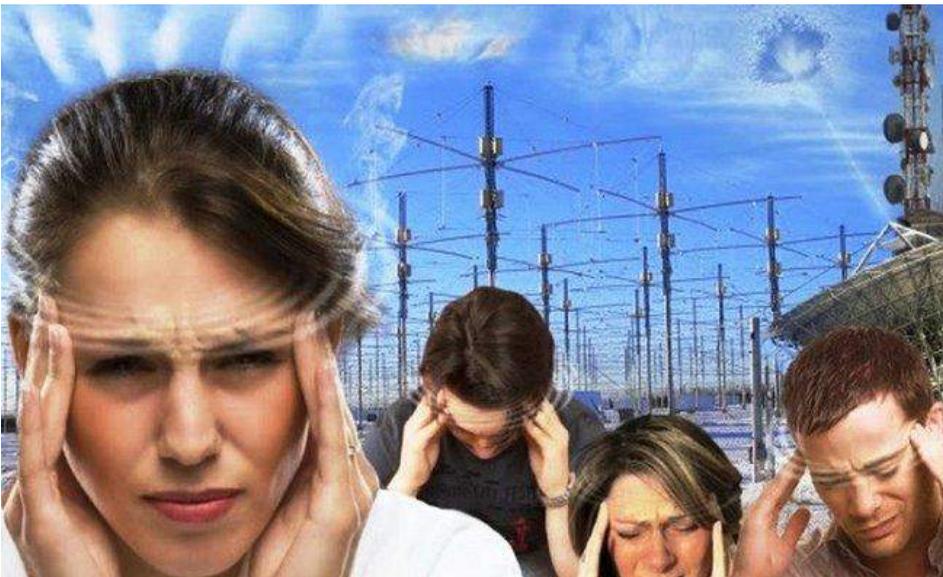
La signora Brundtland, la donna elettrosensibile di maggior spicco.

Ma anche i maschi non sono al sicuro. Il dott. Orio, 54 anni, ci ha raccontato il suo caso personale: “Non uso più il cellulare da vent’anni e anche mia moglie lo usa solo quando non ci sono. Un giorno del 1999, infatti, prendo il cellulare che squilla, lo porto alla testa e subito lo allontano per il fastidio, domandandomi: cosa cavolo ho? Avevo un’alterazione della sensibilità cutanea, parestesie, mal di testa, vertigini, nausea, arrossamento della pelle del collo. A me tutto questo è venuto dopo soli 3 anni di abuso del cellulare e di esposizione ai relativi campi elettromagnetici, magari a un altro viene dopo 10 anni”.

Infatti, tutti gli esseri umani sono organismi elettrochimici. Il cervello, il cuore e l'intestino sono sistemi di organi attivati elettricamente e chimicamente, per non parlare dei canali ionici regolati dalla tensione presenti sulle membrane cellulari, in cui un segnale elettrico può far sì che delle

sostanze chimiche entrino nella cellula modificandone la sua funzione. In quanto tali, siamo tutti “elettrosensibili”. I campi elettromagnetici che possono indurre una reazione nelle cellule e nei delicati meccanismi elettromediati del nostro corpo includono campi elettrici e magnetici a bassa frequenza, distorsioni a media frequenza dell'elettricità domestica (“elettricità sporca”) e onde radio ad alta frequenza.

Il termine “ipersensibilità elettromagnetica” (EHS) è quindi riservato a un sottogruppo di persone che hanno sviluppato un'ipersensibilità patologica, spesso come risultato di qualche evento o esposizione di attivazione, sia essa elettrica, chimica, infettiva o fisica. Esistono anche delle differenze genetiche individuali che possono influenzare lo sviluppo e/o la gravità dell'elettrosensibilità. Le persone con ipersensibilità elettromagnetica più grave possono diventare a quel punto sintomatiche ai livelli di campo elettromagnetico che si trovano comunemente nella maggior parte delle case e degli edifici moderni.



Con il 5G sarà quasi impossibile trovare una zona pubblica libera da elettrosmog.

Il 76% degli intervistati di un sondaggio svolto in Finlandia fra persone con sintomi di ipersensibilità elettromagnetica (EHS) hanno affermato che la riduzione o l'elusione dei campi elettromagnetici ha contribuito al loro recupero totale o parziale. Tra quelli di un sondaggio giapponese analogo, circa l'85% hanno dovuto adottare misure per proteggersi dai

campi elettromagnetici, come spostarsi in un'area con poche fonti di radiazioni o acquistare apparecchi a bassa emissione di campi elettromagnetici. La ricerca di una “Free Electrosmog Zone” è dunque di vitale importanza per gli elettrosensibili.

Per questo motivo, nel 2014 la “Rete Elettrosmog-Free Italia” ha inoltrato al Ministero del Lavoro un “Dossier sull'elettrosensibilità”, con l'obiettivo di inserire la disabilità ambientale dovuta a campi elettromagnetici in quelle valutate dall'Osservatorio sulle disabilità, e richiedendo l'istituzione, in tutti i Comuni italiani, di aree con valori ridotti di inquinamento elettromagnetico (per le basse frequenze $0,01 \mu\text{T}$ e $0,5 \text{ V/m}$, per le radiofrequenze $0,05 \text{ V/m}$ e $0,1 \mu\text{W/m}^2$) anche per scuole, ospedali e case di cura, così come di “zone bianche” da individuare nelle aree naturali protette regionali.

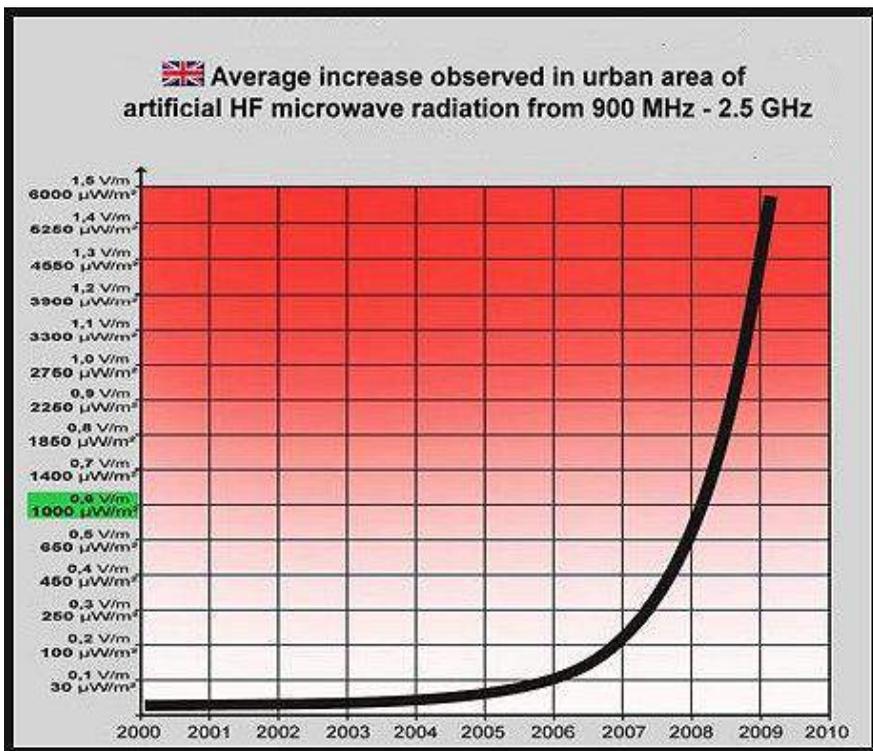


Una donna elettrosensibile mostra l'intensità del campo elettrico di fondo nella sua casa, che è quasi di 1 V/m , cioè come se parlasse al telefonino h24.

Le stanze in cui vivono gli elettrosensibili sono facilmente riconoscibili perché di solito sono in parte o del tutto rivestite di carta stagnola, in particolare le porte, mentre alle finestre e intorno al letto troviamo in ge-

nere delle specie di zanzariere composte in realtà da una comune rete metallica a maglia fine. Alcuni nascondono lo strato di stagnola sotto la carta da parati. In molti casi, la stanza è completamente isolata, i suoi bordi sono sigillati con la carta stagnola e collegati fra loro e poi a un filo conduttore in modo da poter “collegare a terra” l'intera stanza. Gli elettrosensibili, poi, spesso indossano delle protezioni per il viso in maglia metallica, che ricordano un po' quelle usate dagli apicoltori.

I sintomi dell'elettrosensibilità si possono manifestare anni dopo l'esposizione: ad esempio, 3, 10, 15 anni dopo. Ma, *una volta che* l'elettropersensibilità (EHS) si è sviluppata, in base ai questionari compilati dagli elettrosensibili è risultato che i dispositivi wireless domestici – come computer portatili, telefoni cellulari e televisori, e persino lampadine fluorescenti (ma, a sorpresa, non più le stazioni radio base della telefonia mobile o altre fonti *outdoor* con alte emissioni) sono stati la causa dei loro maggiori problemi quotidiani.



La crescita pressoché esponenziale del campo elettromagnetico di fondo nella regione delle microonde, mostrata in questa figura nelle aree urbane, faciliterà il boom dell'elettrosensibilità e di possibili altre patologie a lungo termine.

Oltre la metà degli intervistati con sintomi di elettro-ipersensibilità (EHS), in un sondaggio svolto nei Paesi Bassi, hanno riferito che “almeno una volta gli è stato diagnosticato di essere affetti da una fra le seguenti patologie: sensibilità chimica multipla (MCS), sindrome da stanchezza cronica, fibromialgia, burnout o altri disturbi psicosomatici invalidanti. Diversi altri intervistati hanno riferito di essere stati sensibilizzati da fattori ambientali come odori, luce solare, polline, sostanze chimiche, medicinali, sostanze nutritive, additivi alimentari, etc.”. In altre parole, inizialmente le cellule hanno resistito con le loro risorse endogene agli attacchi, ad esempio, degli allergeni esterni o dei campi elettromagnetici esterni, ma a un certo punto queste risorse sono venute meno e nell’organismo si è rotto l’equilibrio.

CAPITOLO 8

GLI EFFETTI DELLE STAZIONI RADIO BASE: LO STUDIO RAMAZZINI

In questo articolo viene illustrato uno studio sperimentale sulle radiofrequenze, e in particolare sugli effetti dell'esposizione alle *stazioni "radio base"* – cioè alle antenne emittenti il segnale per la telefonia mobile – durato circa un decennio, svolto dall'Istituto Ramazzini di Bologna, un noto centro a livello internazionale per la ricerca indipendente e la prevenzione del cancro e delle malattie di origine ambientale.

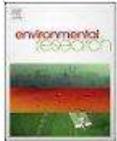
Lo studio è stato effettuato su animali esposti a una modulazione di frequenza in condizioni che mimavano nel migliore dei modi l'esposizione umana alle stazioni radio base. I primi risultati di tale studio – pubblicati nell'aprile 2018 su *Environmental Research*, nota rivista *peer-reviewed* del settore – sono stati presentati al grande pubblico da Andrea Vornoli, ricercatore di tale Istituto, nel convegno nazionale "Elettrosmog ed elettrosensibilità: 5G esperimento sulla salute", tenutosi a Viareggio il 6 ottobre 2018, e fra i più interessanti degli ultimi anni.



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Environmental Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envres



Report of final results regarding brain and heart tumors in Sprague-Dawley rats exposed from prenatal life until natural death to mobile phone radiofrequency field representative of a 1.8 GHz GSM base station environmental emission

L. Falcioni, L. Bua, E. Tibaldi, M. Lauriola, L. De Angelis, F. Gnudi, D. Mandrioli, M. Manservigi, F. Manservigi, I. Manzoli, I. Menghetti, R. Montella, S. Panzacchi, D. Sgargi, V. Stollo, A. Vornoli, F. Belpoggi*

Cesare Maltoni Cancer Research Center, Ramazzini Institute, Castello di Bentivoglio, via Saliceto 3, Bentivoglio, 40010 Bologna, Italy

L'eccellenza del Ramazzini nel panorama internazionale

Per chi non lo sapesse, l'“Istituto Ramazzini – Centro di Ricerca sul Cancro Cesare Maltoni” – che ha sede presso il Castello di Bentivoglio, vicino Bologna, è stato creato da Bernardo Ramazzini, un medico e scienziato famoso per essere stato il primo “medico dei lavoratori” (è considerato il fondatore della moderna medicina del lavoro) e per aver inventato il motto “prevenire è meglio che curare”. L'Istituto comprende il Centro di Ricerca sul Cancro e, a Bologna, un Poliambulatorio.

Il Centro di Ricerca sul Cancro Cesare Maltoni (CRCCM), in particolare, è un laboratorio che è stato fondato nel 1971 dall'eminente scienziato Cesare Maltoni, un pioniere nell'ambito della cancerogenesi ambientale e industriale, della prevenzione oncologica, della chemio-prevenzione, ma soprattutto un uomo eccezionale che ha lottato per la difesa della salute pubblica e dell'ambiente con tutte le sue straordinarie capacità. Ha inoltre diretto, presso i laboratori del Castello di Bentivoglio, saggi di cancerogenicità a lungo termine su circa 200 sostanze presenti nell'ambiente di lavoro e generale, portando l'Istituto a un'eccellenza mondiale.

Centro di Ricerca sul cancro Cesare Maltoni



- Con oltre 200 composti studiati per la loro cancerogenicità è il secondo centro nel mondo per numero di sostanze studiate dopo il National Toxicology Program statunitense
- Cancerogenicità:
 - Chiara evidenza (44%)
 - Evidenza borderline (16%)
 - No evidenza di cancro (40%)



James Huff, Chemicals studied and evaluated in long-term carcinogenesis bioassays by both the Ramazzini Foundation and the National Toxicology Program: In tribute to Cesare Maltoni and David Rall, in Annals of the New York Academy of Sciences, vol. 882, 1° dicembre 2002, pp. 238-250.

6

Una slide presentata da Vornoli che si commenta da sé.

L'Istituto Ramazzini è una cooperativa sociale onlus che conta più di 30.000 soci, i quali coprono una buona fetta del budget. Quest'ultimo viene pubblicato annualmente nel proprio sito web, per cui vi è una gestione assolutamente trasparente. I fondi dell'Istituto provengono da istituzioni pubbliche nazionali e internazionali e si avvalgono anche delle donazioni sia di privati cittadini che di organizzazioni non governative. Ciò garantisce la totale indipendenza dell'Istituto stesso.

Lo scopo principale dell'Istituto è quello di attuare una strategia atta alla prevenzione dei tumori attraverso la ricerca scientifica, la formazione di personale specializzato e la diffusione delle informazioni sui rischi cancerogeni, ambientali e professionali. Inoltre, nei loro Poliambulatori, vengono messi in atto anche dei programmi clinici per la diagnosi precoce dei tumori stessi. Ed il relativo comitato scientifico è formato da numerosi eminenti scienziati scelti fra i maggiori esperti internazionali.

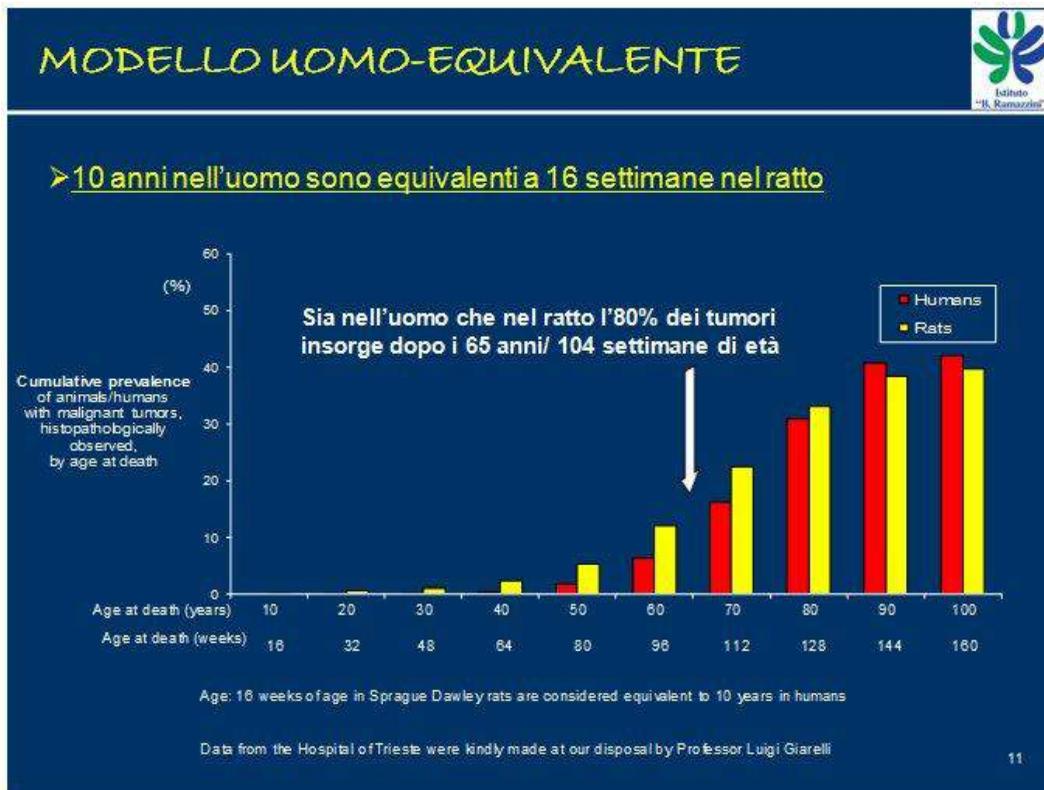
Con oltre 200 composti studiati per la loro cancerogenicità, l'Istituto Ramazzini è il secondo centro nel mondo per numero di sostanze studiate dopo soltanto il "National Toxicology Program" statunitense. In quasi la metà (44%) dei casi studiati dall'Istituto Ramazzini è stata riscontrata un'effettiva evidenza di cancerogenicità dei composti studiati, nel 16% dei casi si è trovata un'evidenza *borderline* e nel rimanente 40% dei casi non è stata riscontrata evidenza di cancerogenicità.

Il modello usato nella ricerca: il ratto Sprague-Dawley

La peculiarità della ricerca dell'Istituto Ramazzini è l'impiego del cosiddetto "modello uomo equivalente", basato sul ratto Sprague-Dawley, l'oggetto quotidiano dei loro studi sperimentali. In passato, infatti, è stato fatto un confronto fra i numeri sulla distribuzione dei tumori maligni per età alla morte – anche grazie ai dati di più di 1500 persone provenienti dall'Ospedale di Trieste – con i numeri analoghi provenienti dal loro allevamento di più di 1200 ratti di controllo, sempre con tumori maligni, osservati fino a loro morte spontanea.

Quest'analisi di confronto fra queste due specie animali all'apparenza così diverse ha portato a riscontrare che più dell'80% dei tumori, sia nell'uomo che nel ratto, insorge dopo i 65 anni nell'uomo e dopo 104 settimane di età nei ratti, come evidenziato bene nel grafico qui sotto:

dunque, 16 settimane di età nei ratti Sprague-Dawley sono considerati equivalenti a 10 anni negli uomini.



La figura successiva illustrata da Vornoli (le figure qui mancanti le trovate nella presentazione online) mostra, come esempio degli studi svolti dal Ramazzini, quello sullo Xilene, che è uno di quelli fatti anche dal “National Toxicology Program” statunitense. La differenza fra lo studio italiano e quello americano stette, a quel tempo, nel fatto che loro si fermarono alle 104 settimane di età dei ratti, perché gli americani di default si fermano a quell’età, pari, sostanzialmente, a 2 anni. Però, così facendo, in questo caso – come in altri – si sono persi l’insorgenza statisticamente significativa, dalle 112 settimane in poi, di tumori maligni.

Un altro aspetto importante è l’esposizione alla sostanza in questione – un cancerogeno o presunto tale – anche dall’inizio della vita dell’animale, anzi da prima che nasca. I ricercatori del Ramazzini, infatti, espongono l’animale destinato allo studio sperimentale quando è ancora nel grembo della madre incinta. Un altro esempio di studio del Ramazzini relativo al cloruro di vinile (vedi la figura mostrata nella presentazione) mostra co-

me le madri esposte e la loro prole esposta avevano un'insorgenza completamente differente di epatocarcinoma ed emangiosarcoma quando sottoposti a trattamento, appunto, con cloruro di vinile.

Come mostrato dalla slide di Vornoli, infatti, la prole – ovvero i neonati – avevano un tasso di insorgenza pari al 50%, mentre nelle madri assolutamente non si riscontrava l'insorgenza di questi tipi di tumori. E questo perché – come circa vent'anni dopo gli stessi ricercatori del Ramazzini hanno scoperto – questi tipi di tumori erano dovuti alla metabolizzazione del cloruro di vinile da parte di un enzima del metabolismo che è il citocromo p450-2e1, che nei piccoli non è ancora ben sviluppato.

L'esposizione ai campi elettromagnetici a radiofrequenza

Qual è la situazione espositiva attuale per quanto riguarda i campi elettromagnetici a radiofrequenza? Tutti noi possiamo essere esposti in ambienti di lavoro ad es. attraverso induttori di calore oppure radar e, nella nostra vita quotidiana, attraverso le stazioni radiobase dei telefonini, le varie antenne radio teletrasmettenti e tutto ciò che riguarda la telefonia mobile, quindi dai tablet ai cellulari, ai cordless, etc.

Per dare un'idea della situazione espositiva, nel mondo adesso vi sono 6,6 miliardi di telefoni cellulari e in Italia, nel 1996 – cioè una ventina di anni fa – erano soltanto 4 milioni, mentre adesso ce ne sono più di 50 milioni. Negli Stati Uniti vi è una situazione analoga: sono passati da circa 10 milioni negli anni Novanta agli attuali quasi 300 milioni. Quindi, fondamentalmente, siamo tutti quanti esposti: non solo a chi ha e usa i telefonini, ma anche alle antenne che permettono il loro funzionamento.

Il boom dei telefonini nel mondo: oggi sono almeno uno a testa, in media.



Qual è l'effetto biologico più immediato di questi campi elettromagnetici non ionizzanti a radiofrequenza che sicuramente tutti noi abbiamo provato, anche anni fa, durante una lunga conversazione al telefono? Beh, semplicemente il surriscaldamento della parte interessata, cioè dei tessuti corporei, quindi l'effetto che notoriamente hanno anche i forni a microonde quando cuociono il cibo. Nei bambini, però, per le dimensioni e la costituzione dei tessuti, è in realtà tutto il cervello che si surriscalda, non soltanto una parte come negli adulti.

Infatti, i bambini e gli adolescenti non hanno ancora sviluppato totalmente i loro tessuti, per cui sono più sottoposti a questa esposizione. Dunque – come si vede dalle immagini che trovate nella figura riportata nel Capitolo 12 per un bambino di 5 anni e per uno di 10 – nel loro caso la penetrazione della radiazione è molto maggiore rispetto alla terza immagine che invece è un adulto, nel quale la penetrazione è inferiore. Pertanto, i bambini sono molto più suscettibili e tutto il loro cervello si surriscalda nel caso usino il cellulare all'orecchio.

Qual è la situazione attuale in cui la IARC (International Agency for Research on Cancer) si trova attualmente nei confronti dei campi elettromagnetici a radiofrequenza? Sono in una posizione di “possibile cancerogeno” per l'uomo, ovvero essi sono classificati nella famosa categoria “2B”. Infatti, nel 2011 la IARC ha classificato come limitate le evidenze epidemiologiche – quindi sull'uomo – e non sufficienti quelle sugli animali. Ma a quei tempi non c'era ancora né la ricerca del Ramazzini, di cui ora parleremo, né quella portata avanti in concomitanza dal “National Toxicology Program” statunitense, cui a breve faremo cenno.

La ricerca svolta dal Ramazzini e quella dell'NTP americano

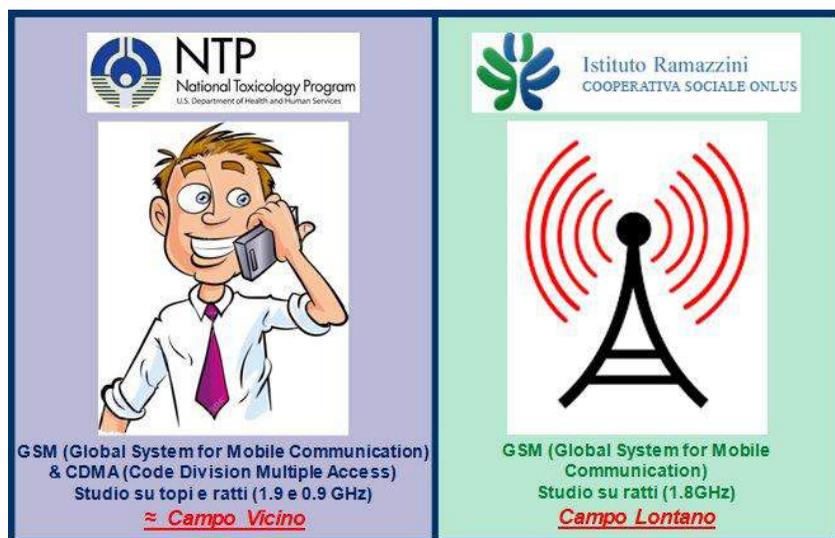
Il progetto sperimentale realizzato dell'Istituto Ramazzini ha visto coinvolti migliaia di animali nel progetto principale, che è il PP1, in cui gli animali sono stati esposti per tutta la loro vita – ovvero dal periodo prenatale fino a morte spontanea – a un trattamento con radiofrequenze alla frequenza di 1,8 GHz. Al contempo, è stato fatto dal Ramazzini anche un altro studio nel quale, oltre a questo tipo di esposizione, gli animali sono stati trattati una volta soltanto (dunque, una tantum) con radiazioni gamma alla dose di 0,1 Gray, che significa in pratica come se facessimo una TAC (Tomografia Assiale Computerizzata).

Lo stato dell'arte è che i risultati dell'esperimento principale – quello esclusivamente sulle radiofrequenze – sono stati parzialmente pubblicati e verranno qui di seguito illustrati, mentre lo studio con l'esposizione simultanea a radiofrequenze e una tantum alle radiazioni gamma è ancora in corso. Lo studio principale è stato portato avanti dal Ramazzini fin dal 2005, quindi è iniziato molti anni fa, sulla base del numero di persone che erano esposte allora, non oggi, che come visto sono molte di più.

In particolare, lo studio del Ramazzini si è concentrato sugli effetti dell'esposizione alle radiofrequenze delle *stazioni radio base* delle antenne emittenti il segnale per la telefonia mobile, per colmare l'inadeguatezza delle informazioni che c'erano a riguardo e che purtroppo in alcuni casi c'è ancora oggi. Lo studio è stato effettuato *in vivo* su animali esposti a una modulazione di frequenza in condizioni che mimavano nel migliore dei modi l'esposizione umana alle stazioni radio base.

Al contempo, sempre nel 2005, anche il National Toxicology Program (NTP) statunitense del North Carolina ha iniziato questo tipo di studio, però in un altro frangente, su incarico della Food and Drug Administration (FDA). Qual è la differenza fra questi due enormi studi? Nel caso dello studio americano gli animali sono stati esposti a quella che potremmo chiamare un'esposizione "total body" da telefono cellulare e wireless, mentre lo studio italiano ha sottoposto gli animali a esposizione a radiofrequenza in modo da mimare la situazione di una stazione radio base vicina a delle case abitate dalle persone.

I due più importanti studi in vivo sulle radiofrequenze degli ultimi 10 anni.



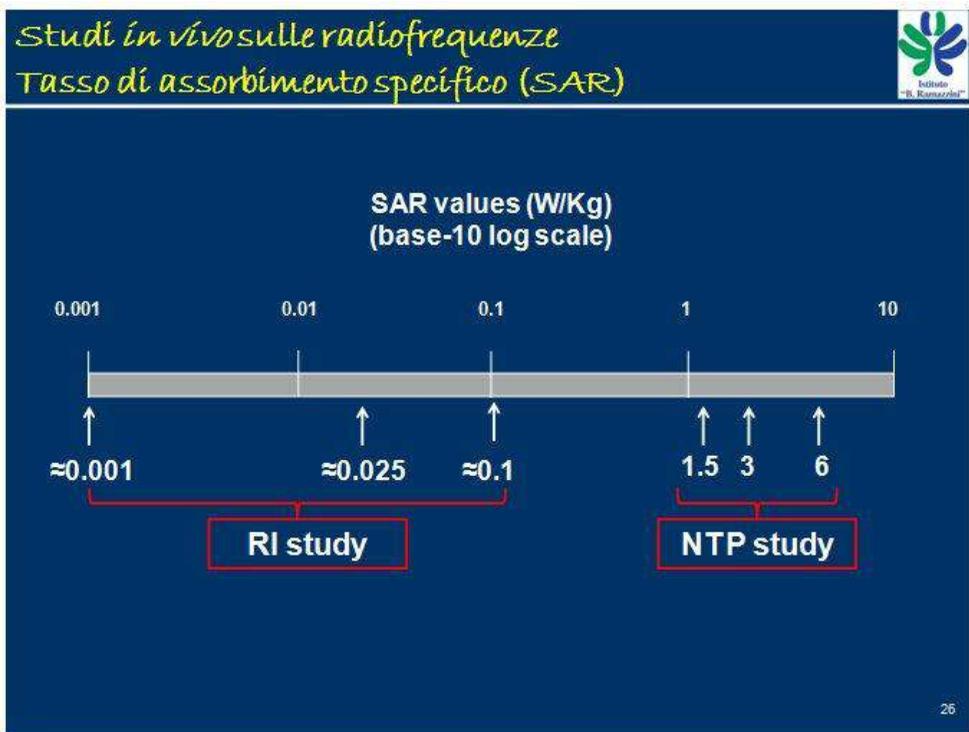
Dunque, lo studio del Ramazzini ha simulato l'esposizione umana alle grandi antenne emittenti il segnale per la telefonia mobile a 1,8 GHz. Si tratta dei due studi più grandi al mondo nel loro genere. Gli americani hanno studiato, fondamentalmente, il “campo vicino”, mentre i ricercatori del Ramazzini hanno studiato il “campo lontano”. I ratti dello studio americano, però, sono stati esposti a una radiofrequenza a 0,9 GHz – ovvero a 900 MHz – che è un'altra importante differenza fra i due studi.

Nello studio del Ramazzini, i ratti Sprague-Dawley sono stati suddivisi in 4 gruppi e sono stati studiati gli effetti dell'esposizione a 0 V/m (gruppo di controllo), a 5 V/m, 25 V/m, 50 V/m, per cui 50 V/m era l'intensità maggiore di esposizione. Inoltre, l'esposizione era continua per 19 ore al giorno per 7 giorni alla settimana, con sole 5 ore di pausa al giorno per consentire le operazioni da parte degli stabularisti. Nel caso dello studio americano (v. figura), i 4 gruppi erano invece esposti, per 9 ore al giorno, rispettivamente a 0 W/kg (gruppo di controllo), 1,5 W/kg (gruppo II), 3 W/kg (gruppo III) e 6 W/kg (gruppo IV).

<i>Studi in vivo sulle radiofrequenze: piani sperimentali</i>		 Istituto "B. Ramazzini"
		 NTP National Toxicology Program U.S. Department of Health and Human Services
		 Istituto Ramazzini COOPERATIVA SOCIALE ONLUS
MODELLO ANIMALE	 Ratti Sprague-Dawley	 Ratti Sprague-Dawley
FREQUENZA DI MODULAZIONE DEL SEGNALE	900 MHz	1800 MHz
GRUPPI DI STUDIO ED ESPOSIZIONE	Gruppo I: 0 W/Kg (90 F, 90 M) Gruppo II: 1.5 W/Kg (90 F, 90 M) Gruppo III: 3 W/Kg (90 F, 90 M) Gruppo IV: 6 W/Kg (90 F, 90 M)	Gruppo I: 0 V/m (202 F, 207 M) Gruppo II: 5 V/m (202 F, 209 M) Gruppo III: 25 V/m (410 F, 401 M) Gruppo IV: 50 V/m (405 F, 412 M)
TEMPO DI ESPOSIZIONE	Alternanza 10-min on, 10-min off 9 ore/giorno, 7 giorni/settimana	Esposizione continua 19 ore/giorno, 7 giorni/settimana

L'altra differenza importante fra lo studio italiano e quello americano è che il primo, a differenza del secondo, studia l'effetto sull'animale dall'esposizione prenatale fino a morte spontanea, mentre gli americani sacrificano l'animale a 106 settimane di età, cioè intorno ai 2 anni, equivalenti a 65 anni di età per l'uomo. In questo modo, però, loro si perdono gli effetti a lungo termine dell'esposizione.

La seguente figura mostra il SAR, cioè il Tasso di assorbimento specifico, misurato nello studio del Ramazzini (indicato come "RI study") a confronto con quello americano ("NTP study"). Quest'ultimo era uno studio dell'esposizione da telefonino, quindi "total body" a maggiore intensità di esposizione, con valori di SAR dell'ordine di 1,5-6 W/kg, mentre i valori dello studio italiano mimavano un'esposizione alle antenne radio base della telefonia mobile dell'ordine di 0,001-0,1 W/kg, cioè valori dalle 15 alle 1000 volte inferiori.



Si noti come l'esposizione SAR dello studio Ramazzini sia bassissima.

La figura seguente mostra come si presenta il sistema espositivo con il quale i ricercatori del Ramazzini hanno sottoposto – e stanno ancora sot-

toponendo – i ratti al trattamento. C’era soltanto del materiale in legno, e dunque anche nelle gabbie nulla che potesse interferire con la radiazione elettromagnetica che si dipartiva dall’antenna a 1,8 GHz posta nel centro, rappresentativa della reale situazione ambientale per le persone site in aree geografiche vicine a una stazione radio base.



Il setup sperimentale dello studio Ramazzini, con l’antenna al centro del condominio.

Inoltre, la stanza del laboratorio era rivestita con materiale che le permettesse di essere completamente schermata dalle radiazioni esterne e di minimizzare le disuniformità di segnale dovute a riflessioni causate dalle pareti, e conseguenti potenziali interferenze. La stanza si comportava quindi come una “camera anecoica”, cioè in cui non vi fosse un riflesso della radiazione. Dunque, l’esperimento simulava l’esposizione che abbiamo tutti noi quando viviamo in edifici vicini a un’antenna del genere.

I risultati dello studio italiano e di quello americano

Lo studio in questione, firmato da 17 ricercatori, si intitola “Report of final results regarding brain and heart tumors in Sprague-Dawley rats exposed from prenatal life until natural death to mobile phone radiofrequency field representative of a 1.8 GHz GSM base station environmen-

tal emission”, ed è stato pubblicato nell’aprile 2018 sulla rivista *Environmental Research*, edita in Olanda da Elsevier.

In tale articolo sono stati dunque pubblicati i primi risultati dello studio italiano appena illustrato, svolto dal Ramazzini: quelli relativi al cuore ed al cervello, mentre il resto degli organi sono ancora in fase di studio. Infatti, sulla base del report parziale del 2016 dello studio parallelo fatto dal National Toxicology Program americano, i ricercatori del Ramazzini hanno deciso di concentrare inizialmente i propri sforzi sull’analisi di quegli organi che gli americani avevano visto essere coinvolti.

In effetti, anche i ricercatori italiani hanno riscontrato l’insorgenza di tumori altrimenti molto rari in questi due organi, cuore e cervello. I risultati italiani sono stati pubblicati in concomitanza con il rilascio di risultati pubblici da parte degli americani del National Toxicology Program, con una mega “peer review” da parte di scienziati di tutto il mondo: in pratica, si presentano i risultati e questi vengono discussi, confermati o smentiti da una platea di esperti presenti alla presentazione pubblica.



Il ricercatore del Ramazzini Andrea Vornoli mentre illustra l’importante studio italiano al convegno di Viareggio su elettrosmog e 5G.

Ciò che è venuto fuori, sia nello studio italiano sia in quello americano, è l’insorgenza di due tipi di tumori normalmente molto rari: i gliomi maligni del cervello (nello studio americano, significativi nei ratti maschi; in

quello italiano, aumento dose-dipendente non significativo nei ratti femmina) e degli Schwannomi maligni e delle iperplasie delle cellule di Schwann (nello studio americano, nei ratti maschi; in quello italiano, aumento dose-dipendente significativo degli Schwannomi maligni nei ratti maschi e aumento non significativo delle iperplasie delle cellule di Schwann nei ratti maschi e femmina).

Studi: risultati



 <ul style="list-style-type: none"> • Cervello Aumento significativo dei gliomi maligni e delle iperplasie delle cellule gliali nei ratti maschi • Cuore Aumento significativo (dose-dipendente) degli Schwannomi maligni e delle iperplasie delle cellule di Schwann nei ratti maschi 	 <p>Istituto Ramazzini COOPERATIVA SOCIALE ONLUS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cervello Aumento (dose-dipendente) non significativo dei gliomi maligni nei ratti femmina • Cuore Aumento significativo (dose-dipendente) degli <u>Schwannomi maligni</u> nei ratti maschi; <u>almeno non significativo</u> delle iperplasie delle cellule di Schwann sia nei maschi che nelle femmine
---	---

Parallelo fra i risultati ottenuti nello studio americano e in quello italiano.

Si noti che la dose che caratterizza l'esposizione nello studio italiano era molto più bassa (fino a 1000 volte inferiore) rispetto a quella dello studio americano. Nonostante ciò, per quanto riguarda i tumori nel cuore, anche i ricercatori italiani – come quelli americani – hanno riscontrato, pure a queste dosi assai basse, un aumento statisticamente significativo (oltretutto dose-dipendente, il che è di per sé molto indicativo) di questo tumore del cuore rarissimo che è lo Schwannoma maligno: praticamente, si tratta di una patologia che colpisce le cellule gliali del cuore che consentono il battito del cuore stesso.

Gli americani del National Toxicology Program, inoltre, hanno trovato

un aumento delle “iperplasie delle cellule di Schwann”, cioè quella che può essere considerata una condizione pre-maligna: sono infatti i precursori del tumore vero e proprio, che è lo Schwannoma maligno. Anche nello studio italiano è stato trovato un aumento di tali iperplasie, però statisticamente non significativo.

Per far capire l'enorme importanza, nello studio italiano, di seguire i ratti fino alla loro morte spontanea, nella figura qui sotto sono mostrati i casi cumulativi di Schwannoma maligno per età alla morte: come si vede molto chiaramente, la maggior parte dei tumori insorgono dopo le famose 106 settimane di età alle quali gli americani si fermano, e pari a 65 anni nell'uomo. Quindi, immaginatevi cosa avrebbero potuto trovare gli americani se fossero arrivati fino a morte spontanea anche loro.



La stragrande maggioranza dei ratti morti per tumori legati alle radiofrequenze a bassissime dosi sono morti dopo 106 settimane di età, pari a 65 anni nell'uomo.

Ora, l'obiettivo dei ricercatori del Ramazzini è completare, nei prossimi mesi, l'analisi isto-patologica di tutti gli altri organi degli animali esposti alla radiofrequenza, in modo da poter pubblicare nel giro di un anno il lavoro completo. Inoltre, prima della pubblicazione, verrà organizzata

una revisione con patologi esterni, per confrontarsi in particolare con il National Toxicology Program e non solo, al fine di avere la conferma dei risultati ottenuti anche da scienziati dello stesso campo provenienti da iniziative in qualche modo concorrenti.

Conclusioni e attesa riclassificazione di cancerogenicità

In conclusione, sia lo studio italiano sia quello americano hanno rilevato degli aumenti statisticamente significativi dello sviluppo dello stesso tipo – e questo è l'aspetto fondamentale! – di tumori molto rari del cuore e del cervello. E un altro aspetto fondamentale è che questo tipo di tumori sono dello stesso istotipo di quelli che sono stati osservati precedentemente in studi epidemiologici, cioè osservati clinicamente sull'uomo in forti utilizzatori del telefono cellulare. Dunque, il modello sperimentale usato dai due gruppi di ricercatori sembra ben descrivere la realtà osservata, e permette di fare delle previsioni.

Anche in Italia, del resto, un tribunale ha riconosciuto in alcuni casi l'associazione fra utilizzo del telefonino a livello professionale (ad esempio, a Ivrea, da parte di un manager) e l'insorgenza di un tumore molto raro dell'orecchio, in pratica vestibolare, ma anche con l'insorgenza di gliomi. L'origine cito-istologica di questo tipo di tumori è la stessa riscontrata dai ricercatori del Ramazzini nel loro studio.



A Ivrea c'è stata la prima condanna in Italia per cancro prodotto da un telefonino.

Un ultimo aspetto importante da sottolineare è che, dopo la *peer review* svoltasi a marzo 2018, il National Toxicology Program ha definito come una “chiara evidenza” i suoi risultati sulla cancerogenicità dei campi elettromagnetici a radiofrequenza. Ciò è fondamentale anche nella prospettiva di una prossima rivalutazione da parte della IARC. Dunque, ci si aspetta che la IARC, una volta concluso anche lo studio italiano e pubblicati entrambi gli studi su riviste *peer reviewed*, cambi la propria posizione nei confronti dei campi elettromagnetici a radiofrequenza, riclassificandoli come **cancerogeni certi per l'uomo**.

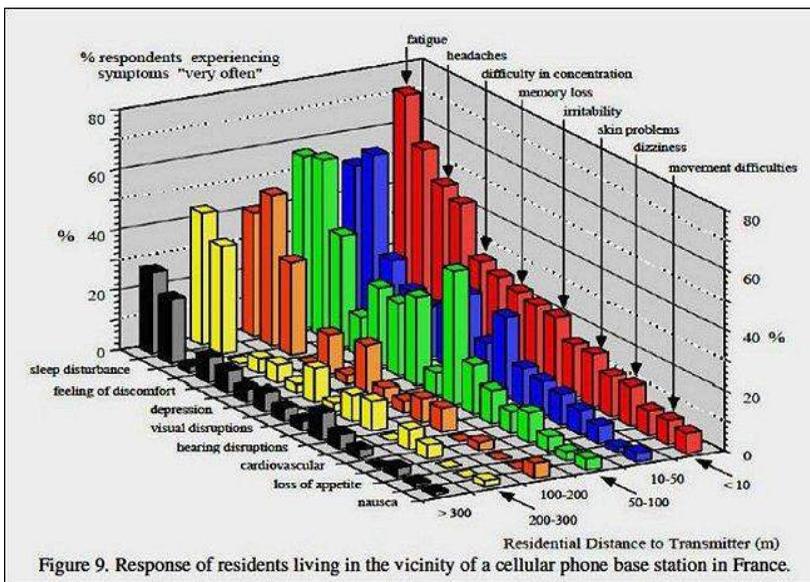
Andrea Vornoli ha pertanto concluso il suo brillante intervento sottolineando che “è da auspicarsi che le compagnie telefoniche investano anteponendo la salute pubblica piuttosto che il potenziamento del segnale”, specie alla luce dei risultati che stanno emergendo. Ciò può sembrare un po' utopico, ma è quanto ci dovremmo aspettare tutti. Un suo suggerimento in tal senso è quello di basare la telefonia mobile ed i telefonini su lunghezze d'onda a più bassa frequenza.

Dunque, il fatto che si siano osservati nell'uomo effetti a breve termine come l'elettrosensibilità ma non ancora un boom su larga scala di tumori al cervello – come molti negazionisti spesso sottolineano con un'analisi superficiale del problema – dopo lo studio italiano non è un dato più così rassicurante, dal momento che la nostra esposizione alle radiazioni dei cellulari è iniziata al più da una ventina d'anni: secondo il modello animale testato, invece, la maggior parte dei tumori si dovrebbe manifestare nell'uomo non necessariamente a breve termine, bensì verosimilmente fra alcuni anni, quando sarà troppo tardi per intervenire.

Lo studio del Ramazzini è uno studio sperimentale che si concentra sui possibili effetti *a lungo termine* delle stazioni radio base della telefonia mobile. Uno studio epidemiologico svolto in Francia, dal titolo “Survey Study of People Living in the Vicinity of Cellular Phone Base Stations” e pubblicato nel 2003 sulla rivista *Electromagnetic Biology and Medicine*, ha invece analizzato gli effetti reali **a breve termine** avvertiti dalla popolazione esposta a questo tipo di emissioni a radiofrequenza, grazie a un questionario compilato da 530 persone che vivevano (o meno) in prossimità di stazioni base di telefonia cellulare.

Sono stati considerati diciotto diversi sintomi, descritti come “malattia da

radiofrequenza”. I risultati ottenuti sottolineano che alcuni sintomi vengono sperimentati solo nelle immediate vicinanze delle stazioni radio base (fino a 10 metri per nausea, perdita di appetito, disturbi visivi), e altri a maggiori distanze dalle stazioni radio base (fino a 100 m per irritabilità, tendenze depressive, abbassamento della libido e fino a 200 m per mal di testa, disturbi del sonno, sensazione di disagio). Nella zona da 200 a 300 metri, solo il sintomo di affaticamento è vissuto significativamente più spesso rispetto a soggetti che risiedono oltre i 300 metri di distanza o non esposti (gruppo di controllo).



La variazione con la distanza da una stazione radio base della frequenza con cui ciascun sintomo viene avvertito, secondo lo studio di Santini et al. (2002).

Inoltre, secondo uno studio epidemiologico (Wolf R. e D., 2004) pubblicato sull'*International Journal of Cancer Prevention*, le persone che vivono per più di un decennio entro 350 metri da una torre per la telefonia cellulare possono sperimentare un aumento di ben quattro volte delle percentuali di cancro rispetto a quelli che vivono più distanti. Questo, almeno, è quanto hanno trovato i due autori analizzando gli effetti sulla popolazione di un'antenna posta a 10 metri di altezza e operante nella banda degli 850 MHz e con una densità di potenza misurata e prevista di $0,53 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, perciò ben inferiore alle attuali linee guida, che sono basate sugli effetti termici dell'esposizione alle radiofrequenze.

Uno studio successivo (Khurana et al., 2010) ha passato in rassegna 10 studi epidemiologici che hanno valutato gli effetti putativi sulla salute

delle stazioni radio base della telefonia mobile. Otto dei 10 studi considerati da questa meta-analisi hanno riportato un aumento della prevalenza di sintomi neurocomportamentali avversi o del cancro in popolazioni che vivono a distanze minori di 500 metri dalle stazioni radio base. Nessuno degli studi riportava un'esposizione al di sopra delle linee guida internazionali accettate, suggerendo che le attuali linee guida potrebbero essere inadeguate nel proteggere la salute delle popolazioni umane. Esistono quindi già diverse evidenze sperimentali ed epidemiologiche preoccupanti, tanto più in vista della diffusione del 5G.

CAPITOLO 9

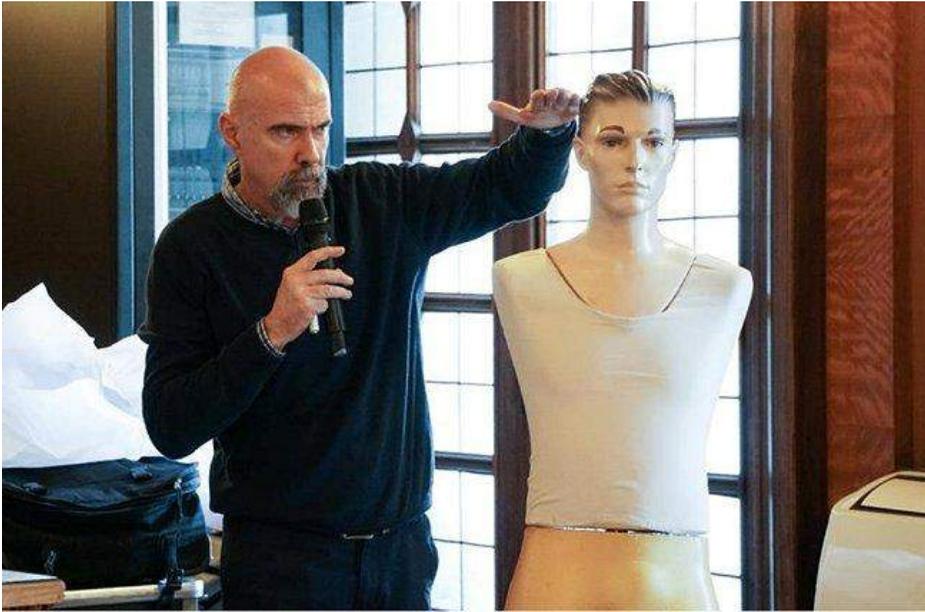
I LIMITI DI LEGGE CI PROTEGGONO DAI CAMPI DEI CELLULARI?

Sugli effetti dei campi elettromagnetici, la comunità scientifica è, *all'apparenza*, spaccata in due: una parte è su una posizione conservativa e negazionista e l'altra è su una posizione cautelativa. La posizione conservativa, però, come spiegato in un recente convegno sull'elettrosmog dal dott. Paolo Orio, medico veterinario e presidente dell'Associazione Nazionale Elettrosensibili, “è il frutto di una ‘grande menzogna’. Si basa infatti su una sorta di “assioma”, cioè su una sorta di verità incontrovertibile: che l'unico effetto dei campi elettromagnetici a contatto con la materia vivente sia un effetto termico!”.

“Se fosse davvero così – una posizione praticamente dogmatica, questa, che risale agli anni Cinquanta e che, come vedremo, è stata ampiamente superata di fatto, nel frattempo, dai risultati di migliaia e migliaia di studi sugli effetti biologici (ovvero, l'anticamera di quelli sanitari) delle radiazioni elettromagnetiche”, ha chiarito Orio, “sarebbe sufficiente stabilire quel valore che produce scosse, ustioni e bruciate per definire dei limiti sicuri per i livelli di esposizione dell'uomo alle radiazioni elettromagnetiche non ionizzanti. E infatti quarant'anni dopo, negli anni Novanta, si auto-costituisce allo scopo un'associazione di privati chiamata ICNIRP (acronimo di “International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection”), che vuol dire “Commissione Internazionale per la Protezione dalle radiazioni non-ionizzanti”.

“Questa commissione”, ha spiegato Orio, “era composta da tecnici, in pratica ingegneri e fisici, anziché da medici e biologi, che sono coloro che si occupano della salute. Gli specialisti dell'ICNIRP prendono per buono l'assunto di quarant'anni prima e, nei laboratori di ricerca, riempiono un manichino di plastica alto 2 metri – con un rivestimento inerte rispetto alle onde elettromagnetiche essendo costituito appunto di mate-

riale plastico – con gel proteico (che dovrebbe essere, secondo loro, assimilabile al contenuto del tessuto vivente umano) e lo bombardano con dei campi elettromagnetici”, al fine di vedere a quali valori di soglia cominciano a verificarsi degli effetti termici, cioè legati al calore.



Il dott. Paolo Orio mostra un manichino per far capire come i limiti sul SAR siano basati su qualcosa di molto diverso da un uomo in carne e ossa o da un bimbo. (cortesia Associazione Italiana Elettrosensibili)

Valori limite arbitrari e unità di misura inventate ad hoc

“L’irradiazione dei manichini – da parte dei tecnici dell’ICNIRP – con questi campi elettromagnetici, fatta separatamente ad alte e basse frequenze”, ha sottolineato Orio, “ha permesso loro di definire *in acuto*, e solo per gli effetti termici, dei limiti (61 V/m) ben più alti di quelli attualmente presenti in Italia per l’esposizione delle persone ai campi elettromagnetici, cioè dei 6 V/m per i campi ad alta frequenza (come quelli a varie radiofrequenze delle stazioni radio base o, nelle microonde, dei Wi-Fi). Quello italiano è un limite inferiore alle raccomandazioni fornite dell’ICNIRP, ovvero più cautelativo¹, ma ancora non sufficiente a garantire la protezione della popolazione dagli effetti biologici e sanitari”.

“Per i campi elettromagnetici ad alta frequenza di una certa intensità – quali ad esempio quelli di cellulari e smartphone, che sono i dispositivi usati più vicini al corpo – i tecnici dell’ICNIRP hanno inventato di sana pianta un’unità di misura che è il SAR, o ‘Tasso di assorbimento specifico’, assai difficilmente riproducibile nel sistema internazionale delle unità di misura”, spiega Orio. “Il livello di SAR da non superare, nel caso dei telefoni cellulari, è stato fissato dalle normative in 2 W/kg per l’Europa e in 1,6 W/kg per gli Stati Uniti e il Canada. Le attuali normative sui test di conformità SAR per dispositivi wireless consentono però ai produttori di stabilire una distanza di separazione (in genere di circa 15 mm, cioè 1,5 cm) tra il telefono e il manichino di prova”.

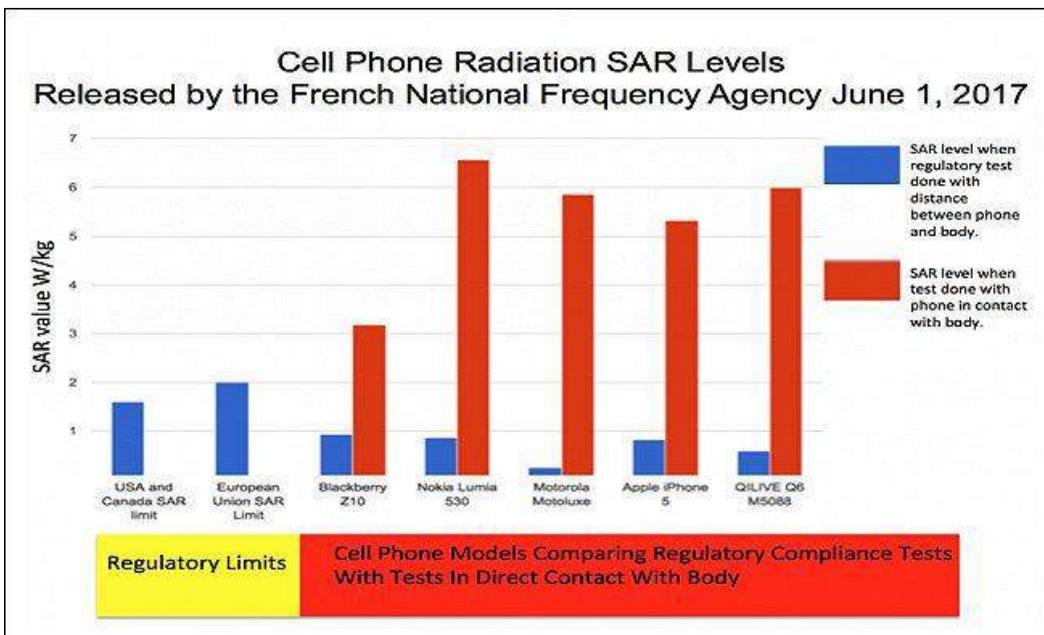
I produttori dei telefoni cellulari vi dicono, sul manuale di istruzioni, qual è il SAR del modello che state acquistando – ad esempio, alla distanza di 2,5 cm dall’orecchio il SAR è di 1,5 W/kg – oppure, soprattutto per tutelarsi, vi scrivono di tenere l’apparecchio a una determinata distanza minima dall’orecchio, in modo tale da soddisfare le normative nazionali ai limiti di esposizione SAR, nei Paesi in cui esistono. Chiunque, quindi, può andare a leggere il manuale di istruzioni prima di comprare un determinato modello di smartphone per cercare di farsi un’idea del rischio che corre, anche se molte persone ignorano che quello dichiarato dal produttore *non* è necessariamente il SAR effettivo che verrà sperimentato dall’utente nell’uso reale dell’apparecchio.

- (1) **BlackBerry Torch**: “To maintain compliance with FCC, IC, MIC, and EU RF exposure guidelines when you carry the BlackBerry device on your body, ... keep the BlackBerry device at least 0.98 in. (25 mm) from your body ...”
“To reduce radio frequency (RF) exposure ... keep the BlackBerry device at least 0.98 in (25 mm) from your body (including the abdomen of pregnant women and the lower abdomen of teenagers ...,” i.e., implicitly indicating the importance of keeping it away from teenage boys’ testicles (BlackBerry, 2010, p. 23).
- (2) **Nokia 1100**: “This product meets RF exposure guidelines...when positioned at least 1.5 cm away from the body... and should position the product at least 1.5 cm away from your body.” (Nokia, 2003, p. 63)
- (3) **Motorola V195 GSM**: “keep the mobile device and its antenna at least 2.5 cm (1 in) from your body.” (Motorola, 2008, p. 70)

Le istruzioni di alcuni telefonini. Ma chi le legge davvero? (fonte. P. Orio)

Ma, di recente, come ha raccontato Orio, “un medico francese particolarmente curioso, Marc Arazi, si è domandato: se io andassi a vedere il valore di SAR quando il cellulare è tenuto non a distanza di qualche centimetro o millimetro bensì *attaccato al corpo*, che valori troverei? Allora la French National Frequency Agency (ANFR) – ovvero l’Agenzia nazionale francese che si occupa delle frequenze – è stata stimolata dal Governo, tramite una vertenza legale avviata da parte di Arazi, a fare uno studio per misurare quanto è il valore di SAR in questo caso”. Il governo francese, infatti, si era rifiutato di rivelare i risultati dei test sul SAR fino a quando non c’è stata la pressione esercitata dall’azione legale.

“Ciò che è saltato fuori” – ha spiegato Orio, mostrando la figura qui sotto, diffusa il 1° giugno 2017 dalla Agenzia Nazionale Francese per le Frequenze – “è che il valore di SAR quando il test viene fatto con il telefono a contatto con il corpo è assai più alto rispetto al livello di SAR quando questo è misurato con i normali test previsti dalla normativa, fatti cioè con una certa distanza frapposta fra il telefono e il corpo. Ed i valori trovati da questa indagine, ad esempio, 6 W/kg, sono sicuri per la salute dell’uomo? Vale la pena osservare che in Francia erano stati già ritirati moltissimi cellulari che oltrepassavano il livello di 2 W/kg, e qui stiamo solo parlando del limite per gli effetti di natura termica, non per quelli biologici non termici!”.



Lo scoppio dello scandalo “PhoneGate” in Francia

L’Agenzia Nazionale Francese per le Frequenze ha rivelato che, nel 2015, la maggior parte dei telefoni cellulari superavano i limiti di radiazioni fissati dal Governo quando venivano testati nel modo in cui vengono realmente utilizzati, e cioè accanto al corpo. I produttori, infatti, non sono tenuti a testare i telefoni nelle tasche delle camicie o dei pantaloni. I test del governo francese effettuati su centinaia di telefoni cellulari rivelano che 9 telefoni su 10 sono andati oltre i livelli di radiazioni riportati dal produttore quando sono stati ri-effettuati nelle posizioni in cui il telefono è in contatto con il corpo. Ciò ha fatto scoppiare in Francia un enorme scandalo, noto come “PhoneGate”.



“Come medico, sono profondamente preoccupato per ciò che questo significa per la nostra salute e in particolare per la salute dei nostri bambini. Le persone hanno il diritto di sapere che, quando i telefoni cellulari vengono testati nei modi in cui le persone usano comunemente i telefonini, i valori superano i limiti normativi attuali. Questa è una prima vittoria per la trasparenza in questo scandalo del settore”, ha commentato Arazi. L’Agenzia ha anche pubblicato i dettagli della marca, del modello e dei risultati dei test per ogni telefono che è stato testato. Tra i modelli di cellulari testati compaiono marchi famosi come Apple, Motorola, Samsung e Nokia. Quando testati a contatto con il corpo, alcuni telefoni hanno dato nei test risultati con SAR pari al triplo di quella riportata in precedenza dal produttore.

Arazi e i suoi colleghi hanno coniato il termine “PhoneGate” a causa dei

paralleli con il “DieselGate”, la saga delle emissioni nocive della Volkswagen. Devra Davis, presidente di Environmental Health Trust, ha spiegato in proposito: “Le auto Volkswagen hanno superato i test delle emissioni diesel quando testate in condizioni di laboratorio, ma quando le auto sono state guidate su strade reali, hanno emesso molti più fumi. Allo stesso modo, ognuno di questi telefoni cellulari ha superato i test SAR per le radiazioni in laboratorio. Questi telefoni sono considerati legalmente conformi. Tuttavia, quando questi telefoni vengono testati nel modo in cui le persone li usano effettivamente nella vita reale, come nella tasca dei jeans o nel reggiseno, la quantità di emissioni di radiazioni assorbite nei nostri corpi viola i limiti normativi”.

“Se i telefoni fossero testati nella situazione in cui li usiamo, sarebbero illegali”, ha affermato la Davis, sottolineando che “questi risultati sono stati replicati in precedenza da un laboratorio certificato FCC statunitense come parte di un'indagine da parte della Canadian Broadcasting Corporation. I risultati di livelli di radiazioni più alti del previsto sono stati documentati anche dall'Istituto di tecnologia Holon in Israele e pubblicati sulle news israeliane. Molto più preoccupante è che i limiti normativi non proteggono il pubblico dagli effetti negativi sulla salute legati alle esposizioni a lungo termine”, ha commentato la Davis, facendo riferimento alle ricerche pubblicate di recente sull'argomento.



Se i telefonini venissero testati nelle reali situazioni in cui li usiamo sarebbero illegali.

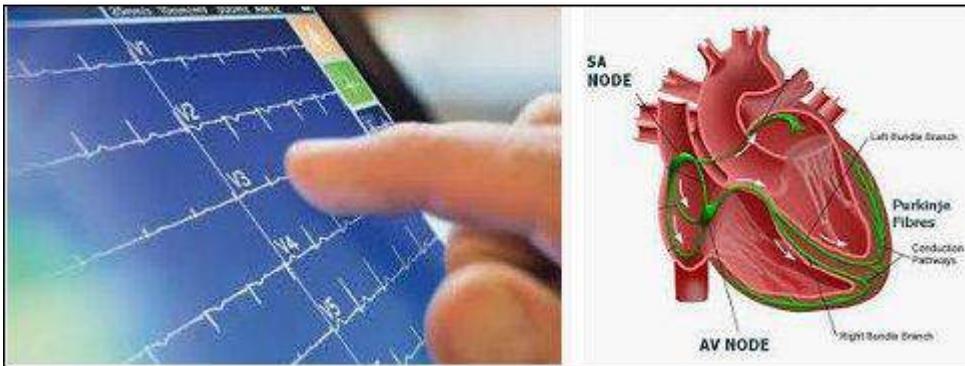
Ad esempio, gli studi decennali condotti negli USA dal National Toxicology Program hanno rilevato che il glioma (un tumore delle cellule gliali del cervello), alcuni rari tumori del cuore e il danno al DNA cellulare sono aumentati in modo statisticamente significativo nei ratti esposti a radiazioni a lungo termine di un telefono cellulare per 9 ore al giorno, mimando l'ambiente del "campo vicino", cioè simulando l'energia erogata e assorbita con l'uso del telefonino. E uno studio parallelo sugli effetti a distanza ("campo lontano") di una stazione radio base della telefonia mobile, effettuato in Italia dall'Istituto Ramazzini, ha trovato risultati in buona parte molto simili ma a livelli di radiazione assai più bassi (pari a SAR dell'ordine di 0,001-0,1 W/kg, cioè dalle 15 alle 1000 volte inferiori a quelli di un cellulare), con la maggior parte dei tumori sopravvenuti in topi di oltre 106 settimane, pari nell'uomo a 65 anni di età.

Dunque, il fatto che non si sia ancora osservato nell'uomo un picco evidente di tumori al cervello – come molti negazionisti spesso sottolineano con un'analisi superficiale del problema – dopo lo studio italiano non è più così rassicurante, dato che la nostra esposizione alle radiazioni dei cellulari è iniziata al più da una trentina d'anni: secondo il modello animale testato, invece, la maggior parte dei tumori si dovrebbe manifestare non a breve, bensì fra anni. "E quand'anche fosse un pericolo di bassa probabilità", spiega la dottoressa Fiorella Belpoggi, direttrice della ricerca al Ramazzini, "coinvolgerebbe milioni di persone, quindi sarebbe senz'altro rilevante in termini di salute pubblica. Inoltre sull'uomo, nei forti utilizzatori del telefonino, è stato osservato un aumento degli stessi tipi di tumore osservati nei topi".

Pertanto, il valore ottenuto dal test SAR non è necessariamente rappresentativo dell'assorbimento di una persona durante l'uso effettivo del telefono cellulare. Non a caso, dunque, secondo l'Agenzia nazionale americana per la protezione dei consumatori, non è raccomandato l'uso del dato sul SAR misurato nei test standard per dei confronti tra telefoni cellulari o per valutazioni del rischio che si corre nel loro utilizzo. In breve, la scelta di un telefono con SAR più basso non garantisce in modo affidabile un assorbimento di radiazioni sufficientemente basso durante l'uso normale dell'apparecchio. E l'indagine francese chiarisce anche bene il perché: se il telefonino è attaccato al corpo, il SAR è assai più alto!

Inoltre, un bambino non è alto 2 metri ma al più 60 centimetri, mentre

questi test sul SAR sono fatti su manichini di plastica alti 2 metri. “Ovviamente, usare un manichino di tal genere fa molto comodo all’industria”, ha sottolineato Orio, “ma il nostro corpo non è un manichino di plastica: è attraversato da correnti, le cellule vivono grazie a miliardi di scambi ionici di elementi come sodio, calcio, potassio. Il funzionamento elettrico del nostro cervello e del nostro corpo è testimoniato da strumenti come l’elettrocardiogramma, l’elettroencefalogramma e l’elettromiografia, che misurano le correnti endogene”. Dunque, è impensabile che non vi siano effetti biologici dei campi elettromagnetici.



L'elettrocardiogramma è la “prova” dell'attività elettrica del cuore.

Valori limite di legge e soglie per gli effetti biologici

Cosa dicono gli scienziati indipendenti, cioè non legati direttamente o indirettamente all’industria della telefonia mobile e dell’industria elettrica? Premesso che, per fortuna, questi scienziati indipendenti sono tanti in tutto il mondo, scopriamo che oltre 10.000 loro studi (sperimentali, epidemiologici, etc.) pubblicati su autorevoli riviste *peer-reviewed* – e riguardanti i vari aspetti della questione – ci dicono, in sintesi, che si hanno effetti biologico-sanitari già a valori molto bassi, ovvero non termici, dell’irradiazione elettromagnetica.

Come ha spiegato Orio, “ciò vuol dire, in pratica, che si hanno effetti biologico-sanitari per valori di **1-2 ordini di grandezza inferiori** rispetto a quelli che l’ICNIRP negli anni Novanta ha associato agli effetti termici. Io i limiti li devo fissare testando *in vivo*, non su un manichino di plastica: in tal caso, però, cioè se li determino in base agli effetti biologici

che si producono su cellule e tessuti viventi, i limiti si riducono in maniera pazzesca, il che non conviene all'industria. Perciò noi siamo cavie inconsapevoli e gli elettrosensibili si ammalano per questi valori 'arbitrari'; anche la relazione di Vornoli dell'Istituto Ramazzini (v. Capitolo 8) ci ha mostrato che il cancro viene per l'esposizione a questi valori 'arbitrari'".

Per capire per quale motivo le linee guida fissate a suo tempo dall'ICNIRP ignorino del tutto gli effetti biologico-sanitari per esposizioni a bassa intensità ed a breve / lungo termine, cioè per valori di radiazione elettromagnetica inferiori a quelli termici di 1-2 ordini di grandezza, è interessante leggere un articolo di Lennart Hardell – oncologo e professore all'Ospedale universitario di Örebro, in Svezia – pubblicato sulla prestigiosa rivista di settore *International Journal of Oncology*, e dal titolo "World Health Organization, radiofrequency radiation and health - a hard nut to crack", ovvero "Organizzazione mondiale della sanità, radiazioni a radiofrequenza e salute - un problema molto difficile da risolvere". È un lavoro di rassegna sul classico problema dei controllori che non sono realmente indipendenti dai controllati.

Lo sintetizza in modo molto chiaro l'*abstract* dell'articolo di Hardell: "*Nel maggio 2011 l'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) ha valutato i rischi di cancro dovuti alle radiazioni a radiofrequenza (RF). Studi epidemiologici umani hanno evidenziato un aumento del rischio di glioma e neuroma acustico. La radiazione RF è stata classificata come gruppo 2B, un possibile cancerogeno per l'uomo. Ulteriori studi epidemiologici, animali e sui meccanismi d'azione hanno rafforzato l'associazione. Nonostante ciò, nella maggior parte dei Paesi è stato fatto poco o nulla per ridurre l'esposizione e istruire le persone sui rischi per la salute derivanti dalle radiazioni RF. Al contrario, i livelli ambientali sono aumentati. Nel 2014 l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) ha lanciato la bozza di una monografia su "Campi alle radiofrequenze e salute" per dei commenti pubblici. È emerso che 5 dei 6 membri del Core Group responsabili della bozza sono affiliati alla Commissione internazionale per la protezione dalle radiazioni non ionizzanti (ICNIRP), un'ONG fedele all'industria, e quindi hanno un serio conflitto di interessi. Proprio come fatto dall'ICNIRP, la valutazione degli effetti biologici non termici derivanti dalle radiazioni a radiofrequenza viene scartata come prova scientifica degli effetti avversi sulla salute nella Monografia. Ciò ha provocato molti commenti inviati all'OMS. Tuttavia, in una riunione del 3 marzo 2017 presso l'ufficio OMS di Ginevra, è stato affermato che l'OMS non ha intenzione di cambiare il Core Group*".

CONFLITTI DI INTERESSE DEI MEMBRI DELL'ICNIRP

INTERNATIONAL JOURNAL OF ONCOLOGY

World Health Organization, radiofrequency radiation and health - a hard nut to crack (Review)

LENNART HARDELL

4

HARDELL: WHO MONOGRAPH ICNIRP

Table I. Members of WHO Monograph core group and their involvement in different other groups (3).

Name	WHO	ICNIRP	UK/AGNIR	SSM	SCENIHR
Simon Mann	X	X	X		
Maria Feychting	X	X	X	X	
Gunnelid Ofstedal	X	X			
Eric van Rongen	X	X		X	
Maria Rosaria Scarfi	X	X*		X	X
Denis Zmirou	X				

*Former. WHO, World Health Organization; ICNIRP, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection; AGNIR, Advisory Group on Non-Ionizing Radiation; SSM, Statistiska beredningsmyndigheten (Swedish Radiation Safety Authority); SCENIHR, Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks.

I conflitti di interesse di alcuni membri dell'ICNIRP scoperti da Hardell ripresi in una slide della presentazione di Paolo Orio. (cortesia Paolo Orio)

“Per questi conflitti di interesse, e dato che esistono sull'uomo non solo effetti non termici, ma anche effetti sulla salute a breve ed a lungo termine indotti dai campi elettromagnetici, a cominciare dalla elettrosensibilità”, ha sottolineato Orio, egli stesso elettrosensibile, “i limiti di legge attuali per l'esposizione alle alte e basse frequenze *non* tutelano la popolazione”. Una normativa che fosse realmente cautelativa, infatti, si baserebbe: (1) sui dati relativi a studi epidemiologici su popolazioni esposte a campi elettromagnetici; (2) sui risultati sperimentali di laboratorio ottenuti su sistemi irradiati con campi elettromagnetici: soggetti volontari, animali, organi isolati, cellule coltivate in vitro, etc. E, ovviamente, fisserebbe le soglie a valori basati su entrambi i tipi di dati, che oggi non sono presi in considerazione, limitandosi la legge a fissare delle soglie ben più alte, dettate dai soli effetti termici.

Nel prossimo capitolo illustreremo in dettaglio, con l'aiuto di numerosi recenti articoli di rassegna che a loro volta analizzavano centinaia di pubblicazioni *peer-reviewed* sui singoli argomenti, quali siano i principali

effetti biologici non termici delle radiofrequenze e in particolare dell'esposizione ai cellulari, nonché quale sia il principale meccanismo di danno. “Dato quindi che migliaia di studi – oltre a quelli decennali dell’Istituto Ramazzini e del National Toxicology Program statunitense – dimostrano l’esistenza di effetti non termici delle radiazioni a radiofrequenza, gli scienziati indipendenti dicono di applicare il principio di precauzione, ovvero”, ha spiegato Orio, “**0,03-0,05 V/m** (cioè 30-50 mV/m) come valori di attenzione per le radiofrequenze, o almeno come obiettivo di qualità da raggiungere”.

Anche Fiorenzo Marinelli, biologo che per anni ha studiato gli effetti biologici ed i rischi delle onde elettromagnetiche presso l’Istituto di Genetica Molecolare del Consiglio Nazionale delle Ricerche (IGM-CNR) di Bologna ed è fra i massimi esperti in Italia su questo argomento, ha di recente affermato pubblicamente che i limiti per le radiofrequenze in situazioni reali dovrebbero essere più bassi, per tutelare la popolazione, dei limiti di legge attuali e arrivare almeno a **0,6 V/m**. Inoltre, ha spiegato che accettare per i telefonini un SAR limite di 2 W/kg significa, di fatto, autorizzare un campo elettrico di **307 V/m!**

Rapporto rischi biologici 29.4.2015 Dr. Fiorenzo Marinelli

SAR 2 W/Kg = 307 V/m
limite 6 V/m

■ PERMETTE AI
TELEFONI DI
EMETTERE FINO A
307 V/m

■ **È COME UNA LICENZA DI UCCIDERE**

Una slide, presentata dal Dr. Marinelli in una conferenza, sul limite SAR attuale a 2 W/kg. (fonte: Rapporto rischi biologici 29.4.2015 Dr. F. Marinelli)

Invece, noi andiamo nella direzione opposta. Il limite di legge in Italia per le radiofrequenze (**6 V/m**), trova applicazione per tutte le sorgenti fisse (ad es. le stazioni radio-base della telefonia, le emittenti radio e TV, etc.) ma – curiosamente – non nel caso dei telefonini (evidentemente, in quanto “mobili”). A titolo di esempio, un vecchio cellulare GSM operante su rete 2G alla potenza di 1 W crea un campo di circa 6 V/m già a un metro di distanza e di circa **60 V/m** a 10 cm (i moderni smartphone 4G di solito emettono molto meno: circa 1-5 V/m a 10 cm di distanza se il “campo” è buono/medio). I vecchi telefonini che usano il 2G sono noti per comunicare a piena potenza quando si collegano a un numero, perciò un modello vecchio – o magari uno nuovo con poco “campo” – sarebbe facilmente “fuori legge” se gli si applicasse tale normativa.

Potreste obiettare che l'effetto dei telefonini si misura con il SAR e non con il campo elettrico, ma in realtà non è così. Il SAR, infatti, si può ottenere con buona precisione misurando con opportuni strumenti il campo elettrico (in V/m) o l'intensità dell'onda (in W/m²) che arriva sul corpo in esame. I fattori di conversione si calcolano sulla base di modelli fisici dell'organismo. Che il SAR sia stato introdotto per le frequenze fra 100 kHz e 300 GHz, molto verosimilmente, proprio per aggirare il grosso problema che altrimenti sarebbe sorto applicando i normali limiti sul campo elettrico lo si capisce facilmente se si osserva la formula con cui è possibile calcolare il SAR, che è la seguente, dove σ è la conducibilità elettrica della parte testata, ρ è la sua densità media ed E è il valore efficace, appunto, del campo elettrico:

$$SAR = \frac{\sigma}{\rho_m} E_{\text{eff}}^2$$

La formula usata per il calcolo del SAR. Si noti il legame di proporzionalità di questa grandezza con il campo elettrico.

CAPITOLO 10

EFFETTI BIOLOGICI DEI CAMPI ELETTRO- MAGNETICI A RADIOFREQUENZA

Qual è il meccanismo d'azione che fa sì che con l'esposizione ai campi elettromagnetici aumenti il rischio delle persone – soprattutto dei bambini – di sviluppare, sul lungo termine, un tumore o altre gravi patologie? Se noi riusciamo a spiegarlo, il cerchio aperto dagli studi epidemiologici e da quelli sugli animali, inevitabilmente, si chiude. Dobbiamo quindi capire come un campo elettromagnetico agisce a livello biologico.

I negazionisti a oltranza – cioè quelli che vogliono cercare di negare gli effetti biologici dei campi elettromagnetici contando sull'ignoranza delle persone – di solito, messi alle strette, si rifugiano “in calcio d'angolo” sostenendo che si tratta comunque di radiazioni non-ionizzanti: dato che non strappano gli elettroni agli atomi, concludono, non fanno danno, ed alcuni di loro arrivano addirittura a dire che sono protettive per la salute, suscitando l'ilarità di chi invece conosce bene l'argomento.



In effetti, le radiazioni *ionizzanti* – cioè quelle che hanno un'energia maggiore di 14 MeV – sono molto pericolose perché in grado di mettere o togliere una carica elettrica nelle molecole biologiche, per cui la molecola resta carica elettricamente. Questa alterazione elettrica delle molecole fa sì che poi reagiscano in modo diverso: quando ciò avviene, ad esempio, su una molecola di DNA, addirittura si può avere una incapacità di leggere la sequenza del DNA, cioè l'informazione di base presente sulla molecola, con conseguenze aberranti a livello cellulare, in quanto le cellule mutate non sono più in grado di produrre le proteine.

Le radiazioni *non ionizzanti* – cioè le radiazioni elettromagnetiche a bassa frequenza ed a radiofrequenza responsabili dell'elettrosmog, ed in particolare queste ultime, di cui parliamo in modo particolare in questo capitolo – non sono in grado di fare questa operazione così drastica sulle molecole, però possono indirizzare in modo diverso le reazioni metaboliche che avvengono nelle cellule, come sarà fra poco chiaro.

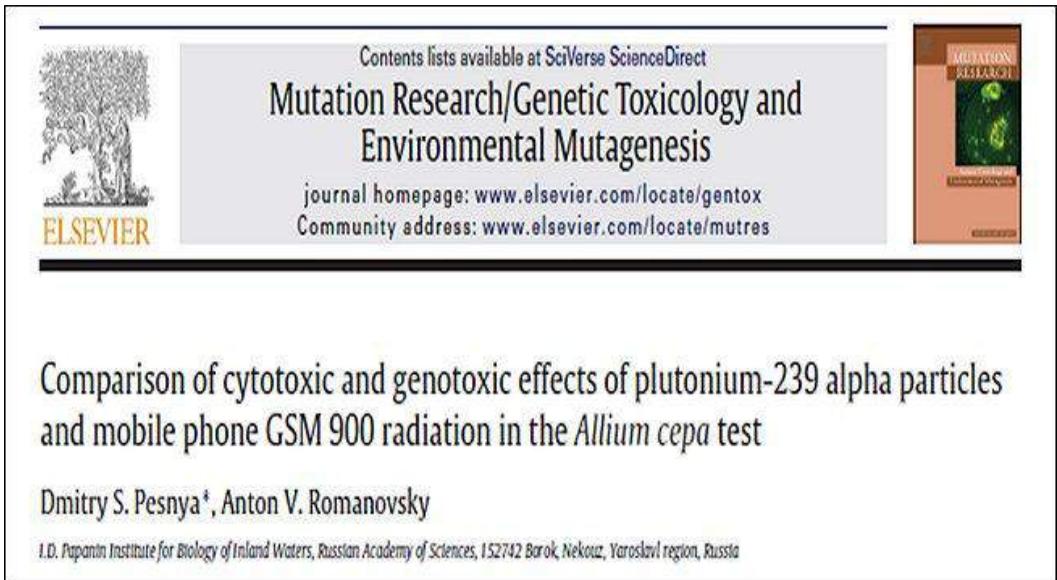
Gli effetti biologici delle radiazioni non ionizzanti

Come ha raccontato il dott. Paolo Orio nel suo intervento a un convegno nazionale sull'elettrosmog, nel 2012 due scienziati russi hanno pubblicato un importante lavoro dal titolo “Comparison of cytotoxic and genotoxic effects of plutonium-239 alpha particle and mobile phone GSM 900 radiation in the *Allium cepa* test”. In pratica, hanno preso le cellule di un vegetale, la cipolla – che non è condizionabile psicologicamente – e le hanno sottoposte a due tipi di radiazioni: quelle ionizzanti, che causano la rottura dei legami molecolari, e quelle non-ionizzanti, che apparentemente non dovrebbero causare tali rotture.

L'obiettivo di questo studio era, in particolare, quello di confrontare gli effetti citotossici e genotossici delle particelle alfa del plutonio-239 e delle radiazioni del telefono cellulare modulato GSM 900 (mod. Sony Ericsson K550i) in un test sull'*Allium cepa*. Tre bulbi sono stati pertanto esposti alle radiazioni del telefono per 0 (controllo), 3 e 9 ore. Un gruppo di controllo positivo è stato trattato per 20 minuti con radiazioni alfa di plutonio-239. Sono state analizzate anomalie mitotiche, aberrazioni cromosomiche, micronuclei e indice mitotico.

Il risultato di questo esperimento è che il danno biologico, nei due casi

(radiazioni ionizzanti e radiazioni non-ionizzanti), risulta essere praticamente sovrapponibile, e consiste in: aumento della mitosi cellulare, alterazione dei cromosomi, deformazione dei micronuclei, etc. Le radiazioni del telefono cellulare GSM 900 e le radiazioni alfa del plutonio-239 hanno inoltre indotto effetti sia clastogeni (una forma di mutagenesi che può essere all'origine di una carcinogenesi) che aneugenici (cioè mutageni a carico del numero di cromosomi).



Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis

journal homepage: www.elsevier.com/locate/gentox
Community address: www.elsevier.com/locate/mutres

Comparison of cytotoxic and genotoxic effects of plutonium-239 alpha particles and mobile phone GSM 900 radiation in the *Allium cepa* test

Dmitry S. Pesnya*, Anton V. Romanovsky

I.D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences, 152742 Borok, Nekouz, Yaroslavl region, Russia

L'articolo che dimostra come gli effetti biologici delle radiazioni non ionizzanti di un cellulare siano simili a quelli delle radiazioni ionizzanti.

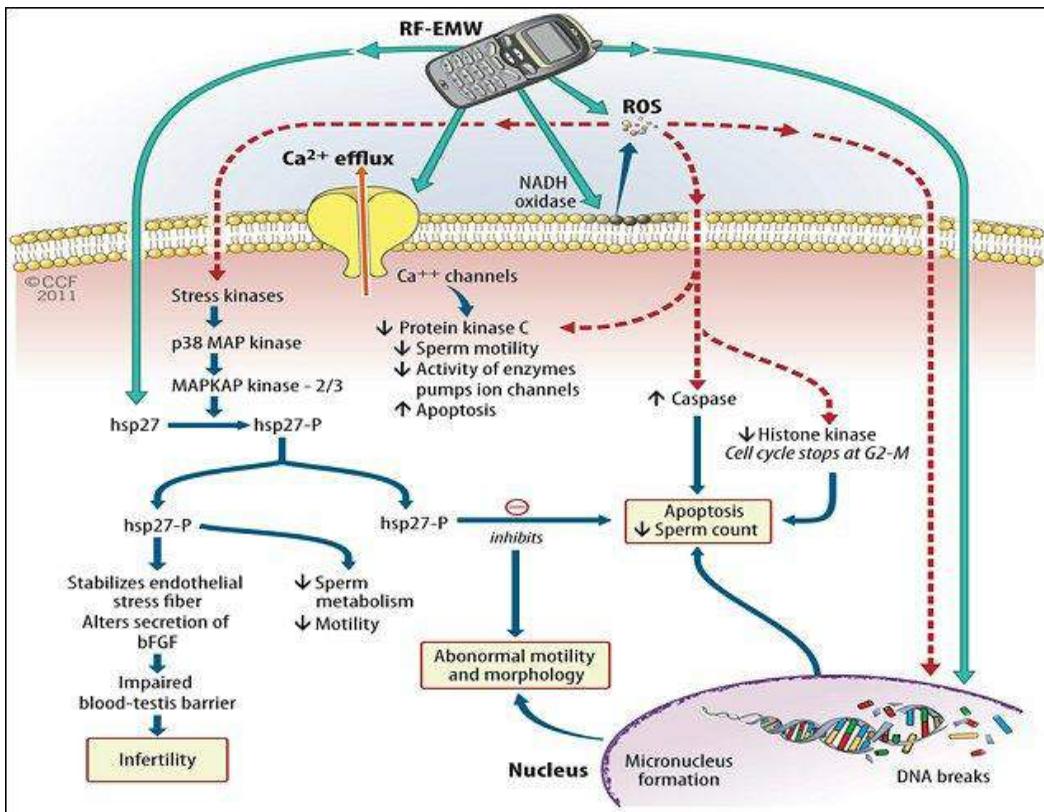
In particolare, l'esposizione alle radiazioni alfa del plutonio-239 e l'esposizione alla radiazione modulata dal cellulare per 3 e 9 ore hanno aumentato significativamente l'indice mitotico. Tuttavia, l'attività aneugenica indotta dalle radiazioni dei telefoni cellulari era più pronunciata. Dopo 9 ore di esposizione alle radiazioni dei telefoni cellulari, sono state rilevate cellule poliploidi, metafasi di tre gruppi, amitosi e alcune anomalie non specificate, che non sono state registrate negli altri gruppi sperimentali.

È importante sottolineare che la radiazione del telefono mobile GSM 900 ha aumentato la frequenza delle anomalie mitotiche e cromosomiche in modo dipendente dal tempo di esposizione, il che evidenzia una relazione causa-effetto e l'importanza del tempo di esposizione. “A causa della sua sensibilità”, concludono quindi gli autori dell'articolo, “il test

Allium cepa può essere raccomandato come utile test citogenetico per valutare gli effetti citotossici (cioè che alterano le funzioni della cellula, ndr) e genotossici (cioè a carico delle strutture cromosomiche, ndr) dei campi elettromagnetici a radiofrequenza”.

Il principale meccanismo di danno alle radiofrequenze

Ma come è possibile che la radiazione a radiofrequenza emessa da un cellulare mi produca lo stesso danno di una radiazione ionizzante quale i raggi alfa del plutonio, i raggi X o i raggi gamma? Beh, la seguente figura, tratta dalla meta-analisi del 2015 intitolata “*Oxidative mechanisms of biological activity of low intensity radiofrequency radiation*”, di Yakymenko et al., aiuta a capirlo, poiché riassume molto bene i numerosissimi effetti che si scatenano a livello cellulare quando una radiazione elettromagnetica a radiofrequenza a bassissima intensità impatta la materia vivente.



I numerosi effetti prodotti a livello cellulare da una radiazione elettromagnetica a radiofrequenza a bassa intensità quando impatta la materia vivente.

Il citato articolo di rassegna mirava, in particolare, a valutare i dati sperimentali sugli effetti ossidativi delle radiazioni a radiofrequenza a bassa intensità (quali sono ad esempio quelle emesse dai cellulari, dalle stazioni radio base, etc.) nelle cellule viventi e dice: “L’analisi della letteratura scientifica *peer-reviewed* oggi disponibile rivela gli effetti molecolari indotti da tali radiazioni nelle cellule viventi; ciò include l’attivazione significativa di percorsi chiave che generano specie reattive dell’ossigeno, attivazione della perossidazione, danno ossidativo del DNA e cambiamenti nell’attività degli enzimi antiossidanti”.

“L’ampio potenziale patogeno delle specie reattive dell’ossigeno prodotte e il loro coinvolgimento nelle vie di segnalazione cellulare spiega”, secondo gli autori di questa importante meta-analisi, tutta “una gamma di effetti biologici / di salute della radiazione elettromagnetica a radiofrequenza a bassa intensità, che includono sia le patologie tumorali che quelle non tumorali”. In particolare, il lavoro di rassegna rivela che, “su 100 articoli scientifici analizzati della letteratura attualmente esistente sull’argomento, ben 93 correlano l’esposizione (a tale tipo di radiazione non-ionizzante) al danno ossidativo”.

“In conclusione”, scrivono ancora gli autori, “la nostra analisi dimostra che la radiazione elettromagnetica a radiofrequenza è un agente ossidativo espressivo per le cellule viventi con un elevato potenziale patogeno e che lo stress ossidativo indotto da un’esposizione a tali campi dovrebbe essere riconosciuto come uno dei meccanismi primari dell’attività biologica di questo tipo di radiazione”. Dunque, il danno biologico prodotto da tali radiazioni non-ionizzanti è – rispetto a quello delle radiazioni ionizzanti – indiretto, ma c’è, eccome.

D’altra parte, il principale meccanismo d’azione che causa danno cellulare – dal cancro alle malattie neurodegenerative (SLA, Alzheimer, sclerosi multipla, ADHD, etc.), dall’elettrosensibilità all’infertilità maschile, ai disturbi cognitivo-comportamentali – è proprio lo stress ossidativo. Pertanto, come mostrato nella figura precedente, se l’emissione di radiofrequenze induce uno stress ossidativo a livello di membrana cellulare, il danno può venire eliminato; ma se lo induce nel cuore della cellula – dove c’è il DNA, il suo software – il danno, reiterato nel corso degli anni, può dar luogo a patologie molto serie.

Gli effetti non termici delle RF e la “doppia verità”

Fiorenzo Marinelli, biologo che ha lavorato quasi una vita all'Istituto di Genetica Molecolare del CNR di Bologna, occupandosi degli effetti biologici dei campi elettromagnetici – ed in particolare degli effetti genetici sul DNA delle cellule – in un recente convegno divulgativo svoltosi a Firenze ha spiegato che “la differenza fra i campi elettromagnetici naturali e quelli artificiali è che quelli naturali sono *continui non pulsati*, mentre quelli artificiali sono alternati, cioè hanno un'onda di emissione che cambia di polarità un certo numero di volte al secondo. Ciò è probabilmente all'origine di tutti gli effetti biologici. Il campo elettrico naturale è quello nel quale l'uomo si è evoluto, mettendo in atto dei sistemi di protezione, come la guaina mielinica che avvolge tutto il nostro sistema nervoso, e lo stesso si può dire per il campo magnetico naturale”.

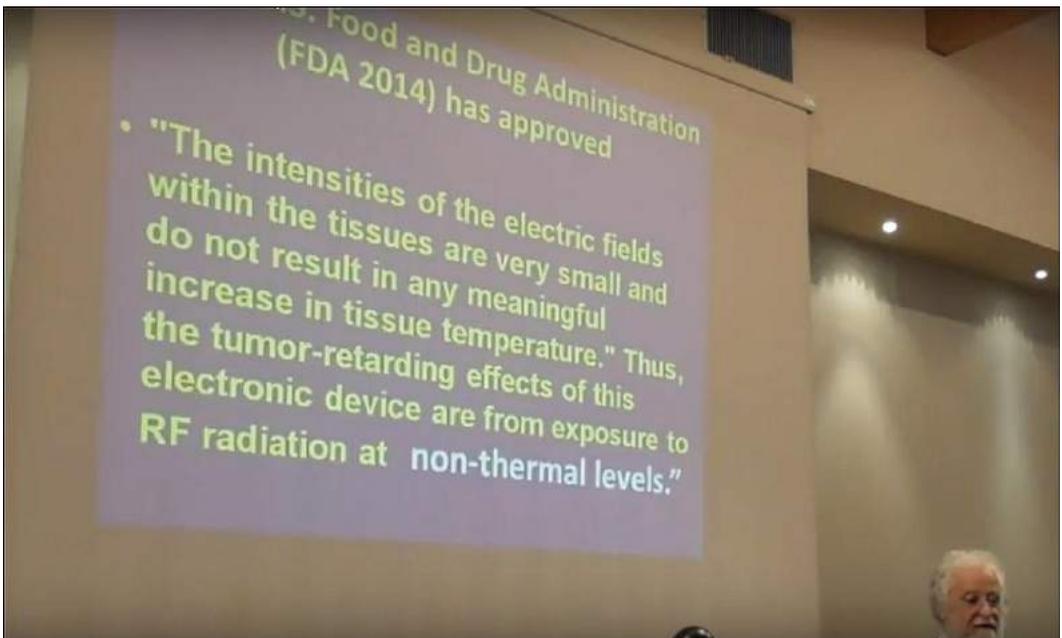


Il biologo Fiorenzo Marinelli mentre tiene una conferenza divulgativa.

Come ha chiarito poi Marinelli nel suo ottimo intervento, “gran parte dell'industria ha abbracciato l'idea che solo gli effetti termici producono danni agli organismi. Effetto termico vuol dire che l'onda elettromagnetica colpisce un oggetto, gli cede energia e questo si riscalda. Quando l'oggetto, però, è un organismo animale, ahimè, funziona già con la sua energia e allora non occorre arrivare al livello degli effetti termici per

provocare delle alterazioni, perché i meccanismi di funzionamento degli organismi biologici fanno sì che si abbiano effetti anche da parte di campi elettromagnetici con livello di intensità non termico, cioè che non arrivano alla potenza necessaria per depositare energia”.

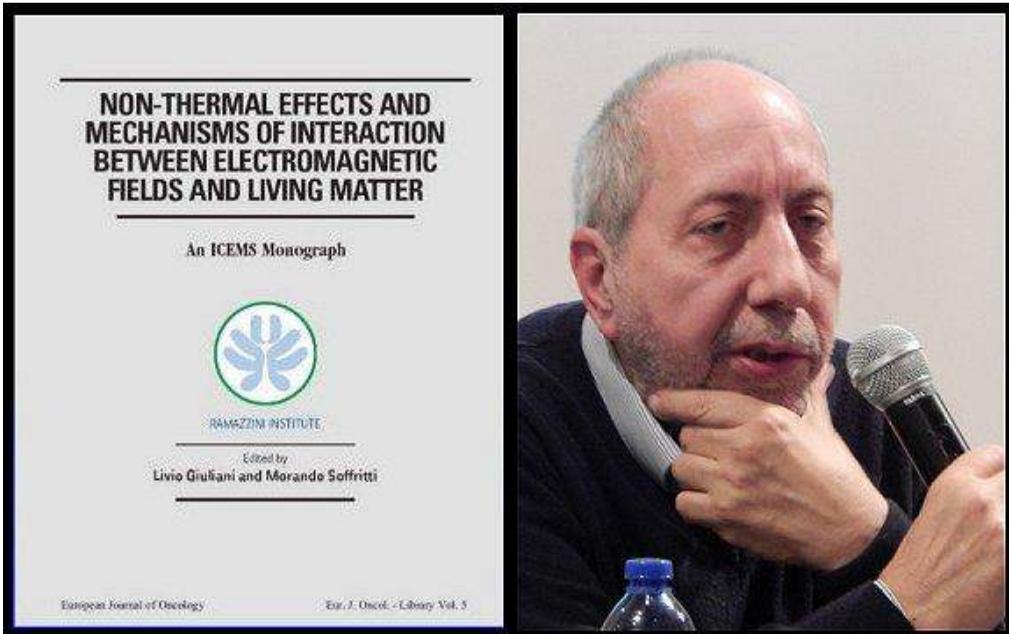
Inoltre, c'è il problema della “doppia verità” sugli effetti non termici dei campi elettromagnetici, sottolineato da Marinelli. Nel 2014, la Food and Drug Administration (FDA) americana autorizzò una terapia anti-tumorale fatta con campi elettromagnetici a radiofrequenza, dichiarando: “Questi effetti di ritardo dello sviluppo tumorale sono dovuti a un apparecchio elettronico che produce radiazioni ad alte frequenze di livello non termico”. Perciò, con questa dichiarazione si riconosce ufficialmente che i campi elettromagnetici di livello non termico possono produrre un effetto biologico. Contemporaneamente, quando si parla di limiti di legge, si dice ufficialmente che gli effetti non termici non esistono, per cui si possono irradiare i cittadini con limiti di esposizione più alti.



La “doppia verità” sugli effetti non termici delle radiofrequenze.

Nel 2002, a Catania fu fondata l'International Commission for the Electromagnetic Safety (ICEMS) – di cui il prof. Livio Giuliani è il portavoce – che riunisce scienziati indipendenti che si occupano di ricerca sui campi elettromagnetici. Nel 2010, l'Istituto Ramazzini ha pubblicato una

corposa raccolta di pubblicazioni scientifiche fatte da scienziati indipendenti che dimostrano i numerosi meccanismi di funzionamento a livello biologico dei campi elettromagnetici di livello non termico. Questa pubblicazione, all'epoca allegata allo *European Journal of Oncology*, è oggi scaricabile gratuitamente da Internet sul sito www.icems.eu per chi fosse interessato ad approfondire tali tematiche.



La monografia dell'ICEMS sugli effetti di livello non termico dei campi elettromagnetici ad alta e bassa frequenza e (a destra) il portavoce della International Commission for the Electromagnetic Safety, il prof. Livio Giuliani.

Marinelli ha poi raccontato di una sperimentazione fatta qualche anno fa dal suo gruppo di ricerca in un paesino vicino Belluno, per determinare gli effetti nelle abitazioni di una stazione radio base di telefonia mobile, cioè di una torre con le antenne per i cellulari. A tale scopo, hanno collocato in alcune case un incubatore tipo quelli usati in laboratorio per coltivare le cellule e poi hanno messo delle cellule in coltura per vedere se la stessa radiazione che colpisce le persone (che in quel caso era, nelle case, di 0,9-2,1 V/m) può essere dannosa per le cellule in coltura. Come illustrato dalla figura seguente, le cellule in coltura coltivate in tali condizioni hanno mostrato delle alterazioni importanti, rivelate dal non aver cambiato colore perché con forte sofferenza vitale. Probabilmente, erano o quasi del tutto morte o comunque non funzionavano più.



L'incubatore collocato nelle case dal gruppo di Marinelli ed esempio di cellule di controllo vs. cellule esposte alla radiazione nei loro esperimenti. (© F. Marinelli)

Infatti, sia le cellule di controllo che quelle esposte al campo elettromagnetico erano state additivate di un colorante biologico che viene metabolizzato. Quindi, quando le cellule sono vive e sane metabolizzano il colore e diventano scure, mentre se sono sofferenti o morte non metabolizzano il colorante e rimangono chiare, cioè gialline in questo caso. Analisi più approfondite di queste cellule esposte e malridotte hanno mostrato che si attivano dei geni della metilazione del DNA che alterano la regolazione genica. Addirittura, si esprime di più un gene come la caspasi, che ci dice che la cellula sta morendo: infatti, è quello che la cellula attiva quando deve autoeliminarsi perché è troppo danneggiata. Dunque,

le cellule esposte hanno mostrato danni alla riproduzione cellulare e alterazione di geni chiave. È quindi molto probabile che questo tipo di danni accadano anche nelle persone esposte al medesimo campo.

Gli effetti biologici dell'esposizione a un telefono cellulare

Ma gli effetti biologici delle radiazioni a radiofrequenza non finiscono qui. Come ha spiegato Orio, “noi abbiamo un film di capillari che avvolge il nostro encefalo – e che si chiama barriera ematoencefalica – il quale è in grado di impedire il passaggio di sostanze tossiche all'interno del nostro encefalo, evitando così che i neuroni si ammalinino. In Svezia, alcuni ricercatori guidati dal neurochirurgo Leif Salford, dell'Università di Lund, hanno preso un cellulare e con esso hanno esposto i ratti a valori di campo elettromagnetico bassissimi, dopodiché hanno ucciso i topi e sono andati ad analizzare gli effetti a livello encefalico”.

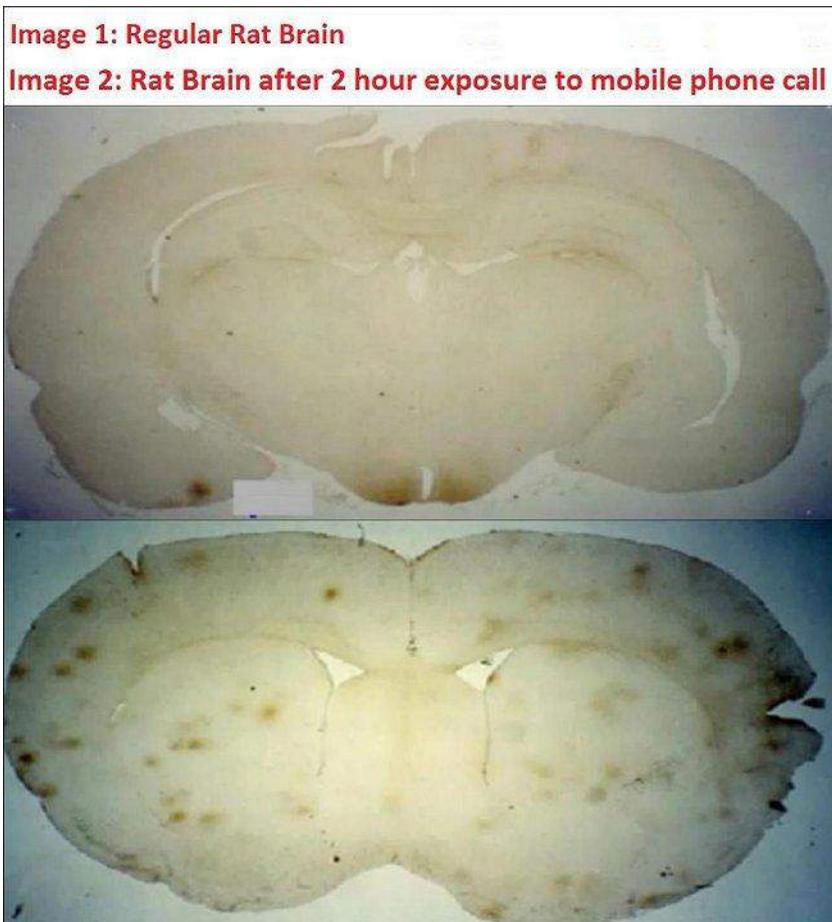
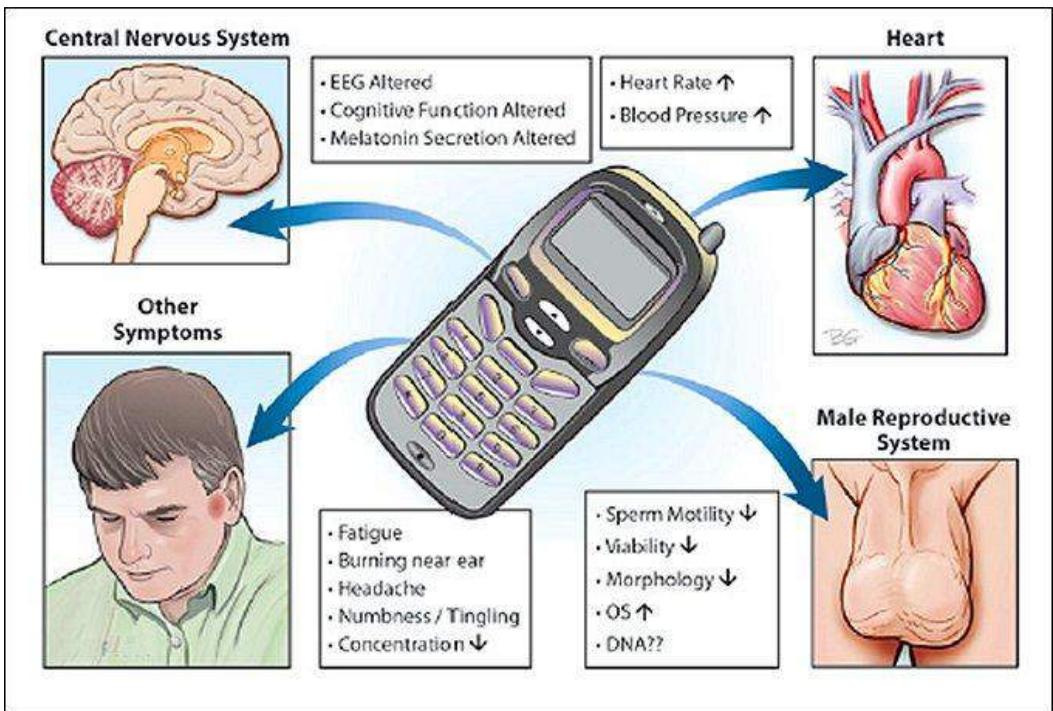


Immagine del cervello normale di un topo e dopo 2 ore di esposizione a una chiamata al cellulare.

Il risultato è stato una terribile scoperta: “osservando al microscopio il vetrino con una sezione dell’encefalo dei ratti sottoposti al trattamento descritto, hanno trovato che la loro barriera ematoencefalica si era dilatata per l’azione delle radiofrequenze. Sono passate delle sostanze che di solito non devono passare in condizioni normali e si sono localizzate a livello neuronale in sette distretti dell’encefalo, in particolare a livello dell’ippocampo, che è quella parte del cervello deputata a coordinare due funzioni fondamentali: l’apprendimento e la memoria. Tutto ciò può dunque causare danni importanti *in vivo*”.

E non si tratta affatto di semplici speculazioni. Infatti, come ha raccontato Orio, “lo studio è stato poi replicato su topolini irradiati nella pancia della mamma incinta: quando i piccoli sono nati, hanno manifestato disturbi simili all’ADHD. L’ADHD è una sindrome che colpisce i nostri bambini: è il ‘Disturbo da Deficit di Attenzione e Iperattività’. Ebbene, i ratti manifestavano lo stesso disturbo, e noi mettiamo il Wi-Fi nelle classi delle scuole. Capite perciò facilmente quale sia il problema. Non è un caso, quindi, che oggi abbiamo un aumento rilevante dei disturbi cognitivo-comportamentali nei bambini”.



Effetti dell’uso del cellulare sul corpo umano. Adattata da Makker (2009)

Orio ha citato poi un altro esempio di effetti biologici dei campi elettromagnetici dei cellulari, dunque a livelli di intensità più bassi di quelli termici (cui sono invece legati i limiti di legge): “La melatonina, un ormone importantissimo secreto nel cervello dall’epifisi, ha funzioni straordinarie: regola i ritmi circadiani, è un oncostatico – cioè blocca le cellule tumorali – ed è il più potente antiossidante endogeno. Cosa accade quando la nostra epifisi è esposta al campo di un telefonino? Il livello di melatonina cala in maniera drammatica, e quindi siamo esposti in modo sconsigliato all’azione dei radicali liberi, dei perossidi, i quali vanno a danneggiare la cellula, la sua struttura, il suo cuore che è il DNA”.

Ma gli effetti biologici preoccupanti non finiscono qui. Il gruppo diretto da Brendan J. Houston, biologo dell’Università di Newcastle (Australia) in un articolo di rassegna ha analizzato specificamente gli effetti della radiazione elettromagnetica a radiofrequenza sul sistema riproduttivo maschile. Tra un totale di 27 lavori che hanno studiato gli effetti dei campi a radiofrequenza sul sistema riproduttivo maschile, le conseguenze negative dell’esposizione sono state riportate in 21. All’interno di questi 21 studi, 11 su 15 che hanno indagato la motilità spermatica hanno riportato declini significativi, 7 su 7 che hanno misurato la produzione di specie reattive dell’ossigeno (ROS) hanno documentato livelli elevati e 4 su 5 studi che hanno sondato il danno al DNA hanno evidenziato un aumento dei danni dovuti all’esposizione.

Reproduction: 2016 Dec;152(6):R263-R276. Epub 2016 Sep 6.

The effects of radiofrequency electromagnetic radiation on sperm function.

Houston BJ¹, Nixon B², King BV³, De Iulius GN², Aitken RJ².

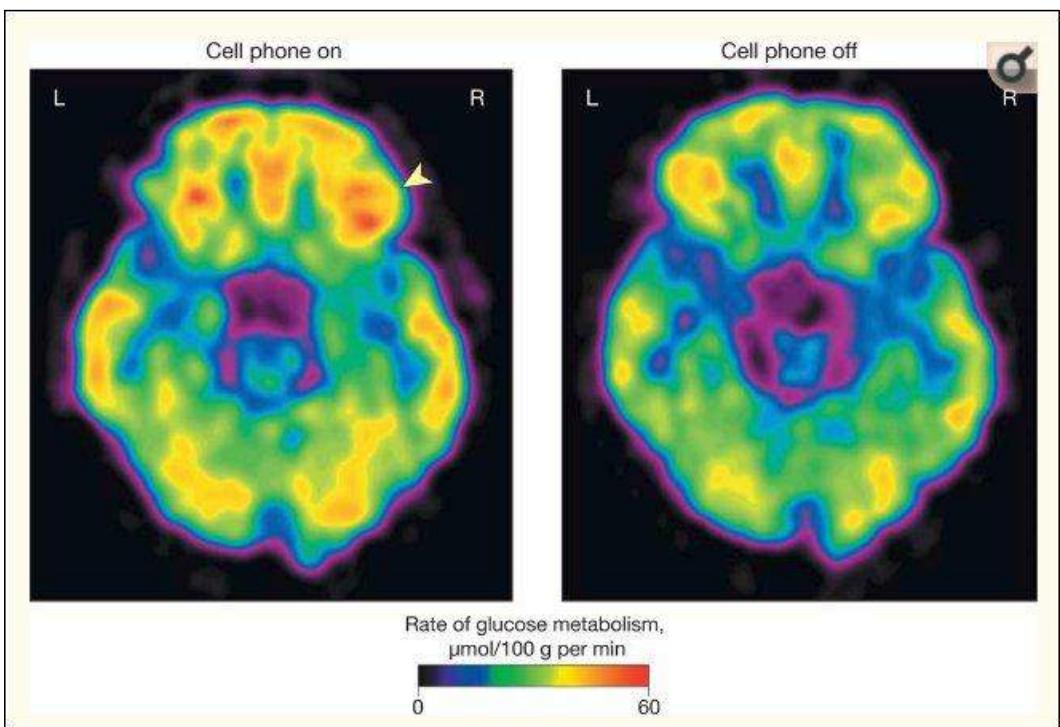
Ⓞ Author information

Abstract

Mobile phone usage has become an integral part of our lives. However, the effects of the radiofrequency electromagnetic radiation (RF-EMR) emitted by these devices on biological systems and specifically the reproductive systems are currently under active debate. A fundamental hindrance to the current debate is that there is no clear mechanism of how such non-ionising radiation influences biological systems. Therefore, we explored the documented impacts of RF-EMR on the male reproductive system and considered any common observations that could provide insights on a potential mechanism. Among a total of 27 studies investigating the effects of RF-EMR on the male reproductive system, negative consequences of exposure were reported in 21. Within these 21 studies, 11 of the 15 that investigated sperm motility reported significant declines, 7 of 7 that measured the production of reactive oxygen species (ROS) documented elevated levels and 4 of 5 studies that probed for DNA damage highlighted increased damage due to RF-EMR exposure. Associated with this, RF-EMR treatment reduced the antioxidant levels in 6 of 6 studies that discussed this phenomenon, whereas consequences of RF-EMR were successfully ameliorated with the supplementation of antioxidants in all 3 studies that carried out these experiments. In light of this, we envisage a two-step mechanism whereby RF-EMR is able to induce mitochondrial dysfunction leading to elevated ROS production. A continued focus on research, which aims to shed light on the biological effects of RF-EMR will allow us to test and assess this proposed mechanism in a variety of cell types.

La meta-analisi di Houston sugli effetti delle radiazioni elettromagnetiche a radiofrequenza (come ad es. quelle dei telefonini) sulla funzionalità spermatica.

Un'altra interessante scoperta fatta qualche anno fa scaturì dal voler verificare eventuali variazioni nel consumo di glucosio da parte del cervello con l'uso del telefono cellulare. E si è visto che, durante una telefonata, si ha un aumento del consumo di glucosio da parte della corteccia frontale del cervello. La figura seguente mostra una sezione trasversale del cervello, vista dall'alto, dove si vede appunto che si ha una colorazione rossa che corrisponde a una maggiore quantità di glucosio usato dalle cellule, che quindi sono state stimulate o stanno cercando di difendersi dalle onde elettromagnetiche che arrivano loro dal telefonino, cosa che naturalmente non si verifica con il telefono spento.



Il metabolismo del glucosio è più elevato quando il cellulare è acceso (figura a sinistra) rispetto a quando è spento. (Volkov, 2011)

Inoltre, il gruppo di ricerca di Marinelli, Cinti et al. (2004) ha trovato degli effetti genici delle radiofrequenze di un cellulare GSM sulle cellule in coltura. Si è osservata infatti l'*attivazione*, dopo appena due ore di esposizione, di geni cosiddetti "pro-apoptotici" (caspasi, p53 e altri), cioè quelli che provocano la morte cellulare, in quanto riconoscono che le cellule sono danneggiate, per cui questi geni si attivano per eliminarle dall'ambiente. Quello che si verifica è un doppio danno a carico delle cel-

lule, perché una parte delle cellule vengono danneggiate e quindi eliminate; mentre altre cellule, pur danneggiate, vengono stimolate alla sopravvivenza per cui possono portare a delle cellule aberranti, perché vengono fatte proliferare, appunto, nonostante siano state danneggiate.

E veniamo a un effetto temuto dei cellulari: il *cancro*. Un altro articolo di rassegna (Carlberg e Hardell, 2017) sottolinea come gli studi sugli animali abbiano mostrato un'aumentata incidenza di due tumori, il glioma (che è un tumore del cervello) e lo schwannoma maligno (che è invece un raro tumore del cuore) nei ratti esposti a radiazioni a radiofrequenza. Si è osservata anche una maggiore produzione di specie reattive dell'ossigeno (ROS) indotta dalla radiazione a radiofrequenza. Gli antiossidanti riducono le specie reattive dell'ossigeno prodotte dalla radiazione a radiofrequenza, ma vi è comunque un aumento del rischio nei soggetti esposti a tali campi elettromagnetici. Perciò – conclude l'articolo – “la radiazione a radiofrequenza dovrebbe essere considerata cancerogena per il glioma”.

In realtà, già uno studio pubblicato nel 2007 aveva indicato che la radiazione del telefonino provoca il cancro nel gatto, e un altro – pubblicato nello stesso anno sulla nota rivista *New Scientist* dagli scienziati del Weizmann Institute of Science, in Israele – aveva trovato che dopo solo 5 minuti di esposizione alle radiazioni a un decimo della potenza di un telefono cellulare, ratti e sostanze chimiche delle cellule umane subiscono dei cambiamenti. Questo studio, in particolare, è unico nel suo genere e dimostra per la prima volta un meccanismo molecolare dettagliato con il quale la radiazione elettromagnetica prodotta dai telefoni cellulari induce l'attivazione di una proteina chiamata “chinaso regolata dai processi extracellulari” (ERK) e quindi induce “trascrizione” (cioè la formazione di RNA) e altri processi cellulari.

Nel 2016, lo stesso professor Hardell ha co-firmato un articolo scientifico inviato in giro ma non ancora pubblicato in cui dice che, mettendo a confronto le emissioni elettromagnetiche del 2G (GSM) e quelle del 3G (UMTS) e le relative indagini epidemiologiche, si evince che, pur con le loro emissioni più elevate, i vecchi telefonini GSM davano un rischio di cancerogenesi per il tumore cerebrale di 1,4 volte (cioè il 40% in più); mentre, analizzando l'epidemiologia relativa ai telefoni 3G UMTS, ci si accorge che, sebbene questi abbiano una emissione di campo molto minore, il rischio di cancerogenesi è di 4,7 volte, quindi molto più elevato.

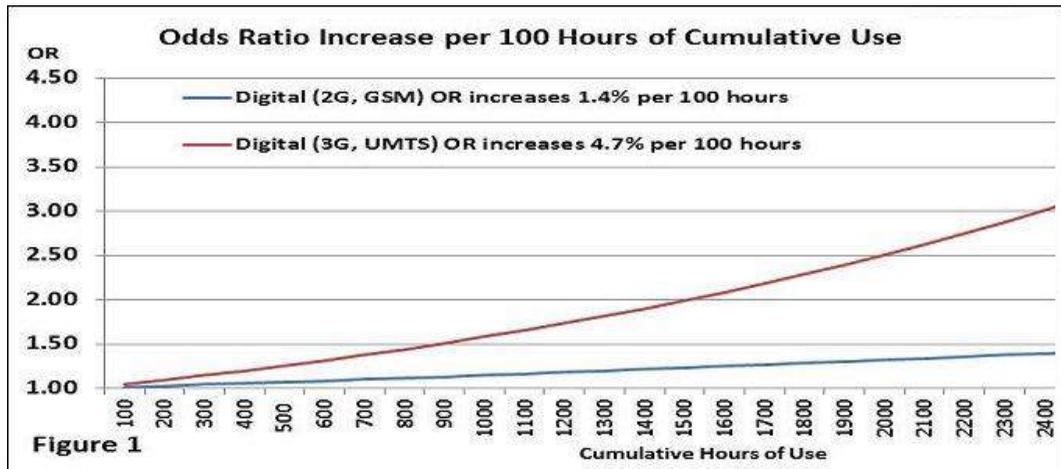
Hardell ipotizza che ciò accada perché i telefonini 3G devono trasmettere maggiori quantità di dati, per cui usano contemporaneamente diverse frequenze, il che produrrebbe un impatto biologico maggiore.

Are Third Generation Cellphones with Lower Radiated Power More Carcinogenic Than Second Generation Cellphones?--An Exploration of Recent Data

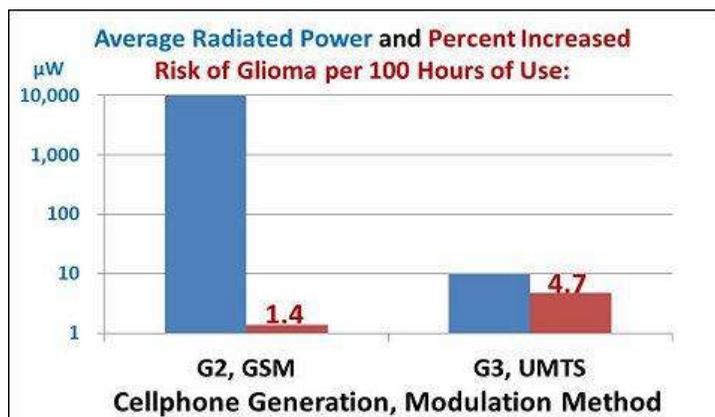
L. Lloyd Morgan¹, Anthony B. Miller², Devra Davis³, Igor Belyaev^{4,5}, Michael Carlberg⁶ & Lennart Hardell⁶

¹Research, Environmental Health Trust, Berkeley, California, USA, 94709
²University of Toronto, Toronto, Ontario, Canada, M5T 3M7
³Research, Environmental Health Trust, Teton Village, Wyoming, USA, 83025
⁴Institute of Cancer Research, BMC SAS, Bratislava, Slovakia (Slovak Republic), 845 05
⁵Institute of General Physics, RAS, Moscow, Russian Federation, 119991
⁶University Hospital, Örebro, Sweden, SE-701 85

In 2011, radio frequency radiation (RFR) was classified as a possible human carcinogen (Group 2B) based on epidemiological studies showing increased brain cancer risks [1]. Since that time, the epidemiological evidence for brain cancer has become even stronger suggesting classification of RF as a probable human carcinogen, Group 2A [2] or even Group 1, a human carcinogen [3]. Experimental studies have also suggested several molecular biological and cellular mechanisms which provide a basis for carcinogenicity [4]. Consistent with findings that UMTS signal may be more effective at inhibiting DNA repair [5, 6], risk of glioma is larger from UMTS compared to GSM signal [7].



Un articolo molto importante per chiunque usi il cellulare, con le relative figure.



I risultati di questo articolo si basano sui dati raccolti da Carlberg e Har-dell per un loro importante precedente lavoro pubblicato su una rivista *peer reviewed* – “Mobile phone and cordless phone use and the risk for glioma: Analysis of pooled case-control studies in Sweden, 1997-2003 and 2007-2009”, *Pathophysiology*, 2015) – e sembrano confermare quanto emerso da studi di laboratorio, e cioè che il segnale UMTS usato dal 3G sia più efficace nell’inibire la riparazione del DNA.

Si veda, sempre per quanto riguarda il legame fra radiofrequenze e tumo-ri, anche il Capitolo 8 sui risultati ottenuti a riguardo dagli studi decennali dell’Istituto Ramazzini (in Italia) e del National Toxicology Program (ne-gli Stati Uniti). Il primo si è concentrato sui tumori indotti su dei topi dalla radiazione elettromagnetica emessa da una stazione radio base della telefonia mobile distante (“campo lontano”), mentre il secondo su quelli indotti dall’irradiazione per 9 ore al giorno con le onde elettromagnetiche di un telefono cellulare nel suo normale utilizzo (“campo vicino”). I ri-sultati dei due studi hanno mostrato evidenti analogie nel tipo di tumori prodotti (gliomi e schwannomi), manifestatisi anche a valori di intensità del campo molto bassi (pari a SAR dell’ordine di 0,001-0,1 W/kg, cioè dalle 15 alle 1000 volte inferiori a quelli di un cellulare), come quello pre-si in considerazione dallo studio italiano.

Gli effetti biologici dell’esposizione a dispositivi Wi-Fi

Anche uno studio pubblicato nel 2017 dal gruppo di ricerca di Haifa O-thman ha studiato gli effetti dell’esposizione prenatale alle onde a radio-frequenza – questa volta dei comuni dispositivi Wi-Fi – sullo sviluppo post-natale e sul comportamento della prole del ratto. Le femmine di controllo sono state sottoposte alle stesse condizioni del gruppo trattato senza applicare radiazioni Wi-Fi. Lo studio ha rivelato che l’esposizione materna alle radiofrequenze Wi-Fi ha portato a vari effetti neurologici avversi nella prole, influenzando lo sviluppo neurologico, l’equilibrio del-lo stress cerebrale e l’attività della colinesterasi, aumentando fra l’altro lo stress ossidativo cerebrale (una delle cause di tumore).

Per quanto riguarda, in particolare, il Wi-Fi, si noti come un router Wi-Fi e un forno a microonde funzionino alla stessa frequenza: i router infatti, operano nella banda a 2,4 GHz, mentre i forni a microonde lavorano alla frequenza di 2,45 Ghz. Si tratta infatti di una frequenza alla quale

l'energia è assorbita meglio dalle molecole d'acqua, il che è ottimo per riscaldare i cibi. Ma i forni a microonde hanno un involucro e una porta schermanti che garantiscono la perfetta schermatura delle microonde per non creare danni alle persone. Vi siete mai chiesti dove sia la schermatura in un router? Dunque, anche se si tratta di potenze relativamente piccole, è chiaro che vi possono essere degli effetti biologici.



Un router e un forno a microonde lavorano entrambi a 2,4 GHz. Ma dove è la schermatura del router? (cortesia P. Orio)

E infatti, come ha spiegato a tal proposito Orio, “di recente una ricercatrice tedesca, Isabel Wilke, ha pubblicato un lavoro di rassegna fondamentale per dimostrare gli effetti del Wi-Fi: si tratta di una meta-analisi di 100 studi scientifici *peer-reviewed* che riportano effetti non termici, bensì biologici, delle onde elettromagnetiche alle frequenze del Wi-Fi. L’impatto di tali radiazioni è su: apparato riproduttivo, funzioni cerebrali ed elettroencefalogramma, cuore, fegato, tiroide, espressione genica, ciclo cellulare, membrane cellulari, batteri, piante. Inoltre, gli effetti

sull'apprendimento, la memoria e l'attenzione, oltre che sul comportamento, sono risultati essere espressione di effetti citotossici”.

Un articolo di rassegna pubblicato nel 2017 a firma di Wei-Jia Zhi et al., del China Institute for Radiation Protection, ha analizzato, in particolare, i recenti lavori scientifici sugli effetti delle radiazioni a microonde sul cervello, in particolare sull'ippocampo, comprese le analisi di epidemiologia, morfologia, elettroencefalogramma, capacità di apprendimento e memoria ed i meccanismi alla base della disfunzione cerebrale. Sebbene non sia stato ancora possibile determinare la specifica relazione dose-effetto tra la radiazione a microonde e i suoi effetti biologici – poiché in questi studi, per valutare la radiazione a microonde, sono stati usati parametri diversi, come la frequenza, la modulazione, la densità di potenza della radiazione e il tempo di irradiazione – è risultato che anche le microonde a bassa potenza hanno degli effetti biologici confermati, in particolare sul sistema nervoso centrale.



Purtroppo, la legge italiana non regolamenta in modo adeguato gli hotspot Wi-Fi e la loro segnalazione.

Martin Pall, professore emerito di biochimica e di scienze mediche alla Washington State University (Stati Uniti), nel 2018 ha messo in guardia nuovamente sui pericoli del Wi-Fi per l'uomo in un articolo pubblicato sulla rivista *Environmental Research*, dal significativo titolo "Wi-Fi is an important threat to human health", ovvero "il Wi-Fi è un'importante minaccia per la salute umana". Nell'articolo, spiega che "ripetuti studi sul Wi-Fi dimostrano che esso causa stress ossidativo, danni agli spermato-

zoi/testicoli, evidenti effetti neuropsichiatrici inclusi cambiamenti nell'elettroencefalogramma, apoptosi, danni al DNA cellulare, cambiamenti endocrini e sovraccarico di calcio. Ognuno di questi effetti è ben documentato essere causato anche da esposizioni ad altri campi elettromagnetici alle frequenze delle microonde”.

Environ Res. 2018 Jul;164:405-416. doi: 10.1016/j.envres.2018.01.035. Epub 2018 Mar 21.

Wi-Fi is an important threat to human health.

Pall M¹.

Author information

Abstract

Repeated Wi-Fi studies show that Wi-Fi causes oxidative stress, sperm/testicular damage, neuropsychiatric effects including EEG changes, apoptosis, cellular DNA damage, endocrine changes, and calcium overload. Each of these effects are also caused by exposures to other microwave frequency EMFs, with each such effect being documented in from 10 to 16 reviews. Therefore, each of these seven EMF effects are established effects of Wi-Fi and of other microwave frequency EMFs. Each of these seven is also produced by downstream effects of the main action of such EMFs, voltage-gated calcium channel (VGCC) activation. While VGCC activation via EMF interaction with the VGCC voltage sensor seems to be the predominant mechanism of action of EMFs, other mechanisms appear to have minor roles. Minor roles include activation of other voltage-gated ion channels, calcium cyclotron resonance and the geomagnetic magnetoreception mechanism. Five properties of non-thermal EMF effects are discussed. These are that pulsed EMFs are, in most cases, more active than are non-pulsed EMFs; artificial EMFs are polarized and such polarized EMFs are much more active than non-polarized EMFs; dose-response curves are non-linear and non-monotone; EMF effects are often cumulative; and EMFs may impact young people more than adults. These general findings and data presented earlier on Wi-Fi effects were used to assess the Foster and Moulder (F&M) review of Wi-Fi. The F&M study claimed that there were seven important studies of Wi-Fi that each showed no effect. However, none of these were Wi-Fi studies, with each differing from genuine Wi-Fi in three distinct ways. F&M could, at most conclude that there was no statistically significant evidence of an effect. The tiny numbers studied in each of these seven F&M-linked studies show that each of them lack power to make any substantive conclusions. In conclusion, there are seven repeatedly found Wi-Fi effects which have also been shown to be caused by other similar EMF exposures. Each of the seven should be considered, therefore, as established effects of Wi-Fi.

L'articolo del biochimico Martin Pall, il cui titolo è molto esplicativo.

Il Wi-Fi usa campi elettromagnetici simil-pulsati a un livello costante con una forma d'onda quadra, che sembra poter interferire anche con le onde cerebrali. Infatti, un dispositivo Wi-Fi produce non solo microonde, ma pure un'ampia banda di frequenze, fino alle frequenze extra-basse (ELF) delle onde cerebrali. Nel suo interessante lavoro, Pall sottolinea che “i campi elettromagnetici simil-pulsati sono, nella maggior parte dei casi, più attivi rispetto ai campi elettromagnetici non pulsati; i campi elettromagnetici artificiali sono polarizzati e tali campi elettromagnetici polarizzati sono molto più attivi dei campi elettromagnetici non polarizzati; le curve dose-risposta sono non lineari e non monotone; gli effetti dei campi elettromagnetici sono spesso cumulativi, ed essi possono avere un impatto sui giovani più che sugli adulti”.

“In conclusione”, ha spiegato Orio sull'argomento, “la plausibilità degli effetti biologici dei campi elettromagnetici a radiofrequenza è acclarata, i meccanismi d'azione esistono e sono anch'essi acclarati in maniera definitiva. Un campo elettromagnetico a radiofrequenza – nella regione delle

microonde od a frequenze diverse, come quelle dei telefonini – quando impatta il sistema cellulare nelle persone, nessuna esclusa, causa un effetto di natura biologica ¹. Ho detto ‘biologica’, non ‘sanitaria’, in quanto gli effetti sanitari a lungo termine non si manifestano subito: possono passare alcuni anni prima che si sviluppi una patologia cronica più o meno grave. Tutti questi meccanismi supportano, quindi, in modo pesante la plausibilità biologica dell’azione delle onde elettromagnetiche per effetti sanitari di natura non termica sull’uomo”.

CAPITOLO 11

LA RETE 5: UN ESPERIMENTO SULLA SALUTE DI TUTTI NOI

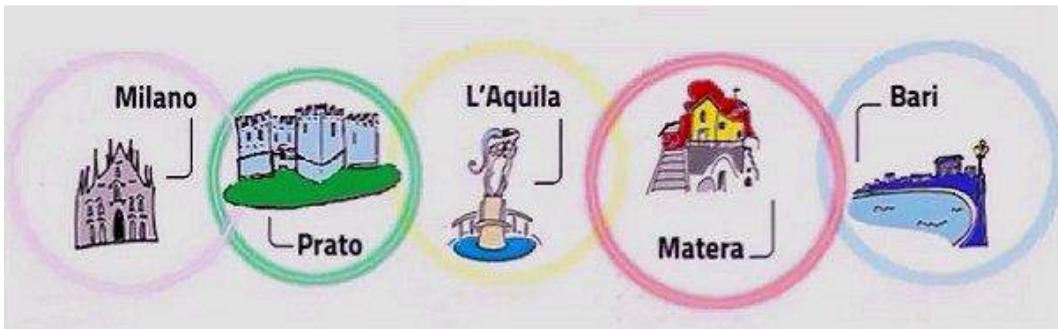
Molti di voi hanno probabilmente già sentito parlare del cosiddetto “5G”. La “G” in 5G sta semplicemente per “generazione”. La tecnologia del telefono wireless, cioè senza fili, è tecnicamente iniziata con l’1G all’inizio degli anni ‘90 e si è estesa al 2G quando le compagnie telefoniche hanno iniziato a consentire alle persone di inviare messaggi di testo tra due dispositivi cellulari. Il 5G è una connessione wireless creata appositamente per stare al passo con la proliferazione di dispositivi che necessitano di una connessione Internet mobile.

Ma cosa dobbiamo aspettarci dal 5G? Quella che è la tecnologia attuale 3G e 4G, basata su radiofrequenze che vanno dalle centinaia di megahertz fino a pochi gigahertz, si trasferirà in parte in quella che è un’altra finestra dello spettro elettromagnetico, ovvero quella delle onde *centimetriche* (in Italia, una delle tre bande “pioniere” che sono state messe all’asta per il 5G è a 26 GHz) e si parla anche di onde *millimetriche*. Quindi, la frequenza delle onde coinvolte nella nuova tecnologia del 5G aumenterà, che è proprio l’opposto di ciò che i ricercatori dell’Istituto Ramazzini si auspicano sulla base dei loro studi (v. Capitolo 8).



Infatti, come ha spiegato in una conferenza pubblica Andrea Vornoli, ricercatore del Ramazzini-Centro di Ricerca sul Cancro, “nell’idea delle compagnie telefoniche vi è quella di passare alla cosiddetta ‘Internet delle cose’, o *Internet of Things* (IoT) in inglese, ovvero un mondo nel quale noi saremo immersi in un mare di onde elettromagnetiche ed avremo gran parte degli oggetti in nostro possesso – dal frigorifero alla lavatrice, etc. – connessi l’uno con l’altro e con la rete Internet, generando una gran quantità di onde elettromagnetiche.

In pratica, se voglio che la lavatrice mi parta due ore prima che io torni a casa, con l’Internet delle cose lo potrò fare. E ci sono città che praticamente stanno già sperimentando il 5G, quindi questo tipo di tecnologia innovativa è da poco già una realtà: infatti, alla fine del 2018-inizio del 2019 la sperimentazione del 5G parte in 5 città italiane, che sono Milano, Prato, L’Aquila, Matera e Bari. La diffusione a tappeto del 5G nelle altre città, invece, è prevista per i prossimi 3 o 4 anni”.



Le 5 città pilota dell'esperimento 5G. L'Italia è all'avanguardia nel mondo.

Si tratta difatti di un piano di azione richiesto dalla Commissione UE per disporre di almeno una città 5G in ogni stato membro entro il 2018. Da ricordare che TIM ha già annunciato pubblicamente un progetto di sviluppo 5G a Torino, quindi complessivamente l'Italia potrebbe ritrovarsi con ben sei città all'avanguardia in questa sperimentazione per la quale non è stato chiesto ai cittadini alcun “consenso informato”, come prevede invece da qualche anno la legislazione francese per quanto riguarda l’installazione di nuove stazioni radio base.

La scelta è ricaduta su queste “fortunate” città sulla base di criteri geografici, capillarità di connettività a banda ultralarga, disponibilità di fre-

quenze nella banda 3,7-3,8 GHz. L'Aquila e Matera sono considerate anche due simboli: il primo di ricostruzione post-terremoto e il secondo come capitale europea della Cultura nel 2019. Nel 2017, gli operatori telefonici sono stati invitati dal Governo italiano a presentare i propri progetti per questa fase di sperimentazione, che proseguirà fino al 2020.

Le preoccupazioni degli esperti mondiali sulla tecnologia 5G

Tutta la tempistica dipenderà, in realtà, da ciò che si farà per mettere un freno a questo tipo di tecnologia. Come ha raccontato Andrea Vornoli, “vi è una task force di scienziati che stanno cercando adesioni in tutto il mondo per cercare di mettere in allarme tutti quanti su quelli che possono essere i rischi di questa nuova tecnologia, anche sulla base delle evidenze sperimentali che vi ho illustrato in precedenza, ad esempio con i nostri studi effettuati al Centro di Ricerca sul Cancro ‘Cesare Maltoni’ ”.

Questa task force di esperti, che ha un eccellente portale online ricco di informazioni (il cui nome è “Cell Phone Task Force”), ci avverte: ***“Se i piani per il 5G delle industrie delle telecomunicazioni andranno in porto, nessuna persona, nessun animale, nessuna pianta sul pianeta saranno in grado di evitare l’esposizione, 24 ore al giorno, 365 giorni l’anno, a livelli di radiazioni in radiofrequenza (RF) che saranno da decine a migliaia di volte più alti di quelli attuali (ovvero del 3G e 4G), senza alcuna possibilità di rifugiarsi in nessun luogo del pianeta”***.

Il sito di Cell Phone Task Force, ricco di informazioni sul 5G e sui suoi rischi.



Infatti, continua Vornoli, “la tecnologia 5G non rappresenterà solo un cambiamento sociale, ma produrrà cambiamenti ambientali, ed è impossibile prevedere quale possa essere la densità della radiazione elettromagnetica prodotta, o meglio ce lo possiamo immaginare: infatti, queste onde elettromagnetiche, a differenza delle precedenti tecnologie (ad esempio, il 3G e 4G), hanno una bassa capacità di penetrazione, perciò per il funzionamento del 5G vi sarà la necessità di una densità assai maggiore di antenne delle stazioni radio base”.

“Addirittura”, spiega Vornoli, “l’idea è quella di piazzare le antenne del 5G sui pali della luce. Dunque, funzionerà in modo molto diverso dall’attuale tecnologia 4G LTE. Addirittura si prevede che, dopo una prima fase in cui questo tipo di tecnologia prenderà piede nei centri abitati, per coprire tutte le aree che sono meno urbanizzate vengano spediti nello spazio migliaia e migliaia di satelliti, fino a coprire con il segnale 5G – sostanzialmente – tutto il nostro pianeta”.



Come potrebbero apparire le prime antenne del 5G sui pali in una città.

Perciò, come ha sottolineato Vornoli, “nel frattempo l’auspicio è che vengano adottate misure per proteggere l’umanità, nel rispetto di quelli che sono gli imperativi etici e gli accordi internazionali perché, a diffe-

renza di oggi, nel prossimo futuro, se veramente questi piani andranno in porto, noi non avremo possibilità di fuga”. Saremo, insomma, le cavie – senza possibilità di scampo – di uno dei più grandi esperimenti della Storia, di cui però però vivremo tutti le conseguenze sulla nostra pelle.

Dobbiamo ricordare, a tal proposito, gli errori commessi in passato. Per dare un’idea degli studi passati effettuati dall’Istituto Ramazzini e di quanto tempo dopo sono stati recepiti dallo IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro), mettendoli nella categoria “1” dei cancerogeni certi per l’uomo, Vornoli cita l’esempio del benzene, che il Ramazzini ha riconosciuto sperimentalmente come cancerogeno nel 1979, mentre lo IARC si è pronunciato in tal senso solo nel 2012 (v. figura qui sotto), con ben 33 anni di ritardo!

La predittività degli studi del Ramazzini su diversi agenti cancerogeni

Agente	CRCCM-IR*	Gruppo IARC /anno	Predittività
Vinyl Chloride	1974	1 /1979	5 years
Chromium (VI) Compounds	1974	1/2012	38 years
Benzene	1979	1 /2012	33 years
Erionite	1982	1/2012	30 years
Trichloroethylene	1986	1 /2014	28 years

*prima evidenza come cancerogeno sperimentale

Ma le serie preoccupazioni sul 5G non riguardano solo gli scienziati dell’Istituto Ramazzini. Maurizio Martucci, un brillante giornalista d’inchiesta che da anni si occupa di elettrosmog sulle colonne de *Il Fatto Quotidiano* ed è autore dell’ottimo libro “Manuale di difesa per elettrosensibili” – la cui lettura è consigliabile a tutti per farsi un’idea chiara della

situazione – ha citato un'altra opinione autorevole nel suo intervento al Convegno nazionale “La rete 5G: un esperimento sulla salute di tutti”:

“Un esempio emblematico sui rischi del 5G è fornito da colui che viene considerato il più importante medico e scienziato che si occupa di malattie ambientali, e in particolar modo dell'elettrosensibilità, che è Martin Pall (professore emerito di biochimica e di scienze mediche alla Washington State University, negli Stati Uniti), il quale, profondamente a conoscenza di quella che sarà l'infrastruttura tecnologica della rete 5G e dell'irradiazione elettromagnetica che causerà sulla popolazione civile, dice, senza troppi peli sulla lingua, che, *se il 5G dovesse essere realizzato esattamente come è stato concepito dalle lobby e dalle compagnie telefoniche, nel giro di 5 o 7 anni dal lancio ci sarebbe l'estinzione dell'umanità!* ”.

5G: Great risk for EU, U.S. and International Health! Compelling Evidence for Eight Distinct Types of Great Harm Caused by Electromagnetic Field (EMF) Exposures and the Mechanism that Causes Them

Written and Compiled by Martin L. Pall, PhD
Professor Emeritus of Biochemistry and Basic Medical Sciences
Washington State University
Address: 638 NE 41st Ave., Portland OR 97232 USA
martin_pall@wsu.edu 503-232-3883 May 17, 2018

Summary:

We know that there is a massive literature, providing a high level of scientific certainty, for each of eight pathophysiological effects caused by non-thermal microwave frequency EMF exposures. This is shown in from 12 to 35 reviews on each specific effect, with each review listed in Chapter I, providing a substantial body of evidence on the existence of each effect. Such EMFs:

Uno dei numerosi articoli in cui Martin Pall mette in guardia dai rischi del 5G.

Non si tratta di una boutade. Il punto è che una tecnologia che irradiasse quasi ogni angolo della Terra a livelli ed a frequenze mai testate in precedenza sulla salute umana potrebbe influire negativamente anche sul nostro apparato riproduttivo. La *latenza* (cioè il tempo necessario per la comparsa) dei sintomi dell'infertilità, prodotta dal danno irreversibile al DNA, fa sì che il pericolo sia potenzialmente molto serio: cioè che la prossima generazione scopra di non essere in grado di avere figli, un problema da cui non esisterebbe guarigione, e che condannerebbe in breve tempo l'uomo all'estinzione. Il libro di Pall sui grandi rischi del 5G

– e che citiamo in bibliografia – ha un’ampia sezione dedicata al tema.

Dai pareri autorevoli di scienziati e medici del calibro di Pall – e considerato che il tempo per agire e porre un freno alla tendenza in atto è pochissimo – conseguono, a cascata, le nette prese di posizione delle varie associazioni e comitati internazionali, nazionali e locali per la difesa della salute e dell’ambiente, nonché gli appelli pubblici, che stanno susseguendosi in tutto il mondo – benché spesso taciuti dai grandi media ufficiali, che metterebbero a rischio la raccolta da sponsorizzazioni pubblicitarie – di centinaia di scienziati, ricercatori, giornalisti indipendenti, intellettuali e rivolti a politici e stakeholders.



Gli appelli alla moratoria del 5G si moltiplicano in tutto il mondo.

“C’è poi chi denuncia apertamente il fatto che il 5G, oltre a essere un esperimento sulla popolazione civile, viola apertamente il Codice di Norimberga, ovvero il divieto di effettuare una sperimentazione sugli esseri umani”, ha spiegato Martucci. “Si tratta, in effetti, di qualcosa di non ammissibile secondo i codici internazionali fatti propri dai Paesi occidentali. Anche in Italia abbiamo una sentenza emblematica del TAR del Lazio dei primi anni Novanta che ribadisce come, per l’art. 32 della Costi-

tuzione, la salvaguardia della salute pubblica abbia la precedenza rispetto all'art. 41 che riguarda la proprietà industriale”.

Martucci ha sottolineato la responsabilità della politica nel non occuparsi di tale argomento: “Se la politica, il Governo, il Parlamento sono completamente nelle mani dei desiderata di chi sta sviluppando questa tecnologia – che non ha nessuno studio preliminare su quelli che potranno essere gli effetti sanitari sulla popolazione civile – e non hanno una presa di coscienza seria e sensata su questo problema, che è molto importante considerato che già dall’inizio del 2019 una delle bande di frequenze che sono state messe all’asta dal Governo sarà operativa, ci troveremo in realtà ad essere tutti delle cavie”.

ELETTROMAGNETISMO

Diffide ai ministri Grillo e Di Maio: «Fermate il 5G»



Il convegno nazionale alla Croce Verde

VIAREGGIO

«Di fronte all’inarrestabile avanzata della tecnologia 5G nel corso del convegno nazionale “Elettrosmog ed elettro-sensibilità: 5G sperimentato sulla salute?”, organizzato dalla Rete ambientale della

Versilia con i Comitati via Matteotti, Marco Polo, Pedona ambiente e salute, è emersa la necessità per i cittadini di mobilitarsi mediante diffide legali contro ministri e sindaci come già negli Stati Uniti». È la nota diffusa dopo l’iniziativa pubblica che si è tenu-

ta sabato scorso alla Croce Verde. «I cittadini saranno usati come cavie umane?», è la domanda degli ambientalisti: «Con la quinta generazione wireless saranno installate mini-antenne che nel 2020 irradieranno di elettrosmog il 98% del territorio italiano con radiofrequenze inesplorate, pericolose per l’ambiente e possibile causa di cancro e tumori secondo gli studi accreditati più aggiornati ed indipendenti della ricerca scientifica internazionale».

Dunque, ai ministri Grillo (salute) e Di Maio (Sviluppo economico) «sta per arrivare la prima ondata di diffide, azioni legali di intimazione a fermarsi e non proseguire nel pericoloso progetto di saturazione elettromagnetica dell’aria pubblica. Anche da Viareggio inizierà questa ulteriore battaglia per salvaguardare la salute di tutti e il diritto di precauzione, necessario per maneggiare una nuova tecnologia di cui nessuno conosce gli effetti a medio e lungo termine sulla salute umana». —

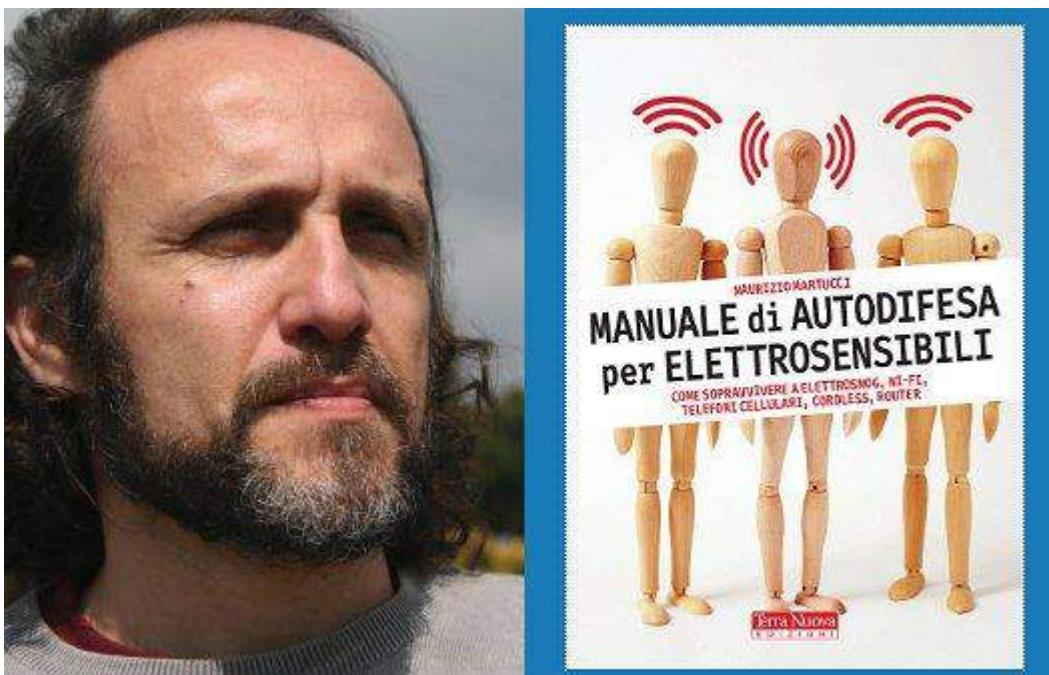
 RETE AMBIENTALE DELLA VERSILIA

L’appello al Governo italiano partito dal Convegno di Viareggio sul 5G.

I pericoli legati alle caratteristiche della tecnologia 5G

Uno dei problemi del 5G è che andrà a sommarsi a tutta quella miriade di radioemissioni e di campi elettromagnetici che già oggi ci sono, come quelli generati dal Wi-Fi e dalla tecnologia 2G, 3G e 4G, che non verrà smantellata. In Italia, abbiamo oggi circa 60.000 antenne di stazioni radio base, spesso posizionate sui palazzi, e circa 24.000 hotspot di Wi-Fi pubblici. Se a ciò andiamo ad aggiungere per il 5G non un'antenna ogni 12 abitazioni, come si paventava all'inizio, bensì – come accennato da Vornoli – tantissime microantenne installate sui pali della luce, si può immaginare la densità di antenne che si avrà.

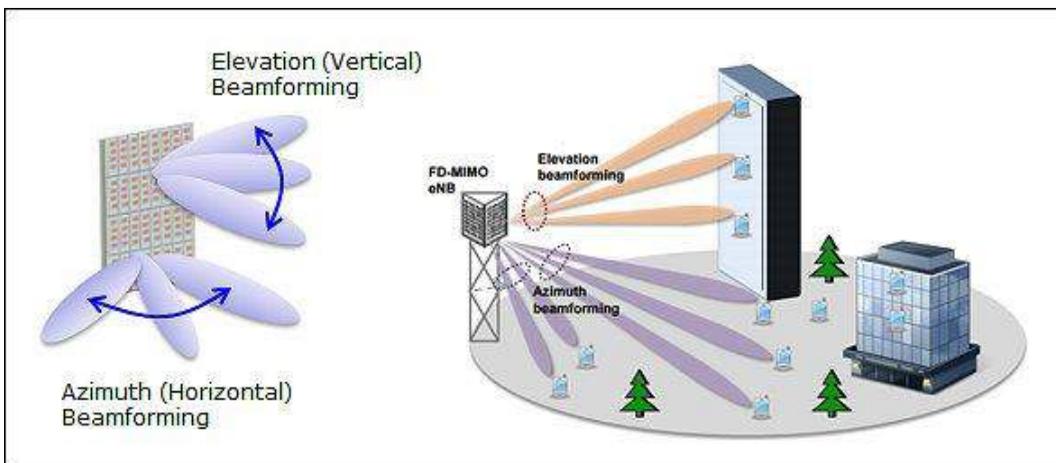
Come spiega Martucci nel suo libro, “la sperimentazione del 5G si servirà di microcelle con miniantenne ‘Massive MIMO’ e ‘BeamForming’: router e tecnologie wireless che operano in sinergia. [...] Probabilmente l'idea è di installare altre migliaia di microantenne sul tetto di ogni palazzo (o quasi), mettendo milioni di residenti nella condizione di essere esposti a campi elettromagnetici ad alta frequenza con densità espositive (e in futuro anche frequenze) sino ad ora inesplorate su così larga scala”.



Il giornalista d'inchiesta Maurizio Martucci (che scrive su “Il Fatto Quotidiano”) e il suo libro di denuncia sui rischi del 5G.

Gli esperti della *Cell Phone Task Force* sottolineano come una caratteristica negativa sottovalutata della tecnologia 5G sia proprio il cosiddetto *beamforming* (o “sagomatura” del fascio irradiato dall’antenna), che può essere realizzato in vari modi: ad esempio, con la cosiddetta *phased array* (o “schiera in fase”), cioè mettendo in opportuna fase i segnali emessi da schiere di antenne, una tecnica usata – ma in ricezione! – anche dal radiotelescopio SKA (Square Kilometer Array) che verrà costruito in Africa e Australia. In questo modo, l’utente può ricevere più flussi informativi con le stesse risorse infrastrutturali e si può concentrare in maniera “sintetica” verso il singolo utente il segnale trasmesso da più antenne.

La “schiera in fase”, se verrà implementata, finirà per cambiare totalmente il modo in cui sono costruite le torri delle stazioni radio base ed i telefoni cellulari, e trasformerà la coltre di radiazioni che ha avvolto il nostro mondo per due decenni in un milione potenti fasci guidati elettronicamente che ci inseguiranno sempre, un po’ come dei potenti “occhi di bue” che inseguono un attore illuminandolo da solo sul palcoscenico. Una tecnica simile è usata anche da un potente radar militare americano chiamato PAVE PAWS, che concentra l’energia di un gran numero di antenne in un raggio stretto e orientabile, operando un trasferimento di energia totale per tutto il corpo alle persone ad esso esposte, e per il quale esistono dati sui bioeffetti prodotti.

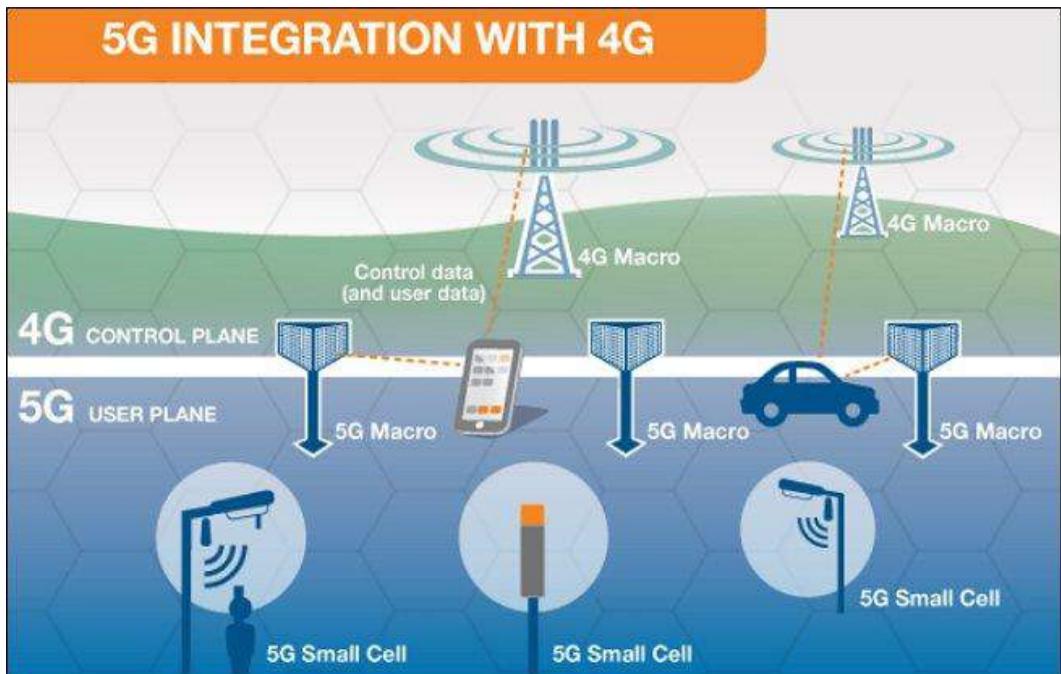


Il “beamforming”, ovvero l’occhio di bue elettronico che nel 5G inseguirà le persone investendole con un fascio di radiazioni molto concentrato.

Il 5G, per raggiungere le prestazioni di picco previste, lavorerà però, a

regime, a una gamma di frequenze molto più alta, il che significa che le antenne saranno molto più piccole – abbastanza piccole da stare dentro uno smartphone – ma come in PAVE PAWS lavoreranno insieme in una “schiera in fase” e concentreranno la loro energia in fasci di alta potenza stretti e orientabili. Le schiere si susseguiranno l'un l'altra, un po' come succede oggi con le celle telefoniche tradizionali, in modo che ovunque tu sia, un raggio proveniente dal tuo smartphone sarà diretto direttamente alla stazione radio base più vicina e, viceversa, un raggio dalla stazione radio base – o da più stazioni – sarà diretto direttamente a te.

Se cammini tra il telefono di qualcuno e la stazione radio base, entrambi i raggi passeranno attraverso il tuo corpo. Il raggio in questione ti colpirà anche se ti trovi nelle vicinanze di qualcuno che sta usando uno smartphone. E se sei in mezzo alla folla, più raggi si sovrapporranno e diventerà inevitabile esserne irraggiati. Dirigere in questo modo il fascio irradiato dall'antenna in maniera quanto più possibile mirata (almeno idealmente) sul singolo utente potrebbe sembrare una cosa intelligente e innocua, ma l'effetto biologico dipende dalla potenza alla quale lo si fa (oltre che dalla frequenza della radiazione usata) e per quanto tempo.



L'emissione ambientale di fondo delle antenne 5G si sommerà a quella del 4G, rete che si integrerà con esso per una lunga fase, che durerà molti anni.

Al momento, gli smartphone emettono in tutte le direzioni un massimo di circa 2 W, e di solito funzionano a una potenza inferiore a 1 W. “Ciò sarà ancora vero per i telefoni 5G”, spiegano gli esperti di Cell Phone Task Force, “tuttavia all'interno di un telefono 5G potrebbero esserci 8 piccole schiere di 16 minuscole antenne ciascuna, che lavorano tutte insieme per inseguire la stazione radio base più vicina e puntare un raggio *focalizzato* su di essa. Recentemente – guarda caso – la Commissione Federale per le Comunicazioni (FCC) statunitense ha adottato delle regole che consentono alla potenza effettiva di tali fasci di arrivare alla potenza di ben 20 W!”. Sì, avete capito bene: 20 volte più elevata ¹.

Oggi, se uno smartphone portatile inviasse una radiazione di 20 W attraverso il corpo, supererebbe di gran lunga il limite di esposizione stabilito dalla FCC. “Ciò su cui conta la FCC”, spiegano gli esperti di Cell Phone Task Force, “è che in futuro ci sarà uno schermo metallico tra il lato del display di un telefono 5G e il lato con tutti i circuiti e le antenne. Quello schermo sarà lì per proteggere i circuiti da interferenze elettroniche che sarebbero altrimenti causate dal display e renderebbero il telefono inutile. Ma funzionerà anche per impedire che la maggior parte delle radiazioni penetrino direttamente nella testa o nel corpo, e quindi la FCC permetterà di andare sul mercato a telefonini 5G che di fatto avranno una potenza irradiata efficace 10 volte più alta dei telefoni 4G”.



Le varie generazioni di telefonini. La potenza dei telefonini 5G sarà verosimilmente più alta di quelli attuali, interrompendo il trend decrescente visto finora.

Ciò che questa radiazione farà alle mani dell'utente, la FCC non lo dice. E chi ti assicurerà che quando ti infili un telefono in tasca, il lato corretto sia rivolto verso il tuo corpo? E chi proteggerà tutti gli astanti dalle radiazioni che stanno arrivando nella loro direzione in misura 10 volte più forte di un tempo? E che dire di tutte le altre apparecchiature 5G che verranno installate su tutti i tuoi computer, elettrodomestici e automobili? La FCC chiama i telefoni portatili "stazioni mobili". Anche i trasmettitori nelle auto sono "stazioni mobili". Ma la FCC ha anche emanato regole per quelle che definisce "stazioni trasportabili", che definisce come apparecchiature trasmettenti che vengono utilizzate in luoghi stazionari e non in movimento, come gli hub locali per la banda larga wireless a casa o in azienda. Le nuove regole della FCC consentono una potenza irradiata efficace di ben 300 W per tali apparecchiature!

“La situazione con le torri delle stazioni radio base è, se possibile, peggiore”, spiegano ancora gli esperti di Cell Phone Task Force: “Finora l’FCC ha approvato bande di frequenze intorno a 24 GHz, 28 GHz, 38 GHz, 39 GHz e 48 GHz per l’uso nelle stazioni 5G e propone di aggiungere 32 GHz, 42 GHz, 50 GHz, 71-76 GHz, 81-86 GHz e oltre 95 GHz. Queste hanno minuscole lunghezze d’onda e richiedono minuscole antenne. A 50 GHz, una schiera di 1.024 antenne misurerà solo 25 centimetri quadrati. E la potenza *massima* irradiata in tutte le direzioni da una singola schiera probabilmente non sarà di decine o centinaia di watt. Ma, proprio come con PAVE PAWS, le schiere contenenti un numero così grande di antenne saranno in grado di incanalare l’energia in fasci altamente focalizzati e la potenza irradiata effettiva sarà enorme”.

“Le regole adottate dalla FCC”, sottolinea Cell Phone Task Force, “consentono a una stazione radio base 5G che opera nell’intervallo di millimetri di emettere una potenza irradiata efficace fino a 30.000 W per 100 MHz di spettro! E considerando che alcune delle bande di frequenza che la FCC sta rendendo disponibili consentiranno alle compagnie telefoniche di acquistare fino a 3 GHz di spettro contiguo all’asta, queste saranno legalmente autorizzate a emettere una potenza irradiata effettiva fino a 900.000 W se possiedono tutto quello spettro”. Le stazioni radio base che emetteranno un potenza del genere si troveranno lungo un marciapiede o comunque non lontano dalle abitazioni delle persone”.

L'irraggiamento del 5G dallo spazio e le onde millimetriche

In questo modo, il 5G consentirà simultaneamente la connettività di un milione di dispositivi per chilometro quadrato: il frigorifero che ci aiuterà nel fare la spesa quando finisce qualcosa, l'automobile che viene progettata per essere guidata senza autista, robot di ogni tipo, e quant'altro. Ma, a fronte di questo futuro quasi da fantascienza, il rovescio della medaglia è un potenziale "incubo tecnologico", come dovrebbe essere chiaro da quanto fin qui esposto ed è sottolineato anche dalle parole del ricercatore dell'Istituto Ramazzini e dai risultati del National Toxicology Program.

"Se l'Istituto Ramazzini e il National Toxicology Program riescono a pubblicare, verosimilmente entro la prima metà del 2019, i loro studi completi e definitivi", ha spiegato Martucci illustrando il problema del 5G, "anche l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) non potrà più far finta di niente e dovrà comunque confrontarsi con questi risultati. La sperimentazione del 5G in 5 città italiane è di tipo squisitamente tecnologico, non valuterà gli effetti sulla salute della popolazione irradiata. Ma il problema è ciò che accadrà quando la rete 5G sarà completa, con finanche migliaia di satelliti che irraggeranno la Terra con tale segnale Wi-Fi e 800 miliardi di oggetti che nel mondo saranno connessi e trasmetteranno simultaneamente 24 ore su 24".



Il 5G dallo spazio non è fantascienza: Elon Musk ha già lanciato i primi satelliti e altri competitor ci stanno lavorando alacremente.

Infatti, nelle bande pioniere del 5G (in particolare quella a 26 GHz, per limitarci al caso italiano), palazzi e alberi costituiscono ostacoli alla propagazione lineare del segnale. Così, si è pensato a irradiare il segnale dallo spazio con dei satelliti operanti con onde *millimetriche* (MMW). A San Valentino 2018, Elon Musk ha annunciato un piano per il lancio di 12.000 satelliti a bassa orbita “per trasmettere una connessione Internet ultraveloce e senza interruzioni” a ogni centimetro quadrato del pianeta.

I primi due satelliti di prova funzionanti con onde millimetriche sono stati lanciati su un razzo Falcon 9 una settimana dopo. Le notizie dicono che “i satelliti iniziali della rete dovrebbero essere online nel 2019”. Per darvi un'idea di quanto sarà radicale questo assalto, ogni satellite avrà le dimensioni di un mini-frigorifero: 4.425 satelliti si troveranno ad un'altitudine di circa 1100 km e 7.518 satelliti ad una di sole 335 km. Il razzo di Musk potrebbe lanciare 100 di questi satelliti alla volta.

In passato, i satelliti sono stati destinati al servizio di telefonia cellulare (si pensi alle costellazioni Globalstar e Iridium), ma nessuno aveva fornito dati ad alta velocità. E oggi ci sono altre compagnie che vogliono lanciare migliaia di satelliti per fare ciò che sta facendo Musk. OneWeb pianifica di lanciare i primi dieci dei 4.560 satelliti pianificati entro il 2019. Boeing pianifica una flotta di 2.956 satelliti. Ed anche Facebook, Google e altri pensano di lanciare satelliti e droni per una durata di 5 anni.

Ma gli studi scientifici preliminari disponibili in letteratura hanno mostrato che le onde millimetriche aumentano la temperatura della pelle, alterano l'espressione genica, promuovono la proliferazione cellulare e la sintesi di proteine legate allo stress ossidativo ed ai processi infiammatori e metabolici (condizioni notoriamente implicate nell'insorgenza del cancro, ed in diverse malattie acute e croniche), possono generare danni oculari, nonché influenzare le dinamiche neuromuscolari.

Perciò, come sottolinea l'articolo “Towards 5G communication systems: Are there health implications?”, pubblicato sull'*International Journal of Hygiene and Environmental Health*, “anche se sono necessari ulteriori studi per esplorare in modo migliore ed indipendente gli effetti sulla salute delle radiofrequenze millimetriche, i risultati disponibili sembrano sufficienti per dimostrare l'esistenza di effetti biomedici, per invocare il principio di precauzione, e per rivedere i limiti di esposizione esistenti”.

Towards 5G communication systems: Are there health implications?

Di Ciaula A¹.

Author information

Abstract

The spread of radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF) is rising and health effects are still under investigation. RF-EMF promote oxidative stress, a condition involved in cancer onset, in several acute and chronic diseases and in vascular homeostasis. Although some evidences are still controversial, the WHO IARC classified RF-EMF as "possible carcinogenic to humans", and more recent studies suggested reproductive, metabolic and neurologic effects of RF-EMF, which are also able to alter bacterial antibiotic resistance. In this evolving scenario, although the biological effects of 5G communication systems are very scarcely investigated, an international action plan for the development of 5G networks has started, with a forthcoming increment in devices and density of small cells, and with the future use of millimeter waves (MMW). Preliminary observations showed that MMW increase skin temperature, alter gene expression, promote cellular proliferation and synthesis of proteins linked with oxidative stress, inflammatory and metabolic processes, could generate ocular damages, affect neuro-muscular dynamics. Further studies are needed to better and independently explore the health effects of RF-EMF in general and of MMW in particular. However, available findings seem sufficient to demonstrate the existence of biomedical effects, to invoke the precautionary principle, to define exposed subjects as potentially vulnerable and to revise existing limits. An adequate knowledge of pathophysiological mechanisms linking RF-EMF exposure to health risk should also be useful in the current clinical practice, in particular in consideration of evidences pointing to extrinsic factors as heavy contributors to cancer risk and to the progressive epidemiological growth of noncommunicable diseases.

*Un articolo fra quelli più prudenti nei confronti dei rischi per la salute posti dal 5G.
Altri esperti di tutto il mondo sono ancora più pessimisti a riguardo.*

A proposito di limiti, Martucci ha messo in guardia sul fatto che “la legge quadro italiana stabilisce la soglia limite in 6 V/m ma l’elettrosmog, con il 5G, potrebbe impennarsi fino a 60 V/m per realizzare un’irradiazione del territorio che permetta la connessione simultanea di milioni di dispositivi per chilometro quadrato. In pratica, si innalzerebbe notevolmente il livello di radiazioni elettromagnetiche che noi già oggi stiamo subendo, nonostante vi siano tutta una serie di sentenze di tribunali e della Cassazione che stabiliscono il nesso causale fra radiofrequenze emesse dai telefonini e determinati tumori”.

La disinformazione sull’argomento e il principio di precauzione

In una situazione come quella che siamo venuti illustrando, occorre parlare dunque – anche e soprattutto a livello politico, sia nazionale che locale – di prevenzione, di *principio di precauzione*. Il problema principale, come, sottolinea Martucci, è che “in Italia non c’è informazione”. Se date un’occhiata ai quotidiani, gli articoli sull’argomento latitano, su tutto il territorio nazionale. Non c’è quindi poi da stupirsi che, se si parla con i politici di questi temi, essi “cadano dalle nuvole”. Perciò è importante che i media, a cominciare dai giornalisti scientifici, comincino a occuparsene, dato che è un problema di tutti.

Di solito, chi oggi scrive di questi temi, ha sostenuto Martucci, “porta le

cosiddette ‘veline di regime’, perché è inutile vendere fumo, occorre dire la verità; e cioè che non c’è uno studio preliminare che attesti l’innocuità socio-sanitaria del 5G; e che al mondo esistono ben più di 1.000 studi validati dalla comunità medico-scientifica che attestano effetti biologici delle onde elettromagnetiche a radiofrequenza”.

Martucci ha rivelato anche un altro particolare che fa riflettere: “Nel 2011, quando l’IARC, l’Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro, classificò l’elettrosmog alle radiofrequenze in classe 2B – cioè come possibile cancerogeno per l’uomo – bisognò attendere la bellezza di 6 anni prima che quel dato venisse certificato anche dall’Organizzazione Mondiale della Sanità. Sapete perché? Perché ci furono 6 anni di battaglie legali: i ricercatori che a livello mondiale avevano partecipato allo studio Interphone vennero infatti coinvolti in scandali per conflitti di interesse”.



Martucci nel suo intervento al Convegno su elettrosmog e 5G di Viareggio. Tutti gli interventi dei relatori sono disponibili online. (v. Fonti e bibliografia)

“Per chi non lo sapesse”, spiega Martucci, “lo studio Interphone, pubblicato proprio nel 2011, è stato uno dei più grandi studi mondiali condotti sugli effetti delle radiofrequenze, ed è stato usato come ‘appiglio’ da chi cercava di negare la pericolosità delle onde elettromagnetiche alle radiofrequenze; ma esso è stato criticato da numerosissimi scienziati e osservatori indipendenti non solo per una serie di ‘distorsioni ed errori’, anche procedurali, ma anche per i palesi conflitti di interessi riscontrabili fra i gruppi di ricercatori partecipanti all’iniziativa. Per tali motivi, è considerato poco attendibile dagli addetti ai lavori”.

Perciò dobbiamo applaudire l’Istituto Ramazzini, che porta avanti gli studi sull’argomento in maniera del tutto indipendente, così come altri validi ricercatori, medici e scienziati, i quali conducono in modo disinteressato la propria ricerca. Invece, altri esponenti del mondo della scienza, dell’ingegneria e della medicina, ha chiosato Martucci, “a quanto pare, come dicono i tribunali – che rifiutano alcune perizie perché ritenute macchiate dal conflitto di interesse – non si comportano così”.



Alcuni degli effetti già derivanti dall’uso dei telefonini attuali, oltre a elettrosensibilità e cancro. Ecco perché il 5G è “un esperimento sulla salute di tutti noi”.

Chi desidera maggiori informazioni riguardo i temi trattati in questo capitolo può senz’altro fare riferimento al libro di inchiesta scritto da Martucci, che riporta tutto ciò che si poteva riportare sull’argomento e che dovrebbe essere letto da tutti. In realtà il titolo può essere fuorviante, ma nel momento in cui la ricerca ci dice che gli effetti delle radiofrequenze

possono essere non solo termici ma anche biologici, siamo tutti potenzialmente *elettrosensibili*: non è quindi un manuale per chi è malato di elettrosensibilità, ma un testo rivolto a chiunque, in quanto tutti siamo esposti ai pericoli paventati in precedenza.

In altre parole, come ha sottolineato Martucci, “se il progetto del 5G non venisse revisionato, come peraltro chiede anche l’ISDE Italia (vedi il comunicato qui sotto, *ndr*) – che è l’associazione dei medici ambientali – allora molti di noi, se non quasi tutti, potremmo diventare, dall’oggi al domani, elettrosensibili. Il cancro, come sottolinea l’ISDE Italia, rappresenta soltanto la punta dell’iceberg. L’elettrosensibilità è una malattia ambientale altamente invalidante che sta colpendo sempre più persone, guarda caso, proprio nei Paesi industrializzati”.



The image is a screenshot of the ISDE Italia website. At the top left is the ISDE logo, which features a caduceus and the text "INTERNATIONAL SOCIETY OF DOCTORS FOR HEALTH" and "ISDE". To the right of the logo are social media icons for Twitter, Facebook, and YouTube. Below the logo is a navigation menu with the following items: HOME, CHI SIAMO, COSA FACCIAMO, DOVE LAVORIAMO, COSA PUOI FARE TU, and a search bar. The main content area features a headline: "Richiesta moratoria per le 'sperimentazioni 5G' su tutto il territorio nazionale". Below the headline is a sub-headline: "Pubblicato su 6 settembre 2017 da Isde Centrale". To the left of the main text is a small image of a hand holding a smartphone. The main text reads: "In data 2 agosto 2017 il Ministero per lo Sviluppo Economico (MISE) ha comunicato le graduatorie delle migliori proposte progettuali per quella che ha definito la 'sperimentazione 5G'. A questa seguirà (scadenza 22 settembre 2017) la procedura negoziata e il rilascio dell'autorizzazione provvisoria alla sperimentazione per i progetti definitivi, che avverranno ad opera di noti operatori commerciali di telefonia mobile ^{1,2}." To the right of the main text is a map of Italy with the title "ISDE ITALIA".

L'appello di alcuni dei migliori medici di base italiani riuniti nell'ISDE è solo l'ultimo di una serie di appelli firmati da scienziati di tutto il mondo, che considerano questo passo uno dei più pericolosi nella storia dell'umanità.

E continua: “Posso citare solo uno dei casi illustrati nel libro, quello di una signora di Pistoia gravemente elettrosensibile che, nel febbraio 2009, all’epoca quindi del 3G, dopo aver fatto appelli agli organi sanitari, agli amministratori locali, non fu presa in considerazione da nessuno di loro e una notte si suicidò. Pensiamo dunque cosa potrebbe succedere con il 5G, che – da qui a brevissimo – prevede la copertura del 98% del territorio nazionale: ciò significa che il 98% del nostro Paese verrà irradiato da onde elettromagnetiche anche a frequenze inesplorate per gli effetti sulla

salute, ed in maniera multipla e cumulativa. Di fatto, si tratterà di un susseguirsi di forni a microonde a cielo aperto”.

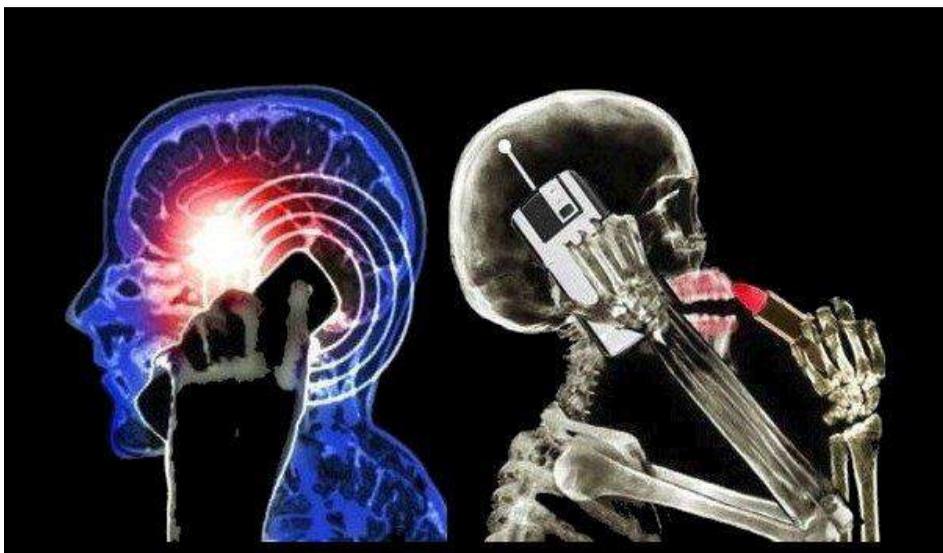
“La buona notizia che vi posso invece dare”, ha concluso Martucci nel suo intervento, “è che qualcosa, o almeno la nostra parte, possiamo farla anche noi: grazie alle rimostranze dei cittadini, alle petizioni dei comitati spontanei e alle diffide legali degli avvocati, negli Stati Uniti i sindaci di 4 città – le prime 4 ‘mosche bianche’ – hanno detto ‘noi non vogliamo il 5G’ e altri 300 sindaci, riuniti in America in un’associazione di primi cittadini, hanno chiesto al Governo americano di bloccare il 5G. E negli Stati Uniti in ogni Stato c’è una battaglia ferocissima sull’argomento, che io seguo praticamente tutti i giorni. Dunque, la cittadinanza ha sempre una chance da potersi giocare, mai come in questo caso importante, trattandosi di salute pubblica”.

CAPITOLO 12

COME USARE IL CELLULARE IN MODO MENO RISCHIOSO

Il telefono cellulare è senza dubbio la più nota fonte *mobile* – e anche la più importante fonte *personale* – di radioemissioni e di inquinamento elettromagnetico. Si tratta di un dispositivo a bassa potenza (dell'ordine di 0,2-2 W) che riceve e trasmette radiazione elettromagnetica; la potenza effettivamente emessa durante la trasmissione è in realtà assai variabile, perché dipende dalla “bontà” del segnale che riceve.

In alcune condizioni, il cellulare può costituire la maggior fonte di esposizione a campi elettromagnetici (fino al 99% dell'esposizione globale alle radiofrequenze di un singolo individuo). Infatti, l'utilizzo del telefono cellulare è ormai molto esteso, sia in termini di numero di persone sia di fasce di età coinvolte. Inoltre, l'età a cui si inizia ad usare il cellulare si è notevolmente abbassata, anche se i giovani lo utilizzano sempre più per la navigazione in rete e per i servizi più che per le chiamate vocali.



La maggior parte delle persone ignorano del tutto i pericoli del telefonino.

Vi sono degli accorgimenti da adottare per esporsi il meno possibile ai campi elettromagnetici a radiofrequenza emessi dai telefoni cellulari anche in attesa che gli enti regolatori facciano la loro parte alla luce delle evidenze sperimentali: ricordiamo infatti che, a marzo 2018, il National Toxicology Program (NTP) statunitense ha definito come una “chiara evidenza” i suoi risultati sulla cancerogenicità dei campi elettromagnetici a radiofrequenza prodotti dai cellulari (vedi il Capitolo 8).

Nel frattempo, ciò che deve prevalere è il cosiddetto “principio di precauzione”, quindi esporsi il meno possibile, se non il “principio di prevenzione”, ancora più drastico. Come raccontato dallo scienziato Andrea Vornoli nel suo intervento in un convegno sull’elettrosmog, “i ricercatori dell’Istituto Ramazzini vanno nelle scuole portando avanti una campagna di sensibilizzazione del proprio Istituto per far capire ai ragazzi come usare il meno possibile – o, meglio ancora, non utilizzare! – il telefono cellulare ed esporsi il meno possibile alle radiazioni”.

E ciò in attesa che quanto meno il principio di precauzione sia adottato anche dai produttori di telefonini, come suggerito dalla dottoressa Fiorella Belpoggi, direttrice dell’area ricerca all’Istituto Ramazzini: “Un esempio. Noi sappiamo che azionando un frullatore corriamo il rischio di tagliarci? Bene, per proteggerci le case produttrici inseriscono dei meccanismi per cui le lame ruotano solo se il coperchio è ben chiuso. Si potrebbe fare qualcosa di simile anche per i telefonini, non fidarsi semplicemente del buon senso degli utenti”.

Ad esempio, la Belpoggi pensa alla possibilità di “dispositivi che funzionino solo a una certa distanza dal corpo (5 centimetri di distanza abbassano l’esposizione del corpo di 25 volte), o un auricolare incorporato nel telefono che ne agevoli l’utilizzo”. E aggiunge: “Le compagnie telefoniche dovrebbero informare sui pericoli e sul telefono dovrebbe sempre apparire la scritta ‘tienimi sempre lontano dal tuo corpo’. Per le antenne, mi auguro che le compagnie investano per usare frequenze meno impattanti”. E ce lo auguriamo anche tutti noi.

Una serie di utili consigli per l’uso del telefonino

I consigli che si possono dare per l’uso del telefonino, in buona parte riassunti nell’opuscolo del Ramazzini “Il cellulare? Toglitelo dalla te-

sta” e nelle linee guida realizzate da altre istituzioni che si sono occupate dell’argomento, sono numerosi. Innanzitutto, occorre cercare di utilizzare gli auricolari e il vivavoce quando siamo fuori e ogni volta che sia possibile. Quanto più tieni il telefono lontano dalla tua testa, tanto più piccolo è il rischio di esposizione alle radiofrequenze del tuo cervello.

Se per caso non avete la possibilità di usare degli auricolari a filo o sistemi vivavoce, tenete il dispositivo a leggera distanza dall’orecchio; anche 4-5 cm diminuiscono sensibilmente la “potenza” delle onde elettromagnetiche. Infatti, la quantità di radiazioni assorbite dalla testa e dal corpo diminuisce drasticamente anche a una piccola distanza posta fra il cellulare e il proprio orecchio o il proprio corpo.

Non mettete quindi il cellulare in tasca mentre parlate, né collegatelo alla cintura, anche quando si utilizza l’auricolare o il vivavoce. Al contrario, cercate di frapporre la massima distanza fra voi e il cellulare (ad es. sfruttando tutta la lunghezza del cavo degli auricolari) e non mettete ostacoli metallici fra voi ed il cellulare, perché in molti casi producono un effetto opposto a quello desiderato. Se si usa un auricolare o cuffia wireless, occorre toglierseli dall’orecchio quando non si è impegnati in una chiamata.

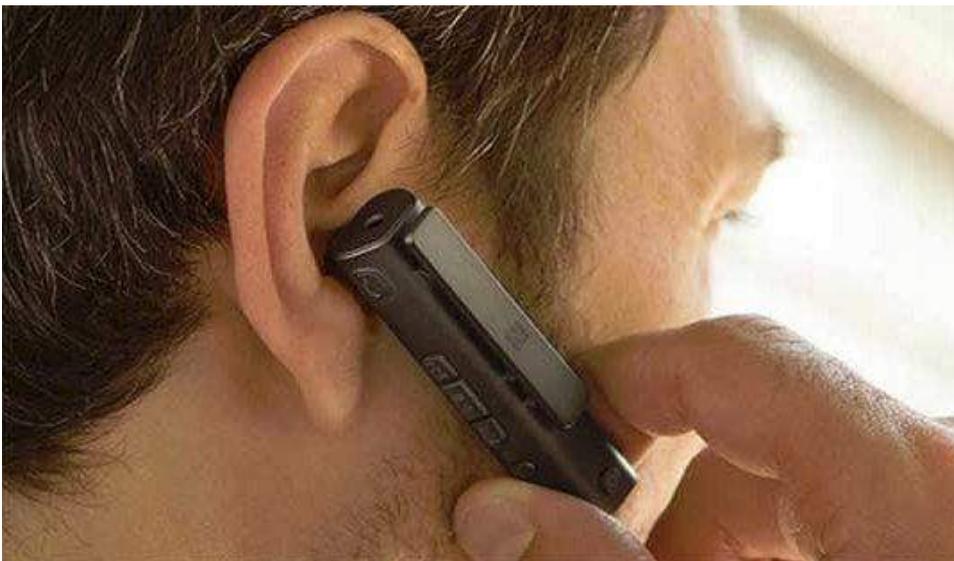


Non bisognerebbe mai tenere il cellulare acceso in tasca, specie quando si parla.

Aumentando la distanza dal telefonino, i livelli di campo elettromagnetico si riducono rapidamente all’aperto, ma purtroppo non altrettanto se si è al chiuso: all’aperto, ad una distanza di 30 cm si ha una riduzione dell’80-90% dell’intensità dell’esposizione, ma non per questo si è “al si-

curo”. Pertanto, la massima esposizione si manifesta per chiamate vocali senza dispositivi (auricolare, viva-voce); invece livelli di esposizione un po’ più bassi si riscontrano con qualsiasi altro uso (navigazione in Internet, invio di messaggi, streaming di video o musica, etc.).

Si noti che gli auricolari Bluetooth che si adattano dentro o intorno all'orecchio hanno tipicamente un tasso di assorbimento specifico (SAR) dell'ordine di 0,23 W/kg. Confronta questo livello SAR del Bluetooth medio con qualsiasi sito web che mostri i livelli SAR dei telefoni cellulari e scoprirai che alcuni dispositivi Bluetooth sono peggiori di alcuni dei SAR più bassi dei telefonini. Dunque, in generale il Bluetooth *non* riduce drasticamente la propria esposizione alle radiazioni.



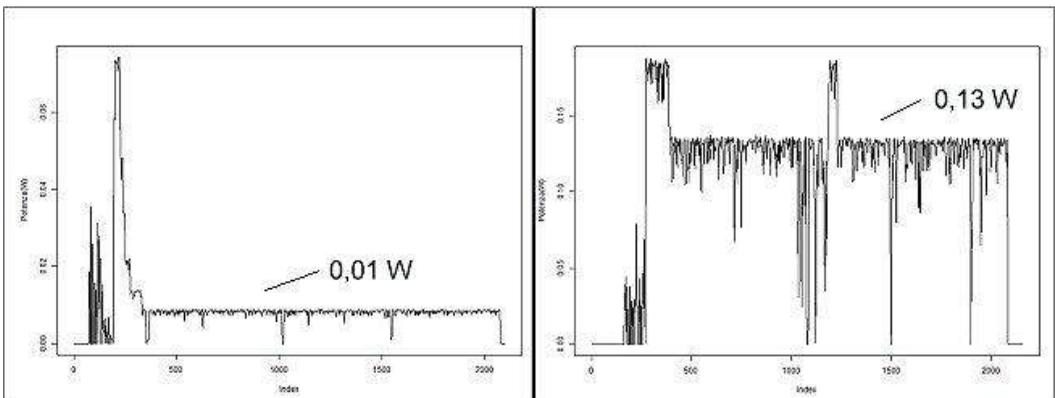
Gli auricolari che usano il Bluetooth non risolvono il problema.

Inoltre, la riduzione delle radiazioni rispetto al fatto di avere il cellulare vicino all'orecchio sarebbe vera se si fosse sicuri che ci si sta solo esponendo alle radiazioni Bluetooth. Il problema è che, quando si utilizza un auricolare Bluetooth, l'intensità della trasmissione dal telefono stesso non diminuisce. Se, ad esempio, si mette il telefono in tasca o se lo si aggancia alla cintura, si espongono allo stesso tempo gli organi interni alle radiazioni. Insomma, il problema si sposta di organo ma non si elimina.

Se hai solo bisogno di trasmettere informazioni o di porre una domanda, fallo dunque con un messaggio di testo (ad esempio, un sms) piuttosto

che con una telefonata. Le conferenze telefoniche e le conversazioni tranquille dovrebbero essere fatte su una rete fissa, come ad esempio quella del telefono di casa o di ufficio. Quando hai bisogno di effettuare una chiamata in movimento, mantienila breve.

I telefoni cellulari emettono meno radiazioni durante l'invio di testo piuttosto che durante le comunicazioni vocali. Meno barre del segnale di campo significano che il telefono deve emettere una maggiore potenza per trasmettere il suo segnale. La ricerca mostra che l'esposizione alle radiazioni aumenta in modo drammatico quando il segnale di campo è debole. infatti, se il cellulare ha poco “campo”, aumenta la potenza da emettere per garantire il collegamento con il ripetitore.



Andamento nel tempo della potenza emessa da un cellulare durante una chiamata in condizioni di buona copertura (a sinistra) e una in condizioni di cattiva copertura (a destra). Si noti che le due figure non sono nella stessa scala, per cui la potenza emessa è, nel secondo caso, oltre 10 volte più grande. (fonte: ARPA Piemonte)

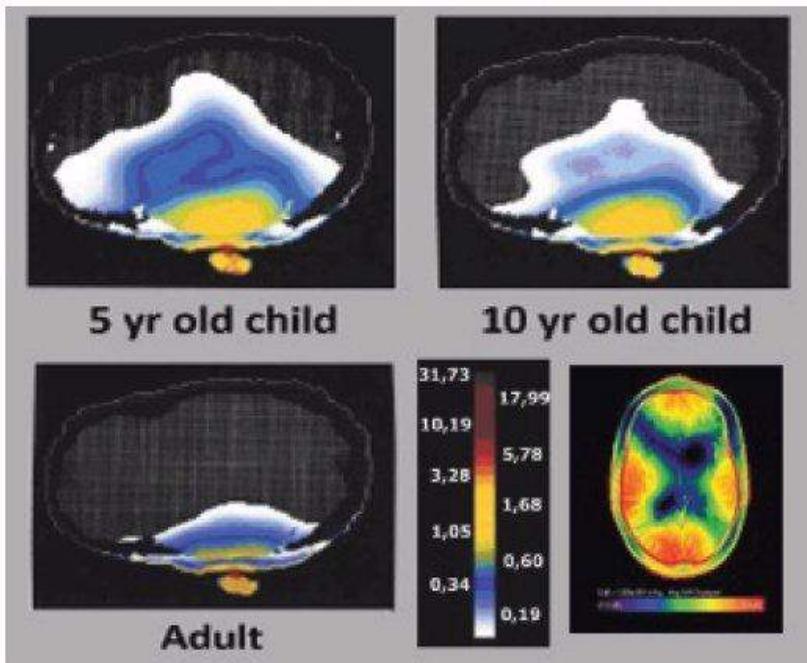
In pratica, la potenza emessa da un telefono cellulare aumenta al diminuire della bontà della copertura, dunque telefona o rispondi alle chiamate solo se hai il numero massimo delle tacche di campo o quasi. La regolazione del valore di potenza emessa dal telefonino viene aggiornata durante la telefonata / connessione al ripetitore. Se infatti il ripetitore riceve il segnale dal telefono senza grossi problemi o interferenze, segnala che l'emissione può essere diminuita.

Pertanto, non utilizzare affatto il cellulare – ma piuttosto aspetta a usarlo – se il segnale è debole (come ad es. in un bosco), perché in tal caso, pa-

radossalmente, il cellulare emette molto più intensamente se si fa una telefonata in tali condizioni, come è possibile dimostrare con dei semplici esperimenti svolti con l'ausilio di un misuratore di radiazione nel range delle radiofrequenze-microonde. Alcuni cellulari aumentano le proprie emissioni fino a 1000 volte se il segnale di campo è debole.

Un altro aspetto importante è tenere il cellulare lontano dalle cosiddette “parti più sensibili” del corpo – ovvero i genitali – per proteggerle e prevenire la propria infertilità nel caso dell'uomo. Vi sono casi di persone che guidavano tenendo il cellulare fra le gambe, che hanno avuto conseguenze. Inoltre, i bambini non dovrebbero assolutamente mai usare un cellulare, o soltanto in casi di emergenza. Anche le donne in gravidanza devono usare il telefonino soltanto per telefonate urgenti.

Infatti, a parità di potenza emessa dal telefonino, la quantità di energia assorbita dai tessuti della testa dipende, tra l'altro, dalle dimensioni e forma della testa stessa. Pertanto, l'assorbimento nella testa di un bambino può essere superiore di circa il 150% rispetto a quello nella testa di un soggetto adulto. Nel caso dei bambini, è quindi consigliabile limitare al massimo l'uso del telefonino, e comunque sempre lontano dal corpo. E non si dovrebbe far usare il cellulare ai bimbi prima dei **14 anni**.



Assorbimento delle radiofrequenze da parte di persone di varie età. I bambini sono quelle che le assorbono di più.

Difatti, dal momento che i crani dei bambini sono più sottili di quelli degli adulti e il loro sistema nervoso è ancora in via di sviluppo, i ricercatori ritengono che potrebbero essere maggiormente a rischio per i tumori correlati al cellulare. Saranno anche esposti alle radiazioni potenzialmente dannose per un periodo della vita significativamente più lungo rispetto alla generazione dei loro genitori.

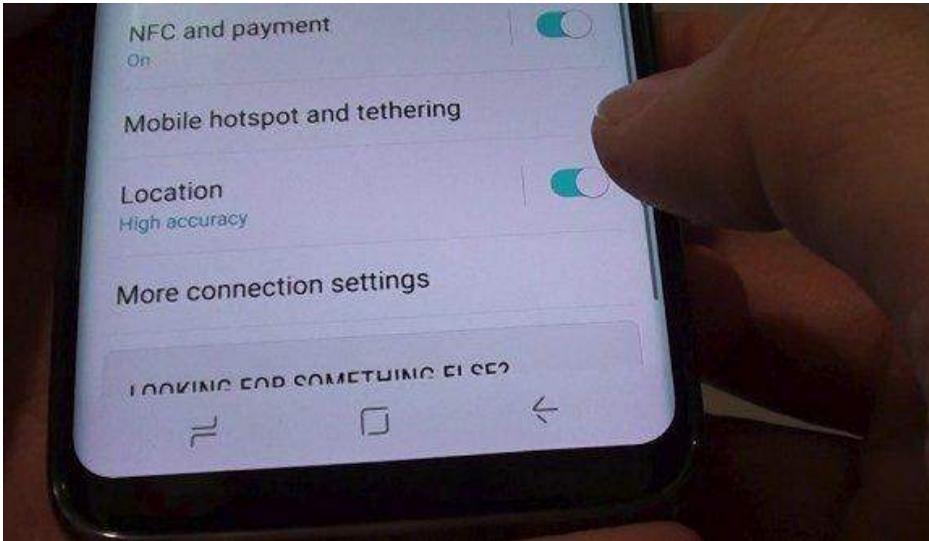
Evita di usare il cellulare se ti senti in qualche modo non in forma. La radiazione può farti sentire ancora più stanco e indebolire ulteriormente il tuo organismo. Le donne anziane e le donne incinte dovrebbero essere fortemente scoraggiate dall'uso di un telefono cellulare. Se poi hai un'appendice metallica dentro o intorno alla testa – come otturazioni di denti, viti e piastre metalliche, gioielli e occhiali con montatura in metallo – potresti essere particolarmente colpito dall'intensità della radiazione.

L'Ufficio federale svizzero della sanità pubblica raccomanda che i telefoni cellulari non vengano trasportati in una tasca anteriore dei pantaloni quando si effettuano chiamate e che sia più sicuro tenere il telefono lontano dal corpo per ridurre le radiazioni. Uno studio (Whittow, 2008) ha anche scoperto che oggetti metallici situati vicino al punto vita – come monete, fibbia della cintura, anelli, chiavi etc. – aumentano il SAR (Specific Absorption Rate) nel corpo a frequenze diverse.

Per di più, non bisogna dormire con il cellulare acceso vicino: ciò può sembrare una banalità, ma quando i ricercatori del Ramazzini vanno nelle scuole tutti i ragazzini dicono loro che dormono con il cellulare acceso vicino alla testa, sotto il cuscino. Ciò può essere pericoloso soprattutto con i moderni smartphone, che emettono anche quando c'è solo traffico dati, senza che vi sia una telefonata. Di notte, è bene tenere il telefonino spento o al più in “modalità aereo”, ed a metri di distanza.

Se non vi è traffico dati (ovvero non si naviga su Internet, le app non si collegano alla rete per aggiornarsi, etc.), il cellulare emette radiazioni elettromagnetiche essenzialmente *quasi* solo quando riceve o effettua una chiamata e, naturalmente, durante una conversazione. Anche in standby, il telefono cellulare comunica a piena potenza con la torre del telefono cellulare più vicina, ma solo molto di rado (ad es. ogni tot minuti) per garantire che abbia il miglior segnale possibile.

Anche quando il tuo telefono cellulare è spento, potrebbe comunque emettere radiazioni. Molti telefoni cellulari ora hanno il GPS incorporato che periodicamente trasmette per aggiornare la posizione, anche quando è spento. Tuttavia, un normale utente difficilmente riesce ad accorgersi se e quanto un cellulare sta emettendo o meno in un certo momento, se non ha uno strumento di misura che gli permetta di avere una valutazione quantitativa della radiazione emessa in un dato momento.



Come disattivare la funzione GPS di uno smartphone.

Per fortuna, alcuni cellulari prevedono l'opzione *flight mode*, che permette di usare il telefonino con la sezione radio spenta, senza la possibilità di effettuare o ricevere chiamate. Essa è stata pensata e introdotta per i viaggi in aereo: si possono scrivere messaggi, salvarli e inviarli non appena si arriva a terra. Tuttavia, è utile anche in montagna: quando il segnale ricevuto dal telefono è debole, quest'ultimo emette a potenza più elevata per cercarlo, consumando fra l'altro più batteria.

Inoltre, gli studi scientifici dimostrano che le radiazioni dei cellulari e di altri campi elettromagnetici di notte possono interrompere i cicli di sonno e contribuire a una serie di disturbi come: irritazione delle allergie, palpitazioni cardiache, dolore e debolezza muscolare e irritabilità di giorno. Tali esposizioni possono impedire la normale funzione del sistema immunitario, ridurre la produzione di melatonina (un ormone che ci protegge dal cancro) e avere gravi conseguenze negative a lungo termine.

Nel 2014, l'ARPA Piemonte ha sviluppato una app, scaricabile gratuitamente, per valutare il grado di esposizione nell'utilizzo del telefono cellulare. La app in questione, utilizzabile su smartphone con sistema operativo Android, è in grado di visualizzare il tempo totale di utilizzo del telefono con e senza l'impiego di ausili quali viva voce o auricolari e, in relazione alle chiamate effettuate senza ausili, vengono riportati i tempi di utilizzo in condizioni di bassa, media e alta esposizione.



L'app sviluppata dall'ARPA Piemonte per visualizzare le statistiche sull'uso del proprio cellulare.

In realtà, è opportuno non tenere il telefono cellulare neppure in tasca, perché quando il telefonino è acceso e non è in uso, invia comunque un segnale intermittente per connettersi con le torri dei telefoni cellulari nelle vicinanze, il che significa che l'esposizione alle radiazioni è ancora in corso, sebbene nettamente inferiore rispetto a quella di una conversazione telefonica o del traffico dati (che sarebbe bene disattivare).

Come ha spiegato Paolo Orio, presidente dell'Associazione Italiana Elettrosensibili, "un telefono cellulare portato nella tasca anteriore dei panta-

loni può causare infertilità maschile perché ce lo dicono due meta-analisi, ovvero l'elaborazione di decine e decine di studi. Non a caso in Inghilterra, nei bagni pubblici, troviamo dei poster giganti con un mezzo busto di ragazzo con un cellulare in tasca e sopra la scritta 'previeni la tua infertilità perché il cellulare può causare infertilità maschile'".

Ancora, è importante non utilizzare il cellulare negli spazi chiusi in movimento, perché ogni volta che ci muoviamo – ad esempio in treno o in auto – il cellulare ha bisogno continuamente di ricaptare il segnale di una cella telefonica, nonché di passare spesso da una cella all'altra, in pratica di "agganciare" l'antenna più vicina, per cui emette molto di più rispetto a quando ci si trova fermi in un posto.

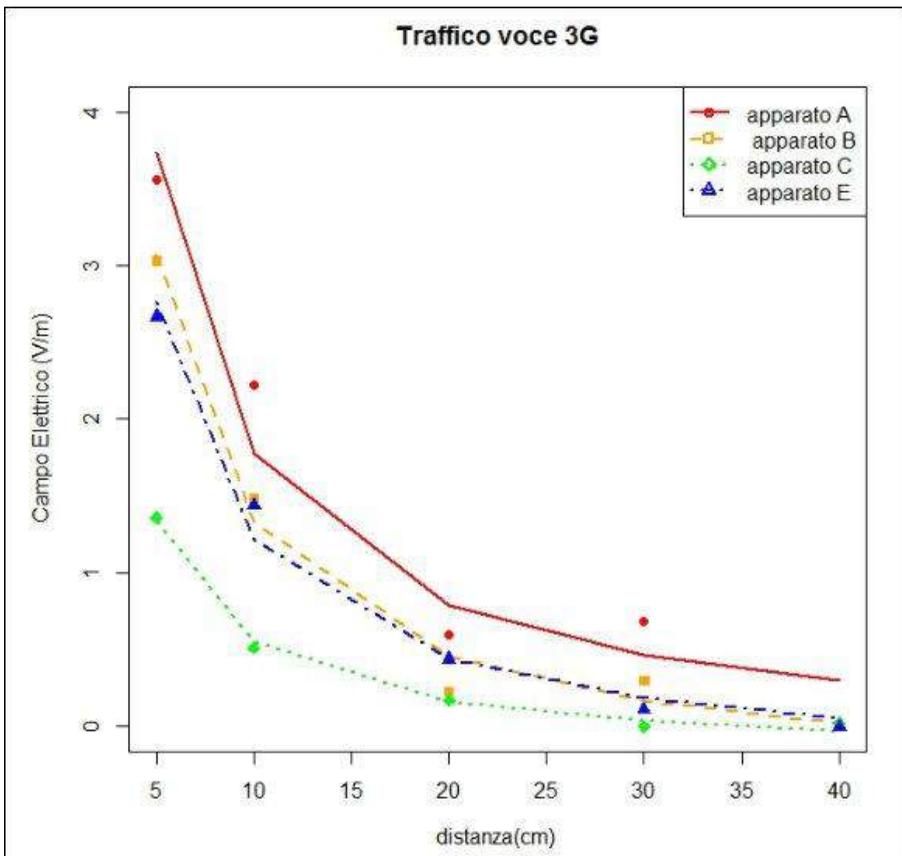
In un'auto o in un treno il cellulare funziona sullo stesso principio del forno a microonde, per cui non è una buona idea usarlo. In entrambi i casi, vi sono involucri metallici in cui la radiazione RF viene incrementata. La radiazione RF del tuo telefono cellulare riflessa dalla struttura metallica dell'auto o del treno aumenta la radiazione a cui sei esposto. Si chiama effetto "gabbia di Faraday". La radiazione emessa dal tuo telefono rimbalza sulla scocca della tua auto ed è assorbita dal tuo corpo ad un livello più alto di quello che avverrebbe altrimenti.



Usare il telefonino in auto e in treno è, in generale, una cattiva idea.

In treno, però, la situazione è ancora peggiore, perché si sommano i campi dei telefonini usati contemporaneamente da più persone e spesso in cattive condizioni di campo. Così non stupisce che il biologo Fiorenzo Marinelli, andando in treno da Milano a Roma abbia misurato, con il proprio misuratore RF professionale, valori fino a 100 V/m, come riportato nella puntata di *Report* del 27/11/2018 (v. Capitolo 17).

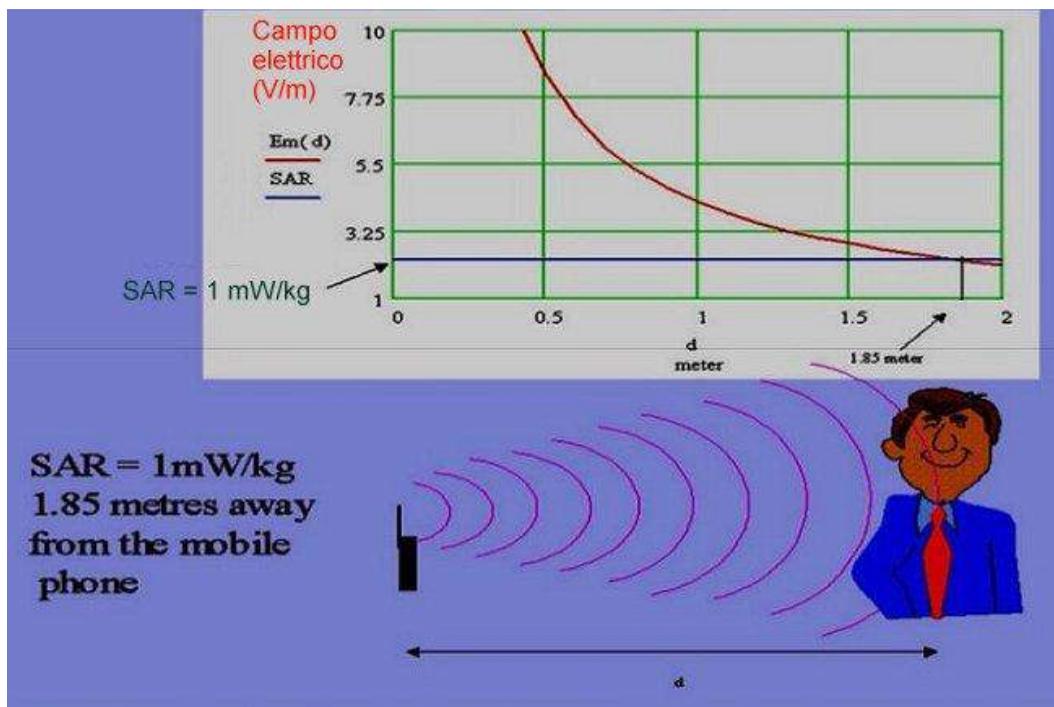
In pratica, anche a schermo spento gli smartphone emettono delle radiazioni, a causa della ricerca delle reti e degli switch tra i protocolli 2G/3G/4G. E dato che l'automobile si comporta come una "gabbia di Faraday", al suo interno il telefonino fatica molto a mantenere stabile il segnale. Di conseguenza, aumenta la potenza necessaria per una connessione stabile, e quindi le emissioni.



Emissioni di un cellulare 3G alle varie distanze dal telefonino in presenza di un buon segnale di campo. (fonte: ARPA Piemonte)

Con le tecnologie 3G e 4G si è avuta una riduzione della potenza emessa dal telefonino rispetto ai sistemi 2G, tuttavia non è vero che un telefonino 3G (UMTS) sia meno pericoloso di un 2G (GSM), come molti credono: infatti, nonostante la potenza emessa dal 3G sia minore, vi sono già evidenze epidemiologiche e di laboratorio che mostrano come il danno al DNA e il rischio di tumore al cervello con l'UMTS – che usa più frequenze insieme – sia maggiore rispetto al GSM (v. Capitolo 10).

Per tale motivo, la migliore difesa – come spiega Marinelli nelle sue conferenze divulgative – è considerare il telefonino solo come una “radio di emergenza”, limitandone quindi l'uso nel tempo e nello spazio, e tenerlo alla maggiore distanza possibile quando lo si utilizza. La figura seguente mostra infatti come il campo elettrico di un telefonino usato alla massima potenza cali, a circa 1,8 metri, a un valore corrispondente a un SAR di 1 mW/kg, 2000 volte più basso del limite europeo di 2 W/kg.



Andamento con la distanza del campo elettrico di un telefonino usato alla massima potenza. A una distanza di quasi 2 metri, il SAR è assai ridotto.

Infine, occorre leggere sempre il manuale di istruzioni del proprio dispositivo mobile per verificarne la conformità, anche se spesso abbiamo vi-

sto che non viene rispettata. Inoltre, per le ragioni esposte in precedenza, dobbiamo imparare a *disattivare il traffico dati* ogni volta che non sia strettamente indispensabile, ed a maggior ragione quando teniamo il cellulare indosso o comunque vicino al corpo.

L'energia emessa dal telefonino viene in parte assorbita dai tessuti della testa. Esiste un limite sulla quantità massima di energia elettromagnetica che può essere assorbita dalla testa (che è detta SAR, o "Tasso di Assorbimento Specifico") durante una telefonata: tale limite, in Europa, è di 2 W/kg. Il manuale d'uso del proprio telefono deve, per poter avere la marchiatura CE e dunque essere conforme alla normativa vigente, riportare l'indicazione di tale quantità.

Ricordiamo, però, che sebbene la SAR non sia una vera e propria "dose assorbita" – in quanto si tratta di radiazioni non-ionizzanti – sulla falsariga di quanto avviene per le radiazioni ionizzanti possiamo dire che l'esposizione di un individuo dipende non solo dall'*intensità* (e quindi anche dalla distanza) della sorgente dal corpo ma pure, in qualche modo, dal *tempo*. Ciò significa che, per ridurre l'esposizione, occorre rimanere per il minor tempo possibile in presenza della sorgente di radiazioni.

Esposizione = intensità di esposizione x tempo

Per ridurre l'esposizione si può agire su vari fattori. Uno di questi è il tempo per il quale siamo esposti alla sorgente.

Quando pensavate di sapere proprio tutto...

I telefoni cellulari nascondono molte insidie e, oltre a seguire i consigli fin qui esposti, è una buona idea dotarsi di un misuratore RF per verificare gli effettivi livelli di campo elettrico vicino al proprio cellulare. Questo perché possono esservi alcuni spiacevoli imprevisti, come quello che illustreremo ora – capitato a uno di noi – che può esporre una persona a un rischio notevolmente maggiore di quello preventivato.

Il nostro amico aveva un vecchio cellulare GSM (2G) *dual sim* acquistato

nel 2012. Lo riteneva sicuro perché non aveva il 3G o il 4G e non lo usava per traffico dati / Internet, cosa per la quale è nato l'UMTS (3G). Poi, misurando il campo elettrico a circa 10 cm con un misuratore RF, ha scoperto che, in casa di un collega, durante una chiamata emetteva 0,5 V/m, ma a casa propria (sempre in caso di chiamata) emetteva circa 50 V/m, cioè 100 volte di più, probabilmente causa la maggiore distanza della cella 2G. In entrambe le abitazioni, il livello di campo a cellulare spento o non in chiamata era molto basso: circa 10 mV/m.

Così, ha deciso di acquistare uno smartphone 4G per fruire della maggiore densità di antenne della rete 4G, sperando di abbattere il valore del campo misurato. Nel trasferire la Sim di Wind (che, fin dall'acquisto alcuni anni prima, aveva il blocco del traffico dati attivo) sul nuovo smartphone, in effetti, il campo si è abbassato di oltre 10 volte, passando dai 50 V/m del vecchio cellulare ai circa 4 V/m del nuovo (alla solita distanza di una decina di cm e, al solito, durante una chiamata telefonica). Ma quando ha effettuato la stessa operazione con la Sim di un altro primario operatore telefonico è successo l'imprevisto.

Infatti, nel trasferire la Sim, ha chiesto all'operatore il blocco del traffico dati, ma quando è andato a misurare il campo elettrico ha scoperto che esso era di 4 V/m non solo quando effettuava una chiamata (e fin qui tutto normale) ma che era *sempre* a quel valore o giù di lì, cioè anche quando il telefonino era in stand-by e avrebbe dovuto calare al fondo locale di 10 mV/m. Siccome l'operatore in questione aveva di sua iniziativa attivato il servizio "4G voce", l'ha fatto disattivare, pensando che ciò fosse la causa del problema. Risultato: non solo il problema non si è risolto, ma il campo è ritornato al valore di circa 50 V/m, quasi 12 volte più alto, e *fisso!* Cosa che non avrebbe scoperto senza il misuratore.

In conclusione, piuttosto che avere un campo costante di 50 V/m anche quando lo smartphone non era in chiamata, il nostro amico ha rimesso la Sim del primario operatore italiano nel vecchio cellulare, ripristinando lo *status quo ante*. E si è tenuto sul nuovo smartphone solo la Sim di Wind. Dunque, alla fine ha risolto solo metà del problema iniziale (abbattere le emissioni), ma grazie al misuratore RF ha evitato di peggiorare assai la situazione, cosa che altrimenti sarebbe successa nonostante le valutazioni teoriche che aveva fatto. E il tuo telefonino quanto emette?

CAPITOLO 13

GUIDA ALLA SCELTA E (NON) SCHERMA- TURA DI UN TELEFONINO

Il cosiddetto “Tasso di assorbimento specifico” (SAR) di un telefono rivela la quantità massima di radiazioni che il corpo umano assorbe dal telefono mentre trasmette. I test SAR assicurano che ad es. i dispositivi venduti negli Stati Uniti siano conformi al limite di esposizione SAR stabiliti dalla Federal Communications Commission (FCC), ma il valore singolo, nel peggiore dei casi, ottenuto da questo test SAR non è necessariamente rappresentativo dell'assorbimento durante l'uso effettivo.

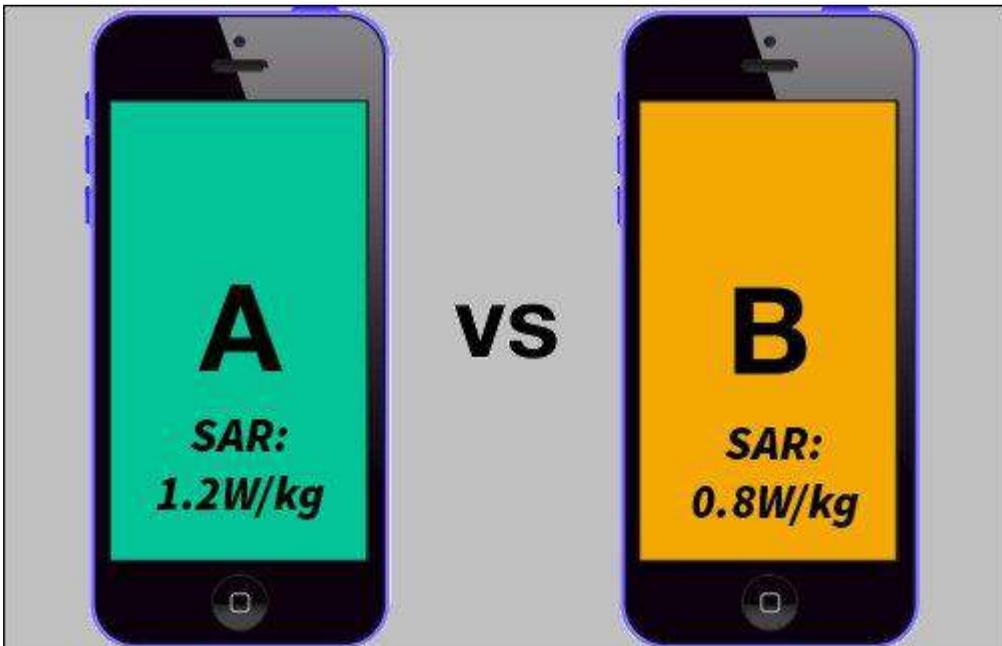
Quindi, secondo l'Agenzia nazionale americana per la protezione dei consumatori, “non è raccomandato l'uso del dato su questo SAR misurato nei test per dei confronti tra telefoni cellulari o per valutazioni del rischio che si corre nel loro utilizzo”, basandosi sull'idea che a un minor valore di questo SAR corrisponda un minore rischio per la salute. In breve, la scelta di un telefono con SAR più basso non garantisce in modo affidabile un minore assorbimento di radiazioni durante l'uso.

*Oggi si trovano
facilmente online
le info sul SAR
dei telefonini.*



Ad ogni modo, la media delle emissioni degli smartphone si è, in generale, sensibilmente abbassata negli ultimi anni, ma vi sono comunque ancora dei picchi negativi che dimostrano una scarsa attenzione (in alcuni casi) al tema delle radiazioni. In pratica, potete trovare sul mercato apparecchi con un SAR, ad esempio, di 1,7 W/kg (che ovviamente sono fra i peggiori modelli) e altri con un SAR finanche di 0,2 W/kg, cioè livelli bassissimi che fanno classificare questi modelli fra i migliori.

Tuttavia, attenzione quando consultate le tabelle online, perché alcuni produttori rilasciano le specifiche del SAR a 5 mm di distanza, altri le rilasciano a 15 mm, ovvero una distanza 3 volte superiore. Dunque è ovvio che se io produttore rilascio gli indici SAR di un mio telefono da una distanza di 15 mm, risulterà che emette meno radiazioni di un altro smartphone per il quale l'indice SAR è riportato a 5 mm di distanza, ma magari se si prendono entrambi a 5 mm o entrambi a 15 mm, il risultato potrebbe essere differente, e quello che prima sembrava peggiore, in realtà, potrebbe emettere meno radiazioni.



Occorre fare attenzione quando si confronta il SAR di due telefonini di produttori diversi, poiché la misurazione potrebbe essere avvenuta a distanza diverse dal corpo nei due casi. Controllate quindi anche le istruzioni d'uso dei singoli telefonini.

Ricordiamo che non esiste ancora una normativa specifica italiana che regolamenti i limiti di esposizione per i cellulari, ed in particolare al loro campo elettrico. Nel mondo, vari Paesi hanno definito dei limiti di sicurezza di esposizione relativi a un'unità di misura di fatto "inventata" per l'occasione, il SAR. Ad esempio, negli Stati Uniti la Commissione Federale per le Comunicazioni (FCC) impone un SAR inferiore a **1,6 W/kg**, misurato su 1 grammo di tessuto. Nell'Unione europea, come fissato dal Comitato europeo di normazione elettrotecnica (CENELEC), il valore massimo consentito è di **2 W/Kg**, misurati su 10 grammi di tessuto.

Gli esperimenti fatti sull'uomo e sugli animali indicano che un assorbimento esteso a tutto il corpo fra 1 e 4 W/kg comporta un aumento di temperatura inferiore a 1 °C. L'esposizione prolungata con SAR > 4 W/kg provoca aumenti di temperatura interna superiori a 1-2 °C e può risultare in danni irreversibili negli animali di laboratorio. Il limite di 2 W/kg è stato fissato tenendo conto del fatto che: l'esposizione non è continua; il metabolismo del cervello è più elevato di quello del corpo, per cui le sue capacità di termoregolazione sono superiori.

[Bioelectromagnetics](#), 2018 Apr;39(3):190-199. doi: 10.1002/bem.22116. Epub 2018 Mar 14.

Effect of cell phone radiofrequency radiation on body temperature in rodents: Pilot studies of the National Toxicology Program's reverberation chamber exposure system.

[Wyde ME](#)¹, [Horn TL](#)², [Capstick MH](#)³, [Ladbury JM](#)⁴, [Koeppke G](#)⁴, [Wilson PF](#)⁴, [Kissling GE](#)¹, [Stout MD](#)¹, [Kuster N](#)³, [Melnick RL](#)¹, [Gauger J](#)², [Bucher JR](#)¹, [McCormick DL](#)².

Author information

Abstract

Radiofrequency radiation (RFR) causes heating, which can lead to detrimental biological effects. To characterize the effects of RFR exposure on body temperature in relation to animal size and pregnancy, a series of short-term toxicity studies was conducted in a unique RFR exposure system. Young and old B6C3F1 mice and young, old, and pregnant Harlan Sprague-Dawley rats were exposed to Global System for Mobile Communication (GSM) or Code Division Multiple Access (CDMA) RFR (rats = 900 MHz, mice = 1,900 MHz) at specific absorption rates (SARs) up to 12 W/kg for approximately 9 h a day for 5 days. In general, fewer and less severe increases in body temperature were observed in young than in older rats. SAR-dependent increases in subcutaneous body temperatures were observed at exposures ≥ 6 W/kg in both modulations. Exposures of ≥ 10 W/kg GSM or CDMA RFR induced excessive increases in body temperature, leading to mortality. There was also a significant increase in the number of resorptions in pregnant rats at 12 W/kg GSM RFR. In mice, only sporadic increases in body temperature were observed regardless of sex or age when exposed to GSM or CDMA RFR up to 12 W/kg. These results identified SARs at which measurable RFR-mediated thermal effects occur, and were used in the selection of exposures for subsequent toxicology and carcinogenicity studies. *Bioelectromagnetics*. 39:190-199, 2018. © 2018 The Authors. *Bioelectromagnetics* Published by Wiley Periodicals,

Gli effetti sulla temperatura del corpo dei topolini a seguito dell'esposizione a vari valori di SAR dei telefonini, come scoperto dal National Toxicology Program americano nel loro studio decennale illustrato nel Capitolo 8.

Si noti che le radiazioni non-ionizzanti, quali le radiazioni elettromagnetiche sono, non trasportano sufficiente energia per singolo quanto per ionizzare atomi o molecole – ovvero, per rimuovere completamente un

elettrone da un atomo o molecola – per cui, anziché produrre ioni carichi attraversando la materia, la radiazione elettromagnetica ha sufficiente energia solo per eccitare il movimento di un elettrone ad uno stato energetico superiore, perciò non si può parlare di *dose assorbita*.

Nondimeno, diversi effetti biologici (termici e non) vengono osservati per diversi tipi di radiazioni non-ionizzanti. Tuttavia, misurare direttamente la dose assorbita da un organismo (SAR) è assai difficile e comunque non si può fare “in vivo”. Per fortuna, il SAR si può ottenere con buona precisione misurando con degli opportuni strumenti di livello professionale il campo elettrico (in V/m) oppure l'intensità dell'onda (in W/m²) che arriva sul corpo in esame. I fattori di conversione si calcolano sulla base di modelli fisici dell'organismo.

Specific Absorption Rate (SAR) Calculator

Specific Absorption Rate (SAR) is the unit of measurement for the amount of radio frequency energy absorbed by a body when using a wireless device. The SAR Calculator requires you to enter the Electric Field (V/m), Conductivity of the Material (S/m) and Mass Density (Kg/m³). It gives the SAR value in W/Kg and the power density.

Electric Field (RMS) enter the RMS electric field	V/m
Conductivity of Material (σ) enter the conductivity of material	S/m
Mass Density (m_d) enter the mass density	Kg/m ³

CALCULATE **RESET**

Result
Specific Absorption Rate (W/kg)

Incident Power Density

Formula:
$$(SAR) = \frac{\sigma \times E^2}{m_d}$$

Un calcolatore online per il calcolo del SAR dal valore del campo elettrico.

Pertanto, il SAR è proporzionale all'intensità del campo elettrico (secondo il biologo Fiorenzo Marinelli, il limite di 2 W/kg è come "autorizzare" un campo elettrico reale fino a 307 V/m!), che possiamo facilmente misurare con uno strumento dal costo relativamente contenuto, soprattutto se ci accontentiamo di misurazioni relative, non assolute, dato che vogliamo scegliere il telefono cellulare con SAR più basso, e dunque una misura relativa del campo elettrico – effettuata, ad esempio, per confrontare il livello di emissione dei vari modelli di telefonino durante un tentativo di chiamata all'interno di un negozio – è quanto basta.



Prima di acquistare un telefonino sarebbe bene testarlo con un misuratore RF, rispetto ad altri modelli, e nella stessa stanza, poiché anche la distanza dalla stazione radio base influisce moltissimo sulla potenza prodotta da un apparecchio.

Inoltre, il SAR non è l'unico aspetto da considerare. Oggi il passaggio a scocche totalmente in vetro ha contribuito a diminuire le radiazioni medie generate, rispetto alle precedenti generazioni che prevedevano delle scocche interamente in alluminio. Come ben saprete, il metallo non è amico della trasmissione e quindi era necessario dare più potenza alle antenne per avere la stessa qualità di segnale. Dunque, conviene evitare i cellulari o gli smartphone dotati di una scocca metallica.

Un ulteriore elemento che – dati alla mano, salvo qualche eccezione – sembra influenzare le emissioni degli smartphone è la loro dimensione, la quale appare essere inversamente proporzionale alle emissioni stesse: in altre parole, più è grande il dispositivo e più è basso il suo valore SAR. Evidentemente, il maggior spazio per le antenne consente di farle lavorare a potenze (e quindi con emissioni) inferiori. Dunque, anche questo è un fattore da tener presente nell'acquisto del proprio telefonino.



Interno di uno degli smartphone più noti: l'iPhone.

La schermatura fai-da-te di un cellulare

Occorre innanzitutto fare distinzione fra lo schermaggio totale e parziale di un telefonino. Nel primo caso, ottenibile ad esempio avvolgendo completamente il cellulare in un foglio di carta stagnola, oppure chiudendolo in una scatola di metallo, il cellulare viene completamente isolato e non può ricevere chiamate: in pratica, se provate a farlo squillare chiamando da un altro telefono, rimarrà muto.

Di conseguenza le scuole italiane, che di recente hanno comprato delle sacche schermanti per riporvi i cellulari degli studenti affinché non li usino durante le lezioni, avrebbero certamente potuto risparmiare molti soldi acquistando delle normali buste di carta o imbottite per spedizioni,

contrassegnandole con il nome dello studente e riponendo poi le buste con il cellulare dentro una grande scatola metallica come quelle per conservare il denaro. Avrebbero infatti ottenuto il medesimo risultato.

Ciò accade perché la scatola di metallo si comporta come una cosiddetta “gabbia di Faraday”. Con gabbia di Faraday si intende, in pratica, qualunque sistema costituito da un contenitore in materiale elettricamente conduttore in grado d'isolare l'ambiente interno da un qualunque campo elettrostatico presente al suo esterno, per quanto intenso questo possa essere. Dato che i campi elettromagnetici a radiofrequenza sono composti da un campo elettrico e uno magnetico strettamente accoppiati, l'interno della gabbia viene schermato.



Per schermare e isolare del tutto dei telefonini accesi basta metterli in una scatola di metallo (che ovviamente andrà poi chiusa).

Una gabbia di Faraday ideale consiste in un guscio ininterrotto, perfettamente conduttore. Questo ideale non può essere raggiunto sempre, ma può essere ottenuto utilizzando, ad esempio, una retinatura di rame a maglie fini, ben più piccole della lunghezza d'onda della radiazione che si

intende schermare. Si noti che con una gabbia di Faraday non è possibile schermare il campo magnetico lentamente variabile prodotto dai campi a bassa frequenza, come ad esempio quelli degli elettrodotti.



Una volta chiusi i telefonini nella scatola, chiamandoli il campo non cambia.

Naturalmente, in modo analogo è possibile schermare dai campi elettromagnetici esterni a radiofrequenza anche un letto o una stanza (come accade ad es. in alcuni laboratori dove occorre una “camera bianca” del tutto priva di interferenze elettromagnetiche), ma occorre che non vi siano fessure, cosa che per una stanza è più difficile da ottenere. Inoltre, per una maggiore efficacia, è bene che la gabbia sia collegata alla terra: ad esempio, alla tubatura dell’acqua o almeno dei termosifoni.

Tutt’altra storia è, invece, lo schermaggio parziale del telefonino, che talvolta è un vero e proprio “boomerang”, per chi lo tentasse “alla cieca” o con i prodotti sul mercato, che affermano senza prove di bloccare finanche il 99 per cento delle radiazioni emesse dai cellulari. Lo dimostrano numerosi articoli sull’argomento, di cui riassumiamo qui il “succo”, oltre che esperimenti molto semplici che chiunque può fare con l’ausilio di un misuratore di segnale nelle radiofrequenze e microonde.



Non sempre frapporre uno schermo vicino a un telefonino acceso è una buona idea. Infatti, se si scherma il segnale di campo, il telefonino aumenta la potenza emessa.

Si potrebbe pensare che, come per le sorgenti radioattive (che emettono radiazioni ionizzanti), si possano schermare le sorgenti di onde elettromagnetiche a radiofrequenza usando un qualche tipo di schermo, ad esempio metallico. Tuttavia, abbiamo testato quest'idea in casa ponendo una parete metallica di 15 cm² e da 1 mm di spessore fra il corpo e il cellulare in chiamata (posto a circa 1 metro dal corpo), e il campo elettrico misurato vicino al corpo è aumentato del 10-20%, mentre in un'altra casa e usando uno schermo più grande è calato di circa 10 volte.

In pratica, l'idea di proteggere il proprio corpo con involucri metallici usati per avvolgere gran parte del cellulare è da scartare, mentre in casa o in postazioni fisse il porre il telefonino dietro un grande pannello coperto di carta stagnola, e opportunamente orientato, può funzionare bene. Ma occorre verificarlo con delle misurazioni. Infatti, lo schermo può far sì che i ripetitori ricevano il segnale dal cellulare con maggiori problemi o interferenze, e segnalino a loro volta al telefonino che l'emissione deve essere aumentata perché la loro ricezione sia ottimale.



Usate grandi schermi metallici o di carta stagnola frapposti fra il telefonino e il corpo solo in casa e se avete un misuratore per verificare il miglioramento.

I prodotti schermanti: perché non funzionano

Anche i prodotti schermanti in commercio propagandati come protezione degli utenti di telefoni cellulari dalle radiazioni non funzionano, di solito, come pubblicizzato e, anzi, in genere fanno sì che cellulari e dispositivi wireless emettano ancora più energia di quanto non farebbero se venissero usati normalmente, senza di essi. In pratica, non vi sono prove scientifiche che questo tipo di prodotti funzionino, ma venditori senza scrupoli approfittano dell'ignoranza delle persone sull'argomento.

Uno studio condotto negli Stati Uniti dal Corporate EME Research Laboratory e dai Motorola Research Laboratories ha testato 9 diversi schermi di radiazione per cellulare, 5 dei quali affermavano di bloccare il 99% delle radiazioni dei telefoni cellulari. Gli altri 4 schermi testati affermavano di emettere una radiazione inversa che avrebbe annullato la

radiazione nociva dai telefoni cellulari. Lo studio ha rilevato che tutti gli schermi non provocano alcuna riduzione delle radiazioni RF cui l'utente è esposto. Idem per altri test svolti ad es. da persone elettrosensibili.



Test di uno dei tanti prodotti “schermanti” in commercio. Come si vede, l'emissione prodotta dal cellulare aumenta anziché diminuire. (fonte: www.techwellness.com)

Fra l'altro, i telefoni cellulari emettono la maggior parte dell'energia elettromagnetica dall'antenna e da altre parti del telefono, non dall'auricolare, mentre in alcune pubblicità ingannevoli talune aziende si vantano di

schermare efficacemente ma non menzionano il fatto che i loro dispositivi non fermeranno questo tipo di radiazioni. Gli schermi in questione possono anche interferire con il segnale di un telefonino, provocando un aumento di potenza ed emettendo più energia.

I test hanno dimostrato che molti di questi prodotti schermanti possono ridurre l'esposizione solo quando il telefono è impostato sul trasmettere alla massima potenza. Tuttavia, poiché i telefoni hanno il controllo automatico della potenza, questi schermi o non fanno assolutamente nulla oppure fanno lavorare di più il telefono, trasmettendo più energia sotto forma di onde elettromagnetiche e riducendo la durata della batteria. Inoltre, il segnale in ingresso viene ridotto, per cui il telefono non funziona in aree con segnale insufficiente.

Se c'è un pericolo per la salute, dunque, la schermatura dei cellulari (necessariamente parziale se si vuole poter usare il telefonino o poter ricevere chiamate) *non* è la soluzione. Le agenzie governative di tutto il mondo hanno delle linee guida che consigliano agli utenti di telefoni cellulari che desiderano limitare l'esposizione alle emissioni elettromagnetiche di limitare l'uso del telefono cellulare, utilizzare un auricolare a mani libere ed evitare l'uso di telefoni cellulari in cui il segnale è debole, non certo di buttare i propri soldi in inutili prodotti che non solo non risolvono, ma addirittura esacerbano, il problema.

Non siamo riusciti a trovare un *vero* esperto di campi elettromagnetici che raccomandi un involucro di blocco delle radiazioni o anti-radiazioni per il cellulare. Quindi, se un cosiddetto “esperto di campi elettromagnetici”, all'interno della pubblicità di un prodotto, sta raccomandando un qualsiasi tipo di involucro anti-radiazioni, probabilmente non è tanto esperto e non va preso in seria considerazione. State quindi in guardia dalle truffe e dalle offerte di adesivi o filtri di radioprotezione.

Inoltre, la stessa Federal Trade Commission (FTC), l'agenzia nazionale americana per la protezione dei consumatori, ha sottolineato che “non ci sono prove scientifiche che i cosiddetti schermi o prodotti schermanti riducano significativamente l'esposizione a queste emissioni elettromagnetiche. Infatti, i prodotti che bloccano solo l'auricolare – o un'altra piccola parte del telefono – sono totalmente inefficaci perché l'intero telefono emette onde elettromagnetiche”.

PROTEGGERSI DALLE RADIAZIONI DEL WI-FI A SCUOLA ED A CASA

Il dott. Paolo Orio, presidente dell'Associazione Italiana Elettrosensibili, in un convegno sull'elettrosmog ha raccontato come, nel 2018, una ricercatrice tedesca abbia pubblicato un lavoro di rassegna fondamentale per dimostrare gli effetti del Wi-Fi, dal significativo titolo: *Biological and pathological effects of 2.45 GHz radiation on cells, fertility, brain and behavior*, ovvero “effetti biologici e patologici delle radiazioni a 2,45 GHz (tipiche del Wi-Fi) sulle cellule, sulla fertilità, sul cervello e sul comportamento”.

Review

Biological and pathological effects of 2.45 GHz radiation on cells, fertility, brain, and behavior

Isabel Wilke

Abstract

Purpose: This article is a systematic review of studies on the effects of non-ionizing radiation at the microwave (MW) frequency of 2.45 GHz (2450 MHz), which is predominantly used in WLAN/Wi-Fi applications (wireless local area network) and microwave ovens. Newer WLAN standards also use the frequency ranges of 5 GHz, 6 GHz, and 60 GHz. WLAN, referred to generically in this review also as Wi-Fi, has become the technology of choice for many wireless applications because providers do not require a license, making the service free to users. To meet users' desire to be online all the time, more and more WLAN antennas (access points, femtocells, routers) emitting pulsed 2.45 GHz radiation are being installed at libraries, hospitals, hotels, airports, railway stations, shopping malls, public places, and in buses, subways, and passenger trains. Wi-Fi consoles are used to play games. Office and household appliances are also fitted with Wi-Fi antennas. Residential routers often contain two Wi-Fi transmitters. As part of its digital learning initiative, the German Conference of Ministers of Education has decided to provide all schools with Wi-Fi networks. The extensive body of research on the health risks of Wi-Fi radiation is generally not considered by policy-makers or in the public debate.

Si tratta di una meta-analisi di 100 studi scientifici *peer-reviewed* che riportano effetti non termici, bensì biologici, delle onde elettromagnetiche alle frequenze del Wi-Fi (oltre che dei forni a microonde). Oggi, infatti, per dare l'accesso a Internet, vi sono sempre più antenne (di router, access point, femtocelle) che emettono radiazioni pulsate a 2,45 GHz, installate in biblioteche, ospedali, hotel, aeroporti, stazioni ferroviarie, centri commerciali, luoghi pubblici e in autobus, metropolitane e treni.

Lo studio conclude che “l’impatto di tali radiazioni, ai livelli di esposizione fissati dalla *Commissione internazionale sulla protezione dalle radiazioni non ionizzanti* (ICNIRP) e adottati da molti Paesi come limiti di legge (tal quali o usandoli come riferimento, *ndr*), è su: apparato riproduttivo, funzioni cerebrali ed elettroencefalogramma, cuore, fegato, tiroide, espressione genica, ciclo cellulare, membrane cellulari, batteri, piante. Inoltre, gli effetti sull’apprendimento, la memoria e l’attenzione, oltre che sul comportamento, sono risultati essere espressione di effetti citotossici”.

Pertanto, come sostiene lo studio in questione, a causa degli effetti citotossici la tecnologia Wi-Fi “non è adatta per ospedali e telemedicina, per le stanze da letto, per gli spazi di lavoro, per le sale comuni, per le camere delle cliniche, per le biblioteche, per le scuole e per i mezzi di trasporto”. Ma questo ormai ampio *corpus* di ricerca medico-scientifica esistente sui rischi per la salute delle radiazioni Wi-Fi non viene generalmente considerato dai decisori politici o nel dibattito pubblico.



I moderni router Wi-Fi dual-band operano nelle due bande a 2,4 e 5 GHz.

Come spiega il biologo Fiorenzo Marinelli, “il Wi-Fi è una cosa inutile, nel senso che abbiamo cablato tutta la Terra con cavi e fibra ottica per far passare molto bene il segnale di Internet e poi vogliamo fargli percorrere gli ultimi 10 metri via radio dentro le nostre abitazioni. Ciò è insensato, perché il segnale via radio è meno capiente, meno efficace e, oltre-

tutto, irradia le persone che abitano dentro o vicino casa. Inoltre, il segnale Wi-Fi non è come quello del telefono, ma ha un ampio spazio di frequenze da utilizzare e, trasmettendo i dati, riempie progressivamente queste frequenze che ha a disposizione. Ciò si risolve in una continua emissione di impulsi: non è più un'onda che irradia, ma una serie di impulsi, un po' come quella di un radar. Quindi, la migliore soluzione per usare Internet è utilizzare il cavo fino ai computer”.

Alcuni studi fatti dal gruppo di Marinelli (Barteri et al., 2014) sugli effetti del Wi-Fi – ancora in corso di pubblicazione – riguardano la modifica della cosiddetta “cinetica enzimatica”. In altre parole, dentro le nostre cellule vi sono degli enzimi che svolgono delle funzioni metaboliche: ad esempio, per citare alcuni di tali enzimi, la lattato deidrogenasi, la laccasi, la quercetina, il glutatione, etc. Ebbene, questi enzimi vengono alterati dall'irraggiamento con il Wi-Fi (il glutatione è di interesse anche per le ricerche che si stanno facendo sull'elettrosensibilità e sulla Sensibilità Chimica Multipla). Gli enzimi esposti a un router Wi-Fi hanno bisogno di una quantità maggiore di energia per funzionare, e quindi è come se funzionassero meno all'interno della cellula.

Il gruppo di Marinelli ha effettuato anche degli studi, in una fattoria in provincia di Bologna, sugli effetti del Wi-Max (5,8 GHz) sulle cellule, tecnologia che serve per trasmettere Internet nelle campagne per grandi distanze, per cui la densità di potenza è maggiore. L'antenna del Wi-Max era a 30 metri dalla stalla, dove alcune cellule sono state messe in coltura, perché i proprietari lamentavano anche una serie di malesseri degli animali, una minore produzione di latte, etc. Anche in questo caso si è osservata una moria delle cellule esposte, che non metabolizzano il colorante, mentre quelle di controllo lo metabolizzano bene.

Il problema dell'irradiazione Wi-Fi nelle scuole

Noi, in Italia, mettiamo il Wi-Fi nelle scuole, nonostante i bambini ed i ragazzi siano ancora più sensibili. Non stupisce, quindi, che le relative radiazioni possano facilitare lo sviluppo *a lungo termine* di vari tipi di patologie croniche (come meccanismo d'azione, infatti, molti studi identificano lo stress ossidativo, che ad es. è una delle cause all'origine dei tumori), ridurre la fertilità e causare malattie neurodegenerative ed, infine, favorire, sul *breve termine*, lo sviluppo della cosiddetta “elettrosensibilità”.

L'elettrosensibilità si può definire come “una reazione avversa multi-organo caratterizzata da sintomi aspecifici che variano per intensità, durata e frequenza e si può verificare in soggetti esposti per motivi residenziali, lavorativi o personali alle radiazioni elettromagnetiche emesse da sorgenti di alta e bassa frequenza a valori di esposizione – si noti bene – *inferiori* rispetto a quelli stabiliti per legge”. In circa il 10% dei casi, è invalidante, e può condurre talvolta ad esiti ancora più drammatici.

A tal proposito, Orio ha illustrato il commovente – ma non così raro – caso di una ragazzina inglese, Jenny Fry, che nel 2015 si è suicidata, all'età di 15 anni, a causa di una elettrosensibilità conclamata derivante da un'esposizione al Wi-Fi installato a scuola, la quale le aveva reso la vita impossibile. Un aspetto – quest'ultimo – che accomuna almeno il 10% delle persone elettrosensibili, che sviluppano una elettrosensibilità così grave da scegliere perfino, in alcuni casi, di togliersi la vita.

Jenny, forse a causa di una costante esposizione, era diventata particolarmente sensibile alle onde del Wi-Fi e aveva sviluppato, nei loro confronti, una sorta di allergia. Di conseguenza, secondo quanto raccontato a un noto tabloid inglese dalla madre di Jenny, la figlia ha dovuto sopportare per due anni disturbi molto gravi e pesanti. Soffriva, infatti, di forti mal di testa, era affetta da paralisi e aveva perso il controllo dei propri muscoli, al punto da diventare addirittura incontinente.



Jenny Fry, un'allegra ragazzina inglese suicidatasi per colpa dell'elettrosensibilità sviluppata con l'esposizione al Wi-Fi.

“Mia figlia – ha confessato la signora Fry – non ce la faceva più. A scuola, le forti emicranie le impedivano di concentrarsi e spesso stava così male da non poter seguire le lezioni. Durante l'estate, lontana dai banchi, si riprendeva, ma non appena rimetteva piede in classe i disturbi ritornavano, ancora più aggressivi di prima. Inizialmente – ha spiegato la madre – pensavamo che i sintomi potessero essere attribuiti ad uno squilibrio ormonale, ma poi esami più approfonditi hanno svelato un'altra verità”.

Gli elettrosensibili sono persone che oggi, in Italia, hanno zero diritti. Il dott. Orio ha raccontato che “all’Associazione Italiana Elettrosensibili, pur non essendo particolarmente conosciuta, chiamano due persone al giorno. Ci sono bambini malati, quattordicenni malati che non possono più andare a scuola, che non possono più varcare la soglia dell’aula di informatica perché stanno malissimo, sono devastati, devono prendersi insegnati privati. Eppure, basterebbe non mettere il Wi-Fi nelle scuole”.

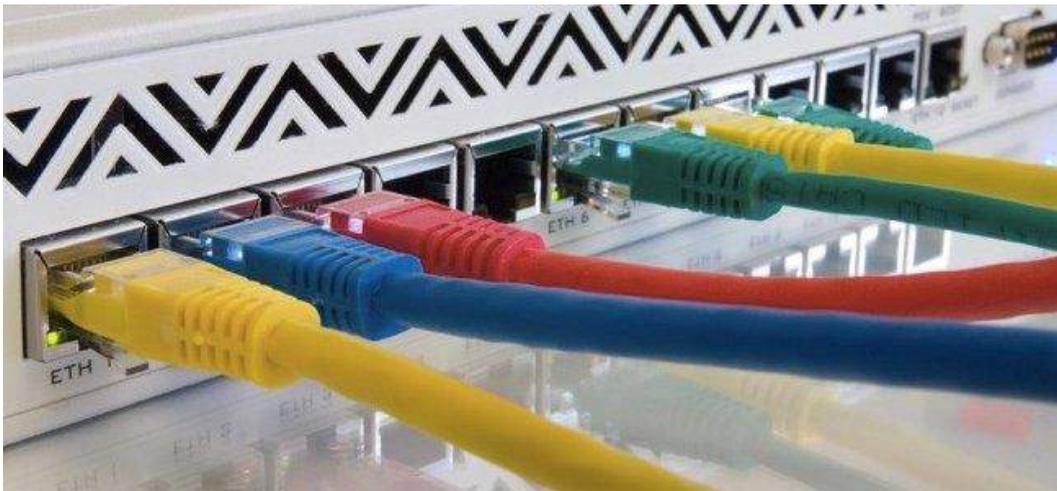


Una esplicativa illustrazione sui pericoli del Wi-Fi a scuola. (fonte: stopthecrime.net)

In Australia, ha fatto molto scalpore il caso del piccolo Ethan Wyman, morto 11 mesi dopo la diagnosi di due tumori al cervello che sembravano avere circa 3 mesi e che i genitori attribuiscono al Wi-Fi, essendo stati

diagnosticati quattro mesi dopo aver ricevuto un iPad collegato via Wi-Fi. I suoi genitori in seguito scoprirono che era solito addormentarsi con esso sotto il cuscino. Anche se l'apparecchio era in standby, emetteva ancora radiazioni mentre tentava di connettersi al router.

Secondo uno studio condotto da un team di medici del sistema sanitario nazionale britannico, bambini e ragazzi, avendo la calotta di protezione del proprio cervello caratterizzata da tessuti più sottili, riescono ad assorbire una quantità di microonde 10 volte maggiore rispetto agli adulti e possono perciò sviluppare più facilmente delle patologie. “Ecco perché”, ha spiegato Orio, “il Wi-Fi *non* va installato a scuola: la scuola va cablata, per garantire una sicurezza certa per la salute di bambini e ragazzi”.



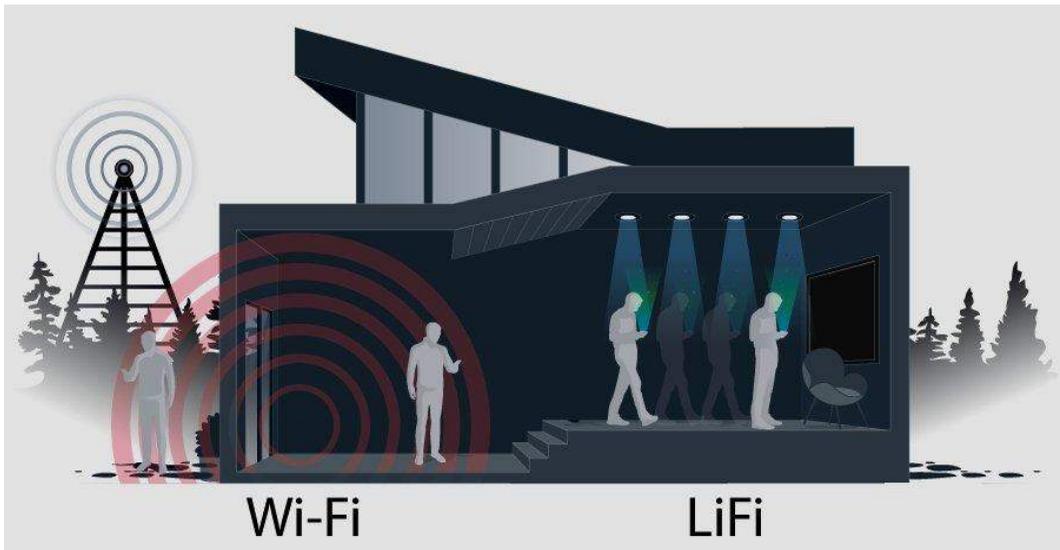
La qualità di una connessione cablata con cavo Ethernet è la migliore possibile.

Anche il già citato studio tedesco della Wilke raccomanda di “adottare misure per minimizzare l'esposizione alle radiazioni a radiofrequenza. Le soluzioni cablate dovrebbero avere la precedenza. I limiti di esposizione attuali e i valori fissati come ‘limite per il SAR’ (la quantità massima di radiazioni che il corpo umano può assorbire senza avere conseguenze dagli effetti termici) non proteggono dai rischi per la salute associati alle radiazioni Wi-Fi”. Infatti, gli effetti biologici si osservano a soglie ben più basse rispetto a quelli termici.

Lo studio in questione sottolinea poi che “i possibili rischi associati alle radiazioni Wi-Fi potrebbero essere evitati testando tecnologie alternative

su altre bande di frequenza, come le tecnologie ottiche VLC/Li-Fi (comunicazione a luce visibile). Quando il Wi-Fi non può essere evitato come soluzione di transizione, è necessario applicare il principio ‘ALARA’: ovvero, nessuna trasmissione continua, bensì reti Wi-Fi che possono essere disattivate e dotate di gestione dinamica dell'alimentazione”.

In particolare, la tecnologia Li-Fi (abbreviazione di *Light Fidelity*) citata dallo studio – attivamente sviluppata da diverse organizzazioni in tutto il mondo – risulta essere non pericolosa, in quanto utilizza la luce visibile (oppure ultravioletta o infrarossa) per trasmettere dati ad alta velocità. In termini di utilizzo finale, la tecnologia è simile al Wi-Fi, ma è più veloce e consente di lavorare su una larghezza di banda più elevata, nonché di lavorare in aree suscettibili alle interferenze elettromagnetiche.

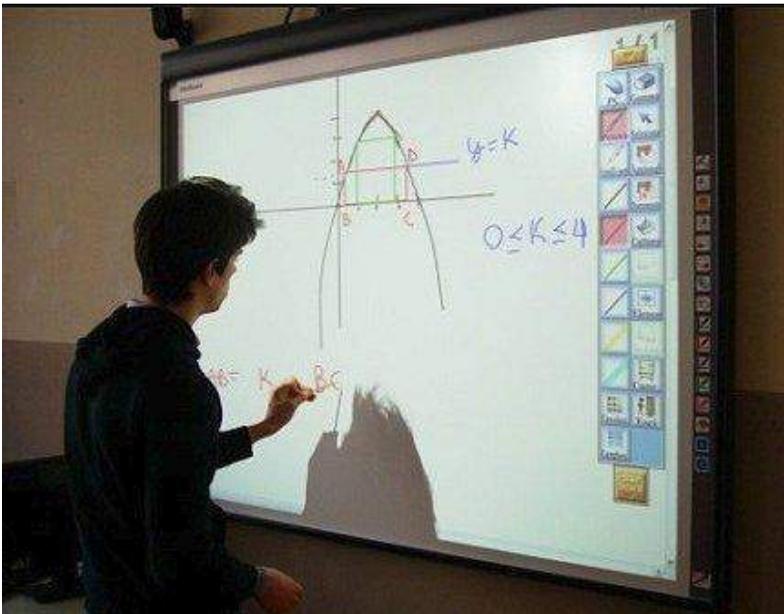


Differenza fra la tecnologia Li-Fi e quella Wi-Fi.

Il Wi-Fi presente nelle scuole, invece, può fornire agli alunni 3 volte più irraggiamento rispetto alle torri dei cellulari vicine alle scuole, cioè delle stazioni radio base. A 0,2 metri da un router sono stati riportati livelli di campo fino a 8,8 V/m, valori simili a quelli di un *access point*, a parità di distanza. Se poi ad esso si sommano le emissioni Wi-Fi di decine e decine di tablet, con ciascuno che emette potenze dell'ordine dei 100 mW, si può immaginare quali livelli si raggiungano. Per questo motivo, all'estero il Wi-Fi è stato ormai bandito o vietato da tempo in molte scuole.

Ad esempio, in Francia dal 9 febbraio 2015 il Wi-Fi è addirittura vietato per legge negli asili nido e nelle scuole materne, ed è obbligatoria la segnalazione visibile dei luoghi pubblici in cui viene irradiato il segnale Wi-Fi; ma anche in Inghilterra, Germania, Argentina, Israele, Corea del Sud si sta facendo un passo indietro nei confronti del Wi-Fi nelle scuole. E, guarda caso, molti di questi sono proprio i Paesi che hanno sperimentato per primi le soluzioni di aiuto tecnologico nell'educazione in ambito scolastico in voga in Italia (come il LIM e il tablet).

Invece, oggi nelle scuole italiane si sostituiscono lavagne e libri cartacei con Lavagne Interattive Multimediali (o LIM, appunto) e tablet, che normalmente funzionano con il Wi-Fi. Non tutti sanno, però, che è possibile collegare in rete locale e ad Internet le LIM e molti tablet Android usando una connessione cablata, in altre parole col cavo fisso che va direttamente alla porta LAN del router. Dunque, per prevenire il problema alla radice, è necessario acquistare dei tablet (e ovviamente delle LIM) che supportino la connessione Ethernet.



Una LIM, o Lavagna Interattiva Multimediale usate nelle scuole.

Anche il cavo Ethernet che collega il modem / router al PC fornendo una connessione Internet cablata può essere una fonte di radiazione a radiofrequenza e quindi va schermato, se non lo è già a sufficienza. La

maggior parte delle persone non pensano a questo cavo e usano quello fornito con il modem / router. Errore! Esistono molte qualità diverse di questo tipo di cavi: ad esempio, cavi di categoria 5, 6, 7, etc. Raccomandiamo di acquistare almeno un cavo schermato Ethernet Cat 6a SFTP. Se hai dubbi sul cavo attualmente presente, cambialo.

Per fortuna molte scuole del nord, centro e sud Italia, dopo le proteste dei genitori, hanno optato per l'installazione di reti cablate e tolto il collegamento wireless spegnendo del tutto il Wi-Fi, mentre alcuni presidi addirittura controllano con un rilevatore portatile di radiofrequenze che gli studenti depositino il loro smartphone spento nelle apposite cassette di custodia. Del resto, un alunno passa fra i banchi di scuola 6 ore al giorno per i 12 anni della scuola primaria, praticamente una vita.

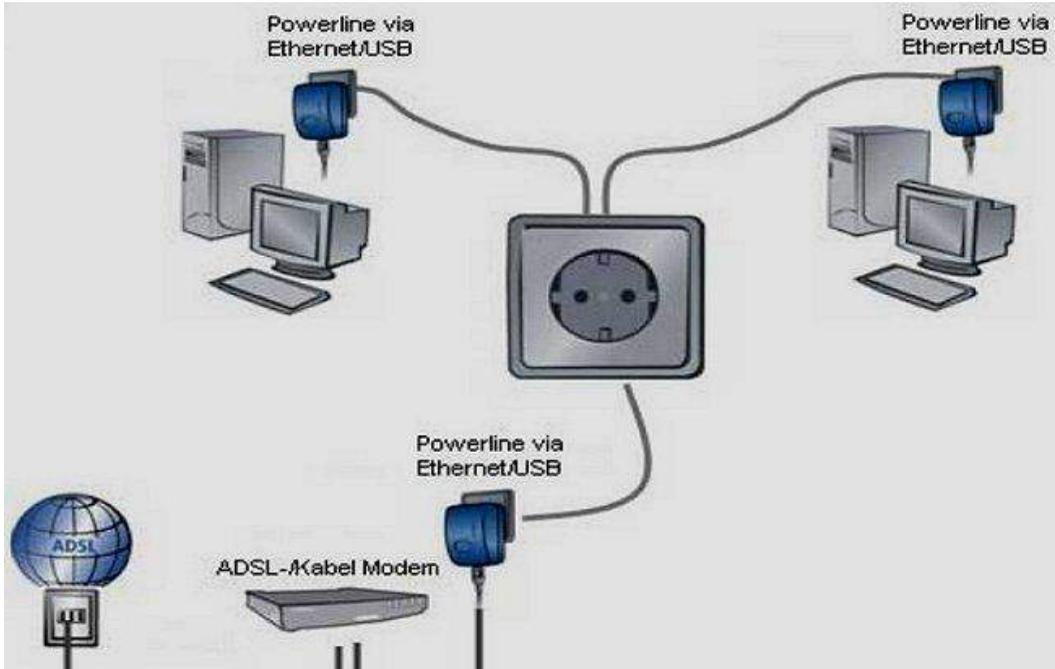
Come racconta Maurizio Martucci nel suo libro sull'elettrosmog, “nel 2015, il medico ospedaliero Mario Canciani ha svolto una campagna di monitoraggio sul Wi-Fi nelle scuole di Udine, sottoponendo 200 ragazzi a questionari ed all'applicazione di un dosimetro. È risultato che la percentuale di bambini con sintomi che sono potenzialmente causati dall'elettromagnetismo è stata del 70% per stanchezza cronica, 46% per cefalea, 50% per difficoltà a concentrarsi. La percentuale di tali sintomi, inoltre, è risultata aumentare al crescere delle fonti elettromagnetiche con una relazione statisticamente significativa”.

Come limitare la potenza di un router Wi-Fi

Anche l'ufficio e la casa sono spesso dotati di antenne Wi-Fi, per il router e per gli elettrodomestici di nuova generazione, spesso definiti “smart”, ovvero intelligenti solo perché si possono collegare a Internet. I router residenziali, addirittura, contengono spesso due trasmettitori Wi-Fi con rispettive antenne (a volte anche 3). Se non abbiamo esigenze particolari, possiamo disattivare la funzione Wi-Fi di un router con il pulsante tipicamente posto dietro l'apparecchio o, se non c'è, dal pannello di controllo accessibile via software.

Infatti, possiamo ugualmente avere il segnale per Internet in qualsiasi punto della casa senza usare il Wi-Fi. Ad esempio, collegando al router un sistema “a onde convogliate” noto come *powerline*, che fa viaggiare ad alta velocità il segnale modulato con i dati Internet sulla rete elettrica di

casa, con l'ausilio di due o più apparecchietti (acquistabili per poche decine di euro e da infilare in altrettante prese elettriche) che effettuano il filtraggio e la sincronizzazione fra di loro in modo del tutto automatico, senza necessità di alcun settaggio da parte dell'utente.



I sistemi powerline usati per cablare il Wi-Fi (cortesia F. Marinelli).

In particolare, nell'ambito delle reti locali per le abitazioni e/o piccoli uffici, è stato creato il consorzio *HomePlug*, che consente la creazione dell'equivalente di una rete Ethernet tramite l'utilizzo del normale impianto elettrico casalingo. Da ottobre 2006 è stato introdotto lo standard HomePlug AV, che supporta una velocità teorica di 200 Mbit/s con un effettivo variabile tra i 70 e 110 Mbit/s, con prestazioni quindi nettamente superiori a quanto fornito dalle soluzioni Wi-Fi 802.11g.

Tuttavia, gli adattatori per trasportare il segnale Internet sulla rete elettrica introducono dei segnali a radiofrequenza (radiazione RF) sul cablaggio della casa. La combinazione della radiazione RF con l'elettricità di una linea elettrica è nota dare origine al fenomeno dell'"elettricità sporca". Vi sono molti problemi di salute associati a tale elettricità. Per questo motivo, non si può definire questa tecnologia un'alternativa molto sicura, ed è preferibile trasmettere il segnale Internet tramite cavo Ethernet.

Esistono poi sul mercato tutta una serie di dispositivi “energetici” che pretendono di armonizzare e/o neutralizzare le radiazioni Wi-Fi. Si tratta di assurdità senza senso. Inoltre, quando scegliamo di avere un dispositivo del genere per porre rimedio a qualcosa che sappiamo che essere sbagliato, ciò che accade è che spesso ritardiamo l'adozione di una mossa proattiva per mitigare la nostra esposizione, così la nostra esposizione continua e alla fine la nostra biologia o salute possono risentirne.

Ma come si fa a limitare la potenza di un router Wi-Fi, se non si vuole rinunciare al Wi-Fi? Beh, ci sono vari modi, ma in tutti i casi abbiamo bisogno: (1) di sapere qual è la potenza nominale emessa dal nostro router; (2) di uno strumento per misurarla, per capire di quanto la abbiamo ridotto dopo il nostro intervento. Piuttosto che usare strumenti acquistati ad hoc, conviene in realtà usare le tacche del segnale Wi-Fi che vediamo sul dispositivo che vogliamo utilizzare con la rete Wi-Fi.

Un buon misuratore RF ci aiuta a misurare il campo di una qualsiasi sorgente Wi-Fi.

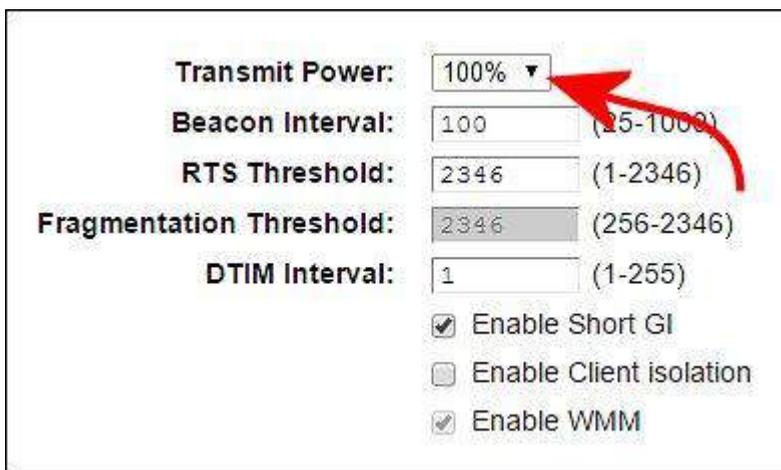


Infatti, qualsiasi dispositivo (smartphone, tablet, computer portatile, etc.) non ha bisogno di un segnale Wi-Fi alla massima potenza per navigare in rete e funzionare bene, ovvero di un segnale pari a 6 tacche su 6. Se scopriamo che il dispositivo che intendiamo usare funziona bene già con un segnale pari a 2 tacche, dovremo cercare di ridurre il segnale che dal router arriva all'apparecchio in questione, cioè affinché sia, nel nostro esempio, pari a 2 tacche o 3, piuttosto che alle 4, 5 o 6 tacche di partenza.

La normativa tecnica ETS 300-328-2 sui sistemi “Radio LAN” impone di non irradiare con una potenza E.I.R.P. superiore ai **100 mW** (equivalente a 20 dBm) per *hotspot*. Per tale motivo su tutto il territorio dell'Unione Europea, ed anche in Italia, in locali aperti al pubblico o in aree confinate a frequentazione pubblica è vietato utilizzare antenne che abbiano un guadagno in trasmissione elevato (diciamo superiore ai 5 dBi), tale da portare la potenza trasmessa E.I.R.P. oltre i suddetti 100 mW.

Per chi non lo sapesse, E.I.R.P. è l'acronimo di *Effective Isotropic Radiated Power* ovvero, “potenza isotropica irradiata equivalente”. Si tratta di una misura di densità di potenza radio irradiata da un'antenna. La densità cui viene fatto riferimento è quella riferita all'irradiazione di un'antenna isotropa ideale. In pratica, l'E.I.R.P. misura l'*effettiva* potenza trasmessa di un sistema radio, ed il suo valore è dato dalla potenza trasmessa sommata al guadagno d'antenna meno le perdite sul cavo.

Di default (vedi ad es. la sezione “WiFi Advanced” del pannello di configurazione del router), il router Wi-Fi trasmette alla massima potenza possibile (cioè al valore 100% nel menu a tendina “Transmit power”). Tale valore, però, si riferisce alla massima potenza trasmessa permessa nella nazione indicata nelle impostazioni regionali del router, chiamate “Region settings”, che consentono di regolare il funzionamento del router Wi-Fi sulla base delle diverse normative vigenti nei vari Paesi.



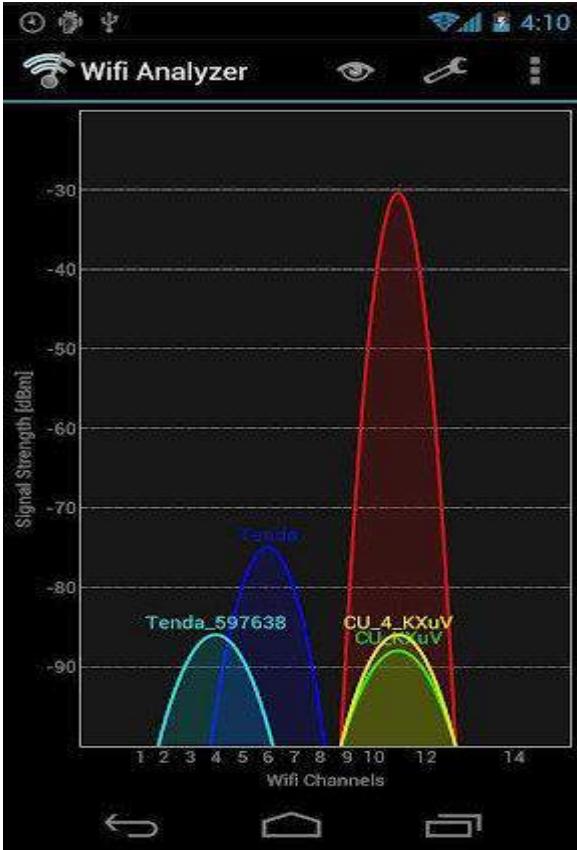
Esempio di menù di un router Wi-Fi per regolarne la potenza. Di default, infatti, il router trasmette sempre alla massima potenza.

Infatti, mentre in Italia ed in Europa – come abbiamo visto – non si possono superare i 20 dBm/100 mW EIRP sulle frequenze dei 2,4 GHz, negli Stati Uniti, invece, è permesso trasmettere con potenze maggiori, fino a 30 dBm/1 W EIRP. Molti router Wi-Fi hanno una potenza in uscita pari a 100 mW, aumentabile fino a 200 mW grazie all'utilizzo di antenne da 3 dB che consentono di raddoppiare il valore della potenza trasmessa. Ma non è del tutto infrequente imbattersi in router da 500 mW oppure da ben 1 W di potenza.

Dunque, la prima cosa da fare è controllare la potenza nominale di uscita del proprio router sia dall'etichetta posta sullo stesso, sia dal relativo manuale di istruzioni, sia dai settaggi accessibili via software. In pratica, bisogna accedere ai “Region settings” e assicurarsi di selezionare la nazione corretta – nel nostro caso, l'Italia – in modo da adeguarsi alla corrispondente legislazione. Inoltre, nei router *dual band* (ovvero che lavorano a 2,4 Hz e 5 GHz), sempre via software è opportuno disattivare la banda a 5 GHz, che non è affatto indispensabile (v. figura qui sotto).



Inoltre, per misurare il campo Wi-Fi di un router, puoi usare o un misuratore RF (come per tutti gli altri campi a radiofrequenza, purché arrivi a misurare la banda a 5 GHz se il router è di quelli più moderni, che operano anche in quella banda) o, più semplicemente, delle app tipo “Wi-Fi Analyzer”, che fra l'altro permettono di misurare l'attenuazione in decibel (dB) del segnale nel caso ad es. di schermatura del router stesso. In tale eventualità, potranno essere utili il seguente grafico e la tabella mostrati nel Capitolo 18, che ci consentono di convertire facilmente da decibel (dB) a percentuale (%) di attenuazione e viceversa.



L'app Wi-Fi Analyzer fornisce la potenza delle varie sorgenti Wi-Fi (router o hotspot) vicine.

Il decibel non è una vera unità di misura, piuttosto un modo per descrivere il rapporto tra una misurazione dell'intensità e l'altra. Si noti che, a causa della relazione logaritmica, un valore di 20 dB rappresenta una riduzione dell'intensità di campo (quella che si misura in V/m o in mV/m) del 90%. La riduzione della densità di potenza (quella che si misura in W/m²), invece, è maggiore: ad esempio, sempre un valore di 20 dB corrisponde a una riduzione della densità di potenza del 99%.

Se invece opti per la misurazione delle emissioni di un router tramite un misuratore RF, ti consigliamo di misurare – come nel caso dei cellulari – il campo elettrico (in V/m), sebbene sia possibile misurare anche la densità di potenza, D , che “in campo lontano” (in pratica, a partire da una decina di centimetri di distanza dalla sorgente) è legata al campo elettrico (E) dalla formula $D = E^2/377 \text{ W/m}^2$. Viceversa, se con il nostro apparecchio misuriamo la densità di potenza in W/m², possiamo convertirla in campo elettrico moltiplicando per 377 il valore letto e poi calcolando la radice quadrata del risultato ottenuto. Ad esempio, se leggo una densità

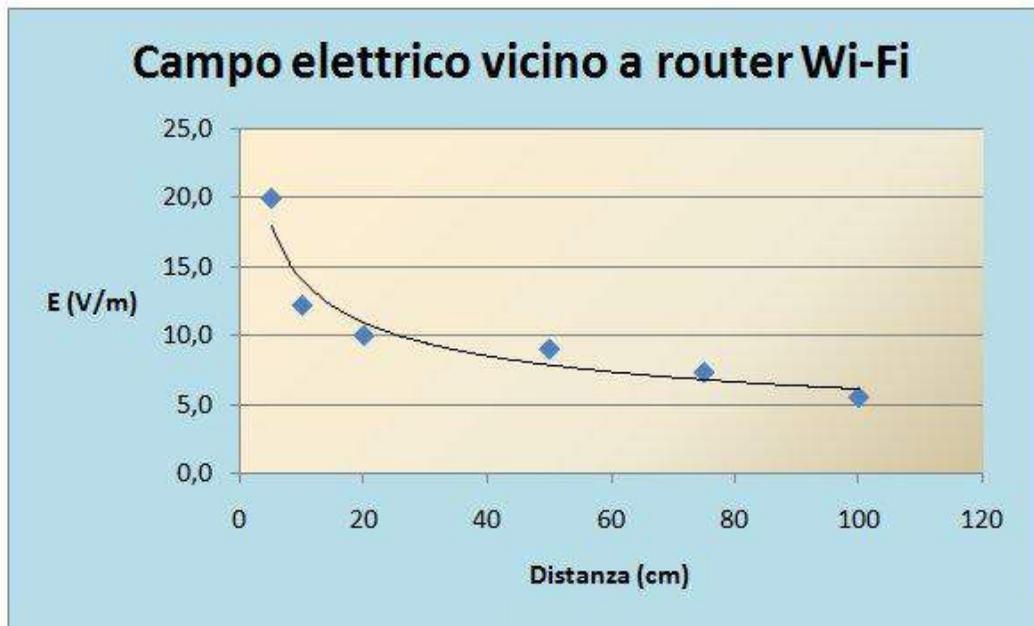
tà di potenza di $0,1 \text{ W/m}^2$, moltiplico per 377 ottenendo 37,7 e poi calcolo la radice quadrata di tale numero, ottenendo $6,1 \text{ V/m}$.

Tanto per dare un'idea dei valori di campo elettrico misurati vicino a un moderno router Wi-Fi domestico (o per uffici di piccole dimensioni) operante sulle bande wireless 2,4 GHz e 5 GHz usando la tecnologia dual-band, li riportiamo in tabella in funzione della distanza tra il misuratore RF ed il router, insieme a un grafico che fornisce un'immediata indicazione visiva dell'andamento del campo. Si noti che il router era posto verticalmente su una parete di una stanza di circa $3,5 \text{ m} \times 3,5 \text{ m}$, in completa assenza di altre sorgenti RF rilevanti nelle vicinanze. Inoltre, i valori erano fluttuanti intorno a un valor medio, ed anche i valori medi determinati hanno un errore stimabile in circa il 5-10%.

Distanza router-misuratore	Campo elettrico (E)	Densità di potenza (D)
(cm)	(V/m)	(mW/mq)
5	20,0	1061
10	12,2	395
20	10,0	265
50	9,0	215
75	7,3	141
100	5,5	80

I valori di campo elettrico e densità di potenza da noi misurati (v. testo).

A questo punto, abbiamo voluto farci un'idea di quanto sia possibile schermare la radiazione del router con un foglio di carta stagnola (alluminio) posto fra il misuratore RF ed il router, tuttavia più in prossimità del misuratore che del router. Abbiamo così verificato che, a una distanza di 100 cm (cioè di 1 metro) dal router, il campo elettrico calava da un valore di circa 5 V/m a circa $1,6 \text{ V/m}$. Successivamente, abbiamo aggiunto un secondo foglio di stagnola, ed il campo misurato è stato di circa $1,5 \text{ V/m}$. In conclusione, possiamo dire che un singolo foglio di stagnola è sufficiente per abbattere notevolmente le radiazioni. Il valore residuo misurato è dovuto al segnale riflesso dalle pareti, per cui la schermatura è più efficace se posta molto più vicina al router.



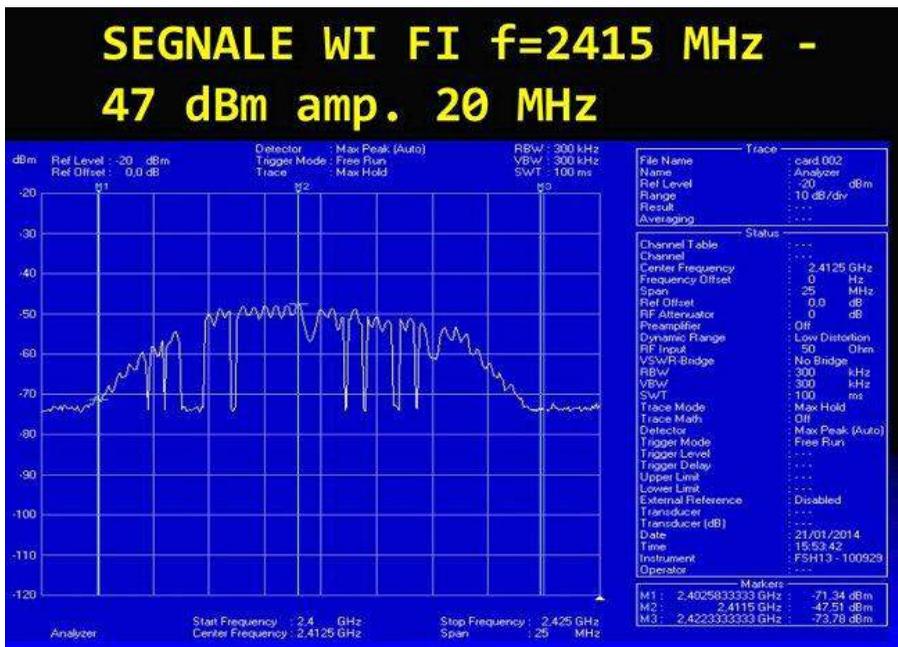
Andamento del campo elettrico a varie distanze da un moderno router Wi-Fi domestico dual-band a 2,4 GHz e 5 GHz: dopo un calo rapido, tende a un plateau.

Un'altra cosa importante cui fare attenzione è la collocazione del router. Molti router hanno un segnale abbastanza forte da mantenere una connessione fino a 100 metri dal router. Assicurati di mettere quanta più distanza possibile tra te e il tuo router wireless, naturalmente senza che ciò comprometta l'efficienza della tua connessione. Questo perché le esposizioni alle radiazioni Wi-Fi diminuiscono in modo significativo con la distanza: infatti, l'energia decresce secondo la legge dell'inverso del quadrato della distanza, anche se ciò è vero solo in campo aperto, già solo a causa dei fenomeni di riflessione delle pareti appena illustrati, che peraltro si applicano pari pari anche ai cellulari, quando li usiamo a casa, in ufficio, in treno o comunque in un ambiente *indoor*, per cui la distanza da sola offre comunque una protezione relativa, abbassando l'intensità del segnale che ci arriva addosso, ma solo fino a un certo punto.

I muri non fermano la radiazione wireless, perciò non collocare mai un router Wi-Fi dietro una parete della camera da letto. Con l'aiuto di una app per smartphone (o almeno di un PC portatile per la misurazione del numero di "tacche" del segnale), puoi facilmente verificare da te che un muro è spesso sufficiente per far calare il livello del segnale di una tacca,

mentre due muri lo sono certamente. Se però il muro viene attraversato obliquamente dal segnale, viene “visto” come più spesso ed è in tal caso è solitamente sufficiente da solo.

Fra l'altro, è interessante notare che il segnale di un router, visto con un analizzatore di spettro, mostra una distribuzione su un ampio intervallo di frequenze, poiché il Wi-Fi è una tecnologia di trasmissione basata sulla modulazione cosiddetta “Frequency Hopping Spread Spectrum” (FHSS), inventata dalla nota attrice Hedy Lamarr per proteggere da eventuali spie l'ubicazione della trasmittente. Infatti, dato che l'energia trasmessa con tale tecnica si sviluppa su una banda larga, la quantità di energia per frequenza specifica risulta essere molto bassa¹.



Il segnale Wi-Fi visto da un analizzatore di spettro. (© F. Marinelli)

Inoltre, è importante spegnere il Wi-Fi di notte, poiché non ce ne facciamo nulla, oltre al fatto che spesso il router non è sufficientemente lontano dal nostro letto. Per di più, gli studi ci dicono che il più grande pericolo con la radiazione Wi-Fi proviene proprio dalle esposizioni notturne, quando le onde elettromagnetiche ostacolano la naturale “disintossicazione” dell'organismo e la rigenerazione cellulare. In particolare la produzione di melatonina può venire significativamente ridotta.

Perciò possiamo spegnere ogni sera il router prima di andare a letto, magari premendo l'interruttore di una presa multipla a ciabatta (cui possono venire collegati anche il PC, il monitor e le periferiche). Alcune ciabatte garantiscono anche che l'attrezzatura sia protetta da sovratensioni (ad esempio fulmini) e che sia collegata a terra. Se siamo smemorati, possiamo far sì che il router sia disattivato ogni sera in modo automatico collegandolo a un temporizzatore meccanico programmabile.

Ma possiamo depotenziare l'emissione del router anche durante il giorno, svitandone le relative antenne (cosa che però pone vari rischi²) e/o schermando poi il suo segnale Wi-Fi al livello strettamente necessario con un opportuno utilizzo, ad esempio, della carta stagnola o di altro materiale metallico, che assorbe – e soprattutto riflette – il segnale in questione; tant'è che delle parabole fai-da-te realizzate con la carta stagnola poste dietro all'antenna del router consentono, al contrario, di direzionare e potenziare il segnale Wi-Fi in una certa direzione.

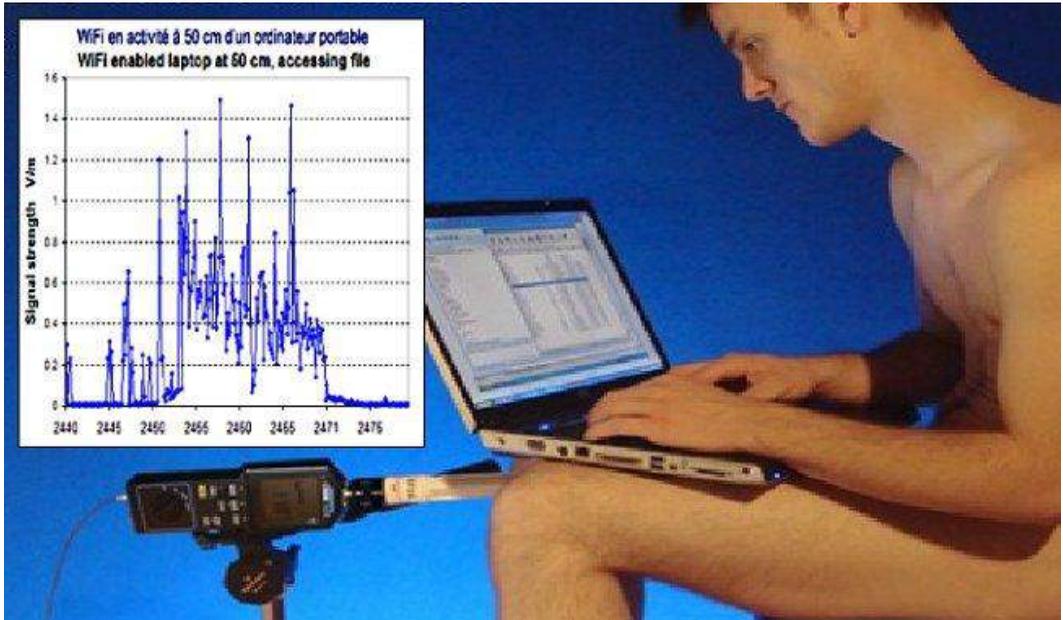
Dunque, l'ideale sarebbe avvolgere il router parzialmente o interamente nella carta stagnola, ma ciò non è possibile perché è molto caldo e deve poter essere raffreddato dalla circolazione dell'aria, altrimenti può danneggiarsi. Pertanto, possiamo porlo in una scatola di scarpe preventivamente ricoperta di carta stagnola sui lati che ci interessa schermare. Ovviamente, dovrai fare dei buchi su almeno un lato e sul coperchio della scatola per assicurarti che l'aria circoli e l'apparecchio non scaldi troppo.

Come eliminare o ridurre le altre sorgenti Wi-Fi

Se hai disabilitato o attenuato il segnale Wi-Fi sul modem / router, dovresti naturalmente fare lo stesso anche sugli altri dispositivi elettronici (PC desktop, PC portatile, iPod, iPad, tablet, etc.), e anche su stampanti, proiettori, TV elettrodomestici e qualsiasi altra cosa che potrebbe avere funzionalità Wi-Fi. Non è sempre così facile. Cerca le opzioni software su questi dispositivi per farlo. La scelta di un'intensità della potenza Wi-Fi inferiore è ora un'opzione su alcuni set-up di dispositivi wireless. Guarda attentamente cosa ti permette di fare il software.

Sul PC portatile, disattiva la scheda di interfaccia di rete wireless incorporata e non usare il Wi-Fi, oppure usa come interfaccia Wi-Fi una chiavetta USB Wi-Fi posta all'estremità di una prolunga USB, che ridurrà si-

gnificativamente l'esposizione della chiavetta, la quale funge da antenna trasmittente. E sostituisci tastiera, mouse, stampante, scanner wireless e qualsiasi altra cosa che sia senza fili con le versioni cablate USB. Oggi esistono soluzioni anche per collegare dispositivi come gli iPad a Internet tramite un adattatore Ethernet USB.



Come scoperto da alcuni ricercatori francesi, il campo elettrico del Wi-Fi emesso da un PC supera, nella zona dei genitali, i 13,7 V/m! (cortesia F. Marinelli)

Infine, c'è il problema dei segnali Wi-Fi provenienti dai router dei vicini, che puoi valutare ad es. con il software *inSSIDer*. Legalmente non c'è nulla che tu possa fare per obbligare i tuoi vicini a spegnere il proprio Wi-Fi, quindi devi avere un approccio *soft*. Vai a trovarli, fai una chiacchierata amichevole e lascia loro una stampa di questo capitolo o di altri documenti simili trovati online. Se non bastasse, la volta successiva porta con te un misuratore di radiofrequenze e mostra loro i livelli di radiazioni cui stanno esponendo te e loro stessi.

GLI STRUMENTI PER MISURARE I CAMPI E.M. A RADIOFREQUENZA

I campi elettromagnetici non si vedono e non si sentono, ma c'è un modo per scoprirli e misurarli. Come avviene per molti fenomeni naturali, anche per i campi elettromagnetici si possono fare delle misure dirette. Per sentire gli odori nell'aria basta un naso, per “sentire” i campi elettromagnetici bisogna utilizzare un “naso” speciale, cioè una *sonda*, collegata ad un apparato di misura che ci permette di “stabilire” il valore del campo elettromagnetico nel punto dove vogliamo misurarlo.

La sonda è, sostanzialmente, un'antenna ricevente e serve a “catturare” il campo elettromagnetico; l'apparato di misura è l'apparecchio che, dopo aver elaborato il segnale ricevuto dalla sonda, fornisce il valore del campo. Ovviamente, dato che le frequenze dei campi elettromagnetici a radiofrequenza (e in particolare nelle microonde) sono elevate, per misurare tali campi dovremo scegliere lo strumento e soprattutto la sonda più adatta, in funzione della frequenza del campo da misurare.

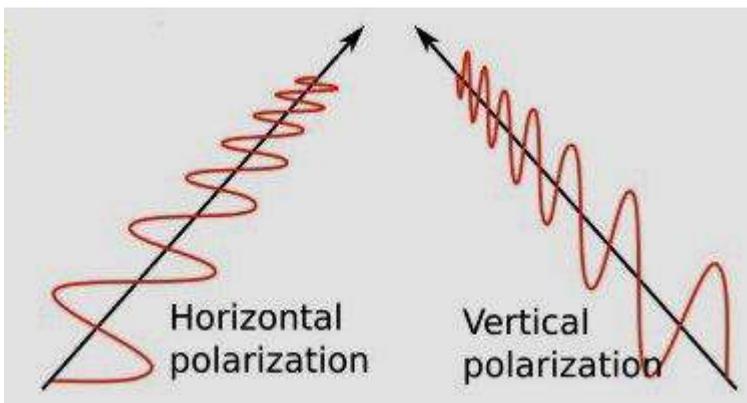


Un misuratore RF di tipo professionale.

In particolare, le frequenze dei campi emessi dalle stazioni radio base per la telefonia mobile (e dunque anche dai telefonini) vanno dagli **800 MHz** ai **2,6 GHz** per le generazioni fino al 4G e 4.5G, ma per il 5G si spingeranno anche nelle bande a **3,7 GHz** ed a **26 GHz**. I Wi-Fi domestici e gli hot-spot pubblici, invece, usano frequenze nelle bande a 2,4 e 5 GHz. Le emittenti radio-televisive lavorano con frequenze che possono andare da 500 kHz a 750 MHz, mentre altri servizi radio arrivano a **900 MHz**. Pertanto, caso 5G a parte, occorre un misuratore in grado di misurare nell'intervallo da 700 MHz a 3,5 GHz.

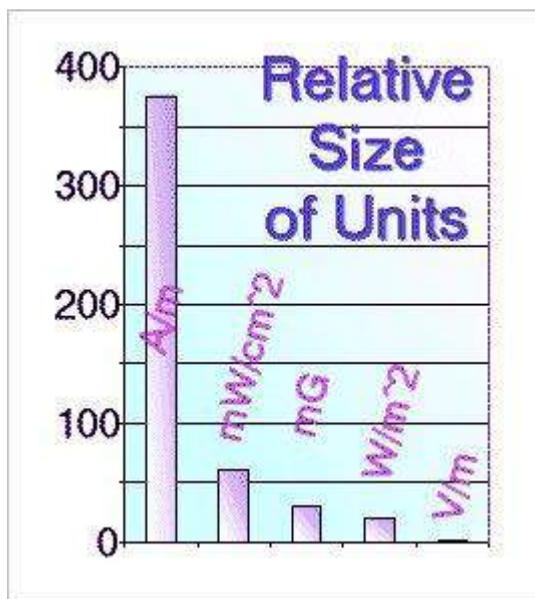
In tutti questi intervalli di frequenza, le lunghezze d'onda dei campi elettromagnetici e le dimensioni dell'antenna sono relativamente corte, le posizioni di misurazione sono solitamente situate nella regione del campo lontano e, in generale, sono necessarie solo misurazioni del campo elettrico (E). Nella regione del campo lontano, infatti, il campo magnetico (H) e il campo elettrico (E) sono correlati da una costante, cioè vi è un rapporto fisso fra essi. In questo caso, il misurare solo la componente $|E|^2$ può approssimare la densità di potenza. A frequenze inferiori a 300 MHz, invece, è necessario misurare anche il campo magnetico (H).

Tutti i segnali a radiofrequenza (RF) hanno un orientamento nello spazio. Possono essere polarizzati verticalmente o orizzontalmente, oppure possono essere polarizzati circolarmente. L'orientamento dell'antenna del misuratore rispetto al segnale influirà notevolmente sulla capacità del misuratore di “vedere” il segnale. Se l'antenna è allineata correttamente, vedrà al meglio il segnale. In caso contrario, la lettura sarà inferiore. Quando sono presenti più segnali (con diversi orientamenti), è difficile definire l'orientamento dell'antenna “corretto”.



Polarizzazione orizzontale o verticale di un segnale RF.

Quando si misurano i livelli generalmente bassi della radiazione RF di fondo, è possibile utilizzare una piccola unità, ad esempio il V/m. Quando si misura la quantità relativamente grande di radiazioni che fuoriesce da un forno a microonde, è possibile utilizzare un'unità più grande, come i mW/cm^2 . L'immagine qui sotto mostra la dimensione relativa di alcune unità rispetto a 1 V/m. Si noti che A/m è un'unità molto più grande, quasi 400 volte la dimensione di un V/m. A/m è quindi più adatta per misurare le radiazioni molto forti.



Confronto fra le varie unità di misura usate per le radiofrequenze.

Ricordiamo che i limiti attualmente in vigore per i campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati da sorgenti *fisse* operanti ad alta frequenza (100 kHz-300 GHz) – comprendenti ad esempio gli impianti per telefonia mobile o per radiodiffusione televisiva o radiofonica – sono fissati dal Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri dell'8 luglio 2003 (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 199 del 28/08/2003). In esso vengono fissati, nell'ordine, limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità. I valori di riferimento (limite di esposizione o valore di attenzione) dipendono dalla destinazione d'uso del luogo, mentre i limiti di esposizione variano anche in funzione della tipologia dell'impianto di emissione (telefonia mobile, radio, TV, ponti radio, etc.).

Si noti che, per le sorgenti a radiofrequenza, nella maggioranza dei casi, campo elettrico e campo magnetico sono proporzionali, per cui per la

misurazione della loro intensità è sufficiente riferirsi al *solo* campo elettrico (i “famosi” 6 V/m per i luoghi in cui si staziona per più di 4 ore). Solo in alcune specifiche situazioni – per esempio in prossimità di impianti radio, o comunque di sorgenti che operano a frequenze inferiori a 300 MHz – è necessario misurare separatamente campo elettrico e campo magnetico (espresso in μT , ovvero microtesla).

	In casa il limite di qualità, è di 6 V/m per l'intensità del campo elettrico e di 100 mW/m² per la densità di potenza.
	Nel giardino della propria abitazione il limite di qualità, è di 6 V/m per l'intensità del campo elettrico e di 100 mW/m² per la densità di potenza.
	A scuola il limite di qualità, è di 6 V/m per l'intensità del campo elettrico e di 100 mW/m² per la densità di potenza.
	All'aperto, ove non sia prevista una permanenza prolungata delle persone, il limite varia tra 20 e 60 V/m

In pratica, a casa, nel giardino della propria abitazione ed a scuola il limite per le radiofrequenze previsto dalla legge italiana è di 6 V/m per l'intensità del campo elettrico e di 100 mW/m² per la densità di potenza. Invece all'aperto, ove non sia prevista una permanenza prolungata delle persone, il limite previsto attualmente dalla normativa italiana varia tra 20 e 60 V/m, a seconda della frequenza della sorgente. Le misurazioni dell'esposizione ai campi a radiofrequenza devono oggi essere fatte sulla base di una *media* nelle 24 ore, non più su 6 minuti.

La potenza irradiata da una sorgente a radiofrequenza viene spesso espressa in decibel al di sopra dei livelli di potenza di riferimento di 1 mW (dBm) o 1 W (dBW). A seconda del tipo di servizio e della fonte, la gamma di potenza tipica irradiata dalle antenne trasmettenti va da meno di 1 W o 0 dBW (ad esempio, è il caso dei trasmettitori portatili) a oltre 100 kW o 50 dBW o superiore (ad esempio radar, trasmettitori VLF, etc). Una stazione radio base della telefonia mobile, invece, può avere una potenza irradiata dell'ordine di 1-100 W; un comune telefono cellulare, infine, dell'ordine di 1-2 W.

Strumenti di misura a banda larga ed a banda stretta

Gli strumenti di misura dei campi elettromagnetici sono, fondamentalmente, di due tipi: **a banda larga**, utilizzati per sapere quanto vale il campo elettromagnetico *totale*; **a banda stretta**, utilizzati per catturare il campo elettromagnetico prodotto da *una sola sorgente*. Pertanto, le misure del campo elettromagnetico possono essere eseguite con differenti modalità, e nella scelta dell'apparato di misura è fondamentale avere le idee chiare su che cosa vogliamo sapere dalla misura di campo.

I misuratori a banda larga misurano la radiazione totale, perché tengono conto di tutto quello che sentono in una larga banda dello spettro elettromagnetico. Dunque, se in una certa zona c'è un'emittente radio che trasmette a 95 MHz e una stazione radio base che trasmette nella banda delle microonde, un misuratore a banda larga darà un valore di campo che “contiene” quello delle due sorgenti. Un misuratore a banda stretta, invece, isola una sola delle sorgenti e misura l'intensità solo di quella.

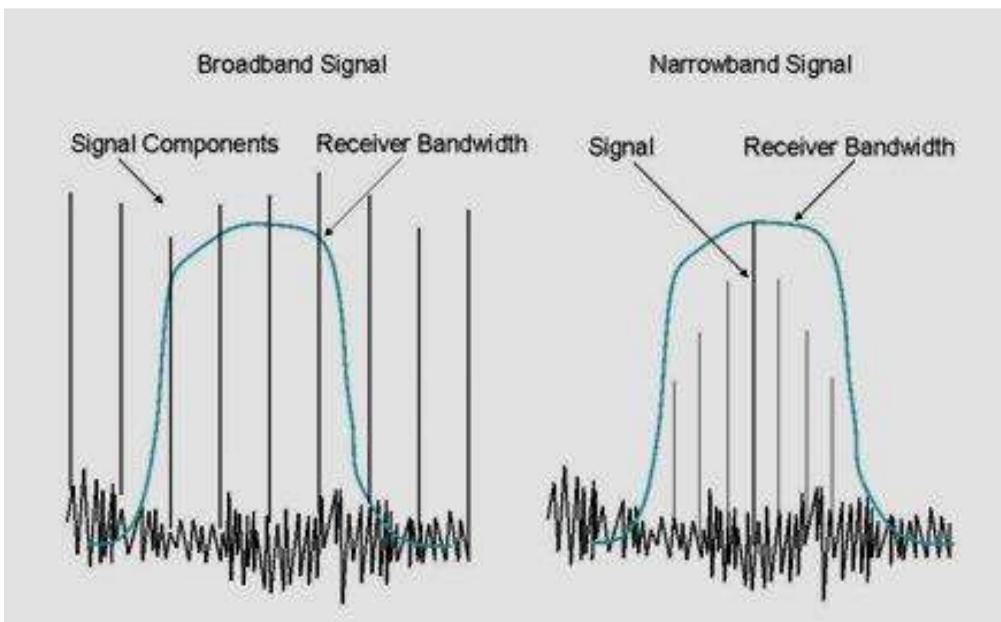


Esempio di misuratori a banda larga e a banda stretta (fonte: ENEA)

Dunque, un misuratore a larga banda permette di verificare che il valore complessivo del campo elettromagnetico in una larga gamma di frequenze non superi determinati valori, poiché se fosse troppo elevato non andrebbe bene per la nostra salute. Un misuratore a banda stretta, invece,

concentrandosi su una singola sorgente isolandola dalle altre, permette di verificare che nessuna singola sorgente sia troppo potente e che dunque rispetti il limite per essa previsto dalla normativa vigente.

La classificazione di un segnale come “a banda stretta” o “a banda larga” (da non confondersi con la banda dello strumento) è invece determinata dallo spettro di frequenza occupato del segnale in esame, relativo alla larghezza di banda della risoluzione (RBW) dello strumento utilizzato per la misurazione. Se lo spettro del segnale è completamente contenuto nella banda passante del filtro IF (*Intermediate Frequency*), viene definito come un segnale a banda stretta; se invece supera la larghezza di banda del filtro, il segnale viene considerato a banda larga.



Esempio di segnale a banda larga (a sinistra) e a banda stretta (a destra).

In pratica, un misuratore a banda larga risponde uniformemente su un ampio intervallo di frequenze e non richiede sintonizzazione. Anche un misuratore a banda stretta può funzionare su un'ampia gamma di frequenze, ma la larghezza di banda della ricezione è ridotta e il dispositivo deve essere sintonizzato sulla frequenza di interesse. I dispositivi a banda stretta ed a banda larga hanno i loro vantaggi e svantaggi a seconda dell'ambiente spettrale e del tipo di misure che si ha in progetto di fare.

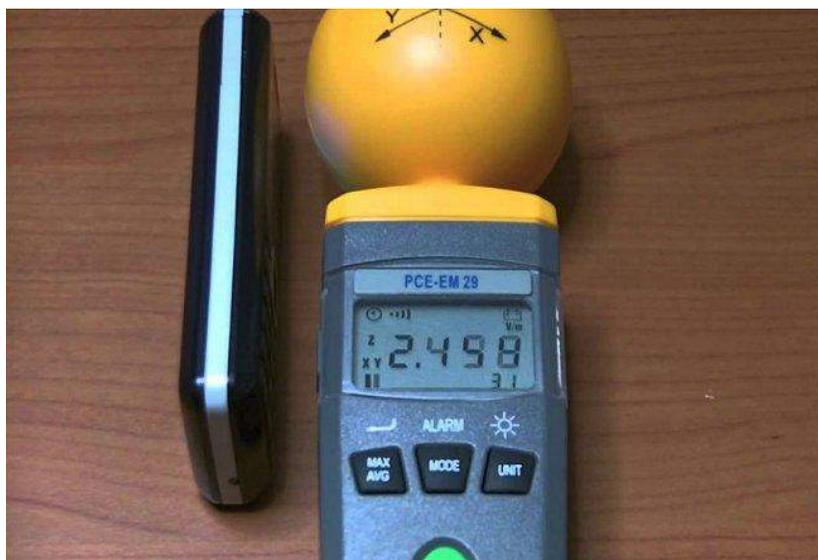
Guida alla scelta dello strumento di misura dei campi RF

I misuratori per i campi elettromagnetici – strumenti usati per indicare l'intensità complessiva di una varietà di campi elettromagnetici – sono oggi disponibili con un'ampia gamma di sensibilità, risposte in frequenza e caratteristiche. Per l'uso a casa o in ufficio o in ambienti aperti, semplici misuratori a banda larga sono spesso sufficienti per un rilevamento iniziale. Per misurare le radiofrequenze più comuni, vi servirà in pratica un misuratore a banda larga per campi RF e microonde.

Il misuratore RF a banda larga deve misurare il gradiente di tensione (in mV/m) o la densità di potenza (in W/m²) dei campi a radiofrequenza. Inoltre, deve essere in grado di misurare la potenza della radiofrequenza pulsata prodotta da telefoni cellulari e stazioni radio base, telefoni DECT cordless e reti wireless, oltre alla potenza continua di sorgenti RF meno complesse, come trasmettitori radio e TV. Esempi economici di questo tipo di misuratori possono venire trovati facilmente su Internet.

Ad esempio, uno dei misuratori RF di elettrosmog più diffusi in Italia – e, soprattutto, con il miglior rapporto qualità/prezzo – è il **PCE-EM 29**, prodotto dall'omonima e affidabilissima casa tedesca, la PCE. Si tratta di un apparecchio a larga banda, del costo di circa 200 euro, in grado di misurare i campi elettromagnetici a radiofrequenza nell'intervallo **50 MHz-3,5 GHz**, grazie al suo sensore di campi elettrici isotropico (che permette misurazioni su tre assi contemporaneamente o uno alla volta).

Il misuratore PCE-EM 29 in azione su un telefono cellulare in condizioni di segnale di “campo” eccellente: 2,1-2,4 V/m.



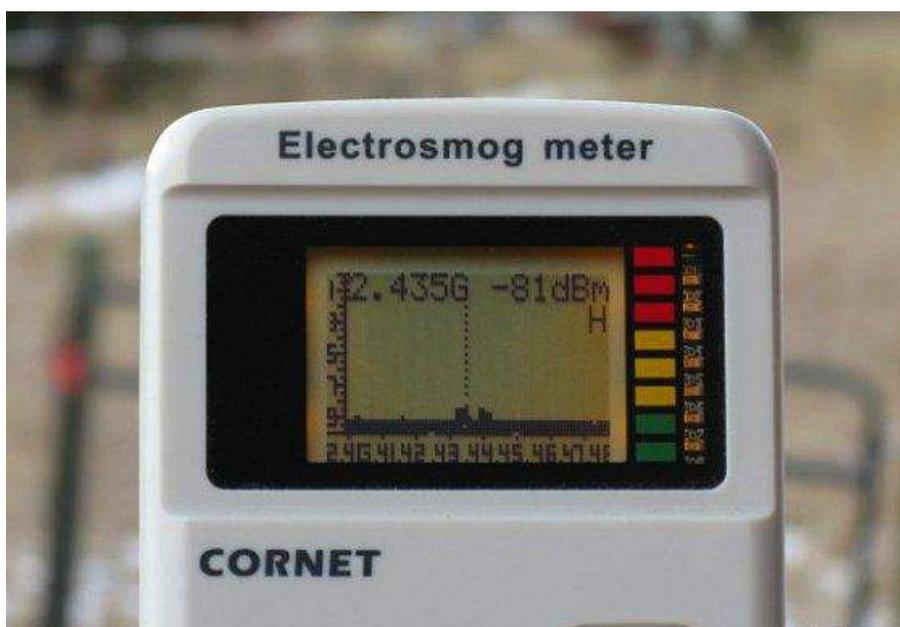
Dunque, il PCE-EM29 è ottimo per avere un unico strumento low-cost con il quale misurare: l'intensità di campo delle onde elettromagnetiche ad alta frequenza (RF); la densità di potenza irradiata dalle antenne delle stazioni radio base della telefonia mobile; le applicazioni di comunicazione wireless (CW, TDMA, GSM, DECT); il segnale del Wi-Fi (router, Wireless LAN e hotspot); le spy camera e le cimici wireless; il livello di sicurezza della radiazione emessa da telefoni cellulari e cordless; eventuali perdite dai forni a microonde; la sicurezza personale dell'ambiente in cui si vive rispetto ai campi elettromagnetici.

In genere, un misuratore per misurare le RF potrebbe avere una gamma di frequenze da 50 MHz a 3 GHz o poco più. I misuratori RF (o a microonde, ovvero quelli che più specificamente misurano le frequenze da circa 500 MHz in su, che sono quelle più di interesse per la telefonia mobile) generalmente misurano il campo di tensione in volt per metro (V/m, o per campi più piccoli, mV/m), anche se spesso usano questa misura per calcolare e visualizzare in alternativa, volendo, la densità di potenza in watt per metro quadrato (W/m^2).



Una misurazione del campo vicino a un'antenna della telefonia mobile.

Per quanto riguarda, in particolare, le misurazioni inerenti i router Wi-Fi, dato che i modelli più recenti di questi apparecchi operano, oltre che nella banda a 2,4 GHz, anche in quella a 5 GHz – che è fuori dalla portata di molti comuni misuratori RF di elettrosmog (come ad es. il PCE-EM 29) – occorre usare un misuratore RF a banda più larga, come ad esempio il **Cornet ED78S**, che opera nell'intervallo di frequenze da 100 MHz a **8 GHz**, oppure il modello un po' più costoso **Cornet ED88T Plus** che, a differenza di quello precedente, è un ottimo misuratore, oltre che di RF, anche (come il TriField) di campi elettrici e magnetici a bassa frequenza, tuttavia nell'intervallo 50 Hz-**10 kHz** (l'ideale per misurare l'“elettricità sporca”) e in più mostra la *frequenza* dell'esposizione (sia pure solo nell'intervallo di frequenza 100 MHz-2,7 GHz).

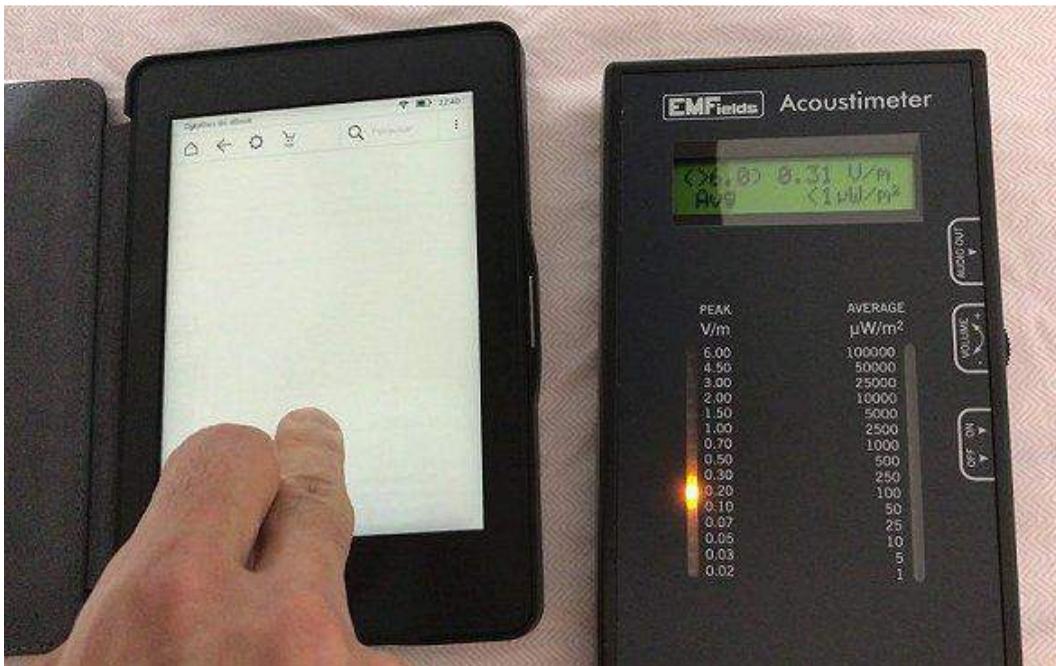


Il Cornet può mostrare anche la frequenza dell'esposizione.

Questa lettura della frequenza mostrata dall'ED88T Plus aiuta a identificare la fonte di elettrosmog a distanza ravvicinata. Esso, infatti, mostra la frequenza di campo RF predominante in MHz. Ad esempio, se la lettura indica una frequenza vicino a 2,4 GHz, ciò indica la presenza di un router Wi-Fi o di un forno a microonde. Se è più vicina a 900 MHz, la sorgente potrebbe essere una torre di telefonia, un cellulare o uno smart meter. E la rapida frequenza di campionamento dell'impulso (10.000/sec.) aiuta a catturare i brevi impulsi del contatore intelligente.

I misuratori RF (e a microonde) di solito sono *isotropici*, cioè hanno un sensore triassiale che dà una lettura del campo efficace senza dover cambiare l'orientamento dello strumento, facilitando di molto la misurazione. Si noti che molti misuratori RF hanno un sensore interno (antenna) che non deve essere coperto dalla mano. Tenete quindi il misuratore dal bordo inferiore, se possibile, oppure poggiatelo su un cavalletto di legno. Inoltre, non usate *mai* misuratori per campi a bassa frequenza (ELF, 50 o 60 Hz) per misurare radiofrequenze o microonde.

Segnaliamo anche, per la sua peculiarità, un terzo modello di misuratore RF, l'*Acoustimeter AM-10*, più costoso, il cui punto di forza è la semplicità, oltre a un'ampia risposta in frequenza paragonabile a quella del Cor-net: da 200 MHz a 8 GHz. Ha un display LCD che mostra simultaneamente il livello di picco del campo elettrico (in V/m) e il livello medio di esposizione in $\mu\text{W}/\text{m}^2$. Mostrare solo il livello di picco del campo elettrico può creare non poca confusione, tuttavia la bellezza di questo misuratore RF è la sua funzione audio: non appena prendi qualsiasi tipo di lettura, la puoi ascoltare dall'altoparlante (o dall'auricolare) come un suono diverso a seconda del tipo di sorgente (GSM, DECT, 3G o 4G, Wi-Fi, etc.), dopodiché sul display puoi vedere il livello di radiazione.



Un Acoustimeter usato per misurare il campo di un lettore Kindle di e-book.

Ma oltre a essere dotato di una scala a led per una immediata visualizzazione del livello misurato (da 20 mV/m a 6 V/m), ha anche un'ottima sensibilità direzionale per un misuratore, che non può essere definito direzionale in senso stretto. Mentre molti misuratori RF ti dicono solo qual è il livello di radiazione RF, con questo strumento puoi in determinate circostanze sapere da dove proviene. Inclinando il misuratore con diverse angolazioni, puoi trovare le sorgenti RF nel tuo ambiente, una torre di telefonia nascosta o un router WiFi distante da cui non avresti mai immaginato di raccogliere un segnale (se si esegue il test in un'area in cui sono presenti radiazioni RF provenienti da fonti diverse, è improbabile però che sia possibile ottenere letture direzionali accurate).

Si noti che, indipendentemente dallo strumento che deciderete di usare, il vostro misuratore potrà fornire risultati diversi da quelli ottenuti con modelli di altre marche. Infatti, quando c'erano solo segnali analogici – e neppure molti – era relativamente facile misurare quei segnali. Ora, nell'era digitale e alle frequenze delle microonde, ci sono molti segnali digitali di vari tipi diversi, ed è molto più difficile individuare un metodo di misurazione definitivo. Misuratori di diversi produttori possono calcolare l'intensità del campo in modo leggermente diverso. Inoltre, i misuratori possono avere gamme di frequenza diverse, diversi tipi di sensori, e dare risultati diversi a frequenze diverse.

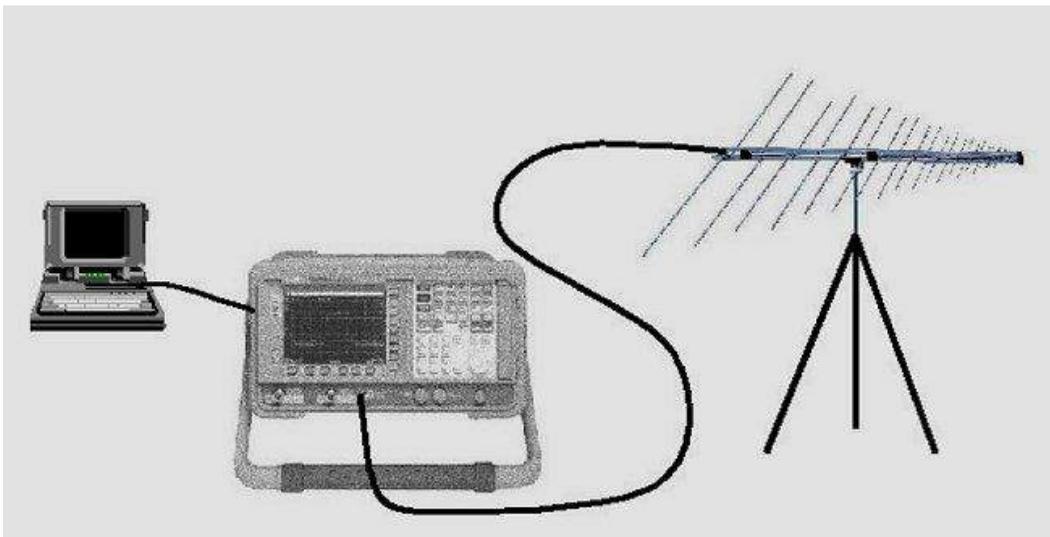
Per indagini più accurate, sono dunque necessari strumenti più sofisticati. Possono occorrere misuratori con un intervallo di frequenza maggiore per misurare i campi elettromagnetici meno comuni, ma non è il nostro caso (se non per le frequenze più elevate del 5G, non ancora coperte dalla maggior parte dei misuratori RF commerciali low-cost). Altri strumenti più sofisticati, come gli analizzatori di spettro e le antenne direzionali attive, sono utili se la fonte di un campo elettromagnetico va localizzata, oppure se occorre una maggiore sensibilità o, infine, se il segnale da misurare è discontinuo (ad es. ha una modulazione a impulso con una bassa frequenza di ripetizione dell'impulso).

Gli analizzatori di spettro e il loro utilizzo

Lo strumento solitamente utilizzato dai professionisti per misurare sia la frequenza sia l'intensità dei campi elettromagnetici è l'*analizzatore di spettro*. Questo strumento misura un ampio intervallo di frequenze un poco

alla volta, memorizzando e/o visualizzando i risultati per ogni singola banda stretta di frequenze. Gli analizzatori di spettro sono costosi, come dimostrerà rapidamente una ricerca su Internet. Si noti, infine, che un misuratore di campi elettromagnetici *a bassa frequenza* (50 o 60 Hz, ovvero nella banda ELF, Extremely Low Frequency) *non* può misurare la frequenza dei campi elettromagnetici a radiofrequenza.

Fondamentalmente, quindi, si possono distinguere due diversi tipi di metodi disponibili per le misurazioni dei campi elettromagnetici ad alta frequenza. Uno è l'uso di sensori di campo isotropici portatili, che consentono una misurazione semplice e non selettiva dell'intensità del campo elettrico. L'altro, più complicato, è la misurazione selettiva in frequenza grazie alla combinazione di un'antenna direttiva con un analizzatore di spettro o ricevitore di test. Il principale svantaggio dei misuratori a banda larga di facile utilizzo è la non selettività di questo metodo, che non permette di valutare la singola sorgente.

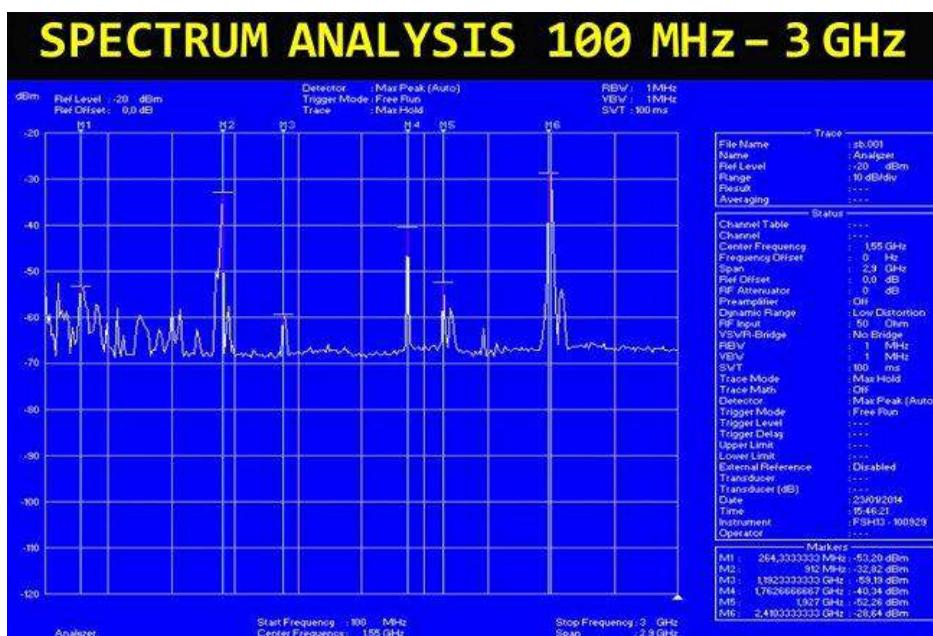


Analizzatore di spettro con antenna selettiva e interfacciato a un PC.

Gli analizzatori di spettro sono essenzialmente dei ricevitori sintonizzabili a banda larga la cui larghezza di banda di ricezione può essere impostata su un'ampia gamma di frequenze. Sono usati per misurare la potenza al terminale dell'antenna – collegata allo strumento con un cavo coassiale – alla frequenza selezionata. Possono venire usati con vari tipi di antenne: a dipolo con un guadagno di circa 2, 15 dBi; antenne con bassa

direttività (come ad es. le antenne biconiche); antenne ad alta direttività.

Ad esempio, se utilizzato in combinazione con un'antenna selettiva a banda stretta, l'analizzatore di spettro diventa concettualmente simile a un cosiddetto "misuratore di intensità di campo". Tuttavia, anche gli analizzatori di spettro possono essere collegati ad antenne relativamente corte e non direttive per produrre una risposta ampia su un determinato intervallo di frequenza. In questo caso, l'analizzatore mostrerà lo spettro dei segnali ambientali e quindi permetterà di accertare le frequenze coinvolte e il loro contributo relativo alla densità di potenza complessiva misurata con lo strumento a banda larga.

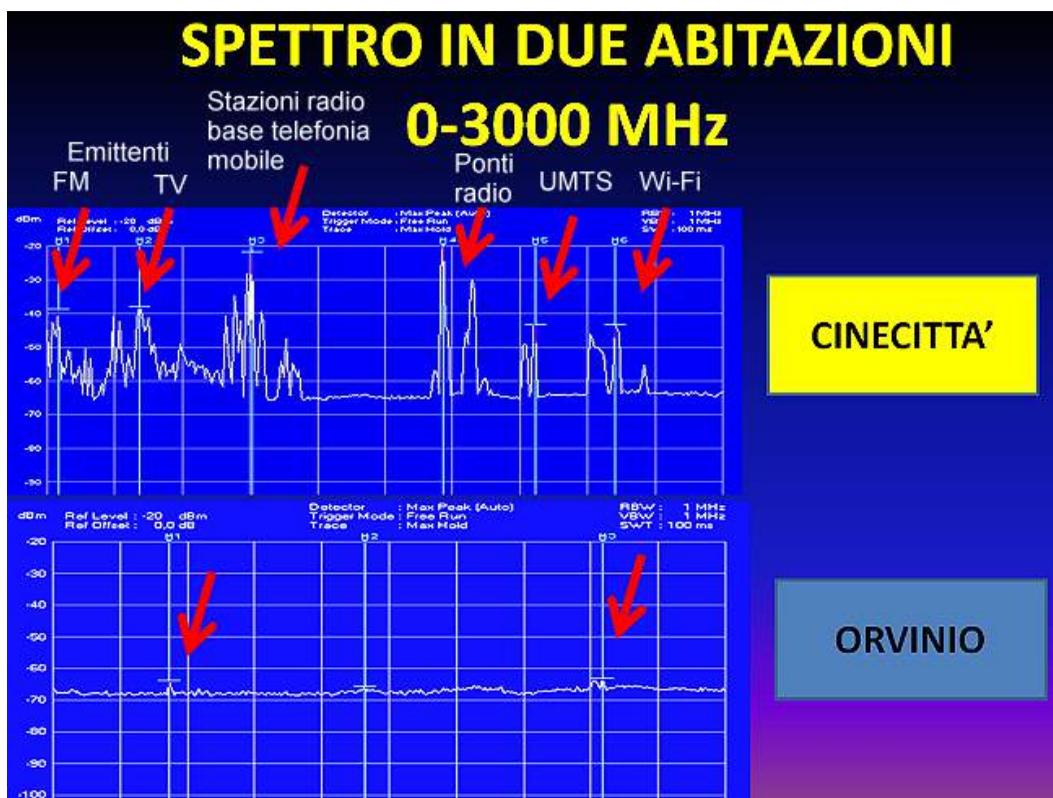


Esempio di analisi spettrale ottenibile con un analizzatore di spettro, che permette di identificare le singole sorgenti. (© F. Marinelli)

Se la direzione della radiazione incidente è nota, la misurazione può essere effettuata orientando l'antenna direttiva verso la sorgente e acquisendo lo spettro. Questa operazione deve ripetersi per due posizioni ortogonali nell'orientazione dell'antenna, corrispondenti a due diverse polarizzazioni. Il campo globale risultante sarà ottenuto da una somma dei due spettri acquisiti. Se ci sono molte direzioni da cui proviene radiazione incidente a causa della presenza di molte fonti collocate in posizioni diverse, è necessario effettuare più misure orientando l'antenna direttiva verso le

diverse fonti, magari dopo una *survey* con un'antenna non direttiva.

Nella figura seguente, ad esempio, i picchi che si vedono andando da sinistra verso destra – cioè da frequenza più basse a frequenze più alte – rappresentano, rispettivamente, la modulazione di frequenza radio delle emittenti radiofoniche, le emittenti televisive, le stazioni radio base della telefonia mobile delle varie compagnie, ponti radio di passaggio di tutte le compagnie, l'UMTS (usato dagli smartphone) e il Wi-Fi. Questi mostrati nella parte superiore sono i valori misurati in un'abitazione di Ciampino, i cui abitanti sono esposti per 24 ore al giorno a tale campo, per cui se poi hanno delle reazioni sul proprio fisico è comprensibile. La parte inferiore mostra invece i valori più “normali” e vicini al fondo naturale misurati in un'altra abitazione, ma sita ad Orvinio (comune di 387 abitanti in provincia di Rieti), una zona di campagna che come si vede risulta essere pressoché libera da elettrosmog.



In alto, analisi spettrale compiuta in una casa con forte elettrosmog, in basso in un'altra casa che non è interessata affatto da questo problema. (© F. Marinelli)

CAPITOLO 16

COME MISURARE I CAMPI DELLE STAZIONI RADIO BASE TELEFONICHE

In questo capitolo vedremo come misurare l'intensità del campo elettromagnetico di una o più stazioni radio base della telefonia mobile. Per i siti con una singola stazione radio base, le misurazioni possono essere effettuate usando un misuratore opportunamente calibrato o a banda larga o a banda stretta. Per i siti multi-stazione (o con la presenza di altre sorgenti a radiofrequenza, è appropriato l'uso di un dispositivo di misurazione a banda larga della *densità di potenza totale*.

Diamo per scontato che abbiate già letto l'introduttivo Capitolo 15 “Gli strumenti per misurare i campi elettromagnetici a radiofrequenza”, altrimenti rimandiamo alla lettura preventiva di tale parte, in cui si illustrano le frequenze di interesse, la differenza fra strumenti di misura a banda larga ed a banda stretta, i due metodi di misurazione dei campi a radiofrequenza (RF), come scegliere un misuratore RF *low-cost*, nonché un esempio di tale misuratore con un ottimo rapporto qualità/prezzo (il PCE-EM 29).

Il misuratore RF a larga banda PCE-EM 29.



Il misuratore in questione è *a larga banda* ed ha una sonda di campo elettrico *isotropica*, cioè in grado di misurare su ciascuno dei tre assi insieme o separatamente, per facilitare l'individuazione delle sorgenti. Lo strumento misura il campo elettrico in volt per metro (V/m, o per campi più piccoli, mV/m), dopodiché usa tale misura per calcolare e visualizzare la densità di potenza in watt per metro quadrato (W/m^2), utile per valutare la densità di potenza totale per i siti con più sorgenti a radiofrequenza.

Ricordiamo che, per le sorgenti a radiofrequenza nella regione delle microonde – nella quale stazioni radio base e cellulari ricadono – campo elettrico e campo magnetico sono proporzionali, per cui per la misurazione della loro intensità è sufficiente riferirsi al *solo* campo elettrico. Al contrario, per le sorgenti a bassa frequenza (elettrodotti, linee elettriche domestiche, etc.), i campi elettrico e magnetico sono disaccoppiati, per cui vanno misurati separatamente con altro strumento.

A casa, nel giardino della propria abitazione ed a scuola il limite per le radiofrequenze previsto dalla legge italiana è di 6 V/m per l'intensità del *campo elettrico* (nei luoghi in cui si staziona almeno 4 ore/giorno) e di 100 mW/m^2 per la *densità di potenza*. Invece all'aperto, ove non sia prevista una permanenza prolungata delle persone, il limite previsto oggi dalla normativa varia tra 20 e 60 V/m, a seconda della frequenza della sorgente. Le misurazioni dell'esposizione ai campi a radiofrequenza vengono fatte sulla base di una *media* nelle 24 ore, non più su 6 minuti.



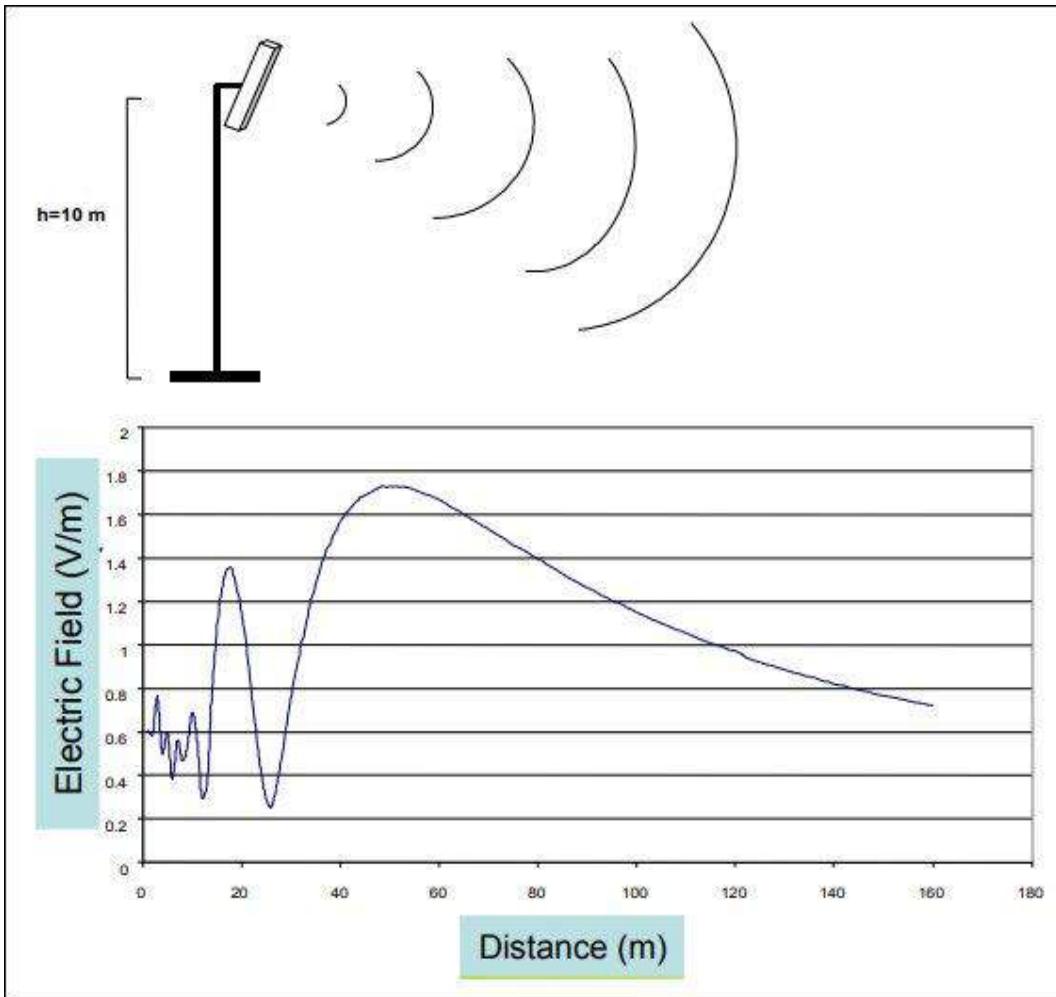
La potenza irradiata da una sorgente a radiofrequenza viene spesso espressa in decibel al di sopra dei livelli di potenza di riferimento di 1 mW (dBm) o 1 W (dBW). A seconda del tipo di servizio e della fonte, la gamma di potenza tipica irradiata dalle antenne trasmettenti va da meno di 1 W o 0 dBW (ad esempio, è il caso dei trasmettitori portatili, come ad es. gli LPD) a oltre 100 kW o 50 dBW o superiore (ad esempio, nel caso di radar, trasmettitori VLF della televisione, etc).

Un comune telefono cellulare, invece, ha una potenza irradiata dell'ordine di 1-2 W e una stazione radio base dell'ordine di 1-100 W, e la potenza complessiva emessa da tutti i gestori in una data zona è di solito crescente passando dalla rete GSM (900 MHz) a quella DCS (1800 MHz) ed a quella UMTS (2100 MHz). La quarta rete, denominata ETACS, sistema analogico gestito solamente da TIM, è stata definitivamente smantellata oltre 10 anni fa, ed è probabile che entro una decina d'anni l'unica rete funzionante sarà la UMTS (e le altre più recenti), con una progressiva eliminazione delle altre due reti GSM e DCS.

Introduzione ai campi delle stazioni radio base

Le stazioni radio base della telefonia mobile sono sorgenti elettromagnetiche a radiofrequenza operanti nella regione delle microonde che irradiano energia nello spazio attraverso antenne installate su torri, pali o edifici. Lo spazio attorno a un'antenna radiante può essere diviso essenzialmente in due regioni, il *campo vicino* e il *campo lontano*. Nel campo vicino, l'intensità del campo *non* decresce in modo costante con la distanza dall'antenna ma oscilla. La regione del campo lontano inizia ad una distanza " R " = $2 a^2 / \lambda$ dall'antenna, dove " λ " è la lunghezza d'onda e " a " è la dimensione maggiore dell'antenna.

Per distanze superiori ai 20 metri, alle frequenze di esercizio degli impianti di telefonia cellulare – che emettono attualmente nella banda di frequenze 700-2600 MHz – la condizione di *campo lontano* (e quindi di fronte piano dell'onda) è ampiamente soddisfatta. Inoltre, vale la relazione (nel vuoto o con ottima approssimazione in atmosfera): $E = 377 \times H$, dove E ed H sono, rispettivamente, i moduli del campo elettrico e del campo magnetico, per cui in pratica è sufficiente misurare il solo campo elettrico, mentre la densità di potenza radiante che investe l'unità di superficie è $S = E^2 / 377 \text{ W/m}^2$ (ad es., se $E = 6 \text{ V/m}$, $S = 0,1 \text{ W/m}^2$).



L'andamento del campo elettrico a varie distanze da una stazione radio base. Si noti la differenza fra andamento del campo vicino e lontano (fonte: ARPA Piemonte)

La potenza di alimentazione ai connettori di antenna di una *stazione radio base* della telefonia mobile è tipicamente dell'ordine di 1-100 W, e vengono usate antenne molto direttive ed orientate con l'asse principale inclinato verso il basso. Le antenne dedicate alla *radiodiffusione* hanno invece di solito minore direzionalità, oppure sono del tutto omnidirezionali e, in generale non sono orientate verso il basso, e la potenza di alimentazione ai connettori di antenna è spesso dell'ordine di 1-2 kW o più.

Come si fa a decidere quali sono i punti più delicati, cioè quelli dove è importante andare a misurare il campo elettromagnetico? Prima di misurare i campi, sarà importante avere una mappa della zona che ci interessa,

dove sono indicati i punti in cui il campo in questione potrebbe essere più alto. Le ARPA hanno un Database degli impianti di telecomunicazione (v. Capitolo 21) e gli Enti autorizzati (Regione, Province, Comuni) possono consultarne i dati. Pertanto, tutti i Comuni hanno accesso – e possono fornire – questo tipo di dati.

Nelle misurazioni dei campi elettromagnetici a radiofrequenza, i “punti caldi” (hotspot) – cioè con valori assai più alti rispetto alle zone circostanti – sono piuttosto comuni e sono in genere causati dal fatto che tali campi vengono riflessi, rifratti o ri-irradiati da oggetti metallici o da materiali da costruzione. Inoltre, i campi combinati da più fonti possono “sommarsi” in alcune aree e “cancellarsi” in altre. Pertanto, sia nelle misurazioni *indoor* che in quelle *outdoor*, occorre misurare il campo elettrico in vari punti e non troppo distanti fra loro.

In pratica, nel mondo reale il risultato della misurazione dell'intensità del campo elettrico intorno a una stazione radio base, a parità di distanza fra l'antenna della stazione in questione e l'apparecchio di misura, può oscillare di due ordini di grandezza (ovvero 20 dB) o più, a seconda della posizione in cui avviene la misurazione, a causa ad esempio delle attenuazioni prodotte dagli ostacoli eventualmente presenti. Ma ciò è dovuto, principalmente, all'interazione di tre proprietà fisiche fondamentali delle onde elettromagnetiche o, se preferite, delle onde in generale: riflessione, assorbimento e interferenze.

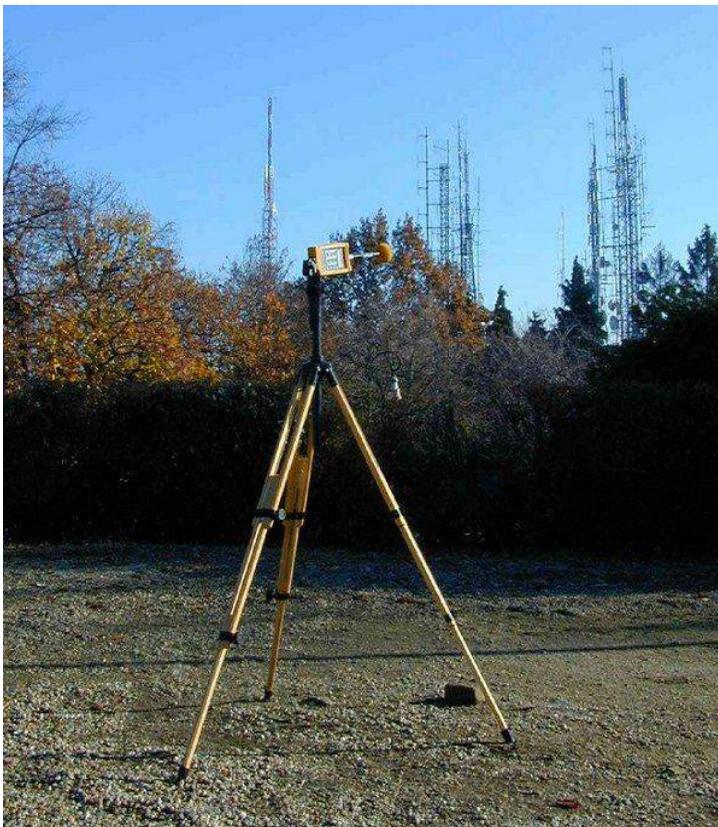
Inoltre, è noto che l'intensità delle onde radio dalle stazioni radio base della telefonia mobile varia a seconda delle condizioni di comunicazione, e c'è la possibilità che la massima intensità del campo elettromagnetico non possa essere misurata con misurazioni fatte su un breve lasso di tempo. Pertanto, lo standard internazionale utilizza un metodo per stimare la massima forza del campo elettromagnetico: misurando la forza di un segnale di controllo trasmesso con forza costante indipendentemente dalle condizioni di comunicazione. Tuttavia, le informazioni necessarie per misurare il segnale di controllo e stimare la massima intensità del campo elettromagnetico sono note solo al gestore dell'impianto.

In pratica, una valutazione della conformità rispetto ai limiti di legge si può ugualmente tentare mediante una misurazione relativamente semplice con una piccola sonda per la misurazione isotropica triassiale dei

campi elettrici (in pratica, un normale misuratore RF) e una combinazione di un'antenna direttiva e un analizzatore di spettro. Utilizzando questi dispositivi di misurazione, si può valutare la fluttuazione temporale e spaziale durante la misurazione dell'intensità del campo elettrico attorno alla stazione radio base, e di conseguenza le relative medie temporali e spaziali sull'arco, ad esempio, delle canoniche 24 ore.

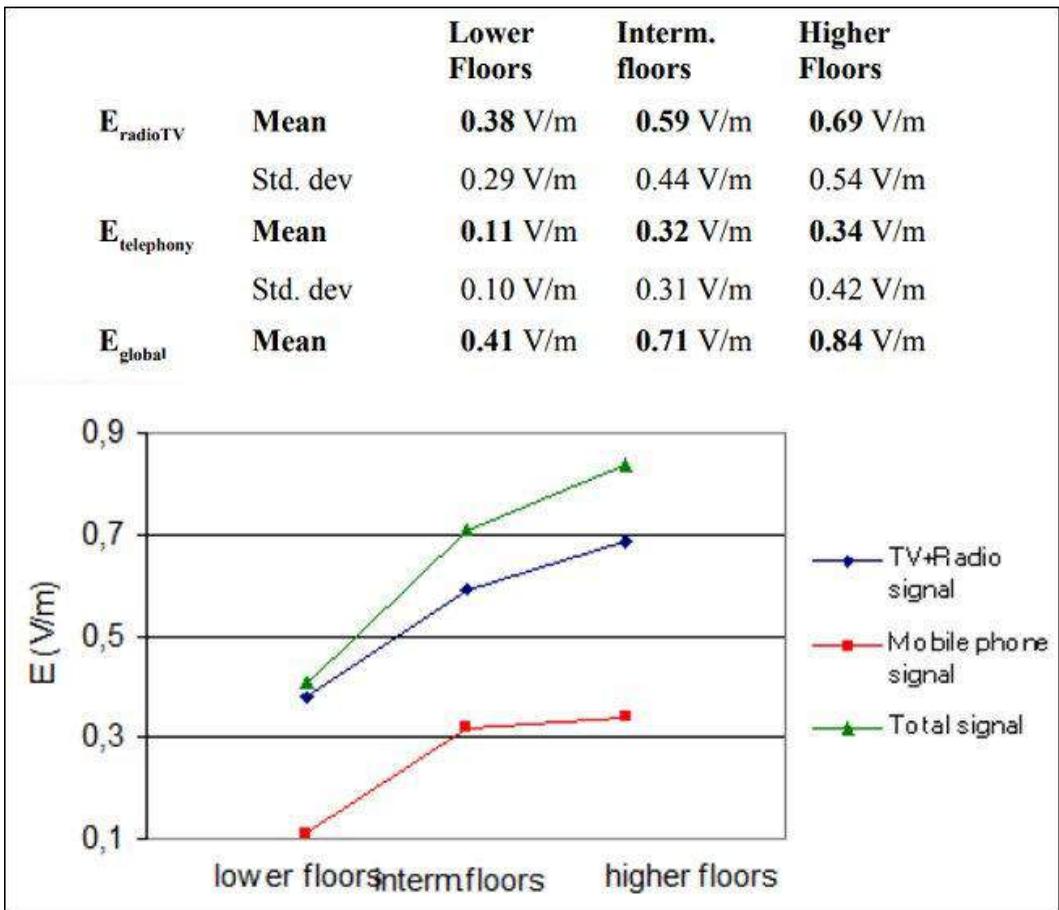
Come effettuare la misurazione del campo lontano

Tuttavia, usando solo il nostro misuratore a larga banda PCE-EM 29, dotato di sonda isotropica triassiale, ci accontenteremo della misurazione del campo totale prodotto dalle varie stazioni radio base (e/o da eventuali altre sorgenti RF) vicine al punto di misurazione (misurando quindi il relativo “campo vicino”) o più lontane (misurando il loro “campo lontano”). Le misurazioni vanno fatte con lo strumento a circa un metro e mezzo da terra e lontano da cellulari (che vanno tenuti spenti o in “modalità aereo”) e da oggetti metallici (minimo 30 cm per le microonde) o potenzialmente riflettenti (come muri, pareti, etc.).



La misurazione con l'aiuto di un cavalletto dei campi RF con un misuratore RF a larga banda. (fonte: ARPA Piemonte)

Si noti che il campo elettrico aumenta con l'altezza dal suolo, ed è più elevato ai piani alti degli edifici (fra i piani bassi e quelli alti ci può essere quasi un fattore 2 di differenza nell'intensità del campo rilevato). Pertanto ciò può essere sfruttato ai fini del monitoraggio dell'inquinamento urbano alle radiofrequenze, effettuando misurazioni spot o continue, oltre che a livello strada ed ai piani bassi, anche nelle mansarde e negli attici, negli appartamenti in cui è disponibile un balcone o una terrazza, e nei siti elevati in cui vi è una vista diretta delle stazioni radio base (dove nessun effetto schermante).



L'andamento con l'altezza in piani del campo RF di radio-TV e delle torri della telefonia mobile a Torino. (Anglesio et al., 2001)

Se le emissioni di una sorgente radio sono molto variabili nel tempo, è preferibile effettuare le misurazioni in condizioni di massima emissione. Ad esempio, nel caso delle stazioni radio base per la telefonia mobile,

può essere utile avere informazioni sull'intensità del campo elettrico durante il periodo del giorno di traffico massimo e, di conseguenza, occorrerebbe effettuare misurazioni in quel periodo che corrisponde alla massima emissione, oltre – naturalmente – a scegliere giorni feriali.

La durata della misurazione deve essere adeguata a caratterizzare la variazione temporale del segnale rilevato. In alcuni casi, lo standard di protezione definisce una durata della misurazione uguale a 6 minuti, anche se in Italia la nuova normativa prevede una durata di 24 ore. Se il livello del segnale è costante nel tempo – ad esempio per le emittenti che trasmettono in FM – il periodo di tempo delle misurazioni può essere fortemente ridotto (ad esempio meno di 1 minuto, tenendo conto del tempo necessario per la stabilizzazione dello strumento).



L'emissione di una stazione radio base della telefonia mobile (1,49 V/m).

Le misurazioni si effettuano leggendo sul display dello strumento il *valore corrente* e, possibilmente, anche il *valore di picco* (o massimo) ed il *valor medio* (*average*) su un certo periodo (che in alcuni misuratori possiamo scegliere, entro certi limiti). Normalmente, le misurazioni vengono fatte tenendo la sonda lontana dal corpo, senza altri oggetti presenti a pochi metri dal corpo della persona che effettua la misurazione. Il corpo di quest'ultima non dovrebbe giacere nel percorso del segnale misurato, né naturalmente davanti, né dietro, la sonda. Per misurazioni accurate, sarà utile fissare il misuratore a un cavalletto non conduttore.

Pertanto, il braccio della persona che effettua la misurazione deve essere disteso lateralmente per tenere l'apparecchio misuratore o la sua sonda, che dovrebbe preferibilmente, a sua volta, essere puntata verso la sorgente del segnale. In quei casi in cui viene utilizzato un treppiede, quest'ultimo dovrebbe essere non metallico per evitare qualsiasi effetto di disturbo: è ottimo un cavalletto in legno (di forma simile a quello usato per le foto). Altrimenti la risonanza di un tale dispositivo può cadere vicino alle frequenze coinvolte e il disturbo parassita può sostanzialmente distruggere il campo elettrico locale.

In pratica, una volta acceso lo strumento e selezionate le relative funzioni (unità di misura, asse o assi di misura, etc.), occorre dirigere il suo sensore – che nel caso del PCE-EM 29 è la testa gialla tonda – verso il settore da misurare. Regolando in sequenza i diversi assi con l'apposito pulsante, si può localizzare la direzione della fonte di radiazione. Si consiglia di misurare, però, prima su tutti e tre assi insieme per determinare se esiste qualche fonte di radiazione. Durante la misurazione, occorre tenere lo strumento ben fermo, evitando movimenti rapidi, dato che questi distorcono il valore della misurazione.

Quando si utilizza uno strumento di misura a banda larga, un livello medio di esposizione può essere determinato lentamente muovendo la sonda prima in direzione orizzontale e poi verticale. Una media può essere stimata osservando la lettura dello strumento durante questo processo di scansione. È anche auspicabile una lettura del campo massimo, e, se lo strumento ha una funzione di “peak hold”, ciò può essere ottenuto osservando la lettura del picco secondo le istruzioni dello strumento. Altrimenti, la lettura massima può essere determinata semplicemente registrando il picco durante il processo di scansione.

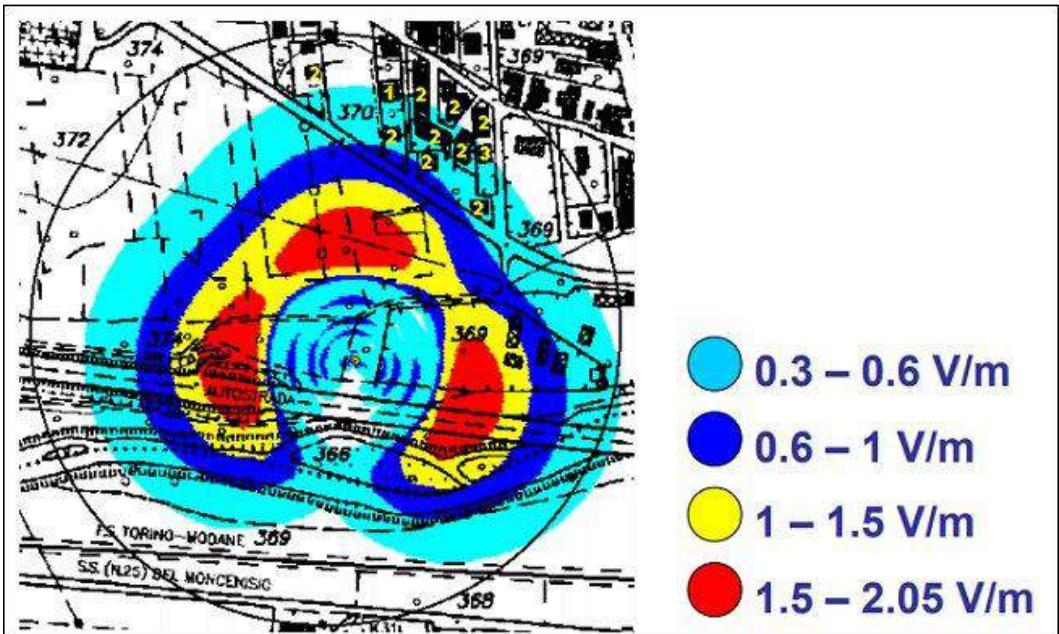
Se nella zona che ci interessa sappiamo già per certo che vi è una sola sorgente, potremo effettuare un numero relativamente ridotto di misure. Altrimenti, quando si misurano i campi da più fonti relativamente distanti di posizione sconosciuta è necessario scansionare un volume di spazio nella zona di interesse. In pratica, l'area dovrebbe essere divisa in una griglia di un certo numero di metri quadrati e le misure dovrebbero essere prese ad ogni intersezione della griglia. I valori ottenuti possono poi essere riportati su un foglio Excel o su una mappa per farsi un'idea immediata dell'andamento del campo.



Misurazione del campo di una seconda stazione radio base sul tetto (1,5 V/m).

Tieni presente che i valori di campo misurati variano in funzione del traffico telefonico e dati, e quindi del tempo, su varie scale temporali. Inoltre, la temperatura e l'umidità possono influire sulla precisione della sonda di misura. Assicurati che questi siano all'interno dell'intervallo di funzionamento della sonda. In condizioni di temperatura e umidità molto bassa o molto alta dovrebbero venire applicati ai dati di misurazione dei fattori di correzione. Infine, strumenti di misurazione non calibrati o mal calibrati possono introdurre errori.

Tanto per dare un'idea dei valori che potresti trovare: in città medio-piccole (sui 50.000 abitanti), un valore tipico che abbiamo rilevato nel 2018, con un misuratore PCE-EM 29, all'interno di case piuttosto lontane dalle stazioni radio base, è dell'ordine di 10 mV/m (o 0,01 V/m), mentre quando si entra in "contatto visivo" con una stazione radio base (a circa 250 metri da essa) si può salire a circa 500 mV/m (ovvero 0,5 V/m), un valore 50 volte maggiore, ed a 1-2 V/m o superiore per distanze minori (dell'ordine di 100 m o inferiori).

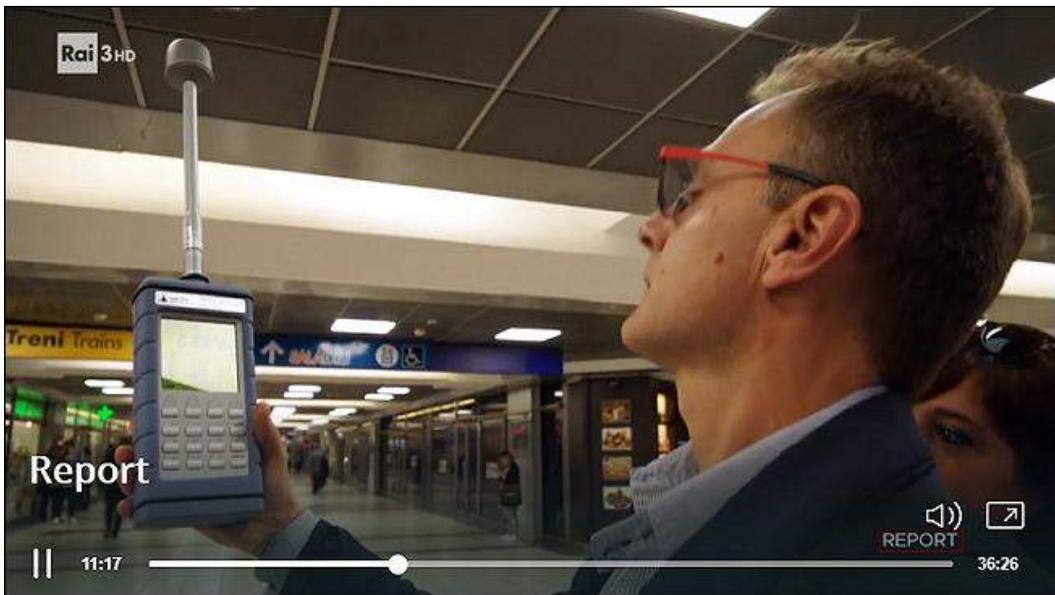


Stima teorica, con una simulazione al computer, del campo elettrico vicino e del campo lontano di una stazione radio base della telefonia. (fonte: ARPA Piemonte)

Soprattutto nelle grandi città un contributo rilevante può venire anche dalle emittenti radio-televisive, per quanto relativamente lontane, o dalle

innumerevoli sorgenti radio minori ma assai più vicine usate dai vari servizi pubblici e privati. “A Roma ad es. in Via Faravelli l’esposizione dei cittadini ha raggiunto la quota limite di 5,80 V/m a ridosso di nuove antenne Rai. E i dati ufficiali dell’ARPA Lazio”, come racconta Maurizio Martucci nel suo ottimo libro *Manuale di autodifesa per elettrosensibili* (2018), sono ancora meno confortanti: “in alcune strade della Capitale sono stati registrati fino a 23 V/m, 60 V/m e perfino 145 V/m”.

Nel servizio “Onda su onda” della trasmissione *Report* andato in onda su Rai 3 il 27 novembre 2018, è stato fatto vedere un controllo a sorpresa dell’ARPA Lazio all’interno della Stazione Termini di Roma, dove è stato riscontrato un valore minimo di 6,25 V/m, un valore massimo di 9,48 V/m e una media su 6 minuti di 7,09 V/m, ma misurazioni indipendenti fatte con uno strumento professionale hanno mostrato valori fino a 13 V/m vicino ai ripetitori posti nei corridoi. Il tecnico ARPA spiega anche che la misurazione sulle 24 ore prevista dalla nuova normativa rende obiettivamente molto problematico effettuare una misurazione con valore ufficiale. Ciò, di fatto, vanifica la possibilità di controlli efficaci.

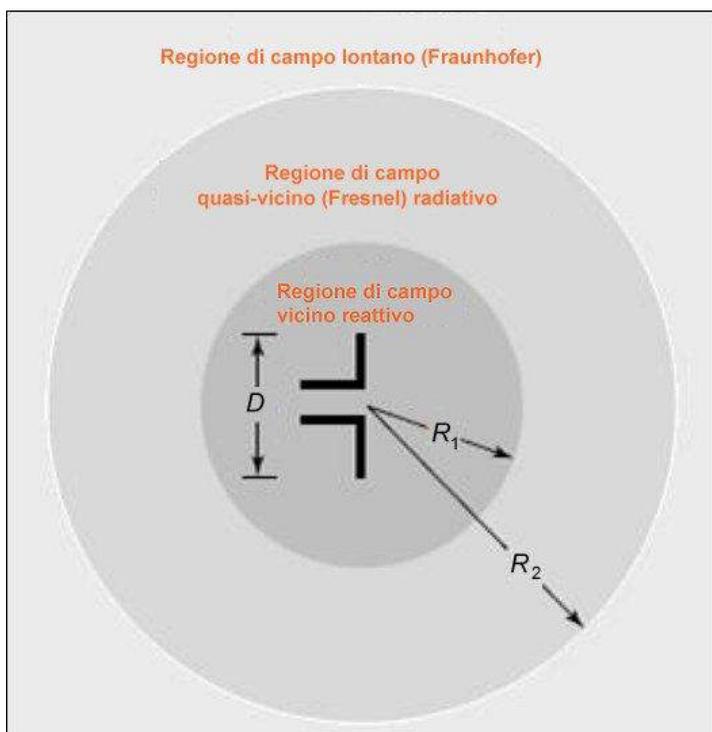


Alcune misurazioni mostrate da Report (Rai 3), effettuate alla Stazione Termini di Roma con un misuratore professionale portatile PMM 8053.

MISURAZIONE DELL'ESPOSIZIONE AL CAMPO DI UN TELEFONINO

Nella comunicazione wireless, il cosiddetto *campo lontano* è la parte dell'onda radio utilizzata per il trasferimento di informazioni: trasporta il segnale e si propaga alla velocità della luce. Per quanto riguarda l'esposizione umana ai campi elettromagnetici dei telefoni cellulari, il *campo vicino* è più importante. Anche se diverso nelle caratteristiche, il campo lontano è strettamente associato al campo vicino. Qualsiasi cambiamento nel campo vicino può influire sul campo lontano.

Tuttavia, la maggior parte dei misuratori di campi elettromagnetici *non* sono in grado di funzionare in modo affidabile nel “campo vicino”, ovvero troppo vicino alla sorgente da misurare.



I tre tipi di campo in prossimità di una sorgente RF: campo vicino, quasi-vicino e lontano.

Per le fonti di microonde come i telefoni cellulari, le letture prese a meno di 5-10 cm di distanza saranno, in genere, relativamente poco accurate. La misurazione del campo vicino risulta essere molto complicata perché, quando una sonda esterna viene posizionata nella regione del campo vicino, la sonda stessa interagisce con l'antenna del dispositivo sottoposto a test e cambia il modello di campo iniziale.

La misurazione esatta del campo vicino richiede rivelatori progettati appositamente per questo scopo. Ecco perché gli specialisti di solito non raccomandano l'uso di normali misuratori RF portatili – ad es. quello usato per le stazioni radio base – per misurare il campo vicino di un telefono cellulare: perché un normale misuratore RF interferisce con l'antenna del telefono e cambia un po' il campo elettrico che tenta di misurare. Questi misuratori RF portatili sono infatti destinati alla misurazione del campo lontano, cosa che possono fare molto bene.



Il campo elettrico misurato vicino a uno smartphone operante sulla rete 4G a una certa distanza dalla relativa stazione radio base: è di quasi 6 V/m.

Quando usi il tuo cellulare, il tuo corpo si trova spesso immerso nel campo vicino dell'antenna del telefono cellulare. I telefoni cellulari utilizzano un'ampia gamma di bande di frequenza da 700 MHz a fino a 2,5 GHz. Il campo vicino si estende fino a circa 40 cm a 700 MHz ed a 12 cm a 2,5 GHz. Nel campo vicino, l'intensità del campo elettromagnetico può aumentare drasticamente con solo un piccolo movimento aggiuntivo verso l'antenna, per cui puoi essere esposto a radiazioni molto intense senza che tu neanche te ne accorga.

Le attuali linee guida FCC statunitensi consentono a un telefonino di essere testato fino a 25 mm di distanza dal corpo dell'utente. L'iPhone 6, ad esempio, è stato testato a 5 mm di distanza dal corpo. Di conseguenza, quando porti il telefono cellulare direttamente a contatto con il tuo corpo (ad esempio nella tasca), potresti essere esposto a livelli di radiazioni che superano il SAR pubblicato del dispositivo e persino il limite di sicurezza attuale previsto dalle normative americane o europee.

Valutazione professionale dell'esposizione: il SAR

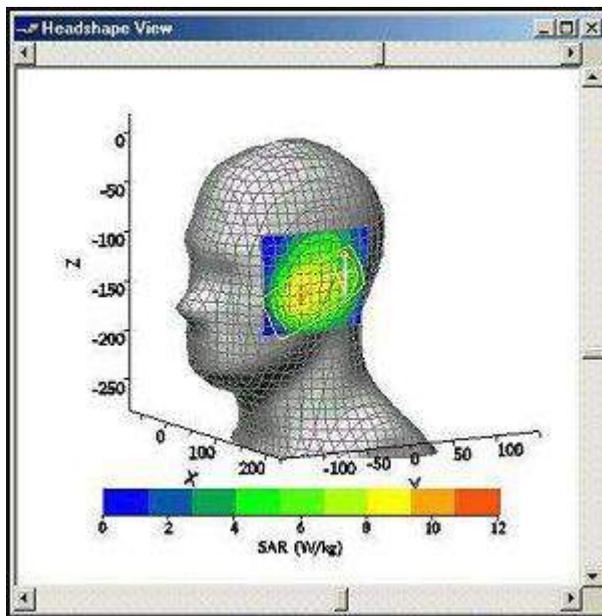
Il SAR (acronimo di *Specific Absorption Rate*) è il cosiddetto “tasso di assorbimento specifico”, ed esprime la misura della percentuale di energia elettromagnetica assorbita dal corpo umano quando questo viene esposto all'azione di un campo elettromagnetico a radiofrequenza (RF). Più specificamente, il SAR è definito come la quantità di energia elettromagnetica che viene assorbita nell'unità di tempo da un elemento di massa unitaria di un sistema biologico, per cui la sua unità di misura è W/kg.

Come è noto, infatti, per la protezione del pubblico e dei lavoratori da possibili effetti acuti dei campi elettromagnetici a radiofrequenza sono stati stabiliti a livello internazionale dei limiti di esposizione tali da limitare l'aumento stabile della temperatura corporea indotto (il cosiddetto “effetto termico”) ben al di sotto di 1°C (per l'esattezza a max 0,4 °C), una variazione inferiore a quelle associate ai normali processi fisiologici e quindi tollerabile dall'organismo anche per tempi prolungati.

In pratica, i livelli dei campi a radiofrequenza ai quali la popolazione è normalmente esposta sono di gran lunga inferiori a quelli richiesti per produrre un riscaldamento significativo, eccetto che nel caso dei telefoni cellulari, con particolare riguardo alla testa. Esiste perciò un limite che è

stato posto sulla quantità massima di energia elettromagnetica che può essere assorbita dalla testa (il SAR) durante una telefonata: in Europa, tale limite è di **2 W/kg**, mediato su 10 grammi di tessuto in un periodo di 6 minuti (cioè come se la telefonata durasse solo 6 minuti).

Il SAR è usato come indicatore primario dell'energia a radiofrequenza (RF) assorbita nel corpo quando si quantificano gli effetti biologici e quindi si definiscono limiti di esposizione di base. A frequenze comprese tra 100 kHz e 10 GHz, i limiti SAR *hanno la precedenza* rispetto ai limiti di legge sull'intensità del campo elettrico e sulla densità di potenza e non devono essere superati. Durante l'esecuzione della valutazione della conformità di un dispositivo emittente radiofrequenze, il SAR dovrebbe essere determinato per i casi in cui le esposizioni hanno luogo a distanza di 20 cm o inferiore dalla sorgente.



L'invenzione dell'unità di misura SAR permette di "aggirare" il problema degli elevati valori del campo elettrico prodotto da un telefonino.

Misurare la dose assorbita da un organismo (SAR) è molto difficile e comunque non si può fare "in vivo". Per le condizioni in cui la determinazione del SAR non è pratica, deve essere eseguita la misurazione dell'intensità del campo elettrico o la misurazione della densità di potenza all'esterno del corpo. La misurazione del campo elettrico interno al

corpo, infatti, è correlata a quella del SAR, poiché il SAR si può determinare con buona precisione misurando con opportuni strumenti il campo elettrico (in V/m) o l'intensità dell'onda (espressa in W/m²) che arriva nel corpo in esame. A sua volta, il campo elettrico interno al corpo è correlato a quello esterno al corpo, cioè più vicino alla sorgente.

Tuttavia, il campo elettrico all'interno di un corpo umano, e quindi il SAR, non sono legati al campo elettrico esterno in modo semplice come si potrebbe pensare. La determinazione del SAR per l'esposizione in *campo vicino* degli esseri umani, infatti, è difficile e può essere eseguita solo con simulazioni tramite modelli numerici del corpo umano in condizioni di laboratorio. Per essere validi, questi modelli devono essere affidabili e ragionevolmente precisi. Ciò ha portato allo sviluppo di vari metodi numerici e di uno strumento software per l'analisi della SAR nella testa umana da vari telefoni cellulari.

Questi tool numerici permettono la modellazione dettagliata di disomogeneità umane anatomicamente rilevanti, come quelle nella testa, che sono difficili da modellare sperimentalmente. Il software per il calcolo numerico del SAR locale e regionale è disponibile in commercio. I metodi di misurazione per la determinazione del SAR sono stati sviluppati negli animali da esperimento e nei modelli realizzati in materiale sintetico equivalente ai tessuti. Tali modelli sono indicati in gergo come “fantocci”, ed i moderni sono in gel semisolido che simula materiale organico con un'elevata percentuale di acqua.

I metodi di misurazione vengono utilizzati per verificare l'accuratezza dei calcoli numerici. Esistono, fondamentalmente, due metodi di base per la misurazione del SAR. Uno è quello di utilizzare una sonda di temperatura per misurare il cambiamento di temperatura causato dal calore prodotto dall'energia a radiofrequenza (RF) assorbita e quindi calcolare il SAR dalla formula seguente, dove “ΔT” è l'aumento della temperatura (in °C) nell'intervallo di tempo “Δt” (in secondi) e “c” è la cosiddetta “capacità termica specifica” del tessuto (o materiale fantoccio), espressa in J/kg K:

$$SAR = c \frac{\Delta T}{\Delta t}$$

I calcoli del SAR dall'aumento di temperatura si possono fare solo se l'aumento della temperatura è lineare nel tempo. Questo metodo, dunque, è appropriato per la misurazione del SAR locale quando i livelli di esposizione (campi irradianti) sono abbastanza intensi, così che il trasferimento del calore all'interno e fuori dal corpo non influenza l'aumento della temperatura. Il secondo metodo di base per la determinazione del SAR è misurare il campo elettrico all'interno del corpo con delle opportune sonde di campo elettrico impiantabili e quindi calcolare il SAR utilizzando la formula seguente:

$$SAR = \frac{\sigma E^2}{\rho}$$

dove " σ " è la conducibilità elettrica del tessuto (S/m), " E " è la forza efficace del campo elettrico indotta nel tessuto (V/m) e " ρ " è la densità di massa (kg/m^3). Questo metodo è adatto solo per misurare il SAR in specifici punti nel corpo e per bassi valori di SAR, per i quali l'energia assorbita è insufficiente a causare un cambiamento di temperatura rilevabile. La strumentazione per questo tipo di metodo di misurazione del SAR di solito include una sonda di campo elettrico impiantabile, un fantoccio e un sistema computerizzato per il posizionamento della sonda. Questa strumentazione è stata recentemente commercializzata ed è usata per testare trasmettitori portatili per la valutazione della conformità.

Come misurare il campo di un telefono cellulare

In conclusione, i limiti di esposizione al campo di un telefono cellulare per prevenire effetti sulla salute sono stati ricavati dal livello di riscaldamento o dall'intensità del campo elettrico generato *all'interno* del corpo dai campi elettromagnetici (limiti di base). Poiché questi due parametri non sono facilmente misurabili, da questi limite di base sono stati derivati dei livelli di riferimento in termini di intensità dei campi elettromagnetici *all'esterno* del corpo. Quando vengono superati i livelli di riferimento esterni al corpo, è necessaria una valutazione più dettagliata per determinare se i limiti di base vengono superati.

	Reactive near-field region	Radiating near-field region	Far-field region
Reference	SAR evaluation	SAR evaluation	E-field or H-field calculation
First alternative	E-field or H-field measurement	E-field or H-field measurement	E-field or H-field measurement
Second alternative	-	E-field or H-field calculation	-

Le diverse metodologie alternative per la stima dell'esposizione al campo di un telefonino stabilite dallo standard EN50383. (fonte: De Oliveira, 2015)

Dunque, la sola misurazione del campo elettrico può essere usata al posto della SAR per un facile controllo dell'esposizione locale alle radiazioni di un telefono cellulare a tutte le distanze, anche se ciò tende a sovrastimare leggermente l'esposizione se si confronta il picco locale del campo elettrico con i limiti di legge previsti per le sorgenti fisse (6 V/m), cioè questo limite può essere raggiunto prima del limite SAR. Inoltre, la potenza del segnale emesso da un telefonino varia molto da una zona all'altra del territorio, e dunque una misura del suo campo elettrico ottenuta a casa propria **vale solo localmente** nel *tempo* e nello *spazio*, e potrà essere molto diversa da quella ottenibile ad es. a casa di altri o all'aperto.

Infatti, il telefono cellulare ha una relazione altamente dinamica con la stazione radio base: se quest'ultima "sente" un segnale debole dal telefonino, istruisce il dispositivo in questione ad aumentare la potenza di trasmissione. Pertanto, una maggiore distanza della più vicina stazione radio base, la presenza di ostacoli frapposti – e soprattutto di un prodotto schermante (ad es. un foglio metallico) – sono tutte cose che forzeranno il telefonino a trasmettere con una potenza superiore a quella a cui altrimenti trasmetterebbe, il che non solo scarica la batteria più velocemente, ma comporta una maggiore esposizione per gli utenti.

Di conseguenza, il modo corretto per misurare il campo di un telefono cellulare è quello di porre il telefonino a (almeno) **4 cm di distanza** dalla sonda dello strumento di misura del campo elettrico, che può essere ad es. un misuratore RF a larga banda come il PCE-EM 29, prodotto dall'omonima e affidabilissima casa tedesca, la PCE. Si tratta di un apparecchio a larga banda, del costo di circa 200 euro, in grado di misurare i

campi elettromagnetici a radiofrequenza nell'intervallo 100 MHz-3,5 GHz, grazie al suo sensore di campi elettrici *isotropico* (che permette misurazioni su tre assi insieme o uno alla volta).



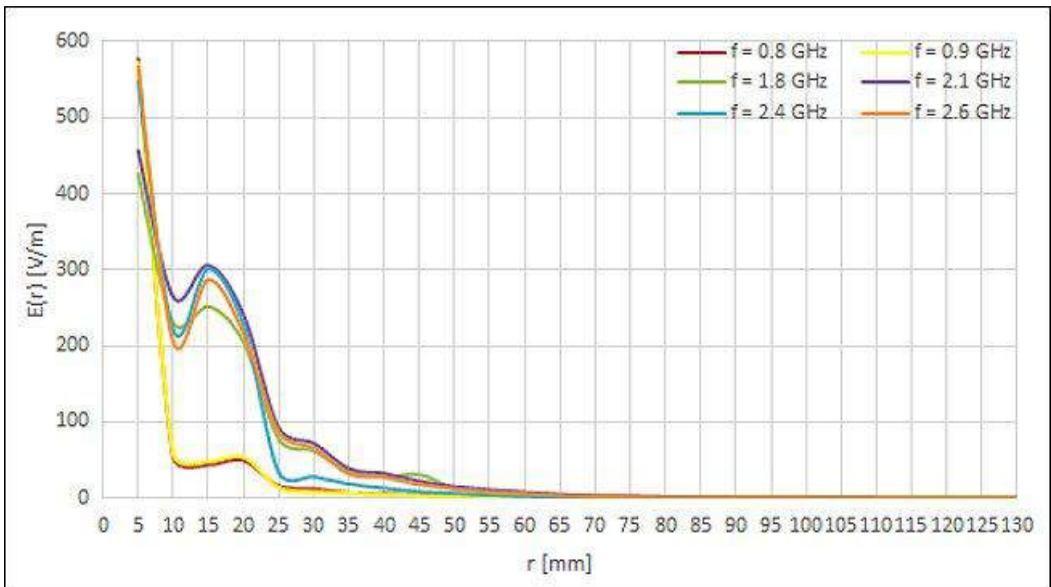
Quando si effettua la misurazione del campo elettrico prodotto da un cellulare in chiamata è sempre bene misurare la distanza fra misuratore RF e telefonino. In questo caso lo smartphone non è in chiamata, per cui il campo è il fondo: 10 mV/m.

Di solito, un cellulare o un smartphone acceso non emettono radiazioni finché non scambiano dati o effettuano / ricevono chiamate. Pertanto, per misurarne il campo elettrico, dovete effettuare una chiamata (anche solo facendo squillare un altro telefono). Il valore istantaneo ottenuto quando si misura così il campo di un telefonino è rapidamente fluttuante, per cui può essere opportuno attivare la funzione “media” (*average*) per avere il valor medio su un certo periodo. Prenderemo quindi nota anche di tale valore, in modo da poterlo facilmente poi confrontare con altre misurazioni relative allo stesso telefonino o ad altri.

Le misurazioni vanno fatte poggiando il telefonino e il misuratore su una superficie in materiale non conduttore (ad es. un tavolo di legno o per terra), e dopo aver misurato il livello di fondo del campo nello stesso

punto della stanza con tutti gli altri cellulari (e il Wi-Fi) di casa spenti, in modo da avere un primo livello di riferimento con cui confrontare il risultato delle misurazioni successive. Ovviamente, il livello di fondo andrà misurato (e annotato) ogni volta che eseguiamo la misurazione del campo di un telefono cellulare, assicurandosi che la sonda abbia la medesima orientazione in entrambe le misurazioni.

I valori di emissione del campo elettrico di un telefonino dipendono da numerosi fattori, come ad esempio – a parità di altri – la sua generazione: storicamente, infatti, si è passati dai cellulari analogici E-TACS (400 MHz, I generazione, o 1G) ai cellulari digitali GSM (900 MHz) e DCS (1800 MHz) di II generazione (o 2G), ai digitali UMTS (2100 MHz) di III generazione (o 3G), fino ai moderni cellulari digitali LTE (800 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz, 2600 MHz) di IV generazione (o 4G), e oggi siamo addirittura al 4,5G (1500 MHz).



Simulazione del campo elettrico di un telefonino alle varie distanze dalla testa al variare della banda di frequenza di emissione usata dall'apparecchio. Si noti come quadruplichi alle frequenze più alte a 10-25 mm. (fonte: De Oliveira, 2015)

Il limite di legge in Italia per le radiofrequenze (**6 V/m**) trova applicazione per tutte le sorgenti fisse (ad es. le stazioni radio-base della telefonia, le emittenti radio e TV, etc.) ma non nel caso dei telefonini (evidentemente, in quanto “mobili”). Giusto a titolo di esempio, un vecchio cel-

lulare GSM operante su rete 2G alla potenza di 1 W crea un campo di circa 6 V/m già a un metro di distanza e di circa **60 V/m** a 10 cm (v. figura). I moderni smartphone 4G di solito emettono molto meno: circa 1-5 V/m a 10 cm di distanza se il “segnale di campo” è buono/medio. I vecchi telefonini che usano il 2G sono noti per comunicare a piena potenza quando si collegano a un numero, perciò un modello vecchio – o magari uno più nuovo ma con pochissimo “campo” – sarebbe facilmente “fuori legge” se gli si applicasse tale normativa.



Il campo vicino a un telefonino GSM (su rete 2G): quasi 50 V/m!

Una stazione radio base della telefonia mobile, come detto, può avere una potenza irradiata dell'ordine di 1-100 W; un comune telefono cellulare, invece, dell'ordine di 1-2 W. Perciò, in campo aperto, avvicinandovi all'antenna della stazione radio base, vi sarà una distanza alla quale il campo elettrico tipico emesso dal vostro telefonino sarà superato da quello dell'antenna della stazione radio base, con la differenza che la stazione emette h24, il vostro cellulare no! Potete determinare in modo molto semplice, con un misuratore RF, qual è questa distanza nel caso del vostro telefonino e della stazione radio base a voi più vicina.

È poi interessante vedere cosa succede quando utilizziamo il cellulare in macchina, durante un viaggio. Nel servizio “Onda su onda” della trasmissione *Report* andato in onda su Rai 3 il 27 novembre 2018, è stato fatto vedere che, paradossalmente, c'è più impatto (ovvero campo elettrico prodotto) quando il telefonino è spento ma si passa in zone che sono particolarmente inquinate dal punto di vista dell'elettrosmog (stazioni radio base, emittenti radiofoniche o televisive, etc.). Una cena a casa tra amici con quattro telefonini in funzione si rivela poi una sorpresa negativa, con un picco di esposizione di ben 13,6 V/m!



Misurazioni mostrate dalla trasmissione Report di Rai 3, fatte muovendosi in auto con un misuratore portatile professionale PMM 8053. Il campo elettrico è dominato dalle sorgenti esterne (in particolare dalle stazioni radio base della telefonia).

E poi ci sono i mezzi di trasporto pubblici, quelli che prendiamo ogni giorno per andare a scuola o a lavoro e in cui trascorriamo tutto il tempo attaccati al cellulare o al tablet, connessi al computer con il Wi-Fi di bordo. Nella stessa trasmissione, Fiorenzo Marinelli spiega che, eseguendo misurazioni insieme al ricercatore dell'Inail Ivano Lonigro, ha trovato in metropolitana “un massimo di 2,2 V/m”, mentre facendo il percorso da Bologna a Roma (verosimilmente con l'alta velocità, ndr) ha riscontrato anche “valori di oltre 100 V/m emessi dai telefonini, cioè a causa dell'ambiente metallico chiuso in cui le onde fanno fatica a uscire”.



Misurazione del campo elettrico fatta con uno strumento professionale in prossimità di una nota stazione della metropolitana di Roma. (fonte: Report, Rai 3)

Abbiamo eseguito anche noi delle misurazioni spot del campo elettrico a radiofrequenza su treni regionali e interregionali italiani e, con un misuratore PCE-EM 29, esso risulta variabile – lungo il tragitto – tipicamente fra 0,5 e 3 V/m, con valori più frequenti intorno a 1-1,5 V/m quando c'è almeno una persona con uno smartphone acceso nel raggio di qualche metro da noi, e con i valori massimi (alcuni V/m) che vengono toccati quando quasi tutti i posti sono occupati e più persone vicino a noi usano lo smartphone per traffico dati e/o per chiamate in voce.

Infine, vogliamo riferire delle nostre misurazioni effettuate nel dicembre 2018, in un normale appartamento sito nel centro di una grande città italiana non coinvolta nella sperimentazione del 5G, su una decina di smartphone di varie marche e modelli. Il campo elettrico misurato a 10 cm è stato, durante una telefonata, dell'ordine di 3-5 V/m (variabile da modello a modello ed a seconda della rete usata, 3G o 4G), mentre quello misurato nel resto del tempo con traffico dati attivato è risultato di appena la metà (ad es. ≈ 2 V/m se durante una telefonata era di ≈ 4 V/m). Ciò vuol dire che, se non si disattiva il traffico dati, si ha un'esposizione h24 rilevante anche se non si effettuano/ricevono chiamate. Disattivando il traffico dati (e il Wi-Fi) dai settaggi del telefonino, almeno questo problema – subdolo, se non si ha un misuratore – si risolve.

COME MISURARE I CAMPI E.M. DEGLI APPARECCHI DOMESTICI

I misuratori di campi elettromagnetici, utilizzati per indicare l'intensità complessiva di una gamma di campi elettromagnetici, sono oggi disponibili con un'ampia gamma di sensibilità, risposte in frequenza e caratteristiche. Per l'uso a casa o in ufficio, dei semplici misuratori low-cost risultano spesso sufficienti per un rilevamento iniziale. Generalmente sono richiesti due diversi tipi di misuratori: un misuratore a banda stretta per campi a bassa frequenza (ELF) e un misuratore RF a banda larga per campi a radiofrequenza ed a microonde, sebbene a volte questi siano combinati in un unico strumento (combo).



Una serie di misuratori per i campi elettromagnetici ad alta od a bassa frequenza.

Il misuratore ELF viene utilizzato per misurare i campi magnetici (e talvolta anche elettrici) associati ai campi a bassissima frequenza (ad esempio alla frequenza di rete a 50 Hz e, al più, a qualche kHz) mentre il misuratore RF a banda larga deve misurare il gradiente di tensione o la densità di potenza dei campi a radiofrequenza. Il misuratore RF deve essere

anche in grado di misurare la radiofrequenza pulsata prodotta da telefoni cellulari e stazioni radio base, telefoni cordless DECT e reti wireless, oltre alla potenza continua di sorgenti RF meno complesse, come trasmettitori radio e TV. Esempi economici di entrambi i tipi di misuratori sono illustrati di seguito per facilitare il compito del lettore.

I campi elettrici e magnetici generati dagli apparecchi domestici sono localizzati in vicinanza della sorgente e quindi interessano, solitamente, soltanto zone parziali del corpo. L'intensità dei campi è molto variabile a seconda del tipo di elettrodomestico, della sua potenza, della condizione di funzionamento. In generale, i campi magnetici generati dagli apparecchi domestici (ad es. trasformatori, motori, TV, PC, etc.) sono localizzati in vicinanza della sorgente e diminuiscono rapidamente all'aumentare della distanza. Gli elettrodomestici producono anche campi elettrici statici e campi elettromagnetici a varie basse frequenze, i quali diminuiscono rapidamente di intensità all'aumentare della distanza.



Tutti gli apparecchi domestici producono dei campi elettrici, magnetici o elettromagnetici localizzati entro una certa distanza dal dispositivo stesso.

Nella letteratura scientifica, le basse frequenze sono suddivise in due gamme principali, ovvero a frequenza estremamente bassa (ELF), con frequenze fino a 300 Hz, e frequenza intermedia (IF) con frequenze comprese tra 300 Hz e 10 MHz. Un recente studio scientifico (Gajsek et al., 2016) ha mostrato che, nell'ambiente indoor, valori elevati del campo magnetico a frequenza estremamente bassa (ELF) sono stati misurati vicino a diversi elettrodomestici (fino alla gamma dei millitesla), alcuni dei

quali sono tenuti vicino al corpo come, ad esempio, asciugacapelli e rasoi elettrici. Le comuni fonti di esposizione alle frequenze intermedie (IF) comprendono invece le cucine ad induzione, le lampadine fluorescenti compatte, i sistemi di ricarica induttivi per auto elettriche ed i dispositivi di allarme e anti-taccheggio.

TIPO DI RADIAZIONI	FREQUENZA	CHI LE PRODUCE
ELF (Extremely Low Frequency, campi a bassa frequenza)	fino a 300 Hz	Elettrodotti ed apparecchi elettrodomestici in genere
IF (Intermediate Frequency, campi frequenze intermedie)	300 Hz a 10 MHz	Monitor PC, dispositivi antitaccheggio, sistemi di allarme ecc...
RF (Radiofrequenze, campi ad alta frequenza)	10 MHz a 300 GHz	Ripetitori radio e tv, stazioni radio base per telefonia mobile, cellulari, forni a microonde ecc...

Le varie sorgenti di campi elettromagnetici alle varie frequenze. (fonte: ENEA)

Le sorgenti di campi a frequenze intermedie (IF) comprendono anche schermi per computer e televisori contenenti tubi catodici, giocattoli che includono motori elettrici, etc. I livelli di riferimento per l'esposizione del pubblico possono essere superati nelle immediate vicinanze di tali dispositivi. Alcune altre fonti di IF sono recentemente diventate estremamente comuni nelle case e altri dispositivi potrebbero presto seguirne l'esempio: si pensi, ad esempio, agli apparecchi per la ricarica induttiva wireless delle batterie dei cellulari. Anche vari componenti automobilistici producono campi magnetici a bassa frequenza (da pochi Hz a diversi kHz) nei cavi e nei componenti che conducono l'elettricità. Le auto ibride e/o elettriche producono campi magnetici ben più potenti rispetto ai veicoli tradizionali dotati solo di motori a benzina o diesel.

La misurazione dei campi elettromagnetici domestici vi aiuterà ad adottare comportamenti appropriati. Ci sono svariati modi per limitare la propria esposizione ai campi elettromagnetici domestici, ed in particolare

uno è lo stare lontano da un apparecchio elettrico in azione: ad esempio, sedete ad una distanza pari alla lunghezza delle braccia dal vostro monitor. Infatti, i campi magnetici generati dagli elettrodomestici decrescono rapidamente in intensità all'aumentare della distanza dalla sorgente. Evitate poi la vicinanza non necessaria ad elevate fonti di campi, come ad esempio linee elettriche o trasformatori. Infine, riducete il tempo di permanenza nei campi: ad es. spegnete il monitor del computer, o altri dispositivi elettrici, se non li state usando.

Guida alla scelta dei misuratori appropriati

Le procedure e le tecniche di misurazione dei campi elettromagnetici variano dunque in base alla frequenza. Per comodità (anche se queste non sono definizioni "appropriate") possiamo riferirci alle frequenze intorno a circa 50 Hz come frequenze extra-basse (ELF), quelle superiori a 1 GHz come microonde e quelle intermedie come frequenze radio (RF). Quindi, se abbiamo bisogno di un misuratore per controllare i campi da elettrodomestici e dalla rete elettrica domestica, abbiamo bisogno di un misuratore per 50 Hz o ELF. Se è necessario misurare i campi da telefoni cellulari o cordless e da router o forni a microonde, abbiamo bisogno di un misuratore per misurare RF e microonde.

In genere, un misuratore per misurare le ELF potrebbe avere una gamma di frequenze da 30 Hz a 2 kHz e uno per misurare la RF da 50 MHz a 3 GHz o, per un misuratore solo poco più costoso, da 1 MHz a 8 GHz. La recente aggiunta di lampade fluorescenti compatte a casa richiede un misuratore con una gamma VLF da 2 kHz a 400 kHz se i loro campi devono essere misurati. In generale, per frequenze inferiori a 300 MHz (e dunque anche alla frequenza di rete), sono necessarie misurazioni separate dei campi magnetici (H) ed elettrici (E), o quanto meno del campo magnetico (che è quello che provoca gli effetti biologici a 50 Hz), mentre per le radiofrequenze e per le microonde è sufficiente la misurazione del solo campo elettrico.

Per la misurazione dei campi magnetici alla frequenza di rete (50 Hz), viene normalmente utilizzato uno strumento con una sonda a induzione magnetica. La risposta in frequenza dello strumento dovrebbe essere compresa tra 30 Hz e 1 kHz, per poter misurare le armoniche della frequenza di rete che si hanno nella rete elettrica di casa. L'errore dello

strumento dovrebbe essere limitato a $\pm 10\%$ a 50Hz. La sua gamma dinamica dovrebbe essere sufficiente: ad es. 0-200 μT o maggiore per misurare campi elevati, mentre 0-10 μT è sufficiente per i campi domestici, che necessitano di una sensibilità di almeno 0,1 μT . Per misurazioni a lungo termine, il misuratore deve avere una capacità di registrazione digitale (*data logging*). Se il misuratore è analogico, l'ago spesso fluttuerà, per cui la misura registrata dovrebbe essere la media stimata.

Un misuratore ELF affidabile e con un buon rapporto qualità/prezzo è il **TriField 100XE**, uno strumento analogico del costo di circa 200 euro che misura principalmente campi magnetici ed elettrici generati dalla tensione di rete (a 50 Hz) – nella banda da 30 Hz a **2 kHz** – insieme su tre assi determinando così il *valore efficace*, grazie alle sue sonde isotropiche. L'ultimo arrivato in casa TriField è comunque il misuratore digitale **TriField TF2**, un misuratore ELF isotropico che può misurare campi magnetici a bassa frequenza (nell'intervallo 40 Hz-**100 kHz**) e campi elettrici a bassa frequenza (nel medesimo intervallo).



Il misuratore TriField 100XE, ottimo per misurare i campi magnetici ed elettrici a frequenza di rete (50 Hz) e nel range delle ELF.

La banda più larga del TriField TF2 rispetto al modello analogico (TriField XE) lo rende ottimo per misurare anche i campi magnetici degli elettrodomestici, della rete elettrica di casa (che ha oltre il 30% di armoniche) e, più in generale, dell’“elettricità sporca”, che caratterizza spesso le reti elettriche negli ambienti indoor; mentre ne è del tutto sconsigliato l’uso come misuratore di radiofrequenze (RF), per le quali occorre uno strumento *ad hoc*. Dunque, il TriField XE risulta più indicato per la misurazione (*outdoor* o *indoor*) dei campi prodotti dagli elettrodomestici, che hanno solo pochi punti percentuali di armoniche, mentre per quella delle sorgenti indoor il TriField TF2 è preferibile.



Il misuratore TriField TF2, ottimo per la misurazione, ad esempio, dei campi magnetici degli elettrodomestici e della rete elettrica di casa.

Invece, uno dei misuratori a radiofrequenza (RF) di elettrosmog più diffusi in Italia – e, soprattutto, con il miglior rapporto qualità/prezzo – è il **PCE-EM 29**. Si tratta di un apparecchio a larga banda, del costo di circa 200 euro, in grado di misurare i campi elettromagnetici a radiofrequenza *indoor* e *outdoor* nell’intervallo 50 MHz-**3,5 GHz**, grazie al suo sensore di campi elettrici isotropico (che permette misurazioni su tre assi insieme o anche uno alla volta). Esso consente di misurare, in pratica: l’intensità di campo delle onde elettromagnetiche ad alta frequenza (RF); la densità di

potenza irradiata dalle antenne delle stazioni radio base della telefonia mobile; le applicazioni di comunicazione wireless (CW, TDMA, GSM, DECT); il segnale del Wi-Fi (router, Wireless LAN e hotspot); le spy camera e le cimici wireless; il livello della radiazione emessa da telefoni cellulari e cordless; eventuali perdite dai forni a microonde.



Un misuratore RF modello PCE-EM 29 mentre misura il campo vicino alla base di un telefono cordless DECT. Si noti il valore di campo elettrico assai elevato prodotto, pari a 5,6 V/m a poca distanza dalla base. (fonte: www.onde-invisibili.it)

Misurazioni alle basse frequenze: i campi magnetici

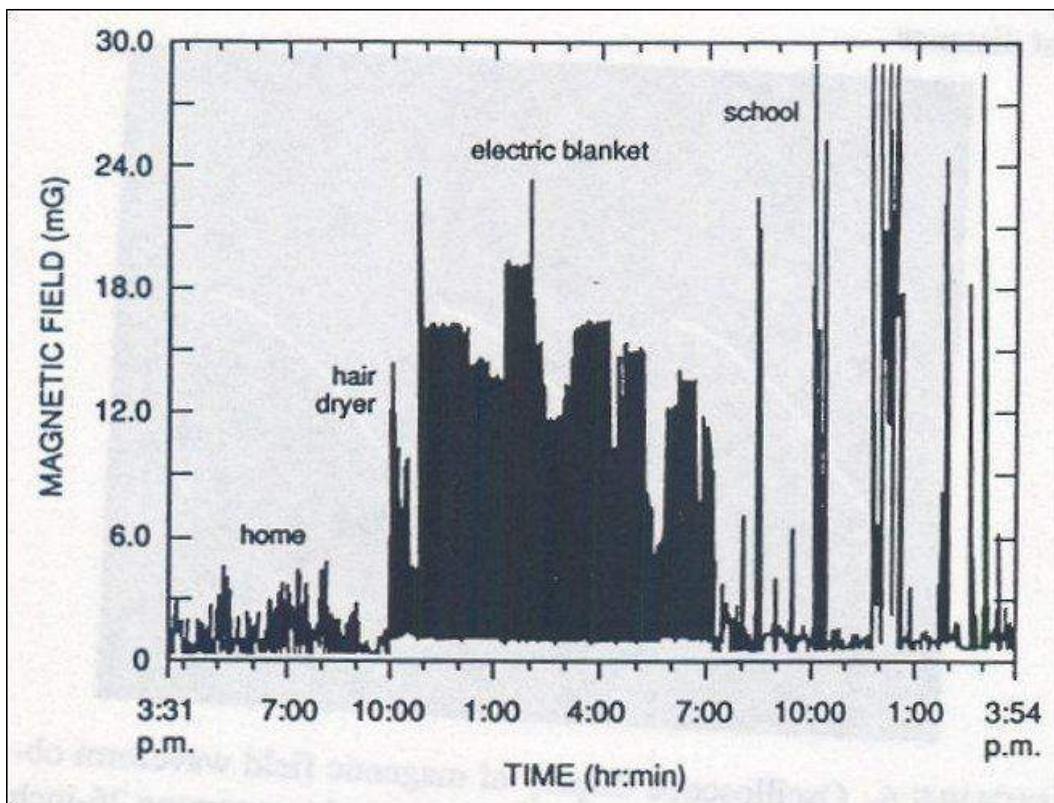
I campi a frequenza di rete (50 Hz) presenti nelle case e negli uffici differiscono da quelli degli elettrodotti per due importanti caratteristiche: l'intensità di tali campi può essere molto piccola, finanche dell'ordine di $0,1 \mu\text{T}$ (o 1 mG), che è circa due ordini di grandezza inferiore rispetto ai campi vicini alcune linee elettriche ad es. a media o alta tensione; e (2) i campi possono contenere un'elevata percentuale di armoniche, cioè oltre il 30%. Inoltre, mentre la geometria e le caratteristiche degli elettrodotti

sono abbastanza ben definite, lo stesso non si può dire per le sorgenti in ambito residenziale e lavorativo, dove la geometria e l'intensità dei campi sono tipicamente più complicate e dipendono da vari fattori.

I campi magnetici in casa sono prodotti da correnti elettriche che variano ampiamente e hanno una variabilità istantanea, oraria, giornaliera e stagionale. Pertanto, i campi magnetici residenziali sono altamente variabili non solo in luoghi diversi della casa, ma anche nel tempo nella stessa posizione. Ogni misurazione si deve quindi ritenere unica nel *tempo* e nello *spazio* e va registrata con l'orario e la posizione dello strumento di misura. Dunque, una metodologia standard che includa un preciso protocollo di misurazione dei campi magnetici *indoor* migliora l'affidabilità e la comparabilità delle misurazioni.

In generale, le misurazioni del campo magnetico residenziale riassumono il campo magnetico medio durante un periodo di campionamento specificato. Possono essere classificate, fondamentalmente, in due categorie principali: (1) Misurazioni *spot*: cioè effettuate in uno o più luoghi, in un breve periodo di tempo e dando una risposta unica in ogni luogo; (2) Misurazioni *a lungo termine*: misurazioni effettuate da un misuratore e registrate da un registratore di dati collocato in una data posizione per, di solito, almeno 24 h, anche al fine di ricavarne una media aritmetica (o, a volte, una mediana) delle misure individuali. Le misurazioni principali vengono di solito fatte alla frequenza di rete fondamentale (50 Hz in Italia e in Europa), senza misurare le armoniche né altre frequenze (le radiofrequenze richiedono uno strumento *ad hoc*).

Vi è poi, in realtà, anche un terzo tipo di misure: le (3) Misurazioni *di esposizione personale*. Queste sono fatte, in genere a scopo di ricerca o di tutela della salute personale, dal residente in questione indossando un piccolo misuratore portatile e un data logger – ovvero un registratore elettronico dei dati – per, di solito, almeno 24 ore. Questo registratore registrerà spesso i campi magnetici incontrati dentro e fuori casa nelle normali attività quotidiane, ed è posto vicino al letto quando il soggetto monitorato dorme. Quest'ultimo deve anche compilare un diario delle attività quotidiane (orario, luogo e apparecchi elettrici usati) svolte durante le 24 ore del monitoraggio. Per valutare l'esposizione residenziale, pertanto, le misurazioni dell'esposizione personale possono essere limitate ai periodi in cui il residente si trova dentro la casa.



Registrazione con un esposimetro dell'esposizione al campo magnetico nelle 24 ore da parte di una bambina di 10 anni. (fonte: Report IEEE)

Le misurazioni dovrebbero essere effettuate nei seguenti luoghi: (a) *Campi di fondo*: a **1 metro** sopra il livello di terra /pavimento posizionando il misuratore in piedi su un materiale/superficie *non* conduttore; le misurazioni dovrebbero essere effettuate il più vicino possibile al centro geometrico di una stanza; (b) *Campi degli elettrodomestici*: a una distanza simile a quella di solito usata quando si utilizza l'apparecchio in questione; la posizione delle misurazioni dovrebbe simulare la posizione del tronco umano; (c) *Monitoraggio personale*: per l'esposizione personale, le misure dovrebbero essere fatte con il misuratore posto sul busto.

La quantità di energia elettrica usata nella casa influenza i livelli del campo magnetico. Perciò, le misurazioni puntuali nelle stanze e nelle posizioni esterne della residenza dovrebbero essere fatte sotto condizioni di uso energetico "basso", "alto" e "normale". La prima condizione simula un periodo di consumo energetico molto basso, come quando si dorme di notte, ed è quindi una misura approssimativa dei campi prodotti dagli

elettrodotti vicini e da altre fonti esterne. La condizione di *basso* consumo si ottiene spegnendo la maggior parte dei sistemi che consumano elettricità all'interno della residenza, inclusi riscaldamento e aria condizionata, luci ed elettrodomestici. Gli apparecchi che operano continuamente, come frigoriferi e congelatori, dovrebbero essere lasciati accesi.

La condizione di utilizzo energetico *alto* simula invece un periodo di elevati consumi ed è quindi indicativa della combinazione dei campi di fonti esterne e di quelli localizzati all'interno della casa. Può anche permettere di identificare il contributo “corrente di terra” della casa, che può in alcuni casi essere la fonte principale del campo magnetico. La condizione si ottiene accendendo più sistemi elettrici che consumano energia, comprese le luci e gli elettrodomestici. Invece la condizione di utilizzo energetico *medio* è opzionale ed è la più rappresentativa (insieme a quella a bassi consumi) dei campi magnetici normalmente esistenti dentro casa. Si ottiene accendendo solo alcuni apparecchi elettrici o luci, in modo da simulare le condizioni che esisterebbero durante il normale utilizzo di una stanza quando è presente un residente.



Il contatore della luce ci fornisce il valore della potenza elettrica assorbita in un dato momento da tutti gli apparecchi utilizzati in una casa.

Altre informazioni che possono essere utilizzate per valutare l'esposizione ai campi magnetici residenziali sono: le caratteristiche della sorgente del campo magnetico (tipo, tensione, potenza, etc.); la posizione degli ingressi e dei contatori di energia elettrica, gas e acqua; l'esistenza, il tipo e la posizione di eventuali linee elettriche, trasformatori o sottostazioni nelle vicinanze della casa; il consumo di elettricità della residenza (annuale, trimestrale etc.); le informazioni sull'uso degli apparecchi da parte del residente (compreso il tempo e la frequenza di uso e la prossimità all'apparecchiatura quando è in uso); misure di campi magnetici prodotti da correnti di terra, ad esempio, in prossimità del palo di terra.

Una misurazione professionale di un campo magnetico consiste nel registrare la massima intensità del campo magnetico in tre direzioni ortogonali e calcolare la grandezza risultante come valore quadratico medio (*valore efficace*). In quanto tale, lo strumento di misura dovrebbe essere un misuratore di campo magnetico a tre assi che registra le tre componenti ortogonali del campo e successivamente calcola il valore efficace risultante. Se un misuratore misura il campo magnetico solo in una direzione, ogni componente ortogonale del campo va valutata separatamente e il valore risultante deve essere calcolato e registrato di conseguenza. Il calcolo dovrebbe essere fatto usando la seguente equazione:

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}$$

La semplice equazione da usare per il calcolo dell'intensità del campo magnetico a partire dalle sue tre componenti spaziali.

dove, B_x , B_y e B_z sono le densità di flusso magnetico misurate in un punto dello spazio nelle tre direzioni ortogonali. Va notato che i dispositivi ad un solo asse richiedono un orientamento attento per evitare di perdere la componente principale del vettore, specialmente vicino agli elettrodomestici. Si raccomanda inoltre di registrare tutte e tre le componenti ortogonali del campo, nonché il suo valore risultante. Questo ap-

proccio, tra gli altri vantaggi, consente di semplificare notevolmente l'identificazione della principale fonte di contributo del campo magnetico in un ambiente multi-sorgente complesso se il lavoro di mitigazione del campo in questione seguirà in una fase successiva.

Prima di effettuare le misurazioni per una data residenza, deve essere controllato il corretto funzionamento dei misuratori. L'attenzione dovrebbe essere posta alla calibrazione su campi di basso livello (ad es. $0.04 \mu\text{T}$ o inferiore), a causa dell'influenza dei campi di fondo. Dopo un'introduzione iniziale, la persona che effettua le misurazioni deve dare al residente una panoramica generale della procedura di misurazione. Successivamente, con l'assistenza del residente, deve ispezionare le aree di misurazione interne ed esterne e registrare su un foglio lo schema della residenza, compresi gli elettrodotti e gli impianti elettrici presenti entro una distanza di 50 metri e la posizione dei contatori della luce.

La residenza deve essere preparata per le misurazioni nella “condizione di utilizzo energetico basso” e le misure devono essere condotte presso / vicino ai centri di camere e in altri luoghi. I risultati vanno registrati di conseguenza. Dopo le misurazioni a bassa potenza assorbita, la residenza deve essere preparata per le misurazioni nella “condizione di utilizzo energetico elevato”. Le misurazioni devono essere ripetute e registrate. Successivamente, le misurazioni si concentrano sugli elettrodomestici e sugli apparecchi elettrici vicino ai quali il residente spende un tempo considerevole, come suggerito dal residente stesso. Infine, possono essere svolte altre misure aggiuntive come richiesto dal residente.

I misuratori con data logger per le misurazioni *a lungo termine* del campo magnetico, invece, devono essere installati nel soggiorno e nelle camere da letto dell'appartamento (o in qualsiasi altra stanza in cui viene speso un tempo significativo dai residenti). I misuratori devono essere posizionati nei (o vicino ai) centri delle stanze a 1 metro da terra su un supporto non conduttore. I misuratori devono rimanere in quella posizione per 24 ore e devono essere successivamente recuperati il giorno seguente. Se è disponibile un solo misuratore, i campi presenti in stanze diverse devono essere misurati in giorni diversi tramite accordi con il residente, assicurandosi che le condizioni di misurazione siano simili per tutti i giorni.

Misurazioni a radiofrequenza: i campi elettrici

Anche nel caso dei campi domestici a radiofrequenza dobbiamo distinguere (a) campi *di fondo* e (b) campi *degli apparecchi elettronici*. Le misurazioni del campo elettrico RF si effettuano con un misuratore RF e si svolgono in modo simile a quelle dei campi magnetici a bassa frequenza, ma con più attenzione per evitare l'influenza dell'operatore sulla misura. Per la misurazione dei campi RF di fondo dovuti a sorgenti esterne (come stazioni radio base, emittenti radio-televisive, etc.) rimandiamo alla lettura del Capitolo 16 "Come misurare i campi delle stazioni radio base", mentre per la misurazione dell'esposizione ai cellulari rimandiamo al Capitolo 17 "Misurazione dell'esposizione al campo di un telefonino".

Analogamente a quanto illustrato per le basse frequenze, una volta misurato con un misuratore RF il campo di fondo *indoor* dovuto a sorgenti RF esterne alla casa (per farlo, occorre spegnere l'interruttore generale della luce e ogni dispositivo mobile) possiamo misurare, accendendo uno alla volta i vari dispositivi, i campi prodotti a diverse distanze da varie sorgenti a radiofrequenza tipiche dell'ambiente domestico: i telefoni cordless DECT o similari; i dispositivi Wi-Fi (in particolare, i *router* Wi-Fi, ma non solo); i dispositivi domestici e/o domotici utilizzando, anziché il Wi-Fi, una delle altre tecnologie di comunicazione: Bluetooth, Z-Wave, Zigbee, etc.; i contatori "intelligenti" interni o esterni alla casa.

Un Cornet ED88T usato per misurare l'emissione di un iWatch quando accoppiato a uno smartphone via Bluetooth.



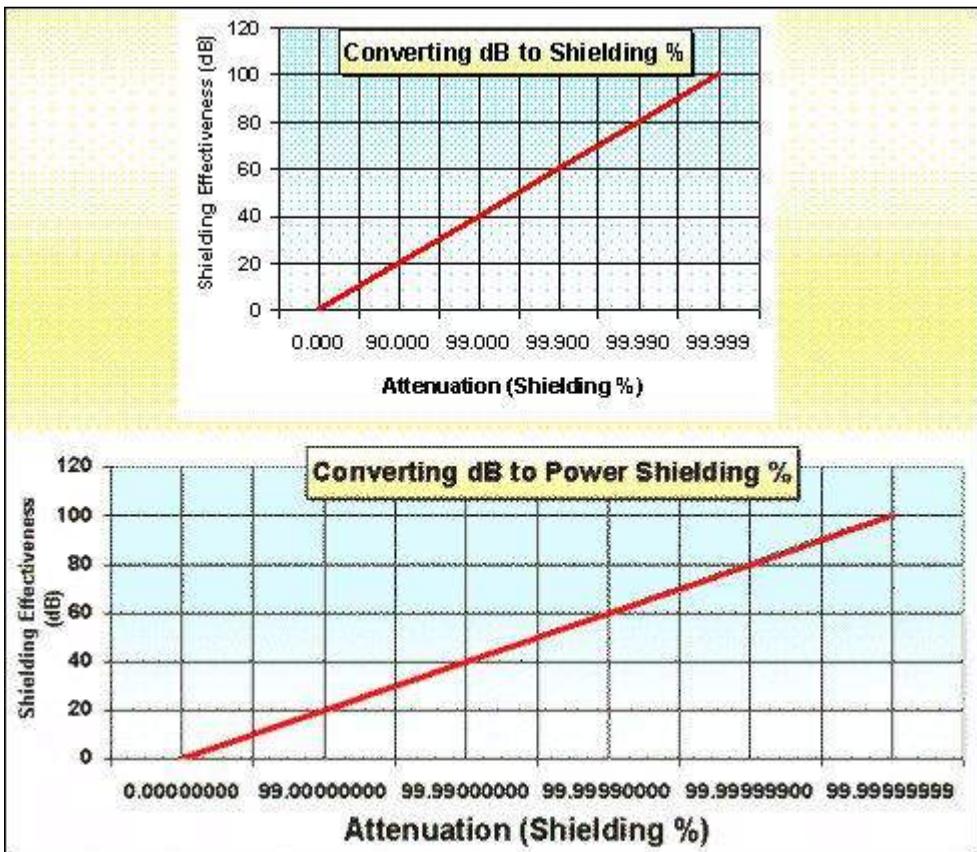
Dopodiché, con il medesimo misuratore RF, si potrà misurare il campo elettrico *massimo* presente indoor nelle varie stanze dell’abitazione o dell’ufficio in una situazione in cui tutti i possibili utilizzatori fissi e mobili sono accesi e, successivamente, il campo elettrico che si ha in una situazione intermedia – e più realistica – in cui sono accesi solo quelli normalmente utilizzati dai residenti in quell’ambiente. Ovviamente, se si tratta ad es. di un ufficio in cui sono presenti più persone che tengono regolarmente acceso il proprio telefonino e che ogni tanto fanno o ricevono telefonate, occorrerà riprodurre tale situazione, magari avendo una certa pazienza per l’attesa; fermo restando che per farsi un’idea più precisa dell’esposizione servirebbero misurazioni a lungo termine.

Per quanto riguarda, in particolare, le misurazioni inerenti i router Wi-Fi, dato che i modelli più recenti di questi apparecchi operano, oltre che nella banda a 2,4 GHz, anche in quella a 5 GHz – che è fuori dalla portata di molti comuni misuratori RF di elettrosmog (come ad es. il PCE-EM 29) – occorre usare un misuratore RF a banda più larga, come ad esempio il **Cornet ED78S**, che opera nell’intervallo di frequenze da 100 MHz a 8 GHz, oppure il più costoso **Cornet ED88T** che, a differenza del modello precedente, è un ottimo misuratore, oltre che di RF, anche (come il TriField) di campi elettrici e magnetici a bassa frequenza, ma nell’intervallo 50 Hz-10 kHz (l’ideale per misurare l’“elettricità sporca”) e, in più, mostra sul display la *frequenza* dell’esposizione (sia pure solo nell’intervallo di frequenza 100 MHz-2,7 GHz).



*Con un
Cornet
ED88T
posso mi-
surare
tutti i
campi ad
alta e bas-
sa fre-
quenza.*

Inoltre, se per misurare il campo Wi-Fi di un router si usano delle app tipo “Wi-Fi Analyzer”, che fra l’altro permette di misurare l’attenuazione in decibel (dB) del segnale nel caso ad es. di schermatura del router stesso, potranno essere utili il seguente grafico e la seguente tabella, che ci consentono di convertire facilmente da decibel (dB) a percentuale (%) di attenuazione e viceversa. Il decibel non è realmente un'unità di misura, piuttosto, un modo per descrivere il rapporto tra una misurazione dell'intensità e l'altra. Si noti che, a causa della relazione logaritmica, un valore di 20 dB rappresenta una riduzione dell'intensità di campo (quella che si misura in V/m o in mV/m) del 90%. Nella tabella viene mostrata anche la riduzione della densità di potenza (quella che si misura in W/m²), che è maggiore: ad esempio, sempre un valore di 20 dB corrisponde a una riduzione della densità di potenza del 99%.



Il legame fra attenuazione (ad es. tramite schermatura) e intensità di campo (grafico in alto) o densità di potenza (grafico in basso). (fonte: lessemf.com)

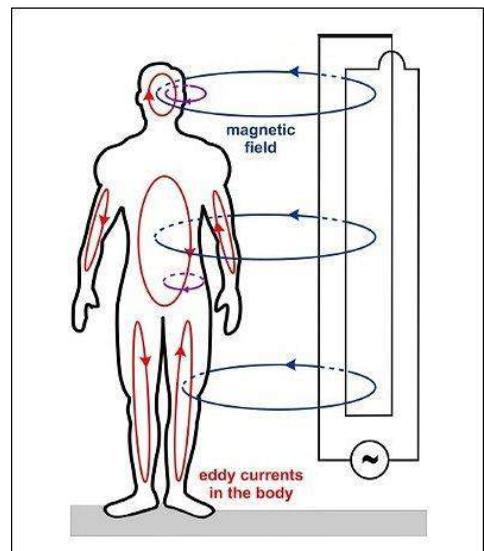
dB	POWER			FIELD		
	Power Ratio	% Attenuation	% Transmission	Field Ratio	% Attenuation	% Transmission
0	1.000	0	100	1.00	0	100
1	1.259	21	79	1.12	11	89
2	1.585	37	63	1.26	21	79
3	2.000	50	50	1.41	29	71
4	2.512	60	40	1.58	37	63
5	3.162	68	32	1.78	44	56
6	4.000	75	25	2.00	50	50
7	5.013	80	20	2.24	55	45
8	6.310	84	16	2.51	60	40
9	7.941	87	13	2.82	65	35
10	10	90	10	3.16	68	32
15	31.6	96.8	3.2	5.62	82	18
20	100	99	1	10	90	10
25	316	99.7	.3	17.8	94.4	5.6
30	1000	99.9	.1	31.6	97	3
35	3162	99.97	.03	56.2	98.2	1.8
40	10,000	99.99	.01	100	99	1
50	100,000	99.999	.001	316	99.7	.3
60	1,000,000	99.9999	.0001	1000	99.9	.1
80	100,000,000	99.999999	.00001	10,000	99.99	.01
100	1,000,000,000	99.99999999	.000001	100,000	99.999	.001

Una tabella che illustra in modo più preciso il legame fra attenuazione e intensità di campo o densità di potenza. (fonte: lessemf.com)

EFFETTI BIOLOGICI E SANITARI DEI CAMPI E.M. A BASSA FREQUENZA

Mentre nel caso dei campi elettromagnetici *ad alta frequenza* l'energia elettromagnetica viene assorbita dai tessuti e dissipata come calore – con un aumento della temperatura generale o locale, a seconda che venga esposto l'intero corpo o solo alcuni organi – i campi elettrici e magnetici *a bassa frequenza* creano nel corpo umano delle correnti indotte, che si sovrappongono a quelle endogene, cioè generate dallo stesso organismo umano durante il suo normale funzionamento.

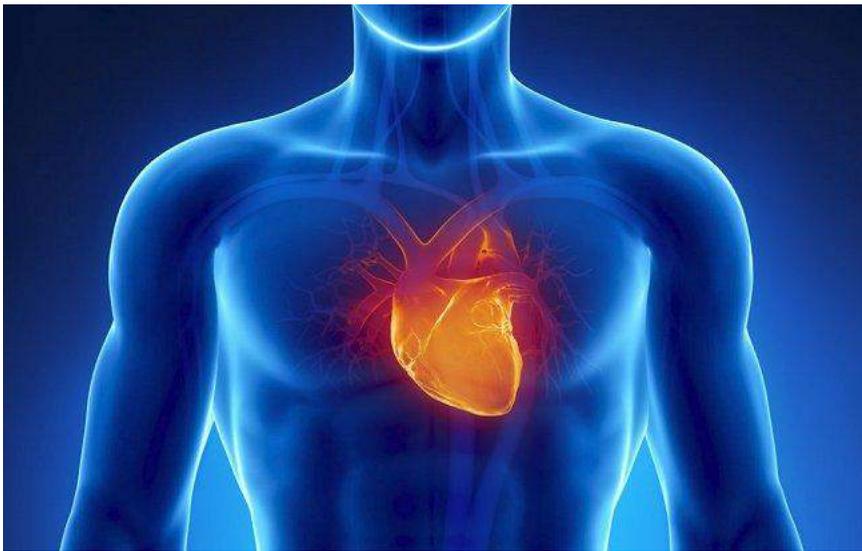
Le cariche elettriche libere, infatti, possono essere messe in moto da un campo elettrico o magnetico esterno. Esistono anche coppie di cariche strettamente legate, di uguale intensità ma di segno opposto, chiamate *dipoli elettrici*. Sotto l'azione di un campo elettrico alternato a bassa frequenza (la frequenza rappresenta il numero di oscillazioni al secondo) questi dipoli vengono messi in oscillazione, in sincronia con il campo esterno, e il loro movimento non viene ostacolato dall'attrito.



I campi magnetici a bassa frequenza inducono nel corpo umano delle correnti parassite.

Nel caso dei campi elettromagnetici ad alta frequenza, invece, il movimento delle cariche viene ostacolato dall'attrito con le molecole circostanti e l'energia ceduta dal campo esterno viene trasformata in un moto disordinato delle molecole, cioè in calore. Per questo motivo, i relativi effetti vengono detti “effetti termici”. Diversamente, alle *basse frequenze* (e fino a circa 1 MHz), prevale – come detto – l'induzione di correnti elettriche nei tessuti elettricamente stimolabili, quali nervi e muscoli, che produce degli effetti biologici *diretti*.

Il problema che si pone è quello di determinare se tali risposte costituiscono o meno un pericolo per la salute. In questo senso è importante distinguere tra effetti biologici ed effetti di danno alla salute (o effetti sanitari). Gli effetti *biologici* sono risposte a uno stimolo in un organismo o in una cellula. Un esempio è l'aumento del battito cardiaco dopo aver bevuto una tazza di caffè. Gli effetti *sanitari* sono invece il risultato degli effetti biologici che provocano un danno alla salute della persona esposta.



I campi magnetici a bassa frequenza inducono innanzitutto effetti acuti, ovvero a breve termine, sul sistema cardiaco a intensità elevate.

Gli effetti sanitari dei campi elettromagnetici a 50-60 Hz

Ricordiamo che gli effetti sulla salute si distinguono in due categorie: effetti *acuti*: sono conseguenti a esposizioni di breve durata e alta intensità;

effetti *a lungo termine*: possono derivare da esposizioni prolungate nel tempo anche di lieve intensità. Gli effetti acuti si manifestano nel caso di intensità elevate del campo magnetico, cioè a livelli di campo magnetico oltre 100 μT e provocano la stimolazione di nervi e muscoli nonché variazioni nell'eccitazione delle cellule del sistema nervoso centrale.

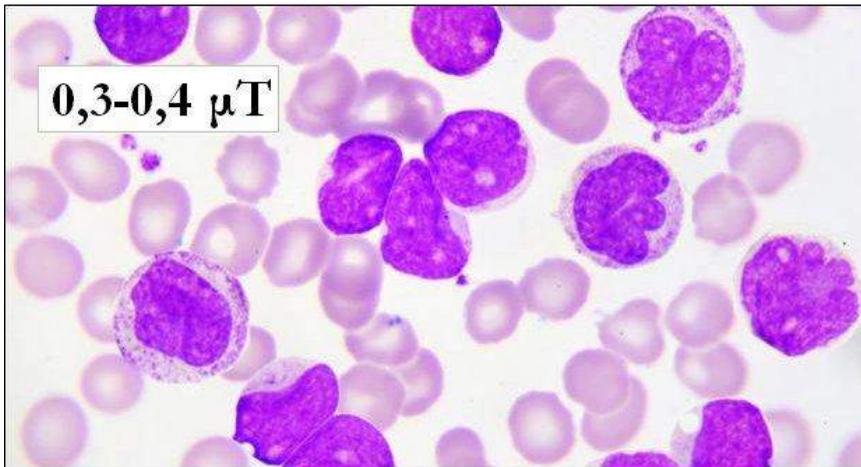
Per quanto riguarda sempre gli effetti *acuti*, essi sono stati segnalati sul sistema visivo e sul sistema nervoso centrale, nonché sotto forma di disturbi cardiaci (extrasistole e fibrillazione ventricolare); inoltre sono stati riscontrati sintomi quali cefalea, insonnia, affaticamento, in presenza di campi elettromagnetici (sia di bassa che di alta frequenza) al di sotto dei limiti di legge raccomandati per la protezione dagli effetti acuti. Tale effetto viene denominato “ipersensibilità elettromagnetica” o, più comunemente, elettrosensibilità, già illustrata nei Capitoli 6 e 7.

Per quanto riguarda gli effetti *cronici*, o a lungo termine, il rischio sul quale si è focalizzata l'attenzione dei ricercatori e dell'opinione pubblica è invece la possibilità che l'esposizione a campi elettrici e magnetici a frequenza di rete (50 o 60 Hz) possa indurre nell'uomo la comparsa di tumori – in primo luogo la leucemia ed il cancro al cervello – sulla base dei risultati di una serie di indagini epidemiologiche.



Il legame fra i campi di elettrodotti e cancro è sempre stato discusso, ma negli ultimi anni sono emerse novità a riguardo che iniziano a chiarire il quadro.

Nel 2002, l'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) ha classificato i campi elettromagnetici *a bassa frequenza* tra gli “agenti possibili cancerogeni per l'uomo” (gruppo 2B). Il giudizio si basava su analisi che sono state effettuate aggregando i dati di diversi studi epidemiologici disponibili all'epoca e che indicavano in modo coerente un aumento di un fattore due nei casi di leucemia infantile, associato ad un'esposizione media a campi magnetici a frequenza di rete superiore a **0,3-0,4 μT** . Il gruppo di lavoro ha concluso che gli ulteriori studi pubblicati in seguito non alterassero la classificazione.



Alcuni decenni or sono è emersa un'associazione fra un'esposizione media a campi magnetici a frequenza di rete di 0,3-0,4 μT e aumento della leucemia infantile.

Alcuni studi epidemiologici, però, non hanno trovato tale collegamento. Pertanto era giustificata l'applicazione del principio di precauzione e l'obiettivo di mantenere l'esposizione della popolazione generale e dei lavoratori ai più bassi livelli realizzabili. In fondo, è lo stesso Istituto Superiore della Sanità (ISS) ad affermare che in Italia l'esposizione ai campi elettromagnetici a bassissima frequenza potrebbe provocare ogni anno 4 casi di leucemia infantile (dei 400 casi che si verificano all'anno).

La leucemia infantile è una malattia relativamente rara, con un numero totale di nuovi casi all'anno stimato in circa 49.000 a livello mondiale nel 2000. Esposizioni in casa a campi magnetici superiori in media a $0,3 \mu\text{T}$ sono rare: si stima che solo una frazione tra l'1% e il 4% dei bambini viva in queste condizioni. Quindi, se veramente i campi magnetici aumentano il rischio di questa patologia – come gli studi epidemiologici sem-

brano indicare – l’impatto dell’esposizione a tali campi magnetici sulla salute pubblica sarebbe limitato a una percentuale limitata della popolazione, e cioè per lo più quella che vive vicino a elettrodotti.

Sebbene sia campi magnetici che elettrici siano presenti nelle vicinanze di elettrodotti e apparecchiature elettriche a frequenza di rete, i potenziali effetti sanitari sembrano essere limitati ai soli campi *magnetici*. Questo perché, negli studi epidemiologici che hanno trovato una correlazione tra l’aumento del rischio di cancro e la presenza di elettrodotti, tale aumento si pensa sia dovuto ai campi magnetici. Una analoga correlazione, infatti, non è stata riscontrata per i campi elettrici misurati.

La maggior parte dei sistemi elettrici opera alla frequenza di 50 o 60 Hz. Vicino a certe apparecchiature, i valori del campo elettromagnetico possono essere dell’ordine di qualche centinaio di microtesla (μT). Sotto le linee ad alta tensione, i campi magnetici possono raggiungere valori di circa $20 \mu\text{T}$ e i campi elettrici possono essere di alcune migliaia di volt per metro. Nelle abitazioni, i campi magnetici a frequenza di rete sono però in media molto più bassi, pari a circa $0,07 \mu\text{T}$ in Europa e $0,11 \mu\text{T}$ nell’America del Nord. I valori medi del campo elettrico nelle abitazioni arrivano a qualche decina di volt al metro.

Journal of
Lasers
in Medical Sciences

J Lasers Med Sci 2016 Spring;7(2):120-125

Original Article

<http://www.journals.sbmu.ac.ir/jlms>

doi 10.15171/jlms.2016.20

Effects of 3 Hz and 60 Hz Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields on Anxiety-Like Behaviors, Memory Retention of Passive Avoidance and Electrophysiological Properties of Male Rats

Amin Rostami¹, Minoo Shahani², Mohammad Reza Zarrindast³, Saeed Semnanian⁴, Mohammad Rahmati Roudsari⁵, Mostafa Rezaei Tavirani⁶, Hadi Hasanzadeh⁶

¹Faculty of Paramedical Sciences, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
²Proteomics Research Center, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
³Department of Pharmacology, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
⁴Department of Physiology, School of Medical Sciences, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran
⁵Skin Research Center, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
⁶Cancer Research Center and Department of Medical Physics, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran

Un recente studio sugli effetti a breve termine dei campi elettromagnetici a bassa frequenza sui ratti (Rostami et al., 2016).

Gli scienziati usano un tipo di ricerca denominato epidemiologia per lo studio delle possibili cause di malattie per la popolazione umana. Essa considera gli effetti a breve termine (o acuti) e gli effetti a lungo termine, quali ad esempio cancro e malattie cardiache. I risultati di tali studi sono riportati i termini di correlazione statistica tra i vari fattori e la malattia. L'obiettivo è quello di stabilire se esistano risultati statistici che indichino una effettiva relazione causale. Ciò include la valutazione di possibili effetti dovuti ad altri fattori (i cosiddetti "fattori di confusione"), che possono influire sul risultato dello studio stesso.

Esposizione e cancro: un excursus dei riscontri epidemiologici

Il primo studio epidemiologico a riportare una correlazione tra linee di trasmissione elettrica e cancro fu condotto nel 1979 a Denver da Nancy Wertheimer e Ed Leeper. Essi trovarono che per i bambini che erano morti di cancro c'era una probabilità due o tre volte superiore di aver abitato nell'intorno di **40 metri** da una linea di trasmissione ad alta corrente, rispetto ai casi degli altri bambini studiati. L'esposizione a campi magnetici venne identificata come un possibile fattore in questo studio. I ricercatori stimarono i valori di campo magnetico prodotto dalle linee di trasmissione basandosi sulla dimensione e sul numero dei fili della linea di trasmissione e sulla distanza tra la linea stessa e la casa.

Am J Epidemiol, 1979 Mar;109(3):273-84.

Electrical wiring configurations and childhood cancer.

Wertheimer N, Leeper E.

Abstract

An excess of electrical wiring configurations suggestive of high current-flow was noted in Colorado in 1976--1977 near the homes of children who developed cancer, as compared to the homes of control children. The finding was strongest for children who had spent their entire lives at the same address, and it appeared to be dose-related. It did not seem to be an artifact of neighborhood, street congestion, social class, or family structure. The reason for the correlation is uncertain; possible effects of current in the water pipes or of AC magnetic fields are suggested.

Il primo studio epidemiologico a riportare una correlazione fra elettrodotti e cancro.

Un secondo studio epidemiologico condotto a Denver nel 1988, ed uno a Los Angeles nel 1991, trovarono anch'essi una correlazione significativa tra la circostanza di vivere in prossimità di linee di trasmissione elettrica ad elevato trasporto di corrente e l'incidenza di cancro infantile. Lo studio di Los Angeles trovò un'associazione con la leucemia, ma non analizzò tutti i tipi di cancro. Lo studio del 1988 di Denver, invece, trovò

una correlazione con tutti i tipi di cancro. Quando il caso leucemie venne analizzato separatamente, il rischio riscontrato fu elevato, ma non statisticamente significativo.

Studi condotti in Svezia (1992) e Messico (1993) trovarono un incremento dell'incidenza di leucemie per bambini che vivevano vicino a linee di trasmissione. Uno studio danese del 1993, come già lo studio a Denver del 1988, trovò un'associazione per l'incidenza di tutti i tipi di cancro infantili, ma non specificatamente per le leucemie. Uno studio finlandese trovò una correlazione con l'incidenza di tumori al sistema nervoso centrale nei giovani. Otto diversi studi esaminarono il rischio di cancro per adulti viventi in prossimità di linee di trasmissione. Di questi, due trovarono una correlazione significativa con il cancro.

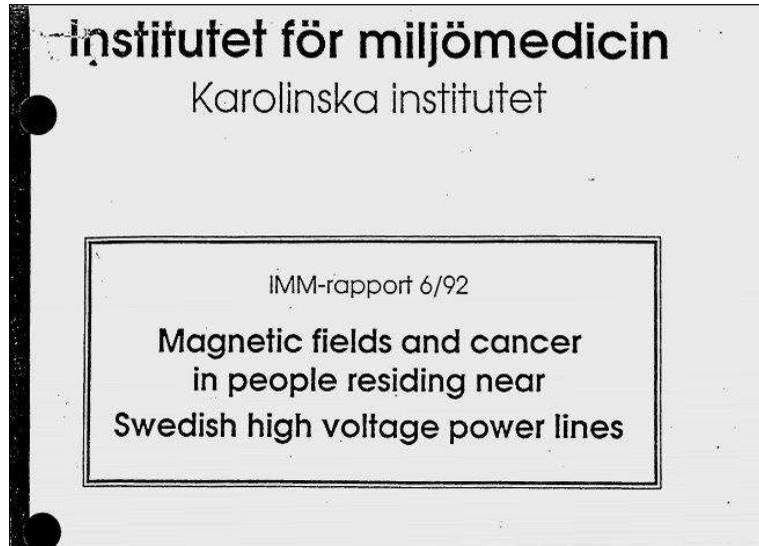


Molti studi scientifici degli anni Novanta hanno trovato una correlazione fra il vivere in case vicine a elettrodotti e alcuni tipi di cancro.

In particolare, nel 1992 alcuni ricercatori svedesi pubblicarono i risultati di uno studio riguardante l'incidenza del cancro su persone residenti in prossimità di elettrodotti ad alta tensione. Lo studio svedese focalizzò l'interesse di scienziati, popolazione e mezzi di informazione. Nello studio veniva riportato un aumento di leucemia nei bambini svedesi residenti all'interno di una fascia di **50 metri** da un elettrodotto. Tale rischio fu trovato crescere progressivamente, parallelamente all'aumento in in-

tensità della media annuale del campo magnetico a 50 Hz. I ricercatori svedesi conclusero che i loro studi davano un'evidenza ulteriore per un possibile collegamento tra campi magnetici e insorgenza di leucemia infantile.

La copertina dello studio svedese appena citato, che all'epoca fece molto scalpore.



Al 1995, in 14 studi epidemiologici erano state analizzate le possibili correlazioni tra vicinanza delle linee di trasmissione e vari tipi di cancro infantile. Di questi, otto (dunque quasi il 60% di questo campione) avevano riportato una *correlazione positiva* dal punto di vista statistico tra vicinanza delle linee di trasmissione e l'insorgenza di alcuni tipi di cancro. Quattro dei quattordici studi (dunque quasi il 30% del campione) avevano mostrato una correlazione statistica *significativa* con la leucemia.

Inoltre, in parecchi studi epidemiologici è stato riportato un aumento del rischio di cancro per lavoratori impiegati in prossimità di apparecchiature elettriche. Il lavoro pubblicato nel 1982 dal dr. Samuel Milham fu uno dei primi ad ipotizzare che per i lavoratori elettrici con un'elevata esposizione ci fosse un rischio maggiore di sviluppare la leucemia, rispetto agli altri lavoratori. Uno studio successivo dello stesso autore, pubblicato nel 1990, riportò un numero elevato di casi di leucemia e linfomi nel caso di lavoratori di fonderie di alluminio, industrie in cui venivano impiegate ingenti quantità di energia elettrica.

Uno studio effettuato su lavoratori svedesi del 1992 (Floderus et al.) trovò un'associazione tra esposizione media a campi elettromagnetici e leu-

cemia linfocitica cronica. Venne riportata l'evidenza di un aumento del rischio al crescere dell'esposizione. Lo studio di Floderus riportò anche l'aumento del numero di tumori al cervello in giovani uomini, il cui lavoro comportava esposizioni relativamente elevate a campi magnetici.

Nel 1994 furono pubblicati i risultati di un importante lavoro, relativo ai lavoratori elettrici in Canada e Francia. Il gruppo di ricerca, diretto dal dott. Gilles Theriault, analizzò 4151 casi di cancro su 223.292 lavoratori impiegati in due centrali elettriche in Francia ed in una in Canada. Ai lavoratori con un'esposizione cumulativa al campo magnetico superiore al valore (mediana) di **3,1 μT** , era associato un rischio significativamente più elevato (più di tre volte maggiore) di sviluppare la leucemia mieloide acuta. Per i lavoratori maggiormente esposti a campi magnetici risultò un'incidenza di astrocitoma (un tipo di tumore al cervello) dodici volte maggiore rispetto a quella attesa.

Per questo gli autori dello studio franco-canadese conclusero che i risultati da loro riportati non fornivano un'evidenza definitiva sul fatto che i campi magnetici fossero la causa dell'elevato rischio riscontrato di leucemie e cancro al cervello, tuttavia considerarono "degno di nota" il fatto che, a fronte dell'enorme numero di analisi effettuate, i due tipi di cancro (leucemia e cancro al cervello) per i quali si osservò una correlazione significativa con la presenza di campi elettromagnetici, erano proprio tra i quattro tipi di cancro per i quali era già stata trovata in studi precedenti una correlazione con la presenza di campi magnetici: il linfoma, la leucemia, il cancro al cervello ed il melanoma.

Alcuni effetti biologici dei campi e.m. a bassa frequenza

Il risultato di uno studio epidemiologico viene assunto come statisticamente significativo se esiste una correlazione entro il 95% di confidenza (una misura del grado di affidabilità della stima statistica realizzata). Tuttavia, una correlazione di tipo statistico non prova necessariamente una relazione di tipo causa-effetto. Generalmente sono necessari ulteriori risultati da studi su animali di laboratorio prima che gli scienziati possano concludere che un determinato fattore è causa di una malattia.

Numerosissimi studi di laboratorio hanno mostrato che l'esposizione a campi elettromagnetici a radiofrequenza può essere causa di effetti bio-

logici. Anche negli studi riguardanti campi elettrici e/o campi magnetici a bassa frequenza sono stati riscontrati diversi tipi di *effetti biologici* (v. tabella). Per effetto biologico si intende un cambiamento osservabile di qualche fattore biologico. Nella maggior parte dei casi, tuttavia, non è chiara la modalità con la quale si producono tali effetti dimostrati.

Effetti dovuti a CEM ELF riportati in alcuni studi di laboratorio	
• Cambiamenti nelle funzioni di cellule e tessuti.	• Crescita accelerata del tumore.
• Diminuzione dell'ormone melatonina.	• Cambiamenti nei bioritmi.
• Alterazione del sistema immunitario.	• Cambiamenti nell'attività cerebrale e frequenza cardiaca umana.

Gli effetti dei campi magnetici a bassa frequenza riportati in alcuni studi di laboratorio effettuati sugli animali nel corso degli anni.

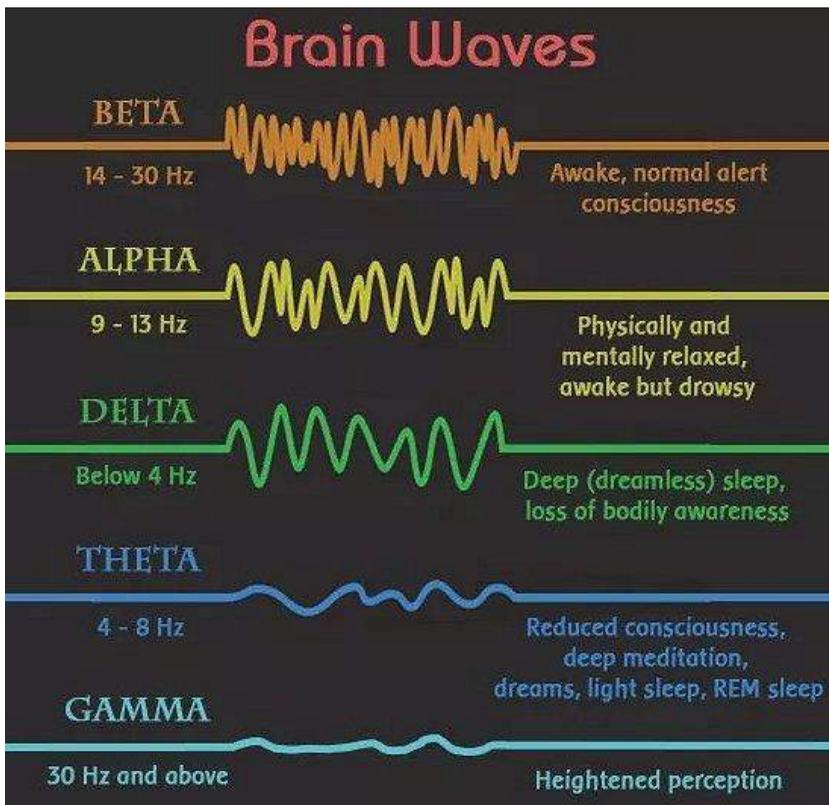
Gli studi di laboratorio – che vanno effettuati seguendo protocolli di lavoro specifici – stanno dando indizi circa il modo di interagire dei campi elettrici e magnetici con i processi biologici fondamentali. La membrana cellulare può essere un importante sito di interazione con correnti indotte dai campi in questione. Alcuni studi suggeriscono che i campi elettromagnetici a frequenza di rete (50 Hz o 60 Hz) possano promuovere lo sviluppo di alcuni tipi di cancro *già esistenti* ma inespresi.

I campi a corrente alternata danno origine a deboli correnti elettriche nei corpi di persone ed animali. Questa è la ragione più ovvia per cui i campi elettromagnetici a bassa frequenza possono causare degli effetti biologici. Le correnti indotte dai campi elettrici e magnetici sono distribuite in modo differente all'interno del corpo. L'entità di tale corrente è molto piccola (dell'ordine di millesimi di ampère), persino se ci si trova direttamente al di sotto di una grande linea di trasmissione. Correnti di questa intensità sono troppo deboli per penetrare le membrane cellulari, pertanto si instaurano principalmente tra le cellule.

Le correnti dei campi elettromagnetici a 50 Hz sono meno intense delle correnti naturalmente presenti nel corpo, quali quelle generate da attività cerebrale e cardiaca. Alcuni scienziati ritengono che perciò sia impossibile che i campi elettromagnetici diano luogo ad effetti importanti. Altri

scienziati sostengono invece che, come un orecchio allenato è in grado di riconoscere una voce o un pianto in una folla, così una cellula possa rispondere a delle correnti indotte in modo regolare, periodico, come ad un segnale, più basso in intensità e comunque rivelabile persino dal rumore di fondo delle correnti naturali del corpo.

A tal proposito, è interessante notare che il nostro cervello ha un'attività caratterizzata da onde di frequenza compresa fra 0 e 50 Hz. Infatti, alla base di tutti i nostri pensieri, emozioni e comportamenti c'è la comunicazione tra i neuroni all'interno del nostro cervello. Le onde cerebrali sono prodotte da impulsi elettrici sincronizzati da masse di neuroni che comunicano tra loro. La velocità delle onde cerebrali viene misurata in Hertz (cicli al secondo) e tali onde sono divise in bande che delineano onde lente, moderate e veloci, associate a diverse funzioni: *infra-low* (<0,5 Hz); *onde Delta* (da 0,5 a 3 Hz); *onde Theta* (da 3 a 8 Hz); *onde Alfa* (da 8 a 12 Hz); *onde Beta* (da 12 a 38 Hz); *onde Gamma* (da 38 a 42 Hz).



I vari tipi di onde cerebrali umane e le principali funzioni ad esse associate.

Campi elettrici di intensità elevata, come quelli che si registrano in prossimità di una grossa linea di trasmissione elettrica, possono far vibrare ad una frequenza prossima a 50 Hz i capelli di una testa esposta, o i peli delle braccia, e accendere un tubo al neon tenuto in mano a un'estremità. Da alcune persone viene avvertita anche una sensazione di formicolio. I campi elettromagnetici generati da linee di trasmissione possono causare in talune circostanze anche fastidiose scosse, a causa della tensione indotta dai campi elettromagnetici, in seguito al contatto della persona con alcuni oggetti, quali ad esempio reti metalliche non collegate a terra.

Effetti non mutageni bensì di promozione del cancro

In passato, gli studi di laboratorio effettuati in vitro e sugli animali hanno indicato che i campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete non hanno effetti mutageni, cioè *di per sé* non sembrano provocare il cancro. Pertanto, se i campi magnetici a frequenza di rete (50/60 Hz) sono realmente associati ad un aumentato rischio di cancro – come vari studi epidemiologici sembrerebbero suggerire – questi campi devono agire piuttosto come promotori oppure *co-promotori* del cancro nelle cellule che sono già state avviate in tale processo. Un articolo pubblicato nel 1995 sulla rivista *Life Sciences* ha passato in rassegna le prove prodotte dagli studi sugli animali, giungendo a delle conclusioni interessanti.

Life Sci. 1994;54(21):1531-43.

Animal studies on the role of 50/60-Hertz magnetic fields in carcinogenesis.

Loscher W¹, Mevissen M.

Ⓜ Author information

Abstract

A number of epidemiological studies have suggested that exposure to 50/60-Hz magnetic fields (MF) from power lines and electrical equipment may be associated with a modestly increased incidence of various types of cancer. Laboratory studies have indicated that nonionizing radiation has no mutagenic effect, i.e. does not initiate cancer. Thus, if 50/60-Hz MF are truly associated with an increased risk of cancer, then these fields must act as a promoter or co-promoter of cancer in cells that have already been initiated. This paper reviews the evidence produced by animal studies. As shown in this review, the available animal data on 50/60-Hz MF exposures seem to indicate that intermediate MF exposure exerts co-promoting effects in different tumor models, particularly cocarcinogenesis models of breast cancer, while chronic (up to life-time) exposure may exert promoting effects on "spontaneous" development of certain tumors. The tumor promoting or co-promoting effects of 50/60-Hz MF exposure found in several animal studies could relate to actions of MF on gene expression, immune surveillance, and Ca²⁺ homeostasis as demonstrated by in vitro experiments in cell cultures. However, the most plausible evidence for an in vivo effect of MF exposure which could be related to tumor promotion is reduction of circulating levels of melatonin, i.e. a hormone which is inhibitory to the growth of a wide range of cancers, particularly breast cancer. Animal studies have shown that 50-Hz MF exposure at flux densities as low as 0.3-1 mu Tesla significantly reduces nocturnal melatonin levels in plasma. While decrease of melatonin levels alone could explain tumor promoting or co-promoting effects of MF exposure, recent data indicate that MF exposure also impairs the effects of melatonin at the cellular level. Thus, the oncostatic effect of melatonin on cell proliferation of a human breast cancer cell line was antagonized by 60-Hz MF exposure at a flux density of about 1 mu Tesla. All these data indicate that interactions between 50/60-Hz MF exposure and melatonin may be the key mechanism of any carcinogenic effects. Although the existing experimental evidence is still insufficient for discerning a cause-effect relationship for MF exposure and human disease or injury, it does suggest the need for further laboratory research under well-defined laboratory exposure conditions to allow for a realistic assessment of the possible health risks and their magnitude.

L'importante meta-analisi di Loscher e Mevissen (1994).

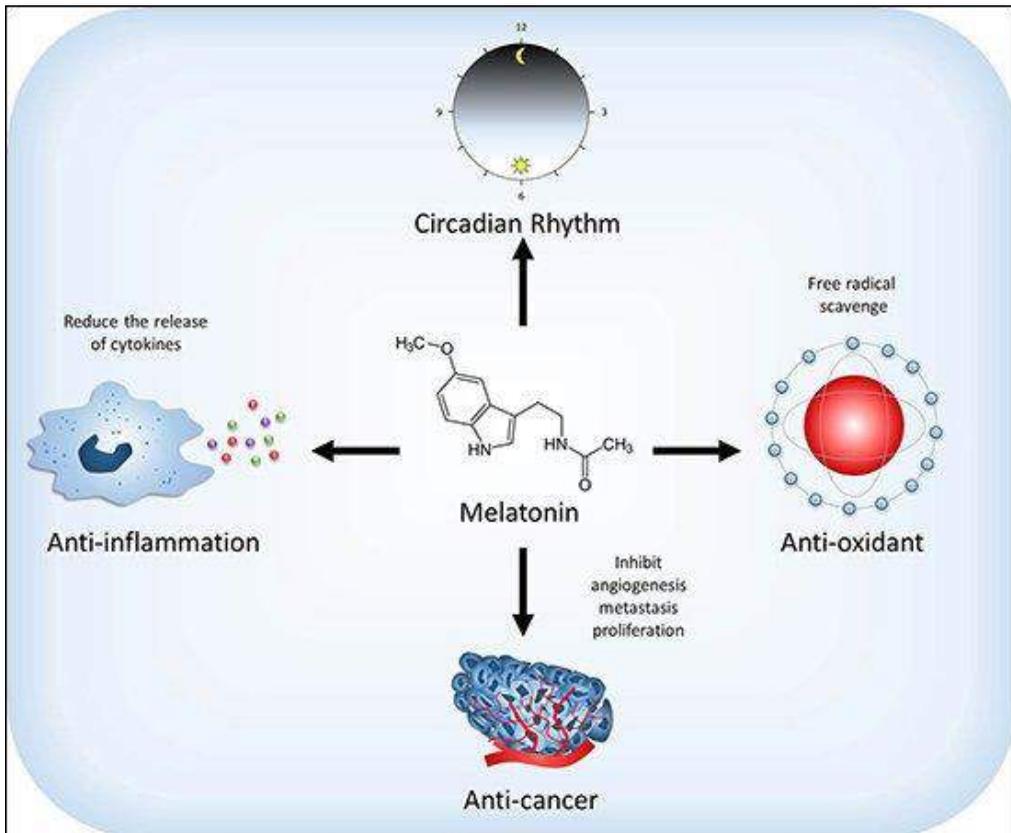
Come mostrato infatti in questa meta-analisi da Loscher e Mevissen, i dati sugli animali disponibili sulle esposizioni a campi magnetici a 50/60 Hz sembrano indicare che l'esposizione di durata intermedia a campi magnetici esercita effetti di *co-promozione* in diversi modelli tumorali, in particolare nei modelli di co-carcinogenesi del cancro al seno; mentre l'esposizione cronica (fino all'intera vita) può esercitare effetti *promuoventi* sullo sviluppo "spontaneo" di alcuni tumori.

Gli effetti di promozione o co-promozione del tumore dell'esposizione a campi magnetici a 50/60 Hz rilevati *in diversi studi* sugli animali potrebbero riguardare azioni di tali campi sull'espressione genica, sulla sorveglianza immunitaria e sull'omeostasi del Ca^{2+} , come dimostrato da esperimenti in vitro su colture cellulari. Tuttavia, la prova più plausibile di un effetto in vivo dell'esposizione ai campi magnetici che potrebbe essere correlata alla promozione del tumore è la riduzione dei livelli circolanti di melatonina, cioè un ormone che inibisce la crescita di un'ampia gamma di tumori, in particolare il cancro al seno.



Pertanto, gli scienziati hanno rivolto il loro interesse allo studio della melatonina – un ormone prodotto principalmente dall'ipofisi (o ghiandola pineale), una piccola ghiandola che si trova nel cervello – perché ciò può aiutare nella comprensione dei risultati ottenuti in alcuni studi epidemiologici riguardanti i campi elettromagnetici a bassa frequenza. Negli esperimenti di laboratorio, infatti, è stato riscontrato che la melatonina rallen-

ta la crescita di alcuni tipi di cellule cancerogene. Se i campi a frequenza di rete possono influenzare la melatonina negli esseri umani, ciò potrebbe spiegare i risultati ottenuti in alcuni studi epidemiologici sui campi a frequenza di rete in relazione ad alcuni tipi di cancro.



Alcuni dei principali effetti della melatonina.

Studi *su animali* hanno dimostrato che l'esposizione a campi magnetici a 50 Hz con densità di flusso a partire da **0,3-1 μT** riduce significativamente i livelli notturni di melatonina nel plasma. Già negli anni '80, in effetti, gli scienziati trovarono che nei ratti, esposti a campi *elettrici* a frequenza di rete, i livelli notturni di melatonina erano ridotti. Da allora altri studi hanno riportato che sia i campi *magnetici* a corrente alternata (AC) a 50/60 Hz sia quelli a corrente continua (DC) possono influire sui livelli di melatonina nei ratti e nei criceti. Tuttavia, tali esperimenti sono in generale molto delicati ed i risultati dipendono dalla combinazione di più fattori, tra cui l'età dell'animale e la durata diurna.

Sebbene la diminuzione dei livelli di melatonina da sola potrebbe spiegare la promozione del tumore o la co-promozione degli effetti dell'esposizione a campi magnetici, dati recenti indicano che l'esposizione a campi magnetici altera gli effetti della melatonina *anche a livello cellulare*. Ad esempio, l'effetto oncostatico della melatonina sulla proliferazione cellulare di una linea cellulare di carcinoma mammario umano è stato antagonizzato dall'esposizione a campi magnetici a 60 Hz a una densità di flusso molto bassa, di circa 1 μ T (Liburdy et al., 1993).

J. Pineal Res. 1993 Mar;14(2):89-97.

ELF magnetic fields, breast cancer, and melatonin: 60 Hz fields block melatonin's oncostatic action on ER+ breast cancer cell proliferation.

Liburdy RP¹, Sloma TR, Sokolic R, Yaswen P.

⊕ Author information

Abstract

In this study we investigated whether a 60 Hz magnetic field can act at the cellular level to influence the growth of human estrogen-dependent breast cancer cells. Our experimental design assessed cell proliferation of a human breast cancer cell line, MCF-7, in the absence or the presence of melatonin which inhibits growth at a physiological concentration of 10(-9) M. In three experiments, continuous exposure to average sinusoidal 60 Hz magnetic fields of 1.90 +/- 0.01, 2.40 +/- 0.70, and 2.53 +/- 0.50 mG, or simultaneous exposure in matched incubators to average 60 Hz magnetic fields of 10.4 +/- 2.12, 11.95 +/- 2.73, and 11.95 +/- 3.28 mG, respectively, had no effect on cell proliferation in the absence of melatonin. When MCF-7 cells were cultured in the presence of 10(-9) M melatonin, an 18% inhibition of growth was observed for cells in a 2.40 +/- 0.70 mG field. This effect was blocked by a 60 Hz magnetic field of 11.95 +/- 2.75 mG. In a second experiment, a 27% inhibition of MCF-7 cell growth was observed for cells in a 2.53 +/- 0.50 mG magnetic field, and this was blocked by a 60 Hz magnetic field of 11.95 +/- 3.28 mG. These results provide the first evidence that ELF frequency magnetic fields can act at the cellular levels to enhance breast cancer cell proliferation by blocking melatonin's natural oncostatic action. In addition, there appears to be a dose threshold between 2 and 12 mG. The mechanism(s) of action is unknown and may involve modulation of signal transduction events associated with melatonin's regulation of cell growth.

L'effetto oncostatico della melatonina è antagonizzato dai campi magnetici a frequenza di rete a bassa intensità (Liburdy et al., 1993).

“Tutti questi dati indicano”, concludono gli autori dello studio che abbiamo qui riassunto, “che le interazioni tra l'esposizione a campi magnetici a 50/60 Hz e la melatonina possono essere il meccanismo chiave di qualsiasi effetto cancerogeno. Sebbene l'evidenza sperimentale esistente sia ancora insufficiente per discernere una relazione causa-effetto per esposizione a campi magnetici e malattia o lesione umana, suggerisce la necessità di ulteriori ricerche di laboratorio in condizioni di esposizione ben definite per consentire una valutazione realistica dei possibili rischi per la salute e della loro entità”.

Negli ultimi 20 anni, il potenziale co-carcinogenico dei campi magnetici a frequenza estremamente bassa (50 o 60 Hz) è stato valutato in tutto il mondo in diversi sistemi di modelli animali. Sebbene la maggior parte dei risultati siano stati negativi, sono stati riportati risultati debolmente posi-

tivi in diversi modelli di cancro. Inoltre, più di recente è stato proposto che l'esposizione a campi magnetici a frequenza di rete possa potenziare gli effetti di noti agenti cancerogeni solo quando gli animali sono esposti *sia a campo magnetico sia a un cancerogeno* durante un prolungato periodo di sviluppo del tumore, cioè, quando l'agente cancerogeno viene somministrato ripetutamente durante l'esposizione a campi magnetici.

Tuttavia, uno studio sperimentale (Loscher, 2001) – v. la figura qui sotto – ha mostrato che campi magnetici con densità di flusso di 50 o 100 μT hanno aumentato significativamente la crescita dei tumori mammari nel ratto, in maniera *indipendente* dal fatto che l'agente cancerogeno (in questo caso, il dimetilbenzene) fosse somministrato in una *singola somministrazione* o, invece, *ripetutamente* per un periodo prolungato.

Bioelectromagnetics, 2001 Dec;22(8):603-14.

Do cocarcinogenic effects of ELF electromagnetic fields require repeated long-term interaction with carcinogens? Characteristics of positive studies using the DMBA breast cancer model in rats.

Loscher W¹.

⊕ Author information

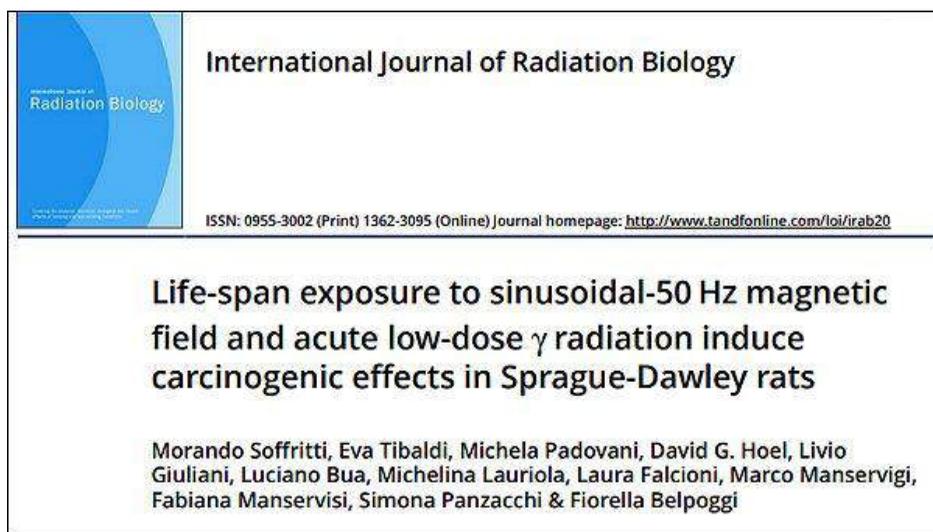
Abstract

The carcinogenic or cocarcinogenic potential of extremely low frequency (ELF; 50 or 60 Hz) magnetic fields (MFs) has been evaluated worldwide in diverse animal model systems. Though most results have been negative, weakly positive or equivocal results have been reported in several cancer models, including the rat DMBA (7,12-dimethylbenz[a]anthracene) model of mammary cancer. Based on the experimental conditions used in studies in which cocarcinogenic effects of ELF MF were found, it was recently proposed that MF exposure may potentiate the effects of known carcinogens only when the animals are exposed to both MF and carcinogen during an extended period of tumor development, i.e., when the carcinogen is given repeatedly during MF exposure. This review summarizes a series of experiments from our group, showing cocarcinogenic MF effects in the DMBA breast cancer model in rats, to test whether the above proposal is confirmed by existing data. Flux densities of 50 or 100 microT significantly increased the growth of mammary tumors, independent of whether DMBA was given in a single administration or repeatedly over a prolonged period. Thus, these data do not substantiate the hypothesis requiring repeated doses of DMBA during MF exposure. Instead, several other aspects of study design and experimental factors are identified that seem to be critical for the detection of cocarcinogenic effects of MF exposure in the rat DMBA mammary cancer model. These include the rat subline used, the dose of DMBA, the duration of MF exposure, the flux density, the background (sham control) tumor incidence, and the location of mammary tumors in the mammary gland complex. These and other experimental aspects may explain why some laboratories did not detect cocarcinogenic MF effects in the DMBA model. We hope that direct comparison of MF bioeffects in different rat sublines and further evaluation of other experimental differences between studies on MF exposure in the DMBA model will eventually determine which genetic and environmental factors are critical for potential carcinogenic or cocarcinogenic effects of ELF MF exposure.

Pertanto, questi dati non avvalorano l'ipotesi che richiede dosi ripetute dell'agente cancerogeno durante l'esposizione a campi magnetici: ne basta una sola! Inoltre, sono stati identificati molti aspetti della progettazione dello studio e dei fattori sperimentali che sembrano essere fondamentali per il rilevamento degli effetti co-carcinogenici dell'esposizione a campi magnetici nel modello di cancro mammario del ratto.

Dunque, non stupisce che uno studio dell'Istituto Ramazzini, pubblicato nel 2016, abbia trovato per la prima volta che l'esposizione di ratti per

l'intera vita (dal periodo prenatale fino alla morte naturale) a un campo magnetico a 50 Hz (di 1000 μ T) e ad un basso dosaggio acuto di radiazione gamma (0,1 Gy, cioè simile a quello di una TAC) induce effetti *cancerogeni*: cancro mammario, leucemia e schwannoma maligno del cuore. Si noti che i risultati di questo studio *non possono* essere paragonati a quelli di studi sugli animali condotti in passato a causa del diverso setup sperimentale adottato, del grande numero di animali per gruppo, dalla loro completa valutazione istopatologica di tutti gli organi e tessuti, etc.



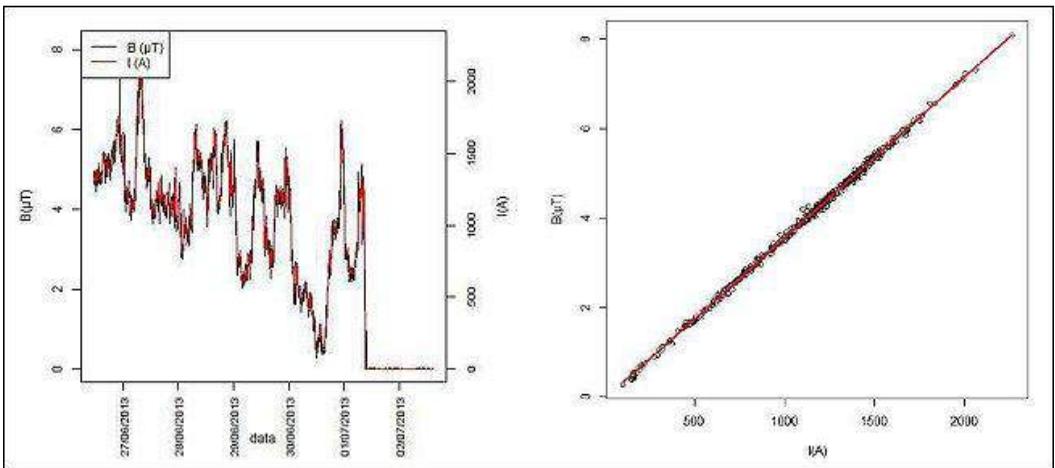
L'importante e recente studio dell'Istituto Ramazzini sugli effetti in animali di laboratorio dei campi magnetici a frequenza di rete (50 Hz).

“Il risultato da noi ottenuto”, concludono gli autori del Ramazzini, “richiede una rivalutazione della sicurezza delle radiazioni non ionizzanti (a bassa frequenza, *ndr*), in particolare in questo momento in cui la pressione per passare dalla mobilità convenzionale basata sui carburanti alla mobilità elettrica ha un'alta priorità nell'UE, negli Stati Uniti e in altri Paesi industrializzati”. E ricordiamo che il Ramazzini, con oltre 200 agenti cancerogeni individuati, è storicamente uno dei due principali istituti di riferimento al mondo per le decisioni in tema di classificazione della cancerogenicità da parte dell'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC), che a sua volta dipende dall'OMS.

COME MISURARE I CAMPI DI ELETTRODOTTI E LINEE ELETTRICHE

I campi elettromagnetici a bassa frequenza di elettrodotti, linee elettriche e trasformatori di potenza sono caratterizzati da frequenze di 50 Hz (in Italia e in Europa), per cui sono *quasi stazionari* e le loro due componenti di campo (elettriche e magnetiche) possono essere considerate separate, pertanto è necessario misurare separatamente campo elettrico E (in V/m) e campo magnetico H (espresso in μT , ovvero microtesla). La componente magnetica è quella – come ormai abbiamo imparato – che pone i maggiori problemi per la salute.

In pratica, in prossimità di un elettrodotto si generano un campo *elettrico* e un campo di *induzione magnetica*. Il campo elettrico di una linea elettrica ha un'intensità tanto più elevata quanto più aumenta la sua tensione di esercizio. Il campo di induzione magnetica, invece, dipende principalmente dalla corrente circolante (aumenta all'aumentare della corrente), dalla distanza dai conduttori (diminuisce all'aumentare della distanza), ma anche dalla loro disposizione spaziale e distanza reciproca.



La proporzionalità fra campo magnetico e corrente in un elettrodotto.

I valori di campo che ci si dovrebbe attendere

Un eccesso di rischio, in particolare, di leucemia infantile è stato associato qualche decennio or sono all'esposizione a campi magnetici di intensità al di sopra di 0,3-0,4 μT da alcuni studi epidemiologici. Dato che i potenziali effetti sulla salute dall'esposizione ai campi *elettrici* delle linee elettriche tipicamente non sono preoccupanti, la valutazione dell'impatto ambientale di una linea elettrica è basata essenzialmente sulla valutazione del campo *magnetico*, ed anche i limiti di legge non fanno eccezione.

A titolo di misura cautelativa per la protezione da possibili effetti a lungo termine eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiori a 4 ore giornaliere, la legge italiana assume per l'induzione magnetica il *valore di attenzione* di 10 μT , da intendersi come mediana dei valori nell'arco di 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

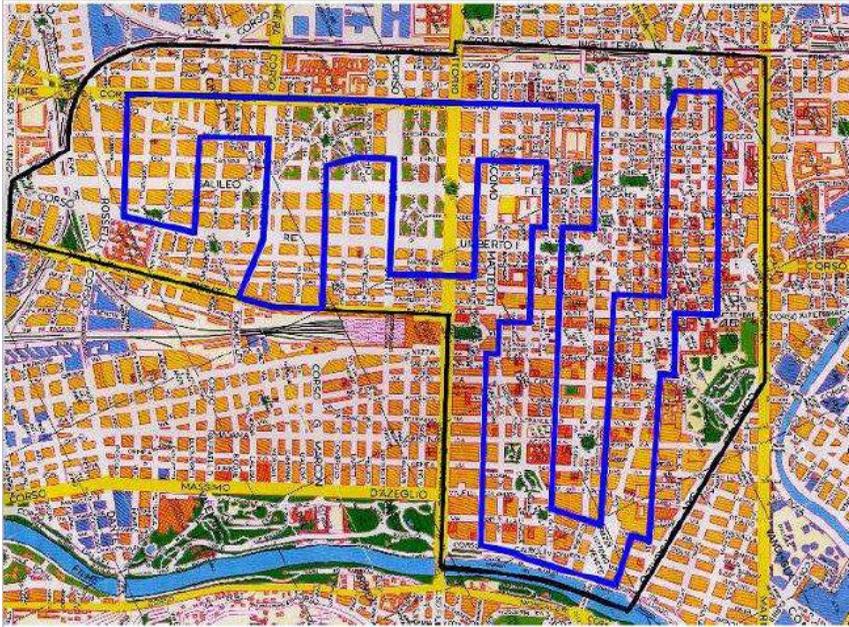
L'*obiettivo di qualità* di **3 μT** per il valore dell'induzione magnetica (sempre da intendersi come mediana dei valori nell'arco di 24 ore nelle normali condizioni di esercizio) si applica – sempre secondo la normativa vigente – ai nuovi elettrodotti in corrispondenza alle aree sopra indicate per permanenze non inferiori alle 4 ore giornaliere e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio.

soglie di riferimento	campo di induzione magnetica (μT)	campo elettrico (V/m)
limite di esposizione	100	5000
valore di attenzione	10	La normativa non prevede soglie di riferimento
obiettivo di qualità	3	

I limiti di legge per i campi e.m. generati da elettrodotti (DPCM 8.7.2003)

Per quanto riguarda l'Europa, un recente studio scientifico (Gajsek et al., 2016), pubblicato su una rivista specializzata, ha mostrato che i campi magnetici esterni a frequenza estremamente bassa (ELF) *nelle aree pubbliche* in ambienti urbani dei Paesi europei variano tra 0,05 e 0,2 μT (in Spa-

gna, ad esempio, sono state effettuate misurazioni spot in cinque città: il campo magnetico medio era $0,2 \mu\text{T}$, e comunque compreso tra 0 e $7 \mu\text{T}$; ma valori più forti (dell'ordine di alcuni μT o più) possono verificarsi direttamente al di sotto di linee elettriche ad alta tensione, alle pareti degli edifici di trasformazione elettrica (all'estero si trovano a volte anche nei condomini) ed ai recinti di confine delle sottostazioni. Nel caso di queste ultime, il campo massimo può raggiungere i $20\text{-}80 \mu\text{T}$.



Exposure index	Low density ($> 100 \text{ m}^2/\text{inh.}$)	High density ($< 100 \text{ m}^2/\text{inh.}$)	The whole town area
Mean	$0.15 \mu\text{T}$	$0.25 \mu\text{T}$	$0.19 \mu\text{T}$
Standard deviat.	$0.25 \mu\text{T}$	$0.32 \mu\text{T}$	$0.29 \mu\text{T}$
Median	$0.05 \mu\text{T}$	$0.13 \mu\text{T}$	$0.08 \mu\text{T}$
Geometric mean	$0.04 \mu\text{T}$	$0.11 \mu\text{T}$	$0.06 \mu\text{T}$
Maximum	$3.01 \mu\text{T}$	$5.73 \mu\text{T}$	$5.73 \mu\text{T}$
% of time $> 0.1 \mu\text{T}$	35.7%	56.1%	43.5%
% of time $> 0.2 \mu\text{T}$	22.4%	38.5%	28.2%
% of time $> 0.3 \mu\text{T}$	15.2%	27.4%	19.5%

Misurazione del fondo magnetico ELF urbano nella città di Torino con dati raccolti ogni 1,8 m su un'area di 10 kmq. (fonte: D'Amore, 2001)

La maggior parte dei sistemi elettrici opera alla frequenza di 50 Hz. Vicino a certe apparecchiature speciali, i valori del campo magnetico possono essere dell'ordine di *qualche centinaio* di microtesla (μT). Sotto le linee ad alta tensione, i campi magnetici possono raggiungere valori di circa $20 \mu\text{T}$ e i campi elettrici possono essere di alcune migliaia di volt al metro. Invece, *nelle abitazioni*, i campi magnetici a frequenza di rete sono in media molto più bassi, pari a circa $0,07 \mu\text{T}$ in Europa (e $0,11 \mu\text{T}$ nell'America del Nord). I valori medi del campo elettrico nelle abitazioni – quello misurato a frequenza di rete, da non confondere con quello alle radiofrequenze! – arrivano a *qualche decina* di volt per metro (V/m).



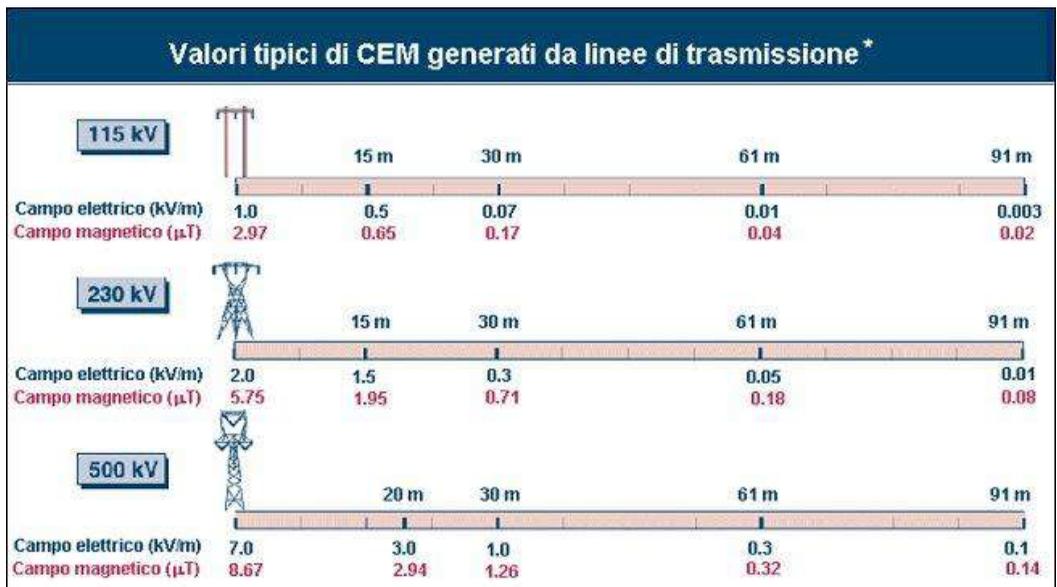
Linee a 380 kV italiane con i nuovi tralicci monostelo e quelli del vecchio tipo.

Ma i valori medi possono trarre in inganno. Vi sono in realtà notevoli variazioni fra le abitazioni. Ad esempio, in Germania campi magnetici a 50 Hz superiori a $0,2 \mu\text{T}$ sono stati trovati nell'1,4% delle abitazioni e superiori a $0,4 \mu\text{T}$ sono stati trovati nello 0,2% delle residenze. Nel Regno Unito, il fattore che è risultato influire maggiormente sull'esposizione domestica è la presenza o l'assenza di linee elettriche aeree a tensioni $\geq 132 \text{ kV}$ entro 100 m dall'abitazione: la media geometrica dei campi medi ponderati nel tempo misurati era di circa $0,2 \mu\text{T}$ entro 100 m dalle linee e di $0,054 \mu\text{T}$ a distanze superiori a 100 m. Infine, in Australia l'esposizione prolungata a valori $> 0,4 \mu\text{T}$ è stata mostrata avvenire in

circa il 2% delle abitazioni del Paese, principalmente a causa della vicinanza della casa a elettrodotti.

Ad ogni modo, è difficile dire quali sono i valori tipici di esposizione ai campi elettromagnetici a frequenza di rete (50 o 60 Hz). Innanzitutto è necessario dare una definizione di “esposizione”. Gli scienziati sono tuttora incerti a tale proposito, poiché gli esperimenti hanno dimostrato che svariati aspetti dei campi possono essere rilevanti ai fini della produzione di effetti biologici. Anche se il *valore medio giornaliero* del campo magnetico è stato utilizzato ampiamente per rappresentare l’esposizione a tali campi, è possibile che altre definizioni possano essere correlate più direttamente a qualche effetto possibile.

Nella figura qui sotto sono riportati i livelli tipici di campi elettromagnetici che si registrano in corrispondenza di elettrodotti. Tale figura si riferisce ad uno studio americano condotto da una società di gestione dell’energia elettrica, pubblicato nel 1994 e relativo ai consumi del 1990. Ad una distanza di 90 metri, con una domanda di elettricità media, l’intensità di campo magnetico prodotto dalle linee è tipicamente confrontabile con il livello di fondo che si registra nelle abitazioni.



Valori tipici di campo elettrico e magnetico generati da un elettrodotto negli USA. I valori riportati sono acquisiti a circa 1 m sopra terra per varie distanze dall'elettrodotto. (fonte: Bonneville Power Administration, 1994)

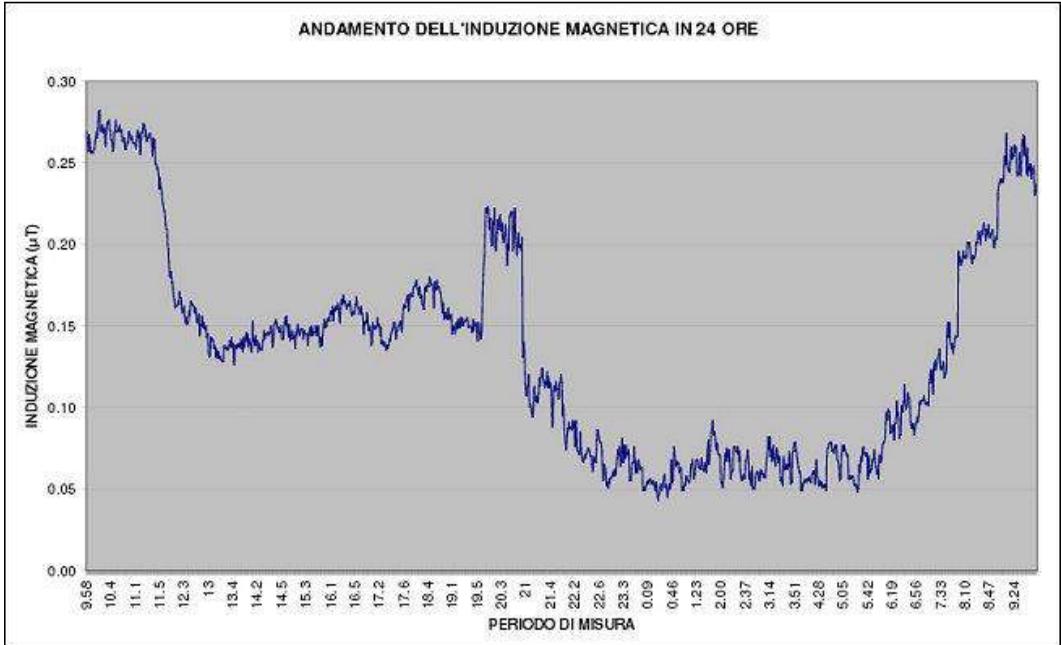
Come si può vedere dalla figura, la distanza alla quale il campo magnetico delle varie linee diventa indistinguibile dai valori tipici di fondo differisce per i diversi tipi di linea. Inoltre, anche linee di distribuzione elettrica più nelle vicinanze, per quanto a tensioni nominali più basse, possono produrre campi magnetici intensi, in funzione della quantità di corrente che trasportano. Ciò proprio perché l'intensità del campo magnetico aumenta al crescere della corrente.

I campi elettrici generati dagli elettrodotti sono relativamente stabili, poiché il voltaggio della linea non varia molto. I campi magnetici della maggior parte delle linee elettriche, invece, fluttuano in misura considerevole, non appena la corrente cambia in risposta ad una variazione di carico. I campi magnetici devono perciò essere descritti statisticamente in termini di valori medi, massimi, etc. I campi magnetici qui riportati sono le medie calcolate su 321 elettrodotti per i carichi medi annuali del 1990.

Corrente trasportata e tipo di configurazione della linea	Tensione di alimentazione della Linea		
	150 kV	220 kV	380 kV
I = 600 A Terna semplice	2550 V/m	-	-
I = 600 A Terna doppia	3950 V/m	-	-
I = 920 A Terna semplice	2750 V/m	4300 V/m	-
I = 920 A Terna doppia	4200 V/m	5600 V/m	-
I = 1500 A Terna semplice	-	-	5000 V/m
I = 1500 A Terna doppia	-	-	7800 V/m

Corrente trasportata tipica e campo elettrico massimo per vari tipi di elettrodotti italiani.

In corrispondenza dei carichi di picco (pari a circa l'1% del tempo), i campi magnetici sono circa 2 volte più intensi dei livelli medi riportati: in pratica, si riscontra circa un fattore 2 fra i livelli di giorno e di notte. Il grafico riportato qui sotto è un esempio di come il campo magnetico varia durante 24 ore nel caso di una linea di trasmissione a 380 kV. Si notino i picchi la mattina fra le 9 e le 11 e la sera a ora di cena.



Andamento del campo magnetico di una linea a 380 kV nelle 24 ore.

Come scegliere uno strumento di misura idoneo

Anche per misurare i campi elettromagnetici a bassa frequenza bisogna utilizzare un “naso” speciale, cioè una o più *sonde* collegate ad un apparato di misura che ci permettono di “stabilire” i valori dell’intensità del campo elettrico e di quello magnetico nel punto in cui vogliamo misurarli. Le sonde devono essere adatte a “catturare” il campo elettrico e/o quello magnetico alla frequenza di 50 o 60 Hz, pertanto sono di due diversi tipi, una per il campo elettrico e una per il campo magnetico; l’apparato di misura è l’apparecchio che, dopo aver elaborato il segnale ricevuto dalla sonda, fornisce i valori dei due campi.

I misuratori di intensità del campo elettrico e magnetico per misurare la

frequenza di rete (50 o 60 Hz) sono dispositivi *a banda stretta*. Quelli professionali sono costituiti da un'antenna, da un cavo per trasportare il segnale dall'antenna e uno strumento di condizionamento / lettura del segnale. I misuratori di intensità di campo possono usare antenne lineari, monopoli, dipoli, anelli, antenne a log spirale biconica o conica, corni o riflettori parabolici, per cui l'intensità del campo alla frequenza selezionata può essere ricavata tenendo conto delle informazioni sul guadagno dell'antenna e della perdita del cavo.

Al giorno d'oggi sono disponibili molti tipi di misuratori di dimensioni e costi ridotti, che possono essere usati per misurare le esposizioni ai campi elettrico e magnetico manualmente, oppure per misurarle e registrarle in modo automatico e continuo. Possiamo riferirci alle frequenze intorno a circa 50 Hz come frequenze extra basse (ELF). In genere, un misuratore per misurare le ELF potrebbe avere una gamma di frequenze da 30 Hz a 2 kHz, ed ha una frequenza di risonanza vicina a quella di rete, per cui è buono per la misurazione del campo magnetico e di quello elettrico di elettrodotti e linee elettriche.



Uno degli numerosi strumenti low-cost per la misurazione di campi magnetici ELF in commercio. Diffidate però delle varie “cineserie” tipo questa e cercate di comprare solo strumenti consigliati da esperti.

Dunque, le misurazioni di questi campi a bassa frequenza si possono effettuare anche personalmente, se si dispone di un misuratore di campi elettromagnetici ELF in grado di misurare i campi magnetici (e di solito anche quelli elettrici). Un rivelatore di campo magnetico (noto anche come *gaussmetro*) è uno strumento ormai commercializzato da diverse aziende a prezzi dell'ordine dei duecento euro. Se si vogliono misurazioni più affidabili o verifiche indipendenti, possono anche venire richieste misure a pagamento ad opera di personale tecnico.

Un'altra cosa da considerare è la *sensibilità* del misuratore. La maggior parte dei misuratori ELF misura il campo magnetico in Gauss o Tesla. Poiché i valori riscontrati nelle abitazioni sono normalmente bassi, sono espressi come mG (millesimi di Gauss) o μT (milionesimi di Tesla). Per convertire un'unità di misura nell'altra, basti ricordare che 1 milligauss = 0,1 microtesla, cioè **1 mG = 0,1 μT** . I campi magnetici misurati dai misuratori ELF per uso domestico sono inferiori a 2 mG (o 0,2 μT) e per molte persone un misuratore da 1 mG (0,1 μT) ad almeno 20 mG (2 μT) è adeguato per le indagini a casa o in ufficio.

Però, un elettrosensibile avrà bisogno di un misuratore più sensibile e/o di un misuratore ELF che misuri anche i campi elettrici. Per misurare i campi direttamente sotto le linee elettriche aeree, invece, è preferibile un apparecchio che misuri fino a 50 mG (o 5 μT). Per non parlare poi del fatto che alcuni misuratori ELF usano delle sonde *isotropiche* che effettuano le misurazione su tre assi contemporaneamente, facilitando di molto l'uso pratico, mentre altri hanno una sonda che misura il campo solo lungo un asse alla volta (cosa utile solo negli impieghi di laboratorio o per cercare di localizzare le sorgenti).

Un misuratore ELF affidabile e con un buon rapporto qualità/prezzo è il **TriField 100XE**, uno strumento analogico (ma non per questo superato, anzi!) del costo di circa 200 euro e che misura principalmente campi magnetici ed elettrici generati dalla tensione di rete (a 50 Hz) insieme su tre assi determinando così il valore efficace, grazie alle sue sonde isotropiche: dunque i campi generati da elettrodotti di alta o media tensione, linee elettriche domestiche o comunque a bassa tensione, apparecchi elettrici o elettronici quali elettrodomestici e apparecchiature industriali o professionali, etc. Anche se “sulla carta” rileva pure il campo RF da 100 kHz a 3GHz, *non* è uno strumento adatto per le radiofrequenze.



Il TriField 100XE, un misuratore ELF analogico dalla facile e intuitiva lettura.

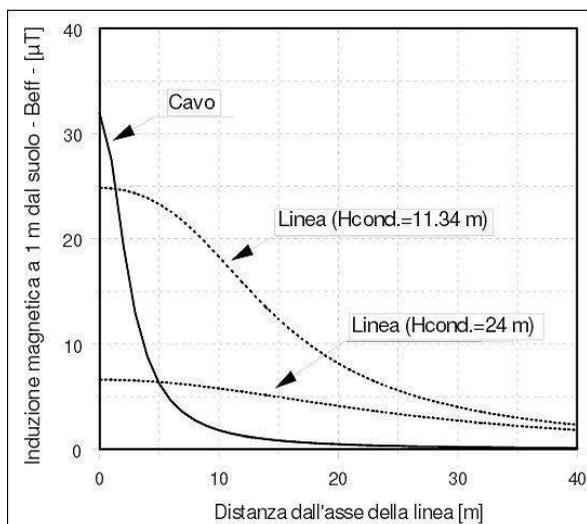
Inoltre, il TriField ha tre portate utili per la misurazione dei campi a bassa frequenza di qualsiasi intensità di interesse per persone normali o anche per gli elettrosensibili: una prima portata per i campi magnetici *più deboli*, da 0 a 3 milligauss (in pratica, da 0,01 μT a 0,3 μT); una seconda portata per i campi magnetici *più forti*, da 0 a 100 milligauss (in pratica, da 0,3 μT a 10 μT); e infine una portata per i campi elettrici da 0 a 1000 V/m, con una gamma in frequenza da 50 Hz a **2 kHz**. Infine, la sensibilità minima del campo magnetico è di 1 milligauss (0,1 μT), mentre la risoluzione minima del campo elettrico è di 5 V/m.

L'ultimo arrivato in casa TriField è comunque il misuratore digitale **Tri-Field TF2**, un misuratore ELF isotropico che può misurare anch'esso campi magnetici a bassa frequenza (però nell'intervallo 40 Hz-**100 kHz**) e campi elettrici a bassa frequenza (nel medesimo intervallo). La banda più larga rispetto al modello analogico lo rende ottimo per misurare anche i campi magnetici degli elettrodomestici, della rete elettrica di casa (che ha un'elevata percentuale di armoniche) e, più in generale, l'"elettricità sporca", che caratterizza spesso le reti elettriche negli ambienti indoor; mentre ne è del tutto sconsigliato l'uso come misuratore di radiofrequenze (RF), per le quali occorre uno strumento *ad hoc*.

Come effettuare le misurazioni di campo outdoor

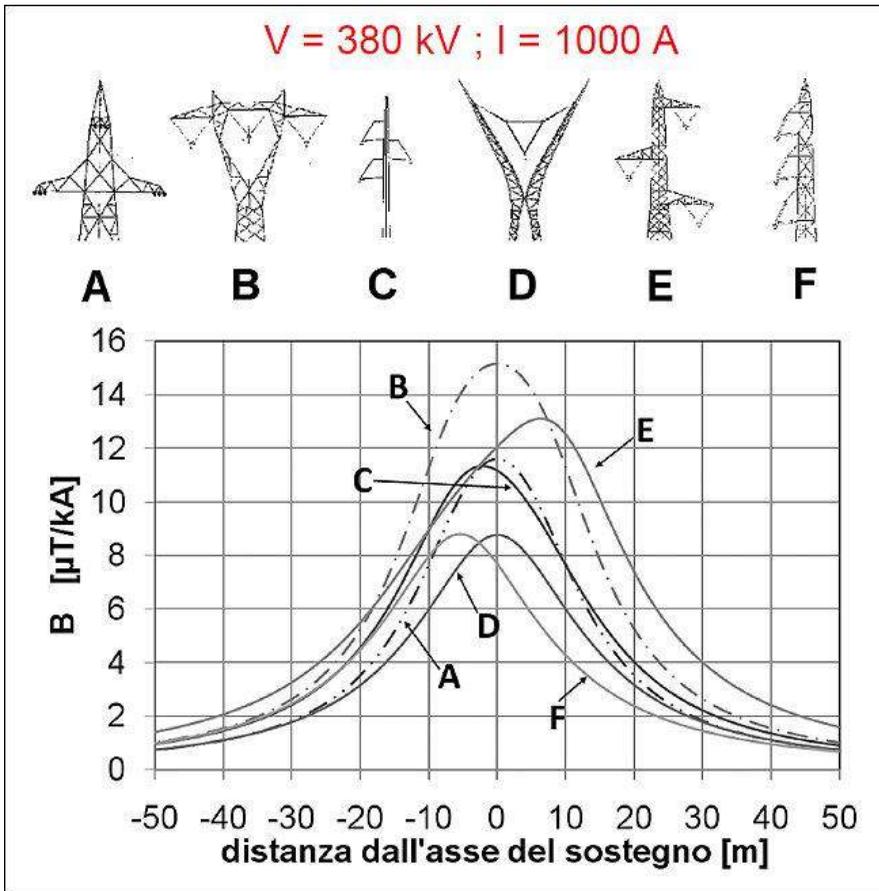
La procedura standard per la misurazione dei campi degli elettrodotti assume che il loro contenuto di armoniche sia basso, cioè di pochi punti percentuali o inferiore (mentre nei campi a bassa frequenza domestici tale contenuto è superiore al 30%), per cui è possibile usare un misuratore a banda molto stretta. Tuttavia, il contenuto di informazione di una singola misurazione occasionale (*spot*) del campo magnetico o elettrico in un punto è piuttosto limitata, a causa della variazione temporale del campo magnetico su periodi giornalieri, settimanali e stagionali. Pure le variazioni spaziali a una certa distanza dal punto di misura sono in generale sconosciute e difficili da prevedere, anche per la possibile presenza di *linee interrate*. Pertanto, sarà opportuno effettuare misurazioni aventi una certa densità nel *tempo* e nello *spazio*.

I cavi sotterranei delle linee interrate sono infatti usati spesso per fornire energia elettrica senza risultare visibili. All'incirca il 2% di tutta l'energia elettrica in Europa è fornita da cavi interrati. Tali cavi possono produrre campi magnetici direttamente sopra di essi (cioè lungo la linea della loro stessa rotta) più forti di quelli associati alle linee aeree, a causa della minore distanza tra l'ambiente esterno e il cavo stesso (in genere pochi metri). Ad esempio, i cavi sotterranei da 400 kV possono produrre un'intensità del campo magnetico superiore a 30 μT a livello del suolo, cadendo a 10 μT a 2 m dal suolo, poiché l'intensità del campo diminuisce molto rapidamente con l'aumentare della distanza da entrambi i lati.



In una linea ad alta tensione interrata il campo magnetico si riduce con la distanza più rapidamente.

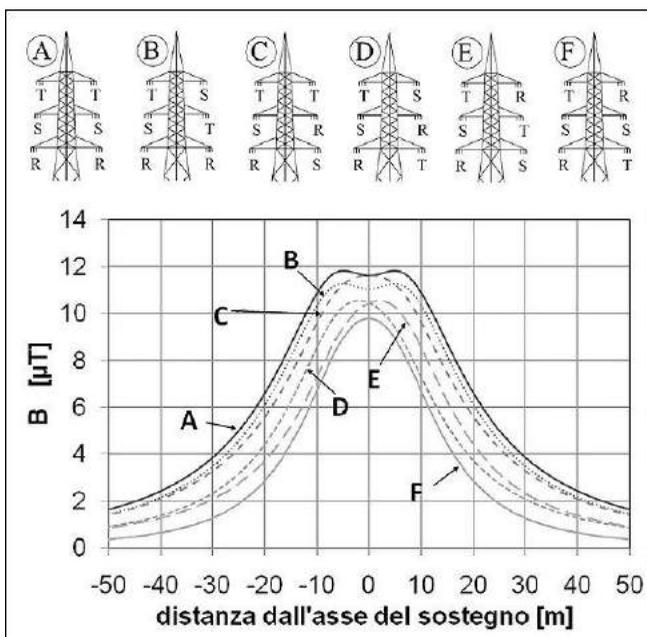
La figura qui sotto mostra, invece, il tipico profilo del campo magnetico per elettrodotti aerei da 380 kV e 1000 A a terna singola con *diversi profili* del pilone. Si vede come l'intensità del campo magnetico decresce inizialmente abbastanza rapidamente allontanandosi perpendicolarmente dalla linea elettrica, passando da 8-14 μT proprio sotto la linea a circa 1-1,5 μT a 50 metri di distanza.



Il profilo tipico del campo magnetico per elettrodotti con diversa forma del traliccio.

La figura riportata alla pagina seguente, invece, mostra il profilo leggermente diverso del campo *magnetico* di un elettrodotto *a doppia terna*, per varie possibili disposizioni delle due terne di conduttori (trattandosi, naturalmente, di linee trifase). A parità di altri fattori, il campo magnetico è proporzionale alla corrente elettrica trasportata dalla linea: dunque, per una ipotetica linea da 2000 A, il campo sarebbe semplicemente doppio rispetto a quello mostrato in queste figure.

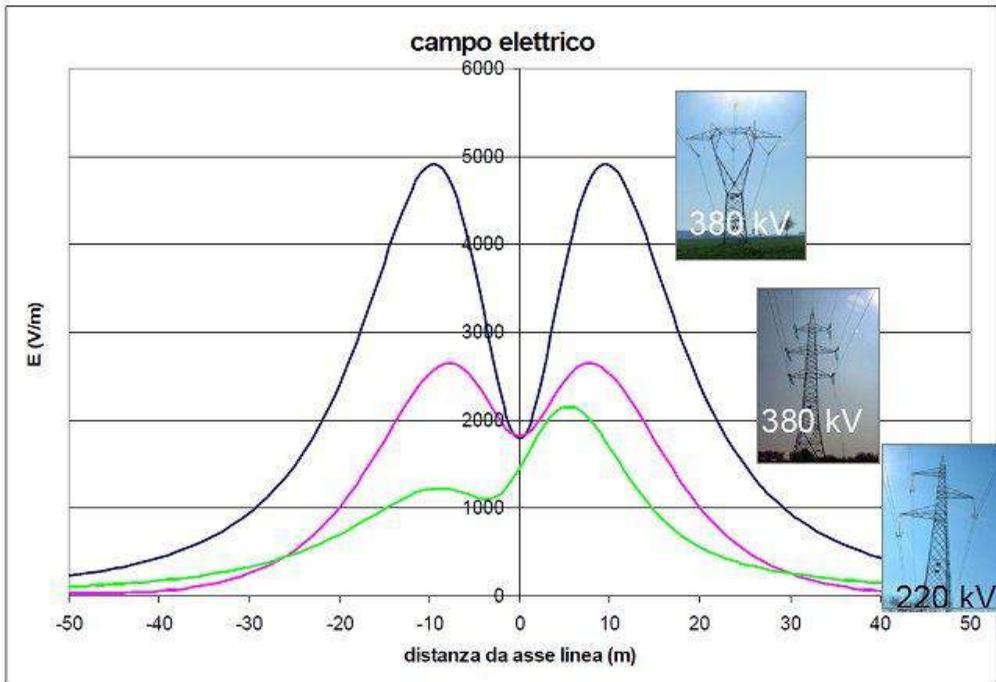
Andamento del campo magnetico di una linea elettrica trifase a doppia terna per varie disposizioni dei tre cavi.



Non sempre è possibile misurare il campo magnetico prodotto a una certa distanza da un elettrodotto. In tali casi, è però possibile stimarlo quantitativamente (a mano, con eventuali calcolatori online o con opportuni software), note le caratteristiche dell'elettrodotto che è necessario considerare allo scopo, che sono: (1) valore di corrente effettivo (quello nominale è noto dalle specifiche dell'elettrodotto); (2) distanza fra i punti di sospensione aerea (per trovare l'equazione della curva della catenaria e l'altezza minima dei cavi dal suolo); (3) numero e posizione dei conduttori (forma del pilone); (4) lunghezza della campata; (5) disposizione dei conduttori di fase nelle linee elettriche trifase a doppia terna.

La figura qui sotto mostra invece il tipico campo *elettrico* allontanandosi perpendicolarmente dall'elettrodotto nel caso di un elettrodotto a terna singola da 380 kV, per uno della stessa tensione ma a terna doppia e, infine, per uno da 220 kV a terna singola. Si noti che, mentre il campo magnetico è proporzionale alla corrente che attraversa in un dato momento la linea elettrica (e dunque è fortemente variabile nel tempo), invece il campo elettrico è proporzionale alla tensione della linea, perciò è fisso e costante nel tempo, e dipende fondamentalmente dalla distanza che ci separa dall'elettrodotto, oltre che dal tipo di linea (se a terna singola o a

doppia terna), dalla forma e dall'altezza del pilone, etc.; e, come il campo magnetico, fondamentalmente diminuisce con la distanza con la classica legge dell'inverso del quadrato.



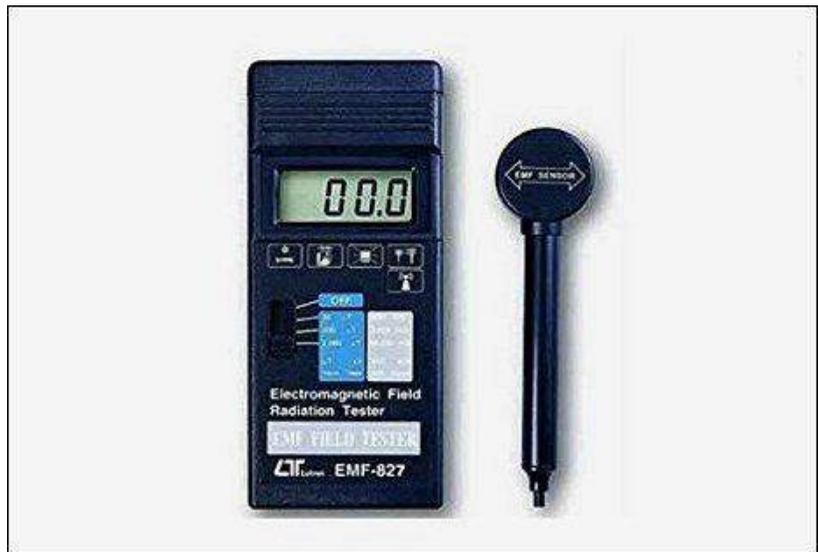
Profilo tipico del campo elettrico per vari tipi di elettrodotti. (fonte: ARPA Piemonte)

Ad ogni modo, la misurazione fai-da-te dei campi magnetici ed elettrici a frequenza di rete con il misuratore TriField 100XE è molto semplice. Basta prendere in mano lo strumento dalla parte bassa, per non coprire con la mano la sua “testa”, schermando così i campi elettrici (la mano non scherma i campi magnetici). Dopodiché occorre selezionare la seconda portata magnetica, quella per i campi forti (“Magnetic 0-100 range”) e leggere il valore su quella scala; se il campo così misurato risulta inferiore a 3 mG, si può passare alla portata per i campi magnetici deboli (“Magnetic 0-3 range”), altrimenti non fatelo per non rischiare di danneggiare la bobina mobile dello strumento.

La calibrazione del nostro TriField è stata dapprima verificata con un più accurato misuratore digitale a banda stretta (30-300 Hz) e sonda mono-assiale EM-827 della Lutron, che ha un errore max del 10% contro il 30% del TriField, che ha però dalla sua una grande facilità d’uso e di let-

tura. Infatti, a livello professionale ogni misura consiste nella registrazione delle tre componenti ortogonali del campo magnetico. Tutti i misuratori per uso professionale vengono naturalmente calibrati periodicamente secondo lo standard vigente. L'attenzione va posta nella calibrazione dei bassi livelli di campo ($< 0,5 \text{ mG}$), a causa dell'influenza del campo magnetico ambientale. Inoltre, prima di ogni operazione di misura, a livello professionale viene eseguito un controllo di calibrazione, utilizzando una bobina di calibrazione portatile.

Il misuratore di campi magnetici a 50 Hz con sonda monoassiale EM-827 della Lu-tron.



Per la misurazione dei campi elettrici con il TriField 100XE, basta selezionare innanzitutto la relativa portata (“Electric”) e poi leggere la scala più in alto, dopodiché moltiplicare il valore letto per 10 per ottenere il valore del campo elettrico in V/m. Si noti che, mentre il sensore del campo elettrico si trova in cima allo strumento (cioè dove finisce l’ago quando è a metà del quadrante), quelli per il campo magnetico si trovano al centro dello strumento. Inoltre, nota che la presenza della tua mano dietro al misuratore “comprime” il campo elettrico, facendolo risultare in qualche modo più elevato di quello che misureresti se il misuratore fosse sospeso a un filo ben distante da te.

Potrai così scoprire che sono forti sorgenti di campo elettrico a bassa frequenza, oltre agli elettrodotti, anche la maggior parte dei monitor di televisori e computer; le apparecchiature elettriche non correttamente schermate; singoli fili “caldi”, anche se isolati; le lampadine fluorescenti;

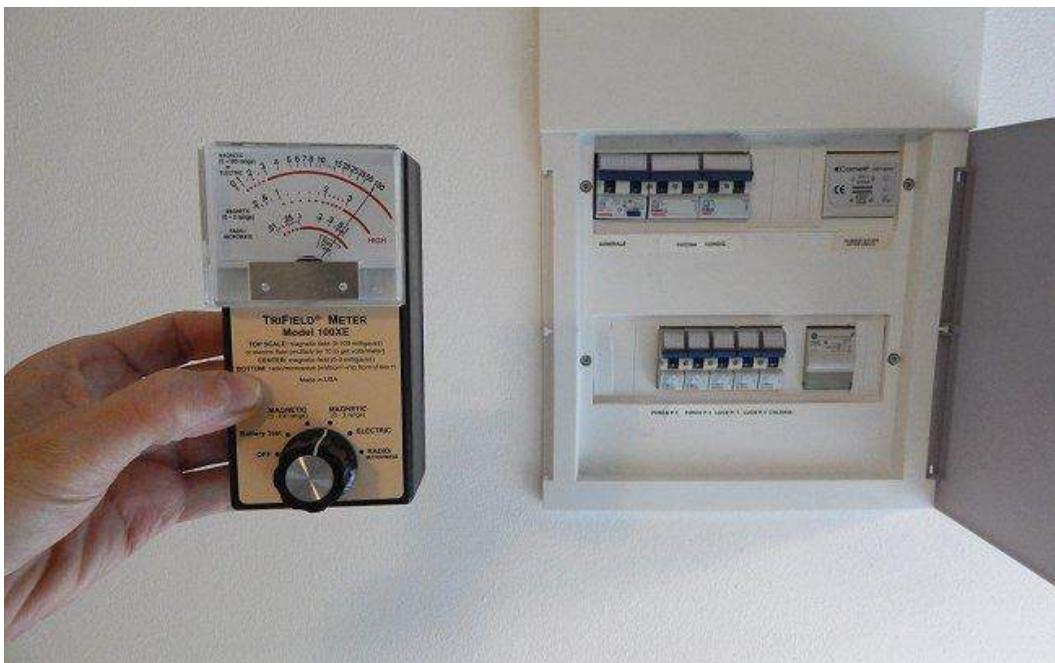
le coperte elettriche, quando collegate alla rete elettrica ma spente. Invece, un telefono cordless o un forno a microonde possono essere testati selezionando la portata “Radio / Microwave”: ad esempio, una lettura di più di $0,2 \text{ mW/cm}^2$ (ago a poco più di metà strada sul quadrante) a una distanza di 2 metri suggerisce che la porta del forno a microonde abbia delle perdite, per cui dovrebbe essere riparata.

Come misurare i campi esterni a 50 Hz in ambito indoor

In generale, le misurazioni del campo magnetico residenziale riassumono il campo magnetico medio durante un periodo di campionamento specificato. Possono essere classificate in due categorie principali: (1) Misurazioni *spot*: cioè effettuate in uno o più luoghi, in un breve periodo di tempo e dando una risposta unica in ogni luogo; (2) Misurazioni *a lungo termine*: misurazioni effettuate da un misuratore e registrate da un registratore di dati collocato in una posizione per un periodo, di solito, lungo almeno 24 h, anche al fine di ricavarne una media aritmetica (o, a volte, una mediana) delle misure individuali.

I campi magnetici residenziali a frequenza di rete (50 Hz) sono costituiti da due componenti: un campo di fondo (*background*) – dovuto agli elettrodotti vicini e alle linee elettriche domestiche o esterne – e il campo degli apparecchi elettrici. In generale, il campo di fondo è il contributo predominante e più uniforme dell'esposizione al campo magnetico residenziale. Pertanto, nelle abitazioni occorre misurare soprattutto questo. I campi degli apparecchi elettrici sono un fattore nell'esposizione complessiva solo quando un residente sta vicino a un apparecchio elettrico per un periodo di tempo prolungato (es. al computer, seduto accanto a una stufa radiante, utilizzando una coperta elettrica, etc.).

Tutte le misurazioni (se non diversamente specificato) dei campi magnetici effettuate in abitazioni private devono essere compiute a **1 metro** sopra il livello del terreno / pavimento e sempre lontano da elettrodomestici o altri apparecchi elettrici e dalla rete elettrica domestica: in pratica, tipicamente **al centro** di una stanza. Infatti, tutti i principali elettrodomestici di casa producono un campo magnetico elevato nelle immediate vicinanze durante il funzionamento. Di solito l'intensità di questo campo “apparecchio” cala rapidamente con la distanza ed è quindi significativo solo a una distanza ravvicinata dall'apparecchio.



Le misurazioni indoor dei campi degli elettrodotti vanno fatte lontano da sorgenti interne, come ad esempio il quadro elettrico in figura, che produce $0,3 \mu\text{T}$.

La quantità di energia elettrica utilizzata nella casa influenza i livelli del campo magnetico. Perciò, le misurazioni puntuali nelle stanze e nelle posizioni esterne della residenza dovrebbero essere fatte sotto condizioni di uso energetico "basso", "alto" e "normale". La prima condizione simula un periodo di consumo energetico molto basso, come quando si dorme di notte ed è quindi una misura approssimativa dei campi prodotti dagli elettrodotti vicini e da altre fonti esterne. La condizione di *basso* consumo si ottiene spegnendo la maggior parte dei sistemi che consumano elettricità all'interno della residenza, inclusi il riscaldamento e l'aria condizionata, luci ed elettrodomestici. Gli apparecchi che operano continuamente, come frigoriferi e congelatori, dovrebbero essere lasciati accesi.

La condizione di utilizzo energetico *alto* simula un periodo di elevati consumi ed è quindi indicativa della combinazione dei campi di fonti esterne e di quelli localizzati all'interno della casa. Può anche permettere di identificare il contributo "corrente di terra" della casa, che può in alcuni casi essere la fonte principale del campo magnetico. La condizione si ottiene accendendo più sistemi elettrici che consumano energia, comprese le luci e gli elettrodomestici. Invece la condizione di utilizzo energetico *medio* è

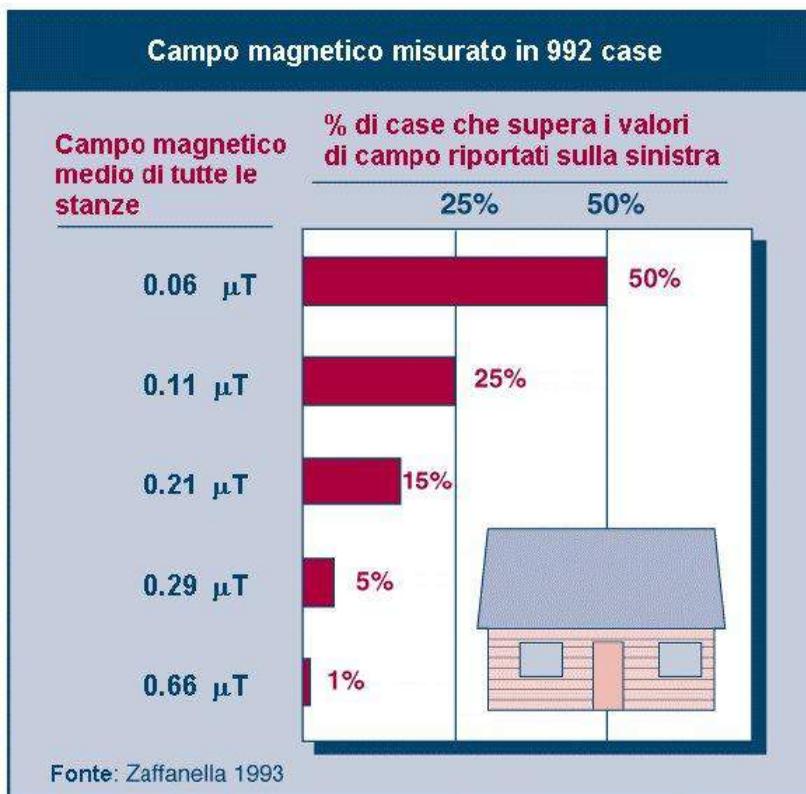
opzionale ed è la più rappresentativa (insieme a quella a bassi consumi) dei campi magnetici normalmente esistenti dentro casa. Si ottiene accendendo solo alcuni apparecchi elettrici o luci, in modo da simulare le condizioni che esisterebbero durante il normale utilizzo di una stanza quando è presente un residente.

Una misurazione professionale di un campo magnetico consiste nel registrare la massima intensità del campo magnetico in tre direzioni ortogonali e calcolare la grandezza risultante come valore quadratico medio (*valore efficace*), ovvero come radice quadrata della somma dei quadrati delle singole componenti lungo ciascun asse, cioè in pratica come radice quadrata di $(B_x)^2 + (B_y)^2 + (B_z)^2$. Si raccomanda in tal caso di registrare tutte e tre le componenti ortogonali del campo, nonché il suo valore risultante. Questo approccio, tra gli altri vantaggi, consente di semplificare notevolmente l'identificazione della principale fonte di contributo del campo magnetico in un ambiente multi-sorgente complesso, se il lavoro di mitigazione del campo in questione seguirà in una fase successiva.



Per i non esperti è sempre consigliabile l'uso di misuratori ELF con sonda isotropica triassiale, dalla facile e immediata lettura.

Per confrontare i valori di campo magnetico che si registrano all'interno della propria abitazione con quelli presenti nelle altre case, può risultare particolarmente utile, in prima battuta, la figura qui sotto, che riassume i dati di uno studio condotto a suo tempo dall'EPRI (*Electric Power Research Institute*), nel quale vennero effettuate misure "a campione" di campo magnetico nel centro delle stanze di 992 case dislocate nel territorio degli Stati Uniti. In metà delle case prese in esame furono registrati valori di campo magnetico inferiori o pari a $0,06 \mu\text{T}$, dove era stata eseguita la media delle misure per tutte le stanze della casa (determinando il cosiddetto "campo magnetico medio *all-rooms*").



Lo studio EPRI su 992 abitazioni intendeva verificare le sorgenti di esposizione ai campi magnetici interne ed esterne alle case.

Il campo magnetico medio *all-room* delle abitazioni considerate era di $0,09 \mu\text{T}$. Solo per il 15 % delle case considerate era stato riscontrato un valore medio di campo magnetico superiore a $0,21 \mu\text{T}$. Tali misure furono realizzate lontano da apparecchiature elettriche, e pertanto riflettono principalmente la presenza di elettrodotti esterni, circuiti elettrici dome-

stici e circuiti di messa a terra. Lo studio EPRI, in effetti, intendeva proprio identificare le sorgenti, interne ed esterne, dei campi magnetici nelle abitazioni, non l'esposizione delle persone al campo magnetico, che dipende fondamentalmente da quanto tempo viene speso in prossimità delle varie sorgenti di campo e dall'intensità del campo stesso.

LA MAPPATURA DELLE SORGENTI DI E- LETTROSMOG IN ITALIA

Il fenomeno definito “inquinamento elettromagnetico”, o elettrosmog, è legato alla generazione di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici artificiali, cioè non attribuibili al naturale fondo terrestre o ad eventi naturali (ad es. il campo elettrico generato da un fulmine). I campi elettromagnetici hanno assunto un'importanza crescente legata allo sviluppo dei sistemi di telecomunicazione diffusi capillarmente sul territorio. Anche l'intensificazione della rete di trasmissione elettrica, nonché la diffusa urbanizzazione, hanno contribuito a destare interesse circa i possibili effetti sulla salute derivanti dalla permanenza prolungata in prossimità di queste fonti di emissioni di onde elettromagnetiche.



Un misuratore RF di elettrosmog low-cost che chiunque può acquistare e usare.

La propagazione di onde elettromagnetiche è prodotta da sorgenti come gli impianti radio-TV e le stazioni radio base per la telefonia mobile, o gli elettrodotti per il trasporto e la trasformazione dell'energia elettrica, da apparati per applicazioni biomedicali, da impianti per lavorazioni industriali, come da tutti quei dispositivi il cui funzionamento è subordinato a un'alimentazione di rete elettrica, come ad esempio gli elettrodomestici. Mentre i sistemi di tele- o radiocomunicazione sono progettati per emettere onde elettromagnetiche, gli impianti di trasporto e gli apparecchi utilizzatori di energia elettrica emettono, invece, nell'ambiente circostante campi elettrici e magnetici in maniera non intenzionale.

I campi elettromagnetici si propagano sotto forma di onde elettromagnetiche e, sulla base della loro frequenza, ricordiamo che viene effettuata una distinzione fondamentale tra: inquinamento elettromagnetico generato da campi *a bassa frequenza* (0 Hz - 10 kHz), nel quale rientrano i campi generati dagli elettrodotti che emettono campi elettromagnetici a 50 Hz; inquinamento elettromagnetico generato da campi *ad alta frequenza* (10 kHz - 300 GHz), nel quale rientrano i campi a radiofrequenza (RF) generati dagli impianti radio-TV e di telefonia mobile. Questa distinzione è necessaria in quanto le caratteristiche dei campi in prossimità delle sorgenti variano al variare della frequenza di emissione, così come variano i meccanismi di interazione di tali campi con gli esseri viventi e quindi le possibili conseguenze per la salute.

Sia nel settore delle radiofrequenze che in quello delle frequenze estremamente basse (ELF, o Extremely Low Frequency) l'entità delle attività di controllo è in fase di continua crescita; ciò è dovuto sia alla crescente pressione sul territorio che alle richieste da parte della popolazione. Attualmente, infatti, l'attività di controllo dell'inquinamento elettromagnetico rappresenta una delle principali emergenze per gli enti competenti (ARPA), ma anche per i consulenti specializzati e per i comitati spontanei di cittadini, che stanno nascendo in Italia come funghi. La tendenza futura va verso l'adozione di nuove tecnologie che modificheranno l'assetto ambientale e paesaggistico dei siti urbani e non, e – verosimilmente – avranno un impatto sanitario (si veda i Capitoli 8 e 11).

Una semplice mappatura “fai-da-te” di una città

Tuttavia, anche la popolazione può disporre oggi di numerosi strumenti

low-cost per procedere alla mappatura di un certo territorio alle alte frequenze (radiofrequenze e microonde) ed alle basse frequenze (frequenza di rete a 50 Hz ed ELF). L'attrezzatura necessaria per una semplice "mappatura fai da te" consiste (v. figura qui sotto) di: (1) un misuratore RF; (2) un misuratore ELF; (3) uno smartphone con un app (come ad es. *GPS Locator*) che mostri la posizione al momento della misurazione. Ovviamente, lo smartphone andrà posto in "modalità aereo" e ci si dovrà sincerare che non influenzi la lettura degli altri due strumenti.

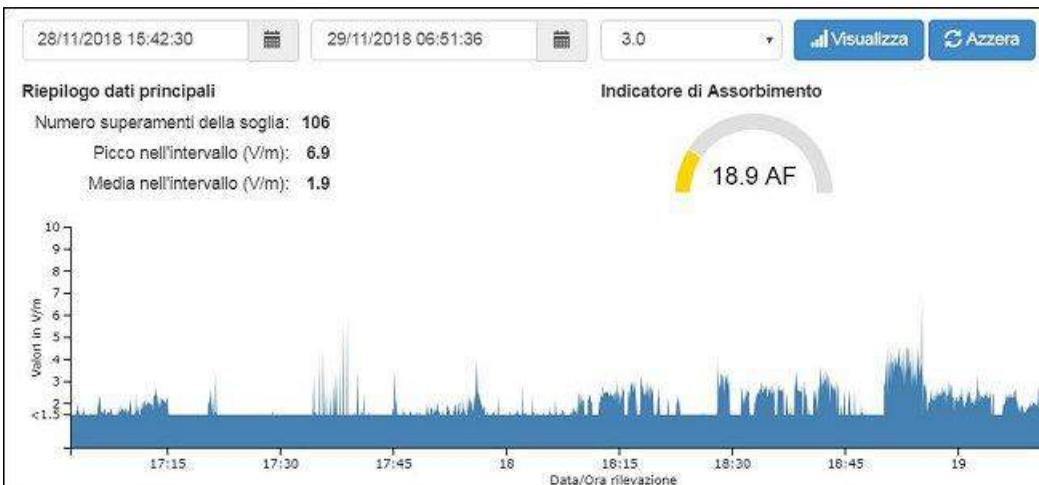


Ponendo i tre strumenti in questione all'interno di una scatola di cartone (materiale che non scherma le radiazioni che ci interessa misurare), creando una "culla" in legno in modo che non si muovano e creando un fondo di bambagia affinché non subiscano troppi urti, si possono scattare delle foto dei tre dispositivi insieme mentre li si porta in giro (ad es. in bici). Così è possibile effettuare in poco tempo una mappatura di una discreta area di territorio, come noi stessi abbiamo effettuato. Una volta a casa, è possibile riportare le informazioni raccolte su *Google My Maps*, realizzando una semplice cartina con i valori misurati.



Google My Maps consente di riportare i valori misurati (qui non visibili) su una mappa.

In alternativa, se ci interessa avere un'idea dell'esposizione alle varie sorgenti a radiofrequenza (RF) esterne – come ad esempio le stazioni radio base della telefonia mobile – possiamo usare un *esposimetro RF personale* del costo di un centinaio di euro e farci un giro nella zona che ci interessa controllare, annotando l'ora esatta in cui ci troviamo nei vari punti della città che più ci interessa monitorare. Una volta a casa, potremo scaricare i dati sul computer con i relativi orari (v. la figura qui sotto), e risalire dai nostri appunti ai valori misurati nella zona in cui ci trovavamo a un certo orario. Infatti, questi dispositivi di solito non sono dotati di GPS e questo risulta dunque l'unico modo per risalire dalle misure al luogo cui esse si riferiscono.



I valori di campo elettrico (in V/m) rivelati da un esposimetro personale low-cost andando a giro a piedi (con lo smartphone spento!) per una città.

Il catasto delle sorgenti RF e l'attività di controllo delle ARPA

In risposta alla necessità, da tempo avvertita a livello nazionale ma ancor più a livello locale, di un censimento delle sorgenti elettromagnetiche inquinanti *a radiofrequenza* (RF) – in particolare, degli impianti per la telefonia cellulare – e, sulla base di quanto previsto dalla legge quadro (n. 36/2001), è in corso la costituzione di specifici *catasti* (nazionale e anche regionali) delle sorgenti RF come supporto per le attività di controllo, di informazione della cittadinanza e per l'attività di pianificazione.

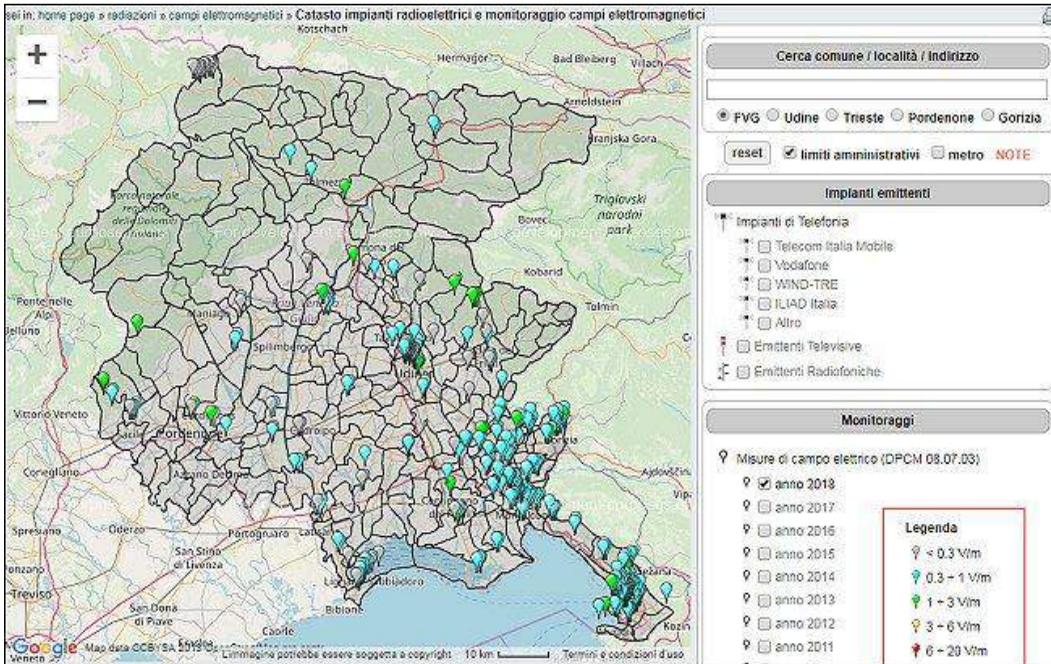
Il catasto comprende tutte le sorgenti RF con potenza media fornita al sistema radiante superiore a 5 W e ne è stata affidata la realizzazione e la gestione alle ARPA. Il catasto prevede pure l'inserimento delle misure di campo elettromagnetico effettuate sul territorio. La realizzazione del catasto degli impianti radioelettrici ha anche lo scopo di permettere la stima dei livelli dei campi elettromagnetici generati dalle sorgenti e la valutazione delle condizioni di esposizione della popolazione.

Il catasto degli impianti di telecomunicazione risulta essere ancor più importante con il 5G, dato che le relative antenne non saranno necessariamente visibili in modo evidente come quelle delle generazioni precedenti. Per fortuna, quando un operatore telefonico vuole installare una nuova stazione radio base, la procedura prevede che presenti istanza di autorizzazione – oppure una SCIA (Segnalazione Certificata Inizio Attività) – presso l'ente locale, allegando la documentazione tecnica del caso.

All'interno del procedimento autorizzatorio per l'installazione di nuovi impianti e/o la modifica degli impianti esistenti, l'ARPA esegue valutazioni modellistiche attraverso appositi software che permettono di calcolare il campo elettrico prodotto dall'impianto, considerando anche il contributo di quelli già presenti nel territorio, e di verificare il rispetto delle soglie stabilite dalla normativa. A seguito di tali verifiche si pronuncia entro i termini fissati dalla legge, rilasciando un parere tecnico preventivo.

Dunque, l'ARPA è a conoscenza dell'ubicazione e delle caratteristiche delle stazioni radio base. In particolare, realizza, gestisce ed aggiorna il catasto regionale delle sorgenti di campi elettromagnetico, che contiene le informazioni tecniche, geografiche ed amministrative degli impianti, così da conoscerne la distribuzione e l'impatto sul territorio. È molto

importante che queste informazioni vengano rese di dominio pubblico a tutela delle persone elettrosensibili ed ai fini della prevenzione.



Catasto degli impianti radioelettrici e monitoraggio dei campi elettromagnetici disponibile online nel sito dell'ARPA Veneto.

In pratica, le ARPA hanno un software applicativo che consente: (1) ai gestori degli impianti di telefonia mobile e di telecomunicazioni di accedere via web al Database degli impianti in questione e di inserire i dati tecnici previsti dalla legge; ad ARPA di effettuare le valutazioni modellistiche necessarie per verificare i livelli di campo elettrico prodotto dalle sorgenti; (3) agli Enti autorizzati (Regione, Province, Comuni) di consultare i dati. Pertanto, i Comuni hanno accesso a questo tipo di dati.

Sul supporto cartografico, sono visibili anche le misure su suolo pubblico effettuate dalle ARPA nell'ambito dell'attività di controllo del territorio. Per ragioni di riservatezza non sono pubblicate le misure eseguite nelle proprietà private. Il supporto cartografico è rivolto principalmente alla consultazione da parte dei cittadini. Per la consultazione da parte di comuni e gestori di impianti sono previste delle specifiche aree riservate dalle quali è possibile estrarre tutte le informazioni di competenza.

Di solito è possibile visionare i principali dati del catasto tramite la consultazione di uno specifico supporto cartografico nel sito dell'ARPA della propria regione. Gli impianti sono suddivisi nelle seguenti tipologie: (1) telefonia mobile; (2) radiodiffusione televisiva; (3) radiodiffusione sonora. Le misure di campo elettrico sono espresse in volt/metro. Ricordiamo che i valori di riferimento legislativo per le radiofrequenze sono il limite di esposizione di **20 V/m** ed il valore di attenzione (all'interno di edifici o in luoghi in cui si staziona più di 4 ore al giorno) di **6 V/m**.

L'ARPA Lombardia, in particolare, permette di visualizzare e stampare in un report l'elenco degli impianti presenti nel Comune di interesse, oltre alle schede di dettaglio per ogni singolo impianto. Il menu "Report Statistici" consente invece di visualizzare, sia in formato tabellare sia su mappa, i seguenti indici di pressione su scala comunale per la provincia scelta: Numero di impianti televisivi/km²; Numero di impianti televisivi/1000 abitanti; Numero di impianti radio/km²; Numero di impianti radio/1000 abitanti; Numero di impianti di telefonia/km²; Numero di impianti di telefonia/1000 abitanti.




IMPIANTI DI RADIOTELECOMUNICAZIONE

Provincia	Comune	Impianti / 1000 abitanti			Impianti / km ²		
		televisione	radio	telefonia	televisione	radio	telefonia
Milano	Abbiategriasso		0,03	0,22		0,02	0,15
	Albairate	0,21		0,85	0,07		0,27
	Acconate			0,30			0,24
	Arese			0,16			0,48
	Arluno			0,50			0,49
	Assago	0,11		1,55	0,12		1,74
	Baranzate			0,59			2,52
	Bareggio			0,35			0,53
	Basiglio			0,27			0,22
	Basiglio			0,51			0,47
	Bellinzago Lombardo			0,52			0,44
	Bernate Ticino			1,30			0,33
	Besate			0,97			0,16
	Binasco		0,14	0,55		0,26	1,03
	Boffalora Sopra Ticino			0,97			0,52
	Bollate		0,06	0,41		0,15	1,14
	Bresso			0,30			2,37
	Bubiano						
	Bucinasco			0,33			0,75

Impianti di comunicazione per 1000 abitanti e per chilometro quadrato in alcuni Comuni in Provincia di Milano. (fonte: ARPA Lombardia)

Dunque, l'attività di controllo del rispetto dei valori di campo elettromagnetico prodotto dalle sorgenti è effettuata dall'ARPA innanzitutto in

modo *preventivo*, effettuando, ove previsto, valutazioni teoriche per mezzo di modelli di calcolo matematico al fine di verificare il rispetto delle soglie indicate dalla normativa. Questa attività è integrata dal controllo *a posteriori*, effettuato attraverso misure e monitoraggi per verificare le emissioni degli impianti installati e attivi nel territorio.

Gli interventi di controllo a posteriori vengono svolti sia per iniziativa di ARPA stessa, sulla base di una pianificazione annuale che prevede controlli attraverso misurazioni *in situ* svolte soprattutto nelle aree particolarmente critiche per la presenza di più sorgenti o di siti sensibili (scuole o ambienti destinati all'infanzia) – ai fini di una valutazione dello stato di esposizione della popolazione – sia *su segnalazione* degli enti competenti (e anche, naturalmente, sulla base di esposti dei cittadini).

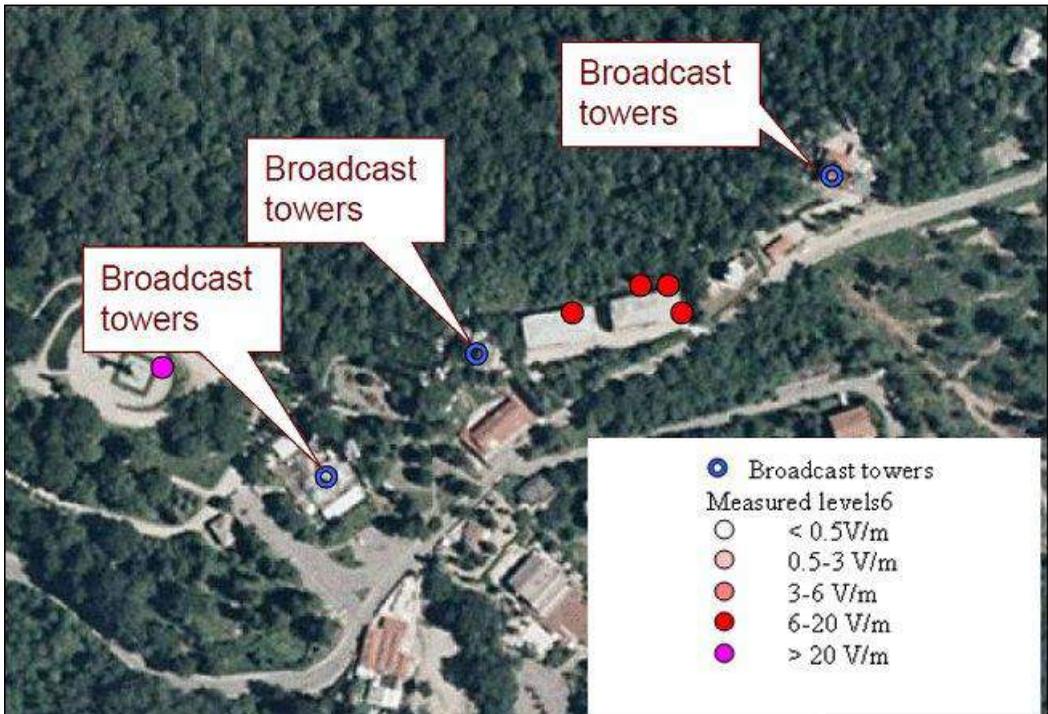
L'esposizione della popolazione ai campi a radiofrequenza

Al fine di valutare correttamente l'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici, è necessaria la conoscenza della loro intensità e delle componenti spettrali. In un vecchio studio (Anglesio et al., 2001), vengono mostrati i risultati del monitoraggio sul campo a radiofrequenza effettuato a Torino, che si può considerare una grande città a livello italiano: la variazione dell'intensità del campo elettromagnetico viene valutata in funzione dell'altezza da terra (come piano di un palazzo), della posizione nell'area urbana e della frequenza o, di conseguenza, della fonte (radio-televisiva o stazioni radio base della telefonia mobile).

		Lower Floors	Interm. floors	Higher Floors
E_{radioTV}	Mean	0.38 V/m	0.59 V/m	0.69 V/m
	Std. dev	0.29 V/m	0.44 V/m	0.54 V/m
E_{telephony}	Mean	0.11 V/m	0.32 V/m	0.34 V/m
	Std. dev	0.10 V/m	0.31 V/m	0.42 V/m
E_{global}	Mean	0.41 V/m	0.71 V/m	0.84 V/m

I valori del campo elettrico misurati a Torino per le radiofrequenze, con le relative sorgenti principali. (fonte: Anglesio et al., 2001)

Si noti l'enorme peso (quasi vent'anni fa, oggi è ben inferiore) delle emissioni radiotelevisive sull'intensità totale del campo elettrico misurato. Ciò non stupisce: Torino ha intorno circa 100 antenne di emittenti di radio e televisioni, e la potenza media irradiata per antenna è di circa 4-5 kW. Dalla seguente figura si vede come sulla vicina collina della Maddalena, in prossimità di alcune delle torri dove sono collocate molte di queste antenne, i limiti di esposizione previsti dalla legge italiana non siano rispettati, secondo quanto risulta da una campagna di monitoraggio a banda larga e a banda stretta effettuata dall'ARPA Piemonte.

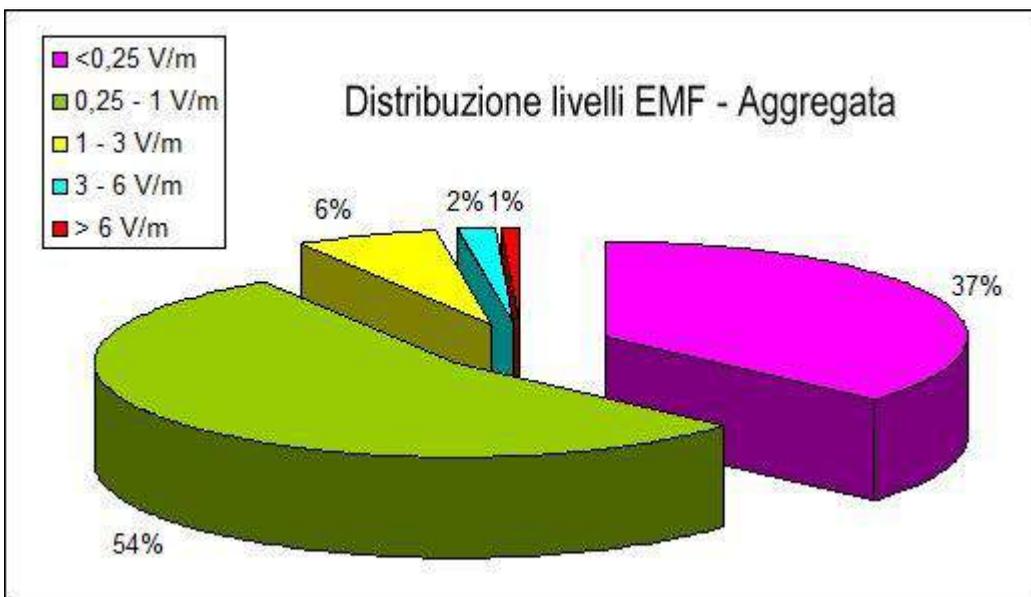


Risultato della campagna di misurazione del campo RF sulla collina della Maddalena, vicino Torino, ricca di emittenti radio-TV. (fonte: ARPA Piemonte)

Anche altre ARPA italiane effettuano il monitoraggio in continuo dei campi elettromagnetici ad alta frequenza, un'attività che integra quella tradizionale di vigilanza e controllo. Esso permette un'analisi della variabilità temporale, nonché l'analisi di situazioni complesse, ad es. per la presenza di molteplici sorgenti che variano nel tempo in modo indipendente. Le centraline in continuo, infatti, rilevano i livelli di campo elettrico presenti e le loro variazioni nel tempo. Le stazioni di misura vengono collocate in strutture pubbliche o private (scuole, asili, ospedali, etc.) o

in edifici privati, abitativi e di lavoro.

Una “fotografia” dei livelli di esposizione da campo elettromagnetico RF in Italia è stata scattata da *Elettra 2000* – un consorzio costituito senza fini di lucro da FUB (Fondazione Ugo Bordonì), FGM (Fondazione Guglielmo Marconi) e Università di Bologna – sulla base delle misurazioni effettuate dal 2005 al 2011 con il veicolo BluShuttle. Sono circa 100 le campagne di misurazione dei livelli di esposizione da campi elettromagnetici prese in esame dal consorzio. Il dato aggregato a livello nazionale mostra la situazione riassunta nella figura qui sotto, all'apparenza rassicurante, ma in realtà lo è solo per chi vive ad almeno 300 metri dalle sorgenti, cosa sempre più rara dato il loro proliferare negli ultimi anni.

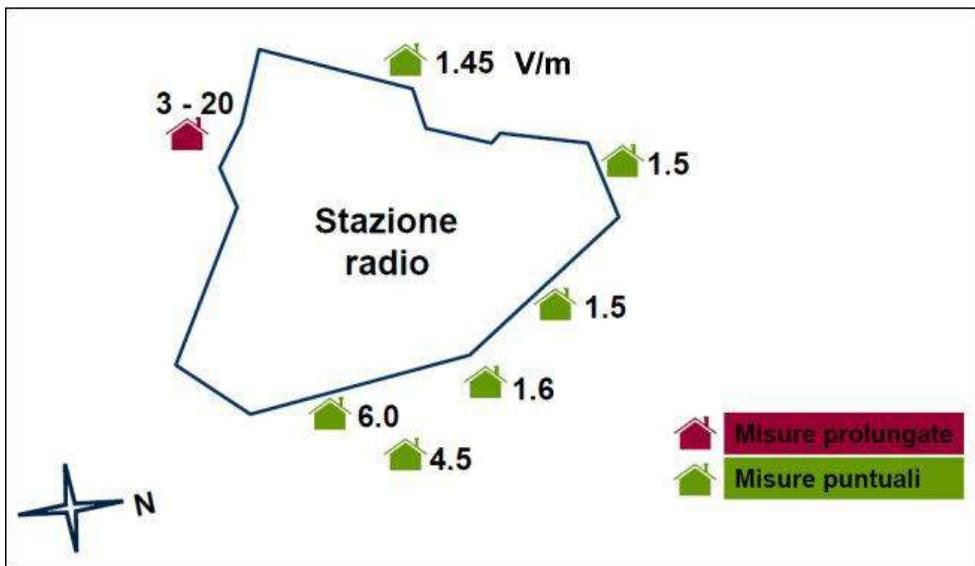


Distribuzione dell'esposizione misurata della popolazione italiana al campo Elettromagnetico RF nel periodo 2005-2011. (fonte: Elettra 2000)

In pratica, il 37% dei rilievi è risultato essere al di sotto della soglia di sensibilità degli strumenti ($0,25 \text{ V/m}$), il 54% dei rilievi è compreso nel range $0,26 - 1 \text{ V/m}$, il 6% dei rilievi è compreso nel range $1-3 \text{ V/m}$, il 2% dei rilievi è compreso nel range $3-6 \text{ V/m}$ e l'1% dei rilievi è superiore al livello di attenzione (6 V/m). Nel Nord Italia, il livello di campo elettrico si attesta nel range più basso nel 43% dei siti, contro il 5% rilevato in Italia Centrale, il 7% al Sud e il 18% nelle Isole. Il Nord Italia, dunque, in generale ha i livelli più elevati nel Paese di l'esposizione ai campi elettro-

magnetici a radiofrequenza. Primato negativo per il Nord anche per i siti con livelli di campo elettrico nel range intermedio: 51% contro il 5% del Centro e il 7% del Sud.

Tuttavia, come al solito, le medie spesso ingannano. “A Roma, ad esempio, in Via Faravelli l’esposizione dei cittadini ha raggiunto la quota limite di 5,80 V/m a ridosso di nuove antenne Rai. E i dati ufficiali dell’ARPA Lazio”, come racconta Maurizio Martucci nel suo libro *Manuale di autodifesa per elettrosensibili* (2018), sono ancora meno confortanti: “in alcune strade della Capitale sono stati registrati fino a 23 V/m, 60 V/m e perfino 145 V/m”. E, quando il centro trasmettente di Santa Maria di Galeria (RM) di Radio Vaticana era attivo con le sue discusse antenne ad alta potenza, un rapporto dell’ENEA del 1998, sulle misure di campo elettrico effettuate su un campione di edifici localizzati entro 600 m dal muro di cinta della struttura, riportava valori interni alle abitazioni di 1,5-6,0 V/m, e valori esterni tra 10 e 20 V/m.



Misure di campo elettrico in un campione di edifici in prossimità della stazione radio di Santa Maria di Galeria. (fonte: Michelozzi, 2012)

Per non parlare dei cosiddetti “palazzi della morte”, ovvero posti immediatamente a ridosso (meno di 50 metri) da più d’una forte sorgente di campi elettromagnetici a bassa e/o ad alta frequenza dove – forse proprio per l’interazione fra questi due tipi di sorgenti – si sono riscontrati

“cluster” anomali di cancro, cioè numerosi casi di cancro dello stesso tipo e all’apparenza in grande eccesso rispetto alla media. Basta fare una ricerca su Google con le parole “elettrosmog Via Sottocorno Milano” (dove in due numeri civici vi sono stati ben 36 casi tra circa 150 famiglie, con cluster di tumori al cervello e al pancreas) o “elettrosmog Via Matteotti Viareggio” (dove in un solo palazzo vi sono stati 12 decessi, dei quali 5 per cancro al cervello), ma vi sono casi ben noti anche a Ostia, a Colle della Maddalena, a Capaccio Paestum, a Bari, etc.

In alcune condizioni il telefonino può costituire la maggior fonte di esposizione a campi elettromagnetici RF (fino al 99% dell’esposizione globale alle radiofrequenze di un singolo individuo). In particolare, analisi effettuate dall’ARPA Piemonte sui livelli di campo generati da impianti per telecomunicazione dimostrano che la grande maggioranza della popolazione piemontese risulta esposta a valori molto bassi di campo elettrico “ambientale” ($<0,5$ V/m), mentre è stato verificato come l’esposizione al proprio telefono cellulare possa raggiungere livelli di campo elettrico decisamente più elevati.

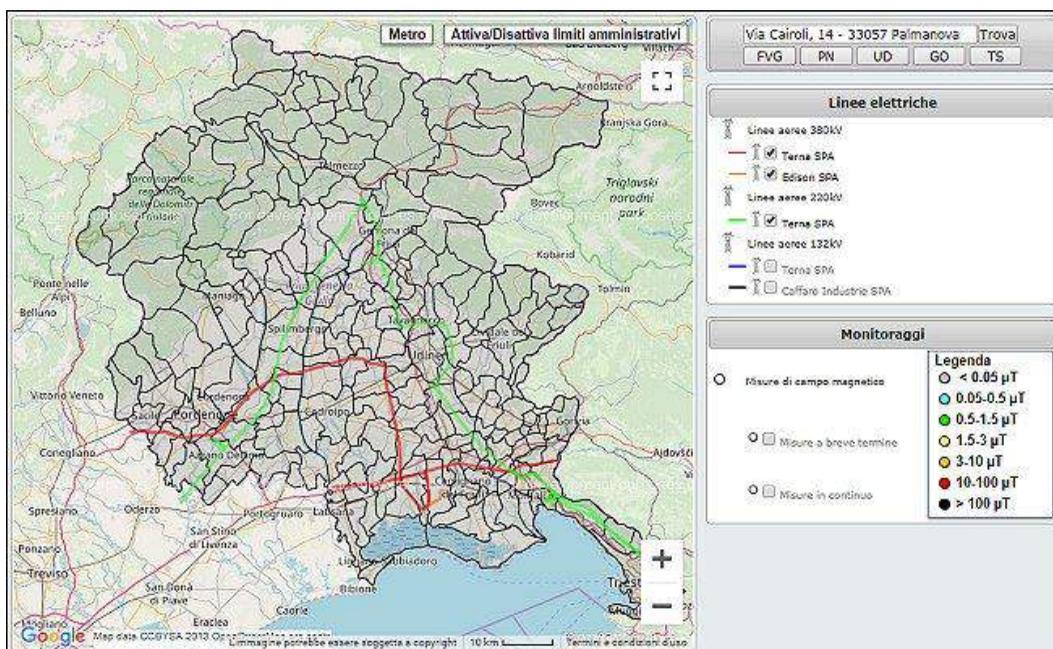
Per i campi elettromagnetici a radiofrequenza, l’uso personale di un telefono cellulare è noto essere il maggiore contributo all’esposizione delle persone, seguito dal contributo di persone che utilizzano telefoni cellulari nell’area, dai telefoni DECT (cioè i *cordless* usati in casa o ufficio) e dalle stazioni radio base della telefonia mobile. La più alta esposizione avviene dove molte persone si trovano insieme, come nel trasporto pubblico, nelle stazioni ferroviarie, nei centri commerciali e nei caffè.

Principali sorgenti di esposizione indoor alle RF
Telefoni cellulari
Telefoni cordless (DECT)
Stazioni radio base d. telefonia mobile
Wi-Fi domestico e dei vicini

Le principali fonti di esposizione indoor alle radiofrequenze. Per chi abita molto vicino a una stazione emittente, quest’ultima può essere la sorgente principale.

Fonti outdoor a bassa frequenza: elettrodotti aerei e non

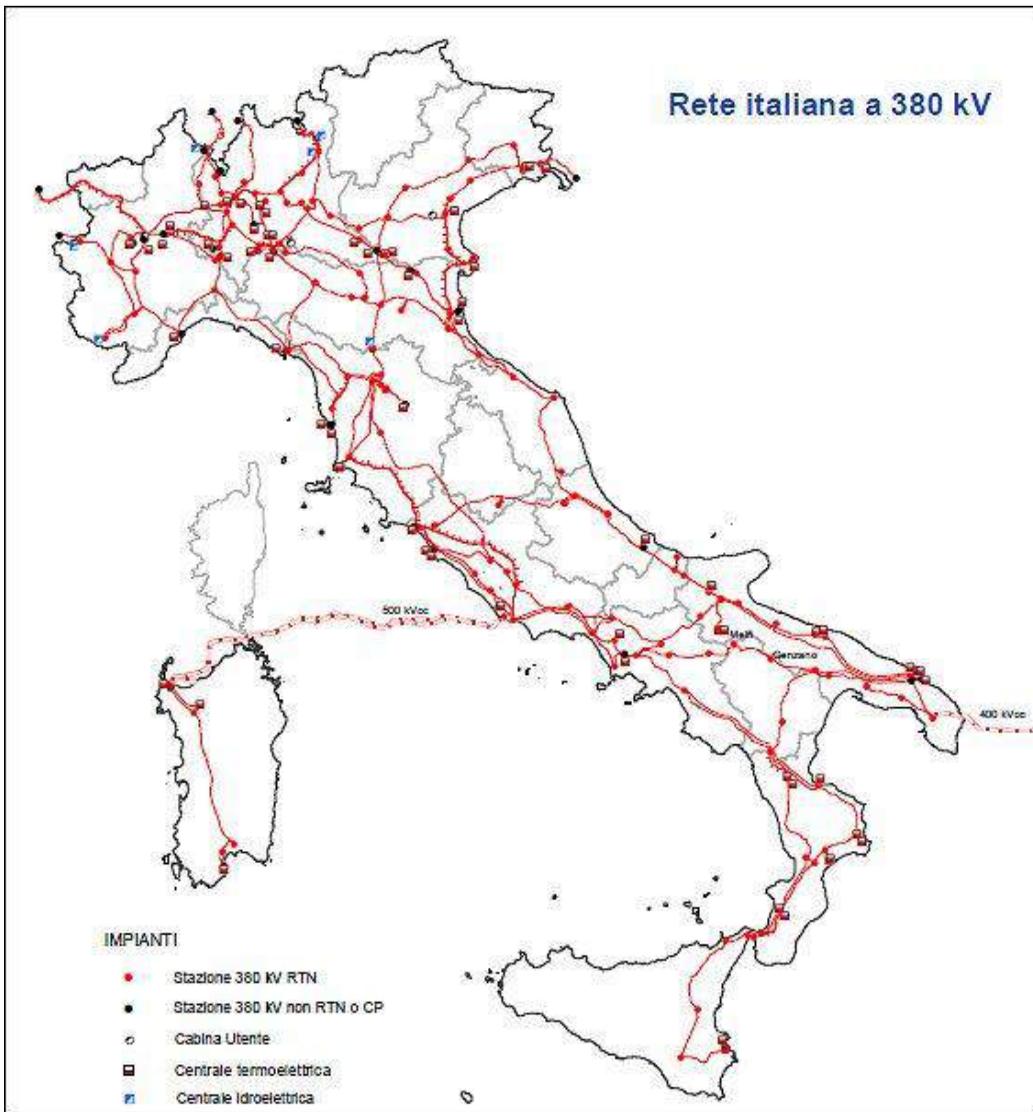
Anche per le linee elettriche ad alta e altissima tensione alcune regioni hanno creato un apposito catasto. Ad esempio, in Friuli Venezia Giulia, la L.R. n. 19/2012 ha istituito il catasto informatico regionale degli elettrodotti con tensione superiore a 130 kV, affidandone la realizzazione e le modalità di gestione ad ARPA FVG, e ne ha disposto la pubblicazione sulla rete Internet – insieme ai valori di induzione magnetica misurati – a disposizione dei soggetti pubblici e privati interessati. Fra le informazioni associate al punto di misura, vi sono anche le indicazioni relative alla tipologia dell'elettrodotto più vicino.



*Il catasto degli elettrodotti del Veneto, con le linee a 380 kV, 220 kV e 132 kV.
(fonte: sito web ARPA Veneto)*

Sul sito di Terna, alla voce “Rete elettrica”, è possibile invece trovare la mappa delle dorsali degli elettrodotti italiani *ad altissima* tensione, cioè a 380 kV ed a 220 kV, aggiornata al 2015. Nei siti dei Comuni o delle Regioni è spesso possibile trovare le informazioni relative agli elettrodotti ad alta o altissima tensione più recenti, che dunque non sono compresi nella mappa di Terna o perché più recenti del 2015 o perché sono elettrodotti “solo” *ad alta* tensione (ad es. le comuni linee a 132 kV). Le linee

elettriche sono comunque di solito ben visibili nei tratti aerei, ma non – purtroppo – in quelli interrati (se non con misuratori ELF).

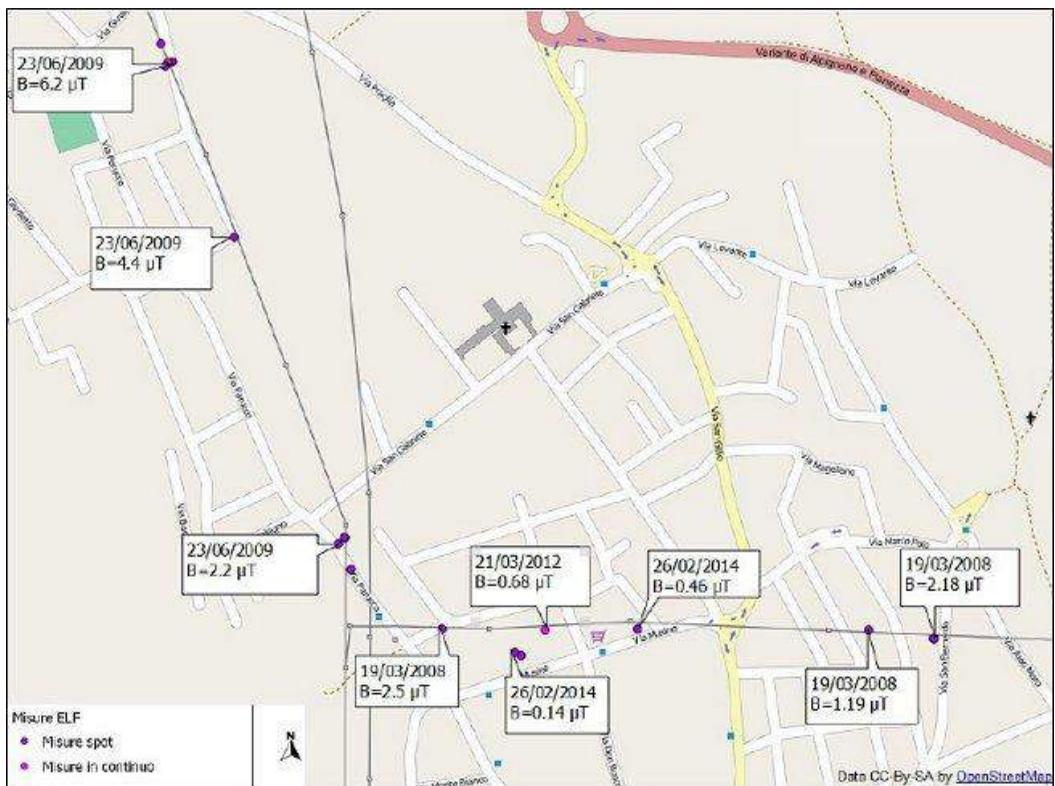


La rete italiana di elettrodotti a 380 kV gestita da Terna. (fonte: Terna)

Le ARPA regionali – o almeno alcune di esse – effettuano regolarmente delle misurazioni brevi (*spot*) o a lungo termine del campo magnetico in prossimità di linee elettriche ad alta e altissima tensione. Le misurazioni “spot” vengono effettuate mediante rilevamenti di breve durata eventualmente ripetuti in diverse posizioni nell’intorno di una sorgente. Danno informazioni sulla distribuzione dei livelli nell’area di interesse e ser-

sono anche a individuare il punto di massima esposizione.

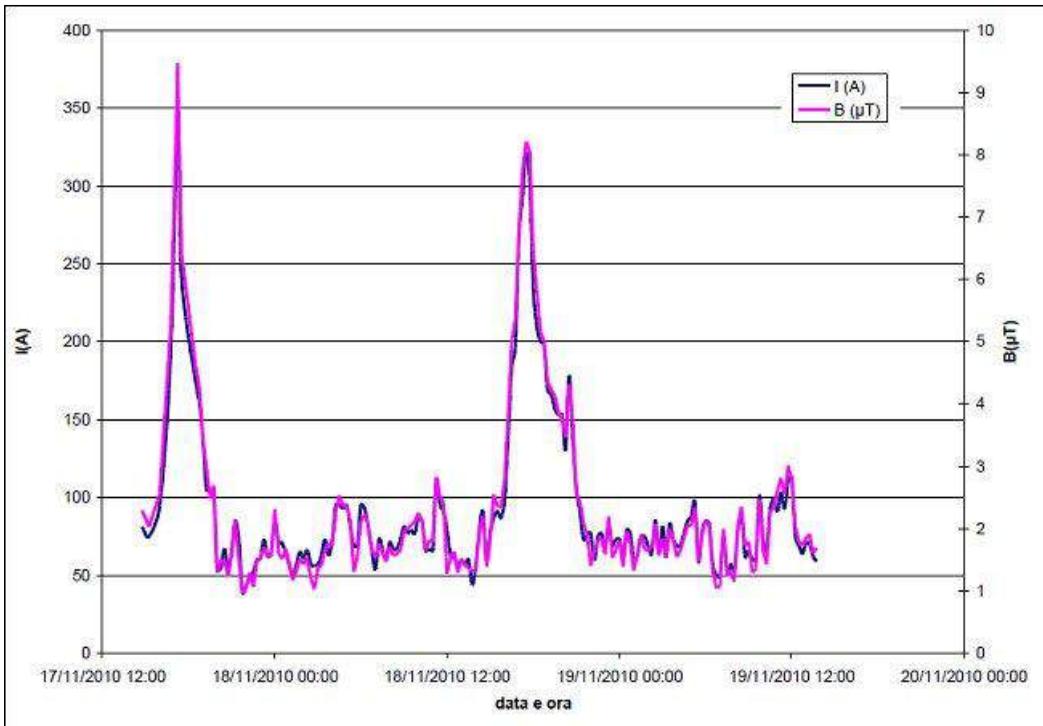
Le misurazioni in continua a lungo termine sono effettuate posizionando uno specifico strumento in una posizione fissa (generalmente il punto dove, attraverso misure spot, si è individuata la massima esposizione) e acquisendo i valori della grandezza in esame per un periodo di tempo ritenuto significativo. Danno informazioni sull'andamento dell'emissione di una specifica sorgente nel tempo. Le misure vengono eseguite in prossimità delle sorgenti in base alle richieste pervenute, soprattutto dai Comuni, responsabili per legge del controllo. I punti monitorati, quindi, cambiano solitamente di anno in anno.



Alcune misurazioni spot o a lungo termine dei campi magnetici di elettrodotti eseguite dall'ARPA Piemonte (fonte: ARPA Piemonte)

Le misurazioni a lungo termine mostrano una buona correlazione del campo magnetico (B) con le correnti di carico (I) che fluiscono nell'elettrodotto, come mostrato chiaramente dalla figura seguente. Pertanto, semplicemente esaminando i valori della corrente di carico di una

data linea elettrica registrati nel periodo di interesse – ovviamente, se e quando disponibili – è possibile estrapolare il valore massimo in quel periodo del campo magnetico medio (o mediano) su un arco di 24 ore.



Misure a lungo termine del campo magnetico di elettrodotti (in viola), in stretto accordo con l'andamento della corrente trasportata (in nero). (fonte: ARPA Piemonte)

In mancanza di dati in letteratura, il Dipartimento di Ivrea dell'ARPA Piemonte ha provveduto a realizzare, in diverse città, una campagna di misurazione dei livelli del fondo magnetico a bassa frequenza. Mettendo in correlazione i livelli di campo magnetico misurati con altri parametri, come la densità abitativa, è possibile ricavare una prima indicazione quantitativa del livello di esposizione presente in ambiente urbano.

Nella tabella seguente sono riportati i valori medi e quelli massimi del campo magnetico, misurati in tre città piemontesi con differente numero di abitanti. I valori medi sono stati ottenuti tenendo conto della variabilità spaziale dei valori di campo, mentre per valutare l'evoluzione temporale del campo si è ripetuta la misurazione, in varie ore della giornata in una particolare zona di ogni città.

	B_{medio} (μT)	B_{massimo} (μT)
Città di 1.000.000 di abitanti	0.19	5.73
Città di 60.000 abitanti	0.18	2.53
Cittadina di 34.000 abitanti	0.11	2.51

I valori del campo magnetico di fondo misurati in diverse aree urbane dall'ARPA Piemonte. (fonte: Assante, 2002)

È interessante notare come, soprattutto nelle grandi città, i valori medi del campo magnetico siano dello stesso ordine di grandezza (0,2 μT) di quelli adottati in vari studi epidemiologici come livelli di soglia. Alcuni studiosi, infatti, hanno cercato di individuare una soglia tra livelli sicuri e livelli pericolosi per le esposizioni croniche e hanno fissato una *soglia di attenzione epidemiologica* a circa 0,2 μT, oltre il quale sarebbe dimostrata la correlazione fra esposizione cronica e l'insorgenza di gravi malattie nell'uomo. Pertanto, visti i valori misurati, tutti gli abitanti delle grandi città risulterebbero esposti a valori di campo magnetico prossimi alla soglia di attenzione epidemiologica (Assante, 2002).

Fonti outdoor a bassa frequenza: i mezzi di trasporto

L'esposizione pubblica ai campi elettromagnetici dipende da dove sono le persone e da cosa fanno. Non è quindi facile fare affermazioni sull'intensità dei campi a cui un individuo è esposto. Per i campi magnetici a bassa frequenza (50 Hz), le misurazioni hanno dimostrato che la massima esposizione a tali campi si verifica vicino alle linee elettriche aeree e vicino alle apparecchiature con motori, come i rasoi, ed ai trasformatori dei caricabatterie per laptop o telefoni cellulari. Tuttavia, una sorgente *outdoor* importante di campi a bassa frequenza (ELF) è costituita dai *mezzi di trasporto* e spesso dalle relative stazioni.

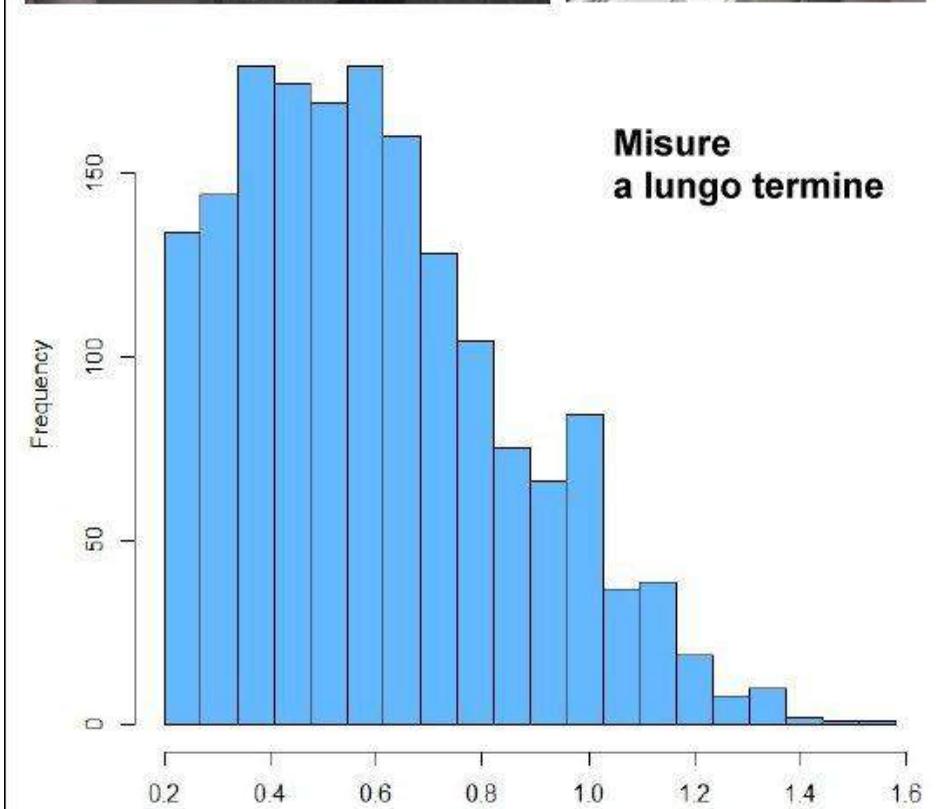
In un'auto *a benzina* o in un *autobus* le principali sorgenti di esposizione a campi elettromagnetici a frequenza di rete (50 Hz) sono quelle che si oltrepassano quando si guida, come ad esempio gli elettrodotti. Le batterie dall'auto lavorano a corrente continua, mentre gli alternatori lavorano a

corrente alternata, ma ad una frequenza diversa da quella di rete, disturbando però le relative misurazioni. Si noti che in Italia i treni a bassa velocità sono a tutt'oggi alimentati in corrente continua (a 3000 V, cioè 3 kV), e quindi non vengono indotte correnti nel corpo dei passeggeri da parte delle linee di alimentazione del treno.

Relativamente pochi studi sono stati condotti sui livelli di esposizione ELF all'interno e intorno a sistemi di trasporto come treni, tram e auto ibride, ma alcuni sono già stati pubblicati. Secondo una recente pubblicazione scientifica (Gajsek, 2016), “i livelli massimi di intensità del campo magnetico registrato nei trasporti in Europa vengono emessi a 50 Hz in un tram, a 15,25-16,50 Hz in un treno ed a 12 Hz in un'automobile ibrida”. Inoltre, secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), “sono stati registrati campi magnetici di picco fino a poche decine di μT sulla piattaforma di una linea ferroviaria urbana locale”.

In Francia, “le misurazioni effettuate nel 1993 all'interno di un *treno* ad alta velocità, e ad una distanza di 10 metri al di fuori del treno, hanno mostrato valori di picco intorno a 6-7 μT durante l'azionamento ad alta velocità, sebbene questi dati siano piuttosto datati, considerando i cambiamenti tecnologici e l'evoluzione degli ultimi 25 anni. In uno studio svedese, i valori dei campi nella cabina del conducente del treno variavano da pochi μT a oltre 100 μT , con valori medi per un giorno lavorativo compreso tra pochi μT e decine di μT a seconda del motore. Le misure dell'intensità del campo magnetico nella parte anteriore di un treno a livello del pavimento erano comprese tra 3,4 e 8,7 μT ”.

Il sistema di elettrificazione della rete ferroviaria italiana *ad alta velocità* è basato sulla tensione di 25 kV AC¹. L'ARPA Piemonte ha eseguito delle misurazioni all'interno dei vani passeggeri durante il servizio per valutare le condizioni reali. Secondo il report di D'Amore (2014), dell'ARPA Piemonte, le misurazioni spot effettuate con un misuratore NARDA EFA 3 (5 Hz-30 kHz) hanno dimostrato che il campo magnetico ELF varia da 0,2 μT a circa 14 μT nei compartimenti passeggeri. Misure a lungo termine eseguite col monitor personale Enertech EMDEX II (40 Hz-800 Hz) hanno permesso di dimostrare che i livelli del campo magnetico ELF dipendono dalle condizioni di trazione.



Misure spot e a lungo termine del campo magnetico a bassa frequenza sui treni ad alta velocità effettuate dall'ARPA Piemonte. (fonte: ARPA Piemonte)

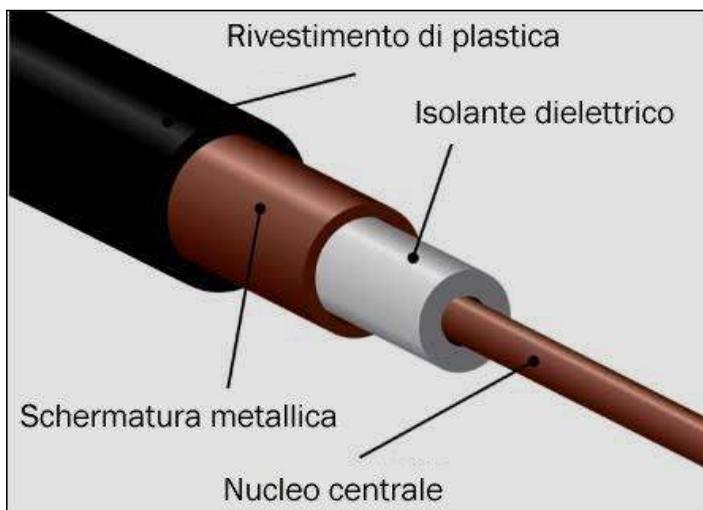
In un *tram*, come spiega ancora l'articolo di Gajsek et al., “il picco di intensità del campo magnetico di $7,6 \mu\text{T}$ è stato registrato nel mezzo del tram a livello del pavimento quando un altro tram è passato nelle immediate vicinanze. La forza del campo magnetico vicino al pavimento all'esterno del tram ha raggiunto i $3,5 \mu\text{T}$ quando un tram è passato sul binario. La maggior parte di tale forza era compresa tra $0,01\text{-}5,5 \mu\text{T}$ ”. Dunque, la sorgente non è la linea del tram ma il motore del mezzo.

Infine, recentemente, Tell et al. (2016) hanno condotto uno studio pilota per valutare i livelli di campo magnetico nei *veicoli elettrici* rispetto ai veicoli a benzina. Hanno trovato che i campi magnetici andavano da $0,6$ a $3,5 \mu\text{T}$ in 7 auto elettriche, rispetto a gli $0,4\text{-}0,6 \mu\text{T}$ in quattro auto a benzina. In uno studio svedese (Vedholm, 1996), la gamma di campi magnetici in un'auto ibrida con motore e aria condizionata accesi ma non in movimento è risultata pari a $0,03\text{-}2,4 \mu\text{T}$. Nelle auto ibride in movimento, invece, per i campi magnetici a bassa frequenza ($5 \text{ Hz}\text{-}2 \text{ kHz}$) nel 33% delle auto sono stati misurati valori superiori a $2 \mu\text{T}$ e nel 25% delle auto i valori sono risultati essere addirittura superiori a $6 \mu\text{T}$.

CAMPI ELETTROMAGNETICI ALLE VARIE FREQUENZE: COME SCHERMARLI

La schermatura elettromagnetica è la pratica di ridurre il campo elettromagnetico in uno spazio bloccando il campo con barriere fatte di materiali conduttivi o magnetici. Una *gabbia di Faraday* metallica è un semplice sistema di schermatura. Per la schermatura in ambienti in cui i campi magnetici variano lentamente al di sotto dei 100 kHz di frequenza, devono essere usati materiali magnetici speciali, poiché una soluzione tipo gabbia di Faraday non è efficace in quella situazione.

Un esempio tipico è un cavo schermato, che ha una schermatura elettromagnetica RF sotto forma di una rete metallica che circonda un conduttore interno. La schermatura impedisce la fuga di qualsiasi segnale dal conduttore centrale e impedisce inoltre l'aggiunta di segnali al conduttore principale. Alcuni cavi hanno due schermi coassiali separati, uno collegato a entrambe le estremità, l'altro solo a un'estremità, per massimizzare la schermatura sia dei campi elettromagnetici che di quelli elettrostatici.



La schermatura RF in un cavo elettrico coassiale.

La schermatura elettromagnetica che blocca la radiazione elettromagnetica a radiofrequenza (RF) è anche nota, in gergo, come “schermatura RF”. Un recinto conduttivo utilizzato per bloccare i campi elettrici o *elettrostatici* è anche noto, invece, come “gabbia di Faraday”. La quantità di riduzione dipende molto dal materiale utilizzato, dal suo spessore, dalle dimensioni del volume schermato e dalla frequenza dei campi di interesse e dalla dimensione, forma e orientamento delle aperture nello schermo rispetto a un campo elettromagnetico incidente.

La porta di un forno a microonde (che lavora a 2,45 GHz) ha uno schermo metallico integrato nella finestra che è possibile vedere guardandola con attenzione. Dal punto di vista delle microonde (che a quella frequenza hanno lunghezze d'onda di 12 cm) tale schermo completa una *gabbia di Faraday* formata dall'alloggiamento metallico del forno. La luce visibile, con lunghezze d'onda comprese tra 400 nm e 700 nm, passa quindi facilmente attraverso i fori dello schermo, le microonde no.



Il forno a microonde si comporta come una semplice “gabbia di Faraday”.

I materiali schermanti sono l'unica soluzione per proteggersi dal continuo aumento dell'inquinamento elettromagnetico dovuto a antenne telefoniche, emittenti radio e TV, reti Internet wireless (Wi-Fi), telefoni cordless, satelliti, radar, reti WI-MAX, antenne di ministeri, ambasciate,

forze armate, antenne radioamatoriali, della polizia, di compagnie di sicurezza private o di trasporto, a reti di comunicazione dei taxi, contatori intelligenti e ad una varietà di altre applicazioni wireless.

Ovviamente, si può verificare l'efficacia della schermatura con dei misuratori di campo elettromagnetico. Dato che quelle più facilmente schermabili sono le radiazioni a radiofrequenza (RF), per le verifiche strumentali avrete bisogno di un misuratore RF a larga banda (ad es. 100 MHz-3,5 GHz o leggermente superiore), mentre per verificare la schermatura dei campi elettrici a frequenza di rete (50 Hz) avrete bisogno di un misuratore ELF a banda stretta (30 Hz-300 Hz o leggermente superiore).

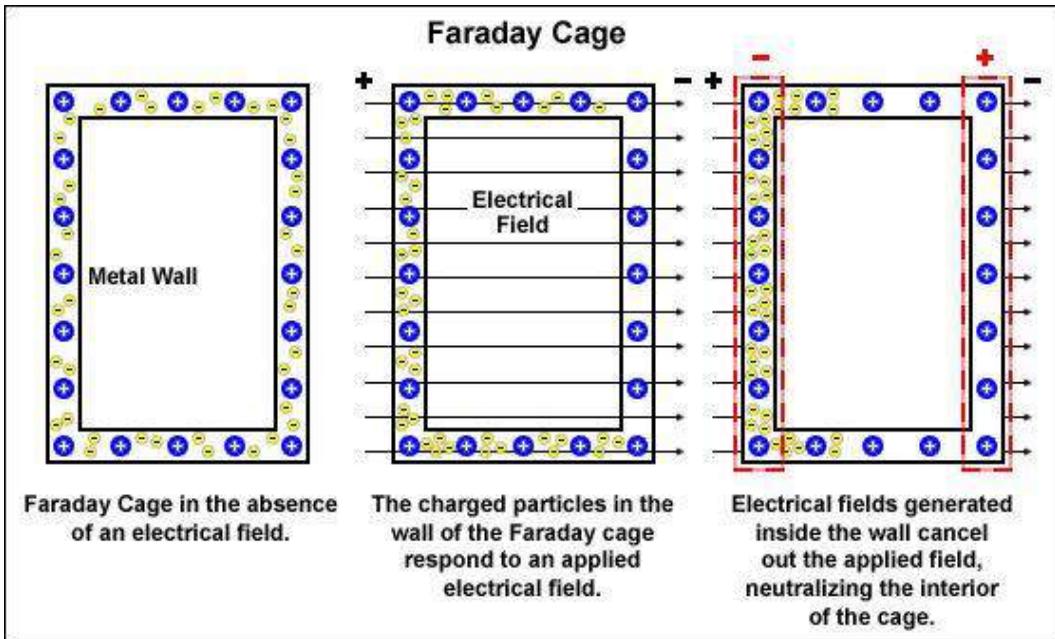
Introduzione alla schermatura delle radiazioni a radiofrequenza

Le soluzioni di schermatura elettromagnetica ad alta frequenza vengono di solito usate innanzitutto in ambito domestico: nelle case adiacenti le torri delle stazioni radio base della telefonia mobile o le antenne per le trasmissioni radio, etc. (soprattutto le stanze con finestre che hanno un contatto visivo con l'antenna); nei condomini per la presenza di una moltitudine di telefoni cordless e reti Internet Wi-Fi; in aree densamente popolate a causa della presenza di più torri di telefonia cellulare.

Ma sono molto utili anche: ai piani superiori degli edifici, che sono più esposti a tutti i tipi di radiazioni wireless rispetto al piano terra o alle aree del seminterrato; nelle scuole, negli asili, nei reparti di maternità, negli ospedali, nelle case di cura, etc., a causa della maggiore sensibilità dei bambini, dei feti, delle donne incinte, dei malati e degli anziani alle radiazioni wireless; in hotel, spa, centri medici, cliniche, etc. che vogliono creare delle zone completamente libere da radiazioni wireless.

I materiali tipici utilizzati per la schermatura elettromagnetica RF comprendono lamiera, schermi metallici e schiume metalliche, ma si può anche optare per l'assai più economica carta stagnola, che non è altro che un sottile foglio di alluminio. Esistono pure inchiostri metallici, contenenti tipicamente rame o nichel sotto forma di particelle molto piccole. Eventuali buchi presenti nella schermatura o nella rete devono essere significativamente più piccoli della più piccola lunghezza d'onda della radiazione che deve essere tenuta fuori, o la "gabbia" non approssimerà in modo efficace una superficie conduttiva ininterrotta.

Ecco come funziona la schermatura RF con un materiale conduttore. La radiazione elettromagnetica consiste di campi elettrici e magnetici accoppiati. Il campo elettrico produce forze sui portatori di carica (cioè, elettroni) all'interno del conduttore. Non appena un campo elettrico viene applicato alla superficie di un conduttore ideale, induce una corrente che provoca lo spostamento di carica all'interno del conduttore che annulla il campo applicato all'interno; a quel punto la corrente si ferma.



Il principio di funzionamento di una gabbia di Faraday nello schermare il campo elettrico. (fonte: The National Magnetic Field Laboratory)

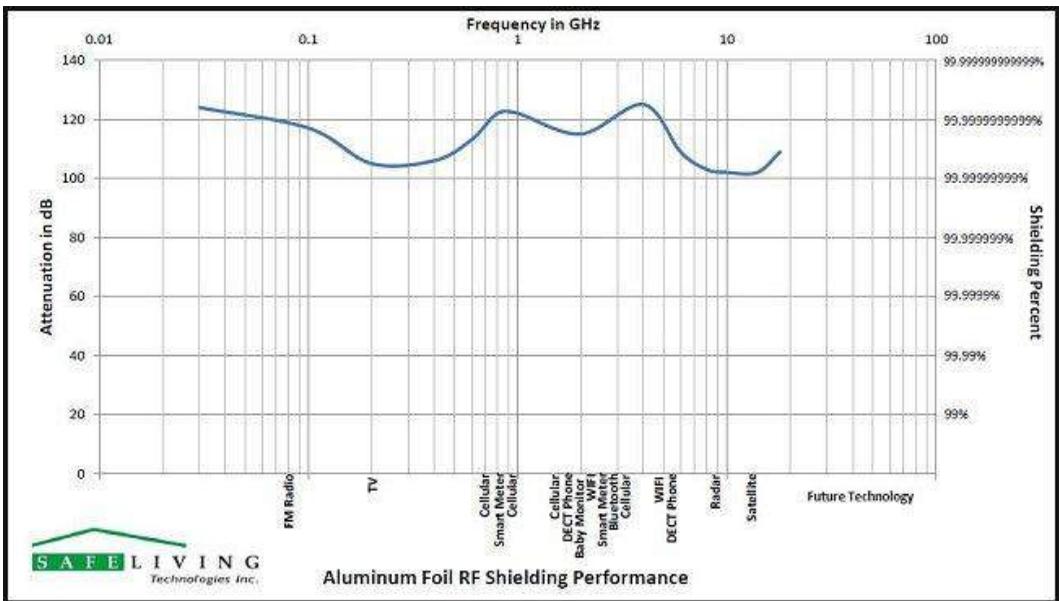
Allo stesso modo, i campi magnetici variabili generano nel metallo schermante delle correnti parassite che agiscono per cancellare il campo magnetico applicato (si noti che il conduttore non risponde ai campi magnetici statici, a meno che il conduttore non si muova rispetto al campo magnetico). Il risultato è che la radiazione elettromagnetica viene riflessa dalla superficie del conduttore: dunque, i campi interni rimangono all'interno ed i campi esterni restano all'esterno.

Diversi fattori contribuiscono a limitare la capacità di schermatura degli schermi RF. Uno è che, a causa della resistenza elettrica del conduttore, il campo eccitato non cancella completamente il campo incidente. Inoltre, la maggior parte dei conduttori mostrano una risposta ferromagneti-

ca ai campi magnetici a bassa frequenza, per cui tali campi non sono completamente attenuati dal conduttore. E qualsiasi buco nello schermo fa sì che i campi che passano attraverso i fori non eccitino i campi elettromagnetici opposti. Questi effetti riducono la capacità di riflessione del campo da parte dello schermo.

Come schermare dai campi RF una casa, una stanza o un letto

In pratica, le radiazioni wireless entrano facilmente in un edificio dalle finestre (a meno che i vetri non abbiano un rivestimento metallico) e sono bloccate in qualche misura dalle pareti a seconda dello spessore e del tipo di materiale strutturale. I materiali di schermatura elettromagnetica sono carta stagnola, o tessuti in rete metallica, pellicole speciali per finestre, carte da parati speciali e vernici che riflettono oltre il 99% delle radiazioni wireless a causa della loro particolare composizione conduttiva.



L'elevatissima capacità di attenuazione di un foglio di alluminio per le varie sorgenti in radiofrequenza.

Non a caso, le stanze in cui vivono gli elettrosensibili sono facilmente riconoscibili perché di solito sono in parte o del tutto rivestite all'interno di carta stagnola, in particolare le porte, mentre alle finestre e intorno al letto troviamo in genere delle specie di zanzariere composte in realtà da una comune rete metallica a maglia fine. Alcuni nascondono lo strato di

stagnola sotto la carta da parati, per ovvii motivi estetici. In molti casi, la stanza è completamente isolata, tutti i suoi bordi sono sigillati con la carta stagnola e collegati fra loro e poi a un filo conduttore in modo da poter “collegare a terra” l'intera stanza.

Pertanto, pellicole per finestre con rivestimento metallico o tende con armatura speciale di metallo (ad es. rame e argento, ma potete provare anche con reti metalliche low-cost che si trovano nei migliori negozi di bricolage), sono posizionate sulle finestre, riducendo significativamente i livelli di radiazioni dovuti a sorgenti esterne (ad es. le stazioni radio base della telefonia mobile), poiché le finestre sono i punti più vulnerabili alla penetrazione di radiazioni wireless dall'esterno.

Verniciando poi le pareti con vernice a base di nanopolveri metalliche per la schermatura elettromagnetica, possiamo ottenere una riduzione ancora maggiore delle radiazioni in uno spazio, che di solito è auspicabile quando c'è una fonte vicina (ad esempio, a una distanza inferiore a 200 m). La vernice può essere utilizzata anche sul pavimento. Queste vernici forniscono tassi di attenuazione della radiazione elevati – anche per radiazioni ad altissima frequenza – e schermano pure dai campi elettrici a bassa frequenza (ad esempio da fili, apparecchi elettrici, etc.), ma purtroppo non da quelli *magnetici* a 50 Hz.



Test di una vernice a base di nanopolveri metalliche per la schermatura dei campi elettromagnetici quando vi sono esigenze estetiche.

Sulle pareti che non sono state ancora intonacate o su pavimenti non posati, è possibile inserire una speciale rete in acciaio inossidabile. Dato che questa maglia è in acciaio inossidabile, può essere facilmente utilizzata all'esterno (ad esempio inchiodandola sulle pareti esterne); mentre il tessuto schermante elettromagnetico che riflette la radiazione wireless può essere posizionato sotto il divano o il letto, quando la fonte di radiazioni è di potenza inferiore (ad es. il modem Wi-Fi del vicino).

Una soluzione pratica per le camere da letto consiste nell'adoperare dei baldacchini schermanti per letto, che sono molto simili a zanzariere (ma di solito assai più costosi). Essi impediscono la penetrazione di radiazioni da tutte le direzioni tranne che dal fondo del letto (ma lì puoi mettere un tessuto metallico o altro materiale schermante). Con tali schermi, si ottiene il minimo disturbo del sonno dalle sorgenti di radiazioni wireless attuali e future e si fa una pausa quotidiana dall'inquinamento elettromagnetico. La maglia della rete dev'essere di circa 1/100 della lunghezza d'onda della radiazione che si desidera schermare, o inferiore. In generale, è sufficiente una maglia di circa 1 mm.

Un baldacchino schermante fai-da-te realizzato con una rete metallica low-cost.



L'effettiva attenuazione della radiazione dipende dalla riflessione fornita da ciascun materiale ma anche dalla copertura delle superfici. Qualsiasi punto non schermato è un potenziale punto di penetrazione che può ridurre il risultato locale o complessivo del progetto di schermatura. L'uso dei principali materiali di schermatura che forniscono una schermatura di

20-40 dB (vernici, pellicole per finestre, tende, baldacchini e reti leggere) in oltre il 50% delle superfici delle aree che si intende proteggere di solito significa una riduzione pratica dei valori di radiazione superiore al 90%.

Per schermatura con efficienze più elevate, maggiori del 99% – che sono solitamente desiderate quando si registrano valori di campo RF maggiori di $10.000 \mu\text{W}/\text{m}^2$ – si consiglia l'uso di materiali che forniscono un'attenuazione maggiore di 50 dB (carte da parati speciali, tende per finestre e baldacchini per il letto) o una combinazione di materiali (ad es. pellicola per tende e finestre), e maggiore enfasi sulla prevenzione nelle aperture non schermate, a cominciare proprio dalle finestre.

Per la schermatura da fonti esterne di radiazioni, si ottiene la massima riduzione schermando finestre, pareti e tetti rivolti verso la sorgente. Schermando gli altri lati dello spazio, riduciamo anche la penetrazione della radiazione attraverso i riflessi. Inoltre, la schermatura di tutte le parti di un ambiente costituisce una misura preventiva di protezione dalla possibilità della presenza futura di nuove sorgenti esterne di radiazioni. Ovviamente, non dovremo MAI usare il telefonino nell'ambiente schermato, perché rilascerebbe emissioni a potenza assai più alta del normale, con le relative onde che resterebbero intrappolate nella stanza.



Non si può usare un telefonino all'interno di un ambiente schermato.

Sotto molti aspetti, le radiazioni a radiofrequenza si comportano come la luce. Viaggiano in linee rette, possono essere bloccate da alcuni materiali e possono riflettersi sulle superfici. Dato che non possiamo vederle di-

rettamente, il loro comportamento può apparire sconcertante per la persona che usa casualmente un misuratore RF. Quando schermiamo una singola fonte, la schermatura è efficace e proietta l'equivalente di un'ombra. Ma se vi sono altre sorgenti o riflessioni della sorgente schermata, lo schermare solo la fonte primaria ha un piccolo effetto su quanta radiazione ci arriva e la stessa schermatura appare come se non fosse efficace. In tal caso, occorre completare la schermatura.

Immagina che sei all'aperto in una giornata di sole e poni un grande specchio su un supporto sopra la testa. L'attenuazione dello specchio è molto alta, forse 120 dB o più, quindi praticamente nessuna luce passa attraverso lo specchio. Ma la luce che penetra dai lati illumina facilmente l'area ombreggiata. Certo, la quantità di illuminazione è inferiore allo stare in piena luce solare, ma l'attenuazione non è affatto vicina a 120 dB, forse è più vicina a 20 dB. Inoltre, l'uso di uno schermo con un'attenuazione ancora migliore non porterà ulteriori vantaggi ai fini della attenuazione della radiazione (in questo caso luminosa).

Per ottenere un livello elevato di schermatura, è necessario controllare molto attentamente le “perdite”. Gli spazi sotto le porte, i giunti tra le sezioni di schermatura e persino i fori di spillo nel materiale di protezione possono consentire a questi segnali ad alta frequenza di penetrare. Devi creare una gabbia “completa”. Qualsiasi parte non schermata è un punto di perdita. Inoltre, è fondamentale rimuovere le sorgenti RF che si trovano all'interno della stanza. Puoi verificare con un misuratore RF che non vi siano emissioni da telefoni cordless, router Wi-Fi, laptop, baby monitor, etc. Ecco le loro intensità che puoi aspettarti:

Strength of microwave technologies	
Mobile phone held next to head:	10 - 150 V/m
DECT cordless phone held next to head:	10 - 80 V/m
Microwave oven at 1m:	1 - 6 V/m
Wi-Fi laptop on lap:	1 - 5 V/m
Wi-Fi router at 0.5m:	1 - 2 V/m
Mobile phone mast at 150m:	0.5 - 2 V/m
DECT base unit at 0.5m:	0.5 - 2 V/m
Digital baby monitor 1m from baby	0.3 - 2 V/m
Bluetooth device at 50cm:	0.3 - 0.7 V/m
DECT base unit at 3m:	0.2 - 0.4 V/m
Wi-Fi router at 5m:	0.1 - 0.2 V/m
Source: PowerWatch	

Come schermare i campi generati dagli elettrodotti

Gli elettrodotti e le linee che trasportano la corrente elettrica in casa sono una sorgente di campi elettromagnetici *a bassa frequenza*. Infatti, emettono campi elettromagnetici lentamente variabili alla frequenza di 50 Hz (in Italia e in Europa), che rientrano dunque nei campi elettromagnetici a frequenza estremamente bassa (ELF, o *Extremely Low Frequency*), i quali hanno generalmente frequenze fino a 300 Hz. Ciò vuol dire che la direzione della corrente è alternata 50 volte al secondo.

In prossimità di un elettrodotto o di una linea elettrica si generano un campo *elettrico* e un campo di *induzione magnetica*. I campi elettrici derivano dalla tensione, mentre i campi magnetici derivano dalla corrente elettrica. I campi elettrico e magnetico a tali valori di frequenza non sono accoppiati, come invece succede a frequenze superiori (in particolare alle radiofrequenze), e di conseguenza non vengono irradiati. Per questo, a tali valori di frequenza, è più accurato parlare di “campi elettrici e magnetici”, piuttosto che di “campi elettromagnetici”, e misurarli separatamente.

Il campo elettrico di una linea elettrica ha un'intensità tanto più elevata quanto più aumenta la tensione di esercizio della linea elettrica (dai 230 V dell'uso domestico ai 380.000 V delle linee di trasmissione più potenti), ed è facilmente schermabile da parte di materiali buoni conduttori elettrici, quali i *metalli*. Quando si verifica un passaggio di corrente (ad es. mettendo in funzione gli apparecchi elettrici), si origina anche un campo magnetico dovuto alle correnti elettriche: il *campo di induzione magnetica*.

È bene sottolineare che, mentre i campi *elettrici* a frequenza di rete vengono facilmente schermati, almeno parzialmente, da oggetti conduttori (come ad es. alberi, costruzioni, pelle umana), altrettanto non vale per i campi *magnetici*. Tuttavia l'intensità di entrambi decresce all'aumentare della distanza dalla sorgente. Sebbene sia campi magnetici che elettrici siano presenti nelle vicinanze di apparecchiature elettriche ed elettrodotti, si pensa che i potenziali effetti sanitari siano dovuti solo ai campi magnetici (si veda, in proposito, il Capitolo 19).

Il *campo elettrico* prodotto da un elettrodotto in un dato punto, misurato in **V/m** (volt/metro), dipende dalla tensione della linea (aumenta all'aumentare della tensione) e dalla distanza dai conduttori (diminuisce

all'aumentare della distanza). Dato che la tensione di una linea è fissa, per cui non varia granché nel corso del tempo, ne risulta che anche i livelli di campo elettrico sono relativamente stabili in una data posizione spaziale. Nel caso di linee aeree, il campo elettrico presenta un massimo nella zona sotto la linea e decresce rapidamente all'allontanarsi dalla linea stessa.

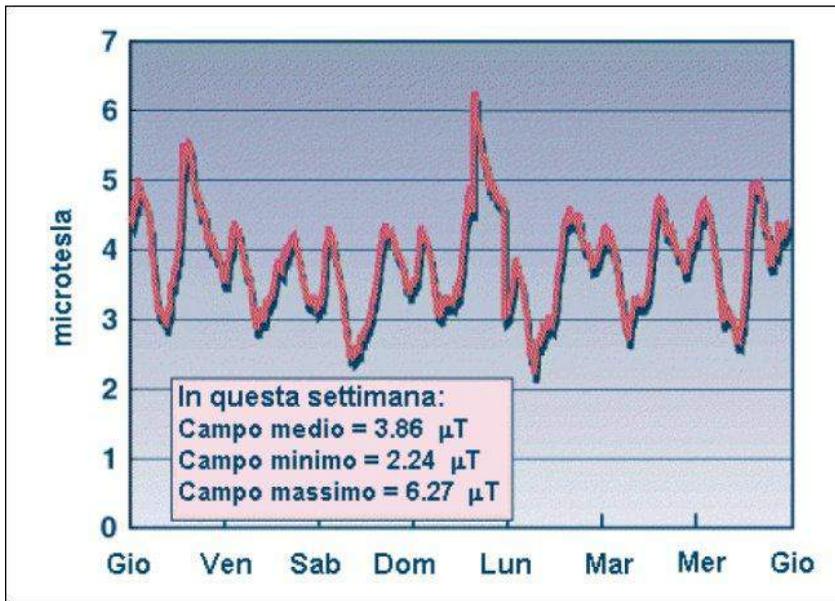


I campi degli elettrodotti che occorre schermare sono quelli magnetici.

Gli oggetti presenti nelle vicinanze di un elettrodotto, ad esempio alberi e edifici, producono un effetto schermante sul campo elettrico. Gli edifici producono una riduzione del campo elettrico negli ambienti interni: a seconda della struttura dell'edificio e del tipo di materiale da costruzione impiegato, il campo elettrico indoor risulta anche 100 volte inferiore rispetto a quello esterno. Pure gli abitacoli dei veicoli esercitano una certa azione schermante nei confronti del campo elettrico degli elettrodotti.

Invece, il campo di *induzione magnetica* prodotto da un elettrodotto in un dato punto, misurato in microtesla ($\mu\mathbf{T}$), dipende principalmente dalla corrente circolante (aumenta all'aumentare della corrente), dalla distanza dai conduttori (diminuisce all'aumentare della distanza), ma anche dalla loro disposizione spaziale e distanza reciproca. Dato che la corrente non è stabile nel tempo, ma varia al variare della richiesta di energia, ne consegue che anche l'induzione magnetica ha un'intensità variabile durante la giornata, raggiungendo generalmente i valori minori nelle ore notturne.

I campi magnetici della maggior parte delle linee elettriche, in pratica, fluttuano considerevolmente, non appena la corrente cambia in risposta ad una variazione di carico. I campi magnetici devono per questo essere descritti statisticamente in termini di valori medi, massimi, etc. In corrispondenza dei carichi di picco (pari a circa l'1% del tempo), i campi magnetici sono circa 2 volte più intensi dei livelli medi. Il grafico qui sotto è un esempio di come il campo magnetico varia durante una settimana nel caso di un elettrodotto statunitense a 500 kV, come registrato con misurazioni effettuate ogni 5 minuti.



Campo magnetico di una linea di trasmissione a 500 kV, misurato ogni 5 minuti per una settimana. (fonte: U.S. Department of Energy)

Contrariamente al campo elettrico, edifici o altri oggetti vicini agli elettrodotti non hanno effetto schermante sul campo di induzione magnetica: all'interno di edifici in prossimità di linee elettriche o cabine, i valori misurati risultano confrontabili con quelli esterni. Per questo motivo la normativa vigente pone un'attenzione particolare all'esposizione della popolazione al campo di induzione magnetica prodotta dagli elettrodotti, anche se i limiti attuali non paiono sufficienti.

In pratica, per i campi magnetici statici o lentamente variabili (sotto circa 100 kHz) la schermatura di Faraday descritta in precedenza è inefficace. In questi casi, per campi magnetici di intensità dell'ordine dei milligauss

(ovvero dei decimi di μT) si dovrebbero usare schermi fatti di leghe metalliche ad alta permeabilità magnetica ed a bassa saturazione, come fogli di permalloy e mu-metal o rivestimenti metallici ferromagnetici con struttura a grani nano-cristallini, cosa però molto costosa. Questi materiali non bloccano il campo magnetico, come nella schermatura elettrica, ma disegnano il campo in se stessi, fornendo un percorso per le linee del campo magnetico attorno al volume schermato. Per campi magnetici forti (oltre 1 gauss) occorre usare, al contrario, delle leghe a bassa permeabilità magnetica e ad alta saturazione.

La forma migliore per gli schermi magnetici è quindi quella di un contenitore chiuso che circonda il volume schermato (tuttavia, per una schermatura meno efficace ma più semplice si può usare anche un semplice pannello). L'efficacia di questo tipo di schermatura dipende dalla permeabilità del materiale, che in genere diminuisce sia con intensità di campo magnetico molto basse sia con intensità di campo elevate, dove il materiale si satura. Quindi, per ottenere campi residui bassi, gli schermi magnetici consistono spesso in più gabbie l'una dentro l'altra, ognuna delle quali riduce successivamente il campo al suo interno.

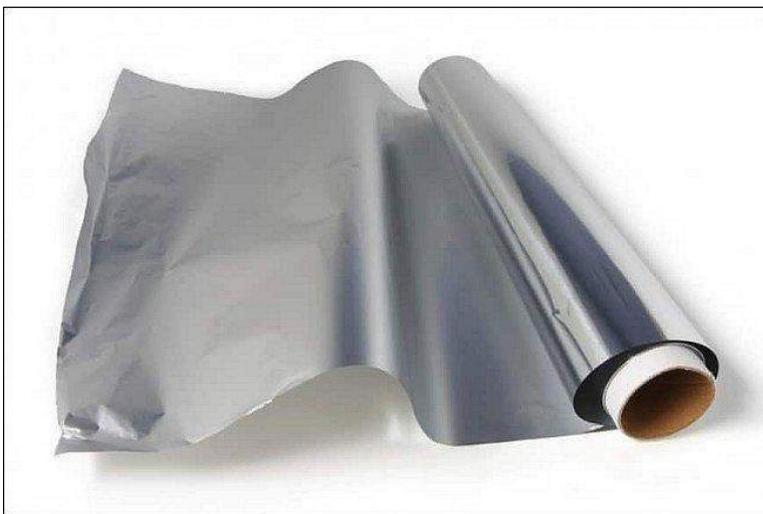
Come schermare, dunque, uno spazio dalla radiazione prodotta da linee ad alta tensione, trasformatori, quadri elettrici, etc.? Queste sorgenti generano campi magnetici a causa della perdita di corrente e campi elettrici a causa della presenza di tensione. Per schermare il campo elettrico a bassa frequenza, si può procedere come descritto in precedenza per i campi RF. La protezione da piccoli trasformatori, motori e quadri elettrici risulta però più semplice, rispetto a quella dagli elettrodotti, perché è possibile schermare la sorgente anziché l'intera stanza.

Le linee dei campi elettrici sono dirette da punti a tensione più alta a punti a tensione più bassa e sono attratte da materiali conduttivi con messa a terra. Pertanto, i campi elettrici causati da linee ad alta tensione di solito non interessano affatto gli interni degli edifici vicini in quanto sono scaricati a terra dalla maggior parte dei materiali da costruzione (possibile eccezione: le case di legno). Tuttavia, nelle aree esterne vicine alle linee ad alta tensione, i campi elettrici potrebbero essere alti, e possono essere ridotti posizionando alberi o altri oggetti conduttivi messi a terra (ad es. acciaio inossidabile a maglie) fra sé e l'elettrodotto.

La schermatura delle sorgenti a frequenze ELF domestiche

Per la schermatura dei campi *elettrici* interni a bassa frequenza (in pratica dai 50 Hz di rete fino ai 300 Hz delle ELF o poco più) dovuti a dispositivi elettrici, cavi elettrici della rete domestica, quadri elettrici, etc., una soluzione conveniente è l'uso di vernici conduttive o baldacchini conduttivi che sono messi a terra e attirano i campi elettrici.

Come abbiamo visto prima per le radiofrequenze, la gabbia di Faraday è, in pratica, ogni involucro conduttivo che copre tutte le superfici di un'area e scherma la maggior parte dei tipi di radiazioni elettromagnetiche artificiali (unica eccezione: i campi magnetici a bassa frequenza). Essa può essere realizzata in maniera low-cost con della carta stagnola, ovvero di alluminio. Lo spessore del metallo non ha importanza, il foglio di alluminio super sottile funzionerà altrettanto bene di un foglio di metallo spesso e pesante. Il fattore importante è che non ci siano fori più grandi della lunghezza d'onda più breve che si vuole schermare.



La carta stagnola è il materiale di schermatura più economico anche per i campi elettrici ELF.

Tuttavia, è necessario ricordare che, sebbene l'alluminio blocchi la componente elettrica della radiazione, non la assorbe. Le radiazioni elettromagnetiche viaggiano in linea retta. Quindi sei protetto solo se esiste un materiale in grado di bloccare la radiazione direttamente fra te e la sorgente della radiazione. Assicurati di stare attento ad usare materiali come una vernice di protezione ad hoc o l'alluminio se in casa hai dei dispositivi di emissione di radiazioni o Wi-Fi, perché le onde saranno rimbalzate

e quelle che ti arrivano possono venire amplificate.

Puoi verificare la bontà della schermatura ai campi elettrici a bassa frequenza con un misuratore ELF di campi elettrici (che spesso misura anche i campi magnetici ELF), come il TriField. I campi elettrici non sono molto forti nella maggior parte delle zone di una casa. Alte aree di campo elettrico si trovano vicino a televisori, monitor di computer (inclusi computer portatili), luci fluorescenti compatte e non, comandi di regolazione della luminosità e apparecchiature con messa a terra impropria.

Per creare una gabbia di Faraday, copri ogni superficie di una stanza con materiali schermanti (vernice, rete, etc.). I baldacchini schermanti conduttivi sono una soluzione semplice per creare una gabbia di Faraday nell'area del letto. Una gabbia di Faraday è utile anche per: schermare apparecchiature elettroniche dalle interferenze elettromagnetiche; evitare il furto di dati wireless da edifici aziendali, installazioni militari, etc.; proteggere elettrodomestici e auto durante tempeste geomagnetiche; evitare gli effetti dell'emissione di un EMP (impulso elettromagnetico) in caso di guerra con armi elettromagnetiche o nucleari, etc.

I campi magnetici a bassa frequenza, invece, penetrano nella maggior parte dei materiali inalterati. I materiali di schermatura magnetici hanno una permeabilità molto elevata e “spingono” le linee del campo magnetico costringendole a passare attraverso di esse, riducendo così i valori del campo magnetico nel resto dello spazio, ma sono anche molto costosi. Nelle stanze che hanno finestre, di solito è necessaria la schermatura delle finestre per ottenere una riduzione significativa. In alternativa, è possibile creare delle trutture specifiche che coprono solo determinate aree (ad es. postazione di lavoro, letto, etc.).

Materiali metallici come rame, piombo o alluminio, diversamente da ciò che molti pensano, *non* sono adatti a schermare i campi magnetici, perché hanno una permeabilità molto bassa (la loro permeabilità relativa è circa 1). I materiali di schermatura magnetica sono leghe metalliche, ceramiche etc. con una permeabilità molto più elevata (permeabilità relativa maggiore di 2000). Tuttavia, a causa dei vincoli di costi ed efficacia, il loro uso è consigliato solo in caso di valori di radiazioni molto elevati quando non è possibile allontanarsi dalla sorgente.

La schermatura dei campi magnetici è più difficile della schermatura dei campi elettrici. Fogli di schermatura magnetica in lega di nichel all'80% e di vario spessore sono ora disponibili a prezzi relativamente accessibili per uso domestico e in ufficio. I fogli di acciaio dolce zincato funzionano abbastanza bene e sono disponibili in qualsiasi negozio di ferramenta. Usa un foglio che è abbastanza sottile da tagliare con le forbici e nota che due strati sottili schermano più di uno strato più spesso. La schermatura deve essere posizionata in modo che si trovi tra te e la sorgente di campo elevato. Tuttavia, stare lontano dalle aree con campo elevato è di solito più facile e più conveniente.

Si possono ottenere schermature magnetiche eccellenti e convenienti in situazioni difficili con le piastre "Mag-Stop", che sono lastre in lega magnetica ad alta efficienza (Mumetal®) di elevato spessore, appositamente progettate per fornire una schermatura superiore, ad esempio, per scatole di circuiti elettrici, utenti di computer affiancati e qualsiasi situazione in cui sia necessario un materiale di schermatura piatto posto su una parete, un pavimento o un soffitto. Il pannello può essere montato con chiodi o viti ordinarie o inserito tra i perni e il muro a secco.



Schermatura dei campi magnetici a bassa frequenza con pannelli Mag-Stop.

I campi magnetici a bassa frequenza sono molto più comuni in casa di quanto non lo siano i campi elettrici. Qualsiasi cavo che trasporta una corrente elettrica in corrente alternata produce dei campi magnetici. Tuttavia, sono necessari due fili per alimentare l'apparecchio, e se i due fili sono raggruppati in parallelo e molto vicini tra loro, il campo magnetico dell'uno cancellerà esattamente il campo dall'altro. Pertanto, una prolunga produce raramente molto campo magnetico. Le prese a muro in genere non producono granché campi magnetici.

Le principali fonti di campi magnetici a corrente alternata in una casa sono trasformatori, apparecchiature motorizzate, cablaggi sciatti all'interno delle mura di casa, eccesso di corrente trasportato da impianti idraulici, linee elettriche o cavi elettrici sotterranei. Il campo magnetico è forte fino a 1 metro da un trasformatore, ogni volta che viene collegato il cavo di alimentazione o l'adattatore. Questo campo esiste anche se l'apparecchio non è acceso o anche se l'adattatore non è collegato.

In altre parole, se un dispositivo elettronico utilizza un trasformatore, per evitare un campo elevato è necessario stare a 1 metro di distanza dal trasformatore, ma non è necessario evitare il dispositivo elettronico stesso. Tuttavia, se il dispositivo è dotato di un trasformatore interno e di un cavo di alimentazione normale, stai a 1 m di distanza dal dispositivo quando il cavo è collegato. Tieniti a distanza di 1 metro anche dalle lampadine fluorescenti compatte, quando sono accese.

Pure i forni a microonde hanno anche un grande trasformatore incorporato, ma emettono campo magnetico soltanto durante la cottura. Le normali lampadine a incandescenza e le moderne coperte elettriche producono pochissimo campo magnetico. Qualsiasi attrezzatura motorizzata in funzione produce forti campi magnetici. In generale, più alta è la potenza, più forte è il campo. Il campo magnetico è basso quando sei almeno a: 1 metro da aspirapolvere, sveglie motorizzate e apriscatole elettrici; 2 metri dalle lavatrici e dai motori del forno; e 45 cm da rasoi elettrici, asciugacapelli e attrezzature motorizzate a batteria.

NOTE

Introduzione

¹ In Italia, secondo Livio Giuliani, “i politici difficilmente possono pensare di alzare i limiti di legge per i campi elettromagnetici a radiofrequenza, pur essendo quelli attuali inferiori a quelli della Racc. 1999/519/CE. Infatti, nel Considerando della suddetta Raccomandazione, c'è scritto che i Paesi che hanno limiti più cautelativi li conservano. Il che significa che i ‘livelli di riferimento’ indicati in allegato a tale documento sono solo i livelli di protezione *minimi* che dovrebbero essere adottati dai Paesi dell'Unione”.

Inoltre, *se* non si sono dimostrati rischi biologici e per la salute, posso variare i limiti, ma non pare essere questo il caso delle onde elettromagnetiche in radiofrequenza, specialmente alle frequenze della telefonia mobile e per le onde millimetriche previste per il 5G. Fra l'altro l'Unione Europea, se vi sono dubbi sui rischi per la salute, impone l'adozione del cosiddetto “Principio di precauzione”. Addirittura, il Consiglio d'Europa propone, sul lungo termine, l'adozione di un valore di 0,2 V/m per il campo elettrico alle radiofrequenze.

² Il Parlamento del Consiglio d'Europa, con la Risoluzione n°1815 del maggio 2011, ha anche proposto ai Paesi membri di ascoltare sia gli esperti – come ad es. il nostro Livio Giuliani – che sono stati “perseguitati” per aver sostenuto fin da subito la non innocuità delle Radiazioni Non Ionizzanti (art. 8.1.5) sia le organizzazioni indipendenti come l'ICEMS (www.icems.eu), di cui Giuliani è stato co-fondatore, segretario scientifico e portavoce.

L'ICEMS (International Commission for Electromagnetic Safety) per primo ha proposto, mutuandolo dal Convegno di Salisburgo *Cell Tower Siting* (giugno

2000), il limite di 0,6 V/m (1 mW/m², 8 mA/m) nella Risoluzione del Convegno fondativo di Catania, organizzato da Giuliani e finanziato da Ispesl e Comune di Catania nel 2003. Molti Paesi dell'Unione Europea, nonostante siano membri anche del Consiglio d'Europa, sono però “sordi” alla raccomandazione di ascoltare l'ICEMS e continuano a dar credito all'ICNIRP.

³ Molto interessante, per quanto riguarda la relazione fra neurinoma e uso del cellulare, la motivazione della sentenza di Ivrea dell'aprile 2017, che ha visto protagonista il signor Roberto Romeo, un dipendente Telecom il quale per motivi di lavoro trascorreva al telefono dalle 2 alle 7 ore, e che per il danno subito è stato risarcito con una rendita vitalizia da 500 euro al mese.

Scriva difatti il Giudice a riguardo, citando una precedente sentenza della Corte di Appello di Brescia (del 10.12.2009): “Il rischio oncologico per i sopravvissuti alle esplosioni atomiche di Hiroshima e Nagasaki è stato individuato nella misura di 1,39 OR (*Odds Ratio*) per tutti i tumori. Mentre il rischio individuato per un uso massiccio e prolungato nel tempo di telefoni cellulari è pari, secondo lo studio Interphone, a una misura di 1,44”.

Quindi prosegue: “Se nessuno osa porre in dubbio un nesso quanto meno concausale tra esposizioni a radiazioni provenienti da esplosione atomica e patologie tumorali, non si vede perché non possa ritenersi analogamente sussistente questo medesimo nesso tra esposizione a radiofrequenze e tumori encefalici rari, quale quello che ha colpito il signor Romeo, trattandosi di rischio quantificato in misura del tutto analoga per le due ipotesi”.

⁴ Un'altra battaglia sostenuta e vinta dal prof. Angelo Gino Levis tramite la sua associazione A.P.P.L.E. (acronimo di “Associazione per la Prevenzione e la Lotta all'Elettrosmog”) è stata quella che, nel gennaio 2019, ha portato il Tar del Lazio a imporre ai Ministeri dell'Ambiente, della Salute e dell'Istruzione di mettere in atto “una campagna informativa, rivolta all'intera popolazione, sulle corrette modalità d'uso di telefoni e cordless e sui rischi per la salute e per l'ambiente connessi a un loro uso improprio”.

La predetta campagna di informazione e di educazione ambientale “dovrà essere attuata entro 6 mesi dalla notifica” della sentenza, “avvalendosi dei mezzi di comunicazione più idonei ad assicurare una diffusione capillare delle infor-

mazioni in essa contenute”. In altre parole, l’inerzia serbata dalle Autorità non è più ammissibile, e lo hanno capito anche i media, che hanno dato un risalto enorme alla notizia, che ha fatto subito il giro del mondo. In Francia, peraltro, sono già in atto campagne del genere che avvisano dei rischi.

L’azione legale, presentata dagli avvocati Stefano Bertone e Renato Ambrosio, dello studio Ambrosio & Commodo di Torino, è stata promossa dalla A.P.P.L.E e dall’ing. Innocente Marcolini, che ha vinto in Cassazione una causa contro l’Inail per il riconoscimento di malattia causata dal lavoro (Marcolini ha un tumore al cervello nella parte vicina all’orecchio, ed è stato per anni un manager d’azienda che si occupava dei rapporti con i clienti).

⁵ Per dare un’idea di quella che era l’importanza dell’Ispesl, si consideri che sarebbe pericoloso per l’ambiente e per la salute delle persone che, ad esempio, a occuparsi di pianificazione della rete di telefonia mobile non sia un ente pubblico indipendente, come fu appunto l’Ispesl o come potrebbe essere l’Arpa, ma una società, della cui indipendenza nessuno può giudicare.

Nel 2002-2003, in un importante Comune italiano fu tolta all’Ispesl la consulenza al Comune prevista dal Protocollo d’intesa Comune-Ispesl-ASL n. 1593/1999, per fare un "piano delle nuove installazioni" affidato a una società privata. In poco tempo le antenne passarono da 80 a 240, la gente si sollevò e alcuni fecero ricorso al Tar perché le antenne venivano autorizzate senza il parere dell’Ispesl. Due sentenze del Tar, a fine 2013, annullarono le autorizzazioni del Comune date in assenza del parere Ispesl sulla base del "piano antenne". Nel frattempo, per il decreto Gasparri 259/2003, la competenza sui controlli passò dall’Ispesl alle Arpa.

Capitolo 2

¹ L’EIRP è la “Potenza Isotropica Effettiva Irradiata” (Isotropica significa “in ogni direzione”) ed indica essenzialmente la potenza che effettivamente “esce” dall’antenna. Per calcolare la potenza netta di un sistema Wi-Fi (o radio), si calcolano le potenze di tutti gli elementi che lo costituiscono, poi si convertono in una unità di misura omogenea (il dB) per sommarle algebricamente se-

condo la semplice formula: $Potenza\ netta\ (dBm) = potenza\ Wi-Fi/radio\ (dBm) + guadagno\ antenne\ (dB) - perdite\ cavi\ (dB) - perdite\ connettori\ (dB)$.

La normativa tecnica ETS 300-328 impone di non irradiare con una potenza E.I.R.P. superiore ai 100 mW (equivalente a 20 dBm). In linea di principio, quindi, impone agli apparati radio *Spread Spectrum* di non trasmettere con una potenza elettrica effettiva superiore ai 50 mW (equivalente a 17 dBm); questo perchè l'antenna a dipolo più semplice, che di solito li accompagna, ha generalmente un guadagno in trasmissione pari a circa 2-3 dBi, con la conseguenza che la potenza E.I.R.P. trasmessa sale a circa 80 mW.

Capitolo 3

¹ I campi elettrici e magnetici statici sono permanentemente presenti nell'ambiente. Mentre il campo elettrico statico è associato alla presenza di cariche di elettricità fisse, il campo magnetico è dovuto al movimento fisico delle cariche elettriche. A differenza delle altre categorie di campi trattati in questo lavoro, che sono variabili nel tempo, i campi statici non variano con il tempo.

A differenza dei campi elettrici e magnetici variabili, che derivano principalmente dalle attività industriali e dalle apparecchiature elettriche ed elettroniche presenti nelle nostre vite, i campi statici, sebbene abbiano anche origini industriali, esistono naturalmente in natura. Ad es., il campo elettrico statico sulla superficie della Terra è di circa 100-150 V/m in buone condizioni di tempo meteorologico. In caso di tempesta, il suo valore medio è di 10-15 kV/m.

Inoltre, la Terra si comporta come un magnete, ed il campo magnetico terrestre è un campo magnetico statico che esibisce variazioni locali significative. Il suo valore non è trascurabile. Questo campo magnetico, legato all'organizzazione del magma al centro della Terra, non è allineato con l'asse rotazionale della Terra. È tale campo che dirige l'ago di una bussola e ha un ruolo decisivo nell'orientamento e nella migrazione di alcune specie animali.

Capitolo 5

¹ Come spiegato dall'avvocato Stefano Bertone (Studio Ambrosio & Commodo) nel 1° Convegno Nazionale “Stop 5G”, tenutosi a Vicovaro (Roma) il 2 marzo 2019, si possono non solo fare cause legali per il risarcimento di lavoratori che hanno sviluppato tumori a seguito dell'uso dei telefonini, ma ci si può anche rivolgere a un giudice per richiedere che venga salvaguardato il proprio diritto alla salute, che è tutelato dall'art. 32 della Costituzione.

Infatti, “un aspetto di cui non si parla mai abbastanza è il fatto che i limiti di legge fissati dalla ‘legge quadro’ (ad es. i 6 V/m per le stazioni radio base) in realtà valgono solo per il ‘sopra’, ovvero sono un limite verticale che nessuno può sorpassare (cioè non si può andare sopra i 6V/m nei luoghi di permanenza stabile per più di 4 ore); ma non significa affatto che si possa stare ad es. a 4,9 V/m impunemente, cioè non valgono per il ‘sotto’. E questo è un aspetto giuridico estremamente importante nel dibattito attuale sul 5G”.

Come sottolinea Bertone, nel 2003 il Tribunale di Venezia, con riferimento a un elettrodotto, ha sentenziato: “Il rispetto dei limiti normativi non implica una presunzione assoluta di liceità delle emissioni, ben potendo sussistere una situazione che, pur rispettosa dei limiti, si riveli in concreto lesiva, anche solo potenzialmente, del diritto alla salute”.

E poi cita il caso di una sentenza del 2000 della Cassazione, sempre riferita a un elettrodotto, la quale stabilisce che “l'Ordinamento non manca di una disciplina specifica circa i limiti massimi di esposizione. Discipline di questo tipo hanno valore di impedire che possa essere tenuta una condotta che vi contrasti (cioè che vada sopra i limiti, ndr), non quello di rendere di per sé lecita la condotta che vi si uniformi (ad es. stando appena sotto i limiti, ndr). Rientra infatti nel potere dei giudici ordinare o accertare se, sulla base delle conoscenze scientifiche acquisite nel momento in cui si tratta di decidere, vi sia pericolo per la conservazione dello stato di salute nell'esposizione al fattore inquinante di cui si tratta, ancorché tale esposizione si determini nel rispetto dei limiti massimi stabiliti al momento della decisione”.

Bertone osserva che, nel 2003, il Tribunale di Milano espresse il medesimo concetto sulle radiofrequenze (si trattava di una stazione radio base), e disse: “Il rispetto dei limiti posti dalla normativa vigente non rendono le emissioni di per sé lecite e compatibili con il diritto di tutela della salute. Deve infatti tener-

si conto della rilevanza costituzionale del diritto alla salute e del grado di tutela conseguente, necessariamente prevalente sulla libertà di impresa (che non è un diritto, ndr), pur se prevista dall'art. 41 della Costituzione. Quindi, l'iniziativa imprenditoriale da parte di gestori di telefonia mobile e la facoltà di utilizzazione economica del bene immobile da parte del proprietario (era una causa contro un'antenna posta sul palazzo di fronte, ndr) sono espressione di interessi giuridicamente rilevanti subordinati al diritto alla salute”.

Infine, Bertone sottolinea che, in ambito di inquinamento acustico, i giudici, per tutelare la salute al di là dei casi in cui vengano superati i limiti di legge diurni e notturni, hanno introdotto un limite che si chiama “di normale tollerabilità”, pari a 3 decibel sopra il valore del livello di fondo. Questo valore è estremamente più basso dei limiti di legge. Quindi, è auspicabile che si possa fare qualcosa di questo genere anche per le radiofrequenze.

Capitolo 6

¹ Ad oggi solo la Svezia ha riconosciuto l'elettrosensibilità come una condizione invalidante e quindi disabilità al pari di un handicap, ma non come malattia in quanto solo l'OMS può identificarla e classificarla come tale.

Negli Stati Uniti, poi, l'Architectural and Transportation Barriers Compliance Board ha dichiarato che la sindrome da elettrosensibilità (EHS) e la sensibilità chimica multipla (MCS) sono da considerarsi disabilità sotto l'“Americans with Disabilities Act”. Inoltre, l'Istituto Nazionale di Scienza delle Costruzioni ha raccomandato che gli spazi in edifici commerciali e pubblici siano costruiti con bassi livelli di campi elettromagnetici (EMF” o di sostanze chimiche. Lo scopo è di garantire l'accessibilità a qualsiasi nuova costruzione per chi soffre per EMF o è chimico-sensibile (qualità ambientale interna, 2005).

La Commissione per i diritti umani canadese ha riferito che in circa il 3% dei cittadini sono state diagnosticate sensibilità ambientali (comprese le due citate sopra) e raccomanda che la qualità ambientale venga migliorata nei luoghi di lavoro (Sears, 2007). Infine, l'Associazione Medica Austriaca (2012) fornisce un codice temporaneo (Z58.4, esposizione alle radiazioni) sotto la “Intern-

tional Classification of Disease, 10th Edition”, da utilizzare per la “sindrome da EMF” (il loro termine per la sindrome da elettrosensibilità).

Capitolo 7

¹ In occasione del Convegno “Stop 5G” svoltosi a Vicovaro (Roma) il 2 marzo 2019, Paolo Orio ha letto una toccante e molto significativa lettera scelta fra le tante che giungono ogni giorno all’Associazione Italiana Elettrosensibili. L’ha scritta Antonio, un ragazzo di 15 anni (“il nome è di fantasia, ma tutto il resto è vero”, ha tenuto a precisare Orio):

“[...] Da circa due mesi ho alcuni sintomi molto fastidiosi che non mi permettono di avere una giornata normale. I sintomi sono molteplici, ma per prima cosa ho una forte cefalea e una perdita di sensibilità nella parte sinistra del capo. Per questo mi sono recato per ben due volte al Pronto Soccorso. Lì pensavano che i sintomi fossero legati alla mononucleosi, contratta nei mesi precedenti. Mi hanno prescritto d’urgenza una risonanza magnetica nucleare. Dopo l’esame mi sono accorto che la mia pelle era diventata di colore rosso fuoco, acceso. La neurologa mi ha detto che non era nulla di grave. Tuttavia, da circa due settimane, quando prendo in mano il mio smartphone provo delle scosse elettriche che mi percorrono tutto il braccio partendo dalle dita, non rendendomi possibile a lungo l’utilizzo. In concomitanza con le scosse, la cefalea peggiora. La notte non riesco a dormire, perché provo scosse elettriche in tutto il corpo e spasmi muscolari che mi fanno ballare sul letto, e la cefalea peggiora progressivamente. Riesco a dormire solo 3 ore a notte, non permettendomi di concentrarmi a dovere a scuola e durante le lezioni, dove è presente il Wi-Fi. Il Wi-Fi è presente anche in casa mia. [...]”.

Capitolo 9

¹ Il limite italiano non nasce per caso: i 6 V/m sono stati posti dall’ISPESL, l’Istituto di Livio Giuliani, nell’Addendum al Documento congiunto ISS-Ispesl sulle problematiche delle esposizioni ai campi elettromagnetici, approvato dal Parlamento italiano all’unanimità con Mozione alla Camera 1-00360 (Mozione

Vigni) ed a maggioranza al Senato. Per questo *Repubblica* ha definito Giuliani “il padre dei 6 V/m” (Affari e Finanza del 20/1/2003) e poi il *Corriere della Sera*, *La Nuova di Venezia*, etc. hanno fatto altrettanto.

“Far accettare questi limiti non è stato affatto facile, tra quanti dicevano che in Italia non si sarebbe potuta sviluppare la telefonia e quanti sostenevano che a causa di quel limite l’industria telefonica italiana sarebbe stata gravata da oneri insostenibili”, spiega Giuliani, “invece Omnitel realizzò una delle migliori reti europee nonostante fosse svantaggiata nella competizione, mentre contro il sottoscritto fu fatto avviare all’Ispesl un procedimento di licenziamento, tentativo iterato negli anni successivi altre due volte da altrettanti Governi”.

“Così non è stato, ed abbiamo protetto i cittadini italiani anche da Hot-spot Wi-Fi superiori a 0,1 Watt/m², e dunque ben inferiori ai 10 W/m² consentiti in altri Paesi”, rivela Giuliani, che aggiunge “la Svizzera un anno dopo, con la Ordinanza federale ORNI del dicembre 1999, non solo adottò il ‘limite all’impianto’ di 6 V/m ma anche quello, proposto dall’Ispesl, di 3 V/m per le radiazioni modulate in ampiezza (TV), temperato a 4 V/m per il GSM”.

“Dopo la Svizzera, la Polonia, la Russia”, racconta Giuliani, “anche la Cina nel 2003 si rifiutò di adottare i limiti IEEE/ICNIRP basati sul SAR e seguì la ‘via italiana’, con limiti ai campi elettrico, magnetico e alla densità di potenza tra 14 V/m e 30 V/m a seconda delle frequenze (tra 10 MHz e 30 GHz), sebbene nel 2008, sotto la pressione di Huawei ed altre compagnie, per l’esposizione parziale alla testa dovuta ai telefonini abbia adottato il SAR ed il limite europeo di 2 W/kg mediato su 6 minuti e su 20 g di tessuto continuo”.

Capitolo 10

¹ Fare esperimenti comparati sugli effetti biologici dei vari tipi di campi elettromagnetici non è difficile. Nel 2003, è stato pubblicato un lavoro esemplare a riguardo, “*Effects of electromagnetic fields on the reproductive capacity of Drosophila melanogaster*”, da Dimitris J. Panagopoulos (Centro Nazionale per la Ricerca Scientifica “Democrito” di Atene) e Lukas H. Margaritis (Università di Atene), due biologi greci con alle spalle, insieme, oltre 250 pubblicazioni.

Nel lavoro in questione, vengono misurati, in maniera comparativa, gli effetti sulla capacità riproduttiva del famoso e prolifico “moscerino della frutta” da parte di vari tipi di campi, fra cui: (1) un campo *magnetico* alternato a 50 Hz (ovvero la componente magnetica del campo prodotto da una qualsiasi linea elettrica); (2) un campo elettromagnetico a radiofrequenza *non modulato* (cioè senza parlare) di un telefono cellulare GSM (cioè operante su rete 2G); (3) lo stesso campo ma *modulato* (cioè parlando normalmente al telefono).

Ebbene, il campo magnetico alternato ha causato una **diminuzione** media del **6,16%** della capacità riproduttiva degli insetti (in pratica, nell’ovodeposizione delle uova). Il campo GSM "non modulato" ha causato una **notevole diminuzione** media, pari al **18,24%**, nella capacità riproduttiva degli insetti. Infine, il campo GSM "non modulato" ha causato un **drastico calo** medio, pari al **53,01%**, nella capacità riproduttiva degli insetti.

Si noti che la capacità riproduttiva dei moscerini è risultata essere molto più ridotta con l'emissione "modulata" (50-60%), rispetto all'emissione "non modulata" (15-20%). Si noti, inoltre, che non è stato rilevato alcun aumento di temperatura, causato dal campo GSM, all'interno delle provette (nel cibo) usando un termometro con una precisione di 0,05 °C. Anche se ci fosse stato un aumento di temperatura, certamente inferiore a 0,1 °C, questo non avrebbe avuto qualche effetto osservabile sulla deposizione delle uova.

Pertanto, l'effetto registrato non può essere attribuito a un aumento di temperatura causato dalla radiazione; dunque, esso è di origine non termica. I limiti di legge attualmente vigenti per i campi elettromagnetici, però, sono stati stabiliti misurando i soli effetti *termici*, che si verificano a valori di campo molto più alti di quelli misurati negli esperimenti appena descritti. Questa semplice esperienza, invece, dimostra che gli effetti *non termici* si verificano sulla materia vivente a soglie assai più basse dei limiti di legge.

Secondo gli autori di questa interessantissima ricerca, la piccola diminuzione della capacità riproduttiva degli insetti causata dal campo magnetico a 50 Hz negli esperimenti appena descritti sembra essere in accordo sia con la piccola diminuzione del tasso di proliferazione cellulare sia con la diminuzione della concentrazione citosolica di ioni Ca²⁺, che sono stati riportati in altri esperimenti pubblicati effettuati con campi magnetici ELF.

Anche la drammatica diminuzione della capacità riproduttiva degli insetti causata dal campo a radiofrequenza del cellulare GSM sembra concordare con le diminuzioni significative nel tasso di proliferazione cellulare, e nella concentrazione citosolica degli ioni Ca^{2+} , trovati da altri sperimentatori. Dunque, sarebbe oggi interessante estendere questi esperimenti al 3G (UMTS), al 4G (LTE) e al 5G, per fare un confronto con il 2G (GSM).

Capitolo 11

¹ Come spiega Livio Giuliani, “uno dei motivi per cui i cellulari 5G dovranno avere una potenza almeno 10 volte superiore a quella attuale è quello di permettere la loro connessione in *uplink* con i satelliti che saranno lanciati nello spazio per la copertura 5G. Già oggi un cellulare emette 100 V/m al momento dell’aggancio di una cella, possiamo immaginare quindi a che livelli di emissione si arriverà quando si tratterà di connettersi con un satellite”.

Capitolo 14

¹ La tecnologia che Hedy Lamarr ha contribuito a inventare è la tecnologia radio “a spettro diffuso a frequenza variabile” (*Frequency-Hopping Spread-Spectrum*, o FHSS). Si tratta di una tecnologia wireless che diffonde i segnali su frequenze che cambiano rapidamente. Ogni banda di frequenza disponibile è suddivisa in sottofrequenze. I segnali cambiano rapidamente, o “saltano”, tra queste bande di sottofrequenza in un ordine predeterminato.

Poiché la FHSS è una tecnologia wireless che diffonde il suo segnale su frequenze radio rapidamente saltellanti, è altamente resistente alle interferenze ed è difficile da intercettare. L’interferenza a una frequenza specifica influenza la trasmissione solo durante quell’intervallo estremamente breve, rendendo la FHSS intrinsecamente cyber-sicura.

² Non è probabile, ma togliendo le antenne da un router si potrebbe creare un

problema più grande. Se il trasmettitore è acceso, infatti, non vedrà un carico (cioè le antenne) e ciò potrebbe danneggiare i transistor finali. In altre parole, potreste distruggere il trasmettitore e non varrebbe la pena ripararlo. Inoltre, potrebbero venire emessi lobi di radiazione intensa non controllata. Di solito, è preferibile disattivare completamente la parte wireless del router con una semplice selezione a livello hardware o software.

Gli amplificatori finali nelle radio (come router e *access point*), infatti, sono sintonizzati per la corrispondenza dell'impedenza in modo che la maggior parte della potenza sia trasferita all'antenna (che ha una certa resistenza). Rimuovendo l'antenna, si crea un circuito aperto, facendo sì che tutta la potenza di uscita che normalmente verrebbe indirizzata verso l'antenna vada verso i transistor finali, cosa per cui non sono progettati, e alla fine potrebbero rompersi.

Capitolo 21

¹ La rete ferroviaria italiana è composta da linee alimentate a 25 kV in corrente alternata (AC) – che sono quelle per l'alta velocità – e da linee alimentate a 3 kV in corrente continua (DC). Queste ultime, pertanto, non sono direttamente fonte di inquinamento elettromagnetico. Tuttavia, i raddrizzatori delle stazioni di trasformazione delle ferrovie (e gli inverter presenti sui treni) producono molte armoniche, perciò sono presenti dei filtri soppressori di armoniche che riducono le correnti a 50 Hz verso il sistema a 3 kV.

FONTI E BIBLIOGRAFIA

Capitolo 1

1. Marinelli F., Presentazione orale “Campi elettromagnetici, Wi-Fi, cellulari e salute”, Convegno di Bagno a Ripoli (FI), 25 novembre 2018, <https://www.youtube.com/watch?v=nh5tlj0zYNO&t=1414s>
2. Levis A.G., “Campi elettromagnetici e principio di precauzione”, Associazione per la Prevenzione e la Lotta all’Elettromog, 2006, <http://www.mednat.org/elettromog/levis/cap.1%20cem%20agg.%202006.pdf>
3. Paternesi L., “Onda su Onda”, Testo completo del servizio andato in onda nella puntata di *Report* (Rai 3) del 27 novembre 2018, http://www.rai.it/dl/doc/1543420459649_onda_onda_report.pdf
4. Ramaccioni A. e Castellani P., “Onde anomale: Le verità nascoste sull’elettromog”, Editori Riuniti, 2012, <http://www.alexioramaccioni.it/2018/02/14/onde-anomale/>
5. “A proposito di... inquinamento elettromagnetico”, ARPA Veneto, 2017, http://www.arpa.veneto.it/arpavinforma/pubblicazioni/a-proposito-di...-inquinamento-elettromagnetico-seconda-edizione/at_download/file
6. Frequenze utilizzate in telefonia, <http://www.eurweb.it/frequenze-utilizzate-in-telefonia.html>
7. TIM, Vodafone e Iliad si sono accaparrati le migliori frequenze 5G, <https://www.mobileworld.it/2018/09/14/tim-vodafone-iliad-le-migliori-frequenze-5g-191771/>
8. Redlarski G. et al., “The Influence of Electromagnetic Pollution on Living Organisms: Historical Trends and Forecasting Changes”, 2015, <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2015/234098/>
9. “Joining the dots”, by Cell Phone Task Force,

http://www.cellphonetaskforce.org/wp-content/uploads/2011/06/Joining_the_Dots11.pdf

10. Hardell L., “World Health Organization, radiofrequency radiation and health - a hard nut to crack (Review)”, *International Journal of Oncology*, 2017, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28656257>
11. Carlberg M. e Hardell N., “Evaluation of Mobile Phone and Cordless Phone Use and Glioma Risk Using the Bradford Hill Viewpoints from 1965 on Association or Causation”, *Biom. Research Int.*, 2017, <https://www.elettrosensibili.it/wp-content/uploads/2017/04/HARDELL.pdf>
12. “Warning: High Frequency”, *Earth Island Journal*, http://www.earthisland.org/journal/index.php/magazine/entry/warning_high_frequency/
13. Wolf R. e D., “Increased incidence of cancer near a cell phone transmitter station”, *International Journal of Cancer*, 2004, <https://pdfs.semanticscholar.org/ee87/d78a4b9c12983b0cbeff1df69e535a6a6f6a.pdf>
14. Martucci M., *Manuale di autodifesa per elettrosensibili*, Terra Nuova Edizioni, 2018, <https://www.terranovalibri.it/libro/dettaglio/maurizio-martucci/manuale-di-autodifesa-per-elettrosensibili-9788866813910-236288.html>
15. Staglianò R., “Toglietevelo dalla testa: Cellulari, tumori e tutto quello che le lobby non dicono”, *Chiarelettere*, 2012, <https://www.ibs.it/toglietevelo-dalla-testa-cellulari-tumori-libro-riccardo-stagliano/e/9788861902282>

Capitolo 2

1. “A proposito di... inquinamento elettromagnetico”, ARPA Veneto, 2017, http://www.arpa.veneto.it/arpavinforma/pubblicazioni/a-proposito-di...-inquinamento-elettromagnetico-seconda-edizione/at_download/file
2. Linee elettriche, <http://www.arpa.fvg.it/cms/tema/radiazioni/campi-elettromagnetici/approfondimenti/linee-elettriche.html>
3. Frequenze utilizzate nella telefonia mobile, <http://www.eurweb.it/frequenze->

utilizzate-in-telefonia.html

4. Tutte le frequenze segrete VHF e UHF, http://www.iz3veo.it/download-doc/file/doc/TUTTE_LE_FREQUENZE_SEGRETE_V-2.pdf
5. Normativa italiana sugli hotspot, <https://uli.it/hotspot/hotspot-normativa.html>
6. Marinelli F., Presentazione orale “Campi elettromagnetici, Wi-Fi, cellulari e salute”, Convegno di Bagno a Ripoli (FI), 25 novembre 2018, <https://www.youtube.com/watch?v=nh5tIj0zYN0&t=1414s>

Capitolo 3

1. Gajsek P. et al., “Review of Studies Concerning Electromagnetic Field (EMF) Exposure Assessment in Europe: Low Frequency Fields (50 Hz–100 kHz)”, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2016, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5036708/>
2. Tell R.A. e Kavet R., “Electric and magnetic fields < 100 kHz in electric and gasoline-powered vehicles”, *Radiat. Prot. Dosim.*, 2016, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26769905>
3. Vedholm K. e Hamnerius Y., “Personal Exposure Resulting from Low Level Low Frequency Electromagnetic Fields in Automobiles”, Thesis, Chalmers University of Technology, Göteborg (Sweden), 1996
4. Bakos J. et al., “Spot measurements of intermediate frequency electric fields in the vicinity of compact fluorescent lamps”, *Radiat. Prot. Dosim.*, 2010, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20924120>
5. Is dirty electricity making you sick?, <http://www.thescavenger.net/health-sp-22786/health/283-is-dirty-electricity-making-you-sick-69787.html>
6. Preece A.W. et al., “Magnetic fields from domestic appliances in the UK”, *Phys. Med. Biol.*, 1997, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9015809>
7. Sierck P., “How Much Electromagnetic Radiation Comes From a 2.4 GHz Cordless Phone?”, 2015, <http://www.emrf.com/2-4-ghz-cordless-phone-radiation-report/>
8. Cordless Phones: Even More Dangerous Than Cell Phones?,

<https://www.electricsense.com/815/cordless-phones-even-more-dangerous-than-cell-phones/>

9. Z-wave vs Zigbee vs Bluetooth vs WiFi: The Smart Home Technology Battle, <https://inovelli.com/z-wave-vs-zigbee-vs-bluetooth-vs-wifi-smart-home-technology/>
10. Bluetooth What You Will Learn Nowhere Else – Is It Really Dangerous?, <https://www.electricsense.com/1010/bluetooth-what-you-will-learn-nowhere-else-%E2%80%93-is-it-really-dangerous/>
11. “Smart Meters”, Cell Phone Task Force, <http://www.cellphonetaskforce.org/smart-meters/>
12. From The Power Meter To The Smart Meter, <https://www.electricsense.com/8482/power-meter-smart-meter-emfs/>
13. “A proposito di... inquinamento elettromagnetico”, ARPA Veneto, 2017, http://www.arpa.veneto.it/arpavinforma/pubblicazioni/a-proposito-di...-inquinamento-elettromagnetico-seconda-edizione/at_download/file
14. “Questions and Answers about EMF Electric and Magnetic Fields Associated with the Use of Electric Power”, National Institute of Environmental Health Sciences, 1998, http://www.appa.provincia.tn.it/binary/pat_appa/documentazione_divulgativa_campi_elettromagnetici/DomandeRisposteCEM.1287065619.pdf

Capitolo 4

1. Redlarski G. et al., “The Influence of Electromagnetic Pollution on Living Organisms: Historical Trends and Forecasting Changes”, 2015, <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2015/234098/>
2. Hardell L., “World Health Organization, radiofrequency radiation and health - a hard nut to crack (Review)”, *International Journal of Oncology*, 2017, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28656257>
3. Carlberg M. e Hardell N., “Evaluation of Mobile Phone and Cordless Phone Use and Glioma Risk Using the Bradford Hill Viewpoints from 1965 on Association or Causation”, *Biom. Research Int.*, 2017, <https://www.elettrosensibili.it/wp->

<content/uploads/2017/04/HARDELL.pdf>

4. Levis A.G., “Campi elettromagnetici e principio di precauzione”, Associazione per la Prevenzione e la Lotta all’Elettrosmog, 2006,
<http://www.mednat.org/elettrosmog/levis/cap.1%20cem%20agg.%202006.pdf>
5. Paternesi L., “Onda su Onda”, Testo completo del servizio andato in onda nella puntata di *Report* (Rai 3) del 27 novembre 2018,
http://www.rai.it/dl/doc/1543420459649_onda_onda_report.pdf
6. Philips A. et al., “Brain Tumours: Rise in Glioblastoma Multiforme Incidence in England 1995–2015 Suggests an Adverse Environmental or Lifestyle Factor”, *Journal of Environmental and Public Health*, 2018,
<https://www.hindawi.com/journals/jep/2018/7910754/>
7. Hardell L. Carlberg M., “Mobile phones, cordless phones and rates of brain tumors in different age groups in the Swedish National Inpatient Register and the Swedish Cancer Register during 1998-2015”, *Plos One*, 2017,
<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0185461>
8. Siqueira E.C. et al., “Does cell phone use increase the chances of parotid gland tumor development? A systematic review and meta-analysis”, *J. Oral Pathol. Med.*, 2017, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27935126>
9. Ostrom Q.T. et al., “American Brain Tumor Association Adolescent and Young Adult Primary Brain and Central Nervous System Tumors Diagnosed in the United States in 2008-2012”, *Neuro-Oncology*, 2016,
https://academic.oup.com/neuro-oncology/article/18/suppl_1/i1/2222601
10. Gittleman H.R. et al., “Trends in central nervous system tumor incidence relative to other common cancers in adults, adolescents, and children in the United States, 2000 to 2010”, *Cancer*, 2015,
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4298242/>
11. Coraddu M. et al., “A new trend on Electromagnetic Fields (EMF) risk assessment”, 2016,
https://www.researchgate.net/publication/300005361_A_new_trend_on_Electromagnetic_Fields_EMF_risk_assessment
12. Sadetzki S., “Cellular phone use and risk of benign and malignant parotid gland tumors: a nationwide case-control study”, *Am. J. Epidemiology*, 2007,
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18063591>

13. Swedish Study Links Brain Damage to Cell Phone Radiation, https://www.streetdirectory.com/travel_guide/111981/psychology/swedish_study_links-brain_damage_to_cell_phone_radiation.html
14. Salford et al., "Nerve cell damage in mammalian brain after exposure to microwaves from GSM mobile phones", *Environ. Health Perspect.*, 2003, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12782486>
15. Loscher W. e Mevissen M., Animal studies on the role of 50/60-hertz magnetic fields in carcinogenesis, *Life Sciences*, 1994, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0024320594900248>
16. Liburdy et al., "ELF magnetic fields, breast cancer, and melatonin: 60 Hz fields block melatonin's oncostatic action on ER+ breast cancer cell proliferation", *Journal of Pineal Research*, 1993, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8320637>
17. Soffritti M. et al., "Life-span exposure to sinusoidal-50 Hz magnetic field and acute low-dose γ radiation induce carcinogenic effects in Sprague-Dawley rats", *International Journal of Radiation Biology*, 2016, <https://ehtrust.org/wp-content/uploads/Soffritti-et-al.-2016-2.pdf>
18. "Warning: High Frequency", *Earth Island Journal*, http://www.earthisland.org/journal/index.php/magazine/entry/warning_high_frequency/
19. Makker K. et al., "Cell phones: modern man's nemesis?", *Reprod. Biomed. Online*, 2009, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19146782>
20. Pall M.L., "Wi-Fi as a very substantial threat to human health" (documento interamente scaricabile), 2017, https://www.elettrosensibili.it/wp-content/uploads/2017/04/Wi-Fi-MPall_2017.pdf
21. "Questions and Answers about EMF Electric and Magnetic Fields Associated with the Use of Electric Power", National Institute of Environmental Health Sciences, 1998, http://www.appa.provincia.tn.it/binary/pat_appa/documentazione_divulgativa_campi-elettromagnetici/DomandeRisposteCEM.1287065619.pdf

Capitolo 5

1. Levis A.G., "Campi elettromagnetici e principio di precauzione", Associazione per la Prevenzione e la Lotta all'Elettrosmog, 2006,
<http://www.mednat.org/elettrosmog/levis/cap.1%20cem%20agg.%202006.pdf>
2. Decreto legge sui limiti per i campi fra 100 kHz e 300 GHz (DPCM 8 luglio 2003),
<https://www.ambientediritto.it/Legislazione/elettrosmog/2003/dpcm%208lug2003%20gu199.htm>
3. Decreto legge sui limiti per i campi alla frequenza di 50 Hz (DPCM 8 luglio 2003),
<https://www.ambientediritto.it/Legislazione/elettrosmog/2003/dpcm%208lug2003%20gu199.htm>
4. Decreto sulla metodologia di calcolo delle fasce di rispetto per gli elettrodotti (Decreto 29 maggio 2008),
https://www.ambientediritto.it/Legislazione/elettrosmog/2008/dm_29mag2008_gu156.htm
5. Decreto sulle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica (Decreto 29 maggio 2008),
https://www.ambientediritto.it/Legislazione/elettrosmog/2008/dm_29mag2008.htm
6. D. Lgs. 159/2016 "Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici)",
<http://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2016/08/18/16G00172/sg>
7. Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro (D.Lgs. 81/2008),
<http://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2008/04/30/008G0104/sg>
8. Leggi e norme sull'inquinamento elettromagnetico,
<https://www.extratech.it/Elettromagnetismo/normative-elettrosmog.htm>
9. I campi elettromagnetici, opuscolo informativo dettagliato dell'ENEA,
<http://www.brindisi.enea.it/intranet/626/opuscoli/I%20campi%20elettromagnetici%20CR%20Brindisi%20rev%201%20del%2025%20gennaio%202017.pdf>
10. Battaglia F. et al., Note sulla normativa relativa alla protezione della popolazione dagli effetti sanitari dei campi elettromagnetici,
<http://www.umbertotirelli.it/veronesi.htm>
11. SAR ed emissioni elettromagnetiche di cellulari e smartphone,
<https://www.hdblog.it/2017/11/06/SAR-smartphone-cellulari-guida-emissioni/>

12. Martucci M., *Manuale di autodifesa per elettrosensibili*, Terra Nuova Edizioni, 2018, <https://www.terranuovalibri.it/libro/dettaglio/maurizio-martucci/manuale-di-autodifesa-per-elettrosensibili-9788866813910-236288.html>

Capitolo 6

1. Orio P., Presentazione orale “Elettrosmog, una reale emergenza sanitaria: elettrosensibilità”, fatta al Convegno “Elettrosmog ed elettrosensibilità: 5G esperimento sulla salute”, Viareggio, 6 ottobre 2018, https://youtu.be/3BA_sQynzBs?t=5684
2. Martucci M., *Manuale di autodifesa per elettrosensibili*, Terra Nuova Edizioni, 2018, <https://www.terranuovalibri.it/libro/dettaglio/maurizio-martucci/manuale-di-autodifesa-per-elettrosensibili-9788866813910-236288.html>
3. Belyaev I., “EUROPAEM EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses”, 2016, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27454111>
4. Belpomme D. et al., “Reliable disease biomarkers characterizing and identifying electrohypersensitivity and multiple chemical sensitivity as two etiopathogenic aspects of a unique pathological disorder”, *Rev. Environ. Health*, 2015, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26613326>
5. Rea W.J., “Electromagnetic Field Sensitivity”, *Journal of Bioelectricity*, 1991, https://aehf.com/articles/em_sensitive.html
6. Santini R., “Survey Study of People Living in the Vicinity of Cellular Phone Base Stations”, *Electromagnetic Biology and Medicine*, 2003, http://www.emrpolity.org/science/research/docs/santini_ebm_2003.pdf
7. Khurana V.G., “Epidemiological evidence for a health risk from mobile phone base stations” *Int. J. Occup. Environ. Health*, 2010, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20662418>
8. “Electromagnetic fields and public health: Electromagnetic hypersensitivity”, Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), 2005, <https://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs296/en/>

9. "Electrosensitivity overview", by Physicians for Safe Technology,
<https://mdsafetech.org/problems/electro-sensitivity/electrosensitivity-history/>

Capitolo 7

1. Hallberg O. e Oberfeld G., "Letter to the Editor: Will We All Become Electrosensitive?", *Electromagnetic Biology and Medicine*, 2006, http://www.next-up.org/pdf/EHS2006_HallbergOberfeld.pdf
2. Gori C., "The Sentinels: Electrosensitivity in Italy", *LensCulture*,
<https://www.lensculture.com/articles/claudia-gori-the-sentinels-electrosensitivity-in-italy>
3. Heuser G. e Heuser S.A., "Functional brain MRI in patients complaining of electrohypersensitivity after long term exposure to electromagnetic fields", *Reviews on Environmental Health*, 2017,
<https://www.degruyter.com/view/j/reveh.2017.32.issue-3/reveh-2017-0014/reveh-2017-0014.xml>
4. Cell Phone Masts and Electromagnetic Electrosensitivity, 2008,
[https://www.stopumts.nl/pdf/Cell-phone-masts-and-Electromagnetic-Hypersensitivity\[1\].pdf](https://www.stopumts.nl/pdf/Cell-phone-masts-and-Electromagnetic-Hypersensitivity[1].pdf)
5. "Warning: High Frequency", *Earth Island Journal*,
http://www.earthisland.org/journal/index.php/magazine/entry/warning_high_frequency/
6. Schreier N. et al., "The prevalence of symptoms attributed to electromagnetic field exposure: a cross-sectional representative survey in Switzerland", *Soz Präventiv Med*, 2006, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17193782>
7. Rea W.J., "Electromagnetic Field Sensitivity", *Journal of Bioelectricity*, 1991,
https://aehf.com/articles/em_sensitive.html
8. Belpomme D. et al., "Reliable disease biomarkers characterizing and identifying electrohypersensitivity and multiple chemical sensitivity as two etiopathogenic aspects of a unique pathological disorder", *Rev. Environ. Health*, 2015,
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26613326>

Capitolo 8

1. Vornoli A., Presentazione orale con slides fatta al Convegno “Elettrosmog ed elettrosensibilità: 5G esperimento sulla salute”, Viareggio, 6 ottobre 2018, https://youtu.be/3BA_sQynzBs?t=337
2. Falcioni L. et al., “Report of final results regarding brain and heart tumors in Sprague-Dawley rats exposed from prenatal life until natural death to mobile phone radiofrequency field representative of a 1.8 GHz GSM base station environmental emission”, *Environmental Research*, Aprile 2018, <https://ehtrust.org/wp-content/uploads/Belpoggi-Heart-and-Brain-Tumors-Base-Station-2018.pdf>
3. Cell Phone Radio Frequency Radiation Studies, National Toxicology Program, 2018, https://www.niehs.nih.gov/health/materials/cell_phone_radiofrequency_radiation_studies_508.pdf
4. Wyde M.E. et al., “Effect of cell phone radiofrequency radiation on body temperature in rodents: Pilot studies of the National Toxicology Program’s reverberation chamber exposure system”, *Bioelectromagnetics*, 2018, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29537695>
5. Santini R., “Survey Study of People Living in the Vicinity of Cellular Phone Base Stations”, *Electromagnetic Biology and Medicine*, 2003, http://www.emrpolicy.org/science/research/docs/santini_ebm_2003.pdf
6. Khurana V.G., “Epidemiological evidence for a health risk from mobile phone base stations” *Int. J. Occup. Environ. Health*, 2010, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20662418>
7. Dode et al., “Mortality by neoplasia and cellular telephone base stations in the Belo Horizonte municipality, Minas Gerais state, Brazil”, *Science of the Total Environment*, 2011, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21741680>
8. Wolf R. e D., “Increased incidence of cancer near a cell phone transmitter station”, *International Journal of Cancer*, 2004, <https://pdfs.semanticscholar.org/ee87/d78a4b9c12983b0cbeff1df69e535a6a6f6a.pdf>
9. Carlberg M. e Hardell N., “Evaluation of Mobile Phone and Cordless Phone Use and Glioma Risk Using the Bradford Hill Viewpoints from 1965 on Association or

Causation”, *Biom. Research Int.*, 2017, <https://www.elettrosensibili.it/wp-content/uploads/2017/04/HARDELL.pdf>

10. Martucci M., *Manuale di autodifesa per elettrosensibili*, Terra Nuova Edizioni, 2018, <https://www.terranuovalibri.it/libro/dettaglio/maurizio-martucci/manuale-di-autodifesa-per-elettrosensibili-9788866813910-236288.html>
11. Staglianò R., “Toglietevelo dalla testa: Cellulari, tumori e tutto quello che le lobby non dicono”, Chiarelettere, 2012, <https://www.ibs.it/toglietevelo-dalla-testa-cellulari-tumori-libro-riccardo-stagliano/e/9788861902282>
12. Morgan L.L., “Studies that Show a Risk of Cancer from Exposures to Cellphone Radiation”, *2nd Neuroscience Stereology and Scientific Writing Neuroscience*, 2016, <http://anss2016.org/sunular/15.03.2016%20pdf/Lloyd%20Morgan.pdf>

Capitolo 9

1. Orio P., Presentazione orale “Elettrosmog, una reale emergenza sanitaria: elettrosensibilità”, fatta al Convegno “Elettrosmog ed elettrosensibilità: 5G esperimento sulla salute”, Viareggio, 6 ottobre 2018, https://youtu.be/3BA_sQynzBs?t=5684
2. Phonegate: French Government Data Indicates Cell Phones Expose Consumers To Radiation Levels Higher Than Manufacturers Claim, <https://ehtrust.org/cell-phone-radiation-scandal-french-government-data-indicates-cell-phones-exposeconsumers-radiation-levels-higher-manufacturers-claim/>
3. Hardell L., “World Health Organization, radiofrequency radiation and health - a hard nut to crack (Review)”, *International Journal of Oncology*, 2017, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28656257>
4. Carlberg M. e Hardell N., “Evaluation of Mobile Phone and Cordless Phone Use and Glioma Risk Using the Bradford Hill Viewpoints from 1965 on Association or Causation”, *Biom. Research Int.*, 2017, <https://www.elettrosensibili.it/wp-content/uploads/2017/04/HARDELL.pdf>
5. Cell Phone Radio Frequency Radiation Studies, National Toxicology Program, 2018, https://www.niehs.nih.gov/health/materials/cell_phone_radiofrequency_radiat

[ion_studies_508.pdf](#)

6. Wyde M.E. et al., “Effect of cell phone radiofrequency radiation on body temperature in rodents: Pilot studies of the National Toxicology Program’s reverberation chamber exposure system”, *Bioelectromagnetics*, 2018, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29537695>
7. Falcioni L. et al., “Report of final results regarding brain and heart tumors in Sprague-Dawley rats exposed from prenatal life until natural death to mobile phone radiofrequency field representative of a 1.8 GHz GSM base station environmental emission”, *Environmental Research*, Aprile 2018, <https://ehtrust.org/wp-content/uploads/Belpoggi-Heart-and-Brain-Tumors-Base-Station-2018.pdf>
8. “Joining the dots”, by Cellular Phone Task Force, http://www.cellphonetaskforce.org/wp-content/uploads/2011/06/Joining_the_Dots11.pdf
9. Piccola guida ai campi elettromagnetici, <http://people.roma2.infn.it/~carboni/campi-EM/campi.html>
10. Martucci M., *Manuale di autodifesa per elettrosensibili*, Terra Nuova Edizioni, 2018, <https://www.terranuovalibri.it/libro/dettaglio/maurizio-martucci/manuale-di-autodifesa-per-elettrosensibili-9788866813910-236288.html>
11. Staglianò R., “Toglietevelo dalla testa: Cellulari, tumori e tutto quello che le lobby non dicono”, Chiarelettere, 2012, <https://www.ibs.it/toglietevelo-dalla-testa-cellulari-tumori-libro-riccardo-stagliano/e/9788861902282>

Capitolo 10

1. Pesnya D.S., Romanovsky A.V., “Comparison of cytotoxic and genotoxic effects of plutonium-239 alpha particle and mobile phone GSM 900 radiation in the *Allium cepa* test”, *Mutation Research / Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 2012, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23059817>
2. Yakymenko et al., “Oxidative mechanisms of biological activity of low intensity radiofrequency radiation”, *Electrom. Biol. Med.*, 2016, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26151230>

3. Giuliani L. e Soffritti M., "Non-Thermal Effects and Mechanisms of Interaction between Electromagnetic Fields and Living Matter", *European Journal of Oncology*, http://www.teslabel.be/PDF/ICEMS_Monograph_2010.pdf
4. A Swedish study links mobile phones to brain damage, 2004, <https://www.thecellphonechipstore.com/cell-phone-radiation-science/study-links-mobile-phones-to-brain-damage/>
5. Morgan L.L. et al., "Are Third Generation Cellphones with Lower Radiated Power More Carcinogenic Than Second Generation Cellphones? An Exploration of Recent Data", 2016, <https://ehtrust.org/wp-content/uploads/Epidemiological-Evidence-on-the-Relative-Toxicity-from-Modulated-Radio-Frequency-Radiation-for-Glioma-Risk-v3-4-21-16.pdf>
6. 3G UMTS Cellphones Could Be More Carcinogenic Than 2G GSM Cellphones, <https://ehtrust.org/3g-umts-cellphones-carcinogenic-2g-gsm-cellphones/>
7. Kim J.H. et al., "Long-term exposure to 835 MHz RF-EMF induces hyperactivity, autophagy and demyelination in the cortical neurons of mice", *Scientific Reports*, 2017, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28106136>
8. Houston B.J. et al., "The effects of radiofrequency electromagnetic radiation on sperm function", *Reproduction*, 2016, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27601711>
9. Carlberg M. e Hardell N., "Evaluation of Mobile Phone and Cordless Phone Use and Glioma Risk Using the Bradford Hill Viewpoints from 1965 on Association or Causation", *Biom. Research Int.*, 2017, <https://www.elettrosensibili.it/wp-content/uploads/2017/04/HARDELL.pdf>
10. Othman H. et al., "Postnatal development and behavior effects of in-utero exposure of rats to radiofrequency waves emitted from conventional WiFi devices", *Environ. Toxicol. Pharmacol.*, 2017, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28458069>
11. Wilke I., "Biological and pathological effects of 2.45 GHz radiation on cells, fertility, brain and behavior", 2018, http://kompetenzinitiative.net/KIT/wp-content/uploads/2018/06/Wilke_2018_Review_2_45_GHz_Eng_df_END1.pdf
12. Wei-Ja Zhi, "Recent advances in the effects of microwave radiation on brains", *Military Medical Research*, 2017, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5607572/>

13. Pall M.L., "Wi-Fi is an important threat to human health", *Environmental Research*, 2018, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29573716>
14. Volkov N.D. et al., "Effects of Cell Phone Radiofrequency Signal Exposure on Brain Glucose Metabolism", *JAMA*, 2011, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3184892/>
15. Panagopoulos D.J. e Margaritis L.H., "Effects of electromagnetic fields on the reproductive capacity of *Drosophila melanogaster*", Chapter 9 in *Biological Effects of Electromagnetic Fields*, Springer, 2003.
16. Levis A.G., "Campi elettromagnetici e principio di precauzione", Associazione per la Prevenzione e la Lotta all'Elettrosmog, 2006, <http://www.mednat.org/elettrosmog/levis/cap.1%20cem%20agg.%202006.pdf>
17. Marinelli F. et al., "Exposure to 900 MHz electromagnetic field induces an unbalance between pro-apoptotic and pro-survival signals in T-lymphoblastoid leukemia CCRF-CEM cells", *J. Cell. Physiol.*, 2004, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14603534>
18. Marinelli F., Presentazione orale "Campi elettromagnetici, Wi-Fi, cellulari e salute", Convegno di Bagno a Ripoli (FI), 25 novembre 2018, <https://www.youtube.com/watch?v=nh5tlj0zYN0&t=1414s>
19. Orio P., Presentazione orale "Elettrosmog, una reale emergenza sanitaria: elettrosensibilità", fatta al Convegno "Elettrosmog ed elettrosensibilità: 5G esperimento sulla salute", Viareggio, 6 ottobre 2018, https://youtu.be/3BA_sQynzBs?t=5684

Capitolo 11

1. Pall M., "5G: Great risk for EU, U.S. and International Health! Compelling Evidence for Eight Distinct Types of Great Harm Caused by Electromagnetic Field (EMF) Exposures and the Mechanism that Causes Them", 2018, <https://peaceinspace.blogs.com/files/5g-emf-hazards--dr-martin-l.-pall--eu-emf2018-6-11us3.pdf>
2. Di Ciaula A., "Towards 5G communication systems: Are there health implications?", *Int. Journal of Hygiene and Environmental Health*, 2018, <https://europepmc.org/abstract/med/29402696>

3. Richiesta moratoria per le “sperimentazioni 5G” su tutto il territorio nazionale, ISDE Italia, 2017, <http://www.isde.it/richiesta-moratoria-per-le-sperimentazioni-5g-su-tutto-il-territorio-nazionale/>
4. “5G: From Blankets to Bullets”, Cellular Phone Task Force, 2017, <https://www.cellphonetaskforce.org/5g-from-blankets-to-bullets/>
5. Albanese R. et al., “Ultrashort Electromagnetic Signals: Biophysical Questions, Safety Issues and Medical Opportunities”, *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 1994, <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a282990.pdf>
6. Houston B.J. et al., “The effects of radiofrequency electromagnetic radiation on sperm function”, 2016, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27601711>
7. Vornoli A., Presentazione orale “Telefonini, antenne della telefonia mobile e salute: lo studio dell’Istituto Ramazzini”, fatta al Convegno “Elettrosmog ed elettrosensibilità: 5G esperimento sulla salute”, Viareggio, 6 ottobre 2018, https://youtu.be/3BA_sQynzBs?t=337
8. Martucci M., *Manuale di autodifesa per elettrosensibili*, Terra Nuova Edizioni, 2018, <https://www.terranuovalibri.it/libro/dettaglio/maurizio-martucci/manuale-di-autodifesa-per-elettrosensibili-9788866813910-236288.html>
9. Martucci M., Presentazione orale del proprio libro fatta al Convegno “Elettrosmog ed elettrosensibilità: 5G esperimento sulla salute”, Viareggio, 6 ottobre 2018, https://youtu.be/3BA_sQynzBs?t=2799
10. Hong W. et al., “Multibeam Antenna Technologies for 5G Wireless Communications”, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 2017, <https://ieeexplore.ieee.org/document/7942144/>
11. Staglianò R., “Toglietevelo dalla testa: Cellulari, tumori e tutto quello che le lobby non dicono”, Chiarelettere, 2012, <https://www.ibs.it/toglietevelo-dalla-testa-cellulari-tumori-libro-riccardo-stagliano/e/9788861902282>
12. 5G from Space, <http://www.cellphonetaskforce.org/5g-from-space/>
13. “5G for Europe Action Plan”, della European Commission, <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/5g-europe-action-plan>
14. Calvi A. et al., “Il nuovo scenario dell’accesso radio”, 2017, <https://www.telecomitalia.com/tit/it/notiziariotecnico/edizioni-2017/n-1->

[2017/capitolo-5.html](#)

15. Ecco perché il 5G mobile obbliga a rivedere i limiti di emissione elettromagnetica in Italia, <https://www.agendadigitale.eu/infrastrutture/ecco-perche-le-reti-5g-impongono-di-rivedere-i-limiti-di-emissione-elettromagnetica-in-italia/>
16. “In the Matter of Use of Spectrum Bands Above 24 GHz for Mobile Radio Services”, First Report and Order, FCC 16-89, pp. 285-287, 2016
17. Rete mobile: sperimentazione 5G a Milano, Prato, L'Aquila, Bari e Matera, https://www.repubblica.it/tecnologia/mobile/2017/03/16/news/_sperimentazione_5g_a_milano_prato_l_aquila_bari_e_matera-160715815/

Capitolo 12

1. Morgan L.L., “Studies that Show a Risk of Cancer from Exposures to Cellphone Radiation”, *2nd Neuroscience Stereology and Scientific Writing Neuroscience*, 2016, <http://anss2016.org/sunular/15.03.2016%20pdf/Lloyd%20Morgan.pdf>
2. “Qual è l'esposizione ai campi elettromagnetici dei cellulari?”, ARPA Piemonte, <http://www.arpa.piemonte.it/news/esposizione-ai-telefoni-cellulari>
3. “Il cellulare? Toglilo dalla testa: i consigli dell’Istituto Ramazzini sul corretto uso dei telefonini”, a cura dell’Istituto Ramazzini – Centro di Ricerca sul Cancro Cesare Maltoni, Bologna.
4. Bluetooth What You Will Learn Nowhere Else – Is It Really Dangerous?, <https://www.electricsense.com/1010/bluetooth-what-you-will-learn-nowhere-else-%E2%80%93-is-it-really-dangerous/>
5. Houston B.J. et al., “The effects of radiofrequency electromagnetic radiation on sperm function”, 2016, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27601711>
6. Carlberg M. e Hardell N., “Evaluation of Mobile Phone and Cordless Phone Use and Glioma Risk Using the Bradford Hill Viewpoints from 1965 on Association or Causation”, *Biom. Research Int.*, 2017, <https://www.elettrosensibili.it/wp-content/uploads/2017/04/HARDELL.pdf>
7. Wang J. et al., “Mobile Phone Use and The Risk of Headache: A Systematic Review and Meta-analysis of Crosssectional Studies”, *Nature*, 2017,

<https://www.nature.com/articles/s41598-017-12802-9>

8. Siqueira E.C. et al., “Does cell phone use increase the chances of parotid gland tumor development? A systematic review and meta-analysis”, *J. Oral Pathol. Med.*, 2017, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27935126>
9. Ostrom Q.T. et al., “American Brain Tumor Association Adolescent and Young Adult Primary Brain and Central Nervous System Tumors Diagnosed in the United States in 2008-2012”, *Neuro-Oncology*, 2016, https://academic.oup.com/neuro-oncology/article/18/suppl_1/i1/2222601
10. Gittleman H.R. et al., “Trends in central nervous system tumor incidence relative to other common cancers in adults, adolescents, and children in the United States, 2000 to 2010”, *Cancer*, 2015, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4298242/>
11. A Swedish study links mobile phones to brain damage, 2004, <https://www.thecellphonechipstore.com/cell-phone-radiation-science/study-links-mobile-phones-to-brain-damage/>
12. Makker K. et al., “Cell phones: modern man's nemesis?”, *Reprod. Biomed. Online*, 2009, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19146782>
13. Marinelli F., Presentazione orale “Campi elettromagnetici, Wi-Fi, cellulari e salute”, Convegno di Bagno a Ripoli (FI), 25 novembre 2018, <https://www.youtube.com/watch?v=nh5tlj0zYN0&t=1414s>
14. Martucci M., *Manuale di autodifesa per elettrosensibili*, Terra Nuova Edizioni, 2018, <https://www.terranovalibri.it/libro/dettaglio/maurizio-martucci/manuale-di-autodifesa-per-elettrosensibili-9788866813910-236288.html>
15. Staglianò R., “Toglietevelo dalla testa: Cellulari, tumori e tutto quello che le lobby non dicono”, *Chiarelettere*, 2012, <https://www.ibs.it/toglietevelo-dalla-testa-cellulari-tumori-libro-riccardo-stagliano/e/9788861902282>

Capitolo 13

1. Emissioni SAR: quali smartphone emettono più radiazioni elettromagnetiche?, <http://www.tecnologici.net/emissioni-sar-quali-smartphone-emettono-piu->

[radiazioni-elettromagnetiche/](#)

2. Cell Phone Radiation Scams, <https://www.consumer.ftc.gov/articles/0109-cell-phone-radiation-scams>
3. Best Anti Radiation EMF Block Phone Cases:Do They Work?, <https://techwellness.com/blogs/expertise/anti-radiation-phone-shield-case-review>
4. FTC: Cell Phone Shields Don't Work, <https://www.cbsnews.com/news/ftc-cell-phone-shields-dont-work/>
5. Do Cell Phone Radiation Shields Work?, <http://www.center4research.org/cell-phone-radiation-shields-work/>
6. Piccola guida ai campi elettromagnetici, <http://people.roma2.infn.it/~carboni/campi-EM/campi.html>

Capitolo 14

1. Pall M.L., “Wi-Fi is an important threat to human health”, *Environmental Research*, 2018, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29573716>
2. Pall M.L., “Wi-Fi as a very substantial threat to human health” (documento interamente scaricabile), 2017, https://www.elettrosensibili.it/wp-content/uploads/2017/04/Wi-Fi-MPall_2017.pdf
3. Wilke I., “Biological and pathological effects of 2.45 GHz radiation on cells, fertility, brain and behavior”, 2018, http://kompetenzinitiative.net/KIT/wp-content/uploads/2018/06/Wilke_2018_Review_2_45_GHz_Eng_df_END1.pdf
4. Othman H. et al., “Postnatal development and behavior effects of in-utero exposure of rats to radiofrequency waves emitted from conventional WiFi devices”, *Environ. Toxicol. Pharmacol.*, 2017, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28458069>
5. Barteri M. et al., “Effects of microwaves (900 MHz) on peroxidase systems: A comparison between lactoperoxidase and horseradish peroxidase”, *Electromagn. Biol. Med.*, 2016, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25577980>
6. Orio P., Presentazione orale “Elettrosmog, una reale emergenza sanitaria: elet-

trosensibilità”, fatta al Convegno “Elettrosmog ed elettrosensibilità: 5G esperimento sulla salute”, Viareggio, 6 ottobre 2018,
https://youtu.be/3BA_sQynzBs?t=5684

7. Marinelli F., Presentazione orale “Campi elettromagnetici, Wi-Fi, cellulari e salute”, Convegno di Bagno a Ripoli (FI), 25 novembre 2018,
<https://www.youtube.com/watch?v=nh5tlj0zYN0&t=1414s>
8. Martucci M., *Manuale di autodifesa per elettrosensibili*, Terra Nuova Edizioni, 2018.
9. Lee J., “Wi-Fi, the Invisible Killing Fields”, 2014,
https://www.bibliotecaleyades.net/scalar_tech/esp_scalartech46.htm
10. Li-Fi (o Light-Fidelity), <https://en.wikipedia.org/wiki/Li-Fi>
11. Jenny si suicida a 15 anni ed i genitori accusano la scuola: colpa del Wi-Fi,
<https://it.blastingnews.com/cronaca/2018/05/jenny-si-suicida-a-15-anni-ed-i-genitori-accusano-la-scuola-colpa-del-wifi-002603045.html>
12. Parents of boy with tumour want Wi-Fi out of school,
<http://www.stuff.co.nz/dominion-post/news/kapiti/9533808/Parents-of-boy-with-tumour-want-wi-fi-out-of-school>
13. Wi-Fi radiation: how to protect yourself,
<https://www.electricsense.com/3544/wifi-radiation-how-to-protect-yourself/>
14. Decibel Tutorial, <http://www.lessemf.com/decibel.html>

Capitolo 15

1. How To Evaluate Your Level Of Electromagnetic Radiation Exposure,
<https://www.electricsense.com/1326/how-to-evaluate-your-level-of-electromagnetic-radiation-exposure/>
2. EMF Meters, <http://www.emfuk.co.uk/meter.html>
3. Combination EMF Meters, <http://www.lessemf.com/combi.html#439>
4. “Guidelines for the Measurement of Radio Frequency Fields at Frequencies from 3 kHz to 300 GHz”, 2005,

<https://www.rfsafetysolutions.com/PDF%20Files/Canada's%20Measurement%20Practices%20Guidelines.pdf>

5. Misura del campo elettromagnetico emesso da stazioni radio base, <https://www.strumentazioneelettronica.it/tecnologie/wireless/misura-del-campo-elettromagnetico-emesso-da-stazioni-radio-base-201412241447/>
6. D'Amore G., "General Overview on Methods for Monitoring Environmental Electromagnetic Fields", ARPA Piemonte, <https://www.arpa.piemonte.it/arpa-comunica/file-notizie/2014/general-overview-on-measurement-monitoring-damore.pdf>
7. Lehmann et al., "Narrowband and Broadband Discrimination with a Spectrum Analyzer or EMI Receiver", *In Compliance*, 2010, <https://incompliancemag.com/article/narrowband-and-broadband-discrimination-with-a-spectrum-analyzer-or-emi-receiver/>
8. I campi elettromagnetici, opuscolo informativo dettagliato dell'ENEA, 2017, <http://www.brindisi.enea.it/intranet/626/opuscoli/1%20campi%20elettromagnetici%20CR%20Brindisi%20rev%201%20del%2025%20gennaio%202017.pdf>
9. Cornet ED78S EMF Meter: A Review, <https://www.electricsense.com/10786/cornet-ed88t-emf-meter/>
10. Acoustimeter AM-10 RF Meter, <https://www.emfields-solutions.com/detectors/acoustimeter.asp>

Capitolo 16

1. Misura del campo elettromagnetico emesso da stazioni radio base, <https://www.strumentazioneelettronica.it/tecnologie/wireless/misura-del-campo-elettromagnetico-emesso-da-stazioni-radio-base-201412241447/>
2. D'Amore G., "General Overview on Methods for Monitoring Environmental Electromagnetic Fields", ARPA Piemonte, 2014, <https://www.arpa.piemonte.it/arpa-comunica/file-notizie/2014/general-overview-on-measurement-monitoring-damore.pdf>
3. Anglesio L., "Population Exposure to Electromagnetic Fields Generated by Radio Base Stations: Evaluation of the Urban Background by using Provisional Model

and Instrumental Measurements”, *Rad. Protection Dosimetry*, 2001,
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11878419>

4. Watanabe S. e Hamada L. “Measurements of the Electromagnetic Field from a Mobile Phone Base Station”, *Research and Development of Testing Technologies fo Radio Equipment*, <http://www.nict.go.jp/publication/shuppan/kihou-journal/journal-vol63no1/journal-vol63no1-03-04.pdf>
5. “Indoor Measurements of the Electric Field Close to Mobile Phone Base Stations”,
<https://www.swisscom.ch/content/dam/swisscom/de/about/innovation/open-innovation/prueflabor/documents/pub-indoor-measurements-of-emf-closetobs.pdf>
6. “Guidelines for the Measurement of Radio Frequency Fields at Frequencies from 3 kHz to 300 GHz”, 2005,
<https://www.rfsafety.com/PDF%20Files/Canada's%20Measurement%20Practices%20Guidelines.pdf>

Capitolo 17

1. De Oliveira, “Assessment of exposure for LTE mobile terminals in a heterogeneous usage”, Tesi di laurea, 2015,
https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/281870113702162/Thesis_Vasco_Oliveira_vFINAL.pdf
2. “Guidelines for the Measurement of Radio Frequency Fields at Frequencies from 3 kHz to 300 GHz”, 2005,
<https://www.rfsafety.com/PDF%20Files/Canada's%20Measurement%20Practices%20Guidelines.pdf>
3. Fazlul Hoque A.K.M. et al., “A study on specific absorption rate (SAR) due to non-ionizing radiation from wireless/telecommunication in Bangladesh”, *American Journal of Physics and Applications*, 2013,
<https://pdfs.semanticscholar.org/b793/879c900395d5800dc3719c5c1442da635bfd.pdf>
4. Carboni G., “Piccola guida ai campi elettromagnetici”, 2006,
<http://people.roma2.infn.it/~carboni/campi-EM/campi.html>

5. Toivonen T., "Specific absorption rate and electric field measurements in the near field of six mobile phone base station antennas", Bioelectromagnetics, 2009, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19194889>
6. Ayinmode B.O., "Measurement and Method in Radiofrequency Radiation Exposure Assessments", <https://pdfs.semanticscholar.org/79fe/a2d6f661b5ec8e395fc0f1d9ba7f6b6a252f.pdf>
7. Magnetic Field Near a Cellular Telephone, <https://hypertextbook.com/facts/2003/VietTran.shtml>
8. Qual è l'esposizione ai campi elettromagnetici dei cellulari?, ARPA Piemonte, <http://www.arpa.piemonte.it/news/esposizione-ai-telefoni-cellulari>

Capitolo 18

1. Karipidis K.K., "Measurement of Residential Power Frequency Magnetic Fields", Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, 2002, <https://www.arpansa.gov.au/sites/g/files/net3086/f/legacy/pubs/technicalreports/tr134.pdf>
2. "Questions and Answers about EMF Electric and Magnetic Fields Associated with the Use of Electric Power", National Institute of Environmental Health Sciences, 1998, http://www.appa.provincia.tn.it/binary/pat_appa/documentazione_divulgativa_campi_elettromagnetici/DomandeRisposteCEM.1287065619.pdf
3. EMF Meters, <http://www.emfuk.co.uk/meter.html>
4. The Trifield TF2 EMF Meter: A Review, <https://www.electricsense.com/13622/emf-meter-trifield-tf2/>
5. IEEE Magnetic Field Task Force of the AC Fields Working Group of the Corona Field Effects Subcommittee of the Transmission and Distribution Committee, "Measurements of Power Frequency Magnetic Fields away from Power Lines", *IEEE Transactions on Power Delivery*, 1992, https://ws680.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=15433
6. Gajsek P. et al., "Review of Studies Concerning Electromagnetic Field (EMF) Ex-

posure Assessment in Europe: Low Frequency Fields (50 Hz–100 kHz)”, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2016,
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5036708/>

7. Gauger, J. R., “Household Appliance Magnetic Field Survey”, *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems PAS 104(9)*, pp.2436-2444, 1985,
<https://ieeexplore.ieee.org/document/4113405>
8. “Electromagnetic fields in daily life”, Dutch National Institute for Public Health and Environment (RIVM), 2017,
https://www.rivm.nl/en/Topics/E/Electromagnetic_Fields/EMF_dailylife
9. How To Measure Radio Frequency (RF) Radiation In Your Home,
<https://www.electricsense.com/1263/how-to-measure-electromagnetic-radiation-in-your-home/>
10. Case Study: Measurements of Radio Frequency Exposure from Wi-Fi Devices,
[https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/wifi-e.pdf/\\$file/wifi-e.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/wifi-e.pdf/$file/wifi-e.pdf)
11. Measure WiFi and Other RF Radiation Levels,
<http://wifiinschools.com/measure-wifi-radiation.html>
12. Cornet ED78S EMF Meter: A Review,
<https://www.electricsense.com/5405/cornet-ed78s-emf-meter-my-review/>

Capitolo 19

1. “Questions and Answers about EMF Electric and Magnetic Fields Associated with the Use of Electric Power”, National Institute of Environmental Health Sciences, 1998,
http://www.appa.provincia.tn.it/binary/pat_appa/documentazione_divulgativa_campi_elettromagnetici/DomandeRisposteCEM.1287065619.pdf
2. Soffritti M. e Giuliani L., “The carcinogenic potential of non-ionizing radiations: The cases of S-50Hz MF and 1.8GHz GSM RFR”, *Basic & Clinical Pharmacology and Toxicology*, 2019, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30801980>
3. Soffritti M. et al., “Synergism between sinusoidal-50 Hz magnetic field and formaldehyde in triggering carcinogenic effects in male Sprague-Dawley rats: Carcinogenic Synergism of S-50 Hz MF Plus Formaldehyde in Rats”, *American Jour-*

nal of Industrial Medicine, 2016,

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27219869>

4. Soffritti M. et al., "Life-span exposure to sinusoidal-50 Hz magnetic field and acute low-dose γ radiation induce carcinogenic effects in Sprague-Dawley rats", *International Journal of Radiation Biology*, 2016, <https://ehtrust.org/wp-content/uploads/Soffritti-et-al.-2016-2.pdf>
5. Loscher W. e Mevissen M., Animal studies on the role of 50/60-hertz magnetic fields in carcinogenesis, *Life Sciences*, 1994, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0024320594900248>
6. Loscher W., "Do cocarcinogenic effects of ELF electromagnetic fields require repeated long-term interaction with carcinogens? Characteristics of positive studies using the DMBA breast cancer model in rats", *The Bioelectromagnetics Society's Journal*, 2001, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/bem.90>
7. Liburdy et al., "ELF magnetic fields, breast cancer, and melatonin: 60 Hz fields block melatonin's oncostatic action on ER+ breast cancer cell proliferation", *Journal of Pineal Research*, 1993, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8320637>
8. Giuliani L. e Soffritti M., "Non-Thermal Effects and Mechanisms of Interaction between Electromagnetic Fields and Living Matter", *European Journal of Oncology*, http://www.teslabel.be/PDF/ICEMS_Monograph_2010.pdf
9. Soffritti M. et al., "Mega-experiments on the carcinogenicity of Extremely Low Frequency Magnetic Fields (ELFMF) on Sprague-Dawley rats exposed from fetal life until spontaneous death: plan of the project and early results on mammary carcinogenesis", ICEMS Monograph of the Eur. J. Oncol. Library, Vol. 5, 2010, http://www.teslabel.be/PDF/ICEMS_Monograph_2010.pdf
10. Ledda M. et al., "Extremely-low frequency magnetic field modulates differentiation and maturation of human and rat primary and multipotent stem cells", ICEMS Monograph of the Eur. J. Oncol. Library, Vol. 5, 2010, http://www.teslabel.be/PDF/ICEMS_Monograph_2010.pdf
11. Udroui I. et al., "Genotoxic properties of extremely low frequency electromagnetic fields", ICEMS Monograph of the Eur. J. Oncol. Library, Vol. 5, 2010, http://www.teslabel.be/PDF/ICEMS_Monograph_2010.pdf
12. Ledda M. et al., "Effects of extremely low electromagnetic frequency on ion

channels actin distribution and cells differentiation”, ICEMS Monograph of the Eur. J. Oncol. Library, Vol. 5, 2010,
http://www.teslabel.be/PDF/ICEMS_Monograph_2010.pdf

13. Gaetani R. et al., “Differentiation of human adult cardiac stem cells exposed to Extremely low Frequency Electromagnetic Fields”, *Cardiovascular Research*, 2009, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19228705>
14. Manni V. et al., “Low electromagnetic field (50 Hz) induces differentiation on primary human oral keratinocytes (HOK)”, *Bioelectromagnetics*, 2004, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14735562>
15. Bersani F. et al., “Intramembrane protein distribution in cell cultures is affected by 50 Hz pulsed magnetic fields”, *Bioelectromagnetics*, 1997, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9338627>
16. Wertheimer, N. e Leeper E., “Electrical Wiring Configurations and Childhood Cancer”, *American Journal of Epidemiology*, 1979, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/453167>
17. Feychting, M., e Ahlbom, “Magnetic Fields and Cancer in People Residing near Swedish High Voltage Power Lines”, Istituto di Medicina Ambientale, Karolinska Institute, Stockholm, 1992, <https://www.nrc.gov/docs/ML0735/ML073510360.pdf>
18. Schreiber G. H. et al., “Cancer Mortality and Residence near Electricity Transmission Equipment A Retrospective Cohort Study”, *International Journal of Epidemiology*, 1993, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8449653>
19. Floderus, B. et al., “Occupational Exposure to Electromagnetic Fields in Relation to Leukemia and Brain Tumors: A Case-Control Study in Sweden”, *Cancer Causes and Control*, 1993, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8218879>
20. Theriault, G., et al. “Cancer Risks Associated with Occupational Exposure to Magnetic Fields Among Utility Workers in Ontario and Quebec, Canada, and France: 1970-1989”, *American Journal of Epidemiology*, 1994, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8172168>

Capitolo 20

1. D'Amore G., "General Overview on Methods for Monitoring Environmental Electromagnetic Fields", ARPA, 2014, Piemonte, <https://www.arpa.piemonte.it/arpa-comunica/file-notizie/2014/general-overview-on-measurement-monitoring-damore.pdf>
2. EMF Meters, <http://www.emfuk.co.uk/meter.html>
3. The Trifield TF2 EMF Meter: A Review, <https://www.electricsense.com/13622/emf-meter-trifield-tf2/>
4. Karipidis K.K., "Measurement of Residential Power Frequency Magnetic Fields", Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, 2002, <https://www.arpsa.gov.au/sites/g/files/net3086/f/legacy/pubs/technicalreports/tr134.pdf>
5. "ENA Protocol for Measurement of Residential Electric and Magnetic Fields", Energy Networks Association, https://www.energynetworks.com.au/sites/default/files/ena_emf_protocol_for_measurement_of_residential_emfsa8feb2008final.pdf
6. IEEE Magnetic Field Task Force of the AC Fields Working Group of the Corona Field Effects Subcommittee of the Transmission and Distribution Committee, "Measurements of Power Frequency Magnetic Fields away from Power Lines", *IEEE Transactions on Power Delivery*, 1992, https://ws680.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=15433
7. Gajsek P. et al., "Review of Studies Concerning Electromagnetic Field (EMF) Exposure Assessment in Europe: Low Frequency Fields (50 Hz–100 kHz)", *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2016, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5036708/>
8. "Questions and Answers about EMF Electric and Magnetic Fields Associated with the Use of Electric Power", National Institute of Environmental Health Sciences, 1998, http://www.appa.provincia.tn.it/binary/pat_appa/documentazione_divulgativa_campi_elettromagnetici/DomandeRisposteCEM.1287065619.pdf
9. Karipidis K.K., "Survey of residential power-frequency magnetic fields in Melbourne, Australia", *Radiation Protection Dosimetry*, 2015, <https://academic.oup.com/rpd/article-abstract/163/1/81/1599202>
10. Bracken, T. D., and R. F. Rankin (Principal Investigators), "EMDEX Project Resi-

dential Study Final Report”, T. Dan Bracken, Inc. per Electric Power Research Institute, Palo Alto (California), 1994, <https://www.osti.gov/biblio/10121107-emdex-project-residential-study-volume-summary-final-report>

11. Stearns, R. D., M. W. Tuominen, V. L. Chattier, “Magnetic Field Characterization for the Bonneville Power Administration's 500-, 230-, and 115-kV Transmission Line Systems”, *The Annual Review of Research on Biological Effects of Electric and Magnetic Fields from the Generation, Delivery, and Use of Electricity*, 1992.
12. Zaffanella, L. E., (Principal Investigator), “Survey of Residential Magnetic Field Sources. Final Report” TR-102759 (Volume 2), redatto da High Voltage Transmission Research Center per Electric Power Research Institute, Palo Alto (California), 1993, <https://www.osti.gov/biblio/10189704-survey-residential-magnetic-field-sources-volume-protocol-data-analysis-management-final-report>

Capitolo 21

1. “La mappa dell’elettrosmog: ecco i siti pericolosi”, *Repubblica*, 2000, http://www.repubblica.it/online/cultura_sienze/elettrosmog/elettrosmog/elettrosmog.html
2. Campi elettromagnetici ad alta frequenza: mappa e report, ARPA Lombardia, <http://www.arpalombardia.it/Pages/Elettromagnetismo/Alte-Frequenze/Mappa-e-report.aspx?firstlevel=Alte+Frequenze>
3. Anglesio L., “Population Exposure to Electromagnetic Fields Generated by Radio Base Stations: Evaluation of the Urban Background by using Provisional Model and Instrumental Measurements”, *Rad. Protection Dosimetry*, 2001, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11878419>
4. D’Amore G., “General Overview on Methods for Monitoring Environmental Electromagnetic Fields”, ARPA Piemonte, 2014, <https://www.arpa.piemonte.it/arpa-comunica/file-notizie/2014/general-overview-on-measurement-monitoring-damore.pdf>
5. Gajsek P. et al., “Review of Studies Concerning Electromagnetic Field (EMF) Exposure Assessment in Europe: Low Frequency Fields (50 Hz–100 kHz)”, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2016, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5036708/>

6. “Electromagnetic fields in daily life”, Dutch National Institute for Public Health and Environment (RIVM), 2017, https://www.rivm.nl/en/Topics/E/Electromagnetic_Fields/EMF_dailylife
7. Gourdon C.G., “Efforts of French railroads to reduce traction of electromagnetic fields”, *Electricity and Magnetism in Biology and Medicine*, San Francisco Press (USA), 1993. pp. 259–263
8. Tell R.A. e Kavet R., “Electric and magnetic fields < 100 kHz in electric and gasoline-powered vehicles”, *Radiat. Prot. Dosim.*, 2016, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26769905>
9. Vedholm K. e Hamnerius Y., “Personal Exposure Resulting from Low Level Low Frequency Electromagnetic Fields in Automobiles”, Thesis. Chalmers University of Technology, Göteborg (Sweden), 1996
10. Paternesi L., “Onda su Onda”, Testo completo del servizio andato in onda nella puntata di *Report* (Rai 3) del 27 novembre 2018, http://www.rai.it/dl/doc/1543420459649_onda_onda_report.pdf
11. “Rapporto sulle criticità ambientali relative ai campi elettromagnetici”, ISPRA, 2009, <http://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00003500/3566-rapporto-101-2009.pdf/>
12. MONICEM - Monitoraggio e controllo dei campi elettromagnetici alle radiofrequenze, ISPRA, 2011, <http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/monicem-monitoraggio-e-controllo-dei-campi>
13. Rete elettrica Terna, <http://download.terna.it/terna/0000/0837/37.PDF>
14. Assante D., Tesi di Laurea in Ingegneria Elettrica, *Università di Napoli*, 2002, <http://www.elettrotecnica.unina.it/files/assante/upload/Capitolo%203.pdf>
15. I dati sugli impianti radioelettrici in tempo reale, ARPA Veneto, <http://www.arpa.fvg.it/cms/tema/radiazioni/campi-elettromagnetici/Supporto-cartografico-impianti-radioelettrici/Supporto-cartografico-impianti-radioelettrici.html>
16. Martucci M., *Manuale di autodifesa per elettrosensibili*, Terra Nuova Edizioni, 2018, <https://www.terranovalibri.it/libro/dettaglio/maurizio-martucci/manuale-di-autodifesa-per-elettrosensibili-9788866813910-236288.html>

17. Qual è l'esposizione ai campi elettromagnetici dei cellulari?, ARPA Piemonte, <http://www.arpa.piemonte.it/news/esposizione-ai-telefoni-cellulari>
18. Telefonia mobile e campi elettromagnetici: livelli di esposizione in Italia, <https://www.sostariffe.it/news/telefonia-mobile-e-campi-elettromagnetici-livelli-di-esposizione-in-italia-137283/>
19. Monitoraggio ambientale in continuo, ARPA Emilia Romagna, https://www.arpae.it/dettaglio_generale.asp?id=2644&idlivello=127
20. Misure di campo elettrico e magnetico presso elettrodotti, ARPA Toscana, http://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/campi_elettromagnetici/elettrodotti

Capitolo 22

1. Electromagnetic shielding, https://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_shielding
2. Which magnetic shielding material should I use?, <http://www.lessemf.com/mag-shld.html#276>
3. Simple Ways to Avoid Electromagnetic Fields, <https://www.trifield.com/simple-ways-to-avoid-electromagnetic-fields/>
4. How to shield your house from electromagnetic radiation, <https://www.home-biology.com/electromagnetic-shielding-guide/how-to-shield-your-house-from-electromagnetic-fields>
5. Frequently Asked Questions: EMF Shielding, <http://www.lessemf.com/faq-shie.html>
6. Does Aluminum Foil Protect Against Radio Frequency Radiation?, <https://emfacademy.com/aluminum-foil-emf-radiation/>
7. “A proposito di... inquinamento elettromagnetico”, ARPA Veneto, 2017, http://www.arpa.veneto.it/arpavinforma/pubblicazioni/a-proposito-di...-inquinamento-elettromagnetico-seconda-edizione/at_download/file