

Titolo documento originale: Human Exposure to Radio Frequency and Microwave Radiation from Portable and Mobile Telephones and Other Wireless Communication Devices

COMAR - Technical Information Statement - Settembre 2000

Sommario

Il Comitato su "Uomo e Radiazione" (COMAR) dell'Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE - Istituto degli Ingegneri Elettronici ed Elettrici) prende atto dell'esistenza nel pubblico di preoccupazione relativa alla sicurezza dell'esposizione ai campi a radiofrequenza e microonde emessi dai telefoni cellulari palmari, portatili e mobili.

Diverse organizzazioni nazionali e internazionali hanno stabilito linee guida per l'esposizione dell'uomo all'energia a radiofrequenza, tra le quali si annoverano lo standard IEEE C95.1 [1], le raccomandazioni del National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP – Consiglio Nazionale sulla Protezione dalle Radiazioni e sulla loro Misura) [2], dell' International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP – Commissione Internazionale sulla Protezione dalle radiazioni Non Ionizzanti) [3] e del National Radiation Protection Board (NRPB – Ufficio Nazionale di Protezione dalle Radiazioni) nel Regno Unito [4]. Queste linee guida, pur presentando alcune differenze, indicano limiti sostanzialmente simili per la banda di frequenze utilizzate per i dispositivi di comunicazione senza fili. La posizione della comunità scientifica, così come si riflette nelle suddette linee guida, è quella per cui l'esposizione all'energia a radiofrequenza al di sotto dei limiti raccomandati nelle linee guida è sicura.

Negli USA la Federal Communications Commission (FCC – Commissione Federale per le Comunicazioni) autorizza il commercio di dispositivi di comunicazione mobile conformi alle proprie linee guida per l'esposizione [5]. Le linee guida FCC, le quali si basano sui limiti di esposizione fissati dall' NCRP, sono state sviluppate per proteggere i lavoratori e la popolazione da esposizioni dannose ai campi elettromagnetici a radiofrequenza e sono state promulgate in quanto l'FCC ha delle responsabilità legali in merito, così come stabilito dal National Environmental Policy Act del 1969 (NEPA – Legge Nazionale per l'Ambiente). I paesi europei e altri paesi nel mondo hanno i propri specifici requisiti in materia.

Misure hanno mostrato che l'esposizione degli individui ai campi elettromagnetici a radiofrequenza, derivate dall'uso di telefoni cellulari e di altri ricetrasmittenti a bassa potenza, normalmente ricade all'interno dei limiti raccomandati. Alcuni telefoni cellulari e altri ricetrasmittenti senza fili possono influire sull'attività di pacemaker cardiaci, defibrillatori impiantabili o altri dispositivi medicali inseriti nel corpo, se il telefono è tenuto vicino ai dispositivi (pochi centimetri). I portatori di tali dispositivi dovrebbero seguire le raccomandazioni del proprio medico riguardo l'utilizzo sicuro dei dispositivi ricetrasmittenti senza fili.

Premessa

L'uso di telefoni mobili è rapidamente aumentato durante la fine degli anni '90. Anche le recenti tecnologie di comunicazioni mobili utilizzano dispositivi ricetrasmittenti portatili. queste includono radio mobili specializzate (SMR) e servizi di comunicazione personale (PCS) (si tratta comunque di sistemi cellulari). Attualmente si contano oltre 80 milioni di utenti di telefonia cellulare negli Stati Uniti e le stime prevedono che il numero di utenti nel mondo dovrebbe raggiungere i 500 milioni nell'anno 2001 e crescere sino a 700 milioni per il 2003.

Questa relazione si propone di dare una risposta alle preoccupazioni espresse da alcuni esponenti del pubblico riguardo la sicurezza dell'esposizione ai campi elettromagnetici a radiofrequenza emessi dai dispositivi di comunicazione portatili, con particolare riferimento ai telefoni cellulari.

Al momento di considerare i possibili rischi derivanti dall'esposizione ai dispositivi senza fili bisogna considerare alcuni fattori. In primo luogo si deve considerare la frequenza, perché le linee guida per l'esposizione variano con la frequenza. Le comunicazioni senza fili operano in una varietà di bande di frequenza; negli USA i telefoni cellulari e mobili impiegano frequenze comprese tra 824 e 849 MHz, mentre i sistemi di comunicazioni personali digitali (PCS) operano nella banda 1850-1990 MHz. I ricetrasmittenti

portatili (come ad esempio i "walkie-talkies") utilizzati per le comunicazioni bidirezionali generalmente operano nelle frequenze vicino a 30, 150 e 450 MHz. I dispositivi di telefonia ("cordless") operano generalmente vicino ai 50, 915, o 2450 MHz.

Una seconda considerazione riguarda la potenza emessa dal ricetrasmittitore e la distanza di quest'ultimo dal corpo umano. Le unità palmari (sia i telefoni cellulari che altri dispositivi di comunicazione) operano a bassi livelli di potenza ma il loro impiego prevede che siano tenuti molto vicini al corpo. Le unità mobili operano a livelli di potenza più alti ma le loro antenne trasmettenti sono posizionate a distanza dagli utenti.

L'esposizione di un individuo all'energia a radiofrequenza si può misurare in diversi modi. Per valutare l'esposizione derivante da trasmettitori vicini al corpo, la quantità più utile è il tasso di assorbimento specifico (SAR). Il SAR è una misura della potenza assorbita dal corpo (sia in una regione localizzata del tessuto o mediata sul corpo intero), espressa in unità di watt per chilogrammo di tessuto. I vari standard di esposizione citati sono stati definiti al fine di limitare il SAR nel corpo a livelli di sicurezza.

Standard di Sicurezza e Linee Guida per i campi a Radiofrequenza

Diverse organizzazioni, le quali includono l'IEEE [1], l' NCRP [2], l' ICNIRP [3], e il National Radiation Protection Board (NRPB) nel Regno Unito [4] (vedi tavola degli acronimi e delle definizioni nell'appendice) hanno stabilito limiti per l'esposizione umana ai campi a radiofrequenza. I limiti stabiliti dai singoli governi sono generalmente basati su tali standard. Questi differiscono in qualche modo nei limiti di esposizione indicati ed altri particolari. Per quanto concerne le frequenze impiegate nei sistemi di comunicazione senza fili tali linee guida presentano indicazioni simili.

La maggior parte delle linee guida specifica due tipi di limiti, tipicamente riferiti all'esposizione occupazionale e non occupazionale (pubblico generale). Nello standard IEEE-C95.1-1991 [1] invece si opera la distinzione tra ambienti "controllati" (qualsiasi luogo in cui le persone sono coscienti della potenziale esposizione) e ambienti "non controllati". La maggioranza di questi standard fissa limiti per la densità di potenza negli ambienti controllati (o per esposizioni occupazionali) che sono cinque volte maggiori di quelli indicati per gli ambienti non controllati (o per il pubblico generale), a frequenze fino a 3,000 MHz.

Tutti questi standard presentano clausole che considerano le diverse situazioni di esposizione; infatti sono indicati limiti per l'esposizione dell'intero corpo o per l'esposizione parziale (che è la più importante per gli utenti di comunicazioni senza fili). Gli standard richiedono anche che l'esposizione sia mediata su periodi di tempo che vanno dai 6 ai 30 minuti [1] (ciò significa che l'esposizione accidentale di durata inferiore ai tempi su cui è calcolata la media può superare i limiti). Lo standard IEEE prevede inoltre "l'esclusione per la bassa potenza" ovvero l'esenzione dall'obbligo del test di esposizione per i dispositivi a bassa potenza. (la maggior parte dei ricetrasmittenti palmari, inclusi i telefoni cellulari, ricadono nell'esenzione). Altre linee guida (come ad esempio quelle indicate dall'ICNIRP [3] e dall' FCC) non prevedono tale esenzione.

Tutti questi standard sono stati sviluppati da comitati di scienziati ed ingegneri, i quali hanno esaminato la letteratura scientifica al fine di identificare i potenziali rischi dell'esposizione alle radiofrequenze. Gli standard principali sono fondati sull'approfondita revisione di migliaia di articoli scientifici, comprendenti studi di ingegneria, studi su animali e su cellule nonché studi epidemiologici sugli uomini. Gli standard sono stati approvati solo dopo lunghe procedure di revisione che hanno coinvolto le varie parti in causa e in molti casi anche il pubblico.

A seguito della revisione della letteratura scientifica, la maggior parte dei comitati ha concluso che l'effetto riproducibile più sensibile è quello che riguarda la modifica dei comportamenti di apprendimento negli animali di laboratorio nel corso di esperimenti. Tale effetto, osservato in differenti specie di animali e sotto varie condizioni di esposizione alle radiofrequenze, si verifica con valori di SAR mediato sul corpo intero pari a circa 4 W/kg. Questo tasso di assorbimento dell'energia a radiofrequenza cui corrisponde un aumento della temperatura corporea, stimola l'animale a cessare lo svolgimento di compiti complessi per i quali è stato addestrato (comportamenti appresi). Tale cambiamento comportamentale è reversibile e considerato non dannoso per l'animale. In proposito è stata formulata l'ipotesi, non ancora verificata, per cui l'esposizione a questo livello (lo stesso SAR per il corpo intero) avrebbe effetti simili sugli esseri umani. A livelli di esposizione considerevolmente più elevati, consegue uno stress termico simile a quello prodotto

dalla permanenza in ambienti eccessivamente caldi o da un intenso esercizio fisico. Malgrado la considerevole mole di speculazione contenuta nella letteratura scientifica, non è stato ancora stabilito nessun meccanismo per il quale i campi elettromagnetici al di sotto dei limiti raccomandati possano produrre danni biologici con conseguenze cliniche [6].

Riguardo l'esposizione degli uomini alle radiofrequenze, i dati disponibili sono limitati, soprattutto per quanto concerne l'esposizione a lungo termine. Sono pochi gli studi che considerano l'esposizione di soggetti umani a radiofrequenze con energia simile a quella emessa dai telefoni cellulari mentre dagli studi condotti non è emersa alcuna evidenza convincente che indichi la possibilità di effetti dannosi. In questo ambito, Moulder et al. [7] hanno svolto una eccellente revisione della letteratura di settore.

Sono stati pubblicati due studi epidemiologici che affrontavano la questione del possibile rischio di cancro al cervello conseguente l'utilizzo di telefoni cellulari. Rothman ed i suoi collaboratori [8,9] non hanno riportato alcuna differenza di mortalità tra gli utenti di telefoni cellulari (in cui l'antenna è vicina alla testa) e di telefoni cellulari mobili (in cui l'antenna è montata sul veicolo). Hardell et al [10,11], in uno studio condotto su diverse centinaia di pazienti svedesi affetti da cancro al cervello, non ha rilevato associazioni statisticamente significative tra l'utilizzo di telefoni cellulari e l'insorgenza di cancro al cervello. Ciononostante è necessario rilevare che i tumori al cervello (ed altri cancri) impiegano molti anni per svilupparsi, un periodo molto più lungo della durata dell'esposizione subita dalla maggior parte dei soggetti analizzati in questi studi.

Riassumendo: non vi sono evidenze, emerse da studi di laboratorio o epidemiologici, in base alle quali si dimostri che l'esposizione all'energia a radiofrequenza di valore inferiore a quelli indicati nei limiti raccomandati abbia implicazioni sanitarie per gli uomini.

Esposizioni dovute a telefoni cellulari

telefoni cellulari venduti negli USA devono operare in conformità alle linee guida FCC, mentre i dispositivi venduti in Europa devono adeguarsi a linee guida locali, le quali in molti paesi sono di natura simile a quelle emesse dall'FCC ma di fatto risultano meno restrittive. La conformità è verificata tramite la valutazione sperimentale e/o teorica dei SAR prodotti dai telefoni all'interno di modelli che riproducono la testa di un generico utente. Grazie agli elevati fattori di sicurezza incorporati negli standard, i limiti regolatori sono molto al di sotto delle previste soglie di rischio.

I telefoni cellulari progettati dai produttori sono generalmente conformi ai limiti regolatori, sebbene un produttore abbia dovuto ritirare i propri telefoni cellulari dal mercato, in quanto risultavano operanti a livelli di potenza lievemente superiori a quelli autorizzati ed i livelli di SAR erano superiori ai limiti specificati. I nuovi telefoni digitali operano a livelli di potenza media inferiori rispetto alle vecchie unità analogiche, ed hanno una minore probabilità di superare i valori limite per l'esposizione. I telefoni senza fili (cordless) che funzionano a 46 MHz utilizzano livelli di potenza minori di quelli dei telefoni cellulari e comportano un'esposizione dell'utente decisamente inferiore; ciononostante i nuovi telefoni senza fili che operano a 900 MHz e a 2.45 GHz funzionano a livelli di potenza paragonabili a quelli dei telefoni cellulari convenzionali.

Interferenze con dispositivi medicali

A livelli sufficientemente elevati l'energia a radiofrequenza può interferire con le apparecchiature elettroniche [12]. Questo problema ha maggiori probabilità di verificarsi in presenza dell'energia pulsata che caratterizza i telefoni cellulari digitali. Alcuni studi hanno mostrato che i telefoni cellulari possono influire sul funzionamento di pacemaker o defibrillatori cardiaci qualora il telefono sia posizionato nelle dirette vicinanze del dispositivo [12,13], inoltre, sono stati riportati casi di interferenze tra telefoni cellulari e dispositivi di sostegno uditivo. I portatori di pacemaker, defibrillatori impiantabili, o altri dispositivi medicali elettronici inseriti nel corpo, dovrebbero consultare il proprio medico e/o il produttore del telefono per determinare quali eventuali precauzioni dovrebbero adottarsi. Alcuni produttori raccomandano che i telefoni cellulari siano utilizzati tenendoli dal lato del corpo opposto a quello in cui è impiantato il pacemaker.

Conclusioni

I dati scientifici indicano che il valore di SAR localizzato indotto dagli apparecchi ricetrasmittenti palmari, portatili o mobili e telefoni cellulari, normalmente non supera i limiti di sicurezza indicati dall'FCC né altri limiti di sicurezza (Raccomandazione Commissione Europea 1999, nota del traduttore). L'evidenza scientifica disponibile attualmente, così come vagliata dalle organizzazioni di definizione degli standard e da altri gruppi di esperti, non dimostra l'esistenza di effetti sanitari o di altri rischi per la salute derivanti dai dispositivi ricetrasmittenti dei telefoni cellulari o da altri sistemi di comunicazione. Ciononostante esiste un potenziale rischio di interferenza tra le unità portatili e alcuni apparecchi medicali che potrebbero trovarsi nelle immediate vicinanze (nell'ordine di alcuni centimetri).

Appendice

Frequenze e protocolli operativi dei sistemi di comunicazione cellulare senza fili

Le prime reti cellulari si servivano di un protocollo di trasmissione analogico (definito accesso multiplo a divisione di frequenza - frequency-division multiple access - FDMA), in cui la voce modula in frequenza un'onda portante continua. Negli USA questi sistemi operano nella banda di frequenza compresa tra gli 824 - 894 MHz (824-849 MHz per i dispositivi portatili e mobili e 869-894 MHz per le stazioni radiobase), che prima era riservata ai canali televisivi UHF 69-84.

All'inizio degli anni '90 tali sistemi raggiungevano i limiti delle loro capacità in molte aree di servizio. Ciò ha condotto all'introduzione di nuove classi di servizi cellulari che impiegano tecnologie digitali, come ad esempio l'accesso multiplo a divisione di tempo (time-division multiple-access - TDMA), l'ibrida TDMA/FDMA, e più recentemente la tecnologia ad accesso multiplo a divisione di codice (code-division multiple-access CDMA). Tali sistemi digitali operano nella stessa banda di frequenza del sistema analogico, ma offrono un maggior numero di canali vocali per ciascun canale radio. In Europa, il sistema cellulare più comune è il GSM (Sistema Globale per le Comunicazioni Mobili), si tratta di un sistema ibrido TDMA/FDMA che opera nella banda di frequenza 935-960 MHz.

La recente tecnologia dei Servizi di Comunicazione Personale (Personal Communication Services - PCS) opera nella banda dei 1800-2000 MHz, utilizzando sia la tecnologia TDMA che la CDMA. Al confronto con i sistemi cellulari analogici, il sistema PCS opera a livelli di potenza inferiori con celle più vicine nello spazio e dispositivi di minore potenza.

Negli USA, la Federal Communications Commission ha inizialmente autorizzato la presenza di due operatori di servizi cellulari per ciascuna area di servizio. Ciononostante, per promuovere la concorrenza, sono state definite nuove bande di frequenza e si stanno introducendo nuovi servizi. Questi includono radio mobili specializzate (specialized mobile radio SMR) e radio specializzate potenziate (enhanced specialized mobile radio ESMR), le quali operano a frequenze appena al di sotto di quelle dei servizi cellulari. In aggiunta, in molte regioni degli Stati Uniti hanno licenza di operare due portanti PCS.

A compensazione dell'aumento del numero di portanti di sistemi senza fili, il progresso della tecnologia cellulare dai sistemi analogici verso sistemi digitali con prestazioni avanzate ha portato alla forte riduzione della potenza emessa dalle stazioni radiobase e dai telefoni. I moderni sistemi sono inoltre appositamente progettati con la caratteristica di ridurre la potenza emessa sia dalle stazioni radiobase che dai telefoni portatili quando l'utente si trova in prossimità della stazione radiobase, con conseguente ulteriore riduzione dei livelli di potenza media.

Per ulteriori informazioni a proposito dei sistemi di telefonia senza fili, si rimandano i lettori alle trattazioni di Millington [14] e Rappaport [15].

Glossario e Acronimi

ANSI - American National Standards Institute – Istituto Nazionale Americano per gli Standard

EPA - (USA) Environmental Protection Agency – Agenzia per la Protezione Ambientale

FDA - (USA) Food and Drug Administration - Ufficio di Amministrazione per Cibi e Medicinali

ICNIRP - International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection - Commissione Internazionale sulla Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti

IEEE - The Institute of Electrical and Electronics Engineers - Istituto degli Ingegneri Elettrici ed Elettronici

NCRP - National Council on Radiation Protection and Measurements - Consiglio Nazionale sulla Protezione e la Misura delle Radiazioni

NIOSH - (USA) National Institute for Occupational Safety and Health - Istituto Nazionale per la Sicurezza e la Salute dei Lavoratori

NRPB - National Radiation Protection Board (Regno Unito) - Comitato Nazionale sulla Protezione dalle Radiazioni

OSHA - (USA) Occupational Safety and Health Administration - Amministrazione per la Sicurezza e la Salute dei Lavoratori
Canale di Comunicazione Analogica - Canale di comunicazione in cui il messaggio trasmesso, ad esempio la voce, modula direttamente l'ampiezza o la frequenza di un segnale a frequenza più alta a radiofrequenza o a microonde.

CDMA (Code Division Multiple Access) – Metodo di codifica di messaggi digitalizzati provenienti da più utenti, che consente la loro trasmissione simultanea tramite un singolo canale di comunicazione. Ogni messaggio è decodificato indipendentemente dagli altri.

Sistema di Telefonia Cellulare – un sistema per le comunicazioni senza fili in cui intervalli di frequenze (canali) possono essere riutilizzati dividendo un'area geografica in "celle" esagonali, ognuna delle quali contiene l'antenna rice-trasmittente di una stazione radiobase. L'utente di telefonia cellulare che si trovi in una cella comunica con la stazione radio base della medesima cella o di una cella adiacente, a seconda della potenza del segnale ricevuto. Quando l'utente si muove da una cella all'altra, il collegamento tra l'utente e la rete è mantenuto "passando" l'utente da una stazione radiobase ad un'altra cioè ad un canale assegnato di un'altra stazione radiobase.

Canale di Comunicazione Digitale – un canale di comunicazione in cui il messaggio è codificato tramite una serie di "uno" e "zero" (codice binario). Ciò può realizzarsi in diversi modi, uno schema molto comune è quello per cui la fase di una componente del segnale trasmesso viene modificata in passi discreti per rappresentare gli "zero" e gli "uno" rispettivamente.

Antenna Direzionale- Antenna che irradia efficientemente energia in una specifica direzione. Per esempio, l'energia irradiata dalle antenne direzionali utilizzate per i servizi di comunicazioni personali senza fili; spesso definite antenne "ad alto guadagno", antenna a pannello o antenna "a settore" generalmente il segnale si propaga in un fascio relativamente stretto sul piano verticale (dell'ordine di 10 gradi) e di 120 gradi sul piano orizzontale.

Downlink – la connessione (segnale trasmesso) tra una stazione radiobase ed una stazione mobile.

ERP (Potenza Irradiata Effettiva) – Misura di quanto un'antenna concentra l'energia irradiata una specifica direzione. Si può paragonare al confronto tra il funzionamento di una classica lampadina ed una lampadina di tipo "spot". Ad una data distanza, la luce che illumina una superficie all'interno del fascio di uno spot di 100 W è molto più forte di quella emessa da una classica lampadina a bulbo di medesima potenza, in quanto la lampadina spot concentra la luce emessa in un fascio. Di conseguenza, la luce che illumina una superficie non compresa nel fascio della lampadina spot è molto inferiore a quella di una lampadina di tipo classico posta alla stessa distanza.

FDMA (Frequency Division Multiple Access) – Metodo per convogliare messaggi multipli durante una trasmissione a radiofrequenza o microonde che prevede la codifica dei messaggi emessi da diversi utenti tramite la modulazione di diverse frequenze portanti.

GSM (Global System for Mobile Communications) – uno schema ibrido TDMA/CDMA ampiamente utilizzato in Europa ed in corso di diffusione negli USA.

Antenna ad Alto Guadagno- antenna il cui diagramma di radiazione è concentrato in un fascio più o meno stretto, es. una “antenna direzionale”.

Microwatt (μW) – potenza di un milionesimo di watt.

Microonde (MW) – onde elettromagnetiche con lunghezze d'onda comprese tra un millimetro e 30 centimetri corrispondente ad una frequenza compresa tra 300 GHz e 1 GHz.

Milliwatt (mW) – potenza di un millesimo di watt.

Antenna Omni-Direzionale - Antenna che irradia l'energia più o meno uniformemente in un angolo di 360 gradi sul piano orizzontale che circonda l'antenna. A volte definita antenna a “basso guadagno”. Le classiche antenne a “frusta” presentano un diagramma di radiazione omnidirezionale.

PCS (Personal Communication Service) – termine utilizzato dagli operatori di servizi cellulari per il servizio digitale che rientra principalmente nella banda di frequenza di 1800 – 2000 MHz. Il termine distingue questo recente protocollo da quello impiegato per i servizi che si servono di frequenze inferiori.

Flusso di Potenza – a volte definito "densità di potenza," è una misura della potenza radiata che raggiunge l'unità d'area di una superficie. Si misura in watt per metro quadro (W/m^2). Ciononostante, è ancora possibile incontrare misure indicate con la vecchia unità espressa in milliwatt per centimetro quadrato (mW/cm^2). 1 mW/cm^2 equivale a 10 W/m^2 .

Radiofrequenza – frequenza di onde elettromagnetiche comprese approssimativamente tra 3kHz (3000 Hz) e 300 GHz (3×10^{11} Hz). A volte si opera una distinzione tra le onde radio che hanno frequenze comprese tra 3 kHz e 1 GHz, e le microonde che hanno frequenza compresa tra 1 GHz e 300 GHz.

SAR (Tasso di Assorbimento Specifico) – La misura del tasso con il quale l'energia elettromagnetica è assorbita da un oggetto esposto. Il SAR si misura in watt per chilogrammo (W/kg) ed è la quantità di base a partire dalla quale derivano i moderni criteri di sicurezza (limiti di esposizione) per le radiofrequenze e le microonde.

TDMA (Time Division Multiple Access) – Metodo per combinare i messaggi di diversi utenti su un singolo canale radio assegnando a ciascun utente un segmento temporale diverso di ciascun intervallo di trasmissione.

Ricetrasmittente – Termine che descrive un dispositivo di comunicazione in grado di sia di ricevere che di trasmettere segnali.

Uplink – Collegamento di comunicazione (segnale trasmesso) da una stazione mobile ad una stazione radiobase.

Riferimenti

1. IEEE C95.1-1991: "Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz," IEEE, Piscataway, NJ, 1992
2. NCRP: Biological effects and exposure criteria for radio frequency electromagnetic fields, Report 86, (Bethesda, MD National Council on Radiation Protection and Measurements) 1-382, 1986.

3. ICNIRP: Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300GHz), Health Physics, 74(4): 494-522, 1998.
4. NRPB: Board Statement on Restrictions on Human Exposure to Static and Time-Varying Electromagnetic Fields, Documents of the PRPB, Vol. 4, No. 5, National Radiological Protection Board, Chilton, Didcot, Oxon, UK, 1993.
5. U.S. Federal Communications Commission, Office of Engineering and Technology, "Evaluating Compliance with FCC-Specified Guidelines for Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields," OET Bulletin 65, August 1997.
6. Adair, RK, Effects of weak high-frequency electromagnetic fields on biological systems, in Radiofrequency Radiation Standards, Ed. Klauenberg, B.J., Grandolfo, M., and Erwin, D. N., Plenum Press, New York, 1995.
7. Moulder, JE, Erdreich LS, Malyapa RS, Merritt J, Pickard, WF, and Vijayalaxmi "Cell phones and cancer: what is the evidence for a connection?" Rad. Res. 151, 513-531, 1999.
8. Rothman KJ, Loughlin, JE, Funch, DP, Dreyer NA "Overall mortality of cellular telephone customers," Epidemiology 7, 303-305, 1996.
9. Dreyer NA, Loughlin JE, Rothman KJ "Cancer-specific mortality in cellular telephone users" JAMA 282, 1814-1816, 1999.
10. Hardell L, Nasman A, Pahlson A, Hallquist A, Mild KH "Use of cellular telephones and the risk for brain tumors: A case-control study," Int. J. of Oncol. 15, 113-116, 1999.
11. Hardell L, Nasman A, Pahlson A, Hallquist A "Case-control study on radiology work, medical X-ray investigations, and use of cellular telephones as risk factors for brain tumors" Medscape General Medicine 2, (2000).
12. COMAR Reports: Radio frequency interference with medical devices: A Technical Information Statement. IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine 17(3):111-114, 1998.
13. Hayes DL, Wang PJ, Reynolds DW, Estes III NAM, Griffith JL, Stefens RA, Carlo GL, Findlay GK, Johnson CM: "Interference with cardiac pacemakers by cellular telephones," New Eng. J. Med. 336, 1473-1479, 1997. (see also New Eng. J. Med. 336, 1518-1519, 1997; 337, 1006-1007, 1997.)
14. Rapport TS: Wireless Communications; Principles and Practices, Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, NJ, 1996
15. Millington RJ: Mobile and personal communications in the 90s, in: Mobile Communications Safety, Kuster N, Balzano Q and Lin JC, eds. Chapman & Hall, London, UK, 1997.

Contributi

Questa relazione è stata preparata dal Sottocomitato RF e MW del Comitato IEEE su "Uomo e Radiazioni" (COMAR) con il significativo contributo di: Eleanor Adair, Quirino Balzano, Howard Bassen, G. Jerome Beers, C-K. Chou, Robert Cleveland, Christopher C. Davis (Chair), Linda Erdreich, Kenneth R. Foster, James Lin, John Moulder, Ronald Petersen, Peter Polson, Mays L. Swicord, Richard Tell, and Marvin Ziskin