

CAMPI ELETTROMAGNETICI E TUMORI: LO STATO DELLE CONOSCENZE NEL 2007

A. Spitale, A. Bordoni

Introduzione

In generale, la radiazione elettromagnetica consiste nell'oscillazione di campi elettrici o magnetici. La frequen-

za con cui si verificano tali oscillazioni, ovvero il numero di oscillazioni per secondo, determina le proprietà e l'uso che ne può essere fatto. Le frequenze sono misurate in hertz (Hz), dove 1 Hz è 1 oscillazione per secondo, 1kHz o kilohertz è pari a 1000 Hz, 1 MHz o megahertz è pari a un milione di Hz e 1GHz o gigahertz è pari a un miliardo di Hz o 10⁹Hz (vedi Figura 1).

Negli ultimi anni abbiamo assistito ad un aumento notevole nel numero e nella tipologia delle fonti di campi elettromagnetici, soprattutto i campi a frequenza estremamente bassa (0-300 Hz, *extremely low frequencies* o ELF), le radiofrequenze (300 Hz - 300 MHz, RF), nonché le micro-onde (300 MHz - 300 GHz).

L'esposizione a campi a frequenza estremamente bassa (ELF) deriva soprattutto dalle fonti create dall'uomo per la generazione, trasmissione e

uso dell'elettricità; in particolare è possibile distinguere due tipologie di esposizione a tali campi:

- esposizione occupazionale che avviene, per esempio, nelle industrie elettriche ed elettroniche, nel campo della saldatura e nella riparazione/uso di motori elettrici;
- esposizione ambientale (i cui livelli sono tipicamente bassi) che avviene nelle zone residenziali in prossimità delle linee di trasmissione elettrica oppure attraverso l'utilizzo domestico di apparecchiature elettriche.

L'esposizione a radiofrequenze (RF), invece, si identifica con i campi di radiofrequenza generati dalle trasmissioni radio-televisive e da tutti gli altri apparecchi di telecomunicazione. In casa, le radiofrequenze sono generate da forni a micro-onde, allarmi antifurto, radio, TV, basi di telefoni senza filo. Tuttavia, la maggiore fonte di esposi-

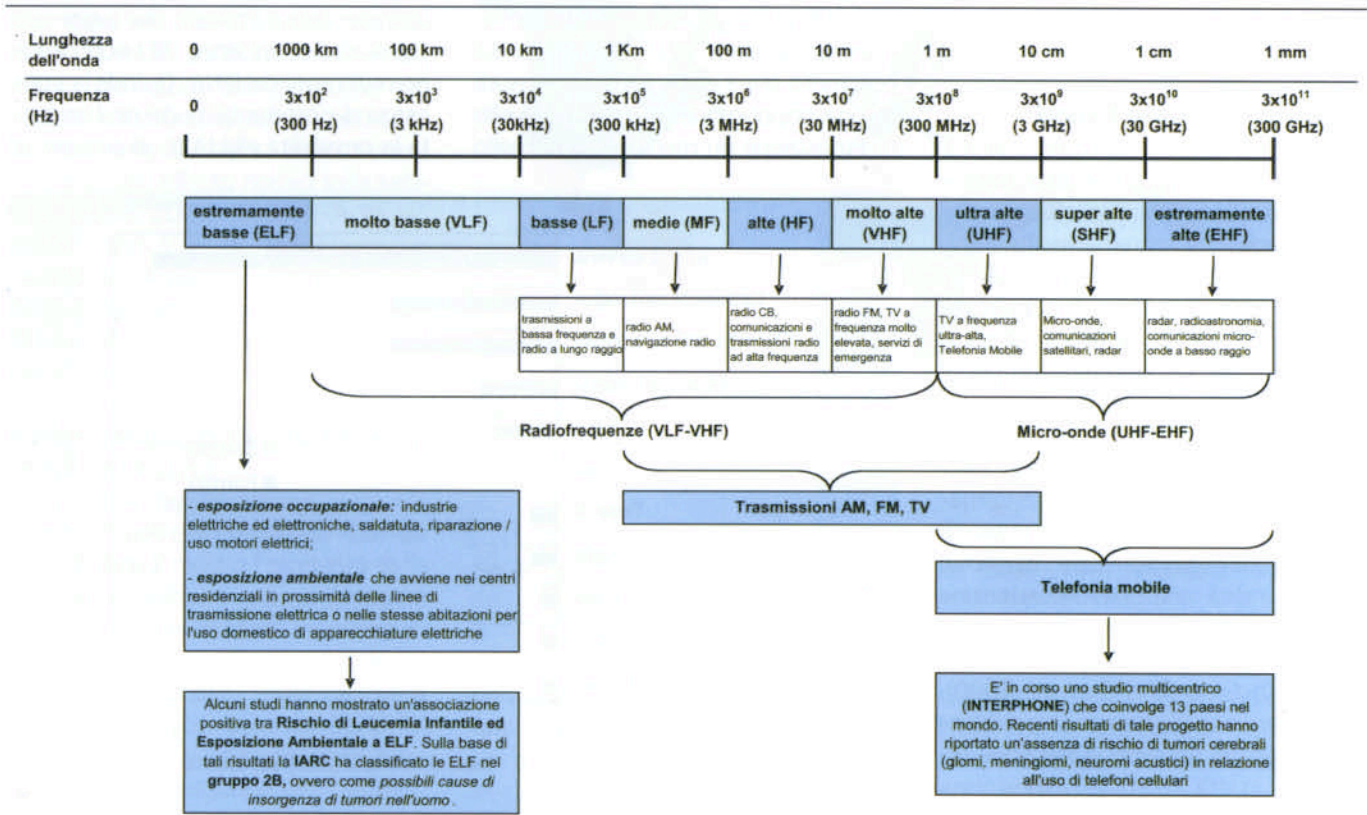


Fig. 1: I campi magnetici in funzione della frequenza (Hz) e del loro uso nella vita quotidiana

zione a radiofrequenze è rappresentata dai telefoni cellulari. Anche l'ambiente lavorativo assume un ruolo fondamentale: gli impiegati che lavorano in prossimità di sistemi che emettono radiofrequenze possono ricevere livelli superiori di esposizione. Tra questi citiamo i lavoratori delle industrie di trasporto, della tele-comunicazione, gli antennisti, il personale militare (operatori radar), gli ufficiali di polizia che utilizzano i radar per il controllo del traffico, il personale medico che utilizza apparecchiature per il trattamento del dolore e delle infiammazioni o dispositivi elettro-chirurgici per l'incisione e la sutura dei tessuti.

Le evidenze scientifiche

Il crescente interesse scientifico e la crescente attenzione da parte della popolazione generale verso tale fenomeno fa sorgere spontaneamente le seguenti domande: l'esposizione a ELF o RF è cancerogena? Quali sono le evidenze scientifiche?

Esposizione a ELF e Tumori

Nel 1979 è stato pubblicato il primo Report circa una possibile associazione tra esposizione a campi elettromagnetici a frequenze estremamente basse (ELF) e leucemie infantili (Wertheimer *et al.*, 1979). Da allora il numero di studi epidemiologici sofisticati si sono via via moltiplicati. Numerosi gruppi di esperti hanno analizzato in modo approfondito i risultati scientifici circa gli effetti cancerogeni dei campi elettromagnetici a frequenze estremamente basse (ELF). Un certo numero di studi epidemiologici sulle leucemie infantili indica una possibile relazione tra il rischio di insorgenza e l'esposizione a tali frequenze (ELF) (Ahlbom A *et al.*, 2000; Greenland S *et al.*, 2000). Per contro, non ci sono ancora evidenze scientifiche riguardo la relazione tra i tumori in età adulta e l'esposizione occupazionale o ambientale a ELF (IARC Monographs Vol. 80, 2002). Anche gli esperimenti in animale non

hanno mostrato fino ad ora risultati consistenti. L'International Agency for Research on Cancer (IARC) ha classificato i campi a frequenze estremamente basse (ELF) come "possibile causa di insorgenza di tumori negli uomini" ("gruppo 2B" secondo IARC Monographs Vol. 80, 2002), sulla base delle evidenze scientifiche relative alle leucemie infantili (IARC Press Release n. 136, 2001).

Nonostante non sia ancora nota una relazione di tipo causale tra esposizione a campi magnetici e leucemie infantili, da una recente analisi condotta da Kheifets L e colleghi (2006) è stato stimato a livello mondiale il possibile impatto sulla salute pubblica in termini di frazione attribuibile (%). La stima del numero globale di nuovi casi di leucemia infantile (in età <15 anni) è nel 2000 pari a 49000 nuovi casi/anno, corrispondenti ad un tasso di incidenza standardizzato di 2.68 casi per 100.000 abitanti (IARC, 2000). La frazione attribuibile a ELF è ottenuta dal confronto tra il numero di casi insorti in una popolazione ad un dato livello di esposizione (in media >0.3 μ T nello

studio in esame) e il numero di casi che potrebbero insorgere se l'esposizione a ELF fosse ridotta od eliminata in seguito a specifici interventi. Tale parametro oscilla a livello mondiale tra <1%-4%. Infine, poiché la frazione attribuibile è altamente dipendente dalla distribuzione dei livelli di esposizione a ELF, gli autori concludono lo studio illustrando la necessità di raccogliere più informazioni sui livelli di esposizione nel mondo.

Esposizione a RF e Tumori

Ancora meno chiara è la relazione tra esposizione a radiofrequenze (RF) e insorgenza di tumori. Pochi studi epidemiologici in ambito occupazionale hanno mostrato un possibile aumento del rischio di leucemia o tumori cerebrali (Groves FD *et al.*, 2002; Milham S Jr, 1988;), mentre altri studi ne hanno evidenziato un decremento (Morgan RW *et al.*, 2000). Anche l'evidenza sperimentale è limitata, ma suggerisce che le radiofrequenze (RF) non causano mutazioni del DNA. Quindi, la mancanza di riproducibilità dei risultati limita la possibilità alla IARC di arrivare ad

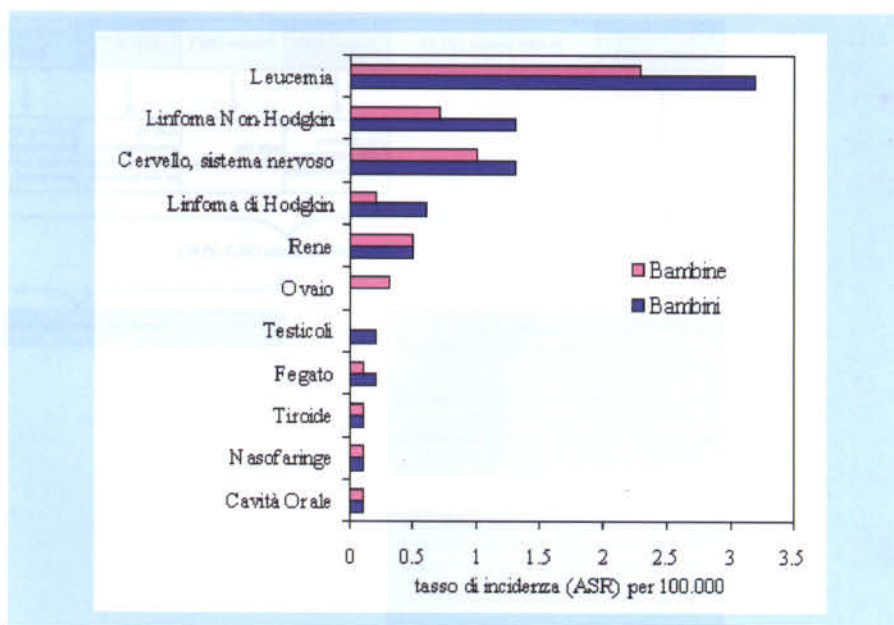


Fig. 2: Incidenza delle principali neoplasie infantili (0-14 anni) nel mondo per 100'000 abitanti, standardizzata secondo la popolazione mondiale (ASR)

una conclusione precisa. A tal proposito, è in corso uno studio multicentrico (INTERPHONE), coordinato dalla IARC e in collaborazione con i Registri Tumori di 13 paesi nel mondo: Australia, Canada, Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Israele, Italia, Giappone, Nuova Zelanda, Norvegia, Svezia e Gran Bretagna. Si tratta di uno studio caso-controllo su base di popolazione che ha lo scopo di studiare la relazione tra i tumori della regione testa-collo e l'uso di telefoni cellulari da parte di persone con un'età compresa tra 30-59 anni.

Recenti risultati di INTERPHONE hanno riportato un'assenza di rischio di tumori cerebrali (gliomi, meningiomi) o neuromi acustici in Giappone (Takebayashi T *et al.*, 2006) e Germania (Berg G *et al.*, 2006; Schuz J *et al.*, 2006); le stesse conclusioni sono emerse da una meta-analisi di sei studi caso-controllo su base di popolazione condotti in cinque paesi del Nord Europa (Schoemaker MJ *et al.*, 2005, Lahkola A *et al.*, 2007). Altri studi non hanno fornito risultati consistenti e convincenti circa una relazione causale tra esposizione a RF e qualsiasi effetto nocivo sulla salute (Ahlbom 2006; Ahlbom A *et al.*, 2004; Lonn S *et al.*, 2005), anche quando si considerano le emissioni da parte di trasmettitori radio/TV o stazioni base della telefonia mobile (Jauchem JR, 2003).

Epidemiologia delle leucemie infantili (0-14 anni)

Le leucemie rappresentano circa 1/3 delle neoplasie che colpiscono i bambini. La **figura 2** mostra l'incidenza delle principali neoplasie in età compresa tra 0 e 14 anni nel mondo. In ordine di frequenza le leucemie sono seguite dai linfomi non Hodgkin, dalle neoplasie del sistema nervoso centrale, dai linfomi di Hodgkin e dai tumori renali. Altre forme tumorali seguono con frequenze minori. Nelle bambine l'incidenza è pressoché sovrapponibile a quella dei bambini a parte i tumori del sistema

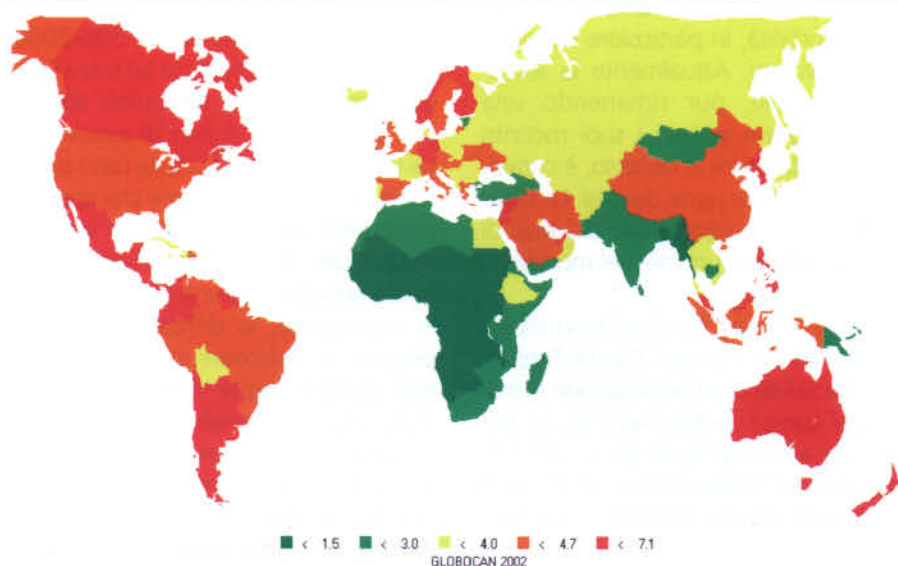


Fig. 3: Incidenza delle leucemie infantili (0-14 anni) nel mondo per 100'000 abitanti, standardizzata secondo la popolazione mondiale (ASR), sesso maschile

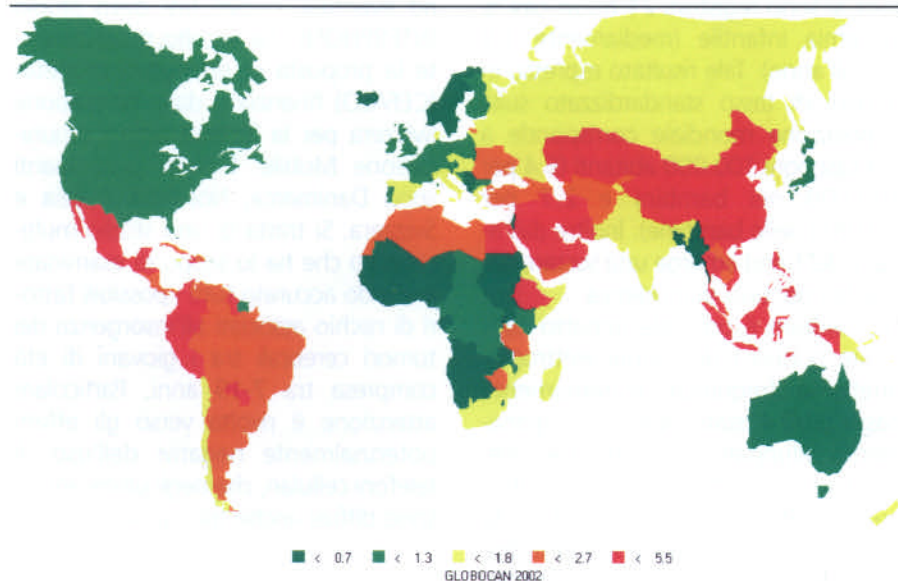


Fig. 4: Mortalità delle leucemie infantili (0-14 anni) nel mondo per 100'000 abitanti, standardizzata secondo la popolazione mondiale (ASR), sesso maschile

nervoso centrale più frequenti dei linfomi (Ferlay J *et al.*, 2004).

La distribuzione dell'incidenza delle leucemie nel mondo evidenzia differenze tra i diversi continenti. La **figura 3** ne mostra le principali caratteristiche: le regioni dove si osservano le inci-

denze più elevate sono l'America del Nord, parte dell'Europa, Australia e Nuova Zelanda; i paesi africani risultano, invece, i meno colpiti.

L'evoluzione dei trattamenti, il miglioramento dei protocolli terapeutici e delle tecniche di trapianto midollare

hanno portato ad una diminuzione della mortalità, in particolare nei paesi industrializzati. Attualmente la leucemia infantile, pur rimanendo una malattia grave in tutti i suoi riscontri che talvolta porta al decesso, è curabile nella maggior parte dei casi. La **figura 4** mostra la ripartizione dei tassi di mortalità delle leucemie nel mondo.

Come si colloca il Canton Ticino rispetto al resto del mondo? Qual è l'impatto sulla salute della popolazione ticinese dei campi elettromagnetici a frequenze estremamente basse (ELF)? È possibile formulare alcune ipotesi sulla base delle attuali conoscenze scientifiche?

Il dato in Ticino è ben sovrapponibile a quanto osservato nei paesi industrializzati. Nel periodo 1996-2006 nel cantone si sono registrati 21 nuovi casi di leucemia infantile (mediamente 1.9 casi all'anno). Tale risultato espresso in termini di tasso standardizzato sulla popolazione mondiale corrisponde a 4.4 casi ogni 100.000 abitanti (6.4 per 100.000 nei bambini e 2.7 per 100.000 nelle bambine). Inoltre dall'analisi dei trend emerge una sostanziale stabilità dei tassi di incidenza.

Per valutare il possibile impatto sulla salute pubblica dei campi elettromagnetici a frequenze estremamente basse (ELF) è stato ripreso il ragionamento sviluppato da Kheifets L e colleghi. La stima del numero di casi attribuibili ad ELF in Ticino è stata ottenuta assumendo da un lato che la distribuzione dell'esposizione a ELF sia la stessa di quella riportata nello studio considerato (in media $>0.3 \mu\text{T}$) e dall'altro che esista una relazione di tipo causale tra esposizione e insorgenza di leucemia, fenomeno che porterebbe lo IARC a classificare i campi elettromagnetici a frequenze estremamente basse come fattore cancerogeno per l'uomo ("gruppo 1" della Classificazione IARC). È stato ipotizzato in Ticino un valore medio di frazione attribuibile pari a 2.5%, che moltiplicato

per il numero totale di leucemie infantili insorte nel periodo 1996-2006 (ovvero 21 casi), conduce ad una stima del numero di casi attribuibili ad ELF pari a 0.5 casi in 11 anni di osservazione (ovvero 0.025×21). Sulla base di tali stime è possibile assumere che approssimativamente ogni 50 anni si verificano 2,3 casi di leucemia infantile attribuibili ad esposizione a ELF.

In conclusione, la difficoltà e/o complessità nel descrivere in modo oggettivo la distribuzione dell'esposizione a campi elettromagnetici e la rarità del fenomeno in esame (ovvero l'insorgenza di leucemie) implicano la necessità di condurre grossi studi a livello internazionale per il raggiungimento di risultati significativi e consistenti. A tal proposito, il Registro Tumori del Canton Ticino oltre ad aver annunciato la propria disponibilità a partecipare ad eventuali nuove fasi dello studio INTERPHONE, ha accolto positivamente la proposta di un nuovo progetto (CEFALO) finanziato dalla Fondazione Svizzera per la Ricerca sulla Comunicazione Mobile. I paesi partecipanti sono Danimarca, Norvegia, Svezia e Svizzera. Si tratta di uno studio multicentrico che ha lo scopo di esaminare in modo accurato tutti i possibili fattori di rischio associati all'insorgenza dei tumori cerebrali tra i giovani di età compresa tra 7-19 anni. Particolare attenzione è rivolta verso gli effetti potenzialmente negativi dell'uso di telefoni cellulari, che negli ultimi anni si sono diffusi anche tra i giovani.

Dr. Stat. Alessandra Spitale
Registro Tumori Cantone Ticino
Istituto Cantonale di Patologia

Dr. Med. Andrea Bordoni
Registro Tumori Cantone Ticino
Istituto Cantonale di Patologia

Bibliografia

- 1 Ahlbom A. 2006. Studies on Base Stations and Other Telecommunications Towers. Available: http://www.who.int/peh-emf/meetings/archive/ahlbom_bsw.pdf [accessed 7 October 2006].
- 2 Ahlbom A, Day N, Feychting M, Roman E, Skinner J, Dockerty J et al. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. *Br J Cancer*. 2000 Sep;83(5):692-8.
- 3 Ahlbom A, Green A, Kheifets L, Savitz D, Swerdlow A, ICNIRP (International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection) Standing Committee on Epidemiology. 2004. Epidemiology of health effects of radiofrequency exposure. *Environ Health Perspect* 112:1741-1754.
- 4 Berg G, Spallek J, Schuz J, Schlehofer B, Bohler E, Schlaefer K, et al. 2006. Occupational exposure to radio frequency/microwave radiation and the risk of brain tumors: interphone study group, Germany. *Am J Epidemiol* 164(6):538-548.
- 5 Bernard WS, Kleihues. *World Cancer Report*. Lyon: IARC Press, 2003.
- 6 Bernhardt JH, Matthes R, Repacholi M, eds. *Non-Thermal Effects of RF Electromagnetic Fields* (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, WHO). Geneva: World Health Organization, 1997.
- 7 Bernhardt JH, Matthes R, Repacholi M, eds. *Static and Extremely Low Frequency Electric and Magnetic Fields* (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, WHO). Geneva: World Health Organization, 1998.
- 8 Greenland S, Sheppard A, Kaune W, Poole C, Kelsh M. A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. *Childhood Leukemia-EMF Study Group. Epidemiology*. 2000 Nov;11(6):624-34. Review.
- 9 Groves FD, Page WF, Gridley G, Lisimaque L, Stewart PA, Tarone RE, et al. Cancer in Korean war navy technicians: mortality survey after 40 years. *Am J Epidemiol*. 2002 May 1;155(9):810-8.
- 10 IARC finds limited evidence that residential magnetic fields increase risk of childhood leukaemia. IARC Press Release n. 136 (2001)
- 11 International study on health effects of mobile (cellular) phones to go ahead. IARC Press Release n. 127 (1998).

- 12 IARC Monographs Vol. 80. Non-ionizing Radiation, Part I: Static and Extremely Low Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields. Lyon, 2002.
- 13 Jauchem JR. 2003. A literature review of medical side effects from radio-frequency energy in the human environment: involving cancer, tumors, and problems of the central nervous system. *J Microw Power Electromagn Energy* 38:103-123.
- 14 Kheifets L, Afifi AA, Shimkhada R. Public Health Impact of Extremely Low-Frequency Electromagnetic Fields. *Environ Health Perspect*, 2006 Oct;114(10):1532-7
- 15 Lahkola A, Auvinen A, Raitanen J, Schoemaker MJ, Christensen HC, Feychting M, et al. 2007. Mobile phone use and risk of glioma in 5 North European countries. *Int J Cancer*; doi 10.1002/ijc.22503 [Online 17January 2007].
- 16 Lonn S, Ahlbom A, Hall P, Feychting M, Swedish Interphone Study Group. 2005. Long-term mobile phone use and brain tumor risk. *Am J Epidemiol* 161:526-535.
- 17 McKinlay A. A possible health effect related to the use of radiotelephones. *Radiological Protection Bull* 1997, 187: 9-16.
- 18 Milham s Jr. Increased mortality in amateur radio operators due to lymphatic and hematopoietic malignancies. *Am J Epidemiol*. 1988 Jan;127(1):50-4.
- 19 Morgan RW, Kelsh MA, Zhao K, Exuzides KA, Heringer S, Negrete W. Radiofrequency exposure and mortality from cancer of the brain and lymphatic/hematopoietic systems. *Epidemiology*. 2000 Mar;11(2):118-27
- 20 Repacholi MH. Low-level exposure to radio-frequency electromagnetic fields: health effects and research needs. *Bioelectromagnetics* 1998, 19: 1-19.
- 21 Royal Society of Canada. A Review of the Potential Health Risk of Radiofrequency Fields from Wireless Telecommunication Devices (RSC.EPR 1999-1). Ottawa: Royal Society of Canada, 2000.
- 22 Schoemaker MJ, Swerdlow AJ, Ahlbom A, Auvinen A, Blaasaas KG, Cardis E, et al. 2005. Mobile phone use and risk of acoustic neuroma: results of the Interphone case-control study in five North European countries. *Br J Cancer* 93:842-848.
- 23 Schuz J, Bohler E, Berg G, Schlehofer B, Hettinger I, Schlaefer K, et al. 2006. Cellular phones, cordless phones, and the risks of glioma and meningioma (INTERPHONE study group, Germany). *Am J Epidemiol* 163:512-520.
- 24 Takebayashi T, Akiba S, Kikuchi Y, Taki M, Wake K, Watanabe S, et al. 2006. Mobile phone use and acoustic neuroma risk in Japan. *Occup Environ Med* 63:802-807.
- 25 The Royal Society of Canada report, 1999: <http://www.rsc.ca/english/RFreport.pdf>
- 26 The Stewart report: Independent Expert Group on Mobile Phones: Report on Mobile Phones and Health, 2000, UK: <http://www.iegmp.org.uk/report/index.htm>
- 27 US National Research Council report: Possible Health effects of Exposure to Residential Electric and Magnetic Fields (1997: <http://books.nap.edu/books/0309054478/html>)
- 28 Valberg PA, van Deventer TE, Repacholi MH. Workgroup report: base stations and wireless networks-radiofrequency (RF) exposures and health consequences. *Environ Health Perspect*. 2007 Mar;115(3):416-24. Epub 2006 Nov 6.
- 29 Werthmeier N, Leeper E. Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am J Epidemiol*. 1979 Mar;109(3):273-84.