



CAMPI ELETTROMAGNETICI A BASSA FREQUENZA (ELF) E SALUTE PUBBLICA

G. Blengio - P. Sartori - S. Falcone - M. Garzotti

Anno 2006

Quaderno n. 4

Dott. G. Blengio

*Direttore del Centro Tematico Regionale di Epidemiologia Ambientale
Responsabile Servizio di Epidemiologia ASL n. 22*

Dott.ssa P. Sartori

Consulente del Centro Tematico Regionale di Epidemiologia Ambientale

Dott. S. Falcone

Dirigente Medico Servizio di Epidemiologia ASL n. 22

Dott. M. Garzotti

Dirigente Medico Servizio di Igiene e Sanità Pubblica

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano per il contributo fornito alla stesura del Quaderno i Sigg. Referenti Aziendali della Scheda Tematica << La tutela della collettività dai rischi sanitari connessi all'inquinamento ambientale: igiene ambientale ed interfaccia ARPAV>>:

dott. Soppelsa Fabio, dott. Soppelsa Mauro, dott. Sannino Ciro, dott. Brigadeci Carmelo, dott. Pasqualotto Massimo, dott. Todescato Andrea, dott. Tonetto Luigi, dott.ssa Rizzato Donatella, dott. Forte Massimo, dott. Nicolardi Luigi, dott. Marchese Giacomo, dott. Fabbro Antonio, dott. Mancarella Paolo, dott. Coin Paolo, dott. Renzulli Giovanni, dott.ssa Schiavinato Chiara, dott.ssa Casale Giovanna, ing. Panfilio Ruggero, dott.ssa Manservisi Silvana, dott. D'Agostini Maurizio, Dott. Zanini Fabio.

Si ringraziano inoltre la Dott.ssa Giovanna Frison ed il Dott Giovanni Benzoni della Direzione Regionale per la Prevenzione ed il Dott. Attilio Tacconi, Direttore del Dipartimento Provinciale ARPAV di Verona, per la revisione finale del testo ed i preziosi consigli e suggerimenti.

INDICE

PREMESSA	Pag.	5
----------	------	---

<u>Capitolo 1</u>		
1. EFFETTI SULLA SALUTE	Pag.	8
1.1 Generalità	Pag.	8
1.2 I risultati delle ricerche	Pag.	11
1.3 La posizione dell'OMS	Pag.	24

<u>Capitolo 2</u>		
2. I LIMITI DI ESPOSIZIONE	Pag.	26
2.1 Le norme tecniche di riferimento	Pag.	26
2.2 La legge italiana	Pag.	28
2.3 Considerazioni conclusive	Pag.	30
ALLEGATO: DPCM 8 LUGLIO 2003	Pag.	32

BIBLIOGRAFIA	Pag.	35
--------------	------	----

CAMPI ELETTROMAGNETICI A BASSA FREQUENZA (ELF) E SALUTE PUBBLICA

PREMESSA

Quotidianamente la popolazione si trova esposta ad una grande varietà di campi elettromagnetici (CEM) di frequenza variabile. Oltre all'esposizione a sorgenti naturali come luce visibile ed ultravioletta, possiamo essere tutti esposti a CEM derivanti dal trasporto, distribuzione ed utilizzo dell'energia elettrica, dalla trasmissione dei 'segnali' radiotelevisivi e di telefonia mobile, dagli apparecchi di diagnostica medica etc.

Ciò che caratterizza le onde elettromagnetiche è la loro frequenza, che si misura in Hertz: al crescere della frequenza cresce anche l'energia trasportata.

Lo spettro elettromagnetico (vedi figura 1) mostra una prima importante distinzione tra "radiazioni ionizzanti" (come i raggi X e gamma), che per la loro elevata energia hanno la proprietà di ionizzare molecole ed atomi, ossia di romperne i legami interni, e "radiazioni non ionizzanti" (indicate con l'acronimo N.I.R, da "Non Ionizing Radiation"), la cui energia è insufficiente per separare gli elettroni dalle orbite esterne degli atomi.

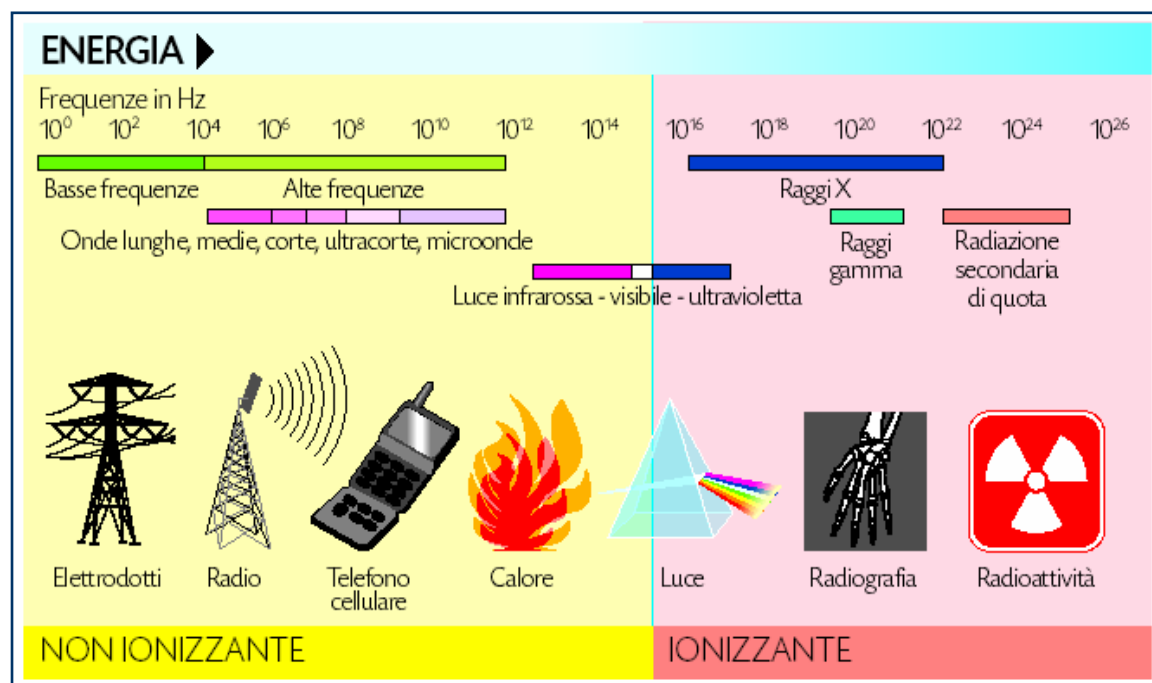


Figura 1 - Lo spettro elettromagnetico: la figura mostra le diverse classi di onde elettromagnetiche ordinate per la loro frequenza (tratto da Agenzia Provinciale per l'Ambiente-Provincia Autonoma di Bolzano - Alto Adige) - http://www.provinz.bz.it/umweltagentur/2908/elektro/download/broschuere_15-28_i.pdf

Sempre in base alla frequenza, tra le radiazioni non ionizzanti distinguiamo, poi, in particolare:

- le onde elettromagnetiche ad alta frequenza (tra 100 KHz e 300 MHz) generate, ad esempio, dai ripetitori radio-Tv e dai sistemi di telefonia mobile (radiofrequenze);
- le onde elettromagnetiche a frequenze estremamente basse di 50-60 Hz (indicate con la sigla ELF, da "Extremely Low Frequency"), tipicamente prodotte dagli impianti per la produzione, trasmissione, distribuzione dell'energia elettrica e da tutti gli apparecchi domestici e di lavoro che tale energia utilizzano per funzionare.

Il presente lavoro si riferisce specificamente a questo tipo di campi elettromagnetici a bassa frequenza (ELF) e alle loro possibili relazioni con la salute umana.

L'elettricità che viene trasportata attraverso le linee di trasmissione o di distribuzione crea attorno alle linee campi elettrici e magnetici. I campi elettrici sono creati da differenze di potenziale elettrico. Ogni conduttore carico produce un campo elettrico che esiste anche se non circola alcuna corrente. I campi magnetici derivano, invece, dal moto delle cariche elettriche e si producono solamente quando circola corrente elettrica.

Negli elettrodotti circola una corrente alternata alla frequenza di 50 cicli al secondo (50 Hz), che produce campi elettrici di intensità correlata con la tensione (differenza di potenziale) della linea (variabile fino a 380.000 Volt) e campi magnetici proporzionali all'intensità del flusso della corrente. In altre parole mentre il campo elettrico è stabilmente determinato dal voltaggio della linea di trasporto, il campo magnetico varia nel tempo al variare della richiesta di corrente elettrica. L'intensità sia del campo elettrico, sia di quello magnetico, diminuisce con la distanza dalla sorgente. Inoltre i campi elettrici sono schermabili dalla maggior parte dei materiali (pareti, edifici, alberi...), mentre i campi magnetici non vengono bloccati dai materiali comuni come le pareti degli edifici.

Anche in ragione della conseguente maggior 'pervasività' di tali campi la ricerca epidemiologica sugli effetti sanitari da esposizione ad energia elettrica trasportata da elettrodotti si è orientata prevalentemente sugli effetti dei campi magnetici, sebbene si parli abitualmente, con termine onnicomprensivo, di campi elettromagnetici.

L'esposizione a campi elettromagnetici ELF ha conosciuto negli ultimi anni un incremento notevole, legato alla crescita di domanda di elettricità a sua volta dovuta al continuo avanzamento delle tecnologie e alle mutate abitudini sociali. In pratica ognuno è esposto quotidianamente ad una complessa combinazione di deboli campi elettrici e magnetici dovuti alla generazione, trasporto ed utilizzo dell'elettricità.

Al fine di fornire qualche parametro di confronto in termini di intensità di esposizione, in tabella 1 vengono riportati alcuni esempi di valori indicativi di campo magnetico generati da alcuni elettrodomestici.

In condizioni di estrema vicinanza del soggetto esposto, molti degli apparecchi riportati in tabella espongono a livelli assoluti di campo magnetico più elevati di quelli prodotti da elettrodotti posti in prossimità di abitazioni. Ci si trova però di fronte a condizioni di utilizzo perlopiù saltuarie o limitate nel tempo e tali quindi da rendere difficile un paragone con le prolungate esposizioni residenziali, per vicinanza ad elettrodotti, da cui sono derivate le ricerche su possibili effetti a lungo termine, tra cui gli effetti cancerogeni.

	10 cm	20 cm	30 cm
ASCIUGACAPELLI	40	5	1.5
ASPIRATORE	20	7	3
FRULLATORE	14	3.5	1.5
VENTILATORE	2.9	0.4	0.15
COPERTA ELETTRICA	0.25	0.18	0.13
TELEVISORE 14"	2.5	1	0.5
RASOIO	20	5	1.7
LAVATRICE	12.6	10	7.2
LAVASTOVIGLIE	0.2	0.11	0.1
FRIGORIFERO	1.5	1	0.25

Tabella 1. Valori indicativi di campo magnetico in microtesla (μT) generati da alcuni elettrodomestici a diversa distanza dal corpo (tratto da *"Onde in chiaro. A proposito di inquinamento elettromagnetico"* www.arpa.veneto.it)

In ogni caso, i livelli crescenti di esposizione a campi elettromagnetici a bassa frequenza hanno portato la popolazione e la comunità scientifica a chiedersi con sempre maggiore insistenza se possano sussistere pericoli per la salute correlati a tale esposizione e -conseguentemente- a stimolare la ricerca in tal senso.

1. EFFETTI SULLA SALUTE

1.1 GENERALITA'

Nel nostro precedente lavoro su “Campi elettromagnetici generati da antenne per la telefonia mobile e salute pubblica, Quaderno n. 3 del Centro Tematico di Epidemiologia Ambientale della Regione Veneto ” si è evidenziato che le onde elettromagnetiche a radiofrequenza (RF) inducono effetti termici e che sono stati stabiliti dei valori soglia proprio per garantire che questi effetti termici non abbiano a verificarsi nell'organismo umano.

Gli ELF a 50 Hz, al contrario, alle comuni intensità di esposizione ambientale, danno luogo ad un assorbimento trascurabile di energia e non producono alcun aumento misurabile di temperatura del corpo (1). Essi interagiscono con i tessuti viventi inducendo campi elettrici e cariche elettriche superficiali che a loro volta danno luogo a correnti “interne”, la cui distribuzione dipende dalle condizioni di esposizione, dalle dimensioni e dalla forma del corpo e dalla sua posizione nel campo.

Queste correnti prodotte dalla abituale esposizione ambientale sono comunque più basse di quelle che il nostro organismo produce nel corso delle normali funzioni fisiologiche, anche in assenza di campi elettromagnetici esterni, come ad esempio le correnti prodotte per regolare il battito cardiaco.

La valutazione del rischio sanitario conseguente all'esposizione ai campi EM a basse frequenze è procedura complessa, dovendo tener conto di una combinazione di studi in aree di ricerca differenti. In letteratura si trovano numerosi studi di popolazione (epidemiologici), studi su animali e studi in vitro sui sistemi cellulari. Gli studi epidemiologici, in particolare, definiscono le condizioni di esposizione ed osservano gli effetti sanitari associabili con tale esposizione, valutando così se il rischio di subire tali effetti sia differente tra persone esposte e non esposte. La ricerca epidemiologica si basa prevalentemente su studi osservazionali, in quanto non è quasi mai possibile, nella popolazione, controllare sperimentalmente l'esposizione, né controllare a priori altri fattori che possono influenzare il rischio di malattia. D'altro canto gli studi sperimentali su animali possono evidenziare effetti biologici che non necessariamente sono nocivi per la salute dell'uomo.

L'interesse, in particolare, verso il possibile effetto sulla salute dei campi elettromagnetici come fattore cancerogeno, ha origine principalmente da uno studio di

tipo epidemiologico condotto negli Stati Uniti nel 1979 da Wertheimer e Leeper. In questo studio gli autori classificarono le linee elettriche in base alla capacità di produrre campi magnetici all'interno delle case. Gli autori introdussero il concetto di "Wire Codes": una classificazione delle abitazioni basata sulle caratteristiche e sulla distanza delle linee elettriche collocate all'esterno delle stesse (la distanza delle case dalle linee elettriche viene quindi assunta come surrogato di esposizione ai campi magnetici). L'ipotesi a priori era che il contributo di sorgenti esterne, come le linee elettriche, ai campi magnetici presenti negli ambienti residenziali potesse essere associato ad un' aumentata incidenza di tumori nei bambini. Nello studio gli autori evidenziarono una correlazione statisticamente significativa tra l'incidenza di leucemia nell'infanzia e la vicinanza delle abitazioni a linee di distribuzione elettrica (2).

E' doveroso precisare che non vi è ancora consenso nella comunità scientifica circa il metodo migliore per definire l'esposizione a campi EM. Il metodo "wire codes" è uno dei metodi possibili, ma non è universalmente accettato. L'incertezza sulla scelta del metodo per misurare l'esposizione deriva dal fatto che gli esperimenti sin qui condotti non hanno ancora chiarito quale aspetto dei campi EM possa essere rilevante per gli effetti biologici. Importanti aspetti dell'esposizione potrebbero essere i picchi di intensità, l'intensità media, la quantità di tempo durante il quale il soggetto è rimasto esposto a determinati livelli di intensità di campo magnetico, le caratteristiche del campo (frequenza, forma dell'onda, orientamento), nonché la forma, dimensioni e proprietà elettriche del corpo esposto.

Oltre al metodo "wire codes", altri studi epidemiologici hanno utilizzato quali indicatori di esposizione:

- "misure spot": misure di esposizione istantanea o a brevissimo termine (es. 30 secondi) ;
- "medie pesate nel tempo": una media delle misure di esposizione pesate durante un periodo di tempo che tenga conto dell'intervallo tra le misurazioni;
- "misure rilevate con monitor personale": uno strumento che può essere indossato per misurare l'esposizione cumulativa nel tempo;
- "campi calcolati su base storica": stima basata sul calcolo teorico del campo magnetico emesso da elettrodotti utilizzando i carichi elettrici "storici" di quelle linee.

In figura 2 viene riportato un esempio di dati di esposizione raccolti con il metodo del "monitor personale": il campo magnetico è stato misurato ogni 1,5 secondi

nell'arco di 24 ore. Per questa persona l'esposizione all'interno della propria abitazione era molto bassa. In generale i picchi (brevi esposizioni a campi intensi) venivano rilevati quando le persone stavano guidando o camminando sotto elettrodotti, o erano vicine ad elettrodomestici o ad altri apparecchi elettrici a casa o al lavoro.

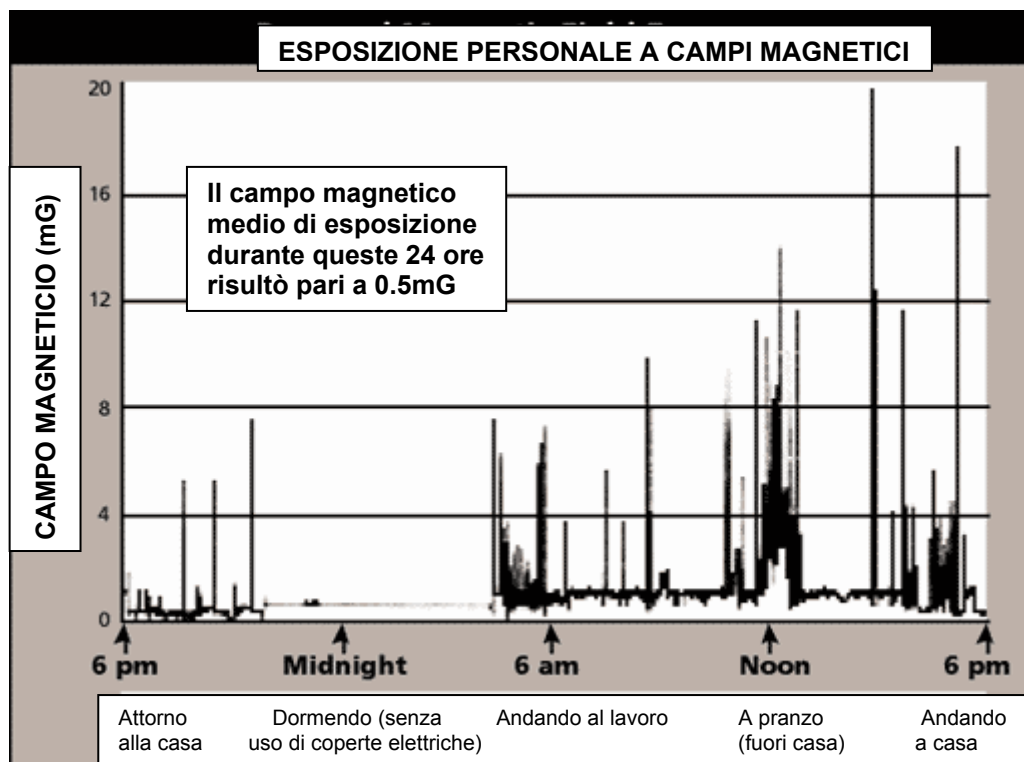


Figura n.2 – Un esempio di dati raccolti con un metodo di misura personale (Tratto da "EMF Questions and Answers", NIEHS - National Institute of Environmental Health Sciences - www.niehs.nih.gov/emfrapid/booklet/youremf.htm)

1.2 I RISULTATI DELLE RICERCHE

STUDI SPERIMENTALI IN VITRO E SU ANIMALI

Le ricerche scientifiche sui possibili effetti sanitari dei c.e.m. ELF sono molto numerose e comprendono parecchi modelli di studio.

Circa il 'peso di evidenza' da assegnare alle diverse fonti scientifiche di informazione, ai fini della formulazione di una valutazione complessiva documentata e basata su fonti autorevoli, trasparenti ed indipendenti, si rimanda alla nostra precedente pubblicazione (3).

Modelli di studio sperimentali in vitro su diversi sistemi biologici isolati, impiegati anche per la valutazione delle sostanze chimiche, sono stati utilizzati per verificare possibili effetti carcinogenetici, di iniziazione e/o di promozione tumorale.

La genotossicità, cioè la capacità di produrre alterazioni genetiche, è stata indagata attraverso test di mutagenicità, di alterazione cromosomica o di danno al DNA. La promozione tumorale, cioè la capacità di facilitare la progressione tumorale di cellule già modificate in questo senso, è stata valutata con studi sulla cinetica della proliferazione cellulare o di anomalie dell'espressione genica o di alterazione dell'apoptosi, che è il meccanismo programmato di morte cellulare insito in ogni cellula.

Altre ricerche hanno riguardato i flussi ionici intramembrana e la variazione di alcune attività enzimatiche. In questo settore sono stati condotti molti studi sul flusso cellulare degli ioni calcio, che fungono da attivatore dell'AMP ciclico intracellulare e sull'ornitina decarbossilasi (ODC), enzima presente in tutte le cellule e responsabile della regolazione della sintesi delle poliammine, richieste per la sintesi del DNA e per la crescita cellulare.

Allo stato attuale delle conoscenze, l'insieme di questi studi non può considerarsi conclusivo perché le ricerche con esito positivo sono contraddette da altre ad esito negativo o, a parità di condizioni sperimentali, non trovano conferma in altri laboratori.

Le evidenze più significative riguardano la capacità degli ELF di potenziare le modificazioni genetiche indotte da sostanze già note come genotossiche, di indurre effetti sul flusso intracellulare di ioni calcio e di modificare l'espressione genica.

Va peraltro osservato che in questi studi, in genere, sono state utilizzate intensità di campo magnetico uguali o anche superiori a 100 μ T, ben più elevate di quelle a cui ci si trova esposti abitualmente a livello ambientale. Inoltre non tutti gli effetti biologici che si possono osservare in queste condizioni sperimentali sono traducibili in effetti potenzialmente dannosi per la salute umana.

Sono stati condotti anche studi in vivo su animale (topi, ratti) per valutare effetti mutageni o di promozione tumorale degli ELF o per evidenziare la loro capacità di determinare vari tipi di tumore (leucemia, linfoma, tumore mammario del cervello) o, ancora, di favorire la progressione tumorale.

Complessivamente prevalgono gli studi che non hanno evidenziato effetti positivi per l'esposizione a ELF. Tra questi studi vanno annoverati anche quelli sulla melatonina, ormone prodotto con ritmo circadiano dalla ghiandola pineale, che raggiunge picchi di concentrazione elevati di notte. Gli effetti di riduzione della secrezione notturna di melatonina, osservati in alcuni studi su animali, hanno fatto ipotizzare che gli ELF possano agire con effetto cancerogeno indiretto, in quanto la melatonina sarebbe in grado di rallentare la crescita, ad esempio, del tumore al seno, mediante una inibizione degli ormoni estrogeni. E' stato inoltre ipotizzato che essa potrebbe avere anche effetti inibenti diretti sulla crescita di altri tipi di tumori. Questo effetto inibitorio degli ELF sulla secrezione di melatonina, emerso in maniera contraddittoria da studi su animali, non è stato tuttavia confermato dalla maggior parte degli studi su volontari umani.

I dati complessivi portano a ritenere che non vi siano evidenze convincenti derivanti da studi su animali che gli ELF abbiano effetti cancerogeni.

STUDI EPIDEMIOLOGICI SULL'UOMO

Gli studi che più hanno sollevato interrogativi e timori sui possibili effetti degli ELF sono quelli di tipo epidemiologico per esposizione ambientale e lavorativa.

Gli studi epidemiologici di esposizione ambientale hanno prevalentemente indagato il rapporto tra ELF e tumori, in particolare la leucemia infantile.

Gli studi in ambito lavorativo, che in genere comportano livelli di esposizione a campi magnetici di intensità ben più rilevante, hanno indagato l'incremento di rischio per molte altre condizioni patologiche tra cui ritardo di sviluppo e cognitivo, depressione e suicidio, sclerosi laterale amiotrofica (SLA), demenza di Alzheimer e morbo di Parkinson.

Anche nel presente lavoro, come nel citato Quaderno n. 3 relativo agli effetti delle Radiofrequenze, al fine di fornire una sintesi del peso dell'evidenza a tutt'oggi attribuita agli effetti sanitari dei campi e.m. prodotti dalla corrente di tipo alternato secondo il criterio della qualità delle fonti informative, si è scelto di riportare le conclusioni dei più autorevoli Organi scientifici nazionali ed internazionali che hanno preso in esame i risultati dei numerosi studi scientifici disponibili. In queste rassegne lo spazio prevalente è dato alla valutazione degli studi epidemiologici che riguardano il possibile effetto cancerogeno degli ELF.

- **IARC – International Agency for Research on Cancer**

I livelli ambientali di esposizione della popolazione ai campi ELF sono molto bassi: tipicamente 5-50 V/m per il campo elettrico e 0.01-0.2 μ T per il campo magnetico. L'esposizione a campi elettromagnetici ELF provoca campi elettrici e induce correnti nei tessuti. La grandezza e la forma dei campi indotti dipende da varie caratteristiche del campo esterno (frequenza, forza, orientamento e forma dell'onda) e dalla forma, dimensione e proprietà elettriche del corpo esposto. Un effetto ampiamente dimostrato dei campi indotti, oltre un livello soglia, è la stimolazione di cellule eccitabili.

Per quanto riguarda gli effetti cancerogeni sui bambini, dopo lo studio di Wertheimer e Leper del 1979, sono stati eseguiti numerosi studi epidemiologici.

In particolare sono state recentemente condotte due accurate metanalisi: nella prima (4), basata su 9 studi epidemiologici ben condotti, non si è rilevato un eccesso di rischio di leucemia infantile per esposizioni ad ELF magnetici al di sotto di 0.4 μ T mentre si è rilevato un raddoppio dell'eccesso di rischio per esposizioni sopra 0.4 μ T; nella seconda (5), basata su 15 studi condotti con criteri di inclusione meno restrittivi, è stato riportato un rischio relativo di 1.7 per esposizioni superiori a 0.3 μ T.

Non sono state evidenziate associazioni tra esposizione residenziale a campi elettromagnetici ELF e tumori cerebrali o in altre sedi nei bambini.

A differenza di quanto evidenziato dagli studi sopra citati per i campi magnetici ELF, per quanto riguarda i campi elettrici non sussiste appropriata dimostrazione di associazione con la leucemia infantile.

IARC definisce in conclusione improbabile che l'associazione tra leucemia infantile ed esposizione ad alti livelli di campi magnetici ELF sia casuale, sebbene alcune distorsioni possano aver influenzato tale associazione e non si possa escludere che una combinazione di bias di selezione, di fattori di confondimento e casuali potrebbero forse spiegare i risultati: viene infatti sostenuto che se la relazione fosse causale, ci si attenderebbe un rischio associato all'esposizione più alto di quello riportato. A tal proposito vengono riassunte, nel riquadro n. 1, le principali conclusioni, riportate da Wartenberg (6), circa le possibili distorsioni che possono affliggere gli studi epidemiologici di associazione tra ELF e leucemia infantile.

IL POTENZIALE IMPATTO DEI BIAS NELLA RICERCA DEL NESSO DI CAUSALITA' TRA ESPOSIZIONE A CAMPI MAGNETICI E LEUCEMIA INFANTILE NEGLI STUDI EPIDEMIOLOGICI

"Bias di selezione: negli studi caso-controllo, tutti i soggetti (sia i casi sia i controlli) devono essere confrontabili e rappresentativi della popolazione da cui sono stati estratti. Se c'è una preferenza differenziale tra casi e controlli nel selezionare individui con (o senza) esposizione, questo può portare ad un errore nella misura di associazione tra status di malattia e status di esposizione. Nel caso degli studi di coorte, i soggetti, tutti sani all'inizio dello studio, sono selezionati sulla base del loro status di esposizione. In questo caso è necessario che l'accertamento dei casi di malattia avvenga in maniera indipendente dallo status di esposizione. Se l'esposizione a campi magnetici ha un effetto età specifico sull'incidenza di leucemia, gli studi che usano soggetti oltre l'età di maggior incidenza della malattia, potrebbero alterare i risultati di effetto nel senso di una non associazione. I controlli dovrebbero fornire una rappresentazione corretta della distribuzione dell'esposizione nella popolazione da cui sono estratti i casi.

Negli studi sulla leucemia infantile correlata all'esposizione ai campi e.m., sono stati usati disegni epidemiologici diversi ed in particolare diverse modalità di identificazione dei casi e dei controlli, nonché di definizione e classificazione dell'esposizione.

Come fonti di informazione per identificare i **casi**, sono stati utilizzati:

1. certificati di morte (es. Wertheimer and Leeper). Problemi: la severità della malattia può influire sulla rilevazione dei dati, in quanto vengono rilevati solo i casi fatali. Differenze nella diagnosi, trattamento e accessibilità alle cure possono influenzare la severità della malattia e possono essere correlate con lo status socio-economico, a sua volta possibilmente correlato alla probabilità di abitare vicino agli elettrodotti.
2. registri di incidenza ospedalieri o registri dei medici. Problemi: lo stato socio economico può influenzare la scelta dell'ospedale e del medico. Se i controlli non vengono scelti dalla stessa popolazione dei casi (es. lo stesso ospedale o lo stesso medico), vi possono essere bias di selezione.
3. registri di popolazione: comportano minori possibilità di errori di selezione e consentono di solito una rilevazione dei casi sufficientemente accurata.

Anche i **controlli** sono stati selezionati in maniere diverse: alcuni studi hanno usato i certificati di nascita regionali (problemi: limitazione dello studio ai soggetti sia nati sia ammalati/selezionati nella stessa regione), altri hanno abbinato la selezione dei casi su base ospedaliera con la selezione dei controlli dai certificati di nascita della popolazione generale (problemi: i controlli provengono da aree geografiche molto più ampie rispetto ai casi). Altri studi hanno selezionato i controlli attraverso selezione casuale di numeri del telefono (problemi: identifica solo i controlli con il telefono in casa, le persone con status socio economico molto basso potrebbero essere difficili da identificare con questo metodo). Un altro metodo adottato per selezionare i controlli è stato attraverso la nomina di un amico da parte dei casi (problemi: possibile selezione di fattori non noti ma associati all'esposizione per la presenza di fattori 'di contesto' comuni a gruppi di amici o conoscenti, per cui sono necessari campioni più ampi per svelare l'associazione di interesse); un altro studio ha selezionato i controlli da una lista predisposta per studi di marketing (problemi: lista contenente in partenza distorsioni legate alla selezione di determinate condizioni di status socio economico).

Dopo la selezione dei soggetti, un'altra fonte importante di bias negli studi caso-controllo è dovuta alla mancata partecipazione allo studio da parte dei soggetti selezionati. Nel caso in cui il tasso di non partecipazione differisca per l'esposizione e per la malattia, ci si può attendere un'ulteriore distorsione nei risultati. Negli studi che mostrano numerosi rifiuti, questi dovrebbero essere analizzati per determinare il grado di errore che comportano.

Bias di informazione: accade quando ci sono errori nelle informazioni raccolte riguardanti

i soggetti in studio. Per questi studi ci possono essere bias di informazione tanto sulla malattia quanto sull'esposizione. In molti di questi studi lo status di malattia è stato confermato su base istologica e quindi in modo accurato. L'esposizione invece è stata valutata con modalità e grado di accuratezza molto diversi: misura diretta dei campi magnetici, misura della distanza delle case dagli elettrodotti, campi calcolati attraverso misure di distanza e misure di tensione degli elettrodotti. La principale limitazione delle stime di esposizione è che la valutazione era limitata all'esposizione che si verificava al domicilio, con l'eccezione di uno studio che valutava l'esposizione a scuola. L'esposizione in casa deriva da varie sorgenti e la sorgente dominante non è la stessa in tutte le case. Inoltre se i bambini spendono tanto tempo fuori casa, o nel posto di lavoro dei genitori o in altra sede, la loro esposizione è molto variabile. Un'ulteriore limitazione è stata quella di circoscrivere le misure esterne alle abitazioni solo ai campi magnetici generati da elettrodotti, trascurando altre importanti fonti esterne. Altre limitazioni sono state considerate la mancanza di dati consistenti sugli errori di stima delle misure e la scelta della sede, ad esempio al centro delle stanze (o in condizioni di "low power"), dove minore è l'interferenza con altri campi ma dove la misura è effettuata in condizioni meno realistiche. Occorre infine considerare che l'esposizione è ubiquitaria, rendendo difficile la definizione di una popolazione non esposta o di confronto.

Conclusioni: come tutti gli studi epidemiologici, gli studi sull'associazione della leucemia infantile con l'esposizione ai campi magnetici nelle abitazioni, contengono molte fonti importanti di bias. Purtroppo spesso i dati pubblicati non consentono di valutare il peso delle possibili distorsioni. In generale comunque nessun errore è di solito così importante da determinare da solo i risultati di diversi studi; piuttosto ogni errore può influenzare la stima del rischio associato all'esposizione, aumentandone o diminuendone il valore.

The potential impact of bias in studies on residential exposure to magnetic fields and childhood leukaemia. D. Wartenberg. Bioelectromagnetics Supplement 5:S32-S47(2001).

www.powerlinefacts.com/Bias%20in%20EMF%20studies.pdf

Per gli effetti cancerogeni negli adulti, non sono disponibili studi metodologicamente validi per stabilire una associazione tra esposizione di tipo "residenziale" e leucemia e tumori cerebrali.

Per l'esposizione "occupazionale" a partire dagli anni '90 sono stati effettuati numerosi e dettagliati studi. Non si è evidenziata una prova consistente di una relazione dose-risposta, né coerenza nell'associazione con specifici sottotipi di leucemia o tumore cerebrale.

Infine, nel complesso, gli altri studi non forniscono evidenza di associazione tra campi ELF e effetti riproduttivi, tra ELF e effetti ematologici ed immunologici. Molti studi sono stati eseguiti anche sugli animali, dando risultati non sempre concordanti.

Valutazione conclusiva:

evidenza limitata di cancerogenesi per campi magnetici ELF in relazione alla leucemia infantile; *evidenza insufficiente* di cancerogenesi per campi magnetici in relazione agli altri tumori;

evidenza insufficiente di cancerogenesi dei campi elettrici e magnetici statici e dei campi elettrici ELF; *evidenza insufficiente* di cancerogenesi dei campi magnetici ELF negli studi su animali.

I campi magnetici ELF sono *possibili cancerogeni per gli uomini (Gruppo 2B)*.

I campi elettrici e magnetici statici e i campi elettrici ELF *non sono classificabili in relazione alla loro cancerogenesi negli uomini*.

La classificazione dei campi magnetici ELF nel gruppo 2B “possibile cancerogeno” , e non invece nei gruppi 1 “cancerogeno certo” o 2 “probabile cancerogeno” è stata fatta in base alla limitata evidenza di cancerogenicità per l’uomo e alla insufficiente evidenza di cancerogenicità in animali da esperimento.

(<http://www-cie.iarc.fr/htdocs/monographs/vol80/80.html> - Ultima revisione 7 marzo 2002).

- **NIEHS – National Institute of Environmental Health Sciences**

Dopo lo studio di Wertheimer e Leper del 1979, focalizzato sulla relazione tra leucemia infantile e ELF derivanti da elettrodotti, in tutto il mondo sono state condotte numerose ricerche che hanno analizzato i rapporti tra questa malattia ed esposizione ad ELF, valutata in diversi modi. Dopo aver analizzato tutti i dati il NIEHS, nel 1999, concluse che le prove erano molto deboli, ma erano sufficienti a destare qualche preoccupazione. Il rationale di questa conclusione era che nessuno studio epidemiologico individualmente forniva prove evidenti del legame tra esposizione a campi magnetici e leucemia infantile, ma il “pattern” complessivo dei risultati suggeriva una debole associazione tra elevata esposizione a ELF e aumento del rischio di leucemia. Per determinare il significato complessivo degli studi condotti NIEHS fa riferimento alle metanalisi già citate, osservando che, sebbene i dettagli delle due analisi siano diversi, le conclusioni sono simili: c’è una debole prova di associazione (RR approssimativamente di 2) per esposizioni sopra i 3 mG (0.3 μ T).

Comunque, dato che pochi soggetti, in queste ed altre ricerche, sono stati sottoposti ad alte esposizioni, anche combinando insieme tutti gli studi, permane molta incertezza sulla forza dell’associazione. Viene ricordato che nella metanalisi di Ahlbom (4) il valore di RR stimato era pari a due, mentre i valori di RR stimati negli studi epidemiologici analizzati nella metanalisi condotta da Greenland et al. (5) sono riassunti nella tabella n. 2.

Esposizione “residenziale” a campi magnetici e leucemia infantile						
Categoria di campi magnetici (mG)						
	>1 -<2 mG		>2 -<3 mG		>3 mG	
Primo autore	STIMA	95% CL	STIMA	95% CL	STIMA	95% CL
Coghill	0.54	0.17, 1.74	No controlli	No controlli	No controlli	No controlli
Dockerty	0.65	0.26, 1.63	2.83	0.29, 27.9	No controlli	No controlli
Feychting	0.63	0.08, 4.77	0.90	0.12, 7.00	4.44	1.67, 11.7
Linnet	1.07	0.82, 1.39	1.01	0.64, 1.59	1.51	0.92, 2.49
London	0.96	0.54, 1.73	0.75	0.22, 2.53	1.53	0.67, 3.50
McBride	0.89	0.62, 1.29	1.27	0.74, 2.20	1.42	0.63, 3.21
Michaelis	1.45	0.78, 2.72	1.06	0.27, 4.16	2.48	0.79, 7.81
Olsen	0.67	0.07, 6.42	No casi	No casi	2.00	0.40, 9.93
Savitz	1.61	0.64, 4.11	1.29	0.27, 6.26	3.87	0.87, 17.3
Tomenius	0.57	0.33, 0.99	0.88	0.33, 2.36	1.41	0.38, 5.29
Tynes	1.06	0.25, 4.53	No casi	No casi	No casi	No casi
Verkasalo	1.11	0.14, 9.07	No casi	No casi	2.00	0.23, 17.7
Riassunto degli studi	0.95	0.80, 1.12	1.06	0.79, 1.42	1.69*	1.25, 2.29
	1 - <2 mG		2 - <4 mG		≥4 mG	
**Regno Unito	0.84	0.57, 1.24	0.98	0.50, 1.93	1.00	0.30, 3.37

95% CL = 95% limiti di confidenza.
1mG corrisponde a 0.1 µT

* Analisi di Mantel-Haenszel (p = 0.01), basata su 2656 casi e 7084 controlli, aggiustata per età, sesso ed altre covariate.
** Questi dati provengono da un recente studio svoltosi nel Regno Unito che non è incluso nella analisi di Greenland ma è incluso nella metanalisi di Ahlbom et al. Lo studio del Regno Unito include 1073 casi e 2224 controlli.

Nella Tabella, la colonna intitolata “stima” contiene il valore del rischio relativo stimato nello specifico studio. Il rischio relativo è il rapporto del rischio di leucemia infantile tra i soggetti appartenenti a ciascuno dei tre distinti gruppi di esposizione considerati rispetto a quelli con livelli di esposizione < 1mG. Ad esempio, Coghill ha stimato che i bambini con esposizioni tra 1 e 2 mG hanno 0,54 volte il rischio dei bambini le cui esposizioni erano meno di 1 mG. Lo studio di London ha stimato che i bambini esposti a più di 3 mG hanno 1,53 volte il rischio di chi era esposto a meno di 1 mG. La colonna intitolata " 95% CL" (limiti di confidenza) descrive quanta variazione casuale vi è nella stima del rischio relativo. La stima può oscillare per variazioni casuali e l'ampiezza dei limiti di confidenza dà un'idea di tale variazione. Si noti che vi è un ampio range di variabilità nelle stime del rischio relativo tra i vari studi e ampi limiti di confidenza per molti studi. Alla luce di questo, il “pooling” dei dati può essere molto utile per calcolare una stima complessiva (stima metanalitica), che risulta molto migliore di quelle ottenute dai singoli studi.

Tabella n. 2 Riassunto dei risultati degli studi epidemiologici di esposizione a ELF e leucemia infantile analizzati nella metanalisi di Greenland
(Vedi <http://www.niehs.nih.gov/emfrapid/booklet/results.htm>).

I pochi studi che hanno analizzato le relazione tra esposizione a campi e.m. ELF e altri tipi di tumore diversi dalla leucemia nell'infanzia non hanno provato alcuna associazione; la stessa conclusione vale per gli studi che hanno valutato l'associazione con il tumore negli adulti.

Numerosi sono stati gli studi che si sono inoltre focalizzati sull'esposizione di tipo lavorativo ai campi e.m. ed insorgenza di tumore negli adulti. Le statistiche combinate dei vari studi non forniscono prove sufficienti di una associazione tra esposizione occupazionale a EMF e leucemia o tumori cerebrali.

Migliaia sono poi gli studi condotti sui sistemi cellulari in vitro: i risultati forniscono scarse prove di effetti dei campi e.m. ai livelli normalmente presenti nell'ambiente. Anche gli studi su animali condotti a lungo termine hanno dato risultati negativi: i dati non supportano le conclusioni degli studi epidemiologici in ordine all'insorgenza di leucemia da esposizione a campi e.m. nei bambini. Infine si hanno a disposizione circa un centinaio di studi sulla genotossicità dei campi e.m.: non vi è prova di genotossicità.

Valutazione conclusiva; alle domande:

• *c'è associazione tra campi magnetici generati da elettrodotti (wire codes) e leucemia infantile?*

la risposta è: *no*

• *c'è associazione tra campi magnetici misurati e leucemia infantile?*

la risposta è: *si, ma l'associazione è debole e non è chiaro se rappresenti una relazione causa-effetto.*

(<http://www.niehs.nih.gov/emfrapid/home.htm> - Ultima revisione 1 Novembre 2002)

• **National Cancer Institute – U.S. National Institutes of Health**

Tra gli studi recenti, i risultati sono molto vari. Allo stato attuale i ricercatori concludono che ci sono prove limitate che i campi magnetici prodotti da elettrodotti provochino la leucemia infantile e non ci sono prove sufficienti che questi campi possano provocare altri tipi di tumore nei bambini.

In un ampio studio condotto dal National Cancer Institute (NCI) e dal Children's Oncology Group i ricercatori hanno misurato il campo magnetico direttamente nelle abitazioni. Secondo questo studio i bambini che vivono in abitazioni con campi magnetici elevati non hanno un rischio aumentato di leucemia linfoblastica acuta. L'unica eccezione va fatta per i bambini che vivono in abitazioni con campi magnetici interni maggiori di 0.4 μ T, un livello che è molto raro trovare all'interno delle case. Un altro studio condotto dal NCI riporta che i bambini che vivono vicino a elettrodotti, in base a misure di distanza (wire codes), non risultavano avere un maggiore rischio di leucemia.

Per quanto riguarda gli adulti, sebbene molti studi abbiano analizzato la relazione tra esposizione a campi magnetici misurati all'interno delle abitazioni e leucemia, tumori cerebrali e tumore al seno, ci sono pochi studi che riportano misurazioni a lungo termine. << Allo stato attuale non è stata evidenziata una relazione tra campi magnetici e leucemia o tumori cerebrali infantili >>

(<http://www.cancer.gov/cancertopics/factsheet/Risk/magnetic-fields> - Ultima revisione 21 Aprile 2005)

- **National Radiological Protection Board – Advisory Group on Non-Ionizing Radiation (AGNIR) – Health Protection Agency.**

A livello cellulare, gli studi sono spesso contraddittori. Non ci sono prove convincenti che l'esposizione ai campi e.m. sia direttamente genotossica né che possa portare a trasformazione delle cellule in coltura ed è inoltre molto improbabile che possa iniziare la cancerogenesi. Gli studi che rivendicano risultati positivi si riferiscono ad esposizioni a campi e.m. con valori maggiori di 100 μ T (livelli che non si riscontrano in situazioni "domestiche").

Da una rianalisi di numerosi studi sugli animali, non sono emerse nel complesso prove convincenti che supportino l'ipotesi che l'esposizione ai campi ELF aumenti il rischio di cancro.

Recenti studi epidemiologici ampi e ben condotti hanno fornito prove migliori di quelle disponibili in passato sulla relazione tra esposizione a campi magnetici ELF e rischio di cancro. Presi nell'insieme, suggeriscono che esposizioni a campi di 0.4 μ T e oltre possano essere associati ad un rischio doppio di leucemia nei bambini sotto i 15 anni. Le prove, tuttavia, rimangono non conclusive in quanto basate su numerosità campionarie limitate (possibile effetto del caso). Rimane comunque la possibilità che esposizioni a campi magnetici ELF elevate e prolungate nel tempo possano aumentare il rischio di leucemia nei bambini. Dagli studi negli adulti, non emergono motivi a supporto dell'ipotesi che l'esposizione residenziale ai campi e.m. sia coinvolta nello sviluppo di leucemia o tumori cerebrali.

I più recenti studi di esposizione lavorativa a campi ELF, metodologicamente completi e con un certa potenza statistica, non hanno evidenziato relazioni causali tra questa esposizione e un aumento di incidenza di tumore in qualsiasi sito.

Valutazione conclusiva: in assenza di prove chiare di un effetto cancerogeno negli adulti, o di una spiegazione biologica plausibile basata su esperimenti su animali o cellule, le

prove epidemiologiche disponibili attualmente non sono abbastanza forti da giustificare una conclusione certa che tali campi possano causare leucemia nell'infanzia. Comunque, sebbene ulteriori ricerche suggeriscano che le relazioni evidenziate possano essere dovute al caso o a qualche artefatto, rimane la possibilità che esposizioni intense e prolungate a campi magnetici possano aumentare il rischio di leucemia nei bambini.

*(http://www.hpa.org.uk/radiation/publications/documents_of_nrpb/pdfs/doc_12_1.pdf;
Documents of the NRPB, vol 12, n. 1, 2001)*

- **IEE – The Institution of Electrical Engineers**

I campi elettrici e magnetici sono inevitabilmente prodotti in ogni luogo ove viene utilizzata l'elettricità. Gli effetti acuti ad alto voltaggio di questi campi sono ampiamente conosciuti: essi provocano piccole correnti elettriche nel corpo che, se abbastanza elevate, possono stimolare nervi e muscoli. I limiti raccomandati dal National Radiological Protection Board (NRPB) e dall'International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) proteggono ampiamente da questi effetti.

Per quanto riguarda gli effetti a lungo termine, in particolare la cancerogenesi, alcuni studi epidemiologici hanno suggerito che questi campi possano provocare un aumento dei casi di leucemia infantile. Nel complesso le prove epidemiologiche che i campi magnetici provochino il cancro sono deboli e non supportate dagli studi di laboratorio né da un plausibile meccanismo biofisico. La maggior parte degli studi si è concentrata sugli effetti del campo magnetico; sono state avanzate ipotesi anche per il campo elettrico, ma non ci sono prove a supporto. Alcuni studi hanno inoltre studiato i possibili effetti sul cervello: non c'è consenso nella comunità scientifica sui risultati e comunque non c'è indicazione che possano essere pericolosi.

Una caratteristica fondamentale della ricerca scientifica in questo campo, come in molti altri, è di non poter garantire la totale sicurezza. Tuttavia c'è un ampio consenso tra molti organismi nazionali e internazionali che hanno analizzato gli studi esistenti sul fatto che, sebbene ci sia qualche prova che suggerisce un aumento di rischio, il peso delle prove è a sfavore dell'ipotesi che i campi a cui è esposta abitualmente la popolazione possano essere causa di cancro o di qualche altra malattia.

IEE non ritiene che siano necessarie misure precauzionali ulteriori rispetto all'applicazione dei limiti di esposizione suggeriti dagli organismi internazionali. I suggerimenti che possono essere dati per ridurre l'esposizione a coloro che lo richiedono sono:

- evitare di porre apparecchiature elettriche vicino al letto;
- evitare coperte elettriche;
- evitare l'edificazione di abitazioni a distanza ravvicinata dagli elettrodotti.

*(<http://www.iee.org/Policy/Areas/BioEffects/emfhealth.pdf>;
The IEE, FACTFILE, Electromagnetic fields and health, gennaio 2005)*

- **California EMF Program – California Public Utilities Commission (CPUC) – California Department of Health Sciences (DHS)**

La valutazione sui possibili rischi per la salute derivanti da campi elettrici e magnetici generati da elettrodotti, elettrodomestici ed altri strumenti elettrici è stata affidata dalla Commissione per i Servizi Pubblici della California (CPUC) ad un gruppo di tre ricercatori del Department of Health Services (DHS), con il supporto di uno staff di tossicologi, medici ed epidemiologi.

Sono stati presi in considerazione gli stessi studi che sono stati esaminati anche da IARC, NIHES e NPRB, con l'aggiunta di qualche ricerca pubblicata nel frattempo. I ricercatori del DHS, tuttavia, hanno giudicato non sufficientemente convincente la metodologia di giudizio utilizzata da queste agenzie, che è consistita in una descrizione dettagliata delle conclusioni degli studi disponibili e nell'espressione di un'opinione conclusiva, senza tuttavia spiegare il razionale di tale opinione.

Essi, pertanto, hanno aggiunto alla tradizionale procedura dello IARC, adottata anche da NIEHS, una addizionale forma di presentazione e di giudizio sulla relazione causale tra esposizione a ELF ed alcuni tipi di malattia.

I ricercatori del DHS hanno esaminato gli studi disponibili alla luce di una serie di questioni che concernevano la probabilità statistica, la presenza di bias, di fattori confondenti, la consistenza, la plausibilità, il rapporto dose-risposta ed altro, per giungere ad un giudizio sul grado di certezza causale, espresso numericamente con un valore da 0 a 100. Nel caso di tre giudizi collocati sopra un punteggio di 50 i ricercatori si definivano inclini a credere che, per la condizione patologica considerata, vi fosse un incremento di rischio causato dall'esposizione agli ELF. Giudizio opposto veniva espresso in caso di tre giudizi tutti collocati al di sotto del valore 50.

Valutazione conclusiva: il gruppo di lavoro incaricato ritiene, in misura diversa tra i suoi componenti, che i campi ELF possano causare un certo incremento del rischio di leucemia infantile, di tumore cerebrale negli adulti, di aborto e di sclerosi laterale

amiotrofica. Ritiene con convinzione che i campi ELF non aumentino il rischio di difetti congeniti o basso peso alla nascita, né che possano essere classificati come cancerogeni “universali” in quanto ci sono molti tipi di tumore che non sono associati con i campi ELF. Ritiene, in misura diversa tra i suoi componenti, che i campi ELF non aumentino il rischio di tumore al seno, malattie cardiache, malattia di Alzheimer, depressione; ritengono sia difficile tracciare una linea netta tra la possibilità o meno che i campi ELF possano aumentare il rischio di suicidio e la possibilità che possano aumentare il rischio di leucemia negli adulti.

I ricercatori del DHS, in discordanza con le conclusioni dell’International Agency for Research on Cancer (IARC), del National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS) e del British National Radiological Protection Board (NRPB), sono inclini a credere che l’esposizione a ELF, oltre al rischio di leucemia infantile, possa aumentare anche quello di tumore cerebrale negli adulti, di aborto spontaneo e di sclerosi laterale amiotrofica.

Va comunque rilevato che il giudizio su questi tre possibili effetti sanitari deriva dall’esame di studi che si basano prevalentemente, o completamente nel caso della SLA, sull’esposizione professionale ad ELF, in cui i livelli di esposizione sono assai più levati.

Gli stessi esperti californiani osservano che la discrepanza tra le loro conclusioni e quelle delle altre agenzie internazionali è in parte dovuta al fatto che hanno dato poco peso ai risultati negativi degli studi su animali o in vitro, rispetto ai risultati degli studi epidemiologici condotti sulla popolazione, a cui, invece, hanno dato maggior credito.

Osservano, inoltre, che, con l’eccezione dell’aborto spontaneo, le altre malattie per le quali i campi ELF potrebbero essere una causa contribuyente (leucemia infantile, tumore cerebrale negli adulti, distrofia laterale amiotrofica) hanno una incidenza bassa (tra 1/100.000 e 1/10.000 per anno). La frazione di questi casi che potrebbe essere attribuita ai campi ELF costituirebbe una piccolissima percentuale dei casi totali.

(<http://www.dhs.ca.gov/ps/deodc/ehib/emf/RiskEvaluation/CoverPages.pdf>;

An Evaluation Of The Possible Risks From Electric And Magnetic Fields (Emfs) From Power Lines, Internal Wiring, Electrical Occupations, And Appliances, ultimo report giugno 2002)

- **Health Canada – Electric and magnetic fields at extremely low frequencies**

Gli esperti di “Health Canada” ritengono che gli studi che suggeriscono un possibile legame tra esposizione a ELF e leucemia infantile, presi nell’insieme, forniscano prove

molto deboli. Preso atto della classificazione della IARC dei campi ELF come “possibili cancerogeni”, si conclude che le prove non sono così forti da poter affermare che tali campi sono causa sicura di cancro infantile. Sono necessari nuovi studi per poter giungere a conclusioni certe.

*(<http://www.hc-sc.gc.ca/english/iyh/environment/magnetic.html>;
Electric and magnetic fields at extremely low frequencies, Health Canada, ultimo aggiornamento
Agosto 2005)*

1.3 LA POSIZIONE DELL'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità)

<< Nel corso del ventesimo secolo l'esposizione ambientale a campi elettromagnetici di origine artificiale è costantemente aumentata a seguito della richiesta di elettricità, delle modificazioni intervenute nelle pratiche lavorative e nei comportamenti sociali. Ognuno è esposto ad una complessa miscela di campi elettrici e magnetici a molte frequenze diverse, sia in casa, sia al lavoro. I campi elettrici a bassa frequenza influenzano la distribuzione delle cariche elettriche sulla superficie dei tessuti conduttori e provocano un flusso di corrente elettrica nel corpo. I campi magnetici a bassa frequenza inducono la circolazione di correnti all'interno del corpo umano. L'intensità di queste correnti indotte dipende dall'intensità del campo magnetico esterno e dall'ampiezza del circuito entro cui la corrente fluisce. Se sufficientemente intense, queste correnti possono stimolare nervi e muscoli. Il rispetto dei limiti di esposizione raccomandati dalle linee guida nazionali e internazionali consente di controllare i rischi da esposizioni a campi elettromagnetici che potrebbero essere pericolose per la salute. La questione su cui si concentra il dibattito attuale è se un'esposizione prolungata a bassi livelli di campo, al di sotto dei limiti, possa provocare effetti nocivi o influenzare lo stato di benessere delle persone.

Le conoscenze scientifiche sugli effetti sanitari dei campi elettromagnetici sono corpose e si basano su un gran numero di studi epidemiologici, studi su animali e studi in vitro. Sono stati esaminati molti effetti sanitari, da difetti nella riproduzione a malattie cardiovascolari e neurovegetative, ma le evidenze più consistenti a tutt'oggi riguardano la leucemia infantile. Nel 2001 un gruppo di esperti dell'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) ha effettuato una rassegna degli studi relativi alla cancerogenicità dei campi elettrici e magnetici a frequenza estremamente bassa. Utilizzando la classificazione standard della IARC, i campi magnetici ELF sono stati classificati come possibili cancerogeni per l'uomo, sulla base di studi epidemiologici relativi alla leucemia infantile. Un esempio di agente ben noto classificato nella stessa categoria è quello del caffè, che potrebbe aumentare il rischio di cancro al rene, ma nello stesso tempo avere un effetto protettivo contro quello intestinale. "Forse cancerogeno per l'uomo" è una classificazione usata per indicare un agente per il quale esiste una limitata evidenza di cancerogenicità nell'uomo ed un'evidenza meno che sufficiente di cancerogenicità negli animali da esperimento. L'evidenza per tutti gli altri tipi di cancro nei bambini e negli adulti, come pure per tutti gli altri tipi di esposizioni (cioè a campi statici e a campi elettrici ELF) è stata considerata inadeguata per la classificazione, a causa dell'insufficienza o dell'incertezza dei dati scientifici. Anche se la IARC ha

classificato i campi magnetici ELF come possibili cancerogeni per l'uomo, resta la possibilità che vi siano altre spiegazioni per l'associazione osservata tra l'esposizione a tali campi e la leucemia infantile >>.

*(<http://www.who.int/peh-emf/publications/en/emfriskitalian.pdf>;
Come stabilire un dialogo sui rischi dei campi elettromagnetici, pubblicazione OMS 2002)*

2. I LIMITI DI ESPOSIZIONE

2.1 LE NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO

Dichiarazione del Comitato Internazionale di Valutazione per l'indagine sui Rischi Sanitari dell'esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM).

<< Lo sviluppo di norme che limitino l'esposizione umana ai campi e.m. parte dalla valutazione ampia e critica della letteratura. Per avere un'utilità in termini di valutazione dei rischi sanitari, gli studi dovrebbero avere un'elevata qualità scientifica fornendo ipotesi ben definite; essi inoltre dovrebbero fornire stime della loro capacità di rendere conto degli effetti minimi ed utilizzare protocolli conformi con la buona pratica scientifica o di laboratorio. Per rendere trasparente la valutazione degli studi esistono diversi sistemi e criteri. Tra questi i criteri di Bradford Hill e il sistema dello IARC per la valutazione della cancerogenicità godono di un buon riconoscimento >>

Le scelte ultime di tutela delle popolazioni dagli agenti potenzialmente pericolosi sono operate dal decisore politico, per cui non tutte le diverse amministrazioni, ai vari livelli di gerarchia, necessariamente adottano gli stessi livelli di protezione. Tuttavia le disparità che si riscontrano tra le norme in materia di campi e.m. nel mondo non discendono solo da questo fatto. Esse sono anche collegate al criterio interpretativo dei dati scientifici a cui le norme stesse si ispirano ed alle differenti considerazioni etico-filosofiche che ispirano lo sviluppo delle norme in materia di sanità pubblica.

Nel novembre 1998 l'OMS ha lanciato un processo mondiale di armonizzazione delle norme in materia di campi elettromagnetici. Il Progetto coinvolge oltre 45 paesi ed 8 organizzazioni internazionali e rappresenta un metodo per spingere i singoli paesi a sviluppare congiuntamente un quadro per armonizzare le norme sui campi e.m. e per trovare un accordo su quali tipi di risultati scientifici dovrebbero essere usati e sulle modalità per la valutazione dei rischi sanitari.

Il 12 luglio 1999 il Consiglio dell'Unione Europea ha emesso una Raccomandazione agli Stati Membri volta alla creazione di un quadro comune di protezione della popolazione dai campi e.m., che si basa sui migliori dati scientifici disponibili. A tale proposito, il Consiglio ha avallato le linee guida dell'ICNIRP. Inoltre, a seguito di un'ultima analisi condotta sulla letteratura scientifica, un comitato di esperti della Commissione Europea (CE, 2001) ha recentemente raccomandato alla CE di continuare ad adottare le linee guida dell'ICNIRP. Tali linee guida sono oggi utilizzate come fondamento per la limitazione dell'esposizione ai campi e.m. in un gran numero di paesi in tutto il mondo >>.

Le linee guida dell'ICNIRP, nel far riferimento alla densità di corrente, espressa in Ampere/metro², quale misura biofisica delle correnti indotte nell'organismo dagli ELF, hanno stabilito come limite di base per la popolazione il valore di 2mA/m². Questo limite garantisce ampiamente dal pericolo del verificarsi di effetti sanitari acuti per esposizioni a breve termine, in quanto risulta 50 volte inferiore al limite soglia di 100 mA/m², sopra il quale è stato accertato il verificarsi di effetti da variazioni di eccitabilità del sistema nervoso o simili. Poiché tuttavia la densità di corrente è misura di difficile rilevazione, l'ICNIRP ha stabilito, a fini pratici, di individuare dei livelli di riferimento per il campo elettrico e per quello magnetico, rispettivamente di 5 kV/m e 100 µT, tali da garantire che non siano superati i valori-limite, espressi mA/m², sopra indicati.

(<http://www.who.int/peh-emf/project/mapnatreps/italiancognettireport.pdf>

<http://www.icnirp.org/documents/emfgdlita.pdf>

2.2 LA LEGGE ITALIANA

La disciplina nazionale consiste attualmente nella legge 22 febbraio 2001 n. 36 : “legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici” e nel D.P.C.M. 8 luglio 2003: “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” (7), i cui articoli principali sono riportati in Allegato.

Il DPCM approvato l'8 luglio 2003 individua le seguenti soglie:

	Campo elettrico	Induzione magnetica	
LIMITI DI ESPOSIZIONE	5 kV/m	100 μ T	
VALORE DI ATTENZIONE		10 μ T	Misura di cautela da adottare nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore giornaliere.
OBIETTIVO DI QUALITA'		3 μ T	Misura di cautela da adottare 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 4 ore giornaliere e nella progettazione delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni

Rispetto alla disciplina previgente (DPCM 23 aprile 1992 e DPCM 28 settembre 1995) si nota un abbassamento dei valori limite; come valori numerici dei limiti di esposizione di qualsiasi durata ed indipendentemente dalla saltuarietà o meno, e quindi come limiti di esposizione assoluti, viene stabilito il valore di 100 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, sostituendo i precedenti valori di 1000 μ T e 10 kV/m.

Ulteriore elemento di novità è l'introduzione dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità espressi in termini di valori di immissione, non come valori istantanei ma come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio. I valori di attenzione, riferiti unicamente all'induzione magnetica, sono stati fissati in 10 μ T, valore che deve essere soddisfatto in corrispondenza delle aree gioco per l'infanzia, di

ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere.

Per l'induzione magnetica, è previsto inoltre l'obiettivo di qualità di 3 μT da assumere come riferimento nella progettazione delle nuove linee elettriche in corrispondenza delle aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, nonché come riferimento nella progettazione e realizzazione delle nuove aree e dei nuovi insediamenti in adiacenza di linee elettriche già esistenti.

Successivamente alla promulgazione della legge quadro 22 febbraio 2001 n. 36, sono sorte questioni di compatibilità tra i livelli soglia stabiliti dalla legge nazionale ed i livelli più restrittivi che alcune regioni ed amministrazioni locali avevano adottato. Per rimanere alla Regione Veneto, si ricorda che la L.R. 30 giugno 1993, n. 27, "Prevenzione dei danni derivanti dai campi elettromagnetici generati da elettrodotti", prevede che i nuovi elettrodotti in cavo aereo di tensione uguale o superiore a 132 kV siano tenuti a una distanza dalle abitazioni e dai luoghi di abituale prolungata permanenza tale da non superare il valore di 0.5 kV/m per il campo elettrico e 0.2 μT per l'induzione magnetica.

Sulla questione si è espressa la Corte Costituzionale che, nel giudizio di legittimità costituzionale di alcune leggi regionali in tema di elettrosmog, con Sentenza 307/2003 ha stabilito che ".....la fissazione a livello nazionale dei valori-soglia, non derogabili dalle Regioni nemmeno in senso più restrittivo, rappresenta il punto di equilibrio fra esigenze contrapposte di evitare al massimo l'impatto delle emissioni elettromagnetiche.....e di realizzare impianti necessari al paese, nella logica per cui la competenza delle Regioni in materia di trasporto dell'energia....è di tipo concorrente, vincolata ai principi fondamentali stabiliti dalle leggi dello Stato".

2.3 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In ordine alla vigente normativa nazionale va rilevato che il Legislatore, per quanto riguarda i limiti di esposizione, ha accolto le raccomandazioni del Consiglio dell'Unione Europea del 12 luglio 1999 (G.U.C.E. n. 199 del 30 luglio 1999), le quali - a loro volta - facevano riferimento alle linee guida dell' ICNIRP.

Queste linee guida hanno stabilito dei livelli di riferimento per campi elettrici e magnetici tali da garantire la popolazione da effetti sanitari da esposizione a breve termine, stimando che tali valori fossero sufficientemente protettivi anche per effetti a lungo termine, senza peraltro considerare in modo esplicito i possibili effetti cancerogeni, in quanto ritenuti non sufficientemente provati.

Il Legislatore italiano, peraltro, ha introdotto ulteriori 'fattori' di sicurezza, arrivando a fissare, per i campi magnetici, rispetto al valore di 100 μT , indicato nelle linee-guida ICNIRP, il valore di 3 μT per la progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi adibiti a permanenze superiori a 4 ore e per la progettazione di nuovi insediamenti in vicinanza di elettrodotti già esistenti.

Si tratta, tuttavia, di limiti ancora distanti dai valori di 0,3-0,4 μT sulla base dei quali lo IARC, tenendo conto dei dati attuali della ricerca epidemiologica su leucemia infantile ed ELF, ha classificato i campi magnetici ELF come "possibili cancerogeni".

Il divario nasce evidentemente dalla necessità del legislatore di contemperare l'azione di risanamento ambientale, economicamente molto onerosa, con l'attuale grado di incertezza scientifica sui possibili effetti a lungo termine dell'esposizione agli ELF sulla salute umana. E' stato in proposito osservato come dalle stesse ricerche che hanno evidenziato l'incremento di rischio di leucemia infantile, derivino stime di esposizione a livelli superiori a 0,3-0,4 μT per non più dell'1% della popolazione, con valori probabilmente più bassi per quanto riguarda l'Europa e come pertanto il contributo dell'esposizione a campi magnetici ELF, generati da elettrodotti, all'insorgenza di leucemia infantile sia, in termini numerici assoluti, alquanto esigua, ancorché se ne dovesse dimostrare con ragionevole sicurezza il nesso causale.

L'attuale stato di incertezza scientifica, di durata imprevedibile, può creare difficoltà operative ai Servizi dei Dipartimenti di Prevenzione, nella concreta valutazione del rischio sanitario connesso con l'esposizione ai bassi livelli di campi magnetici e nella comunicazione di tale rischio agli organi Amministrativi a cui competono le scelte decisionali. Si ritiene tuttavia che queste difficoltà possano essere superate con azioni volte ad informare nel modo più chiaro, trasparente e completo, oltre che i cittadini, gli Organi di cui sopra, in modo che le Loro decisioni, fermo restando il rigoroso rispetto dei

limiti stabiliti dalla vigente normativa, possano tenere conto - caso per caso ed in particolare per gli edifici 'sensibili' di nuova realizzazione - di tutte le precauzioni possibili atte a minimizzare l'esposizione passiva della popolazione.

Considerata la rilevanza e la delicatezza degli aspetti relativi alla comunicazione del rischio, tanto nei confronti della popolazione quanto nei confronti dei decisori, appare opportuno che una solida e diffusa formazione inerente tali aspetti entri sempre più decisamente nel bagaglio professionale degli operatori della prevenzione, in modo particolare per quelli impegnati nella valutazione dei rischi sanitari ambiente correlati.

ALLEGATO

DECRETO DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 8 luglio 2003

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. (GU n. 200 del 29-8-2003)

IL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI

Vista la legge del 22 febbraio 2001, n. 36, e, in particolare, l'art. 4, comma 2, lettera a) che prevede che con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri, su proposta del Ministro dell'ambiente di concerto con il Ministro della Sanità, siano fissati i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione, nonché le tecniche di misurazione e di rilevamento dei livelli di emissioni elettromagnetiche;

Visto il proprio decreto, in data 23 aprile 1992, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 104 del 6 maggio 1992, recante i limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale (50 Hz) negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno;

Visto il proprio decreto in data 28 settembre 1995, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 232 del 4 ottobre 1995, recante le norme tecniche procedurali di attuazione del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 23 aprile 1992 relativamente agli elettrodotti;

Vista la raccomandazione del Consiglio dell'Unione europea del 12 luglio 1999, pubblicata nella G.U.C.E. n. L. 199 del 30 luglio 1999, relativa alla limitazione dell'esposizioni della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz;

Visto il parere del Consiglio Superiore di Sanità, espresso nella seduta del 24 giugno 2002;

Preso atto della dichiarazione del Comitato internazionale di valutazione per l'indagine sui rischi sanitari dell'esposizioni ai campi elettrici, magnetici, ed elettromagnetici (CEM);

Preso atto che non e' stata acquisita l'intesa con la Conferenza unificata di cui all'art. 8 del decreto legislativo 28 agosto 1997, n. 281;

Vista la deliberazione del Consiglio dei Ministri, adottata nella riunione del 21 febbraio 2003, con la quale e' stato deciso che debba avere ulteriore corso il presente decreto;

Sentite le competenti commissioni parlamentari;

Sulla proposta del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, di concerto con il Ministro della Salute;

Decreta:

Art. 1.

Campo di applicazione

1. Le disposizioni del presente decreto fissano limiti di esposizione e valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti. Nel medesimo ambito, il presente decreto stabilisce anche un obiettivo di qualità per il campo magnetico, ai fini della progressiva minimizzazione delle esposizioni.
2. I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità di cui al presente decreto non si applicano ai lavoratori esposti per ragioni professionali.
3. 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.

4. Ai sensi dell'art. 1, comma 2, della legge 22 febbraio 2001, n. 36, le regioni a statuto speciale e le province autonome di Trento e Bolzano provvedono alle finalità del presente decreto nell'ambito delle competenze ad esse spettanti ai sensi degli statuti e delle relative norme di attuazione e secondo quanto disposto dai rispettivi ordinamenti.

Art. 2.

... omissis...

Art. 3.

Limiti di esposizione e valori di attenzione

1. Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

2. A titolo di misura di cautela 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 permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Art. 4.

Obiettivi di qualità

1. 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 progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Art. 5.

... omissis...

Art. 6.

**Parametri per la determinazione delle fasce
di rispetto per gli elettrodotti**

1. Per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità di cui all'art. 4 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. I gestori provvedono a comunicare i dati per il calcolo e l'ampiezza delle fasce di rispetto ai fini delle verifiche delle autorità competenti.

2. L'APAT, sentite le ARPA, definirà la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l'approvazione del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio.

Art. 7.

... omissis...

Art. 8.

Abrogazione di norme

1. Dalla data di entrata in vigore del presente decreto non si applicano, in quanto incompatibili, le disposizioni dei decreti del Presidente del Consiglio dei Ministri 23 aprile 1992 e 28 settembre 1995.

Il presente decreto sarà pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana.

BIBLIOGRAFIA

- 1. Guidelines ICNIRP- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection- 1998
- 2. Wertheimer N, Leper E. - Electrical wiring configurations and childhood cancer. Am J Epidemiol. 1979 Mar; 109(3):273-84
- 3. G. Blengio, L. Andreetta, S. Falcone: "Campi elettromagnetici generati da antenne per la telefonia mobile e salute pubblica"- Centro Tematico Regionale di Epidemiologia Ambientale – Servizio di Epidemiologia ASL 22 della Regione Veneto - Quaderno n. 3.
- 4. Ahlbom A, Day N, Feychting M, Roman E, Skinner J, Dockerty J, Linet M, McBride M, Michaelis J, Olsen JH, Tynes T & Verkasalo PK. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukemia. British Journal of Cancer 83:692-698, 2000
- 5. Greenland S, Sheppard AR, Kaune WT, Poole C & Kelsh MA. A pooled analysis of magnetic fields, wire codes and childhood leukemia. EMF Study Group. Epidemiology 11:624-634, 2000
- 6. D. Wartenberg: The potential impact of bias in studies on residential exposure to magnetic fields and childhood leukaemia. Bioelectromagnetics Supplement 5:S32-S47(2001)
- 7. D.P.C.M. 8 luglio 2003 (*GU n. 200 del 29-8-2003*)

Altre fonti bibliografiche consultate:

- Campi elettromagnetici: prevenzione, comunicazione, controllo e ricerca. I quaderni di ARPA - Regione Emilia-Romagna – in Atti Convegno Bologna, 6-7 novembre 2000.

Siti internet consultati:

- http://www.provinz.bz.it/umweltagentur/2908/elektro/download/broschuere_15-28_i.pdf
- www.arpa.veneto.it
- www.niehs.nih.gov/emfrapid/booklet/youremf.htm
- www.powerlinefacts.com/Bias%20in%20EMF%20studies.pdf

- <http://www-cie.iarc.fr/htdocs/monographs/vol80/80.html>
- <http://www.niehs.nih.gov/emfrapid/booklet/results.htm>
- <http://www.cancer.gov/cancertopics/factsheet/Risk/magnetic-fields>
- http://www.hpa.org.uk/radiation/publications/documents_of_nrpbf/pdfs/doc_12_1.pdf
- <http://www.iee.org/Policy/Areas/BioEffects/emfhealth.pdf>
- <http://www.dhs.ca.gov/ps/deodc/ehib/emf/RiskEvaluation/ExecSumm.pdf>
- <http://www.hc-sc.gc.ca/english/iyh/environment/magnetic.html>
- <http://www.who.int/peh-emf/publications/en/emfriskitalian.pdf>
- <http://www.icnirp.org/documents/emfgdlita.pdf>