Rischi connessi all'esposizione a emissioni elettromagnetiche per la salute umana in ambito militare

Massimo Coraddu[1], Eugenio Cottone[2], Valerio Gennaro[3], Angelo Levis[4], Alberto Lombardo[5], Fiorenzo Marinelli[6], Marino Miceli[7], Cirino Strano[8], Massimo Zucchetti[9]

1 - Politecnico di Torino, consulente esterno
2 – Consiglio Nazionale dei Chimici
3 – Istituto Nazionale per la Ricerca sul Cancro, Genova
4 - Università di Padova
5 - Università di Palermo
6 - CNR, Consiglio Nazionale Delle Ricerche, Bologna
6 – Medico di Medicina Generale, Niscemi
7 – Medico di Medicina Generale – Referente Regionale WWF Sicilia per il MUOS
9 - Politecnico di Torino

Commissione parlamentare d'inchiesta sui casi di morte e di gravi malattie che hanno colpito il personale italiano impiegato all'estero, nei poligoni di tiro e nei siti in cui vengono stoccati munizionamenti
Audizione del 21 aprile 2016

Riassunto e Conclusioni

La letteratura scientifica recente conferma la sufficiente evidenza degli effetti dei CEM/EMF (Campi Elettro- Magnetici) a lungo termine sulla salute umana. Dopo una breve introduzione sulle Emissioni elettromagnetiche e salute umana, vengono riassunte le evidenze scientifiche recenti. Il principio di precauzione è ampiamente adottato nella Legislazione italiana in materia, e ne vengono riassunti i sommi capi, per poi passare ad una descrizione più dettagliata. Gli autori[1] ritengono sia necessaria inoltre una valutazione congiunta degli effetti degli inquinanti elettromagnetici, chimici e ionizzanti. I risultati della valutazione diretta degli effetti biologici ampiamente disponibile in letteratura viene riassunta in appendice, mentre un dettaglio è fornito su alcuni studi epidemiologici sul personale addetto, e in particolare sull'esposizione ai radar, perché ritenuti particolarmente rilevanti nel caso di esposizione lavorativa di militari. Gli effetti biologici e sanitari delle radiazioni EMF - dai campi magnetici a frequenza estremamente bassa (ELF / EMF) alle radiofrequenze ad alta e altissima frequenza (RF / EMF) - sono chiaramente stabiliti e si verificano anche a livelli molto bassi di esposizione. Nel complesso, sono disponibili quasi 4.000 studi sperimentali che riportano una serie di effetti a breve e medio termine dei campi elettromagnetici, e che supportano la plausibilità biologica dei rischi a livello di conseguenze genotossiche, cancerogene e neurodegenerative a lungo termine sulle popolazioni umane esposte.

1 Un elenco dei lavori scientifici degli autori è disponibile in Appendice 1.

Sommario

1. Introduzione: Emissioni Elettromagnetiche e Salute Umana. 3
2. Le Evidenze Scientifiche Recenti 4
3. Il Principio Di Precauzione nella Legislazione Italiana in Materia 5
4. Valutazioni Basate su un Approccio Fisico-Dosimetrico e Sulla Valutazione Diretta dell'effetto biologico 8
5. Valutazione Congiunta degli Effetti degli Inquinanti Elettromagnetici, Chimici e Ionizzanti. 11
6. Esposizioni Tipiche in Ambito Militare e Studi Epidemiologici Relativi 13
7. Determinazione dei Limiti di Sicurezza per le Emissioni sotto i 100 Khz 18
8. Caso Studio: La Base di Telecomunicazioni NRTF – Niscemi in Sicilia.....20
Riferimenti 24

Appendice 1- Elenco Pubblicazioni degli Autori 26
Appendice 2: Effetti Biologici e Sanitari a Breve e a Lungo Termine delle Radiofrequenze e delle Microonde. 28

1. INTRODUZIONE: EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE E SALUTE UMANA.

Importanti studi e pronunciamenti recenti delle agenzie internazionali preposte alla tutela della salute umana[2], hanno riconosciuto gli effetti biologici, anche non termici, delle esposizioni a campi elettromagnetici nella banda delle radiofrequenze e delle microonde, e il loro possibile ruolo nella genesi di malattie degenerative, tumorali e non solo;

La legislazione italiana (legge 36 del 2001) *si ispira in modo esplicito al principio di precauzione*, introducendo una soglia di sicurezza, il cosiddetto "Valore di attenzione", che c*ostituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine.*

In una situazione ove sono contemporaneamente presenti molteplici problematiche relative alla salute e all'ambiente, occorre che le valutazioni tengano conto complessivamente di tutte le componenti di rischio e delle loro possibili interazioni reciproche, facendo uso anche del principio di precauzione[3], specie ove esplicitamente previsto dalla legislazione, perseguendo il principio del minimo impatto possibile in relazione alla protezione dell'Ambiente e della Salute.

La normativa radioprotezionistica italiana (L. 36 2001) ha assunto esplicitamente il principio di precauzione, anche sulla base delle indicazioni della relazione congiunta ISS-ISPEL del 1998[4]; scelta che ha ricevuto un autorevole riconoscimento, con l'inserimento recente da parte dell'IARC[5] dei campi e.m. di radiofrequenza tra i possibili agenti cancerogeni per l'uomo (Gruppo 2b). A partire da questa fondamentale presa di posizione dell'IARC si può certamente affermare che vi è sufficiente evidenza scientifica che le emissioni elettromagnetiche nella banda delle radiofrequenze e delle microonde possano provocare patologie tumorali negli esseri umani.

2 IARC (International Agency for Research on Cancer) "Non-Ionizing radiation, Part II: Radiofrequency Electromagnetic Fields [includes mobile telephones]" Monograph 102, Lyon 2013 and "Non-ionizing radiation, Part 1: static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields." Monograph 80, Lyon 2002; Organizzazione Mondiale della Sanità WHO: "Electromagnetic fields and public health: mobile phones, Fact sheet n. 193, October 2013 ; SCENIHR: "Potential health effects on exposure to electromagnetic fields (EMF)" 2015.

3 Come definito nella Comunicazione della Commissione delle Comunità Europee del 2 Febbraio 2000. L'argomento è trattato estesamente nella nota: "Un approccio globale basato sul Principio di Precauzione e sul Principio di Proporzionalità alla questione della localizzazione del sistema MUOS a Niscemi" di E. Cottone e Altri, 27 Maggio 2013, depositato agli atti della riunione del gruppo di lavoro dell'I.S.S. svoltasi a Roma nello stesso giorno. https://drive.google.com/file/d/0B4zoX5HeBQpgV1lhSXlVazJUNE0/

4 "Documento congiunto dell'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro (ISPESL) e dell'Istituto Superiore di Sanità (ISS) sulla problematica della protezione dei lavoratori e della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici e a campi elettromagnetici a frequenza compresa tra 0 Hz e 300 GHz", 29 gennaio 1998, Allegato a Fogli di informazione ISPESL, IV, 1997, paragrafo 4.2, reperibile nell'archivio elettronico ISPESL: http://www.ispesl.it/informazione/8039f.pdf

5 IARC (International Agency for Research on Cancer) "Non-Ionizing radiation, Part II: Radiofrequency Electromagnetic Fields [includes mobile telephones]" Monograph 102, Lyon 2013

2. LE EVIDENZE SCIENTIFICHE RECENTI

Le radiofrequenze sono state classificate dalla IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul cancro) in classe 2B, cioè "Possibili Cancerogeni per l'uomo", sulla base degli studi epidemiologici del Prof. L. Hardell dell'Ospedale di Orebro in Svezia (L. Hardell, 1999; 2003; 2004)[6] che hanno evidenziato un aumento del rischio di sviluppare due tipi di tumore alla testa, il glioma e il neurinoma del nervo acustico, soprattutto per lo stesso lato della testa dove si usa il cellulare. In questo caso gli studi di laboratorio hanno confermato i dati epidemiologici.

Diversi scienziati, tra cui il Dr. Franz Adlkofer[7], ex Direttore Esecutivo della Fondazione per il Comportamento e l'Ambiente VERUM, la Dott.ssa Dr. Annie Sasco, Ricercatrice dell'Istituto Nazionale di Sanità e Ricerca della Francia (INSERM)[8], ritengono che la Commissione IARC che ha valutato la radiofrequenza avrebbe avuto gli elementi per classificarla in classe 2A come "probabile cancerogeno" se si fossero tenuti nel giusto conto alcuni studi, come REFLEX[9], e se fossero stati interpretati correttamente i dati provenienti dallo studio multicentrico Interphone.

La letteratura scientifica pubblicata negli ultimi anni dimostra che avvengono significativi effetti biologici a livello cellulare e dei sistemi d'organo per esposizioni a campi elettromagnetici a livelli non termici, ovvero non in grado di produrre un riscaldamento del tessuto, mentre gli attuali standard internazionali di sicurezza, su cui si basano i limiti di legge, sono progettati per proteggere esclusivamente dagli effetti termici.

Più in generale sono stati documentati numerosi effetti biologici per livelli di esposizione non termici, come danni al DNA e alla regolazione genica[10], danni cromosomici[11], produzione di radicali liberi[12], alterazione di neurotrasmettitori, come l'acetilcolinesterasi[13] ed altri enzimi quali

---

16 Hardell, L., Näsman, Å., Påhlson, A., Hallquist, A., Hansson Mild K., Use of cellular telephones and the risk for brain tumours: A case-control study. Int J Oncol, 1999, 15: 113-116.
Hardell, L., Mild, K.H., Carlberg, M., Hallquist, A., Cellular and cordless telephone use and the association with brain tumors in different age groups. Arch. Environ. Health, 2004, 59: 132-137.
Hardell, L., Carlberg, M., Mild, K.H. Case-control study on cellular and cordless telephones and the risk for acoustic neuroma or meningioma in patients diagnosed 2000-2003. Neuroepidemiology, 2005, 25: 120-128.

7 Discorso alla Harvard Law School il 31/12/2011

8 Convegno A.M.I.C.A. RISCHIO CANCEROGENO AMBIENTALE. Roma, palazzo S. Macuto, Camera dei Deputati, 5/06/2012

9 REFLEX-Study. Risk evaluation of potential environmental hazards from low frequency electromagnetic field exposure using sensitive in vitro methods (www.verum-foundation.de, accessed on November 14, 2009), 2004.

10 Blank M., Goodman R., Electromagnetic fields may act directly on DNA. J Cellul Biochem 1997; 75: 369-74.
Lai H., Singh N.P., Single- and double-strand DNA breaks in rat brain cells after acute exposure to radiofrequency electromagnetic radiation. Int. J. Rad. Biol. 1996; 69: 513-21.

11 Phillips J.L., Singh N.P., Lai H., Electromagnetic fields and DNA damage. Pathophysiology 2009; 16: 79-88.

12 Yurekli A.I., Ozkan M., Kalkan T., *et al*., GSM base station electromagnetic radiation and oxidative stress in rats. Electromagn. Biol.Med., 2006; 25: 177-88.

13 De Carolis R., Marinelli F., Barteri M., Alterations of Enzymic Electron Transfer Reactions Induced by Microwaves Emitted my GSM Mobile Phones" in "Mobile telephones (A. C. Harper & R. Buress Editors).

quercetina e laccasi, invecchiamento precoce, alterazione delle funzioni cerebrali, perdita di memoria, ipersensibilità ed allergia, aumento della permeabilità ematoencefalica[14], problemi di neurodegenerazione, riduzione della secrezione di melatonina[15] (che è un importante regolatore ormonale del sistema vivente) e aumento del rischio di Alzheimer.

Nell'ultimo decennio diversi gruppi di ricercatori indipendenti hanno pubblicato risoluzioni e consensi volti a promuovere degli standard di sicurezza più stringenti per le esposizioni elettromagnetiche, identificando in 0,6 V/m (0.1 uW/cm^2) il limite di sicurezza basato su criteri biologici da applicare immediatamente. Tra i gruppi che si sono espressi in tal senso si ricordano l'ICEMS (Risoluzioni internazionali del 2002, 2006, 2008); il Gruppo Bioinitiative (Rapporto 2007, 2012), il Consenso Seletun (2010), la Risoluzione di Potenza Picena (2013), la Risoluzione di Londra (2009).

3. IL PRINCIPIO DI PRECAUZIONE NELLA LEGISLAZIONE ITALIANA IN MATERIA

Conseguentemente all'adozione del principio di precauzione, la legislazione italiana prescrive l'adozione di limiti di sicurezza per l'esposizione a lungo termine della popolazione (detti: Valori di Attenzione). Tali limiti sono stati fissati in base a un compromesso tra esigenze tecniche e risultanze scientifiche e il loro rispetto non garantisce in assoluto l'assenza di rischio, vi sono anzi evidenze del fatto che la soglia per annullare gli effetti biologici delle radiazioni non ionizzanti debba essere di un ordine di grandezza inferiore[16]. Per queste ragioni il rigoroso rispetto dei limiti fissati dai Valori di Attenzione è uno dei

---

Barteri M., Pala A., Rotella S., Structural and kinetic effects of mobile phone microwaves on acetylcholinesterase activity, Biophys. Chem.. 2005, Mar 1;113(3):245-53.

14 Eberhardt J.L., Persson B.R., Brun A.E., Salford L.G., Malmgren L.O., Blood-brain barrier permeability and nerve cell damage in rat brain 14 and 28 days after exposure to microwaves from GSM mobile phones, Electromagn Biol Med., 2008;27(3):215- 29. doi: 10.1080/15368370802344037; Salford L.G., Brun A., Sturesson K., et al. Permeability of the blood-brain barrier induced by 915 MHz electromagnetic radiation, continuous wave and modulated at 8, 16, 50, and 200 Hz. Microscopy research and technique, 1994, 27: 535-42; Santini R., Santini P., Danze J.M., Le Ruz P. Seigne M., Study of the health of people living in the vicinity of mobile phone base stations: I. Influence of distance and sex. Pathol. Biol., 2002, 50(6): 369-373; Wolf R., Wolf D., Increased Incidence of Cancer near a Cell-phone Transmitter Station (Israel), 2004, International Journal of Cancer Prevention, 1(2).

15 Qin F1, Zhang J., Cao H., Yi C., Li J.X., Nie J., Chen L.L., Wang J., Tong J., Effects of 1800-MHz radiofrequency fields on circadian rhythm of plasma melatonin and testosterone in male rats, Toxicol. Environ. Health, 2012, 75(18): 1120-8.

16 Una importante sintesi delle acquisizioni più recenti in merito si può trovare in: BioInitiative Working Group 2012 "A Rationale for Biologically-based Exposure Standards for Low-Intensity Electromagnetic Radiation", C. Sage and D. Carpenter Editors, December 2012, http://www.bioinitiative.org/; l'argomento è affrontato estensivamente nell'appendice 2 e 3 della Relazione depositata al Senato della Repubblica, in occasione dell'audizione del 24.3.2014 davanti alla Commissione Sanità: "Rischi connessi alla realizzazione del MUOS (Mobile User Objective System) presso la base NRTF di Niscemi", di M. Coraddu, E. Cottone, V. Gennaro, A. Levis, A. Lombardo, F. Marinelli, M. Miceli, G. Pace, C. Strano, M. Zucchetti, disponibile al sito del Senato della Repubblica: https://www.senato.it/application/xmanager/projects/leg17/attachments/documento_evento_procedura_commissione/files/000/001/067/ZUCCHETTI1.pdf.

Si vedano anche gli articoli scientifici degli autori:

- M. Coraddu; E. Cottone; A. Levis; A. Lombardo, F. Marinelli, M. Zucchetti, "Electromagnetic Fields (EMF)

requisiti minimi richiesti nelle valutazioni.

I riferimenti protezionistici formulati nelle linee guida dell'International Commission on Non-Ionising Radiation Protection (ICNIRP), risalenti al 1998[17], sono invece da considerarsi oramai superati dagli importanti sviluppi che la ricerca ha conosciuto negli ultimi 20 anni, si riferiscono infatti unicamente agli effetti acuti dovuti alle esposizioni a breve termine[18].

La legge quadro n.36 del 2001 nel fissare i termini generali per la radioprotezione dai campi elettromagnetici non ionizzanti, adotta quindi un doppio livello di protezione, che prevede due differenti soglie di sicurezza: a) i Limiti di Esposizione, a tutela degli effetti acuti e immediati, e b) i Valori di Attenzione, a tutela dagli effetti cronici dovuti a esposizioni prolungate. Poiché in generale gli effetti cronici dovuti a esposizioni prolungate si verificano per livelli di campo inferiori rispetto a quelli necessari per produrre effetti acuti e immediati, i Valori di Attenzione dovranno assumere valori notevolmente inferiori rispetto ai Limiti di Esposizione. Nel caso di esposizioni multiple poi, va considerato il cumulo dovuto alla sovrapposizione degli effetti dovuti a tutte le singole sorgenti.

La legge quadro n.36 del 2001 non indica però le soglie di sicurezza specifiche per le diverse condizioni di esposizione, ma rimanda per la loro fissazione ad appositi decreti applicativi, che sono poi stati emessi solo in parte.

I due DPCM dell'8 luglio 2003 hanno fissato le soglie di sicurezza per i campi lentamente variabili[19],

---

Biological and Health Effects and The MUOS Case", Fresenius Env. Bull. 24,5a (2015) 1896-1903

- M. Coraddu, A. Levis, M. Zucchetti, "Biological and Sanitary Effects of the Exposures to Non Ionizing Electromagnetic Fields (EMF) and the MUOS Case", International Journal Of Ecosystems And Ecology Science (IJEES), 3/4 (2013) 623-630.
- M. Coraddu; E. Cottone; A. Levis; A. Lombardo, F. Marinelli, M. Zucchetti, new trend on Electromagnetic Fields (EMF) risk assessment, International Journal Of Ecosystems And Ecology Science (IJEES), 6/2 (2016) 177-184.

17 International Commission on Non-Ionising Radiation Protection (ICNIRP) "GUIDELINES FOR LIMITING EXPOSURE TO TIME- VARYING ELECTRIC, MAGNETIC AND ELECTROMAGNETIC FIELDS (UP TO300GHZ)", Health Ph 74 (4):494- 522; 1998. Disponibile in rete all'indirizzo: http://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdl.pdf

18 È lo stesso ICNIRP a specificare come le sue linee guida del 1998 prendano in considerazione solo gli effetti acuti a breve termine: "*Induction of cancer from long-term EMF exposure was not considered to be established, and so these guidelines are based on short-term, immediate health effects such as stimulation of peripheral nerves and muscles, shocks and burns caused by touching conducting objects, and elevated tissue temperatures resulting from absorption of energy during exposure to EMF. In the case of potential long-term effects of exposure, such as an increased risk of cancer, ICNIRP concluded that available data are insufficient to provide a basis for setting exposure restrictions, although epidemiological research has provided suggestive, but unconvincing, evidence of an association between possible carcinogenic effects and exposure at levels of 50/60 Hz magnetic flux densities substantially lower than those recommended in these guidelines.*" traduzione italiana: "*Si è giudicato che l'induzione di tumori per effetto di esposizioni a lungo termine a campi elettromagnetici non sia stata accertata e pertanto queste linee guida si basano sugli effetti sanitari immediati delle esposizioni a breve termine, come stimolazione dei nervi periferici e dei muscoli, scosse e ustioni derivanti dal contatto con oggetti conduttori o innalzamenti della temperatura dei tessuti in conseguenza dell'assorbimento di energia durante l'esposizione a campi elettromagnetici. Per ciò che riguarda potenziali effetti a lungo termine, come un aumento del rischio di cancro, l'ICNIRP ha concluso che i dati disponibili costituiscono una base insufficiente per stabilire delle restrizioni all'esposizione, anche se la ricerca epidemiologica ha fornito dei dati che suggeriscono, ma in modo non convincente, un'associazione tra possibili effetti cancerogeni e l'esposizione a livelli di induzione magnetica a 50/60 Hz che sono molto inferiori a quelli raccomandati in queste linee guida*.". Fonte: ICNIRP "Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)" Health Ph 74 (4):494- 522; 1998; paragrafo – Basis for Limiting Exposure -, pag. 496.

19 DPCM dell'8 Luglio 2003 (Limiti di esposizione della popolazione a campi magnetici dalla frequenza di rete -50 Hz- generati da elettrodotti).

dovuti essenzialmente agli elettrodotti, e per le emissioni a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz prodotti da sorgenti fisse[20]. Non sono stati emessi invece decreti attuativi specifici relativi ad alcune importanti fonti di esposizione quali, ad esempio, le sorgenti mobili (telefoni cellulari, cordless, etc.) e le sorgenti impulsate (radar, etc.); mentre per le emissioni radio alle frequenze basse e bassissime (bande LF e VLF) sono stati fissati esplicitamente solo i Limiti di Esposizione, a tutela degli effetti acuti e immediati.

La legge 36 del 2001 naturalmente non esclude affatto che in quelle situazioni in cui una delle due soglie di sicurezza, o entrambe, non siano state esplicitamente fissate attraverso un esplicito decreto, non vi siano rischi per la salute e la popolazione non vada tutelata sia dagli effetti acuti e immediati, che da quelli effetti cronici dovuti a esposizioni prolungate. Le garanzie di sicurezza stabilite dalla legislazione non possono in nessun caso venir meno, perciò, se in una specifica situazione di esposizione non sono disponibili limiti di sicurezza precisi, fissati per decreto, dovranno essere i tecnici incaricati a determinarli, di volta in volta, sulla base delle conoscenze scientifiche più aggiornate.

Un caso emblematico, che riguarda esclusivamente l'ambito militare, è quello delle esposizioni a emissioni radio alle frequenze basse e bassissime (bande LF 30 kHz – 300 kHz e VLF 3kHz - 30 kHz), utilizzate per le trasmissioni con i sottomarini, anche in immersione.

Naturalmente la legge 36 del 2001 non esclude affatto che emissioni elettromagnetiche al di sotto dei 100 kHz non siano dannose per la salute, e vadano escluse dal computo degli effetti complessivi. Il DPCM dell'8 luglio 2003 dedicato ai campi quasi-statici, specifica che, per quanto riguarda lo spettro di frequenze da 0 Hz a 100 kHz, non riconducibili a elettrodotti, si applica "l'insieme completo delle restrizioni stabilite nella Raccomandazione del consiglio dell'Unione Europea 1999/512/CE del 12 Luglio 1999" (Art. 1 comma 3), che a sua volta, in caso di esposizioni multiple[21] prevede il calcolo del cumulo attraverso formule del tutto analoghe a quelle previste dal DPCM dell'8 luglio 2003 per le radiofrequenze. Ne consegue che il contributo dato dalle emissioni sotto i 100 kHz devono essere considerate in cumulo delle altre, attraverso formule del tutto analoghe.

I limiti tabellari indicati nella raccomandazione 1999/512/CE, sono basati sulle linee guida dell'ICNIRP e sono perciò adeguati per la tutela esclusiva dagli effetti acuti (danni derivanti da esposizioni anche brevi a campi di elevata intensità), mentre non offrono alcuna protezione dai possibili effetti a lungo termine a

20 Decreto attuativo per i campi RF: DPCM dell'8 Luglio 2003 (fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione, e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalla esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 KHz e 300 GHz).

21 Raccomandazione UE 1999/512/CE, Allegato IV – "Esposizioni da sorgenti di diverse frequenze", si noti come al denominatore delle formule per il calcolo del cumulo, non vadano necessariamente inseriti i valori della tabella 2, ma, poiché gli Stati membri hanno facoltà, ai sensi del trattato, di fornire un livello di protezione più elevato di quello di cui alla presente raccomandazione, nel caso di legislazioni più restrittive (come quella italiana) andranno inserite le soglie di sicurezza relative alla legislazione nazionale.

campi di moderata intensità[22], tutela esplicitamente prevista dalla legislazione italiana. I limiti tabellari indicati nella raccomandazione 1999/512/CE non devono perciò essere utilizzati per fissare i Valori di Attenzione a tutela degli effetti a lungo termine dell'esposizione ai campi elettromagnetici, che andranno viceversa determinati a parte, sulla base della normativa e delle conoscenze scientifiche più aggiornate.
La determinazione rigorosa e appropriata dei limiti di sicurezza per le emissioni sotto i 100 kHz è affrontata in un successivo paragrafo di questa relazione

4. VALUTAZIONI BASATE SU UN APPROCCIO FISICO-DOSIMETRICO E SULLA VALUTAZIONE DIRETTA DELL'EFFETTO BIOLOGICO

La legislazione italiana in materia di protezione dalle esposizioni ai campi elettromagnetici, non solo prevede due livelli di soglie di sicurezza, ma anche un articolato sistema di norme che specificano le modalità con le quali accertamenti e misure vadano condotti per poter certificare la conformità degli impianti alla normativa di sicurezza. Le procedure di accertamento della conformità hanno un approccio di tipo fisico-dosimetrico, e prevedono la raccolta dei dati radiotecnici completi degli impianti, l'elaborazione di appositi modelli che consentano di prevedere le emissioni generate nel "caso peggiore" e le verifiche sperimentali, attraverso misure, della validità di detti modelli. Il rigoroso rispetto di tale normativa è il requisito minimo necessario ai fini della tutela della salute della popolazione, tali garanzie non possono mai e in nessun caso essere indebolite.
In molti casi è utile affiancare all'approccio fisico-dosimetrico, appena descritto, un approccio diverso e complementare, basato sulla valutazione dell'effetto biologico, attraverso l'esposizione diretta (sia sul campo che in laboratorio) di colture cellulari umane, e l'osservazione delle eventuali alterazioni a livello di espressione genica. Questo approccio diretto, di tipo biomedico, può essere utilmente affiancato a quello fisico-dosimetrico, e può fornire informazioni indispensabili in casi particolarmente complessi quali: situazioni in cui la normativa non specifica limiti di esposizione precisi (sorgenti mobili, sorgenti impulsate, emissioni di radiofrequenza in banda LF e VLF, etc.), esposizioni multiple ad agenti inquinanti di tipo diverso, situazioni particolarmente complesse difficilmente valutabili col solo approccio fisico-dosimetrico.
Qui di seguito viene descritta in dettaglio sia la legislazione pertinente, basata sull'approccio fisico-dosimetrico, sia l'approccio complementare, basato sulla valutazione diretta degli effetti biologici.

22 La Raccomandazione UE 1999/512/CE, prevede soglie di protezione esclusivamente per gli effetti acuti, (tabella due dell'allegato III) , ma esclude esplicitamente ogni effetto di protezione dagli effetti a lungo termine che non considera sufficientemente provati : "*L'insorgere del cancro per gli effetti dell'esposizione ai campi elettromagnetici di lungo periodo non è considerato accertato*" (Raccomandazione UE 1999/512/CE Allegato I-B).

Legislazione pertinente, basata sull'approccio fisico-dosimetrico.

Come già accennato dianzi, le garanzie di sicurezza per l'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici sono fissate dalla legge quadro n. 36 del 2001 e dai successivi decreti attuativi (DPCM 8 Luglio 2003), che ne hanno fissato le soglie di sicurezza (recentemente modificate dall'art 14 del DL n.179 del 18 Ottobre 2012); il DLGS 81 del 2008 detta norme specifiche per la protezione dei lavoratori addetti.

La procedura istruttoria necessaria per autorizzare l'installazione di ripetitori e stazioni radio-trasmittenti (Stazioni Radio Base) è definita dal "Codice delle comunicazioni elettroniche" (Decreto Legislativo 1 agosto 2003, n. 259), che precisa come debbano essere verificate le condizioni di sicurezza per l'esposizione della popolazione e dei lavoratori addetti (DLGS 1 agosto 2003, n. 259, art. 87, commi 1 e 3, allegato 13 mod. A). Le procedure tecniche che riguardano la misura e la valutazione delle emissioni sono fissate dalle norme CEI 211-7 e 211-10.

DPCM dell'8 Luglio 2003 -RF- Limiti di esposizione in funzione della frequenza

Frequenza f	Campo elettrico	Campo magnetico	Densità di potenza emessa
	E in V/m	H in A/m	S in W/m^2
100 kHz < f < 3 MHz	60 V/m	0,2 A/m	-
3 MHz < f < 3 GHz	20 V/m	0,05 A/m	1 W/m^2
3 GHz < f < 300 GHz	40 V/m	0,01 A/m	4 W/m^2

DPCM dell'8 Luglio 2003 -RF- Valori di attenzione da 100 kHz a 3 GHz

Campo elettrico	Campo magnetico	Densità di potenza emessa
E in V/m	H in A/m	S in W/m^2
6 V/m	0,016 A/m	0,1 W/m^2

Secondo la legislazione vigente la verificazione congiunta della conformità di un impianto radioemittente deve soddisfare i seguenti presupposti:

a) I dati radiotecnici sulla base dei quali la verificazione viene condotta devono essere indicati in forma completa e priva di ambiguità, e non possono essere in contrasto con quanto indicato esplicitamente nei documenti pubblici presentati ufficialmente ai fini della richiesta di autorizzazione (progetti esecutivi, valutazioni di impatto ambientale, etc.). In generale, poiché le valutazioni del rischio si basano sull'analisi del "peggiore dei casi possibili". Di conseguenza, in caso di indicazioni contrastanti per il medesimo parametro di progetto, si dovranno prendere in considerazione quei valori che comportano i rischi maggiori.

b) È richiesta l'elaborazione di un modello previsionale complessivo delle emissioni, come richiesto dalla normativa (DLGS 259/03 "Codice delle comunicazioni elettroniche", art. 87 commi 1 e 2 e allegato 13,

mod. A). che deve essere rappresentato sotto forma di isosuperficie 3D o di volumi di rispetto, completo della descrizione della morfologia del terreno circostante.

c) Le verifiche di conformità vanno effettuate considerando il rispetto dei limiti di sicurezza nel "peggiore dei casi possibili" (norma CEI 211-7, paragrafo 13.5.2 pag. 78), sulla base del modello previsionale, che a sua volta andrà validato mediante opportune misurazioni in condizioni controllate, tali da riprodurre lo scenario peggiore.

Valutazione diretta degli effetti biologici.

Una stima diretta degli effetti biologici delle radiazioni elettromagnetiche può essere realizzata attraverso esperimenti di esposizione diretta di colture cellulari umane e l'osservazione delle eventuali alterazioni a livello di espressione genica, con un approccio di tipo biomedico, complementare a quello fisico-dosimetrico. I metodi di biologia molecolare impiegati sono quelli standard, usualmente impiegati nella ricerca sul cancro, e sono quindi altamente affidabili e standardizzati.

Il metodo[23] prevede l'esposizione di colture di ceppi selezionati di cellule umane, che vengono esposte sia in condizioni controllate in laboratorio (all'interno di celle TEM), sia sul campo, all'interno di incubatori portatili che mantengono costanti le condizioni di temperatura e di concentrazione di CO_2. L'effetto viene valutato attraverso test di vitalità cellulare (MTT) e analisi dell'espressione di geni relativi all'apoptosi, oncogeni, compiuto mediante microscopia ottica ed elettronica e l'analisi di Western Blot. In caso di danno cellulare si osserva come buona parte delle cellule danneggiate vadano incontro a morte cellulare programmata (apoptosi), ma anche come una parte delle cellule parzialmente danneggiate possano andare incontro a proliferazione incontrollata. Il risultato finale deriva dal confronto tra le analisi relative a colture cellulari esposte (in laboratorio e sul campo) e non esposte.

La tecnica è stata utilizzata in precedenza da uno degli scriventi (F. Marinelli), nello studio di alcune situazioni di esposizione in ambito militare. Si citano qui gli effetti dell'esposizione al radar di tracciamento RIS-3C presso il Poligono Interforze del Salto di Quirra[24], valutati nell'ambito dell'inchiesta della procura di Lanusei del 2011, e l'esperimento attualmente in corso presso la base NRTF di Niscemi in Sicilia, relativo a esposizioni multiple a emissioni elettromagnetiche di radiofrequenza in banda HF ed LF.

Come si evince dalla letteratura scientifica citata precedentemente e da una più ampia disamina riportata in Appendice 2, la metodologia impiegata è già ampiamente testata e utilizzata.

---

23 La tecnica è descritta in dettaglio su: Marinelli F, La Sala D, Cicciotti G, Cattini L, Trimarchi C, Putti S, Zamparelli A, Giuliani L, Tomassetti G, Cinti C., Exposure to 900 MHz Electromagnetic Field Induces an Unbalance Between Pro-Apoptotic and Pro-Survival Signals in T-Lymphoblastoid Leukemia CCRF-CEM Cells Journal of cellular physiology, 198:324–332 (2004).

24 F. Marinelli " RELAZIONE SCIENTIFICA RELATIVA AGLI ESPERIMENTI DI IRRAGGIAMENTO DI CELLULE IN COLTURA EFFETTUATI AL PISQ IN DATA 23 Gennaio 2012 "

5. VALUTAZIONE CONGIUNTA DEGLI EFFETTI DEGLI INQUINANTI ELETTROMAGNETICI, CHIMICI E IONIZZANTI.

La valutazione dei possibili effetti delle emissioni elettromagnetiche deve tener conto della situazione specifica del sito in esame e, nel caso sia già interessato da inquinamento chimico, da radiazioni ionizzanti, o altro, dei possibili effetti congiunti, secondo i principi di precauzione e di proporzionalità (come definito da specifica Comunicazione dell'UE del 2 Febbraio 2000).

Va inoltre tenuto conto dello stato di salute della popolazione esposta, in modo che le emissioni siano valutate e considerate nell'analisi complessiva dell'impatto ambientale e sulla salute. Al di là dello stretto necessario, nella consapevolezza che lo stato di salute di una popolazione è dovuto a diversi determinanti che possono comprendere esposizioni a molteplici fattori di rischio.

In particolare – ad esempio - occorre valutare l'effetto congiunto dell'inquinamento elettromagnetico e dei molteplici inquinanti chimici o radioattivi eventualmente presenti, tenendo conto sia della semplice somma degli effetti, sia delle mutue interazioni tra componenti chimiche, elettromagnetiche e da radiazioni ionizzanti. Infatti l'indagine sperimentale dell'interazione tra agenti chimici cancerogeni e campi elettromagnetici di radiofrequenza ha già evidenziato effetti di co-promozione, ovvero di trasformazione neoplastica accelerata, in seguito all'irraggiamento elettromagnetico, rispetto a quanto accade per la presenza dei soli agenti chimici. Si può citare a questo proposito il lavoro di Balcer-Kubiczek e Harrison (1991)[25], condotto su cellule esposte a un classico agente di promozione tumorale utilizzato in chimica sperimentale (il TPA – 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate), per le quali la degenerazione neoplastica risulta accelerata (in rapporto diretto all'intensità) in seguito all'irraggiamento con un campo elettromagnetico nella banda delle microonde.

Gli studi di Balzani[26] e collaboratori ha approfondito il tema del rapporto tra macrostrutture e legami di debole entità, lo studio di tali legami fa parte del campo della chimica supramolecolare. Stante la complessità della questione è ben riportare in forma sintetica quanto scritto da Vincenzo Balzani, Alberto Credi, Margherita Venturi:

Cambiamenti di forma:

Negli organismi viventi, se ciascun enzima fosse sempre attivo si avrebbe una situazione di estremo caos: la sostanza prodotta da un enzima sarebbe immediatamente distrutta dall'enzima antagonista in un inutile ciclo di reazioni.

25 E.K. Balcer-Kubiczek e G. H. Harrison, "Neoplastic Transformation of C3H/10T1/2 cells following exposure of 120 Hz modulated of 2,45 GHz microwawes and phorbol ester tumor promoter" Radiation Res. 126, 25-72, 1991.

26 Vincenzo Balzani, Accademico dei Lincei, è professore di Chimica Generale all'Università di Bologna. È autore di circa 500 lavori scientifici pubblicati sulle più prestigiose riviste internazionali. Ha ottenuto numerosi riconoscimenti, fra i quali la laurea "Honoris Causa" all'Università di Friburgo (CH), la Porter Medal per la Fotochimica e il premio Italgas per la Ricerca e l'Innovazione..

Per evitare questi problemi, gli enzimi principali sono accuratamente regolati, nel senso che sono attivati solo quando la sostanza da essi prodotta è necessaria alla cellula e disattivati in caso contrario.

Tipico esempio di quanto ora detto è l'enzima aspartatotranscarbamilasi, o ATCasi [1] , che è presente nei batteri e stabilisce quando la timina e la citosina devono essere sintetizzate. Schematicamente questo enzima è composto da sei grandi unità catalitiche e da sei unità regolatorie più piccole. Il sito attivo dell'enzima è collocato nel punto dove due unità catalitiche si toccano; se esse sono in stretto contatto, un amminoacido dell'una si estende sull'altra, bloccandolo; se, invece, le due unità sono leggermente separate, il sito attivo è libero e può funzionare.

L'attivazione o l'inibizione del sito attivo è stabilita dal sistema regolatorio: quando i prodotti della reazione a cui l'enzima è preposto scarseggiano, le unità catalitiche sono libere e pronte ad interagire con i reagenti permettendo il decorrere della reazione; quando invece i prodotti si accumulano troppo, uno di essi (la citidina trifosfato, CTP) si lega ad un'unità regolatoria, costringendo l'enzima a cambiare forma e a chiudere il sito attivo.

Enzimi come quello appena descritto, il cui funzionamento è collegato a un cambiamento di forma, vengono detti allosterici e sono molto frequenti in natura; effetti allosterici di questo tipo rappresentano, infatti, un modo di fornire al sistema segnali di feedback per tenere sotto controllo un processo chimico."

A seguire sono stati studiati i movimenti lineari e rotatori di strutture complesse naturali defimite nanomacchine naturali e sono state sintetizzate naomacchine artificiali. L'attivazione del cambiamneto di stato è dato dall'assorbimento di una determinata frequenza . Partendo da tali considerazioni e considerato che la struttura della membrane cellulare è una nanomacchina naturale era facile supporre che l'esposizione alle RF potesse modificare il funzionamento della stessa.

A tal proposito si può consultare Cvetkovic D., Fang Q. and Cosic I. (2008), Multiple human electrophysiological responses to extremely low frequency pulsed electromagnetic field exposures: a pilot study, Estonian Journal of Engineering, Vol. 14 Issue 2, p.138

Sia le frequenze estremamente basse (ELF – Extremely Low Frequencies) che le radio onde che sono state modulate in ampiezza a frequenze estremamente basse producono effetti biologici, mentre le radio onde non modulate sono relativamente (ma non completamente) innocue. Questo implica che le cellule viventi possono demodulare un segnale modulato per estrarre la ELF biologicamente attiva. Inoltre, per rispondere a segnali dei telefoni cellulari e del Wi-Fi, esse devono essere capaci di farlo a frequenze a microonde, ma come lo fanno?

La spiegazione più verosimile sta nelle proprietà elettriche asimmetriche dei canali ionici nelle membrane cellulari imposti dal potenziale di membrana tra l'interno e l'esterno della cellula. Tali canali si comportano come diodi Schottky, punti di contatto polarizzati elettricamente nei quali l'elettricità passa più facilmente in una direzione che nell'altra. Questo è tutto ciò che serve per rettificare e demodulare il segnale. Un esempio non-biologico di questo effetto è una radio che è stata realizzata da un singolo

nanotubo di carbonio (vedere http://www.lbl.gov/Science-Articles/Archive/MSD-nanoradio.html). L'asimmetria indotta dall'applicare una tensione continua tra i suoi capi gli ha permesso di demodulare e perfino di amplificare i segnali radio, inclusi quelli a frequenze a microonde.
Il vol 102 dello IARC :" Non-ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields" riporta numerosi studi sulla correlazione tra modifica della permeabilità cellulare e ELF e si deve ritenere altamente probabile che ioni bivalenti quale Piombo e Bario ordinariamente presenti nelle munizioni possano sfruttare la modifica dei canali della membrana cellulare per penetrare all'interno della cellula . Va ricordato che il Piombo in suoi molti composti è classificato quale Carc.1., ne consegue che una presenza elevata di questi elementi associato all'esposizione in particolare di ELF costituisca un significativo aumento del rischio.
Contestualmente gli ossidi di azoto ed in particolare il monossido di Azoto hanno mostrato un aumento della loro azione di natura ossidativa e considerato che il monossido di azoto è uno dei componenti delle reazioni di combustione e che i nitriti sviluppabili in tale contesto sono sostanze classificate come Cat Carc 2A. La modifica della membrana cellulare a seguito di ELF aumenta il rischio di ingresso di tali sostanze . In particolare va rilevato che la reazione tra un nitrito ed un gruppo amminico primario comporta la trasformazione del gruppo amminico in gruppo ossidrile causando un possibile errore genetico.

6. ESPOSIZIONI TIPICHE IN AMBITO MILITARE E STUDI EPIDEMIOLOGICI RELATIVI

L'esposizione a campi elettromagnetici di elevata intensità è frequente in ambito militare ed è tipica di alcune mansioni, tanto che molti degli studi epidemiologici che riguardano gli effetti di dette esposizioni sulla salute umana sono stati condotti proprio sul personale militare addetto. Riportiamo qui alcuni dei più significativi.
Le situazioni in cui avviene l'esposizione a campi elettromagnetici, in ambito militare, sono le più diverse, alcune sono simili a quanto si verifica anche in ambito civile, altre sono assolutamente peculiari di quello militare. L'argomento, data la molteplicità delle sorgenti e delle situazioni di esposizione, è estremamente vasto. Senza pretesa di completezza elenchiamo alcuni dei casi più significativi.

a) Esposizioni in banda ELF (tipicamente 50 Hz) dovute a cabine di trasformazione, grandi motori e generatori elettrici, elettrodotti, etc.
In maniera del tutto simile a quanto avviene in ambito civile, l'esposizione riguarda soprattutto gli addetti alle manutenzioni elettriche, ma anche chiunque, per le più diverse motivazioni, si trovi a trascorrere un

tempo significativo nei pressi delle sorgenti

b) Telecomunicazioni in banda VLF, LF, HF

Queste frequenze vengono utilizzate per comunicare a grandi distanze, oltre il limite dell'orizzonte, e sono caratterizzate da potenze di trasmissione molto elevate (centinaia di kW per le bande VLF ed LF, decine di kW per la banda HF) e grandi dimensioni dell'antenna. Le trasmissioni in banda VLF ed LF, utilizzate per comunicare con i sottomarini in immersione, sono tipiche dell'ambito militare, mentre quelle in banda HF, impiegate per comunicazioni di superficie (navi, aerei), sono utilizzate anche nella navigazione civile. Date queste caratteristiche la zona interessata da elevato irraggiamento può estendersi attorno alla sorgente per distanze dell'ordine delle centinaia di metri.

L'esposizione riguarda prima di tutto gli addetti alle telecomunicazione e i tecnici elettronici, ma anche chiunque trascorra del tempo in prossimità degli impianti (dal personale di guardia ai civili che abitano in prossimità).

c) Telecomunicazioni nelle bande VHF, UHF

Queste frequenze sono molto utilizzate sia in ambito civile che militare per comunicazioni dirette e ponti radio (ma trasmissione non supera la linea dell'orizzonte) o tramite satellite. Sono caratterizzate da potenze di trasmissione moderate (tipicamente di decine o centinaia di W) e dimensioni dell'antenna ridotte.

Le situazioni di esposizione sono estremamente varie, e vanno dagli utilizzatori di dispositivi di comunicazione mobile agli addetti alle telecomunicazioni e ai tecnici elettronici

d) Radar nelle bande L, S, C, X, Ku, K

I sistemi radar trovano vastissime applicazioni in ambito militare: sorveglianza, scoperta, riconoscimento, tracciamento, inseguimento, etc. Potenze e dimensioni, si conseguenza, sono le più varie: si va dai sistemi miniaturizzati inseriti nella fusoliera di caccia militari, ai grandi radar di sorveglianza aeronautica, le potenze medie possono arrivare a qualche kW, mentre quelle di picco (si tratta quasi sempre di segnali impulsati) possono essere migliaia di volte più elevate e raggiungere qualche MW.

Ad essere esposti, oltre ai radaristi e ai tecnici addetti, è spesso il personale della difesa antiaerea e antimissilistica (la quasi totalità dei sistemi antimissilistici e antiaerei sono infatti a guida radar), i piloti degli aeromobili, etc. Vi è inoltre il rischio di “illuminamento” da parte di sistemi radar di tracciamento e inseguimento nei confronti dei non addetti (militari o civili) che si trovino accidentalmente a portata del dispositivo.

e) Sistemi di disturbo, contromisure elettroniche, etc.

Sistemi di disturbo e contromisure elettroniche si trovano a bordo di quasi tutti i velivoli militari, allo scopo di ingannare i sistemi radar di avvistamento e scoperta e quelli di guida dei missili antiaerei. Sistemi di disturbo vengono applicati anche ai veicoli militari allo scopo di inibire l'innesco di ordigni e di mine anche di fabbricazione artigianale (molto frequenti in zone di guerra). In generale tutti i sistemi di "guerra elettronica" trovano applicazioni sempre più frequenti in ambito militare.

Le esposizioni in questo caso riguardano sia i tecnici addetti che i piloti, il personale trasportato sui veicoli.

Per ciascuna delle situazioni di esposizioni descritte, e anche per quelle che non sono incluse nel breve elenco stilato, andrebbe attentamente valutata la durata e l'intensità dell'esposizione, allo scopo di limitarla il più possibile. In caso di esposizioni significative il personale esposto andrebbe sottoposto a sorveglianza sanitaria, in modo da poter cogliere tempestivamente i primi segni di eventuali conseguenze negative. Esposizioni significative della popolazione civile andrebbero in ogni caso evitate.

Gli studi epidemiologici sui radar sono particolarmente significativi nel caso di esposizione lavorativa in ambito militare. Poiché spesso le caratteristiche radiotecniche precise dei radar sono considerate dati sensibili protetti dal segreto militare è difficile conoscerne la potenza media e di picco; le frequenze utilizzate; la puntatura dei fasci emessi; i valori di campo elettrico nelle aree adiacenti, prossime e lontane, ecc.

I radar emettono radiazioni non ionizzanti a frequenze molto diverse nelle bande delle radiofrequenze, (RF) e microonde (MO), lo spettro va dai 100 MHz ai 30 GHz. Talvolta il dispositivo di potenza che genera le microonde emesse dal radar, genera anche un irraggiamento significativo nella banda delle radiazioni ionizzanti (raggi X), in questo caso, per il personale addetto si deve valutare l'effetto congiunto delle radiazioni ionizzanti e di quelle non ionizzanti. In letteratura sono documentati effetti oncogeni dei radar su militari facenti parte di compagnie dotate di radar. Questi dati non riguardano solo gli addetti al funzionamento dei radar e pertanto forniscono indicazioni anche sui rischi oncogeni che corre la popolazione residente in prossimità dei radar

Le indagini epidemiologiche su lavoratori professionalmente esposti alle radiazioni a radiofrequenze e a microonde non hanno dato risultati univoci e coerenti, e risentono sostanzialmente di importanti limitazioni. La definizione dell'esposizione è sempre molto deficitaria: nel migliore dei casi essa è assegnata sulla base del lavoro svolto, certamente o verosimilmente in presenza di apparecchiature emittenti. In altri casi l'esposizione è assegnata perché giudicata probabile, o anche solo possibile, nello svolgimento delle mansioni proprie della categoria professionale di appartenenza. In alcuni casi è auto-riportata dal soggetto rispondendo a un questionario. Quando pure l'esposizione risulta accertata, non vi

sono generalmente informazioni sulla frequenza e sull'intensità dei campi elettromagnetici in causa, nonché sui tempi di esposizione (profili temporali quotidiano e settimanale, durata complessiva dell'esposizione). In definitiva, in molti studi mancano informazioni dosimetriche precise sui soggetti esposti.

Inoltre generalmente, nelle popolazioni lavorative esaminate, è da considerare possibile l'esposizione anche ad altri cancerogeni professionali (radiazioni ionizzanti, benzene, ecc.), ma manca ogni documentazione al riguardo. Tutto ciò rende possibili associazioni spurie fra l'incremento di rischio eventualmente rilevato e la presunta esposizione a campi elettromagnetici. Tuttavia l'effetto più probabile di una inaccurata selezione dei soggetti realmente esposti consiste nella loro "diluizione" fra coloro che esposti non sono, e conseguentemente nella sottostima degli indici di rischio.

Tra gli studi epidemiologici che hanno messo in evidenza una correlazione statisticamente significativa tra esposizione professionale a RF/MO e aumentata incidenza di tumori alcuni meritano di essere segnalati.

Il primo è stato condotto da LILIENFELD et al. '78 [1] sui dipendenti dell'ambasciata americana a Mosca esposti a MO (radar), che erano in servizio tra il 1953 ed il 1976, per i quali è risultato significativamente aumentato il rischio di incidenza di tutte le neoplasie, sia negli adulti che nei bambini, in particolare quello per la leucemia (adulti e bambini) e quello per i tumori al cervello e alla mammella (solo adulti). Sulla base di questo studio GARLAND et al. '88 e '90 [2,3] hanno esaminato i militari della Marina e della Aviazione Americana esposti a MO (radar), nei quali è stato riscontrato un aumento significativo del rischio sia di tumori al testicolo che di leucemia mieloide. Un altro interessante studio ha preso in esame i residenti in due Stati americani, che possedevano un permesso per svolgere attività di radioamatori (MILHAM '85 e '88: [4,5]): nonostante non fosse disponibile alcun dato sulla reale esposizione individuale alle RF, lo studio ha messo in evidenza un aumento significativo di tutti i tipi di leucemie e dei tumori dei tessuti linfatici (linfomi non-Hodgkin e mielomi multipli).

Un grosso studio epidemiologico è stato condotto da SZMIGIELSKI '96 sui militari in servizio in Polonia dal 1971 al 1985 classificati come esposti a RF/MO sulla base di misurazioni effettuate sul luogo di lavoro [6]: gli esposti sono risultati avere un aumento significativo di rischio di tutti i tumori (escluso il melanoma), in particolare dei tumori del sistema linfatico. I dipendenti della compagnia telefonica norvegese sono stati inclusi in uno studio di TYNES et al. '96 che ha valutato l'incidenza di cancro, confrontata con quella della popolazione generale norvegese [7]: le operatrici addette a trasmissioni via radio e telegrafo (RF) sono risultate avere un aumento significativo di cancro in genere, in particolare della mammella e dell'utero.

Altri studi epidemiologici condotti nella prima metà degli anni '90 hanno messo in evidenza aumenti significativi di tumori al cervello nel personale (solo maschi) dell'aviazione militare americana (880.000 persone esaminate) [8] e in soggetti maschi esposti professionalmente a RF/MO [9], di tumori

all’occhio (melanoma intraoculare) in personale esposto occupazionalmente a MO [10], e di tumori al testicolo in ufficiali della polizia americana esposti a MO [11] e in soggetti esposti occupazionalmente a RF/MO [12].
Un’ulteriore studio [13] documenta 15 tumori in pazienti-sentinella e loro colleghi, tecnici addetti ai radar.

Accanto a questi studi che sono a favore dell’ipotesi di una correlazione statisticamente significativa della esposizione occupazionale a RF/MO con lo sviluppo di tumori nell’uomo, altri studi hanno messo in evidenza un aumento di vari tipi di tumori, privo però di significatività statistica [14-17], ed esistono infine anche studi con risultati del tutto negativi.

Nella Tabella A2.1 dell'appendice 2, sono riassunti i risultati delle indagini epidemiologiche che, pur con i limiti sopra accennati, hanno fatto emergere una relazione fra esposizione a radiofrequenze e microonde e neoplasie. Si sottolinea che questa vuole essere la segnalazione selettiva dei casi in cui gli indici di rischio risultano elevati. Sono presentati i risultati che hanno raggiunto la significatività statistica, ed in alcuni casi sono segnalati i risultati che vi si avvicinano senza raggiungerla. Gli studi qui presentati, pur mancando in qualche caso di informazioni precise sull’esposizione, sono tuttavia caratterizzati almeno dalla presenza accertata o esplicitamente dichiarata, nella situazione lavorativa esaminata, di apparecchiature emittenti radiofrequenze e/o microonde. Non sono stati invece considerati i lavori scientifici in cui la valutazione degli indici di rischio è stata fatta in riferimento al “job title”, ovvero a categorie di occupazioni in cui, secondo l’opinione degli Autori, fosse possibile fra l’altro anche l’esposizione a campi elettromagnetici (ad esempio ingegneri o tecnici elettronici, riparatori radio e TV, addetti alle linee telefoniche, ecc.), che pure hanno messo in luce indici di rischio aumentati per diverse neoplasie (leucemie, linfomi, tumori cerebrali, del testicolo, melanomi cutanei e dell’occhio).

A conferma di quanto sopra esposto, una ricerca epidemiologica pubblicata nel 2009 [18], retrospettiva sulle cause di morte tra gli operatori radar occupati nelle unità militari del Belgio tra il 1963 e il 1994 (4.417 militari), ha messo in evidenza un aumento statisticamente significativo (SMR=1,22; IC95%=1,03-1,47) della mortalità per malattie neoplastiche, tra le quali particolarmente elevata è la mortalità per cancri emolinfatici (SMR= 3,51; IC95%=1,09-47,9). La mortalità per malattie neoplastiche è più elevata nelle fasce di età più giovanili e cresce con l’aumentare della durata di permanenza nelle unità operative addette ai radar. Gli Autori sostengono che l’emissione a radiofrequenze dei radar è accompagnata da una emissione di radiazioni ionizzanti da parte dei sistemi usati per produrre le radiofrequenze usate nei radar, e che entrambe le emissioni arrivano fino a due metri di distanza dal radar stesso. I radar in questione erano i Nike e gli Hawk usati nei sistemi di difesa antiaerea, in dotazione anche alle forze armate italiane, che utilizzavano radiazioni di 1-10 GHz di frequenza, sia continue che pulsate, il cui fascio principale aveva una potenza di circa 1,5 kW.

7. DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI SICUREZZA PER LE EMISSIONI SOTTO I 100 KHZ

La legislazione prevede esplicitamente la tutela per l'esposizione a lungo termine della popolazione civile alle emissioni e.m. al di sotto dei 100 kHz, pur non avendo ancora fissato esplicitamente un valore specifico per la corrispondente soglia di sicurezza (Valore di attenzione). La determinazione di tale valore è quindi preciso compito del tecnico incaricato, alla luce della situazione in esame e delle conoscenze scientifiche più aggiornate a disposizione.

La Legge 36 del 2001 prescrive infatti la fissazione di un limite specifico per l'esposizione prolungata della popolazione civile, a tutela effetti a lungo termine (valore di attenzione), tale limite è distinto da quello che tutela dagli effetti acuti (limite di esposizione) e deve essere ovviamente inferiore a quest'ultimo. I limiti sono poi stati esplicitamente fissati con i decreti legge dell'8 Luglio 2003: quello dedicato alle radiofrequenze[27] fissa il limite di attenzione per le esposizioni prolungate a 6 V/m per la componente elettrica, sino alla soglia inferiore di frequenza di 100 kHz. Il decreto dedicato invece ai campi quasi - statici[28] specifica che per quanto riguarda lo spettro di frequenze da 0 Hz a 100 kHz, non riconducibili a elettrodotti, si applica "l'insieme completo delle restrizioni stabilite nella Raccomandazione del consiglio dell'Unione Europea 1999/512/CE del 12 Luglio 1999" (Art. 1 comma 3). Infine, per quanto riguarda la citata Raccomandazione UE 1999/512/CE, essa prevede esplicitamente soglie di protezione per gli effetti acuti, che per la componente elettrica a è fissata a 87 V/m e per quella magnetica a 5 A/m per tutte le frequenze comprese tra 3 kHz e 150 kHz (tabella due dell'allegato III) , ma esclude esplicitamente ogni effetto di protezione dagli effetti a lungo termine che non considera sufficientemente provati : "L'insorgere del cancro per gli effetti dell'esposizione ai campi elettromagnetici di lungo periodo non è considerato accertato" (Raccomandazione UE 1999/512/CE Allegato I-B). Per riassumere: la legislazione italiana (L 36 del 2001) stabilisce che la popolazione civile debba essere tutelata sia dagli effetti acuti che da quelli dovuti a esposizione prolungata ai campi elettromagnetici, attraverso la fissazione di apposite soglie di sicurezza, ma, per quanto riguarda le emissioni al di sotto dei 100 kHz, fissa solo un limite di sicurezza per gli effetti acuti (a 87 V/m, come indicato nella tabella due dell'allegato III della Raccomandazione UE 1999/512/CE), lasciando indeterminato quello relativo alle esposizioni prolungate.

Occorre rimarcare come quella evidenziata non sia affatto la sola lacuna presente nella legislazione radioprotettiva dalle radiazioni non ionizzanti; vi sono altri casi molto rilevanti nei quali le soglie di

27 Decreto attuativo per i campi RF: DPCM dell'8 Luglio 2003 (fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione, e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalla esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 KHz e 300 GHz)

28 DPCM dell'8 Luglio 2003 (limiti di esposizione della popolazione a campi magnetici dalla frequenza di rete -50 Hz- generati da elettrodotti).

sicurezza previste dalla legge quadro n. 36 del 2001 non sono ancora state fissate da appositi decreti attuativi: basti pensare alle emissioni impulsate provenienti dai radar o quelle relative dagli apparecchi di telefonia cellulare. In tutti questi casi naturalmente la garanzia di sicurezza stabilita dalla legislazione non può venire meno, occorre quindi che i tecnici incaricati, di volta in volta, stabiliscano un valore opportuno, sulla base delle conoscenze scientifiche più aggiornate. Nel caso delle garanzie da offrire alla popolazione civile per i rischi legati agli effetti cronici dovuti a esposizione continua, la determinazione di adeguate soglie di sicurezza risulta particolarmente complessa in quanto sia le conoscenze scientifiche[29] che gli orientamenti giuridici[30] in questo campo sono in rapida evoluzione. Non per questo il tecnico si può sottrarre a quello che è un suo compito preciso e una sua responsabilità non derogabile.

I limiti di sicurezza a frequenze in banda LF (30-300 kHz) ricadono solo in parte nei limiti di applicabilità del DPCM dell'8 luglio 2003, che fissa le soglie di sicurezza da 100 kHz a 300 GHz. Le soglie di sicurezza per le frequenze prossime ma inferiori ai 100 kHz, possono essere agevolmente determinate per estrapolazione, a partire dalle soglie di sicurezza fissate dalla normativa sino alla frequenza di 100 kHz, utilizzando a questo scopo le specifiche della norma tecnica CEI 211-7. Alle frequenze comprese tra 10 kHz e 10 MHz infatti, i limiti di base sono espressi in termini di densità di corrente all'interno dell'organismo (CEI 211-7 paragrafo 8.2). In particolare la componente elettrica del campo è in grado di produrre sia correnti di spostamento che di conduzione (CEI 211-7 paragrafi 4.1.3 e 4.1.4), mentre la componente magnetica genera correnti per effetto della legge di induzione magnetica (CEI 211-7 equazione 8.1). Si supponga ad esempio di dover valutare i limiti di sicurezza per una frequenza compresa tra 100 kHz e 30 kHz. Le correnti di conduzione, dovute alla componente elettrica, dipendono dalla conducibilità dei tessuti ma non dalla frequenza; poiché la conducibilità dei tessuti non varia in modo significativo nell'intervallo da 100 kHz a 30 kHz, non vi è ragione perché il valore di attenzione debba variare in questo intervallo di frequenze. Al contrario, le correnti indotte dalla componente magnetica, dipendono dalla conducibilità dei tessuti e crescono linearmente con la frequenza *f*, dunque, a parità di intensità di campo, passando dalla frequenza di 100 kHz a alla frequenza *f* (espressa in kHz) le correnti indotte si ridurranno di un fattore *f* /100 kHz, di conseguenza la soglia di sicurezza alla frequenza

29 Basti ricordare, a titolo di esempio, il recentissimo inserimento da parte dell'IARC (International Agency for Research on Cancer) dei campi e.m. di radiofrequenza tra i possibili agenti cancerogeni per l'uomo (Gruppo 2b) Monograph 102, "Non-Ionizing radiation, Part II: Radiofrequency Electromagnetic Fields", Lyon 2013

30 A titolo di esempio si citano alcuni esempi di orientamenti recenti della magistratura a proposito di esposizioni prolungate a campi elettromagnetici di radiofrequenze, sia in campo civile che penale:

- 24 Febbraio 2011, IV sezione penale della Corte di Cassazione di Roma, conferma definitiva della condanna dei responsabili di Radio Vaticana per il reato di "getto pericoloso di cose" (art. 674 cp), in relazione all'inquinamento elettromagnetico generato dalle emissioni della radio nel territorio circostante.

- 3 Ottobre 2012, Corte di Cassazione – Sezione lavoro, sentenza 17438 , Condanna al risarcimento dell'imputato per i danni prodotti dalle emissioni e.m. dovute all'uso prolungato del telefono cellulare per scopi professionali.

- 6 Ottobre 2011, TAR della Sardegna, ordinanza 656. Viene sospesa la realizzazione di quattro postazioni radar di sorveglianza costiera, per ragioni legate alla tutela della salute della popolazione e dell'ambiente (il progetto verrà poi ritirato dal proponente, in anticipo sul giudizio definitivo).

f può essere estrapolata da quella a 100 kHz dividendola per il medesimo fattore.

In definitiva, sulla base della normativa vigente, riteniamo che le soglie di sicurezza per l'esposizione prolungata della popolazione alle frequenze in banda LF da 30 kHz a 100 kHz, debbano essere fissate a 6 V/m per la componente elettrica e a 0,016 A/m ·100 / *f* (in kHz) per la componente magnetica.

Il risultato è riassunto nella seguente tabella:

Tabella 7.1 – Soglie di sicurezza per le emissioni in banda LF da 30 kHz a 100 kHz

Limiti di sicurezza	Funzione	Componente elettrica	Componente magnetica
Limiti di esposizione*	Tutela dagli effetti acuti e immediati	87 V/m	5 A/m
Valori di attenzione**	Tutela dagli effetti cronici dovuti ad esposizioni prolungate	6 V/m	1,6 / *f* (kHz) A/m

* I limiti di esposizione sono fissati dalla Raccomandazione europea UE 1999/512/CE.

** I valori di attenzione sono determinati sulla base della norma tecnica CEI 211-7, a partire dalle soglie di sicurezza fissate dal decreto attuativo della L. 36 del 2001 per le emissioni di radiofrequenza: DPCM 8 luglio 2003.

Tabella 7.2 – Valori di attenzione per alcuni valori in frequenza nella banda LF da 30 kHz a 100 kHz

Frequenza	Componente elettrica	Componente magnetica
100 kHz	87 V/m	0,016 A/m
80 kHz	87 V/m	0,020 A/m
46 kHz	87 V/m	0,035 A/m
30 kHz	87 V/m	0,053 A/m

8. CASO STUDIO: LA BASE DI TELECOMUNICAZIONI NRTF – NISCEMI IN SICILIA

L'impianto per le telecomunicazioni Naval Radio Transmitter Facility (NRTF), situato presso Niscemi (CL) in Sicilia, è stato realizzato nel 1991, è gestito direttamente dalle autorità militari degli Stati Uniti ed è associato amministrativamente alla vicina base di Sigonella.

L'analisi di questo sito è particolarmente rilevante per l'elevato numero e la varietà di sorgenti presenti.

Caratterizzazione del sito e delle sorgenti.

Attualmente l'impianto di trasmissione NRTF-Niscemi comprende

A) Una grande antenna operante in banda LF alla frequenza di 45,98 kHz con una potenza massima di emissione di 250 kW;

B) 41 antenne a filo di varia tipologia operanti in banda HF (frequenze comprese tra 2 e 30 MHz), alimentati da amplificatori di potenza compresa tra 4 kW e 10 kW.

Dal 2009 il sito è al centro di una vicenda amministrativa e giudiziaria in cui i comuni della zona, a cominciare da quello di Niscemi, e numerose associazioni si oppongono all'aggiunta del cosiddetto sistema MUOS (Mobile User Objective System) all'impianto già esistente e operante. Il MUOS è il nuovo sistema di comunicazioni satellitari militari degli Stati Uniti, presso il sito NRTF di Niscemi si vorrebbe realizzare la stazione a terra di tale sistema che dia copertura a Europa, Africa e Medio Oriente. Se realizzato tale sistema comprenderebbe:

C) tre antenne paraboliche di 18,4 metri di diametro operanti in banda Ka (30-31 GHz) con una potenza massima di trasmissione di 1600 W ciascuna (dato di progetto[31]).

D) due antenne elicoidali operanti in banda UHF (240-315 MHz) con una potenza massima di trasmissione di 200 W ciascuna[32].

Tutte le sorgenti descritte si trovano all'interno del perimetro della base, che ha una lunghezza approssimativa di due km e una larghezza di circa 1 km. Al confine Nord della base si trovano campagne altamente antropizzate e abitate, mentre il centro dell'abitato di Niscemi si trova a circa 5 km; al confine sud della base si trova invece la zona naturalistica protetta, Sito di Interesse Comunitario SIC-Sughereta di Niscemi.
Va inoltre rilevato come a) il territori comunale di Niscemi è già interessato da un grave inquinamento chimico[33] dovuto alla vicina raffineria di Gela (è inserito nel Sito di Interesse Nazionale SIN di Gela Niscemi); b) lo stato di salute della popolazione è critico[34] (si registrano eccessi dei tassi di mortalità e ospedalizzazione, rispetto alle medie regionali, per un gran numero di patologie, anche tumorali).

Valutazione delle emissioni.

Le emissioni in banda LF risultano relativamente stabili e costanti nel tempo, la potenza di emissione della grande antenna che trasmette a 45,89 kHz è regolata automaticamente in base alle condizioni atmosferiche.

31 Come indicato al paragrafo 3.1.1 a pag. D11 del rapporto SPAWAR "Environmental Electomagnetic Effect" sul progetto MUOS, del 2006 [19] e al paragrafo 6.3.5 a pag. 68, "Studio di incidenza ambientale relativo al progetto MUOS" di GEMO-Team MUOS e LAGECO del 2008 [20].

32 Il dato di progetto riportato in [19] e [20], ma l'ambasciata USA nella sua comunicazione del 15 gennaio 2016 al Collegio di Verificazione Impianto MUOS nominato dal Consiglio di Giustizia Amministrativa della Regione Sicilia (CGARS), ha indicato la potenza di 200 W.

33 Si veda in proposito "Analisi dell'impatto della raffineria di Gela sul territorio del Comune di Niscemi" nella Relazione Finale dell'11 luglio 2013 del Gruppo lavoro MUOS dell'ISS [4].

34 Si veda in proposito "Profilo di Salute della Popolazione residente nel Comune di Niscemi: analisi dei dati correnti di mortalità ed ospedalizzazione con una contestualizzazione demografica" nella Relazione Finale dell'11 luglio 2013 del Gruppo lavoro MUOS dell'ISS [4].

L'antenna è costituita da un traliccio alto 260 metri da cui si dipartono i cavi trasmittenti per un diametro di circa 600 metri.
All'interno dell'antenna, a meno di 300 m dal centro, il campo elettrico supera i 100 V/m e la permanenza di esseri umani è molto rischiosa (la soglia per gli effetti acuti e immediati è largamente superata). Nella zona immediatamente prossima all'antenna, a distanze di 3-500 m dal centro, che comprende le strade perimetrali esterne alla base, si rilevano costantemente livelli di campo superiori ai 20 V/m, mentre livelli prossimi o superiori alla soglia di sicurezza di 6 V/m (Valore di Attenzione) si rilevano in prossimità delle abitazioni, a distanze di circa 1 km dall'antenna. Tutti i rilievi effettuati da ARPA Sicilia [22, 23, 24], ISPRA [21] e dai tecnici incaricati dal comune di Niscemi [25] dal 2009 ad oggi hanno dato risultati simili.

Le emissioni in banda HF, al contrario, non sono stabili e variano fortemente nel tempo, sia nel breve periodo, (ore o giorni) in base alle esigenze operative per cui le varie sorgenti vengono attivate e disattivate, sia in nel lungo periodo (anni) in base alle modifiche strutturali e organizzative della base.
In particolare: Una prima valutazione della peggiore situazione possibile effettuata da ARPA Sicilia in cooperazione con le autorità militari USA, nel corso dell'istruttoria del progetto nel 2009 [23], aveva evidenziato come nei pressi delle abitazioni venissero raggiunti, anche in banda HF, valori di emissione prossimi alla soglia di sicurezza di 6 V/m (Valore di Attenzione). Tali valori sono stati confermati dal successivo monitoraggio in continua effettuato da ARPA Sicilia sino al 2013.
Valutazioni successive effettuate sia da ISPRA [21] che da ARPA Sicilia [22, 23, 24] con i medesimi strumenti e nel medesimo sito del 2009 hanno prodotto risultati completamente differenti, con livelli di campo elettrico un ordine di grandezza inferiore, anche quando le autorità militari USA hanno dichiarato di collaborare nel produrre le condizioni di massima emissività [22]. Una spiegazione di questo fatto può essere data dalla progressiva riorganizzazione interna alla base NRTF che, attraverso la riduzione delle sorgenti HF e delle potenze impiegate ha portato a una riduzione delle emissioni. In recenti dichiarazioni ufficiali l'ambasciata USA ha infatti indicato di non utilizzare più le sorgenti HF più prossime alla zona intensamente abitata[35], e di essere passata dall'impiego di 41amplificatori a radiofrequenza da 10 kW sino a soli 22 amplificatori a radiofrequenza da 4 kW.

Le emissioni in banda UHF e Ka dovute ai dispositivi del MUOS in questo momento non devono essere valutate, in quanto l'impianto MUOS, anche se terminato e tecnicamente funzionante, non è attivo e si trova sotto sequestro della magistratura a causa dei diversi contenziosi in atto in merito alla legittimità delle autorizzazioni alla realizzazione.

35 Comunicazioni dell'ambasciata USA nella sua comunicazione del 15 gennaio e del 15 Marzo 2016 al Collegio di Verificazione Impianto MUOS nominato dal Consiglio di Giustizia Amministrativa della Regione Sicilia (CGARS).

Valutazione dei possibili effetti sulla salute umana.

L'analisi svolta precedentemente ha evidenziato come siano stati e siano ancora presenti, nei prressi dell'impianto NRTF Niscemi, livelli di emissione elettromagnetica tali da comportare rischi per la salute sia per il personale militare che opera all'interno della base, sia che per la popolazione che vive in prossimità del perimetro della base.

Per quanto riguarda il personale che opera all'interno, sono presenti rischi legati sia a possibili effetti acuti, sia a effetti dovuti a esposizioni prolungate: i primi possono essere evitati limitando l'accesso a distanze troppo ravvicinate dalle antenne (ad esempio a meno di 400 m dal centro dell'antenna operante in banda LF), i secondi possono essere ridotti solo limitando la presenza continuativa del personale all'interno del sito, ma non possono mai essere ridotti del tutto. Per questa ragione si raccomanda:

a) di effettuare stime il più possibile precise dell'esposizione (tempo trascorso, livello di campo presente, dose assorbita), ricorrendo anche agli appositi dosimetri di recente introduzione;

b) di effettuare la sorveglianza sanitaria del personale esposto, sia durante il servizio che in seguito, in modo da poter cogliere i primi segni di eventuali conseguenze negative.

Per quanto riguarda la popolazione civile esposta, il rischio è legato all'insorgere di effetti cronici legati all'esposizione prolungata, specie per chi vive e lavora nella fascia più ravvicinata (sino a circa 1 km) dal perimetro della base, e a effetti indiretti dovuti a interferenze e malfunzionamenti di dei dispositivi elettromedicali, specie per chi transita nelle zone adiacenti al perimetro della base (che si trovano a poche centinaia di metri dalle antenne). Il fatto che si registrino tuttora livelli di campo elettrico prossimi o superiori al Livello di Attenzione di 6 V/m in prossimità delle abitazioni, dovuti alle emissioni in banda LF, non è accettabile, giustamente la legislazione prescrive in casi come questo la riduzione a conformità, ovvero la riduzione della potenza di emissione sino a raggiungere livelli accettabili di campo emesso.

All'interno della base NRTF-Niscemi opera quasi esclusivamente personale militare USA, personale militare italiano è stato impiegato solo saltuariamente con funzioni di sorveglianza. Si deve registrare tra i militari italiani impiegati in passato nella sorveglianza del sito almeno un caso di malattia tumorale rara, il che deve indurre alla più grande prudenza. Si raccomanda perciò di effettuare uno studio retrospettivo su tutti i militari impiegati in passato nella sorveglianza del sito NRTF-Niscemi per valutare da un punto di vista epidemiologico il possibile follow-up.

RIFERIMENTI

[1] Lilienfeld A.M. et al.; U.S. Department of State; Washington, D.C., 1978.

[2] Garland F.C. et al., Am. J. Epidemiol., 127: 411-414, 1988.

[3] Garland F.C. et al., ibidem, 132: 293-303, 1990.

[4] Milham S.J., Lancet, 1:812, 1985. Milham S.J., Environ. Health Perspectives, 62: 297-300, 1985.

[5] Milham S. J., Am. J. Epidemiol., 127: 50-54, 1988.

[6] Szmigielski S., Sci. Of the Total Environ., 180: 9-17, 1996.

[7] Tynes T. et al., Cancer Causes Control, 7: 197-204, 1996.

[8] Grayson J.K., Am. J. Epidemiol., 143: 480-486, 1996.

[9] Thomas T.L. et al., Jour. Natl Cancer Inst., 79: 233-238, 1987.

[10] Holly E.A. et al., Epidemiology, 7: 55-61, 1996.

[11] Davis R.L. and Mostofi F.K., Am. J. Ind. Med., 24: 231-233, 1993.

[12] Hayes R.B. et al., Int. J. Epidemiol., 19: 825-831, 1990.

[13] Richter E.D. et al., Int. J. Occup. Environ. Health, 6: 187-193, 2000.

[14] Robinette C.D. et al., Am. J. Epidemiol., 112: 39-53, 1980.

[15] Finkelstein M.M., Am. J. Med., 34: 157-162, 1998.

[16] Muhm J.M., J.O.M., 34: 287-292, 1992.

[17] Lagorio S. et al., Bioelectromagnetics, 18: 418-421, 1997.

[18] Degrave E. et al., Int. J. Cancer, 124: 945-951, 2009.

[19] Space and Naval Warfare System Center, Charleston, Carolina del Sud, "Rapporto finale sull'indagine di conformità del sito con finalità di approvazione per gli effetti ambientali elettromagnetici (E3) dell'installazione di un sistema ad obiettivo utente mobile (MUOS) e di trasmettitori elicoidali a frequenza ultra-alta (UHF) presso la stazione di trasmissione radio (NRTF) della Marina USA, Niscemi, Sicilia, Febbraio 2006, preparato da Frederich B. Duffy, revisionato da Louis D. Dometto, approvato da J. W. Epple, Environmental Effects Branch, North Charleston, SC 29419-9022, Febbraio 2006.

[20] "Studio di incidenza ambientale relativo al progetto MUOS" preparato da GEMO-Team MUOS Niscemi e LAGECO di Parini Adriana, su incarico di NAVFAC, aprile 2008.

[21] ISPRA Technical report “Indagine Ambientale Campi Elettromagnetici” 11/7/2013. Disponibile in rete all'indirizzo: http://www.iss.it/pres/?lang=1&id=1365&tipo=6

[22] ARPA Sicilia, “ARPA Sicilia - Trasmissione dati CEM-RF. Misure del 8-9 Maggio e del 17-21 Giugno 2013 nel territorio del Comune di Niscemi (CL) - MUOS".” n. protocollo 0044640 del 3/7/2013,

Trasmesso al Sindaco del comune di Niscemi.

[23] ARPA Sicilia, “Istruttoria sul progetto 002-06/1035 denominato ”Installazione sistema di comunicazione per utenti mobili, sito radio U.S. Navy di Niscemi U.S Navy 41° Stormo-Sigonella” nella Riserva naturale Sughereta di Niscemi.”, a firma di M. Fiore, G. Lissciandrello, S. Marino, priva di data. Una copia priva degli allegati risulta depositata nell’archivio del comune di Niscemi il 6 Giugno 2012, protocollo n.0023923/11.

[24] ARPA Sicilia, “Trasmissione misure puntuali e monitoraggio CEM-RF. In prossimità della base NRTF U.S. Navy nel territorio del Comune di Niscemi (CL) nel periodo giugno-agosto 2014 (MUOS)".” n. protocollo 0018917 del 27/3/2015.

[25] M. Coraddu, ”Rapporto di Misura: rilevazione delle emissioni in banda LF presso la base NRTF-Niscemi 8 Marzo 2016”, Comune di Niscemi, protocollo n. 00007242/2016 del 21/3/2016

APPENDICE 1- ELENCO PUBBLICAZIONI DEGLI AUTORI

Selezione degli articoli più recenti e pertinenti relativi alle tematiche trattate:

a) Marinelli F, La Sala D, Cicciotti G, Cattini L, Trimarchi C, Putti S, Zamparelli A, Giuliani L, Tomassetti G, Cinti C., Exposure to 900 MHz Electromagnetic Field Induces an Unbalance Between Pro-Apoptotic and Pro-Survival Signals in T-Lymphoblastoid Leukemia CCRF-CEM Cells Journal of cellular physiology, 198:324–332 (2004).

b) M. Zucchetti, M. Coraddu, B. Littarru, M. Cristaldi, , "Environmental Pollution And Health Effects In The Quirra Area, Sardinia (Italy)", Fresenius Environmental Bulletin, 20,3a (2011) 810-817.

c) Ferdinando Bersani, Fiorenzo Marinelli et al., Intramembrane Protein Distribution in Cell Cultures Is Affected by 50 Hz Pulsed Magnetic Fields, BIOELECTROMAGNETICS 18(7):463-9 • February 1997. DOI: 10.1002/(SICI)1521-186X(1997)18:73.0.CO;2-0.

d) Fiorenzo Marinelli et al., Effect of the extremely low frequency (ELF) magnetic fields on cell membrane, Oct. 1992 14th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society 1 (309 – 311) DOI: 10.1109/IEMBS.1992.5760979

e) M. Coraddu; E. Cottone; A. Levis; A. Lombardo, F. Marinelli, M. Zucchetti, Electromagnetic Fields (EMF) Biological and Health Effects and The MUOS Case, Fresenius Env. Bull. 24,5a (2015) 1896-1903

f) M. Coraddu, A. Levis, M. Zucchetti, Biological and Sanitary Effects of the Exposures to Non Ionizing Electromagnetic Fields (EMF) and the MUOS Case, International Journal Of Ecosystems And Ecology Science (IJEES), 3/4 (2013) 623-630.

g) M. Coraddu; E. Cottone; A. Levis; A. Lombardo, F. Marinelli, M. Zucchetti, A new trend on Electromagnetic Fields (EMF) risk assessment, International Journal Of Ecosystems And Ecology Science (IJEES) 6/1 (2016) 177-184. ISSN 2224-4980

Altri lavori pertinenti:

- M. Coraddu, A. Levis, M. Zucchetti, Biological Effects of Low-Intensity Electromagnetic Radiation Exposure and the MUOS Case, Proc. International Conference of Ecosystems (ICE) Tirana, Albania, June 1-5, 2013, p. 22. ISBN: 978-9928-4068-7-3. DOI: 10.13140/RG.2.1.2274.5368
- Magnetic force microscopy. Quantitative issues in biomaterial. Daniele Passeri, Chunhua Dong, Melania Reggente, Livia Angeloni, Mario Barteri, Francesca A Scaramuzzo, Francesca De Angelis, Fiorenzo Marinelli et al., Biomatter 4, e29507; July 2014; http://dx.doi.org/10.4161/biom.29507

- Nonthermal Microwave Radiations Affect the HypersensitiveResponse of Tobacco to Tobacco Mosaic Virus; by: LUCIETTA BETTI, GRAZIA TREBBI, LISA LAZZARATO, MAURIZIO BRIZZI, GIAN LORENZO CALZONI, FIORENZO MARINELLI, et al.,. THE JOURNAL OF ALTERNATIVE AND COMPLEMENTARY MEDICINE, Volume 10, Number 6, 2004, pp. 947–957

- Massimo Scalia, Fabrizio Guidi, Fiorenzo Marinelli, Massimo Sperini, Interazione tra campi elettromagnetici di bassa intensità e sistemi biologici. BOOK, JANUARY 2007. Edition: Quaderni della Scienza, Publisher: Andromeda, Bologna

- Exposure to 900 MHz Electromagnetic Field Inducesan Unbalance Between Pro-Apoptotic and Pro-SurvivalSignals in T-Lymphoblastoid Leukemia CCRF-CEM Cells; by: F. MARINELLI, D. LA SALA,G. CICCIOTTI, L. CATTINI, C. TRIMARCHI, S. PUTTI, A. ZAMPARELLI, L. GIULIANI, G. TOMASSETTI, CATERINA CINTI

- Angelo Levis, et al: Health Effects of Mobile Phone Usage. In: Encyclopedia of Mobile Phone Behavior, DOI: 10.4018/978-1-4666-8239-9.ch051

- Angelo Gino Levis, Valerio Gennaro, Spiridione Garbisa , BUSINESS BIAS AS USUAL: THE CASE OF ELECTROMAGNETIC POLLUTION. In: Social Costs Today: Institutional Analyses of the Present Crises, By Paolo Ramazzotti, Pietro Frigato, Wolfram Elsner. Routledge, New York, 2012.

- Research Mobile phones and head tumours. The discrepancies in cause-effect relationships in the epidemiological studies - how do they arise? Angelo G Levis, Nadia Minicuci, Paolo Ricci, Valerio Gennaro and Spiridione Garbisa Environmental Health 2011, 10:59 doi:10.1186/1476-069X-10-59 Published: 17 June 2011

- Mobile Phones and Head Tumours: A Critical Analysis of Case-Control Epidemiological Studies, Open Environmental Sciences, 2012, 6: 1-12, Angelo Gino Levis, Nadia Minicuci, Paolo Ricci, Valerio Gennaro, Spiridione Garbisa. [DOI: 10.2174/1876325101206010001]

- Mobile phones and head tumours: it is time to read and highlight data in a proper way. (PMID:21914915), Levis AG , Minicucci N , Ricci P , Gennaro V , Garbisa S, Epidemiologia e Prevenzione [2011, 35(3-4):188-199].

- Vizi e virtù dell'epidemiologia e degli epidemiologi, Gennaro, Valerio; Ricci, Paolo; Levis, Angelo Gino; Crosignani, Paolo. Epidemiologia e prevenzione 2009 Jul-Oct; 33(4-5 Suppl 2): 49-56

- IL CESALPINO Rivista medico-scientifica dell'Ordine dei Medici Chirurghi e degli Odontoiatri della Provincia di Arezzo Agosto 2011 anno 10 - numero 28, 58 TELEFONI MOBILI E TUMORI ALLA TESTA: ANALISI CRITICA DEI DATI EPIDEMIOLOGICI Angelo Levis

- Open Environmental Sciences, 2012, 6, 1-12: Mobile Phones and Head Tumours: A Critical Analysis of Case-Control Epidemiological Studies. A. Levis et al.

- A Levis et al., Mobile phones and head tumours. The discrepancies in cause-effect relationships in the epidemiological studies - how do they arise? Environmental Health 2011, 10:59 doi:10.1186/1476-

APPENDICE 2: EFFETTI BIOLOGICI E SANITARI A BREVE E A LUNGO TERMINE DELLE RADIOFREQUENZE E DELLE MICROONDE.

Sommario

Letteratura scientifica recente e molto recente indica che gli effetti biologici e sanitari delle radiazioni EMF - dai campi magnetici a frequenza estremamente bassa (ELF / EMF) alle radiofrequenze ad alta e altissima frequenza (RF / EMF) - sono chiaramente stabiliti e si verificano anche a livelli molto bassi di esposizione. Nel complesso, sono disponibili quasi 4.000 studi sperimentali che riportano una serie di effetti a breve e medio termine dei campi elettromagnetici, e che supportano la plausibilità biologica dei rischi a livello di conseguenze genotossiche, cancerogene e neurodegenerative a lungo termine sulle popolazioni umane esposte. Per esempio, esposizioni a campi elettromagnetici di cellule di mammiferi coltivate, di animali e di soggetti umani, si è rilevato possano indurre effetti genetici ed epigenetici, quali danni al singolo e doppio filamento del DNA, aberrazioni cromosomiche, danni ai micronuclei, scambi di cromatidi, alterazione o perdita dei processi di riparazione del danno al DNA , trascrizione del DNA anormale, stimolazione della sintesi proteica dovuta a shock termico, inibizione della apoptosi (morte cellulare programmata), danni alle macromolecole cellulari dovute al deterioramento della inattivazione dei radicali liberi e il conseguente stress ossidativo a causa dell'inibizione della sintesi della melatonina e la stimolazione della reazione di Fenton, modificazione della permeabilità della membrana cellulare e conseguente alterazione del flusso di ioni biologicamente importanti come il calcio, alterazione della funzione del sistema immunitario; gravi effetti sulla morfologia e funzionali, con conseguenti effetti nella progenie, alterazioni delle funzioni cerebrali come conseguenza l'interferenza di un EMF sulle frequenze cerebrali, ecc. Per molti di questi effetti biologici si può ragionevolmente ritenere che essi possano provocare effetti negativi sulla salute se le esposizioni sono prolungate o croniche. Questo perché essi interferiscono con i processi normali del corpo (alterazione dell'omeostasi), impediscono al corpo di riparare il DNA danneggiato, producono squilibri del sistema immunitario, interruzioni metaboliche e minore resistenza alle malattie attraverso molteplici vie. Gli esistenti limiti di sicurezza per il pubblico non sono sufficientemente protettivi della salute, in particolare per i soggetti giovani - gli embrioni, i feti, i neonati, i bambini molto giovani - e per coloro che sono esposti a irraggiamenti prolungati da campi elettromagnetici. Prove ormai più che sufficienti provengono da studi epidemiologici che non possono essere attribuiti alla casualità, distorsioni o fattori confondenti.

A2.1. I limiti di esposizione ai CEM.

La discussione sulla necessità o meno di minimizzare le esposizioni a Campi ElettroMagnetici (CEM, da 0 a 300 GigaHertz di frequenza) si protrae da mezzo secolo e vede contrapposte due

posizioni antitetiche e inconciliabili, riassumibili come esposto di seguito.

Da un lato una posizione "conservativa", ferma alla definizione di limiti espositivi fissati fin dalla metà degli anni '50 sulla base dell'assunto che gli unici effetti dei CEM, nocivi per la salute umana, siano dovuti ad un eccessivo riscaldamento dei nostri tessuti: sarebbe dunque sufficiente evitare tale effetto termico per garantire l'innocuità delle esposizioni ai CEM (American Conference of Governmental and Industrial Hygienists, 1953: "una associazione privata di origine industriale, nonostante la denominazione fuorviante", F. Casson, "La Fabbrica dei Veleni", Sperling & Kupfer 2007, p.42). Questa posizione è stata codificata alla fine degli anni '90 da una associazione privata di scienziati, autocostituitisi nella Commissione per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti (ICNIRP), la quale ha individuato, mediante sperimentazione su manichini artificiali del tutto inerti riproducenti le sembianze umane e la costituzione biochimica dei nostri tessuti, i valori di CEM ai quali si verifica un significativo effetto termico ed ha introdotto riduzioni cautelative di tali valori pari a 10 o 50 volte, rispettivamente per le esposizioni lavorative e per quelle della popolazione generale: il limite meno cautelativo indicato per le esposizioni lavorative si basa sulla presunzione che i lavoratori sono persone adulte, esperte del lavoro che svolgono e dei rischi ad esso connessi e, pertanto, in grado di effettuare una più efficace "autotutela" (prudent avoidance) rispetto alla popolazione generale (ICNIRP Statement: Health Physics, 70:587-593, 1996). L'ICNIRP ha quindi fissato un unico limite di esposizione, diverso per le diverse frequenze dei CEM, a tutela esclusivamente dagli effetti nocivi di tipo acuto ed esclusivamente di natura termica (effetti che si manifestano a breve termine, nel corso dell'esposizione, e che sono reversibili quando l'esposizione cessa). Per la popolazione generale questo limite va dai 100 microTesla (μT) per il campo magnetico prodotto dai CEM a frequenza bassa ed estremamente bassa (0-100 KiloHertz, in particolare 50 Hz: ELF ("Extremely Low Frequences": elettrodotti ed elettrodomestici in genere) ai 27-61 Volts/metro (V/m) per il campo elettrico prodotto dai CEM ad alta-altissima frequenza (100 KiloHertz-300 GigaHertz: RF, radiofrequenze: emissioni radio- TV ecc; MO, microonde: telefonia mobile, radar ecc.) (ICNIRP Guidelines: Health Physics, 74: 494-522, 1998).

Secondo l'ICNIRP gli effetti acuti di origine termica sarebbero gli unici effetti dei CEM dannosi per la salute umana sicuramente accertati, mentre effetti non di origine termica, in particolare effetti cronici a lungo termine (p.es. tumori e malattie neurodegenerative) ed effetti biologici (p.es. alterazioni genetiche, cellulari, metaboliche, funzionali), suggestivi di eventuali danni alla salute, non sarebbero sufficientemente documentati o sarebbero documentati in maniera contraddittoria e pertanto non vengono considerati ai fini della definizione dei limiti di esposizione. La posizione e i limiti definiti dall'ICNIRP sono stati fatti propri dall'OMS (Progetto CEM), dalle maggiori organizzazioni scientifiche internazionali e dalla Comunità Europea (raccomandazione 519/1999/CE). Quest'ultima ne ha raccomandato ma non imposto l'adozione da parte degli Stati membri.

Per contro, una grossa parte della comunità scientifica, sostiene da tempo una posizione molto più "cautelativa", basata sull'applicazione del Principio di Precauzione (PdP) e quindi sulla minimizzazione delle esposizioni ai CEM a bassissima, alta e altissima frequenza. Tale posizione trova una giustificazione sempre più convincente nei dati epidemiologici della letteratura che documentano effetti sanitari, sia immediati che a lungo termine, dannosi per la salute umana, e nei dati sperimentali che documentano effetti biologici su sistemi in vitro, su animali e su volontari umani, indicativi dei meccanismi molecolari, cellulari e funzionali che danno luogo agli effetti sanitari a breve e a lungo termine dei CEM.

I limiti cautelativi suggeriti per la popolazione (a partire dalla International Conference on Cell Tower Siting del 2000 a Salisburgo, www.land-sbg.gv.at/celltower, fino al BioInitiative Report del 2012, www.bioInitiative.org, v. più avanti) sono inferiori di circa 2 ordini di grandezza rispetto a quelli stabiliti dall'ICNIRP: 0,1-0,2 microTesla (anzichè 100) per le ELF e 0,5-0,6 Volt/metro (anziché 27-61) per le RF/MO.

A2.2. CEM ad alta e altissima frequenza

Per quanto riguarda i CEM ad alta e altissima frequenza (radiofrequenze, RF; microonde, MO), sono ormai ben documentati in letteratura incrementi del rischio di sviluppare: vari tipi di tumori nelle esposizioni professionali a RF e MO; leucemie infantili e tumori nell'adulto nelle esposizioni residenziali a RF e MO (emittenti radio-TV, radar, stazioni radio base per la telefonia mobile); 4) disturbi neurocomportamentali di vario tipo, analoghi a quelli prodotti dalle frequenze ELF, in utilizzatori volontari e in esposti per ragioni professionali o residenziali a RF e MO.

Questi dati sono supportati da studi su volontari e su sistemi di laboratorio, sia cellulari che animali, che hanno permesso di identificare possibili meccanismi biologici d'azione delle radiazioni ELF e RF/MO alla base degli effetti acuti e a lungo termine dannosi per la salute umana di cui sopra . Tali effetti sono prodotti con meccanismi non di tipo termico e da esposizioni a CEM di intensità molto inferiori ai valori di cautela e agli obiettivi di qualità in vigore in Italia, illogicamente fissati entrambi a 6 Volts/metro dal DPCM 8/7/2003, valori e obiettivi che andrebbero dunque sostanzialmente abbassati.

RF/MO. Effetti a breve e a lungo termine. Per quanto riguarda la relazione tra le esposizioni ai CEM a radiofrequenze (RF) e a microonde (MO) e tumori nell'uomo, questa è suffragata dai seguenti dati.

Nelle esposizioni occupazionali a RF, nonostante alcune carenze degli studi epidemiologici, sono state ripetutamente rilevate correlazioni statisticamente significative con almeno 6 tipi di tumori: leucemie, linfomi, tumori cerebrali, al testicolo e alla mammella, e melanomi uveali all'occhio[36].

36 Milham et al.: Lancet, 1:812, 1985; Environ. Health Perspect., 62:297-300, 1985; Am. J. Epidemiol., 127:50-54, 1988;

Secondo Kundi (BioInitiative Report pp. 29-61, 2007):

1) gli studi occupazionali indicano che l'esposizione prolungata a RF/MO può essere associata ad un elevato rischio di tumori cerebrali;

2) anche se la popolazione esposta è limitata (meno del 4%), più di 1.000 casi/anno di tumori cerebrali negli USA possono essere attribuiti alle RF/MO;

3) c'è evidenza che l'aumento del rischio di tumori cerebrali si verifica anche a livelli di esposizione nettamente inferiori agli attuali limiti ICNIRP/IEEE;

4) la revisione del 2000 ad opera dell'ICNIRP/IEEE, che ha omesso di considerare tutti i lavori che correlano l'esposizione a RF/MO ad aumentate incidenze di cancro, si basa su analisi gravemente difettose.

A2.3. Meccanismi di azione delle RF

La capacità delle RF di agire sulla fase di "iniziazione" e/o di "promozione" della cancerogenesi è dimostrata dalla varietà di effetti genetici ed epigenetici:

- attivazione di oncogeni,
- alterazioni della trascrizione del DNA,
- modificazioni di proteine funzionali ed enzimatiche,
- danni al DNA,
- aberrazioni cromosomiche classiche, micronuclei,
- scambi tra cromatidi fratelli,
- mutazioni in cellule somatiche [37]

Thomas et al.: J. Natl Cancer Inst., 79:233-238, 1987; Hayes et al.: Int. J. Epidemiol., 19: 825-831, 1990; Garland et al.: Am. J. Epidemiol., 127: 411-414, 1988 e 132:293-303, 1990; Szmigielski et al.: Sci. of the Total Environ., 180: 9-17, 1996; Tynes et al.: Cancer Causes Control, 7: 197-204, 1996; Grayson et al.: Am.J.Epidemiol., 143:480-486, 1996; Holly: Epidemiology, 7:55-61, 1996; Richter et al.: Int.J.Occup.Environ.Health, 6:187-193,2000; Stang et al.: Epidemiology, 12:7-12,2001)

37 Sarkar et al.: Mut.Res., 320:141-147, 1944; Lai et al.: Bioelectrom., 16:207-210, 1995; Int.J.Rad.Biol.,69: 513-521, 1996; Bioelectrom., 18:446-454, 1997; Balode et al.: Sci. Total Environ., 180:81-85, 1996; Maes et al.:Bioelectrom., 14: 495-501, 1993; Environ. Molec.Mutag., 28:26-30, 1996; Mut.Res., 393:151-156, 1997; Ivaschuk et al.: Bioelectrom., 18:223-229, 1997; Magras et al.: Bioelectrom., 18:455-461, 1997; Garay et al.: Mut. Res., 181: 321, 1987; 243:87-93, 1990; 263:143-149, 1991; 281:181-186, 1992; Chemosphere, 13:2301-2312, 1999; Goswami et al.: Rad.Res. 151:300-309, 1999; De Pomerai et al.: Nature, 405:417-418, 2000; Zotti-Martelli et al.: Mut. Res., 472:51-58, 2000; 582:42-52, 2005; Zhang et al.: Biomed. Environ.Sci., 15:283-290, 2002; Trosic et al.: Mut.Res., 521:73-79, 2002; Gadhia et al.: Electrom.Biol.Med., 22:149-159, 2003; Mascevich et al.: Bioelectrom., 24:82-90, 2003; Weisbrot et al.: J.Cell.Biochem., 89:48-55, 2003; de Pomerai et al.: FEBS Lett., 543:93-97, 2003; Mancinelli et al.: J. Cell. Biochem., 93:188-196, 2004; Marinelli et al.: J.Cell.Physiol., 198:324-332, 2004; Lee et al.: FEBS Lett., 579:4829-4836, 2005; Gandhi e Singh: Int. J. Hum. Genet., 5(4): 259-265, 2005; Caraglia et al.: J. Cell. Physiol., 204: 539-548, 2005; Markova et al.: Environ.Health

I possibili meccanismi dell'azione cancerogenetica delle RF sono documentati, oltre che dagli effetti genetici e cancerogenetici elencati al punto precedente, anche dalla capacità di indurre:

- apoptosi (morte cellulare programmata),
- alterazioni della permeabilità di membrana,
- accelerazione della divisione cellulare,
- induzione delle "proteine da stress" ("heat shock proteins"),
- accumulo di radicali liberi e di perossidi,

sia su sistemi in vitro che su animali di laboratorio [38]. Fenomeni, questi, che caratterizzano lo sviluppo della maggior parte dei tumori umani.

A2.4. Ipersensibilità ai CEM o "elettrosensibilità".

Sempre più diffusa sta diventando la segnalazione di disturbi acuti attribuiti ad effetti a breve termine dei CEM. Si tratta di sintomi fastidiosi o dolorosi aspecifici e di veri e propri stati di malattia che comportano, a volte, compromissione o perdita della capacità lavorativa e, in ogni caso, degrado più o meno grave della qualità della vita. Sintomi che, per il fatto di non essere generalizzati a tutta la

---

Perspect., 113:1172-1177, 2005; Balmori: Electrom.Biol.Med., 24:109-119, 2005; Diem et al.: Mut.Res., 583:178-183, 2005; Baohong et al.: Mut.Res., 578: 149-157, 2005; Belyaev et al.: Bioelectrom., 26(3): 173-184, 2005; Lixia et al.: Mut. Res., 602: 135-142, 2006; Paulraj et al.: Mut.Res. online 2006; Belyaev et al.: Bioelectrom., 27:295-306, 2006; Forgacs et al.: Reprod.Toxicol., online 2006; Panagopoulos et al.: Mut.Res., online 2006, Simko et al.: Toxicol. Lett., 161:73-82, 2006; Leszczynski e Meltz: Proteomics, 6:4671-4677, 2006; Nylund e Leszczynski: Proteomics, 6:4769-4780, 2006; Zhao et al.: Neuroscience Lett., 412: 34-38, 2007; Friedman et al.: Biochem. J., 405: 559-568, 2007; Karinen et al: BMC Genomics, 9: 77, 2008; Vanderstraeten e Verschaeve: Environ. Health Perspect.: ehphonline.org; doi:10.1289/ehp11279 v. su http://dx.doi.org/ 2008; Nittby et al.: Electrom. Biol. Med., 27:103-106, 2008; Panagopoulos e Margaritis: in "Mobile Telephones...", pp.107-149; ISBN: 278-1-60456-436-5; Nova Science Pub., 2008; Schwarz et al.: Int. Arch. Occup. Environ. Health, 81(6): 755-767, 2008), dalla diminuzione della fertilità maschile come conseguenza di alterazioni morfologiche e funzionali degli spermi (Saunders et al.: Mut.Res., 117:345-356, 1983; Kowalczuk et al.: Mut.Res., 122:155-161, 1983; Verschaeve et al.: Mut.Res., 410:141-165, 1998; Fejes et al.: Arch.Androl., 51:385-393, 2005; Aitken et al.: Intern. J. Androl., 28:171-179, 2005; Erogul et al.: Arch. Med. Res., 37: 840-843, 2006); Mollerlokken e Moen: Bioelectrom., 29 (5): 345-352, 2008) e dalla capacità di indurre trasformazione neoplastica in vitro e tumori su animali da esperimento (roditori) (Szmigielski et al.: Bioelectrom., 3: 179-191, 1982; Balcer et al.: Rad.Res., 126:65-72, 1991; Repacholi et al.: Rad.Res., 147:631-640, 1997; Watson et al.: Gynecol. Oncol., 71:64-71, 1998).

38 (Byus et al.: Cancer Res., 48:4222-4226, 1988; Cleary et al.: FASEB J., 10:913-919, 1996; French et al.: Bioelectrochem. Bioenerg., 43:13-18, 1996; Donnellan et al.: Cell.Biol.Intern., 21: 427-439, 1997; Velizarov et al.: Bioelectrochem.Bioenerg., 48:251-255, 1999; Laurence et al.: J.Theor.Biol., 206: 291-298, 2000; Panagopoulos et al.: Biochem.Biophis. Res.Comm., 272:634-640, 2000; 298:95-102, 2002; French et al.: Differentiation, 67: 93-97, 2000; Schirmacher et al.: Bioelectrom. 21: 333-345, 2000; Kwee et al.: Electro- and Magnetobiol., 20:141-152, 2001; Leszczynsky et al.: Differentiation, 70:120-129, 2002; Di Carlo et al.: J.Cell.Biochem., 84:447-454, 2002; Natarajan et al.: Bioelectrom., 23:271-277, 2002; Shcheglov et al.: Biochim. Biophys.Acta, 1572: 101-106, 2002; Gartzke et al.: Am.J.Physiol.Cell.Physiol., 283:1333-1346, 2002; Levin: Bioelectrom., 24:295-315, 2003; Dovrat et al.: Bioelectrom., 26:398-405, 2005; Okden et al.: Arch. Med. Res., 36 (4): 350-355, 2005; Ozguner et al.: Mol. Cell Biochem., 277 (1-2): 73-80, 2005 e Toxicol.Ind. Health, 21 (9): 223-230, 2005 e Mol. Cell Biochem., 282 (1-2): 83-88, 2006; Xu et al.: Neurosc. Lett. online 2006; Koylu et al.: Toxicol. Ind. Health, 22 (5): 211-216, 2006; Lantow et al.: Radiat. Environ. Biophys., 45 (1) 55-62, 2006 e Radiat. Res., 165 (1): 88-94, 2006; Meral et al.: Brain Res., 1169:120-124, 2007).

popolazione esposta, vengono indicati coi termini di "ipersensibilità ai CEM" o "elettrosensibilità" (ES)[39]

Diversi autori hanno cercato di verificare la relazione diretta tra CEM e comparsa dei sintomi di ES mediante esposizione di soggetti volontari in esperimenti di stimolazione condotti "in doppio cieco" (nè l'operatore nè il soggetto sapevano quando il CEM era prodotto e quando no). In alcuni di questi studi i soggetti sono stati in grado di riconoscere correttamente la presenza dei CEM ed hanno manifestato, a seguito della stimolazione, i sintomi da essi attribuiti ai CEM.

Negli ultimi anni si sono accumulate evidenze sperimentali sempre più numerose[40] a supporto della obiettività delle "malattie da elettrosmog" e delle loro possibili basi molecolari, cellulari, e funzionali Tali evidenze sono rappresentate dalle alterazioni prodotte su animali da laboratorio e su volontari umani da CEM anche di intensità particolarmente bassa e consistono in:

1. aumento della permeabilità della membrana emato-encefalica con conseguente rilascio di albumina e acetilcolina, modificazioni neurochimiche nell'ippocampo (sede della memoria), danni strutturali e funzionali ai neuroni corticali;

---

39 Johansson et al.: Exptl Dermatol., 5:279-285, 1996; J.Austral.Coll. Nutr.Env.Med., 18:3-16, 1999; J.Cut.Pathol., 28:513-519, 2001; Electrom.Biol.Med., 25:245-258, 2006; Gangi et al.: Exptl Dermatol., 6:283-291, 1997; Med.Hypoth.,54:663-671, 2000; Frey: Environ.Health Perspect., 106:101-103, 1998; Hillert et al.: J.Psychosom.Res., 47:429-438, 1999; Lyskov et al.: Intern.J.Psychophysiol., 42:233-241, 2001; Hocking: Occup.Med., 51: 66-69, 2001 e 53:123-127, 2003; WHO Intern.Semin.on EMF Hypersens., Praga 2004; Frick et al.: Int.J.Hyg.Environ.Health, 2005:353-360, 2002; Levallois et al.: Environ.Health Perspect., 110:619-623, 2002; Carlsson et al.: Public Health, 119:568-577, 2005; Hallberg et al.:Electrom.Biol.Med., 25:189-191, 2006; Huss et al.: BMC Public Health, 6:267, 2006;Landgrebe et al.: J. Psychosom. Res., 62 (3): 283-288, 2007 e Psychol. Med., 26: 1-11, 2008; Roosli e Huss: Environ. Health Perspect., 116: 62-65 2008).

40 Neubauer et al.: Bioelectrom., 11:261-268, 1990; Rea et al.: J.Bioelectr., 10:241-256, 1991; Salford et al.: Micr.Res.Techn., 27:535-542, 1994; Environ.Health Perspect., 111:881-883, 2003; Johansson et al.: Exptl Dermatol., 3:234-238, 1994; Sandstrom et al.: J.Occup.Environ.Med., 39:15-22, 1997., Broune et al.: Lancet, 351:1857-1858, 1998; Eulitz et al.: NeuroReport, 9:3229-3232, 1998; Freude et al.: Bioelectrom., 19:384-387, 1998; Eur.J.Appl.Physiol., 81:18-27, 2000; Borbely et al.: Neurosc. Lett., 275:207-210, 1999; Lebedeva et al.: Crit.Rev.Biomed.Engin., 28:323-337, 2000; Krause et al.: NeuroRep., 11:761-764, 2000; Dobson et al.: Bioelectrom., 21:94-99, 2000; Wang et al.: Bioelectrom., 21: 52-56, 2000; Tattersall et al.: Brain Res., 904:43-53, 2001; Pacini et al.:Oncol.Res., 13:19-24, 2002; Testylier et al.: Bioelectrom., 23: 249-255, 2002; Sidorenko et al.: Rad.Biol.Radioecol., 42: 546-550, 2002; Beason et al.: Neurosc.Lett., 333:175-178, 2002; Hamblin et al.: Int.J.Rad.Biol., 78:659-669, 2002; Croft et al.: Clin.Neurophysiol., 113: 1623-1632, 2002; Cook et al.: Bioelectrom., 23: 144-157, 2002; Hocking et al.: Occup.Med., 7: 413-415, 2002; Kramerenko et al.: Intern.J.Neurosc., 113: 1007-1019, 2003; Marino et al.: Bioelectrom., 24: 339-346, 2003; Brain Res., 964:317-326, 2003; Huber et al.: Bioelectrom., 24: 262-276, 2003; Eur.J.Neurosc.,21:1000-1006, 2005; Jarupat et al.: J.Physiol.Anthr., 22: 61-63, 2003; Zwamborn et al.: TNO Rep.C148, 2003; Trosic et al.: Toxicol.Lett., 154: 125-132, 2004; Mausset et al.: Neurobiol Dis., 17:445-454, 2004; Lai: Physiol.Behav.,82:785-789, 2004; Maier et al.: Acta Neurol. Scand., 110: 46-52, 2004; Cook et al.: Bioelectrom., 25: 196-203, 2004; Hamblin et al.: Clin.Neurophysiol., 115: 171-178, 2004; Marino et al.: Clin.Neurophysiol., 115: 1195-1201, 2004; Hinrikus et al.: Bioelectrom., 25: 431-440, 2004; Maby et al.: Med.Biol.Eng.Comput., 42: 562-568, 2004; Papageorgiou et al.: NeuroRep., 15: 2557-2560, 2004; Rajkovic et al.: Int.J.Rad.Biol., 81: 491-499, 2005; Loughran et al.: NeuroRep., 16:1973-1976, 2005; Curcio et al.: Neurosc. Res., 53: 265-270, 2005; Maby et al.: Bioelectrom., 26: 341-350, 2005; Oktem et al.: Arch.Med.Res., 36: 350-355, 2005; Belyaev et al.: Bioelectrom., 26:173-184, 2005; Stankiewicz et al.: Electrom.Biol.Med., 25: 45-51, 2006; Cook et al.: Bioelectrom., 26:613-627, 2006; Papageorgiou et al.: Neurosc.Lett., 397: 90-103, 2006; Eliyahu et al.: Bioelectrom., 27: 119-126, 2006; Ferreri et al.: Ann.Neurol., 60: 188-196, 2006; Wood et al.: Int.J.Rad.Biol., 82: 69-76, 2006; Wilen et al.: Bioelectrom., 27: 204-214, 2006; Maby et al.: Int.J.Rad.Biol.82:465-472, 2006; Keetley et al.: Neuropsych., 44: 1843-1848, 2006; Valentini et al.: Bioelectrom., online 2007; Borodinsky et al.: PNAS, 104: 335-340, 2007; Divan et al.: Epidemiology, 19: 523-529, 2008).

2. variazioni significative dell'attività elettrica cerebrale, persistenti fino a più di 60 min. dopo cessata la stimolazione;

3. attivazione di neurorecettori e neurotrasmettitori cerebrali, con conseguenti modificazioni delle soglie al dolore e allo stress, inibizione dell'apprendimento e della memoria, allungamento dei tempi di reazione agli stimoli, disturbi del sonno;

4. modificazione dei livelli ormonali;

5. riduzione della sintesi notturna di melatonina;

6. vasocostrizione dei capillari sanguigni, alterazioni del battito cardiaco e della pressione arteriosa;

7. alterazioni della cromatina nucleare e della proliferazione cellulare;

8. alterazioni della risposta immunitaria;

9. manifestazioni cutanee: alterazioni di sottili fibre nervose e di mastociti con rilascio di istamina.

Questi effetti si sommano a quelli inducibili su sistemi cellulari isolati (danni genetici ed epigenetici, accumulo di radicali liberi, induzione di proteine da stress, ecc, v. sopra).
I dati più convincenti sulla obiettività della ipersensibilità elettromagnetica sono quelli prodotti da indagini epidemiologiche, in particolare da quelle di tipo "geografico", che hanno evidenziato correlazioni statisticamente significative della tipologia e della gravità delle diverse sintomatologie con la distanza delle abitazioni dei soggetti in esame dai centri di emissione dei CEM, e quindi con l'intensità dei CEM prodotti [41]Alcuni esempi, riferiti alle emissioni delle SRB per la telefonia mobile, mettono in evidenza effetti significativi sulla salute umana anche a livelli di campo elettrico dell'ordine di 0,2-0,6 Volt/metro, incapaci di produrre effetti termici (riscaldamento dei tessuti) e comunque 10-30 volte inferiori agli attuali limiti di legge (6 V/m, DPCM 8.7.03).

A2.5. Azione cumulativa dei CEM.

Un aspetto importante che riguarda gli effetti biologici dei CEM è se questi effetti sono o no

41 Stenberg et al.: Intern.J. Epidemiol., 24:796-803, 1995; Kolodynski et al.: Sci.Tot.Env., 180:87-93, 1996; Hocking: Occup.Med., 48:357-360,1998;Liakouris: Arch.Env.Health, 53:236-238, 1998; Chia et al.: Env.Health Perspect., 108:1058-1062, 2000; Oftedal et al.: Occup.Med., 50:237-245, 2000; Sandstrom et al.: Occup.Med., 51:25-35, 2001; Boscolo et al.: Sci.Tot.Env., 273: 1-10, 2001; Burch et al.: Int.J.Rad.Biol., 78:1029-1036, 2002; James: J.Occup.Env.Med., 44:305-307, 2002; Santini et al.: Electrom.Biol.Med., 21:81-88, 2002 e 22: 41-49, 2003; Navarro et al.: Electrom.Biol.Med., 22:161-169, 2003; Leitgeb et al.: Bioelectrom., 24: 387-394, 2003; Wilen et al.: Bioelectrom., 24:152-159, 2003; Balikci et al.: Pathol. Biol., 52:1-5, 2004; Roosli et al.: Int.J.Hyg.Environ.Health, 207:141-150, 2004; Hallberg et al.: J.Austral.Coll.Nutr.Env.Med., 23: 11-12, 2004; Electrom.Biol.Med., 23:229-239, 2004; Eur.Biol.Bioelectrom., 1:225-246, 2005; Hutter et al.: Occup.Env.Med., 63:307-313, 2006; Abdel et al.: NeuroToxicol., online 2006.

cumulativi, cioè se dopo ripetute esposizioni l'organismo si adatta alla perturbazione prodotta o se, dopo una esposizione continuativa o cumulativa, l'omeostasi, cioè la capacità di mantenere un equilibrio anche in presenza di influenze esterne, viene eventualmente rotta, dando luogo ad effetti irreversibili. La possibilità che un effetto sia cumulativo nel tempo è particolarmente importante per esposizioni continuative a bassa intensità ma per periodi molto lunghi (anni, decenni) di tempo (esposizioni residenziali). Alcuni autori hanno dimostrato che il danno al DNA prodotto dai CEM emessi dai telefoni cellulari sul cervello di ratti è cumulativo ed ha le caratteristiche di una "risposta da stress" (Lai: www.wave-guide.org//library/lai.html) . Ed è noto che gli effetti da stress si accumulano nel tempo, con una prima fase di adattamento seguita da una rottura dei processi omeostatici quando lo stress persiste, dando luogo ad effetti che possono diventare irreversibili. Non a caso l'induzione e la modificazione della funzionalità delle "proteine da stress" da parte dei CEM sia in vitro che sull'animale di laboratorio è uno degli effetti sui quali viene maggiormente richiamata l'attenzione da parte degli scienziati.

A2.6. Alcune recenti posizioni cautelative

Il DPCM 8.7.03 ha fissato il limite di esposizione a 20 V/m e il valore di cautela e l'obiettivo di qualità entrambi a 6 V/m, annullando in questo modo la progressiva minimizzazione delle esposizioni a CEM prevista dalla legge 36/01.

La posizione cautelativa nei confonti delle esposizioni a CEM è stata recentemente ribadita da un fondamentale rapporto di oltre 600 pagine (BioInitiative Report), reso pubblico il 31.08.07 e messo in rete nei mesi seguenti (www.bioinitiative.org/press_release/index.htm); una ulteriore revisione ampliata del Bioinitiative Report (Report 2012) è stata resa pubblica recentemente.

Il BioInitiative Report costituisce un esempio unico nell'ambito delle "posizioni cautelative" per i seguenti motivi:

1) è redatto da una ventina di autorevoli scienziati "indipendenti", tra i maggiori esperti per quanto riguarda i possibili effetti biologici e sanitari per la salute umana dei CEM (Hardell, Johansson, Henshaw, Milham, Hansson Mild, Kundi, Blackman, Sage, Xu, Lai, ecc.);

2) vi hanno preso parte, tra gli altri, 3 ex- Presidenti della Bioelectromagnetics Society (Blackman, Blank e Hansson Mild), due membri a pieno titolo della stessa società scientifica (Kundi, Sage), il "project manager" dei programmi emergenti della EEA (David Gee) e il Direttore di Microwave News (Louis Slesing): ciascuno degli autori ha curato uno o più capitoli su aspetti diversi della problematica dei CEM (effetti genetici, cancerogenetici, immunitari, neurologici, ecc.) rivedendo criticamente una massa enorme di dati (più di 1800 articoli), sia quelli con risultati "positivi" sia quelli "negativi", non limitandosi a delle semplici citazioni o a delle valutazioni superficiali (come avviene invece nella maggior parte dei "rapporti conservativi") ma mettendoli a confronto,

cercando di trovare una spiegazione ai dati contrastanti e traendone una sintesi, in alcuni casi definitiva in altri probabilistica;

3) il rapporto comprende alcuni capitoli iniziali nei quali vengono sintetizzate, sia per il pubblico che per la comunità scientifica, le conclusioni dell'intero lavoro, con inserti che richiamano efficacemente i dati più significativi;

4) viene presentata anche una rassegna dei limiti di esposizione ai CEM identificati dalle varie autorità internazionali (ICNIRP, CE, ecc.) e di quelli adottati in varie Nazioni, con una critica severa sulla inadeguatezza di tali limiti che proteggono solo dagli effetti termici, alla luce delle conclusioni scientifiche sui danni accertati e possibili prodotti dai CEM sulla salute umana e un richiamo al Principio di Precauzione;

5) viene più volte esplicitato il tema dei "conflitti di interesse" e della disinformazione finalizzata agli interessi delle industrie del settore, con riferimenti a lavori, a riviste, ad autori specifici e persino ad Istituzioni nazionali e internazionali;

6) è inclusa una appendice che riporta dati interessanti sui rilievi dosimetrici delle esposizioni ambientali e occupazionali a CEM, sia ELF che RF/MO. I limiti espositivi proposti dal BioInitiative Reportsono0,1µTperle ELFe0,6V/m perleRF/MO.

Il 4 Settembre 2008 è stata messa in rete (www.europarl.eu e anche su www.nextup.org/synthese_parlement_europeen.php#14) la risoluzione- raccomandazione P6_TA (2008) 0410 del Parlamento Europeo (PE) votata quasi all'unanimità (522 favorevoli, 16 contrari) e indirizzata alla Commissione Europea (CE) nel quadro della "Valutazione intermedia del piano d'azione europeo per l'ambiente e la salute 2004-2010". Il PE "*considerando che:*

1) il presente piano d'azione (2004-2010) dovrebbe concentrarsi su talune nuove sfide sanitarie, esaminando altresì i fattori ambientali determinanti che incidono sulla salute umana, quali… le onde elettromagnetiche; …2) si sono manifestate in questi ultimi anni nuove malattie o sindromi quali …. l'ipersensibilità elettromagnetica",..... " raccomanda, allo scopo di limitare le conseguenze nocive dell'ambiente sulla salute, che la Commissione: …. 1) inviti gli Stati membri a interessare gli operatori di mercato a ridurre l'esposizione alle radiazioni elettromagnetiche negli immobili e negli uffici; ... 2) presti attenzione alla qualità dell'esposizione alle radiazioni elettromagnetiche e alla qualità della salute di settori particolarmente a rischio della popolazione".

Il PE constata che: 1) "i limiti di esposizione ai campi elettromagnetici fissati per il pubblico sono obsoleti, non essendo stati adattati successivamente alla raccomandazione 1999/519/CE del Consiglio del 12 luglio 1999, relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0Hz a 300 GHz; 2) tali limiti non tengono evidentemente conto dell'evoluzione delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione, né delle raccomandazioni

formulate dall'Agenzia Europea per l'Ambiente, né delle norme più esigenti adottate, ad esempio, da Belgio, Italia e Austria e non affrontano la questione dei gruppi vulnerabili, come le donne incinte, i neonati e i bambini".

Il PE "chiede pertanto al Consiglio di modificare la sua raccomandazione 1999/519/CE onde tener conto delle migliori pratiche nazionali e di fissare in tal modo valori limite di esposizione più esigenti per tutte le attrezzature che emettono onde elettromagnetiche nelle frequenze tra 0,1 MHz e 300 GHz."

Il 19.12.08 la Commissione Ambiente, Sanità Pubblica e Sicurezza Alimentare del Parlamento Europeo ha reso noto (www.next-up.org) il "Progetto di rapporto n.2008/2211/INI sulle preocupazioni per gli effetti sulla salute dei CEM". Il rapporto segnala che: *"1) il corpo umano produce onde elettromagnetiche che rendono possibile il buon funzionamento dei suoi organi (cervello, cuore, muscoli ecc.) e di tutti i processi a livello cellulare e intercellulare, il che rende plausibile l'interazione con i CEM esogeni capace di alterare tali funzioni essenziali; 2) non c'è una disposizione di legge a livello europeo che obblighi gli Stati membri ad adottare misure cautelative nei confronti dei CEM a bassa e alta frequenza, anzi la raccomandazione 1999/519/CE fa propri i limiti non cautelativi preconizzati dall'ICNIRP, organizzazione non governativa, però riconosciuta ufficialmente dall'OMS; 3) almeno 9 Stati membri dell'UE, ma anche Svizzera, Cina e Russia, hanno adottato limiti cautelativi per le esposizioni a CEM, fino a 14 volte inferiori a quelli dell'ICNIRP (p. es. Lussemburgo: 3 V/m per le RF/MO; 4) è necessaria una soluzione politica che garantisca una revisione periodica dei limiti di esposizione in rapporto alle innovazioni tecnologiche e ai nuovi risultati scientifici sia sperimentali che epidemiologici, di modo che sia sempre protetta la salute dei consumatori, in particolare dei bambini; 5) va ribadita la raccomandazione dell'European Environmental Agency (EEA) del Settembre 2007 di proteggere il pubblico dai danni provocati dai CEM mediante misure appropriate e proporzionali per evitare minacce importanti, raccomandazione che contrasta con l'immobilismo dell'OMS che gioca a manipolare l'orologio, spostandone le lancette al 2015 per una stima definitiva dell'impatto che i CEM hanno sulla salute umana; 6) nonostante già oltre 10 anni fa (10.03.99) il Parlamento Europeo avesse stabilito, approvando una relazione scientifica preparata da una propria commissione (relatore l'On. G. Tamino), che era necessario applicare alle esposizioni a CEM il Principio di Precauzione e il Principio ALARA (minimizzazione ai livelli più bassi ragionevolmente raggiungibili), la CE non ne ha tenuto conto varando la risoluzione 1999/519 con la quale, come si è detto, ha fatto propri i limiti dell'ICNIRP;…." . Pertanto la Commissione propone al Parlamentodi:*

"1) reiterare la richiesta al Consiglio della CE, già presente nella risoluzione del PE del Settembre 2008 (v. sopra), di rivedere la raccomandazione 1999/519/CE adottando limiti di

esposizione più cautelativi nei confronti dei CEM tra 100 KHz e 300 GHz (RF e MO), tenendo conto delle migliori tecnologie presenti sul mercato;

2) elaborare, in collaborazione con gli esperti degli Stati membri e i settori industriali interessati una guida sulle possibilità tecnologiche e sulle norme più efficaci per ridurre l'esposizione e.m. e rendere più sicura la protezione dagli effetti dannosi dei CEM;

3) chiedere alla Commissione di avviare durante la legislatura 2009-2014 un programma di biocompatibilità e.m. tra i CEM artificiali e le radiazioni e.m. utilizzate dal corpo umano (e non dai "ghosts", fantasmi, cioè manichini artificiali a sembianza umana ma del tutto inerti, usati dall'ICNIRP per individuare i limiti e.m. che prevengono solo gli effetti termici, n.d.a.); 4) premere perché la Commissione acceleri la messa in opera della direttiva 2004/40/CE sulla riduzione dei limiti nelle esposizioni lavorative e assicurarsi che i lavoratori siano effettivamente protetti dagli effetti dei CEM;……..”

TABELLA A2.1. RISULTATI DI STUDI EPIDEMIOLOGICI SULL’INCIDENZA DI NEOPLASIE IN ESPOSIZIONI OCCUPAZIONALI A RADIOFREQUENZE E MICROONDE

AUTORE	ESPOSIZIONE	SOGGETTI	NEOPLASIE AUMENTATE	OSSERVAZIONI
LILIENFELD et al., 1978 [1]	MO, documentata	Residenti presso l’ambasciata americana a Mosca (1953-1976)	• Tutte le neoplasie (adulti e bambini): RR adulti=2,7; RR bambini=3,0; p<0,05 • Leucemia (adulti e bambini): RR=2,7; p<0,05 • Cervello (adulti): RR=1,9; p<0,05 • Mammella (adulti): RR=2,1; p<0,05	• Dati basati su 33 casi di neoplasia • Dati riportati come negativi nello studio originale, ridiscussi da GOLDSMITH, 1995 (130) • Intervallo di tempo breve dall’esposizione rispetto al tempo di latenza delle neoplasie
GARLAND et al., 1988 [2]	Radar, apparecchiature elettriche. Assegnata in base alla categoria professionale	Personale della Marina e dell’Aviazione americana (solo maschi) (1974-1979)	• Testicolo: RR=6,2; IC95% = 1,9-13; p<0,001	• Indagate solo le neoplasie del testicolo • Dati basati su 143 casi di tumore al testicolo • Anzianità lavorativa: <2 anni (34%), <4 anni (58%) • Eccesso di rischio per i “tecnici delle apparecchiature di supporto aereo” e per altre 3 categorie professionali, fra le 110 individuate • Esposizione anche a numerosi altri inquinanti

GARLAND et al., 1990 [3]	Radar, apparecchiature elettriche Assegnata in base alla categoria professionale	Personale della Marina e dell'Aviazione americana (solo maschi) (1974-1984)	• Leucemia mieloide: RR=2,4; IC95% = 1,0-5,0; p<0,05	• Indagate solo le leucemie; dati basati su 102 casi di leucemia • Anzianità lavorativa: <2a (32%); <4a (56%) • Eccesso di rischio evidenziato per gli "elettricisti" e non per le altre 94 categorie professionali individuate (tra le quali i tecnici elettronici e gli addetti radio) • Esposizione anche a numerosi inquinanti

SZMIGIELSKI 1996 [4]	RF/MO (150-3500 MHz) 80% delle situazioni: 0,1-2 W/cm^2; 15%:2-6 W/cm^2 Assegnata sulla base della categoria professionale	Personale militare di carriera polacco: circa 128.000 persone, delle quali circa 3.700 esposte a RF/MO (solo maschi) 1971-1985	• Tutte le neoplasie: RR=2,07; IC95%: 1,12-3,58; p<0,05 • Stomaco: RR=3,24; IC95%=1,85-5,06; p<0,01 • Colon-retto: RR=3,19; IC95%=1,54-6,18; p<0,01 • Cute, incluso melanoma: RR=1,67; IC95%=0,92-4,13; p<0,05 • Sistema nervoso, incluso tumore del cervello: RR=1,91; IC95%=1,08-3,47; p<0,05 • Linfoma di Hodgkin:RR=2,96; IC95%=1,32-4,37; p<0,05 • Linfoma non-Hodgkin: RR=5,82; IC95%=2,11-9,74; p<0,001 • Leucemia Cronica linfocitica: RR=3,68; IC95%=1,45-5,18; p<0,01 • Leucemia Acuta linfoblastica: RR=5,75; IC95%=1,22-18,16; p<0,05 • Leucemia Cronica mielocitica: RR=13,90; IC95%=6,72-22,12; p<0,001 • Leucemia Acuta mieloblastica: RR=8,62; IC95%=3,54-13,67; p<0,001	• Indagata l'incidenza di tutte le neoplasie • Dati sulle neoplasie del tratto genitale non presentati

TYNES et al., 1996 [7]	RF/MO : 405 KHz – 25 MHz (documentata)	2.618 operatrici addette a radio e telegrafo su navi mercantili in Norvegia (solo femmine) 1920-1980	• Tutte le neoplasie: RR=1,2; IC95%=1,0-1,4 • Mammella:RR=1,5; IC95%=1,1-2.0 • Mammella (età: 50-54 anni): RR=2,5; IC95%=1,3-4,3 • Utero: RR=1,9; IC95%=1,0-3,2 • Retto: RR=1,8; IC95%=0,7-3,9	• Indagata l'incidenza di tutte le neoplasie nel periodo 1961-1991 • Dati basati su 140 casi di neoplasie • Esposizione anche a 50 Hz (ELF)

			• Cervello: RR=1,0; IC95%=0,3-2,3 • Leucemia: RR=1,1; IC95%=0,1-4,1 • Rene: RR=1,6; IC95%=0,3-4,8	
GRAYSON 1996 [8]	RF/MO: assegnata in base alle categorie professionali	Personale (solo maschi) dell'aviazione militare americana (circa 880.000 persone) 1970-1989	• Cervello: OR = 1,39; IC95% = 1,01-1,90	• Studio caso-controllo; indagati solo i tumori del cervello; dai basati su 230 casi di tumore al cervello • Informazioni sull'esposizione (solo potenziale) molto approssimative
THOMAS et al., 1987 [9]	RF/MO: assegnata in base alle categorie professionali	Personale (solo maschi) impiegato in professioni con uso di strumentazione elettrica ed elettronica	• Cervello: OR = 1,6; IC95%=1,0-2,4	• Studio caso-controllo: indagati solo i tumori del cervello • Informazioni sull'esposizione (solo potenziale) molto approssimative
HOLLY et al., 1996 [10]	MO: radar Autoriportata in questionario	221 casi di melanoma intraoculare, 447 controlli (solo maschi) 1978-1987	• Melanoma intraoculare: OR = 2,1; IC95% = 1,1 – 4,0	• Studio caso-controllo: indagato solo il melanoma intraoculare
DAVIS e MOSTOFI 1993 [11]	MO: radar palmare Documentata	340 Ufficiali di Polizia (solo maschi) di Washington 1963-1991	• Testicolo: RR = 6,9; p<0,001; IC95%=2.4-14.5	• Indagate solo le neoplasie del testicolo; dati basati su un "cluster" di 6 casi di tumore al testicolo • Durata media dell'esposizione: 14,7 anni; minima: >4,5 anni • Esclusi altri fattori di rischio noti; rischio sottostimato secondo gli Autori •
HAYES et al., 1990 [12]	RF e MO : autoriportata in un questionario	271 casi di tumore del testicolo e 259 controlli (età: 18-42 anni) 1976-1981	• Testicolo: OR = 3,1; IC95% = 1,4-6,9	• Studio caso-controllo; indagate solo le neoplasie del testicolo • Scarsa concordanza fra l'esposizione a RF e MO autoriportata e quella assegnata sulla base del "job title" • Rischio associato solo all'esposizione autoriportata
RICHTER et al., 2000 [13]	MO: radar Documentata in quasi tutti i casi; note anche frequenza, intensità e durata dell'esposizione	15 tumori in pazienti-sentinella e loro colleghi, tecnici addetti ai radar	• Tutti i tumori: RR<1,0; p<0,001 • Sistema ematolinfatico: RR=2,5; p<0,001 • Solo linfomi: RR=4,0; p<0,001	• "Cluster" di 15 casi autoriportati • Insorgenza delle neoplasie in età molto giovane
ROBINETTE et al., 1980 [14]	RF e MO : radio e radar su navi e aerei della Marina americana Assegnata in base alla categoria professionale	Circa 40.000 addetti a radio, radar; tecnici elettronici e collaboratori; tecnici dei controlli antincendio (solo maschi) impiegati durante la guerra di Corea 1950-1954	• Tutte le neoplasie: SMR=1,4; n.s. RR=1,0; IC95% = 0,9-1,3 • Apparato respiratorio:SMR=2,2; n.s. RR=1,1; IC95%=0,8-1,8 • Sistema linfatico ed	• Indagate tutte le neoplasie (mortalità e incidenza); dati basati su 943 casi di morte per neoplasia, e 279 casi di incidenza di neoplasia • Informazioni sull'esposizione (solo potenziale) molto approssimative • Carente classificazione degli esposti e quindi

			emopoietico: SMR=1,6; n.s.; RR=1,2; IC95%=0,8-1,7 • Leucemia:RR=1,3; IC95% = 0,7-2,2	possibile sottostima degli effetti, segnalate dagli Autori stessi
FINKELSTEIN 1998 [15]	MO: radar palmari. Documentata	Ufficiali di Polizia dell'Ontario (Canada) (solo maschi)	• Tutti i tumori: RR = 0,9; IC95%=0,8-1,0 • Cervello:RR=0,8; IC95%=0,5-1,4 • Leucemia:RR=0,6;IC95%=0,3-1,0 • Testicoli:RR=1,3;IC95%=0,9-1,8	• Indagati tutti i tumori
MUHM 1992 [16]	RF/MO: 10 KHz-100 MHz per almeno 30g anche non consecutivi, nell'arco di 6 mesi. Desunta dall'Archivio del S.S. Aziendale	304 soggetti maschi esposti durante l'esecuzione di test 1970-1986	• Sistema emopoietico:SMR=4,96; IC95%=0,90-12,75 • Linfomi: SMR=9,47; IC95%=0,24-52,78 • Leucemia mieloide cronica: SMR=7,75; IC95%=0,94-28,01	• Indagate tutte le neoplasie; dati basati su 4 casi di morte per neoplasia • Intervallo medio dall'esposizione: 11 anni (+/- 5 anni)
LAGORIO et al., 1997 [17]	RF emesse da apparecchi per saldatura nell'industria plastica Documentata	481 femmine 1962-1992	• Tutte le neoplasie: SMR = 2,0; IC95%= 0,7-4,3	• Indagate tutte le neoplasie; dati basati su 6 decessi per neoplasia • Esposizione anche a solventi e a cloruro di vinile

A2.8. Conclusioni per Appendice 2.

A fronte di una massa veramente considerevole di dati sperimentali che mettono in evidenza effetti biologici e sanitari e possibili meccanismi d'azione a livello molecolare, cellulare e fisiologico dei CEM, appaiono oggi insostenibili e assolutamente ingiustificate le posizioni dell'OMS, della Commissione Europea (CE), della IARC attraverso il "Progetto Interphone" da questa coordinato, di fatto ferme a linee-guida fissate alla fine degli anni '90, ma fondate su presupposti teorici datati di oltre mezzo secolo.

Tali linee-guida, infatti, si basano, ai fini della definizione dei limiti di esposizione:

a) solo sugli effetti sanitari, ignorando quindi i dati biologici che li sottendono e che ne chiariscono i meccanismi di induzione;

b) solo sugli effetti definitivamente accertati, in deroga a quanto previsto dal Principio di Precauzione;

c) solo sugli effetti di natura termica, mentre ormai sono ben documentati effetti "non termici" o "a

intensità particolarmente basse";

d) solo sugli effetti acuti, a breve termine, a dispetto dei dati documentati nella letteratura, relativi ad effetti cronici, a lungo termine, in particolare genetici e cancerogenetici. Questa posizione, condivisa anche dai principali Organismi Internazionali e Nazionali preposti alla tutela della salute umana, è aprioristicamente rigida.

Il Principio di Precauzione, nato all'interno di tematiche strettamente ambientali (Rio de Janeiro, 1992) ed entrato a far parte del Trattato Costitutivo dell'Unione Europea (Maastricht, 1994), nella sua estensione agli aspetti sanitari risponde a una politica di gestione del rischio che si applica in circostanze con un grado elevato di incertezza nei dati scientifici, e riflette la necessità di intraprendere iniziative atte a limitare un rischio potenziale serio, senza dover aspettare il risultato ultimo e definitivo delle ricerche scientifiche. In sostanza esso suggerisce di adottare misure per prevenire un danno, anche quando non si è del tutto certi che tale danno si verificherà. Aderendo a questa impostazione, il Principio di Precauzione era stato ben incorporato tra la fine degli anni '90 e l'inizio degli anni 2000 nelle nostre normative nazionali e regionali sulle esposizioni a CEM e da ciò era derivata anche la necessità di tutelare la salute, soprattutto dei soggetti più sensibili (bambini, anziani, malati, soggetti ipersensibili ai CEM), mediante il perseguimento di "obiettivi di qualità" che minimizzassero le esposizioni, anche a valori inferiori a quelli raggiungibili in base ai limiti di esposizione e ai valori di cautela.

Purtroppo, in materia di CEM, a partire dal 2003, tutto ciò è stato vanificato dall'emanazione di norme legislative che hanno reso di fatto inapplicabile il Principio di Precauzione e gli "obiettivi di qualità". E questo avviene proprio mentre i dati scientifici prodotti negli ultimi 10 anni, che documentano con sufficiente evidenza e ripetitività l'induzione di effetti biologici e di veri e propri danni alla salute umana sia a breve che a lungo termine, rendono persino superfluo il richiamo al Principio di Precauzione. Tant'è vero che recentemente si vanno moltiplicando le richieste di seri provvedimenti cautelativi nei confronti delle esposizioni a CEM, non solo da parte di organismi scientifici e associazioni mediche altamente qualificate, ma persino del Parlamento Europeo e della sua Commissione Ambiente e Sanità Pubblica.

Pertanto l'urgenza di una revisione migliorativa delle leggi nazionali e regionali sull'elettrosmog, in particolare per quanto riguarda la riduzione dei limiti espositivi e dei valori di cautela, il ripristino del principio di minimizzazione delle esposizioni tramite gli obiettivi di qualità, la pianificazione e la programmazione cautelativa dello sviluppo delle installazioni che emettono CEM da parte delle Regioni e dei Comuni, accompagnata dall'informazione e dalla partecipazione delle popolazioni, trova la sua logica giustificazione nei dati più recenti della letteratura scientifica che documentano effetti biologici e sanitari dannosi per la salute umana, sia immediati che a lungo termine, prodotti da radiazioni elettromagnetiche a bassissima, alta e altissima frequenza, come riepilogato in questa nota.