



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI SIENA

FACOLTA' DI MEDICINA E CHIRURGIA

Corso di Laurea in Medicina e Chirurgia

Dipartimento di Fisiopatologia, Medicina Sperimentale e Sanità Pubblica

**La radioattività naturale ed i campi elettromagnetici
artificiali: sistemi di protezione**

Relatore:

Chiar.mo Prof. Nicola Nante

Tesi di Laurea di:

Elisabetta Galli

Anno Accademico 2007 - 2008

INDICE

1. <u>INTRODUZIONE</u>	1
2. <u>Le radiazioni naturali e artificiali: fonti di inquinamento ambientale</u>	2
3. <u>Rapporti tra campi elettromagnetici e salute umana</u>	11
4. <u>Strumenti di misura delle radiazioni naturali del sottosuolo e dei campi elettromagnetici artificiali</u>	16
5. <u>Apparecchiature medicali che possono rivelare alterazioni da elettromagnetismo</u>	20
6. <u>Sistemi di protezione ambientale</u>	22
6.1 <i>Esperienze internazionale</i>	24
6.2 <i>Esperienza italiana</i>	25
7. <u>I telefoni cellulari e le implicazioni sanitarie sull'uomo</u>	26
7.1 <i>Sistemi di protezione individuale</i>	33
8. <u>CONCLUSIONI</u>	35
9. <u>BIBLIOGRAFIA</u>	36
10. <u>RIASSUNTO</u>	41

1. INTRODUZIONE

L'uomo e l'ambiente rappresentano un sistema interattivo basato su un equilibrio instabile. L'ambiente può alterare lo stato psicofisico dell'uomo e le cause principali che determinano tali disturbi possono essere di origine naturale o artificiale. Particolare attenzione è stata posta sulle radiazioni ionizzanti e non ionizzanti e sui possibili danni che sono in grado di indurre sull'uomo. Per più della metà della nostra vita siamo esposti a radiazioni cosmiche e telluriche, come per esempio il già noto gas radon ed i prodotti del suo decadimento radioattivo (polonio 210 e più raramente 218), il cesio, il benzene, il cadmio, il trizio ed il selenio. L'esposizione continua e ripetuta dell'uomo a queste radiazioni provoca alterazioni a livello molecolare (danno biologico) che in taluni casi possono evolvere in danno sanitario. L'esatta consequenzialità ed i meccanismi con cui avvengono questi fenomeni sono ancora oggetto di studio. L'effetto delle radiazioni sull'organismo si evidenzia con una serie di quadri sintomatologici che attualmente è possibile verificare tramite apparecchiature medicali già in uso nella pratica clinica (holter cardiaco, teletermografia). Alle problematiche già note delle radiazioni naturali e dalle più studiate radiazioni di origine artificiale, recentemente si è aggiunta quella legata all'uso sempre più intensificato dei telefoni cellulari. Dalla letteratura si evince come le onde elettromagnetiche provenienti dai telefoni cellulari producano un danno biologico sull'uomo, ma rimane da determinare l'evoluzione in danno sanitario; tuttavia l'uso prolungato del telefono cellulare spesso è in associazione ad un aumento di sintomi come la cataratta o la cefalea e talvolta ad un aumento dell'incidenza di alcuni tipi di tumori del sistema nervoso (glioma). Con il passare degli anni e con lo sviluppo di tecnologie sempre più avanzate, è stato possibile pensare a sistemi di protezione a livello ambientale(ad esempio dispositivi da installare nelle abitazioni) o a livello individuale. Ad esempio per le radiazioni elettromagnetiche emesse dai telefoni cellulari; è prossimo all'immissione in commercio un dispositivo che appare riduca l'entità del danno. Gli obiettivi di questo lavoro sono stati i seguenti:

- descrivere la correlazione tra campi elettromagnetici naturali, artificiali e salute umana;
- illustrare alcune modalità di protezione dagli stessi utilizzando meccanismi di barriera ambientale;
- analizzare la possibilità di difendersi dagli

stessi (in particolare quelli generati dai telefoni cellulari) attraverso l'impiego di dispositivi di protezione individuale.

2. Le radiazioni naturali e artificiali, fonti di inquinamento ambientale

L'uomo, come tutto ciò che vive ed esiste, è composto da infinitesime particelle: i *fotoni*_[1], quanti di luce con vita infinitesimale, che possiedono, trasportano e realizzano nella materia un'informazione che interagisce con l'ambiente e lo modifica. L'uomo non può essere definito riduttivamente un insieme di cellule e reazioni biochimiche, ma è piuttosto un sistema comunicativo multidirezionale aperto, interattivo, informato ed informante, dinamico, adattabile e capace di provocare modificazioni dell'ambiente in cui vive, tanto quanto lo stesso ambiente è capace di provocare modificazioni in esso; l'uomo è dunque un apparato ricetrasmittente, posto tra micro e macrocosmo, in grado di dare e ricevere informazioni, e il recepire tali informazioni porta l'organismo ad attuare modificazioni di se stesso. È intuibile quanto possa essere importante l'ambiente in cui l'uomo è inserito e vive, e quanto questo incida sulla sua salute e sul suo benessere. Le cause_[2] che producono questi disturbi possono distinguersi in naturali, artificiali_[3], individuali.

- *naturali dell'ambiente*: corsi d'acqua sotterranei, falde acquifere in movimento, paludi, pozzi artesiani, falde di petrolio, sacche di gas, cavità sotterranee e gallerie, alcuni minerali, gas radon e suoi decadimenti, modificazioni di campi magnetici terrestri e tutto ciò che comporta un incremento della radioattività naturale ;

- *artificiali*: canalizzazioni di acque e gas, inquinamenti elettrici, alte e basse frequenze, qualsiasi materiale elettrico ed elettronico , microonde, inquinamento ed emanazioni chimico-fisiche;

- *individuali*: dovuti a cause endogene (fattori genetici) o a cause esogene (stress, incidenti, traumi, interventi chirurgici, malattie infettive, occlusioni dentali e posture o abitudini voluttuarie).

Le radiazioni sono un mezzo attraverso il quale in natura avviene il “trasferimento” di energia da un punto all'altro dello spazio. Per “trasferimento” si intende la quantità di energia che viene perduta dalla sorgente nell'emissione della radiazione e che si ritrova nel luogo dove si è avuto l'assorbimento della

radiazione emessa. Il termine radiazione definisce un fenomeno fisico: il trasferimento di energia da una parte all'altra della materia. Si conoscono radiazioni *non ionizzanti*_[4] e radiazioni *ionizzanti*_[5].

Le Radiazioni non Ionizzanti

Vengono definite anche radiazioni luminose e sono radiazioni elettromagnetiche caratterizzate da bassa energia e scarso potere penetrante. Si dividono in raggi *infrarossi*, *visibili* e *ultravioletti*.

Le Radiazioni Ionizzanti

La ionizzazione consiste nell'allontanamento di elettroni dall'orbita esterna degli atomi colpiti dalle radiazioni, con conseguente formazioni di ioni, cioè di particelle elettricamente cariche. Le radiazioni ionizzanti hanno origine naturale, cosmica e terrestre; si dividono, in base alla loro natura e alle loro proprietà, in elettromagnetiche e corpuscolari. Le radiazioni ionizzanti (Tab. 1) di origine naturale terrestre, quindi, sono prodotte da elementi radioattivi presenti nell'aria, nell'acqua marina, negli organismi viventi ed in alcuni minerali.

Tipo	Massa	Carica	Natura	Sorgente
Alfa	4	+2	Atomo elio	Decadimento radioattivo
Beta (negatone)	0.0005	-1	Elettrone negativo	Decadimento radioattivo e betatrone
Beta (positrone)	0.0005	+1	Elettrone positivo	Decadimento radioattivo
Protoni	1	--	Nucleo idrogeno	Ciclotroni
Mesoni	273 volte un elettrone	-1	Particelle negative	Acceleratori
Nuclei pesanti	Varia	Varia	Atomi (carbonio ecc.) privati di uno o più elettroni	Acceleratori
Neutroni	1	0	Neutrone	Reattori atomici, ciclotroni
Raggi gamma	0	0	Radiazione elettromagnetica	Decadimento radioattivo
Raggi X	0	0	Radiazione elettromagnetica	Apparecchi per raggi X

Tab. 1 Classificazione delle radiazioni ionizzanti (modificato da: Attualità in oncologia

G.Giordano Lanza; Piccin)

Le radiazioni ionizzanti, quando interagiscono con la materia biologica danno luogo ad una serie di effetti che si manifestano e si possono studiare a diversi livelli: fisico, chimico, cellulare, tessutale e d'organo. Dal danno primario a livello molecolare, attraverso processi di amplificazione, si giunge, dopo un periodo di "latenza", alla manifestazione del danno nelle sue molteplici espressioni patologiche. Quasi due terzi di tutte le radiazioni alle quali l'uomo è sottoposto nell'arco della sua vita hanno origine da quelle naturali (cosmo-telluriche). Il radon è una tra le radiazioni naturali pericolose che si presenta in

forma di gas e per il quale in molti paesi, incluso la Comunità Europea, esistono già dei limiti raccomandati per ambienti lavorativi e residenziali. Dopo il fumo di tabacco il radon, che può contaminare anche l'acqua, è uno tra i più preoccupanti cancerogeni conosciuti anche se occorre precisare che molti individui, seppur ne siano esposti ad elevati livelli, non necessariamente corrono il pericolo di sviluppare patologie tumorali, che più frequentemente si osservano a livello dell'apparato respiratorio. Da alcune nostre osservazioni è stata rilevata la presenza, a livello vibrazionale, di polonio e gas radon in molti individui residenti in Campania (area con forte presenza di gas radon a causa del tufo e della pozzolana del Vesuvio)^[6], con deposito nei bronchi-polmoni, della tiroide, della gola e nelle prime vertebre cervicali, così come durante il monitoraggio ambientale effettuato in Basilicata sono state riscontrate alte concentrazioni di Cesio 137 e Polonio 210^[6]. È importante precisare che il polonio si presenta sottoforma di radiazione e non di gas e per questo motivo il pericolo è presente anche ai piani più alti di un edificio, portando, nel tempo, la persona irraggiata ad un'alterazione del suo stato di salute. Il meccanismo patogenetico delle lesioni da corrente elettrica o alternata (a bassa frequenza) è proporzionale all'entità dei fenomeni elettrochimici, termici e alla stimolazione della muscolatura (contrazione dei muscoli respiratori e masticatori) e cardiaca (alterazioni del ritmo). Quando l'organismo è esposto ad una corrente elettrica diretta o indiretta, gli effetti lesivi dipendono dall'intensità e dalla durata dell'esposizione e dalla conduttività o resistenza dei tessuti esposti. La bassa frequenza^[7] causa migrazione di ioni e fenomeni di polarizzazione della membrane (si intende il senso di rotazione, o spin, che una membrana cellulare presenta; la polarità è un fenomeno magnetico e può essere positiva (+) o negativa (-): quella positiva ha direzione di rotazione in senso orario, mentre quella negativa in senso antiorario), che spiegano le modificazioni di solubilità delle proteine cellulari come pure le extrasistoli e la fibrillazione a carico del cuore: è, in conclusione, la causa di lesioni che producono contrazioni muscolari e fenomeni spastici. Le onde elettromagnetiche causano disturbi biologici differenti in base alla frequenza che possiedono. L'unità di misura della frequenza è l'Hertz (Hz). Avremo quindi^[8]: da 25 a 30 megahertz (MHz) (radiofrequenze CB, taxi): penetrano in tutti i tessuti,

nelle ossa ed in particolare nel cervello, nel midollo spinale e nel cristallino dell'occhio; da 88 a 108 MHz (radiodiffusioni FM): penetrano fino a 4 cm di profondità nel cervello, nel midollo spinale e nel cristallino; da 175 a 216 MHz (banda televisiva UHF): interessano soprattutto i bambini in crescita; da 614 a 854 MHz (banda V-UHF televisiva e da 900 a 1800 MHz telefonia mobile): penetrano nel cervello fino a 2 cm ed hanno una profondità energetica dieci volte superiore a quella delle onde FM; da 2450 MHz a 2.5 GHz (radar, satelliti, forni a microonde): penetrano nel cervello da 0.5 a 1 cm e sono dannose per l'occhio, il sangue ed i microrganismi; da 10 a 100 GHz (radar militari e forni industriali): penetrano nel cervello per alcuni millimetri, danno alterazioni ematiche e su microrganismi.

I disturbi che recano i campi elettromagnetici^[9] possono provocare effetti acuti o cronici. Gli effetti acuti sono determinati da campi di entità sufficientemente forte, le cui conseguenze sono percepite dal corpo umano a tal punto da provocare modificazioni fisiche che sono immediate e oggettive e che i soggetti sottoposti a campi elettromagnetici verticali avvertono con precisione, come la vibrazione dei capelli ed un senso di fastidio e formicolio cutaneo soprattutto a livello degli arti superiori. Gli effetti cronici, invece, possono essere determinati da campi di piccola entità, le cui conseguenze non sono valutabili mediante le conoscenze e gli strumenti attualmente disponibili. Non è ancora possibile una chiara comprensione dei meccanismi di interazione dei campi con i sistemi biologici, sia per la complessità intrinseca di questi ultimi sia per la difficoltà di standardizzare un metodo di ricerca. Le indagini, finora condotte, hanno valutato eventuali associazioni tra questi campi ed alcune patologie (sistema riproduttivo, gravidanza, reazioni comportamentali e neurologiche, neoplasie maligne). Le correnti indotte da campi elettrici nei tessuti umani o le vibrazioni molecolari trasformano l'energia fotonica in calore. Le azioni biologiche sono dovute prevalentemente ad alterazioni chimiche delle molecole. Il calore, qualora generato da sufficiente energia, potrebbe causare un danno biologico permanente. Questo fenomeno in genere non si verifica con i campi elettrici in bassa frequenza (si considera quella che varia da 10 a 100000 Hertz), in quanto l'energia trasferita è di piccola entità, per cui il calore provocato può essere facilmente controllato dai

normali meccanismi di termoregolazione. Le principali modificazioni biologiche avvengono a livello del nucleo e della membrana cellulare con conseguenti alterazioni nel sistema immunitario, endocrino_[10], riproduttivo, nervoso e nella produzione di melatonina_[11], nonché nella sfera comportamentale_[12,13], e sembrano essere anche coinvolte nella promozione della cancerogenesi. I campi elettrici e magnetici (per campo magnetico si definisce una perturbazione dello spazio determinata dalla presenza, intorno, di una distribuzione di corrente elettrica o di massa magnetica; l'unità di misura è l'Ampere su metro A/m), producono alcuni precisi effetti biologici_[9] (Tab. 2).

Soglia	Effetto	
0.08 W/kg	Limite di sicurezza per l'esposizione della popolazione	
1.2 W/kg	Valore tipico del calore prodotto spontaneamente da un organismo umano in condizioni di riposo (metabolismo basale)	
4 W/kg	Valore minimo per cui sono stati evidenziati effetti sperimentali su volontari, in caso di riscaldamento sistemico	
100 W/kg	Soglia tipica per danni termici su organi bersaglio (cataratta, sterilità)	
Soglia	Frequenza	Effetto
10 mA/m ²	20 Hz	Valore minimo per allucinazioni visive
100 mA/m ²	10-400 Hz	Valore minimo per la stimolazione dei recettori nervosi periferici (percezione di formicolii e sensazioni analoghe)
0.5 A/m ²	10-100 Hz	Valore tipico per la stimolazione di contrazioni nella muscolatura scheletrica
0.08 A/m ²	10-100 Hz	Valore minimo per l'eccitazione di extrasistoli ventricolari
2 A/m ²	10-100 Hz	Soglia minima di innesco della fibrillazione ventricolare con tempi di stimolazione di almeno un secondo

Tab. 2 Effetti dei campi elettrici e magnetici. (Modificato da: Inquinamento elettromagnetico Andreuccetti, Bevitori; Angeli)

Molti di questi sono di piccola entità, difficili da registrare in particolare nell'esposizione di breve durata. Per quanto concerne le frequenze estremamente basse (Extremely Low Frequencies, ELF)_[8], a 50-60 Hz, alcune indagini epidemiologiche su bambini residenti in abitazioni vicine ad installazioni elettriche hanno evidenziato un possibile aumento del rischio di leucemie_[14,15,16,17] e di tumori cerebrali, con esposizioni a livello di induzione magnetica di 0.2-0.4 µT. Non è stata dimostrata un'azione diretta dei campi ELF sul materiale genetico cellulare, tuttavia si è portati a pensare che l'eventuale effetto cancerogeno_[18,19,20] dipenda non da un'azione diretta, ma dalla promozione o co-promozione dell'evento cancerogeno. In assenza di danni genetici, un'esposizione può

comunque favorire l'insorgenza di una neoplasia mediante meccanismi che promuovono la proliferazione cellulare. La conoscenza dei meccanismi biologici è ancora incompleta e deve essere approfondita. I metodi di valutazione per il rischio della salute sono rappresentati da ricerche su cellule (studi in vitro), sugli animali, sull'uomo e da indagini epidemiologiche.

Le fonti d'inquinamento ambientale si distinguono principalmente in: naturali e artificiali. Le più importanti sono le radiazioni naturali che provengono quasi esclusivamente dal sottosuolo; tra le più conosciute il gas radon ed il polonio, tra quelle meno note le radiazioni da vena d'acqua sotterranea in movimento, da anomalie del sottosuolo (cavità sotterranee) da conducibilità elevata del sottosuolo e le radiazioni causate da Cesio 133, Palladio, Cadmio, Trizio e Selenio. Le fonti di inquinamento ambientale artificiali, cioè causate dall'uomo, sono l'elettrosmog (inquinamento da campo elettromagnetico artificiale), i VOC (sostanze organiche volatili), il monossido di carbonio, il benzene e l'amianto. Da studi effettuati da K.E. Lotz_[21] sulle correlazioni tra energie radianti ionizzanti e vene o corsi d'acqua sotterranei, è emerso che l'energia radiante naturale del sottosuolo è dovuta ad un irraggiamento di neutroni sulla superficie del terreno. Tale processo è caratterizzato da un'energia radiante termica non dovuta ad una perdita di calore del nucleo terrestre, bensì prodotta da un processo nucleare naturale di fissione degli atomi a livello della crosta terrestre; qui si formerebbero i raggi alfa, beta e gamma che verrebbero solo in parte assorbiti dalla terra stessa, mentre i neutroni (particelle neutre) raggiungerebbero la superficie del suolo. I neutroni hanno la capacità di penetrare la materia molto più facilmente delle particelle alfa, beta e gamma. Sempre secondo Lotz_[21], il neutrone si libera con un'energia di diversi milioni di elettronvolt (eV), e nel momento della collisione con nuclei di idrogeno viene frenato fino al raggiungimento dell'energia cinetica degli atomi di un gas, cioè 0.025 eV, divenendo un neutrone termico. Anche se debole, tale irraggiamento di neutroni fuoriesce dal terreno e cede la sua energia radiante al suolo terrestre, ed essendo presente in tutto il pianeta, diviene una costante dell'irraggiamento ambientale. Esso si esprime come energia radiante naturale del suolo e speciali strumenti di misurazione, come ad esempio il Geopotenziometro_[6], sono in grado di misurare tale emissione. Il gas radon_[22] è

un gas radioattivo che deriva dal decadimento dell'uranio e del torio presenti nel terreno ed in molti materiali da costruzione. Le sorgenti principali del gas radon sono il tufo, il granito, il cemento e la sabbia. Essendo un gas pesante, tende a fermarsi vicino al terreno e ad essere assorbito dalle costruzioni. Il gas radon si concentra ai piani più bassi delle abitazioni in funzione delle caratteristiche delle costruzioni stesse, quindi il suo assorbimento può dipendere dalla porosità dei materiali, dai passaggi tecnici, dai ricambi d'aria ed altro ancora. L'inalazione del radon aumenta il rischio di degenerazione cellulare al polmone: in un ambiente in cui è presente in quantità doppia rispetto alla norma (evento assai frequente), tale rischio è paragonabile a quello che corre un medio fumatore; per un individuo già fumatore la probabilità viene decuplicata. Negli USA, nei Paesi Scandinavi, in Inghilterra, in Francia e in Germania esistono da anni specifiche normative di sicurezza. L'Italia, invece, non avendone una propria si attiene ai limiti raccomandati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS). Il gas radon è presente ovunque nella crosta terrestre e la sua quantità varia in base al tipo di terreno e alle sue anomalie (presenza o meno di faglie geologiche, vene d'acqua); esso raggiunge i piani vicini alla terra diminuendo gradualmente ai piani più alti (gas pesante). Il radon, essendo una radiazione instabile, decade ulteriormente trasformandosi in polonio 210 e più raramente in polonio 218 e, per ultimo, in piombo. Questi tre decadimenti, essendo in radiazione, possono raggiungere anche i piani molto alti. Il gas radon e lo stesso polonio sono energie del sottosuolo ritenute dall'OMS molto pericolose. Nella classifica del rischio degenerativo, sono al primo posto insieme al benzene e all'amianto. Le correnti d'acqua sotterranea hanno proprietà elettrochimica e provocano, strofinando con il terreno sottostante, correnti elettriche che vengono misurate in millivolt; il loro potenziale elettrico va ad influenzare l'irraggiamento dell'energia radiante naturale. Nelle vicinanze di un corso d'acqua si è osservato un abbassamento della griglia di neutroni termici con una concentrazione di raggi gamma in superficie, là dove esiste una corrispondenza con la presenza della vena d'acqua sotterranea. L'acqua ha un altro potere da non sottovalutare: essa è in grado di drenare tracce di radioattività del sottosuolo caricandone qualsiasi materiale, (pietre, argilla, ghiaia), che diventano a loro volta radioattivi. La patogenicità dell'irraggiamento

viene accentuata in presenza di acqua inquinata da residui chimici o organici (pozzi di scarico, fogne). Le energie radianti ionizzanti delle vene d'acqua sotterranee sono causate da due tipi di fenomeni sovrapposti: lo sfregamento con il terreno delle molecole di acqua in movimento, tanto da risultare perfettamente rilevabile il percorso della falda sotterranea, e l'effetto condensatore dell'acqua che assorbe l'energia ionica della terra emettendo di conseguenza scariche di radiazioni "gamma-ionizzanti". Tali fenomeni si rilevano e si evidenziano sulla superficie terrestre, specie in corrispondenza delle falde acquifere, con un potenziamento esponenziale laddove ci siano molteplici incroci sovrapposti di falde acquifere sotterranee in movimento, di radon, di faglie, di cavità del sottosuolo e di altre energie radianti telluriche. Le faglie sono spaccature o lesioni del terreno, oppure corrispondono all'incontro tra terreni di diversa natura e con caratteristiche di conducibilità elettrica molto differente (differenza di potenziale elettrico importante), come per esempio l'incontro argilla (bassa resistività) e sabbia asciutta (alta resistività). In corrispondenza delle faglie sono presenti energie radianti ionizzanti. Sulla superficie del suolo ed in corrispondenza di una faglia sotterranea è presente un irraggiamento dell'aria da energie radianti di tipo gamma il cui valore può essere ben cinque volte superiore rispetto al terreno adiacente. Tale irraggiamento sembra essere prodotto dal deposito di minerali radioattivi, seguito dal passaggio di acqua sotterranea sul fondo di faglie (faglie umide), e dalla risalita di gas radioattivi concentrati, permanenti nel sottosuolo. L'irraggiamento è molto più intenso di notte e quindi è fondamentale, specialmente per le aree residenziali, un controllo della presenza di faglie nel sottosuolo per diagnosticare se il luogo è valido per edificare o debba essere reso tale tramite l'utilizzo di meccanismi di barriera; le cavità nel terreno fanno da serbatoio di accumulo dei gas presenti in certe quantità nel sottosuolo, che vengono rilasciati in dose concentrata, seppur lentamente, con incremento delle radiazioni sulla superficie terrestre. Queste energie che fuoriescono dalla Terra attraversano tutti i piani di ogni comune edificio per centinaia di metri nell'atmosfera e alcuni di questi potendo perfino raggiungere la troposfera. Quotidianamente soggiorniamo per lungo tempo nei diversi ambienti, specialmente nella zona di riposo (area letto), ed è proprio in queste microaree che

si produce un maggiore stress radioattivo. Ci sono particolari aree dove, contemporaneamente, si accumulano da una a sei energie radianti telluriche naturali sovrapposte (per ogni energia si intende la carica radiante causata da un fenomeno del sottosuolo, per esempio un'energia è data da radiazioni di gas radon, un'altra energia può essere rappresentata da faglia e così a seguire). Per questo motivo siamo sollecitati da un carico di stress biofisico importante. Ci sono due fenomeni che cambiano in funzione meteorologica e stagionale. Infatti, durante le piogge si ha un aumento della presenza di acqua nel sottosuolo che provoca flussi di vene d'acqua sotterranee, le quali possono anche non essere presenti durante il periodo estivo. Durante l'inverno, dove c'è innevamento, è stata rilevata una maggiore presenza di gas radon nelle case. La quantità di gas radon in inverno può anche raddoppiare rispetto al periodo estivo, quindi, si può dedurre che sia proprio la stessa neve ad impedire la fuoriuscita di gas radon dai luoghi chiusi, bloccandolo parzialmente all'interno delle case; tale problema si amplifica a causa della mancanza di aerazione naturale considerate le temperature esterne molto basse e la difficoltà nel riscaldare gli ambienti rapidamente dopo l'aerazione di locali. Mentre le radiazioni cosmiche sono filtrate dall'atmosfera e dalla stratosfera, non esiste un filtro naturale della radiazioni telluriche: esse hanno la caratteristica di penetrare senza impedimento attraverso qualsiasi materiale (rocce, calcestruzzo, legno, materiali sintetici) e possono essere rilevate sia in superficie sia al piano più elevato di un grattacielo; inoltre, l'intensità di queste energie subisce, nell'intensità di potenza, solo piccole diminuzioni man mano che si passa dai piani più bassi a quelli più alti di un edificio. In presenza di tutti questi fattori di energia si produce una quantità di ioni positivi superiore alla norma che provoca uno squilibrio interno al nostro corpo. Gli ioni sono atomi che hanno acquistato o perso un elettrone: gli atomi che hanno perso un elettrone vengono chiamati ioni positivi, mentre quelli che l'hanno acquistato sono ioni negativi. Gli ioni si formano dall'azione di fenomeni naturali come i raggi cosmici, i fulmini e le radiazioni della crosta terrestre sugli atomi dell'aria. Il rapporto di quattro ioni positivi e sei negativi crea un equilibrio, che è intaccato quando il rapporto cambia in favore eccessivo degli ioni positivi^[23]. Quando respiriamo ioni positivi in eccesso, questi vengono messi in circolazione nel

sangue facendo aumentare la produzione di istamina e serotonina^[24]; l'incremento di questi neurotrasmettitori possono avere effetti diversi, come emicrania, reazioni allergiche, irritabilità, gonfiore, riniti, tosse bronchiale e spasmi intestinali, mentre quello dell'istamina può causare disturbi cardiaci, allergie, nausea ed insonnia. Sembra, dunque fondamentale che in un ambiente vi sia una percentuale pari al 60% di ioni negativi e al 40% di ioni positivi^[23].

3. Rapporti tra campi elettromagnetici e salute umana

Da alcuni studi effettuati sulle basse frequenze emerge una correlazione statisticamente significativa fra esposizione ai campi elettromagnetici ed insorgenza di neoplasie maligne, in particolare leucemie e tumori cerebrali^[25,26]. Per i campi ad alta frequenza, non esiste, tuttora, una raccolta sistematica di indagini epidemiologiche.

I primi studi in tal senso furono condotti da Wertherimer e Leeper nel 1979^[25]: essi segnalavano un'associazione tra la leucemia infantile^[26,27,28] e certe caratteristiche dei circuiti che collegavano le case dei soggetti alle linee di distribuzione dell'elettricità. Successivamente, nel 1986, Tomenius^[29] descrisse alcuni casi di degenerazione cellulare relazionati al campo magnetico significativamente più alto presso le case vicine alle linee elettriche. Un'ulteriore conferma ci giunge da Savitz *et al.*^[30] che nel 1988 riscontrarono un incremento del rischio per tutti i casi di degenerazione cellulare, in relazione alla residenza in case con livelli di induzione magnetica superiori a 0.2 μ T.

In base alla correlazione tra il danno recato e la salute dell'uomo sono state create delle classi in cui includere i differenti agenti degenerativi (Tab. 3).

Classe 1	Vi sono elementi solidi e coerenti per ritenere che l'agente sia degenerativo
Classe 2	Vi sono elementi scarsi e/o contraddittori
Classe 2 A	Le evidenze inducono a ritenere che l'agente sia degenerativo, anche se non si può escludere che non lo sia
Classe 2 B	Le evidenze inducono a ritenere che l'agente non sia degenerativo, anche se non si può escludere che lo sia
Classe 3	Non vi sono elementi che inducano a ritenere che l'agente sia degenerativo (né che non lo sia)
Classe 4	Vi sono elementi solidi e coerenti per ritenere che l'agente non sia degenerativo

Tab. 3 Classificazione degli agenti degenerativi (Classificazione dell'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro IARC)

Il National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS) ha definito che i campi ELF ossia con frequenze inferiori a 300 Hz, devono essere considerati come “forse degenerativi per l’uomo” (Classe 2B), mentre le radiazioni naturali appartengono alla classe più pericolosa (Classe 1). Con la definizione di “forse degenerativo per l’uomo” si intende quanto sia elevato il rischio degenerativo e non, invece, quanto l’agente sia degenerativo: in questo caso significa che esiste una limitata evidenza che l’esposizione a campi ELF possa provocare degenerazione cellulare. L’OMS promuove costantemente progetti internazionali sui campi elettromagnetici e salute umana che hanno come obiettivo quello di raccogliere e valutare i dati scientifici e di produrre valutazioni sanitarie sugli effetti cancerogeni dei campi sia ad alta che a bassa frequenza_[31]. La cellula presenta una diversa polarità tra nucleo interno e membrana esterna; la giusta polarità si ha quando la cellula presenta uno spin levogiro (-) sulla membrana esterna ed uno spin destrogiro (+) su quella interna. Le cellule di individui esposti a radiazioni presentano tutte un’inversione di polarità cellulare (Fig. 1).

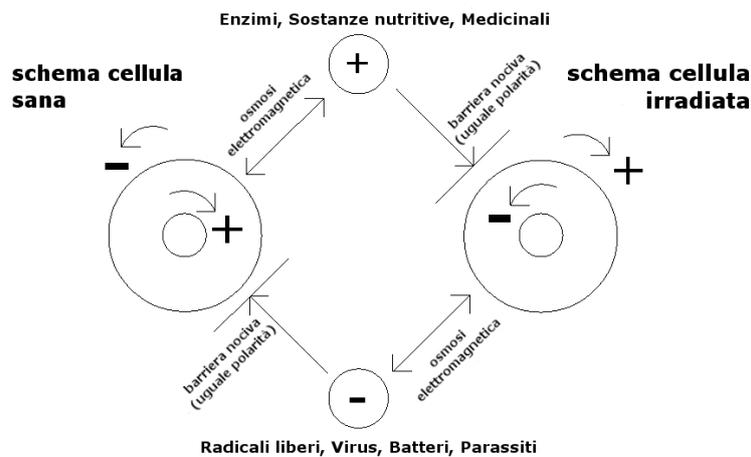


Fig. 1 Reazione cellulare nell’esposizione a radiazioni_[6]

In questi soggetti è evidente uno stato di sofferenza generale dell’organismo e una diversa polarità del sangue che presenta uno spin magnetico antiorario, o nord (-) mentre invece, nella persona non sottoposta per lungo periodo a radiazione naturale, lo spin magnetico ha una polarità oraria, o sud (+), come lo è anche lo spin della luce polarizzata. L’irradiazione cellulare è un disturbo continuo (nell’80% dei casi è dovuto a radiazione naturale che colpisce il posto letto) che disorganizza le cellule, con grande difficoltà, da parte delle stesse, ad effettuare il ricambio biochimico. Si riscontra, più frequentemente, una riduzione dell’attività

catabolica, mentre le alterazioni dell'attività anabolica sono meno frequenti. Le alterazioni di queste due attività si manifestano con una serie di sintomi. Per quanto riguarda l'attività anabolica essi sono rappresentati da nervosismo, sudorazione notturna, disturbi del sonno, calore interno, gola secca, parlata veloce, indole paurosa, predisposizione allo stress e cefalea. I sintomi della ridotta attività catabolica sono costituiti da stanchezza, predisposizione all'ipersonnia, mancanza di concentrazione ed iniziativa, movimento e parlato lenti, paure, rassegnazione, meteorismo, forte desiderio dei dolci, consistente modificazione delle feci, sensazione frequente di freddo, ipotermia degli arti, ritenzione idrica, dolore alla schiena, rifiuto di bevande e cibi freddi, frigidità o impotenza, disturbi mestruali. Vi è poi un'influenza sul bioritmo (andamento periodico di determinate attività biologiche di tipo biochimico, comportamentale e fisiologico, che si presentano in relazione a naturali periodi temporali).

Il problema maggiore si ha durante le ore notturne in quanto il pH acido determina uno stato di acidosi di tutto l'organismo che a sua volta impedisce la giusta eliminazione delle tossine, che in questo caso passano dall'interstizio all'interno della cellula. Sono state sviluppate una serie di tavole sinottiche delle sintomatologie prodotte dall'irradiazione sull'organismo umano; ad esempio, se la persona presenta irradiazione del cranio, in riferimento alla sua potenza e al tempo di esposizione le sintomatologie^[32,33] possono essere le più varie: sonno agitato, incubi, cefalea, insonnia, alterazioni del sistema nervoso centrale (SNC), stanchezza al risveglio, astenia, parestesia degli arti superiori, dolori ai muscoli ed allo scheletro (senza una causa reumatologica evidente), disturbi della vista e dell'udito, morti bianche in culla di neonati nati da madri con grave irradiazione dell'utero, herpes labiale, possibile insorgenza dei tumori; se l'effetto radiante colpisce il torace e l'addome vi sono sintomatologie in parte diverse alle precedenti, (cardiopatie ed alterazione dell'albero respiratorio, cisti e noduli alle mammelle, dermatiti^[34,35], dermatosi ed altre ancora), in parte uguali (insonnia, sonno agitato, morti bianche in culla di neonati nati da madri con grave irradiazione dell'utero, stanchezza al risveglio, alterazione del SNC e del sistema nervoso periferico (SNP), dolori muscolo-scheletrici, possibile insorgenza di tumori); se la radiazione colpisce la zona intestinale-pelvica, anche in questo caso

vi è una sintomatologia in distretti diversi dalle precedenti (alterazioni dell'apparato gastro-intestinale, diabete, alterazioni e patologie della circolazione arteriosa e venosa, alterazioni e patologie dell'apparato genito-urinario_[36], impotenza, incontinenza, disturbi mestruali, alterazioni e patologie del metabolismo lipidico-glucidico-protidico, anoressia, dimagrimento, herpes genitale), ed in parte uguale (insonnia, sonno agitato, stanchezza al risveglio, possibile insorgenza dei tumori); in ultima analisi, se la radiazione colpisce gli arti inferiori, anche in questo caso vi è una sintomatologia in parte differente dalla precedente (parestesie e fascicolazioni degli arti inferiori, crampi ed edemi degli arti inferiori, flebiti, petecchie emorragiche) ed in parte simile (insonnia, agitazione, stanchezza al risveglio e durante l'intera giornata, dolori muscolo-scheletrici). È stata osservata una relazione tra la replicazione di alcuni virus in presenza di alterazioni da radioattività e l'uomo; per esempio, il virus di Epstein Barr_[37] si moltiplica rapidamente sotto l'effetto del campo elettromagnetico. Le radiazioni naturali, inoltre, interferiscono sia sui macchinari elettromedicali sia sui test anche di tipo biofisico, per cui è fondamentale per prima cosa valutare il luogo dove si posiziona il paziente in quanto la strumentazione potrebbe dare modificazioni errate nei risultati. Queste prove hanno confermato come la posizione di un paziente in corrispondenza di una zona sottoposta a radiazione naturale, influisca notevolmente sui dati monitorati dagli apparecchi medicali, con la conseguente possibilità di avere una diagnosi non corretta (Fig. 2).



Fig. 2 Misure postumatiche in rapporto a fonti elettromagnetiche_[6]

È d'obbligo una considerazione: se una persona presenta uno stress da radiazione del tipo di vena d'acqua sotterranea in movimento, ad esempio a livello del torace, e decide di spostarsi in una nuova zona, l'effetto radiante scomparirà mediamente in circa 40 giorni, ovviamente solo se la nuova postazione sarà completamente in zona neutra, ma se questa non è libera da radiazione naturale, allora la persona manterrà un "imprinting" della precedente a cui si sommerà quella nuova. Il fenomeno di stress tellurico proveniente dal sottosuolo è fondamentalmente composto da due elementi, uno di radiazione ionizzante e l'altro di elettromagnetismo terrestre. L'effetto più nocivo è la radiazione ionizzante (raggi gamma) che è difficilmente schermabile se non tramite grosse lastre di piombo e altre apposite schermature^[38,39]. Ulrike Banis ipotizzava che l'effetto cancerogeno delle radiazioni telluriche si manifestava con alterazioni delle funzioni enzimatiche^[40] e dei meccanismi di comunicazione e riparazione cellulari^[41,42,43] che ne impediscono l'adeguata eliminazione. Decisiva per l'azione patogena delle radiazioni è la lunga permanenza in condizioni di immobilità in una zona irradiata, come succede, per esempio, durante il sonno. Fino a qualche anno fa non esistevano sistemi di protezione da radiazioni naturali oppure i metodi schermanti risultavano inefficaci. Sempre Banis metteva in relazione alcuni sintomi con il sospetto di uno stress da radiazione, come i disturbi del sonno con una sensazione di spossatezza al mattino, atteggiamento depressivo, sintomi da sindrome da stanchezza cronica, resistenza alle terapie e cronicità della malattia. Un'alta percentuale di pazienti si è abituata così tanto ad una postazione dannosa del letto che a livello soggettivo non nota nessun cambiamento (35-40%). Secondo Presman^[44] gli effetti di un disturbo sugli esseri viventi non dipendono tanto dalla quantità di energia che ricevono, quanto dalla quantità di informazioni che vengono introdotte nel sistema organico. Infatti, se si sommano i vari tipi di energie radianti terrestri, esse sono in grado di alterare l'omogeneità del campo magnetico della terra: ad esempio, le correnti d'acqua sotterranee provocano attrito ed elettricità misurabile; le faglie geologiche, a causa della disomogeneità degli strati terrestri, producono fenomeni di energie radianti concentrate e di emissione amplificata di raggi gamma e neutroni (specie di notte); i giacimenti nel sottosuolo (carbone, petrolio, gas, minerali, sali) potenziano e deformano il campo

radiante terrestre. Disturbi che si accusano a causa di tali energie radianti telluriche e che hanno una forte tendenza alla cronicizzazione possono essere: insonnia, astenia, cefalea, dolori articolari, mal di schiena, dolori. Schimmel^[45], ha individuato dei parametri biologici nelle zone irradiate tra i quali: pallore, spossatezza, con espressione depressiva, occhi con aloni, opachi, o anche espressione aggressiva superattiva con sclere talvolta rosse come in un iperteso. Altre condizioni generali sono: spossatezza, stanchezza, capelli radi senza lucentezza. Alcuni sintomi quali il sonno cattivo o molto profondo con spossatezza alla mattina si verificano quando il luogo del riposo è disturbato geologicamente; si avvertono sensazione costante di freddo anche in una camera o in un letto caldi, diminuzione delle difese immunitarie con infezioni recidivanti delle vie respiratorie. Inoltre si può avere:

- aumento della frequenza cardiaca;
- modificazione nella emissione corporea di raggi infrarossi;
- variazione nei diversi organi dei valori elettrici;
- aumento della resistività cutanea;
- alterazione dei neurotrasmettitori a livello delle sinapsi cerebrali.

Queste alterazioni, anche se minime, possono influenzare in un primo momento l'ipofisi^[46] e successivamente la ghiandola pineale^[47,48], che porta ad una scorretta produzione di melatonina e conseguente alterazione del ritmo sonno-veglia. Si riscontra soprattutto un'insonnia iniziale con stanchezza al risveglio mattutino. A questo si aggiungono delle fasi di contrattura neuro-muscolare con tensione della struttura cervicale e dei muscoli masticatori con la conseguente rigidità "cervico-maxillo facciale" accompagnata da bruxismo con dolori cervicali, scorrette posture ed intorpidimento degli arti superiori. Non sono da sottovalutare poi eventuali aritmie cardiache con fibrillazione e modificazione dei valori pressori, nonché diminuzione del movimento peristaltico intestinale con aumento dei fenomeni putrefattivi.

4. Strumenti di misura delle radiazioni naturali del sottosuolo e dei campi elettromagnetici artificiali

Camere a ionizzazione, celle a scintillazione e generatori di frequenza possono essere usati per individuare o misurare l'emissione di gas radon. L'unità di misura

del gas radon è il Becquerel/mc aria. Per procedere alla rilevazione del gas radon esistono principalmente due sistemi di misurazione: uno utilizza dosimetri passivi ed un altro si serve di strumentazione elettronica. L'utilizzo dei dosimetri passivi, per quanto possa essere un sistema molto economico, ha uno scarto di errore molto alto in quanto gli stessi hanno un filtro che risente molto dell'umidità dei luoghi e, non di meno, per avere una misurazione soddisfacente è necessario mantenere il dosimetro sul luogo di monitoraggio almeno un mese; infine, dopo la procedura di assorbimento da parte del dosimetro, occorre inviare lo stesso presso un laboratorio specializzato che darà il risultato finale. Questi inconvenienti fanno preferire il sistema di misurazione del gas radon tramite strumentazioni elettroniche che danno risultati mediamente dopo 24 ore per ogni punto di stazionamento. I sistemi continui di monitoraggio effettuano in modo automatico e simultaneamente sia il campionamento sia la misura e sono i seguenti: le camere a ionizzazione, dotate di un anodo centrale per la raccolta degli ioni prodotti dalle radiazioni, e le celle a scintillazione, la cui parete interna è ricoperta di solfuro di zinco, con cui gli atomi di radon interagiscono, producendo dall'urto fotoni determinati da un fotomoltiplicatore. Oltre al gas radon, è opportuno verificare l'emissione del polonio in quanto lo si può riscontrare anche ai piani più alti dell'edificio: esso si può misurare attraverso speciali oscilloscopi oppure, in edilizia, è sufficiente individuare i punti di massima emissione dal sottosuolo tramite l'utilizzo della fisica di risonanza e di determinati generatori di frequenza con specifica polarità ed emissione. Un altro sistema d'indagine è la tomografia elettrica del sottosuolo, un metodo geofisico che riesce ad individuare le vene d'acqua sotterranee in movimento, le faglie, le cavità sotterranee e le caratteristiche del terreno. Gli strati di terreno ad alta conducibilità, per esempio quelli argillosi (resistività molto bassa $\rho = 0.1 \text{ k}\Omega/\text{m}$), potenziano l'effetto delle energie radianti telluriche e questo a causa anche dello scarso assorbimento delle energie cosmiche da parte del terreno: la penetrazione dell'irraggiamento cosmico è tanto più profonda quanto più il terreno è isolante (elevata resistività).

Su argille, marne, minerali di ferro, terreni carboniferi e tutti i principali terreni conduttivi l'irraggiamento cosmico è corto (piccola profondità di penetrazione): esso provoca delle correnti indotte che hanno una intensità sufficiente a

influenzare e potenziare negativamente l'irraggiamento tellurico naturale alla superficie del suolo. In terreni dielettrici (sabbia asciutta, gesso, calcare, ghiaia asciutta), invece, esiste un buon assorbimento dell'energia cosmica che non va quindi ad incrementare la potenza delle energie radianti telluriche. Naturalmente, se nel sottosuolo è presente una vena d'acqua in movimento, e supponendo che essa sia di per sé di media resistività perché è acqua dolce, essa crea comunque uno stress tellurico sia di tipo diretto sia indiretto, in quanto va ad incrementare la conduttività del materiale trasformandolo completamente; se, per esempio, prendiamo in considerazione la sabbia, essa ha una resistività alta quando è secca ($\rho = 3 \text{ k}\Omega/\text{m}$) e quindi non potenzia più di tanto l'energia radiante naturale del sottosuolo, mentre quando essa è umida, a causa della vena d'acqua sotterranea, la resistività si abbassa notevolmente ($\rho = 0.2 \text{ k}\Omega/\text{m}$) avvicinandosi di molto a quella di un terreno molto aggressivo-conduttivo (argilla plastica). La tomografia elettrica è un metodo geofisico che permette di discriminare le caratteristiche elettriche di resistività e caricabilità nel sottosuolo e dei liquidi eventualmente presenti nei pori del terreno. Il Georesistivimetro_[6], che permette di effettuare una tomografia del terreno, si basa su impulsi elettrici che sono emessi nel sottosuolo da parte di una serie di elettrodi fissati nel terreno a distanza variabile: minore è la distanza tra gli elettrodi e più chiaro è il risultato ottenuto. La profondità di rilevamento nel sottosuolo, che avviene senza scavi o sistemi di carotaggio, dipende dal numero di applicazione degli elettrodi; per esempio, per raggiungere una profondità di 25 metri, è necessario applicare gli elettrodi in superficie per circa 100 metri lineari. L'applicazione avviene eseguendo un piccolo foro nel terreno e posizionando poi l'elettrodo. Questo sistema permette di avere l'indicazione di vene d'acqua nel sottosuolo, faglie, anomalie geologiche in genere, cavità sotterranee, perdita di liquidi da tubazioni ed altro ancora. La misurazione delle energie radianti naturali del suolo è un punto focale dell'indagine ambientale, in quanto permette di individuare numericamente le condizioni del sito dove si intende costruire o ristrutturare ambienti residenziali e non. È necessario effettuare l'utilizzo combinato di più strumentazioni: alcune in grado di dare le condizioni di massima dell'area di intervento ed altre ad elaborare i risultati da un punto di vista numerico, nei punti di massima energia radiante

tellurica. È importante, comunque, l'effetto radiante non a livello del sottosuolo bensì del suolo, in quanto è a livello di quest'ultimo che si produce la dose di energia che va a disturbare ed eventualmente produrre delle radiazioni nocive. Alcune energie radianti telluriche vengono misurate in $\mu\text{Sv/h dm}^3$ aria (microSievert/ora per dm cubo d'aria); altre in Bq/m^3 aria (becquerel su metro cubo di aria) o Pc/l (picoCurie su litro). Possono essere usate anche unità di misura equivalenti. Esiste poi uno strumento che permette di verificare, attraverso un complesso sistema di misurazione, la radiazione tellurica proveniente dal sottosuolo i cui valori sono espressi in $\mu\text{Sv/h per dm}^3$ aria (microSievert/h per decimetro cubo di aria) (Fig. 3).

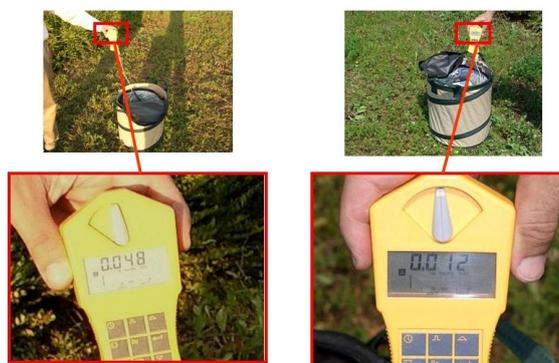


Fig. 3 Misurazioni ambientali con Geopotentiometro con Contatore Geiger annesso_[6]

La strumentazione, ideata e brevettata dal ricercatore Nicola Limardo di Novara, si presenta di forma cilindrica e viene adagiata sul terreno nei punti di massima irradiazione e, dopo circa tre minuti, vengono registrati i risultati per ogni punto; si controlla anche la zona meno irradiata che, da esperienze fatte, darà un risultato mediamente di 3-4 volte inferiore alla zona di maggior disturbo tellurico: quest'ultimo dato viene considerato “fondo gamma dell'area analizzata” e servirà da guida per un'eventuale bonifica ambientale successiva; infatti, dopo l'eventuale bonifica del sito o del manufatto in corso di costruzione, andranno ricontrollati i punti più irradiati che in precedenza erano stati monitorati, per osservare l'abbattimento della radiazione tellurica, riportando tutta l'area bonificata su valori molto vicini al “fondo gamma” (minore di 25-35 $\mu\text{Sv/h per dm}^3$ aria) non nocivo per la salute, in quanto la dose di radiazione è talmente bassa che necessiterebbero più di 100 anni di permanenza per indurre patologie.

5. Apparecchiature medicali che possono rivelare alterazioni da elettromagnetismo

Per la diagnostica delle malattie da stress da radiazione naturale si utilizzano alcune apparecchiature medicali come l'holter cardiaco, la teletermografia e la bioelettronica di Vincent (BEV).

Holter cardiaco: si intende un sistema di registrazione digitale che permette di facilitare il monitoraggio cardiaco; rappresenta dunque un'elettrocardiografia che valuta sia i sintomi correlati ad aritmie, sia le variazioni della frequenza cardiaca, sia la funzione di un pacemaker, sia un'eventuale ischemia miocardica. Questo strumento viene utilizzato anche per identificare e monitorare disturbi cardiaci legati allo stress radioattivo. In uno studio effettuato presso l'Ospedale Maggiore della Carità di Novara su un soggetto cardiopatico in cui è stata valutata la fase di riposo notturno con e senza uno schermo di protezione da radiazione naturale, è emerso un dato importante: la frequenza cardiaca aumentava durante la fase di riposo su una zona perturbata da radiazione, rispetto alla fase di movimento diurna. L'efficacia del dispositivo di protezione era confermata dalla diminuzione del numero medio di battiti cardiaci nella fase notturna (13 battiti al minuto in meno) rispetto a quelli rilevati nelle stesse condizioni, ma senza schermatura.

Teletermografia: è una tecnica che permette di misurare la radiazione infrarossa emessa dal corpo umano. Infatti, gli esseri viventi irradiano un'energia termica sotto forma di raggi infrarossi: ciò permette di verificare la distribuzione dell'energia nei vari distretti del corpo e, perciò, di correlare eventuali asimmetrie e anomalie di tale distribuzione a possibili stati patologici. La teletermografia è stata utilizzata in ambito medico-clinico già 40 anni fa, ma i risultati, inizialmente, erano modesti in quanto la risoluzione spaziale e termica allora erano minime. La strumentazione che viene utilizzata per un controllo dei fenomeni di irradiazione ha una risoluzione digitale con variazione termografica al centesimo di grado, ossia lo stesso gradiente delle variazioni nel campo delle fisiopatologia cutanea. Questi strumenti di ultima generazione hanno dei sensori ultra miniaturizzati e le termocamere sono completamente digitali e forniscono dati molto precisi. La termocamera è composta anche da uno scanner che trasforma i quanti calorici captati dalla cute in segnali elettrici. La strumentazione è in grado di diagnosticare l'effetto delle radiazioni su qualsiasi soggetto; infatti, la radiazione naturale può

dare ipotermia alla tiroide e ai “tessuti molli” in pochi minuti, e tale effetto scompare subito appena ci si pone in zona non irradiata o se posizionati su apposito schermo di protezione da radiazioni naturali (Fig. 4).

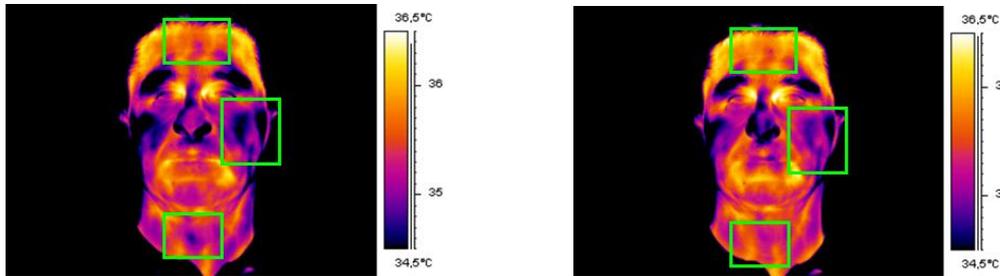


Fig. 4 Teletermografia di un soggetto sottoposto a radiazioni senza e con sistemi di protezione.^[6]

Bioelettronica di Vincent: si interessa di micro correnti elettriche che si producono a livello cellulare, queste si modificano nel corso della vita e cambiano in condizione di salute o di malattia. È disponibile uno strumento elettromedicale in grado di verificare il terreno biologico dell'uomo (urina, sangue, saliva) controllando con precisione le variazioni delle microcorrenti, quindi stabilendo lo stato in cui si trova l'organismo durante le fasi di misurazione. Uno dei fattori di controllo tramite la BEV è il pH che indica la concentrazione di ioni idrogeno liberi in soluzione: il rapporto acido/basico è un valore estremamente importante in quanto le condizioni vitali sono consentite entro determinati valori di pH: pH sangue (7.3), pH saliva (6.5), pH urine (6.8). Il pH fornisce solo un valore quantitativo relativo alla presenza di ioni liberi, ma, per avere una misurazione completa, occorre tener conto anche della carica elettrica della soluzione che viene misurata in milliVolt (mV) ed il termine di paragone viene chiamato rh2.

I valori ottimali del fattore rh2 per i liquidi dell'organismo umano sono: rh2 sangue (22 mV), rh2 saliva (22 mV), rh2 urina (24 mV). Un ultimo fattore (rho) da considerare è la resistività, che ci informa di quanto una data soluzione è capace di ostacolare il passaggio di corrente elettrica; il fattore rho si misura in Ohm per cm².

I valori ottimali del rho per i liquidi dell'organismo umano sono: sangue (210 Ohm), saliva (180 Ohm), urina (29 Ohm). La BEV viene utilizzata per verificare l'alterazione del pH, che nei soggetti esposti a radiazioni naturali è secondaria ad un progressiva cristallizzazione dovuta ad un deposito di elettroliti.

6. Sistemi di protezione ambientale

Le energie radianti del sottosuolo, intese come “fondo di energia radiante naturale”, rappresentano circa il 10-20% del limite di dose ammissibile dall’organismo umano. Spesso si vive in aree, grandi o piccole, dove si riscontrano anomalie (vene d’acqua sotterranee, faglie, gas radon) che tendono ad incrementare l’energia radiante del fondo naturale; quindi, l’obiettivo primario da porsi è sicuramente di proteggere l’organismo da tutto ciò che irradia energia, potenzialmente nociva, per molte ore al giorno. Durante tutto l’arco della vita, infatti, gli esseri viventi subiscono oltre il 60% delle radiazioni da parte della radioattività naturale del sottosuolo. Per poter vivere in un ambiente sano (abitazioni, scuole, uffici, ospedali) è opportuno migliorare la qualità dell’ambiente interno. Sono stati fissati dei limiti di qualità di ogni specifico ambiente (Tab. 4).

	Bassa frequenza		Media/Alta frequenza (V/m)
	Campo Elettrico (V/m)	Induzione Magnetica (μ T)	
Letto/camera con luci spente, nessuna anomalia	0.1-2	0.2	0.2
Cucina	1-10	0.2	0.2
Soggiorno	0.1-5	0.2	0.2
Studio	0.1-8	0.2	0.2
Ufficio	0.1-8	0.2	0.2
Postazione su apparecchiature in ambiente lavorativo	1-15	0.2	0.2
Terreno di costruzione	0.1-0.8	0.2	0.2

Tab. 4 Limiti di qualità di alcuni ambienti abitabili (modificata da Dipartimento di medicina Sperimentale del Consiglio Nazionale Ricerche CNR Roma e dal CNR di Bologna)

È consigliabile proteggere gli ambienti da anomalie del sottosuolo tramite una schermatura radio-protettiva che riduca di almeno l’80% la radiazione naturale nella zona letto (Fig. 5) e di almeno il 50% nelle altre zone della casa e negli ambienti di lavoro. È necessario che la zona letto sia maggiormente protetta dato che la persona vi staziona in uno stato di immobilità durante il riposo e dove le proprie difese immunitarie sono ridotte anche della metà rispetto allo stato di veglia.



Fig. 5 Rilevamento del campo elettromagnetico nella zona letto_[6]

Durante il sonno dunque, l'organismo essendo più vulnerabile assorbe tutti i campi elettromagnetici artificiali e naturali con una minore capacità di reazione.

Nell'80% dei casi la protezione dalle radiazioni si ottiene tramite:

schermo antiradiazioni specifico, da porre tra la rete ed il materasso (deve essere in grado di proteggere dalle radiazioni da campo elettromagnetico artificiale ma anche dalle radiazioni naturali di tipo ionizzante);

schermo antiradiazioni a protezione del campo elettromagnetico da posizionarsi dietro la testiera del letto (protegge ad esempio dai campi elettromagnetici emessi dall'impianto di rete elettrica dei vicini di casa, se la parete è di confine, o dall'eventuale emissione elettromagnetica causata dall'impianto elettrico in rete).

Nel restante 20% dei casi la soluzione suddetta può non essere sufficiente, a causa di altre forme di radiazione individuabile solo tramite indagine locale (presenza di onde radio che irraggiano il letto a causa di ripetitori per telefonia cellulare, radioattività nei materiali da costruzione o arredo o altro). Le stesse schermature vanno utilizzate in altri ambienti, come cucina, soggiorno, studio e ambienti di lavoro. La legge 626/94 e leggi di riferimento successive prevedono l'obbligo di effettuare in ambiente di lavoro un controllo dei campi elettromagnetici artificiali emessi dalle apparecchiature e di eventuali radiazioni di tipo ionizzante. Nel momento in cui si decide di costruire un edificio, occorre

valutare la natura del sottosuolo. I terreni si distinguono principalmente in conduttori e isolanti. I terreni conduttori tendono ad amplificare le radiazioni naturali e a riflettere le onde sismiche, provocando un nuovo campo di radiazione che implementa le stesse radiazioni naturali. Essi sono quelli composti da argille, marne, strati carboniferi, minerali di ferro, fango e sabbie umide. I terreni isolanti o dielettrici presentano una bassa potenza di radiazione naturale e favoriscono inoltre la penetrazione delle radiazioni cosmiche a grandi profondità. Terreni isolanti sono composti ad esempio da sabbia, ghiaia, calcare, purché non siano attraversati nel sottosuolo da vena d'acqua sotterranea, la quale tende a rendere il terreno da prevalentemente isolante a prevalentemente conduttore. Il sistema di protezione è un dispositivo che non rilascia nell'ambiente sostanze volatili di alcun tipo ed è in grado di proteggere sia dalle radiazioni naturali sia dai campi elettromagnetici artificiali. Questo dispositivo di schermatura ha delle importanti caratteristiche che tengono conto, oltre che dell'utilità del prodotto, anche del rispetto ambientale, infatti è atossico, eco-sostenibile e bio-compatibile, in parte riciclabile (80%) e per la restante parte biodegradabile (20%). Sono stati documentati i cambiamenti occorsi dopo l'utilizzo della stuoia schermante. Si è potuto osservare, infatti, come il valore di un punto radiante è inizialmente di 61 microSievert/h dm³ aria, mentre dopo l'intervento di bonifica il valore scende a 24 microSievert/h dm³ aria (il valore ottenuto non potrà mai essere zero in quanto all'interno del risultato è compreso il cosiddetto "fondo gamma" di radiazione naturale). È importante sottolineare il fatto che questo dispositivo antiradiazioni non satura in quanto non assorbe la radiazione, ma ha un processo di deviazione e diffrazione delle radiazioni in periferia, creando un effetto nicchia su tutta l'area protetta (si comporta come un ombrello rovesciato, considerando la pioggia come l'effetto radiante che proviene dal sottosuolo).

6.1 Esperienze internazionali

Tra le opere pubbliche o ad uso pubblico sono da citare: la costruzione della prima biobanca austriaca, realizzata alla fine degli anni ottanta nei dintorni di Vienna per opera dell'architetto Gruber e dell'ingegnere Gustein, i quali applicarono le regole della bioarchitettura nella realizzazione della Raiffensen Kasse, effettuando il rilievo delle falde acquifere sotterranee, utilizzando la

strumentazione biofisica a disposizione, in tempi ancora prematuri per i rilevatori professionali delle radiazioni che verranno ideati e brevettati solo più tardi. Allora non esistevano sistemi di protezione efficaci, per cui gli addetti al lavoro si limitarono ad indicare le aree neutre dove ubicare i posti di lavoro fissi. Altre opere ad uso pubblico che vale la pena di ricordare sono la IGN Bank di Amsterdam realizzata dall'architetto Tom Albert, e l' Oekologischer Gewerbeof di Francoforte, realizzati dagli architetti ambientali Eble e Sambeth^[49].

6.2 Esperienza italiana

La Residenza Assistenziale per anziani di Villasanta^[50](Mi) rappresenta il primo intervento di opera pubblica realizzata in Italia (Fig. 6) in cui è stata effettuata un'analisi completa di verifica ambientale delle radiazioni naturali e artificiali. I tempi di esecuzione dell'architettura bioecologica hanno richiesto due anni. È la prima opera pubblica che associa al sistema costruttivo della bioarchitettura (uso dei materiali biocompatibili ed eco-sostenibili, esposizione, ed altro) anche un'analisi approfondita di tutta l'area di intervento: dal controllo di emissione di gas radon con il suo più pericoloso decadimento (polonio), al controllo di tutti i campi elettromagnetici artificiali; dal controllo dell'eventuale presenza radiante dei materiali da costruzione (tavolame, laterizi, finitura in cemento armato, solai, tubature impianti), fino al controllo delle altre principali radiazioni naturali (radiazioni da vene d'acqua sotterranee in movimento, radiazioni da faglia, ed altro ancora). Successivamente all'analisi del luogo è stata effettuata la bonifica tramite lo schermo protettivo per eliminare le radiazioni naturali presenti e dovute principalmente all'enorme quantità di vene d'acqua nel sottosuolo. Sempre in provincia di Milano è attualmente in fase di osservazione un gruppo di circa 50 soggetti risultati positivi al test della radioattività effettuato con uno speciale rilevatore di campi elettromagnetici in banda stretta munito di sonde isotropiche. Clinicamente questi soggetti presentano svariate patologie: cardiopatie, sindrome artrosica, patologie autoimmuni, cefalee ed artromialgie. Dalla storia clinica di alcuni pazienti risultava una precedente patologia tumorale già sottoposta a trattamento; nella regione della neoplasia si rilevava una radiazione da polonio 210. A questi soggetti è stata applicata una schermatura antiradiazioni al letto. Lo stesso gruppo è stato ricontrollato a distanza di 90 giorni

dal primo rilevamento e la zona anatomica coinvolta risultava decontaminata. Tutti i soggetti hanno riferito miglioramento nella qualità del sonno e diminuzione dell'astenia, mentre tra quelli che lamentavano cefalea si è registrata una riduzione degli episodi ed in alcuni casi la totale scomparsa. Anche per i disturbi osteoarticolari sono emersi netti miglioramenti con riduzione della sintomatologia dolorosa e diminuzione dell'assunzione di farmaci antidolorifici e antiinfiammatori.

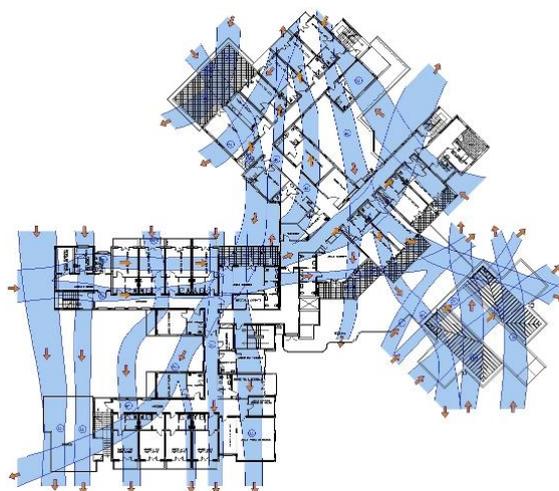


Fig. 6 Planimetria del rilievo della radioattività nella Residenza Assistenziale Villasanta (Mi)_[6]

7. I telefoni cellulari e le implicazioni sanitarie sull'uomo

Per quanto riguarda le radiazioni emesse dai telefoni cellulari, gli effetti biologici evidenziati sono di diversa natura; si distinguono infatti effetti termici (derivati da produzione di calore) ed effetti atermici (derivati da danni alle strutture cellulari). Gli effetti termici sono causati dalle onde ad alta frequenza emesse dai telefonini: esse producono vibrazione delle componenti liquide del nostro corpo come acqua e sangue, e provocano un aumento della temperatura corporea. Il campo elettromagnetico causa il riscaldamento del corpo per mezzo della trasformazione in calore dell'energia radiante mediante tre principi fisici: induzione di correnti ad alta frequenza nei tessuti, modifica dell'orientamento dei dipoli molecolari e rotazione delle molecole. L'energia radiante si trasforma in energia cinetica che si misura come innalzamento della temperatura; tale aumento di temperatura può indurre effetti di varia natura e costituire un fattore di rischio per la salute. I danni biologici dipendono da quanta energia ad alta frequenza viene assorbita; al di sopra di 100 kHz sono documentate molteplici azioni

termiche: alterazioni della permeabilità di membrana e modificazione dell'omeostasi e della diffusione del calcio a livello cellulare, alterazioni della funzione ghiandolare, del sistema emopoietico, immunitario^[51] e nervoso^[52] ed alterazione dei riflessi comportamentali^[53]. Alla base degli effetti sanitari c'è un'alterazione del trasporto del calcio, che, essendo un modulatore dell'attività cerebrale, altera i meccanismi di trasduzione del segnale intracellulare. A densità di potenza maggiore (10 mW/cmq) si trovano alterazioni della crescita cellulare, malformazioni embrionali^[54], offuscamento del cristallino ed ustioni interne fino all'arresto cardiaco. Per densità di potenza maggiore ai 50 mW/cmq (come negli incidenti per esposizione ai radar^[55]) sono stati descritti mal di testa, stanchezza, letargia, paura, capogiri, nausea e vomito, aumento spontaneo della coagulazione e della probabilità di infarto. Un'analisi delle modalità di esposizione ha mostrato che, nel caso dei telefoni cellulari, viene assorbita dalla testa una frazione stimabile tra il 30% ed il 50% dell'energia irradiata. È elevato il rischio che le onde interferiscano con occhi (opacizzazione del cristallino), orecchie, cervello e gonadi (con riduzione della fertilità) generando un incremento di temperatura e danni correlati come cali della memoria, glaucoma ed altri ancora.

Il surriscaldamento della zona cranica durante una telefonata, localizzato tipicamente nell'area della testa a contatto con il telefono cellulare può essere verificato attraverso l'utilizzo di una termocamera a raggi infrarossi. Gli effetti atermici derivano dalla componente non termica del campo magnetico e comprendono:

- alterazioni a livello molecolare
- alterazioni dell'equilibrio elettrochimico della membrana cellulare
- alterazione dei meccanismi di riparazione molecolare del DNA (quest'ultimo effetto è comprovante del ruolo delle radiazioni elettromagnetiche nell'origine dei processi di cancerogenesi).

La sintomatologia osservata è piuttosto aspecifica e comprende mal di testa, astenia, irritabilità e stimolazione oculare (elettrofosfeni), nelle esposizioni a microonde, mentre malformazioni negli embrioni di pollo^[54] si sono evidenziate per esposizione a 1.5 GHz e da 0.1 a 3 mW/cmq.

Inoltre è stata dimostrata un'anormale intensa reazione (una vera e propria allergia) durante l'esposizione a campi elettrici e magnetici di debole intensità.

Numerosi ricercatori si sono adoperati per cercare di comprendere l'influenza di questi campi elettromagnetici sulla salute umana. Adey^[56] ha osservato che i campi elettromagnetici ad alta frequenza provocano interazioni con il sistema immunitario (in particolar modo con i linfociti T)^[51,55], con l'attività enzimatica dell'ornitine decarbossilasi (un enzima che quando è attivo si associa all'insorgenza dei tumori), con lo sviluppo del feto durante la gestazione, con i recettori e le proteine di membrana, con la crescita cellulare e la sua regolazione, con la ghiandola pineale e con le cellule cerebrali favorendo l'insorgenza del morbo di Parkinson e di altre patologie neurodegenerative^[57, 58]. Khurana sosteneva che l'uso del cellulare per almeno 10 anni può raddoppiare il rischio di cancro, evenienza quest'ultima scatenata dall'interazione di diverse cause, tra cui le mutazioni cellulari. A tal riguardo il gruppo tedesco "Verum" ha verificato l'effetto delle onde su animali e uomini dopo l'esposizione a campi elettromagnetici, e le cellule umane hanno mostrato un aumento significativo dei danni al DNA, che non sempre la cellula è in grado di riparare e che si trasmettono alle generazioni successive di cellule. Da studi effettuati in Svezia e nei Paesi Bassi è emerso come le onde prodotte dai telefonini siano responsabili di un aumento del neuroma acustico, un tumore cerebrale benigno, riscontrato nei soggetti che utilizzano abitualmente un telefono cellulare (utilizzare abitualmente un telefonino significa utilizzare un cellulare o un cordless per circa un'ora al giorno). È stata evidenziata, inoltre, una riduzione delle funzioni cognitive soprattutto nei bambini, che risultano più vulnerabili dal momento che hanno le ossa craniche meno spesse ed il cervello ancora in formazione.

Appare abbastanza evidente come il danno sia in relazione con il tempo in cui si utilizza il telefono: infatti, in chi lo utilizza da più di 10 anni le possibilità di contrarre il glioma (tumore maligno che colpisce soprattutto il tessuto nervoso del cervello) sono aumentate del 20%, e quelle di manifestare un neurinoma acustico del 30%. Ulteriori studi sono stati effettuati per indagare la relazione che esiste tra esposizione a campi elettromagnetici a bassa frequenza ed insorgenza della leucemia acuta infantile. È emerso che i bambini esposti a tali onde si ammalano

tre volte di più rispetto ai soggetti non esposti. Juan Manuel Mejia-Arangure ha valutato la relazione tra esposizione di bambini affetti dalla sindrome di Down, e per questo più predisposti all'insorgenza della leucemia, e le onde elettromagnetiche. Nelle sue osservazioni sono stati messi a confronto bambini già malati con un gruppo di riferimento di bambini non malati. Sono stati considerati diversi fattori, tra i quali le caratteristiche alla nascita, lo stato sociale di appartenenza, la storia clinica della famiglia e per quasi tutti non è stata rilevata una particolare influenza. Differenti risultati sono stati ottenuti invece, durante la valutazione dei campi magnetici nel luogo di residenza. I bambini esposti ad un'intensità di 0.6 μT mostrano una comparsa della malattia quattro volte superiore rispetto al campione di riferimento. Da un successivo studio tedesco è emerso come la sopravvivenza dei malati sia legata all'esposizione stessa: l'aggravamento si accelera e la mortalità si triplica.

Alcuni studiosi si sono preoccupati di capire gli effetti dell'esposizione acuta (due ore) ad una radiazione elettromagnetica. A radiofrequenza (2450 MHz) su cellule cerebrali di topo è stato trovato un valore statisticamente significativo (99%) di rotture delle connessioni interne del DNA. Questo tipo di rottura del DNA può portare alla distruzione delle funzioni cellulari, alla generazione di cellule cancerogene ed alla morte delle cellule stesse: l'accumulo dei danni del DNA nelle cellule del sistema nervoso centrale può essere causa di un invecchiamento precoce dell'individuo e di disordini neurovegetativi come, tra gli altri, il morbo di Alzheimer^[57,58] e quello di Parkinson.

L'indagine Reflex eseguita in Germania ha valutato il possibile impatto dannoso delle emissioni dei cellulari sul Dna umano mediante uno studio basato su uno screening della durata di quattro anni, che prendeva in considerazione le reazioni cellulari umane ed animali rispetto ad alcuni tipi di radiazioni prodotte in laboratorio. In particolare le cellule esposte a campi elettromagnetici evidenziavano un aumento della frammentazione dei filamenti di Dna, che solo in poche occasioni venivano adeguatamente riparate. È stato osservato, inoltre, che il danno rimaneva nelle generazioni cellulari successive conferendo alle stesse una potenzialità cancerogena. Donnellan *et al.*^[59] hanno dimostrato effetti "clear cut" nella cellula RBL-2H3 per l'esposizione a campi elettromagnetici a 835 MHz: la

velocità di sintesi del Dna e di replicazione della cellula aumentava, la distribuzione dell'actina e la morfologia della cellula si alterava e la quantità di β exosaminidasi rilasciata in risposta ad un trasportatore ionico di calcio aumentava significativamente, in confronto a culture non esposte. La quantità di Ras nelle frazioni di membrana delle cellule esposte aumentava, i mutamenti morfologici persistevano nelle subculture successive per almeno sette giorni in assenza di ulteriori esposizioni. La radiazione ionizzante può danneggiare direttamente il Dna, ma anche indirettamente formando radicali liberi idrossilici che possono interagire con il Dna stesso. La radiazione non ionizzante, invece, non è in grado di danneggiare direttamente il Dna, ma secondo recenti ipotesi è stata osservata una possibile attività indiretta.

I normali processi metabolici producono sostanze ossidanti che possono essere neutralizzate da agenti antiossidanti. Lo stress ossidativo si verifica solo quando esiste uno squilibrio (dovuto all'alimentazione impropria oppure per l'esposizione alla contaminazione ambientale) con eccesso di sostanze ossidanti. È stato ipotizzato che l'interazione tra tessuto e radiazioni non ionizzanti può provocare tale squilibrio (crescita di radicali liberi e crollo degli antiossidanti). È importante ricordare che un aumento delle sostanze ossidanti può avere un ruolo nell'avviare, promuovere e far progredire il cancro. L'aggiunta di una minima quantità di energia dovuta all'applicazione di un campo magnetico ELF o RF può bastare a rompere gli equilibri ossidanti/antiossidanti, in favore dei primi^[4]. Omura e Losco^[60] hanno sottoposto normali soggetti umani ad una esposizione di tre minuti a campi elettromagnetici generati da alcuni telefoni cellulari (824,030-848,098 Mhz) posti a 5-10 cm dalla testa.

Ciò ha indotto varie anomalie tradizionali nell'area di ingresso del campo ed anche in quella di uscita (dove la normalità fu trovata con la stessa forma dell'area di ingresso ma l'effetto si mantenne per un tempo più breve): gli effetti usualmente si mantenevano circa per due o tre volte il tempo di esposizione sull'area esposta e da 1.6 a 2 volte sulla parte opposta. Subito dopo la cessazione dell'esposizione apparivano i seguenti effetti espressi con riferimento al tempo di esposizione del campo elettromagnetico:

- diminuzione dell'acetilcolina (circa due o tre volte)

- comparsa di disturbi circolatori con la presenza di trombociti B2 (circa due volte)
- breve comparsa dell'oncogene C-fos Ab2 (per un tempo leggermente più corto del tempo di esposizione)
- brevissima comparsa dell'integrina alfa5beta1 (circa un sesto del tempo di esposizione)

Altri autori hanno effettuato questi esperimenti anche con esposizione a calcolatori, schermi televisivi a colori e forni a microonde con risultati più o meno analoghi, giungendo alla conclusione che prolungate e ripetute esposizioni a campi EM da TV (a circa 16 kHz), forni a microonde (2.45 Ghz) o ad altre frequenze simili o superiori senza nessuna protezione dal campo elettromagnetico possono contribuire al possibile sviluppo di cellule cancerogene. Il consumo di cibo cotto a microonde e l'esposizione del corpo umano alle stesse per un lungo periodo di tempo può influenzare lo stato nutrizionale dell'individuo e può contribuire all'induzione del cancro così come di alcune malattie degenerative, come il morbo di Alzheimer^[57,58]. Sono stati effettuati studi in alcune zone in cui era operativo un radar che emetteva frequenze di 154-162 Mhz.

Le funzioni motorie, la memoria e l'attenzione differivano significativamente in esperimenti condotti tra alcuni residenti nell'area, tra gli esposti e gruppi di controllo: bambini che vivevano di fronte al radar mostravano un'attenzione ed una memoria meno sviluppata, il loro tempo di reazione era più lento e la resistenza del loro apparato neuromuscolare era minore. Su alcune donne in stato di gravidanza che avevano adoperato apparati a microonde nei sei mesi precedenti all'inizio dello stato gravidico e fino a tre mesi dopo, è stata osservata una maggiore probabilità di aborto. Un gruppo di studiosi di El Cairo, invece, ha valutato la reazione dei feti e dei neonati dopo l'esposizione della madre ai telefonini portabili. Sono stati presi in considerazione il ritmo cardiaco dei feti e dei neonati, la produttività cardiaca dopo esposizione acuta (dieci minuti) della madre ai campi elettromagnetici EMF emessi dai telefonini portabili nel momento della composizione del numero durante la gravidanza e dopo il parto. Dai risultati è emerso un aumento statisticamente significativo del ritmo cardiaco dei feti e dei neonati ed un calo statisticamente significativo della quantità di sangue spostato

ad ogni battito cardiaco e della produttività cardiaca. In uno studio effettuato da Sznigielski^[61] sono stati esaminati per un periodo di quindici anni un gruppo di militari polacchi, di cui alcuni esposti a radiofrequenze e microonde. Si è osservato un tasso di insorgenza tumorale per il personale esposto di tutte le fasce di età molto maggiore rispetto ai non esposti (119/1000000abitanti contro 56/1000000abitanti). Dolk *et al.*^[18] hanno studiato per un arco di tempo di circa 10 anni una popolazione in un'area di 10 km attorno ad una stazione televisiva e ad un trasmettitore radio in modulazione di frequenza. Il rischio di leucemia, di melanoma e del cancro della vescica per gli adulti residenti nelle zone circostanti si riduceva con l'aumentare della distanza. Lo stesso studio allargato a venti aree di trasmissione, in Gran Bretagna, evidenziava un aumento del rischio per la leucemia negli adulti in un raggio di 10 km da ogni trasmettitore. In due località l'aumento del rischio, sempre statisticamente significativo, risultava rispettivamente del 38% e del 16%. E' stato trovato un aumento significativo del rischio di cancro dovuto alle radiazioni delle radiofrequenze nel raggio di 200 metri dalle antenne di una stazione base di telefonia mobile per C-net (telefonia analogica a 450 Mhz) rimasta in funzione per 14 anni. Gli studi effettuati sull'esposizione di cellule linfocitarie umane, fino ad un tempo massimo di 72 ore ad un campo elettromagnetico a frequenza di 639.25 Mhz e di intensità di campo elettrico di 20 V/m hanno evidenziato che tale esposizione provoca alterazioni strutturali e funzionali di queste cellule nella stessa misura di quanto già riportato per le basse frequenze. Studi di microscopia elettronica a scansione e di microscopia confocale dimostrano una totale perdita di microvilli e pseudopodia conseguente all'esposizione. La perdita di pseudopodia è accompagnata da una depolimerizzazione delle principali proteine citoscheletriche; viene osservata, inoltre, una notevole diminuzione nelle attività NK delle cellule T. La zona di studio era una zona circolare avente un raggio di circa 1200 metri intorno al trasmettitore elettronico e le persone dovevano risiedere in questa zona per almeno cinque anni. È stata valutata l'influenza dei campi elettromagnetici emessi dai telefoni cellulari GSM-900 sui ritmi circadiani della ghiandola pineale, degli ormoni sessuali e delle ghiandole surrenali. Da questo studio emerge che le concentrazioni ormonali rimanevano fra le variazioni fisiologiche normali, ma per

quanto concerne l'ormone della crescita ed il cortisolo c'erano delle diminuzioni significative di circa 28% e 12%, rispettivamente, riguardo ai livelli massimi, paragonando il periodo di esposizione di 15 giorni ed il periodo di esposizione di 30 giorni e il periodo prima dell'esposizione, ma nessuna differenza persisteva nel periodo post-esposizione. Studi in vitro ed in vivo hanno indicato che i campi di radiofrequenza (RF) potrebbero interagire con strutture macromolecolari intracellulari. I risultati su modelli animali hanno dimostrato come i campi RF potrebbero avere effetti sul sistema riproduttivo dei mammiferi e sulle cellule degli spermatozoi. In condizioni fisiologiche la spermatogenesi è un processo bilanciato di divisione, maturazione e di immagazzinamento di cellule, è vulnerabile agli stimoli ambientali chimici e fisici. Il citoscheletro, composto di proteine, filamenti intermedi e microtubuli, potrebbe essere molto sensibile; esso è parte funzionale e strutturale della cellula in quanto ha un ruolo importante nella motilità degli spermatozoi, ed è attivamente coinvolto nei cambiamenti morfologici che si producono durante la spermatogenesi. Al di là degli studi che dimostrano una possibile relazione tra i campi elettromagnetici emessi dai telefoni cellulari e la salute umana, resta ancora da verificare se il danno biologico possa tramutarsi in danno sanitario. A tale proposito, infatti, sono presenti in letteratura dati che affermano l'impossibilità di dimostrare la correlazione fra l'uso dei telefoni cellulari e l'eventuale insorgenza di una neoplasia, in quanto l'effetto del campo elettromagnetico non lascia traccia nel tempo e quindi segni evidenti che possano confermare il rapporto causa effetto della patologia.

7.1 Sistemi di protezione individuale

Una soluzione al problema delle onde prodotte dai telefonini è rappresentata da un convertitore in grado di modificare lo spin elettromagnetico del telefono cellulare da levogiro (potenzialmente dannoso) a destrogiro (compatibile biologicamente con la persona) e convertire parte dell'assorbimento elettrostatico (telefono stand-by) in infrarosso. Il prodotto è ottenuto attraverso un acceleratore di particelle al plasma e protegge dagli effetti dannosi generati dai campi elettromagnetici dei telefoni cellulari e da tutte le strumentazioni elettroniche, anche quelle più comuni (computer, tv, consolle per videogiochi, wi-fi, piccoli elettrodomestici da cucina). Il prodotto è brevettato dal Ricercatore Italiano Nicola

Limardo. Un importante vantaggio del convertitore d'onda è la mancanza assoluta di una propria emissione elettromagnetica e, quindi, non modifica sostanzialmente la potenza di trasmissione e ricezione di un telefono cellulare. L'efficacia del dispositivo può essere dimostrata in due modi: utilizzando una cella di carico per verificare la variazione del tono muscolare (riduzione o meno dell'acetilcolina all'interno delle fibre muscolari: minore è la capacità di reazione alla rotazione della mano e minore sarà il quantitativo di acetilcolina presente all'interno delle fibre muscolari del polso). Alternativamente o contemporaneamente l'efficacia può essere dimostrata attraverso una termocamera a raggi infrarossi (Fig. 7), in grado di controllare il surriscaldamento nelle aree della testa a contatto con il telefono cellulare durante una ricezione o trasmissione di una telefonata.

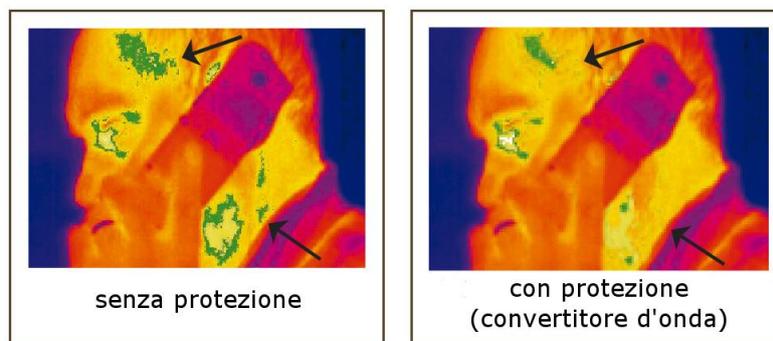


Fig. 7 Misurazione con termo camera delle radiazioni emesse da un telefono cellulare senza e con protezione.^[6]

Questo Dispositivo Medico, che sarà commercializzato nelle farmacie fra pochi mesi, è attualmente l'unico strumento in grado di proteggere il Dna dall'effetto termico e da quello atermico primario prodotti dai telefoni cellulari, come dimostra anche una prova eseguita sulle cellule umane presso il Dipartimento di Sanità Pubblica dell'Università degli Studi di Perugia^[62]. Qui è stato valutato in vitro il danno al Dna in cellule esposte al campo elettromagnetico da telefono cellulare, in assenza ed in presenza del convertitore d'onda. Per valutare il potenziale genotossico è stato utilizzato il test della cometa (Fig. 8) su cellule linfoblastoidi di derivazione umana (Jurkat). Dai risultati ottenuti emerge che il convertitore d'onda è in grado di ridurre significativamente gli effetti genotossici conseguenti all'esposizione alle radiofrequenze, riconducendo il danno primario al Dna causato dal telefono in trasmissione a livelli praticamente sovrapponibili a quelli del controllo negativo.

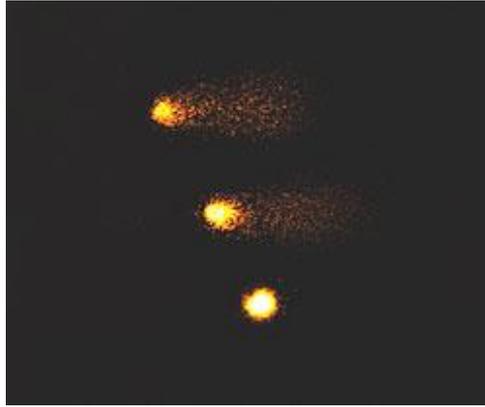


Fig. 8 Effetto test della cometa

8. CONCLUSIONI

Esistono delle radiazioni naturali emesse dalla Terra che possono influire negativamente sulla salute degli esseri viventi. Il loro effetto è ulteriormente amplificato dall'inquinamento elettromagnetico artificiale, esito di un massiccio sviluppo tecnologico degli ultimi decenni. Un obiettivo primario di questa tesi è quello di spiegare l'influenza che le radiazioni naturali hanno sull'Uomo: è infatti possibile, utilizzando specifiche apparecchiature, osservare se un paziente è soggetto all'esposizione di queste radiazioni e se risulta affetto da patologie riconducibili a tale irraggiamento.

Abbiamo illustrato anche quali sono gli apparecchi elettromedicali oggi in commercio, in grado di verificare se un individuo è sottoposto o meno a radiazioni naturali, e descritto quali sono le strumentazioni scientifiche attualmente a disposizione per individuare, sia all'interno di un edificio che esternamente, i luoghi maggiormente perturbati dalle radiazioni. In questo lavoro vengono inoltre descritti i promettenti risultati ottenuti dall'applicazione di schermature anti-radiazioni all'interno di edifici sia ad uso pubblico che privato. Abbiamo sviluppato anche il tema dell'inquinamento elettromagnetico artificiale. Sebbene non siano ancora stati accertati danni sanitari dovuti a tali radiazioni, è stato però confermato di recente che alcune fonti di radiazione elettromagnetica (ad esempio i telefoni cellulari) provocano un danno biologico al DNA che, associato agli effetti prodotti dalle radiazioni naturali, può aumentare il rischio di una patologia. Anche nel caso dell'inquinamento elettromagnetico artificiale esistono sistemi di protezione che si dimostrano capaci di ridurre sensibilmente

gli effetti nocivi del campo elettromagnetico sulla salute umana. Sono problematiche emergenti, sulle quali non pretendo di aver portato contributi esaustivi; penso tuttavia che sia importante stimolare anche in ambito medico, un'attenzione che già architetti ed ingegneri vi dedicano.

9. BIBLIOGRAFIA

- 1.Popp FA. International Institute Of Biophysics, Ehem, Raketen Station, Kappellener Strasse, Germany; *Properties of Biophotons and their teoretical implications* Indian J exp. Biol. 2003 May; 41 (5): 391-402
- 2.G. Passerini, R. Cocci Grifoni, M.M. Mariani-*Environmental pollutants and human disease: diagnosis and treatment Environmental Health Risk III* Wist Press, Southampton (GB), pp.437-445, 2005. ISBN
- 3.G. Latini, G.Passerini, R.Cocci Grifoni, M.M. Mariani-*Multiple chimica sensitivity as a result of exposure to heterogeneous air pollutants "Environmental exposure and Health* Wit Press, Southampton (GB), pp.65-74, 2005. Eds. M.M. Aral, C.A. Brebbia, M.L. Maslia and Sinks, Wit Press, 2005
- 4.*Review of concepts, quantities, units and terminology for non-ionizing radiation protection*; Health Phisycs 1985; 49: 1329-1362
- 5.Beir V. *Health effects of exposure to low levels of ionizing radiation. In :proceedings of the Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation.* Washington, DC: National Research Council 1990: 28 and 1990: 325-327
- 6.Limardo Nicola, *Salute dell'Habitat*, Anima Edizioni, 2007
- 7.Seegal R F, Wolpaw J R, Downman R. *Chronic exposure of primates to 60 Hz electric and magnetic fields. II. Neurochemical effects.* Bioelectromagnetic 1989: 10; 289-301
- 8.Marino C., *Effetti biologici: stato dell'arte e valutazione dei risultati. Atti del seminario su ELF e RF.* Sa Marino 28-30 Marzo 2001, Pubbl. Airm n. 33, AIEP ed. 109-121
- 9.Levallois P., *Study review of hypersensitivity of human subjects to environmental electric and magnetic field exposure.* Report to the Public Health Institute and the California Department of Health Service. October, 1999

10. Barnothy MF, Sumegi I. *Effects of the magnetic field on internal organs and the endocrine system of mice*. In: Barnothy MF, ed. *Biological effects of magnetic fields*, vol 2. New York: Plenum Press, 1969: 103-126
11. Kato M, Homma K, Shigemitsu T. *Effects of 50 Hz rotating magnetic fields on melatonin secretion of rat*. *Abst Bioelectromagnetics Soc* 1991: 13:79
12. Lai H. *Spatial learning deficit in the rat after exposure to a 60 Hz magnetic field*. *Bioelectromagnetics* 1996: 17: 494-496
13. Baris D, Armstrong B G, Deadman J, Theriault G. *A case coort study of suicide in relation to exposure to electric and magnetic fields among electrical utility workers*. *Occup Environ Med* 1996: 53: 17-24
14. Alexander F E, Mckinney P A, Ricketts T J, Catwright R A. *Community lifestyle characteristic and*
15. Eatough J P, Henshaw J P, Richardsson R B. *Radon: a causative factor in the induction of myeloid leukemia and other cancers in adults and children?* *Lancet* 1990: 335: 1008-1012
16. Eatough J P, Henshaw J P, *Radon and monocytic leukemia in England*. *J Epidemiol Community Health* 1993: 47: 506-507
17. Viel J F. *Radon exposure and leukemia in childhood*. *Int J Epidemiol* 1993: 22: 627-631
18. H. Dolk *et al*. *Cancer incidence new radio and television transmitters in Great-Britain*. I. Sutton Coldfield transmitter *Am.J.Epid* 145 1-9,1997 II. All high power transmitter *Am.J.Epid*. 145 10-17,1997
19. Hocking B. *et al*. *Cancer incidence and mortality and proximity to TV towers* *M.J.A.*, 165:601-605, 2/16 Dec. 1996
20. Repacholi M.H. *et al*. *Lymphomas in Emu-Pim 1 Transgenic mice exposed to pulsed 900 MHz electromagnetic fields* *Rad. Research* 147: 631-640,1997
21. K.E. Lotz, *La casa bioecologica*, AAM Terranuova , 2003
22. Henshaw D L, Ross A N, Few A P, Preece A W. *Enhanced deposition of radon daughter nuclei in the vicinity of power frequency electromagnetic fields*. *Int. J Radiat Bio* 1996: 69: 25-38

23. G.W.K. King, *Air ionization and its effects on well being and stress and its biological effects*, AIBC Bulletin, vol. 2, n° 2, American Institute of Biomedical Climatology, June 1989
24. Walker H A, Semm P, Willing R P, Commentz J C, Walstchko W, Vollrath L. *Effects of an artificial magnetic field on serotonin N-acetyl-transferase activity and melatonin content of the rat pineal gland*. Exp Brain Res 1983; 59: 426-432
25. Wertheimer N, Leeper E. Am J Epidemiol. *Electrical wiring configurations and childhood cancer*. 1979 Mar, 109 (3) 273-84
26. Ahlbom A, Day N, Feychting M, Roman E, Skinner J, Dockerty J, Linet M, McBride M., Michaelis J, Olsen JH, Tynes T, Verkasalo PK. (2000). *A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukemia*. British Journal of Cancer 83 (5): 692-698
27. Greenland S, Sheppard AR, Kaune WT, Poole C & Kelsh MA (2000). *A pooled analysis of magnetic field, wire codes and childhood leukemia*. Epidemiology 11:624-634
28. Green LM, Miller AB, Agneuv DA, Grenberg ML, Li J, Villeneuve PJ, Tibshirani R. *Childhood leukemia and personal monitoring of residential exposures to electric and magnetic fields in Ontario, Canada*
29. Tomenius L. *50 Hz Electromagnetic environmental and the incidence of childhood tumors in Stockholm Country*. Bioelectromagnetics, 7, 191-2007, 1986
30. Savitz D.A., Wachtel H., Barnes F.A., John E.M., Turdik J.G. (1988). *Case-control study of childhood cancer and exposure to 60 Hz magnetic fields*. Am J Epidemiol; 128: 21-38
31. SITO OMS: www.who.int/phe
32. Bergqvist U and Vogel E (1997) Possible health implications of subjective symptoms and electromagnetic field. *A report prepared by a European group of experts for the European Commission, DGV*. Arbete och Halsa, 1997:19. Swedish National Institute for working Life, Stockholm, Sweden. ISBN 91-7045-438-8
33. Rubin G J, Das Munshi J, Wessely S. (2005) *Electromagnetic hypersensitivity: a systematic review of provocation studies*. Psychosom. Med. 2005 Marz.-Apr; 67 (2): 224-32

34. Tamez-Gonzalez S., Ortiz-Hernandez L., Martinez-Alcantara S., Mendez-ramirez I., *Risk and health damages associated with the use of video display terminals*. *Salud Publica Mex.* 2003; 45: 171-180
35. Johansson O., Gangi S., Liang Y., *Cutaneous mast cells are altered in normal healthy volunteers sitting in front of ordinary TVs/PCs- results from open-field provocation experiments*. *Journal of Cutaneous Pathology* 2001; 28: 513-519
36. Davis RL, Mostofi FK. (1993). *Cluster of testicular cancer in police officers exposed to hand-held radar*. *American Journal of Industrial Medicine* 24: 231-3
37. Grimaldi S., Pasquali E., Barbatano L., Lisi A., Santoro N., Serafino A., Pozzi D. (1997) *Exposure to a 50 Hz electromagnetic field induces activation of the Epstein-Barr virus genome in latently infected human lymphoid cells*. *Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology* 16, 205-207
38. <http://www.epa.gov/radon/pubs/citguide.html>
39. <http://www.iss.it/pres/prim/cont.php?id=264&tipo=6&lang=1>
40. Lindstrom E, Lindstrom P, Berglund A, Mild K H, Lundgren E. *Intracellular calcium oscillations induced in a T-cell line by a weak 50 Hz magnetic field*. *J Cell Physiol* 1993; 156: 395-398
41. Lai H, Singh N P. *Single-and double-strand Dna Breaks in rat brain cells after acute exposure to radiofrequency electromagnetic radiation*. *Int J Radiation Biol* 1996; 69: 513-521
42. Lai H, Singh N P. *Acute low-intensity microwave exposure increases Dna single-strand breaks in rat brain cells*. *Bioelectromagnetics* 1995; 16: 207-210
43. Garay-Vrhovac V, Horvat D, Koren Z. *The relationship between colony-forming ability, chromosome aberrations and incidence of micronuclei in V79 Chinese Hamster Cells exposed to microwave radiation*. *Mutat Res* 1991; 263: 143-149
44. Presman As, *Electromagnetic field as a hygienic factor*; *Gig Sanit.* 1956 Sep; 21 (9): 32-7.
45. Schimmel Helmut W. 1994, *La Medicina Funzionale*, Pascoe, Giessen.

46. Barbier E, Dufy B, Veyret B. Stimulation of Ca²-influx in rat pituitary cells under exposures to a 50 Hz magnetic field. *Bioelectromagnetics* 1996; 17: 303-311
47. Reuss S T, Semm P, Volkoth L. *Different type of magnetically sensitive cells in the rat pineal gland*. *Neurosci Lett* 1983; 40: 23-26
48. Semm P. *Neurobiological investigation on the magnetic sensitivity of the pineal gland in rodents and pigeons*. *Comp Biochem Physiol* 1983; 76A: 683-689
49. Buzio G., *La casa ecologica. Architettura, ecologia e tecniche d'avanguardia*, 2003, 64 p., ill., broccura Gribaudo
50. AA.VV., *Tecnica ospedaliera*, Febbraio 2004
51. Jirillo, Altamura, Casale, Pepe, Venezia, Soleo, l'Abbate, Raino, Stefanelli, *Effects on functions human lymphocytes exposed to electromagnetic fields with a frequency from 1500 to 2000 Mhz* - Dipartimento di Clinica Medica, Immunologia e Malattie Infettive, sezione di Immunologia, Università di Bari-G.Ital. *Med.Lav.Ergon*. Luglio-Settembre 2003; 25 (3): 369-70
52. Salford L., Brun A., Eberhardt J. *et al.* (2003) *Nerve Cell Damage in Mammalian Brain after Exposure to Microwaves from GSM Mobile Phones*; *Environmental Health Perspectives* 2003
53. Prece AW G. Davies-Smith A. *et al.* (1999) *Effect of a 915-MHz simulated mobile phone signal on cognitive function in man*; *Interat J Rat. Biot* 75: 447-456
54. Lingor 'ev Lug *Biological effects of mobile phone electromagnetic field on chick embryo (risk assessment using the mortality rate)*, State research Center Institute of biophysics, ministero della salute della federazione russa, Mosca. *Radiats Biol. Radioecol.* set-ott 2003, 43 (5): 541-3
55. Maes A, Verschaeve L, Arroyo A, Dewagter C, Vercruyssen L. *In vitro cytogenetic effects of 2450 MHz waves on human peripheral blood lymphocytes*. *Bioelectromagnetics* 1993; 14: 495-501
56. Adey W.R. (1990): *Joint actions of environmental non-ionizing electromagnetic fields and chemical pollution in cancer promotion: Environ Health Perspect.* Jun. 86: 297-305
57. Davies P, Maloney A J F., *Selective loss of central cholinergic neurons in Alzheimer's disease*. *Lancet* 1976; 2: 403

58. Price D L, Cork L C, Struble R C, Whitehouse P J, Kitt C A, Walker L C, *The functional organization of the basal forebrain cholinergic system in primates and the role of the system in Alzheimer's disease*. Ann NY Acad Sci 1985; 444: 287-295
59. Donnellan M., McKenzie D.R., French P.W., *Effects of exposure to electromagnetic radiation at 835 MHz on growth, morphology and secretory characteristics of a mast cell analogue, RBL-2H3*. Cell. Biol. Internat. 1997; 21:427
60. Omura Y., Losco M., *Electro-magnetic fields in the home environment (color TV, computer monitor, microwave oven, cellular phone , etc.) as potential factors contributing for the induction of oncogen C-fos Ab1, oncogen C-fos Ab2, integrin $\alpha 5 \beta 1$ and development of cancer, as well as effects of microwave on aminoacid composition of food and living human brain*. Acupuncture & Electro-Therapeutics Res.Int.J. 18: 33-73, 1993
61. Szmigielski S., *Cancer morbidity in subjects occupationally exposed to high frequency (radiofrequency and microwave) electromagnetic radiation, The Science of the total environmental*, 180: 9-17, 1996
62. Moretti M., Maestri S., Villarini M., Limardo N.; *Danno al Dna in cellule esposte a radiofrequenze (900 MHz) in assenza ed in presenza del dispositivo di protezione (convertitore d'onda)*; 43° Congresso Nazionale; La promozione della salute per lo sviluppo sociale ed economico dell'Italia: il contributo dell'Igiene e della Sanità Pubblica Ottobre 2008

10. RIASSUNTO

L'uomo e l'ambiente in cui vive rappresentano un sistema comunicativo interattivo in cui entrambi gli elementi sono in grado di arrecarsi reciprocamente modificazioni. Le cause ambientali che producono disturbi alla salute o anche solo al benessere umano possono essere naturali o artificiali.

Le radiazioni cosmiche (radiazioni solari, ecc.) e telluriche (anomalie del sottosuolo, radon, ecc.) ed i campi elettromagnetici artificiali sono in grado di provocare un danno primario (danno biologico) a livello molecolare. Se lo stimolo

radioattivo persiste nel tempo (esposizione cronica) il danno biologico può evolvere in danno sanitario (manifestazioni cliniche).

Con il presente lavoro, attraverso riscontri bibliografici e l'apporto di dirette esperienze, vengono descritti gli effetti di radiazioni naturali e campi elettromagnetici artificiali sulla salute umana.

Diverse indagini di letteratura segnalano una relazione tra la presenza di radiazioni naturali (gas radon, polonio, cesio) e incidenza di diverse patologie (tumori, malattie degenerative, ecc.). In individui soggiornanti per lungo tempo in zone interessate da radiazioni naturali sono state inoltre evidenziate alterazioni dell'equilibrio psicofisico. Nell'ambito di strutture sanitarie l'impatto sulla salute può essere anche indiretto, in quanto dette radiazioni interferiscono con il corretto funzionamento degli apparecchi elettromedicali.

È stata valutata l'efficacia di alcuni sistemi di protezione e di schermatura per la salvaguardia sia degli edifici che delle persone.