

ELETTA 2000

incontra gli studenti del
Liceo Scientifico Statale “G. Peano”

APPROCCIO ai CAMPI ELETTROMAGNETICI:

**CI SONO, MA NON SI VEDONO
IMPATTO SULLA SALUTE
QUADRO NORMATIVO, LIMITI di ESPOSIZIONE
IL BUON USO DEL CELLULARE**

Cuneo, 18 Febbraio 2009

ELETTA 2000

1

Concetto di onda: il suono



Una sorgente in vibrazione meccanica genera un'onda sonora, che viene trasmessa mediante movimento elastico delle particelle d'aria. Il fronte d'onda del suono si propaga ad una velocità che dipende dalla consistenza del mezzo elastico. La velocità del suono v nell'aria è di **330 m/s**

La nota LA ha frequenza $f = 440 \text{ Hz}$. La sua lunghezza d'onda λ si calcola come rapporto tra la velocità di propagazione e la frequenza, quindi:

$$\lambda = v / f = 330 / 440 = 0,75 \text{ metri}$$

ELETTRA 2000 2

Una sorgente in vibrazione meccanica genera un'onda sonora, che viene trasmessa mediante movimento elastico delle particelle d'aria. Il fronte d'onda del suono si propaga ad una velocità che dipende dalla consistenza del mezzo elastico. La velocità del suono v nell'aria è di **330 m/s**

La nota LA ha frequenza $f = 440 \text{ Hz}$. La sua lunghezza d'onda λ si calcola come rapporto tra la velocità di propagazione e la frequenza, quindi:

$$\lambda = v / f = 330 / 440 = 0,75 \text{ metri}$$

L'onda elettromagnetica è energia radiante

Esaminando un'onda elementare, vediamo che essa ripete delle oscillazioni tutte uguali fra loro, ma ciascuna ritardata di un tempo che si chiama **periodo (T)**, e ciascuna spostata di uno spazio che è la **lunghezza d'onda (λ)**.

A è l'ampiezza, ovvero l'energia che l'onda trasferisce.
c è la velocità di propagazione dell'onda nello spazio.

Relazioni fondamentali:

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = c \cdot T$$

Il campo e.m. non richiede supporto fisico

I raggi elettromagnetici si propagano in linea retta

ELETTRA 2000

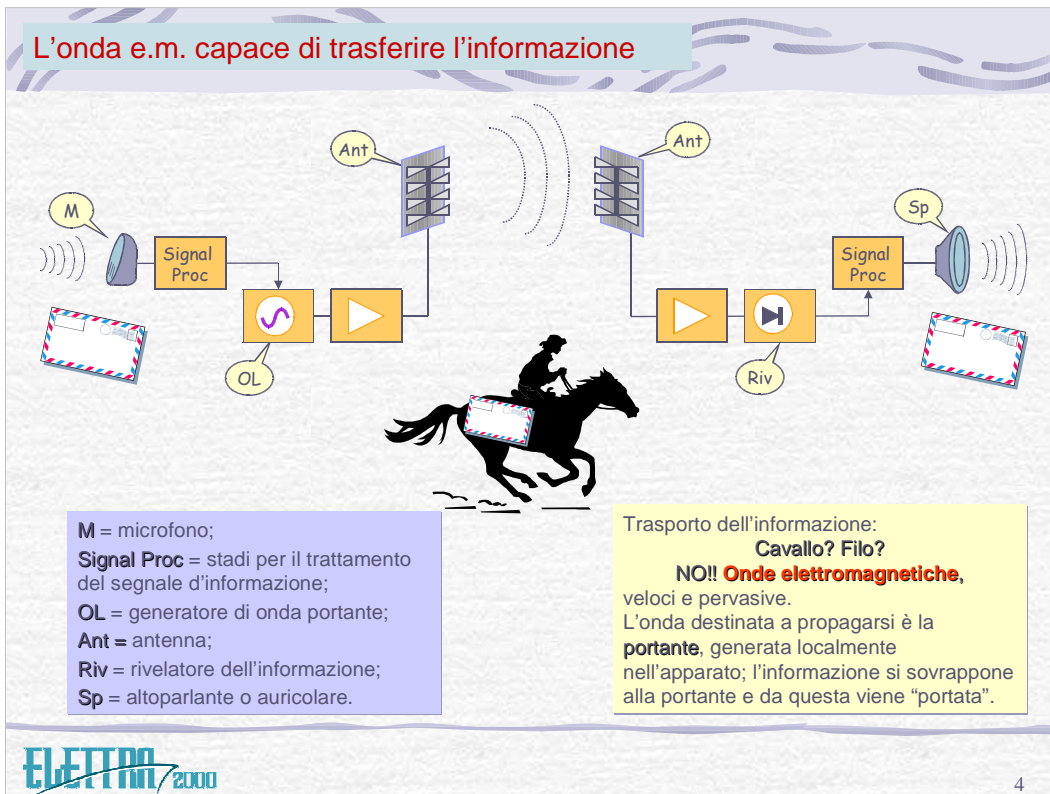
La radiazione elettromagnetica viene generata da una sorgente elettrica in vibrazione. L'onda si muove oscillando nel tempo e nello spazio, e avanza a grandissima velocità: la velocità della luce.

Se esaminiamo un'onda elementare, vediamo che essa ripete delle oscillazioni tutte uguali fra loro, ma ciascuna ritardata di un tempo che si chiama **periodo**, e ciascuna spostata di uno spazio che è la **lunghezza d'onda**. il numero di oscillazioni nell'unità di tempo è la **frequenza**. La frequenza rappresenta il numero di onde che passano per un determinato punto nell'unità di tempo.

Quindi: l'onda è una grandezza la cui ampiezza istantanea varia in funzione del tempo e in funzione dello spazio; il periodo è un tempo, e quindi si misura in secondi; la frequenza si misura in cicli al secondo, o Hertz; la velocità di propagazione si misura in metri al secondo.

Esempi di fenomeni che si propagano per onde sono: il suono, i terremoti, la luce. Il suono si propaga grazie ai gas di cui è composta l'atmosfera. In generale, perché un'onda si propaghi occorre un supporto elastico, capace cioè di cambiare la forma che ha a riposo. L'onda elettromagnetica invece non richiede alcun mezzo fisico per sostenersi. Anzi, lo spazio vuoto realizza le condizioni migliori per la sua propagazione.

Oltre ad essere tanto veloce, l'onda elettromagnetica è capace di **arrivare a grande distanza** e di superare molti ostacoli, sia naturali che artificiali: certamente, in un percorso con molti ostacoli gran parte dell'energia che l'onda possiede all'origine si perde lungo il cammino, ma anche una piccolissima parte di energia elettromagnetica che giunga a destinazione, è sufficiente per permetterne l'utilizzo.



Quanto visto sopra fa comprendere perché l'onda elettromagnetica sia uno strumento indispensabile per comunicare a grande distanza.

Immaginiamo di voler inviare a distanza una informazione. Laddove non arriva la voce, l'informazione richiede un mezzo di trasporto. Cavallo? Filo? No! Le Onde elettromagnetiche rappresentano in assoluto il mezzo più veloce e pervasivo.

Il segnale contenente l'informazione, tradotto in variazioni elettriche, va ad agire su un **modulatore**, nel quale avviene l'interazione tra l'informazione, rappresentata dal segnale modulante, con la **portante**. Quest'ultima è una oscillazione elettrica, generata localmente nel trasmettitore (OL), che ha la funzione di trasportare a distanza l'informazione. La modulazione ne modifica il valore istantaneo di ampiezza, o frequenza o fase, in funzione del valore istantaneo della modulante.

In ricezione la portante ricevuta deve venire filtrata, per separarla nettamente da tanti altri segnali che affollano lo spazio hertziano e che possono venire raccolti dall'antenna; viene amplificata, per recuperare il livello energetico perso nelle vicende della propagazione, ed infine subisce il processo di demodulazione. Una volta estratto il segnale modulante, la portante ha esaurito il compito affidatole e quindi viene semplicemente eliminata.

L'intero processo è quindi la riedizione tecnologica della primitiva idea di usare il mezzo più veloce come portante (il cavallo) per portare a destinazione l'oggetto pregiato dell'intero processo, cioè l'informazione (la lettera).



Stabilito e sperimentato con successo il principio dell'invio a distanza dell'informazione con onde elettromagnetiche, superata l'idea originaria di Marconi di utilizzare le onde radio per fare semplicemente telegrafia senza fili, grazie anche alla fondamentale scoperta dell'effetto termoionico e delle valvole, fu possibile passare alla **trasmissione del suono**.

Nella slide, possiamo vedere la successione delle varie tecniche che si sono affinate nel corso del XX secolo. Che a buona ragione si può definire il **secolo della radio**.

La prima significativa trasmissione marconiana fu quella del 12 Dicembre 1901, che permise di inviare un segnale telegrafico (la lettera S) da Poldhu in Cornovaglia, fino a S. Giovanni di Terranova, attraverso una distanza superiore a 3000 Km e soprattutto dimostrando la capacità delle onde em di non temere la curvatura della Terra.

Verso il 1920, dunque, si aprì l'era delle radiotrasmissioni, e il ricevitore divenne pian piano uno dei primi "elettrodomestici" presenti nelle famiglie.

La TV arrivò agli inizi degli anni 50, ed il colore alla fine degli anni '70. Oggi si sta parlando di TV digitale, di Alta definizione e di Televisione digitale portatile.

Negli anni 70 ebbe inizio lo sfruttamento dello spazio con **satelliti** per telecomunicazioni, che dettero un enorme impulso alle interconnessioni tra i continenti. E oggi non solo ci troviamo a disposizione i più diversi strumenti per la comunicazione senza fili, ma i fili stanno diventando sempre più un impedimento alla libertà d'azione, tanto che è stato coniato il termine "wireless" per intendere tutte quelle modalità che consentono di evitare i fili che interconnettono gli apparati elettronici. Questo avviene non solo nel mondo professionale, ma anche in quello domestico; e la soluzione è sempre la stessa: per togliere i fili, utilizziamo ancora e sempre onde elettromagnetiche.

La telefonia cellulare

La comunicazione in mobilità è la quintessenza delle possibilità offerte dalle onde elettromagnetiche.

Il nostro telefonino è sempre tenuto sotto controllo da una stazione fissa, detta BTS - Base Transceiver Station –, che ne gestisce la mobilità ed è pronta a stabilire una connessione quando generiamo o riceviamo una chiamata.

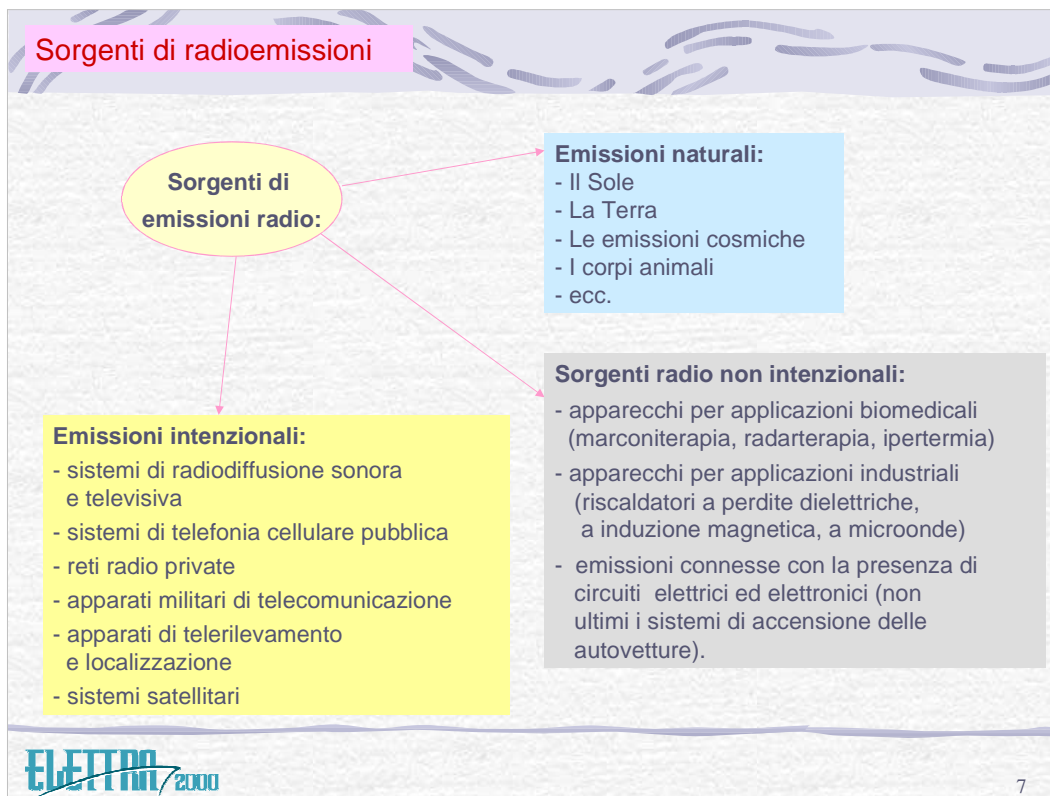
ELETTRA 2000

6

Risale agli anni '80 il fenomeno della **telefonia radiomobile personale**: essa ha trovato nella radiocomunicazione lo strumento congeniale e raffinato, che ha permesso di ottenere risultati di altissimo e inatteso gradimento popolare, con una diffusione rapidissima e mondiale di questa tecnologia.

Tutti noi possiamo percepirne le motivazioni: si è scoperto il valore altissimo ed insostituibile della comunicazione in mobilità, di poter chiamare o essere raggiunti da una chiamata, o da un messaggio, dovunque io mi trovi. Le antenne che vediamo attorno a noi, in cima a tralicci o pali, o spesso, in città, sulla vetta di palazzi, indicano la presenza di stazioni radio base, che consentono ai telefonini di conversare in **mobilità**. Non è difficile comprendere che la mobilità è possibile proprio grazie alle onde radio, che non hanno confini di spazio e che si muovono velocissime, portando a destinazione la nostra informazione.

Senza che ce ne rendiamo conto, il nostro telefonino è sempre tenuto sotto controllo da una stazione fissa, detta BTS - Base Transceiver Station –, che ne gestisce la mobilità ed è pronta a stabilire una connessione quando generiamo o riceviamo una chiamata. Tra la BTS e la MS si stabilisce un canale radio bidirezionale, in cui due frequenze – opportunamente separate – realizzano due collegamenti detti up-link e down-link. Su queste due frequenze viene applicata la voce, opportunamente tradotta in segnale digitale.



Il mondo moderno è pieno di onde elettromagnetiche, che vengono generate attorno a noi e attraversano un ambiente condiviso con persone fisiche.

L'uomo da sempre ha vissuto in un ambiente caratterizzato dalla presenza di campi elettromagnetici, basti pensare al fondo naturale, presente fin dalle origini del mondo e dovuto ad emissioni provenienti dallo spazio o dalla terra stessa. Sono le cosiddette sorgenti naturali. Vi sono poi sorgenti artificiali, indotte cioè dalla presenza dell'uomo e dalle sue attività.

Le onde elettromagnetiche vengono infatti utilizzate in tantissimi settori dell'attività umana: sistemi di radiodiffusione sonora e televisiva, sistemi di telefonia cellulare pubblica, e numerosi altri sistemi, che vanno dalle reti radio private, agli apparati militari, ai sistemi satellitari e quant'altro.

Si tratta di emissioni intenzionali, ovvero pensate per dare un servizio connesso con la possibilità di comunicare, oppure di effettuare indagini diagnostiche o terapie, come nel caso degli apparecchi per applicazioni biomedicali (marconiterapia, radarterapia, ipertermia) o per applicazioni industriali (riscaldatori a perdite dielettriche, a induzione magnetica, a microonde).


Non va dimenticato il fondo elettromagnetico connesso con la presenza di circuiti elettrici ed elettronici, non ultimi i sistemi di accensione delle autovetture.

Sorgenti naturali: il sole

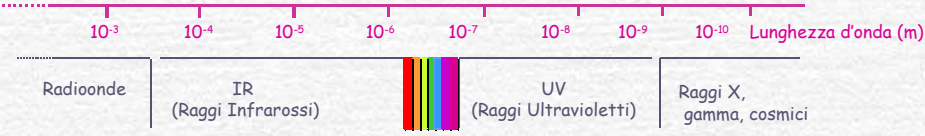
Sarebbe sbagliato pensare che fino a Marconi non esistessero onde elettromagnetiche.

In realtà esistono numerose sorgenti di emissioni radio naturali:

- Il Sole
- La Terra
- Le emissioni cosmiche
- I corpi animali
- ecc.



L'energia con cui il Sole investe la Terra (costante solare) è pari a **1366 Watt/mq**. Questa energia radiante è di natura elettromagnetica: la sua composizione spettrale è rappresentata da un numero estremamente elevato di lunghezze d'onda:



Radioonde IR (Raggi Infrarossi) UV (Raggi Ultravioletti) Raggi X, gamma, cosmici

10⁻³ 10⁻⁴ 10⁻⁵ 10⁻⁶ 10⁻⁷ 10⁻⁸ 10⁻⁹ 10⁻¹⁰ Lunghezza d'onda (m)

ELETTRA 2000 8

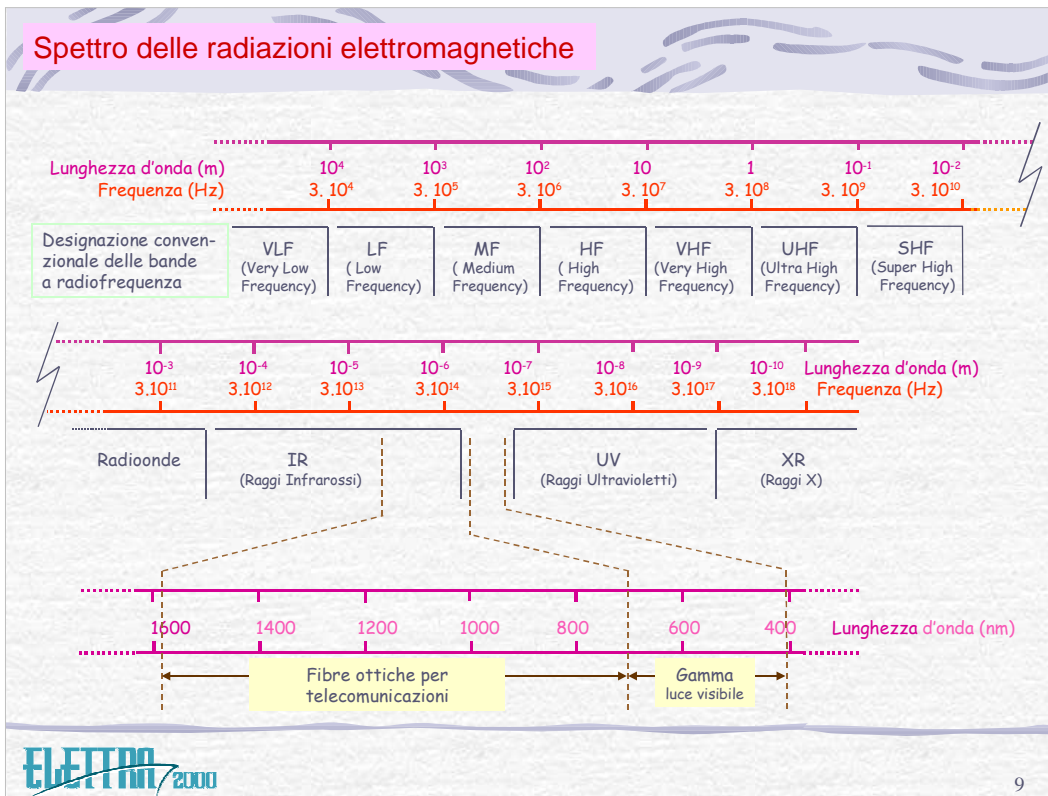
Sarebbe sbagliato pensare che fino all'epoca di Marconi nel mondo non esistessero onde elettromagnetiche: tutt'altro. Infatti esse esistono abbondantemente anche in natura. Il sole è una potentissima sorgente di onde elettromagnetiche.

La terra stessa emette radiazioni, e, incredibilmente, anche il corpo umano. Il nostro centro di ricerca ha realizzato un apparato sperimentale che dimostra come una persona, passando davanti ad un'antenna, viene ricevuta sotto forma di segnale radio. Parliamo dunque di un "fondo" naturale, sempre esistito dalle origini del cosmo.

Fra tutte queste radiazioni, quella di gran lunga più potente è la radiazione solare: il diagramma mostra le sue componenti, che partendo da lunghezze d'onda dell'ordine di 1 mm (in corrispondenza dei raggi infrarossi) comprende la radiazione visibile (la luce va da 0,7 a 0,4 micron) quindi i raggi ultravioletti e infine i raggi x e γ , ecc.

A proposito della radiazione solare, non per nulla oggi, in una situazione di rischio energetico, essa viene indicata come una interessante alternativa alle tipiche fonti non rinnovabili, per generare energia pulita.

L'energia della radiazione solare che giunge sulla terra è un dato ben conosciuto dai fisici, noto come "costante solare", e vale **1366 Watt al metroquadro**. In altre parole, se potessimo utilizzare tutta intera questa energia, raccogliendo l'energia incidente su 2,5 mq di superficie, avremmo a disposizione 3,5 KW, ovvero quanto mediamente occorre ad una famiglia per il suo normale fabbisogno energetico.



L'insieme di tutte le possibili radiazioni e.m. costituisce lo **spettro elettromagnetico**, la cui estensione copre un arco di molti ordini di grandezza in termini di lunghezza d'onda e di frequenza.

Poiché la lunghezza d'onda e la frequenza sono inversamente proporzionali, tanto minore sarà la lunghezza d'onda, tanto maggiore sarà la frequenza e quindi l'energia trasportata dall'onda stessa.

La slide mostra i vari campi e le rispettive denominazioni delle bande di frequenza utilizzate per le radiotrasmissioni, che occupano uno spettro compreso tra circa 30 KHz a quasi 100 GHz.

La velocità di propagazione di qualunque radiazione elettromagnetica raggiunge il suo massimo nello spazio vuoto, e come noto vale 300.000 Km/s

In termini di lunghezza d'onda, la luce visibile occupa una gamma compresa tra circa 400 e 700 nm, gamma che come noto si manifesta in "colori" diversi percepiti dall'occhio. Tuttavia viene considerata convenzionalmente "luce" anche la gamma delle radiazioni ultraviolette (<400 nm, fino ai raggi X) e la gamma delle radiazioni infrarosse (>700 nm, fino alle radioonde).

Lunghezze d'onda minori corrispondono ai **raggi ultravioletti**, ai **raggi x** e ai **raggi gamma** che avendo alta frequenza trasportano una **quantità elevata di energia**.

I **raggi infrarossi**, le **microonde** e le **onde radio** hanno una lunghezza d'onda molto maggiore della luce visibile e di conseguenza trasportano meno energia

Radiazioni di interesse per l'impatto e.m.

ELF – Extremely Low Frequency

- La principale sorgente è costituita dagli **impianti** di produzione, trasporto e distribuzione dell'energia elettrica a 50 Hz.
- Hanno frequenze inferiori a **300 Hz**

**RF – Radio Frequency**

- Hanno frequenze comprese tra **300 KHz e 300 MHz**
- Le principali sorgenti sono costituite dagli impianti di emissione broadcast radiotelevisiva in MF e VHF

MW – Micro Wave

- Hanno frequenze comprese tra **300 MHz e 300 GHz**
- Le principali sorgenti sono costituite dagli impianti di emissione radiotelevisiva UHF, dagli impianti di telefonia cellulare e dai ponti radio a microonde.



In questa presentazione, ci interesseremo particolarmente delle bande di frequenza che hanno una significativa incidenza sui problemi di impatto elettromagnetico, e in particolare:

ELF = Extremely Low frequency

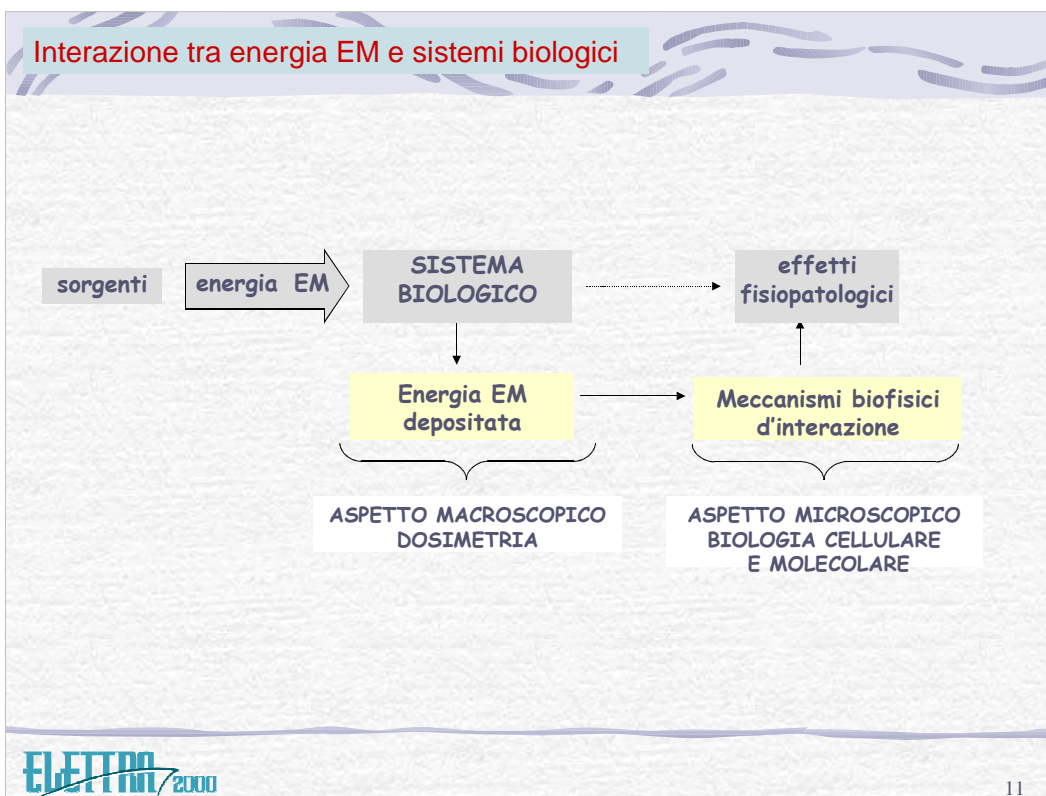
- Hanno frequenze inferiori a **300 Hz**
- La principale sorgente è costituita dagli **impianti** di produzione, trasporto e distribuzione dell'energia elettrica a 50 Hz.

RF = Radio Frequency

- Hanno frequenze comprese tra **300 KHz e 300 MHz**
- Le principali sorgenti sono costituite dagli impianti di emissione broadcast radiotelevisiva in MF e VHF.

MW = Micro Waves

- Hanno frequenze comprese tra **300 MHz e 300 GHz**
- Le principali sorgenti sono costituite dagli impianti di emissione radiotelevisiva UHF, dagli impianti di telefonia cellulare, di comunicazione LB e dai ponti radio a microonde.



Prima di addentrarci nello specifico sui possibili effetti delle onde a radiofrequenza sulla salute, vediamo come funziona in generale l'interazione di un'onda elettromagnetica con un sistema biologico.

L'onda elettromagnetica è portatrice di una carica di energia, variabile a seconda della tipologia di onda e legata alla sua frequenza. La relazione è tale per cui all'aumentare della frequenza aumenta l'energia trasportata dall'onda.

Questa energia interagisce con il sistema biologico con cui viene a contatto, la tipologia della interazione dipende a sua volta dalla energia trasportata dell'onda. In ogni caso, l'energia trasportata dall'onda, o parte di essa viene depositata all'interno del sistema. Questa energia provoca una perturbazione del sistema stesso, mettendo in moto una serie di meccanismi di interazione a livello biofisico. Tali meccanismi, se non compensati, possono dare luogo a effetti di tipo fisiopatologico

Facciamo l'esempio di un'onda radio che interagisce con un organismo vivente.

Un organismo, come noto, è costituito per la maggior parte di molecole d'acqua, di conseguenza, l'interazione tra l'onda incidente e organismo umano coinvolgerà in primis le molecole di acqua.

L'onda elettromagnetica incide sulla molecola d'acqua, causandone una perturbazione dal suo stato di quiete. L'effetto sarà una serie di microvibrazioni della molecola stessa, le quali produrranno come primo effetto un microinnalzamento della temperatura dell'ambiente circostante.

Energia e ionizzazione della materia

Energia quantistica	Lunghezza d'onda	Frequenza	Caratteristiche della banda e utilizzazione
1 MeV	1 pm	10 ²¹ Hz	Raggi gamma, raggi cosmici
1 KeV	1 nm	10 ¹⁸ Hz	Raggi X
1 eV	1 μm	10 ¹⁵ Hz	Raggi Ultravioletti
			Radiaz. luminosa
1 meV	1 mm	10 ¹² Hz	Raggi Infrarossi
			Gamme SHF, EHF (Ponti radio, satelliti)
1 μeV	1 m	10 ⁹ Hz	Gamme VHF, UHF (Radio/TV broadcasting, Radiomobile)
			Gamme MF, HF (Radiocomunicazioni terrestri e ionosferiche)
	1 Km	10 ⁶ Hz	Gamme VLF, LF (Aiuto alla navigazione)

Analizzando a fondo lo spettro elettromagnetico da un punto di vista biologico, possiamo delimitare tre differenti zone, caratterizzate da comportamenti diversi nella interazione onda/materia e da effetti diversi.

Individuiamo la zona ELF, la zona delle radiofrequenze/microonde e infine la zona delle radiazioni ionizzanti. Noi ci focalizzeremo soprattutto sul sottoinsieme di frequenze utilizzate nel **campo delle radiocomunicazioni** che si estende dalle radiofrequenze (RF, 30 KHz - 300 MHz), alle microonde (MW, 300 MHz - 300 GHz).

Le radiazioni con le frequenze più elevate possiedono un particolare comportamento “granulare”, ovvero si propagano non in maniera continua, bensì sotto forma di granuli di energia o “quanti”. I quanti rappresentano valori minimi indivisibili di energia il cui valore E è direttamente proporzionale alla frequenza f della radiazione ad essi associata, secondo la relazione:

$$E = h \cdot f$$

dove **h** è una costante universale (costante di Planck). La figura mostra, sull'asse di sinistra, i valori di **E** in funzione della lunghezza d'onda della radiazione elettromagnetica. L'energia è espressa in **elettronvolt (Ev)**, una unità di misura che corrisponde all'energia acquisita o ceduta da un elettrone quando si sposta tra due punti la cui differenza di potenziale è pari ad 1 Volt. Valori particolarmente elevati di energia possono produrre fenomeni di **ionizzazione** della materia biologica: molti elementi chimici che costituiscono la materia vivente (ossigeno, idrogeno, carbonio, azoto), se sottoposti a campi e.m. con energia superiore a circa 12 eV, possono venire ionizzati. Ciò significa che si può provocare un'interazione tra energia e materia a livello molecolare, e ciò rappresenta una modifica strutturale della materia. E', in definitiva, una mutazione che coinvolge la molecola, e nel caso di tessuti biologici ciò può portare alla creazione di anomalie e la generazione di cellule tumorali.

Radiazioni non ionizzanti e ionizzanti

Radiazioni non ionizzanti

- 1) Hanno lunghezze d'onda **superiori a 10 μm**
- 2) La loro energia non è sufficiente a spezzare i legami molecolari tra le cellule
- 3) Depositando la loro energia producono principalmente **effetti termici**

Radiazioni ionizzanti

- 1) Hanno lunghezze d'onda **inferiori a 10 μm**
- 2) Hanno energia superiore a **13,6 eV**
- 3) Depositando la loro energia sono in grado di **rompere i legami molecolari** delle cellule causando il fenomeno della **ionizzazione**

Questo tipo di radiazioni non rientrano nell'agenda di questa giornata

Radiazioni ionizzanti hanno le seguenti caratteristiche:

- Hanno lunghezze d'onda **inferiori a 10 μm**
- Hanno energia superiore a **13,6 eV**
- Depositando la loro energia sono in grado di **rompere i legami molecolari** delle cellule causando il fenomeno della **ionizzazione**

Radiazioni ionizzanti sono ad esempio i raggi X, i raggi ultravioletti, i raggi gamma e cosmici, che come si nota possiedono elevati valori di energia quantistica.

Per contro le radiazioni i cui valori di frequenza sono inferiori a 300 GHz ($E < 1$ milliElettronVolt) sono considerate **radiazioni non ionizzanti** meglio note in ambito internazionale come NIR = Not Ionizing Radiations, con queste caratteristiche:

- Hanno lunghezze d'onda **superiori a 10 μm**
- La loro energia non è sufficiente a spezzare i legami molecolari tra le cellule
- Depositando la loro energia producono principalmente **effetti termici**

Effetti delle radiazioni non ionizzanti

Ci sono due tipologie di effetti derivanti dalla esposizione di un organismo a radiazioni non ionizzanti

Effetti termici



- Il campo elettromagnetico cede ai tessuti energia che si trasforma in calore
- Si tratta di una somministrazione di volume e non di superficie
- Il calore produce un innalzamento della temperatura che l'organismo tenta di compensare
- Non sempre l'organismo riesce a opporsi in modo efficace al riscaldamento, in questi casi si ha ipertermia

Effetti non termici



- Effetti microtermici di conversione elastica
- Interazione a livello molecolare, senza produzione di rottura di legami chimici
- Interazione sulla membrana cellulare

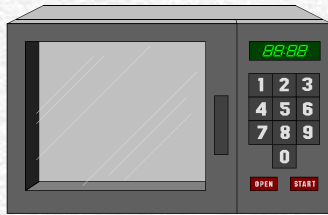
Questi effetti, ancora sotto studio, sembrano dipendere non solo dalle caratteristiche del campo, ma anche dalla forma del segnale

I primi effetti della interazione di un'onda elettromagnetica su un organismo saranno quindi di tipo termico, l'onda cede la sua energia, o parte di essa al tessuto, questa energia provoca movimenti (principalmente rotazioni) a livello molecolare che si traducono in produzione di calore e di conseguenza in un aumento della temperatura della zona interessata alla esposizione. L'effetto è volumetrico e non superficiale. L'organismo comunque possiede dei meccanismi in grado di contrastare l'aumento improvviso di temperatura, questi meccanismi, chiamati meccanismi di compensazione, nel caso di onde a bassa energia riescono a contrastare l'aumento di temperatura. Nel caso in cui l'organismo non riesca da solo a opporsi in modo efficace al riscaldamento prodotto dall'onda si possono avere effetti di ipertermia.

Oltre agli effetti di tipo termico possono presentarsi anche effetti non termici a livello biofisico. Questi effetti sono ancora un fase di studio e sembrano dipendere non solo dalla intensità e dalla frequenza dell'onda, ma anche del segnale che ne modula l'ampiezza.

Tali effetti non coinvolgono la rottura di legami chimici o l'attivazione di reazioni che portano alla produzione di molecole ionizzate o di radicali liberi, semplicemente portano a variazioni del piano di polarizzazione della molecola stessa che si traducono in produzione di calore. Danni di tipo irreversibile alla membrana cellulare o alla doppia elica del DNA possono essere provocati unicamente da radiazioni ad altissima energia, in grado, oltre che di provocare calore, anche di spezzare i legami chimici che tengono unita la molecola, innescando il cosiddetto processo di ionizzazione

L'aspetto termico delle onde e.m. a RF

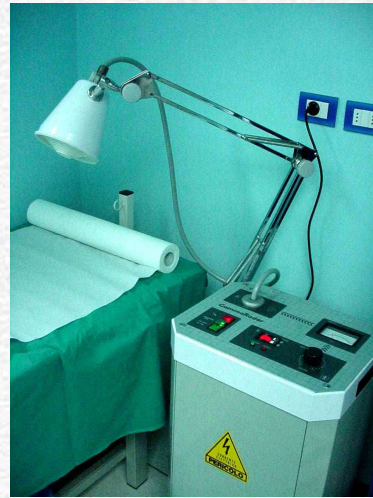


Forno a microonde

Una caratteristica non secondaria delle onde e.m. riguarda l'**aspetto termico**.

L'energia che investe un corpo conduttore viene dissipata e ciò ha come conseguenza un **innalzamento della temperatura** del corpo conduttore stesso.

Questo principio viene sfruttato proprio per ottenere effetti di tipo termico nella medicina e nell'industria.



Macchina elettromedicale per radarterapia

Come abbiamo visto le onde elettromagnetiche sono una forma di energia in grado di interagire con il corpo umano.

Questa capacità di interagire con il corpo umano, caratterizza anche le onde a radiofrequenza che stiamo iniziando a conoscere, tant'è vero che esse vengono ampiamente utilizzate per scopi elettromedicali.

In questo caso alle onde non viene richiesto di trasportare nessun tipo di informazione, ma semplicemente viene sfruttato l'effetto di produzione di calore che si ha quando un'onda interagisce con un sistema biologico, il cosiddetto effetto termico.

Utilizzo della radiazione e.m. per usi diversi dalla comunicazione

Tipo di impianto	Banda di frequenza	Potenza
Antifurto doppler, autovelox, telepass	UHF+SHF (3-10 GHz)	10 – 100 mW
Sistemi di prossimità, varchi magnetici	VLf+HF (0,1-30 MHz)	10 – 100 mW
Radar civili (controllo traffico, meteorologia)	UHF+SHF (0,3-30 GHz)	0,1 - 1000 W
Radar militari (traffico aereo e navale)	UHF+SHF (3-30 GHz)	1 – 1000 KW
Forni domestici a microonde	UHF (3 GHz)	1000 W
Macchine industriali per riscaldamento	HF (3-30 MHz)	0,1 - 100 KW
Elettromedicali per uso diagnostico (risonanza magnetica nucleare)	HF-VHF (1-200 MHz)	50 - 2000 W
Elettromedicali per uso clinico (ipertermia, marconiterapia, radarterapia)	HF-UHF (1-3000 MHz)	100 W (media) 10 KW (picco)

Una volta appurato che un'onda elettromagnetica può essere sfruttata non solo per trasmettere informazione, possiamo quindi ad esaminare una tabella simile a quella già vista, ma sostanzialmente diversa in cui lo spettro viene suddiviso sulla base dell'utilizzo che si fa delle onde elettromagnetiche ad una determinata frequenza. Le applicazioni che ne escono sono molteplici, noi ne esaminiamo soltanto alcune nel campo della radiofrequenze.

I radar usano la potenza dell'onda per colpire un oggetto in movimento e riceverne l'eco, col risultato di fornire una quantità di dati relativi all'oggetto esaminato: distanza, posizione, velocità, ecc.

Gli strumenti elettromedicali possono svolgere due distinte funzioni:

- quelli diagnostici stimolano la risposta di determinati tessuti, per verificarne l'aspetto e la funzionalità in modo non invasivo;
- quelli clinici usano la potenza dell'onda per scaldare i tessuti a diverse profondità, a seconda della frequenza e della potenza impiegata.

Esistono **macchine industriali** che spingono le capacità di riscaldamento dell'onda elettromagnetica al punto di renderle capaci di particolari processi di incollaggio o di fusione. Chiaramente in questo caso le potenze in gioco sono davvero grandi.

Una volta viste le applicazioni delle onde elettromagnetiche in vari ambiti, possiamo ad analizzare quelli che sono gli effetti della esposizione dell'uomo a questa tipologia di agente. Sugli effetti dei campi elettromagnetici il dibattito è ancora aperto, la percezione del rischio da parte delle persone è elevatissima e da anni sono in corso studi che, solo adesso, stanno cominciando a fornire risposte.

Effetti della esposizione a campi RF

Le radiazioni ad alta frequenza sono assorbite dal tessuto corporeo e lo riscaldano (Effetto termico). L'effetto dipende da

- intensità della radiazione
- durata della esposizione
- frequenza della radiazione incidente

L'organismo in genere tende a **compensare gli effetti di surriscaldamento**, tuttavia se l'aumento di calore corporeo supera gli 1-2 gradi Celsius, l'effetto è pari a quello prodotto dalla febbre o dal forte caldo e porta ad una riduzione della attività mentale e ad una perturbazione delle funzioni corporee

Gli organi **scarsamente irrorati** dal sangue, come l'occhio, hanno maggiore difficoltà a scambiare il calore con l'esterno, di conseguenza sono maggiormente colpiti dalla Interazione con un'onda elettromagnetica



ELETTRA 2000

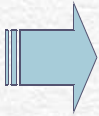
17

Per lo studio degli effetti rimaniamo per ora nel campo delle radiofrequenze ed in particolare delle frequenze tipiche a cui opera il telefonino, uno strumento che tutti utilizziamo, a volte magari dimenticando cosa sta alla base del suo funzionamento.

I campi elettromagnetici tipici della telefonia cellulare hanno una frequenza che spazia dai 900 MHz della telefonia GSM ai 1.800 MHz (1.8 GHz), si tratta quindi di campi ad alta frequenza che però hanno una energia molto bassa e di conseguenza non sono in grado di produrre ionizzazione a livello molecolare (per produrre ionizzazione occorre che l'energia della radiazione incidente sia superiore a 13,6 eV, il che si traduce in una frequenza superiore ai 300 GHz, ben lontano da quelle che sono le frequenze in gioco nella telefonia cellulare)

Le radiazioni ad alta frequenza vengono assorbite dal tessuto corporeo, l'energia trasportata da questi campi elettromagnetici provoca delle micro oscillazioni delle molecole di acqua di cui i tessuti sono composti, il tutto si traduce in un effetto di surriscaldamento volumetrico del tessuto stesso. L'effetto dipende dalla intensità, dalla frequenza delle radiazioni e dalla durata della esposizione. L'organismo, attraverso la circolazione sanguigna e attraverso altri propri meccanismi di dispersione del calore tende a compensare gli effetti di surriscaldamento, tuttavia, se l'aumento di calore corporeo supera i due gradi il sistema naturale di dissipazione tende a non essere più efficiente e di conseguenza si ha un effetto pari a quello prodotto dalla febbre o da una forte esposizione a una sorgente di calore esterna. Gli organi scarsamente irrorati, come ad esempio l'occhio hanno meno possibilità di compensare gli effetti di riscaldamento e di conseguenza sono più sensibili alla esposizione alle radiazioni.

Due parole sul SAR



Il parametro di misura più significativo utilizzato in dosimetria è il **SAR** (Specific Absorption Rate)

- esprime la potenza assorbita per unità di massa (W/Kg)
- Il tasso di assorbimento specifico dipende dalle caratteristiche del corpo esposto, come le dimensioni, le proprietà dielettriche dei differenti strati del tessuto, poi anche dagli effetti di terra e da quelli di riflessione causati dalla presenza di altri oggetti nel campo come superfici metalliche vicine al corpo esposto
- Il SAR è dato da: $sE^2/2r$
dove s è la **conduttanza** del tessuto biologico, r è la **densità del corpo** (Kg/m³) e E il **campo elettrico interno**.

Per poter quantificare gli eventuali effetti della esposizione ai campi elettromagnetici, occorre prima quantificare l'esposizione. Per poter fare questo si deve prima definire un parametro univoco ed una unità di misura.

Il parametro di misura utilizzato nelle misure dosimetriche è il SAR (Specific Absorption Rate) definito come la potenza assorbita per unità di massa. Il Sar che si misura in W/Kg dipende dalle caratteristiche del corpo esposto, come le dimensioni, le proprietà dielettriche e la densità, nonché quadraticamente dal valore del campo elettrico incidente.

Campi RF – Potenziali effetti

SPESSORE DI PENETRAZIONE

$f_1 < f_2 < f_3$

SAR (W/Kg)	Effetti
100 W/Kg (medio)	Ipertermia generalizzata , insufficienza dei meccanismi termoregolatori
100 W/Kg (locale)	Rapida induzione di cataratta nell'animale
1- 100 W/Kg (medio)	Ipertermia generalizzata o localizzata Inibizione temporanea o permanente della spermatogenesi Risposte neuroendocrine ed immunologiche collegate allo stress termico
1- 4 W/Kg (medio)	Soglia di induzione di effetti comportamentali e di risposte fisiologiche collegate a stress nell'animale

Minore è la frequenza della radiazione incidente, maggiore sarà il potere di penetrazione dell'onda e di conseguenza il volume coinvolto.

19

Per quello che riguarda una analisi gli effetti della esposizione ai campi elettromagnetici occorre distinguere tra effetti a lungo termine ed effetti immediati.

Come già si è anticipato gli effetti immediati sono soprattutto effetti di riscaldamento distribuiti su volumi. Più la frequenza della radiazione incidente è bassa, maggiore sarà lo spessore di penetrazione e maggiore quindi il volume coinvolto. All'aumentare della energia irradiata corrisponde un aumento di SAR ed un acuirsi degli effetti:

- i primi effetti da stress di esposizione e le prime risposte fisiologiche compaiono per livelli di SAR compresi tra 1 e 4 W/Kg;
- per un SAR compreso tra 4 e 100 W/Kg mediato su tutto l'organismo (corrispondente quindi ad una esposizione diretta di tutto il corpo alla radiazione) si ha un effetto di ipertermia generalizzata;
- per i valori più alti possono esserci risposte neuroendocrine ma sempre collegate allo stress termico. Si tratta quindi sempre e in ogni caso di effetti dovuti alla sovra esposizione a fonti di calore non compensate dai meccanismi naturali di termoregolazione.

Diverso discorso merita l'esposizione localizzata all'occhio. L'occhio è composto per più del 90% di acqua ed essendo poco o niente vascolarizzato ha problemi di dispersione del calore, una esposizione diretta dell'occhio a un campo elettromagnetico può comprometterne la funzionalità e portare alla induzione di cataratta.

E gli effetti a lungo termine?



Gli studi e le indagini che vengono condotte sono di tre tipi:

-  **Studi epidemiologici:** si riferiscono soprattutto a rischi di tipo oncologico e vengono condotti su grandi gruppi di esseri umani
-  **Studi in vivo:** riguardano il sistema nervoso, endocrino, cardiovascolare, immunitario, linfatico, l'apparato riproduttivo, mutagenesi e carcinogenesi
-  **Studi in vitro:** studi a livello della membrana cellulare su alterazioni del flusso di ioni, del comportamento delle proteine e mutamenti del potenziale di membrana; studi a livello del nucleo cellulare su aberrazioni del DNA, riattivazione di cellule dormienti, alterazione del tasso di crescita cellulare

Portare avanti uno studio epidemiologico o un progetto di ricerca implica un enorme dispendio sia di energie sia di denaro, per questo motivo questi studi non vengono mai svolti da un unico laboratorio ma da gruppi di laboratori che collaborano ed inter operano; questi studi sono chiamati PROGETTI DI RICERCA ed in genere si svolgono a livello internazionale

ELETTRA 2000 20

Le maggiori preoccupazioni riguardano gli effetti a lungo termine della esposizione a campi elettromagnetici, in particolare i potenziali effetti cancerogeni.

A partire dagli anni 90, nell'ambito del V e successivamente VI programma quadro della comunità europea è stato effettuato un elevato numero di studi. Le tipologie di studi che vengono condotti sono principalmente tre:

- Studi epidemiologici: legati soprattutto a vedere se, al lungo termine, possono esserci rischi di induzione di neoplasie connesse alla esposizione ai campi elettromagnetici. Gli studi epidemiologici per dare risultati attendibili devono essere condotti per un periodo lungo (non inferiore ai 10 anni), un ampio campione statistico ed un campione neutro, nel caso specifico un campione di persone non esposte da confrontare con il campione in esame. Quest'ultima condizione risulta essere estremamente difficile da ottenere, in quando sono ormai pochissime le popolazioni non esposte a campi elettromagnetici.

- Studi in vivo: riguardanti soprattutto il sistema nervoso, le reazioni endocrine, il sistema cardiovascolare, linfatico, immunitario, le mutagenesi, la carcinogenesi e gli effetti sinergici della esposizione a più di un fattore (campi elettromagnetici combinati con tossine, con piombo, con altri elementi a cui l'organismo è comunque esposto). Questi studi possono essere condotti su animali, oppure seguendo gruppi di persone monitorate periodicamente.

- Studi in vitro: direttamente sulle cellule a livello di membrana, finalizzati a vedere eventuali variazioni di flussi ionici attraverso la membrana, comportamenti anomali di proteine o di macromolecole in genere, oppure a livello di nucleo cellulare, al fine di scoprire eventuali aberrazioni (scambi, rotture parziali o totali della catena) sul DNA, attivazione di cellule dormienti o alterazioni anomale del tasso mitotico (tasso di crescita) delle cellule che, nel caso diventasse incontrollato potrebbe portare alla induzione di patologie di tipo oncologico.

Quali certezze sui risultati degli studi epidemiologici?

Uno studio epidemiologico per essere attendibile deve soddisfare una serie di indicatori di qualità:

- ➔ Buona definizione della popolazione in studio
- ➔ Adeguata potenza statistica (grande numero di casi in esame)
- ➔ Gruppo di controllo rappresentativo della popolazione che ha generato i casi
- ➔ Tassi di partecipazione elevati e non associati allo stato di malattia e/o di esposizione
- ➔ Informazioni complete, accurate e precise su esposizioni e malattie (di analogo validità tra i diversi gruppo in studio)
- ➔ Metodi di analisi appropriati con indicazioni sulla precisione e variabilità delle Stime di rischio relative

Una volta che uno studio è giunto alla sua conclusione, per essere ritenuto valido deve **essere replicato**, con i medesimi risultati in altri laboratori che non siano quelli coinvolti nello studio. Solo dopo che lo studio è stato replicato si può avere la validazione e la **pubblicazione** dei risultati su riviste specializzate.

Gli studi epidemiologici sono la tipologia di studi più complessa ma anche quella in grado di darci risposte più concrete sugli effetti di un agente, in particolare per quello che riguarda le eventuali patologie connesse alla esposizione a lungo termine.

Uno studio epidemiologico per essere condotto in modo corretto deve disporre di una statistica molto elevata, della popolazione in esame occorre avere un quadro sanitario completo ed estremamente dettagliato sia della persona sottoposta a controllo sia dei componenti della sua famiglia in linea diretta possibilmente fino a generazioni precedenti, occorre poi avere un gruppo di controllo e, anche su questo le difficoltà sono enormi, il gruppo di controllo perfetto sarebbe un gruppo di gemelli identici in tutto e per tutto alle persone esaminate ma non sottoposte all'agente in analisi.

Dal momento che questa situazione non è possibile ci si deve accontentare di avere gruppi più o meno uniformi come composizione, di cui uno sottoposto alla esposizione, il secondo idealmente non esposto. Inoltre, a rendere più difficile il tutto ci sono anche i fattori esterni che variano da persona a persona. Un buon studio epidemiologico ha una lunga durata, come minimo 10 anni, ma in taluni casi risposte precise possono aversi anche dopo un periodo di 25 anni.

Studi epidemiologici fatti su breve distanza temporale e con un campione piccolo non possono garantire affidabilità in quanto in questi casi subentrano fattori di distorsione che sono imprevedibili ma possono compromettere il risultato dello studio stesso.

Risultati degli studi sui campi a RF



CEMFEC 😊

Valutazione del possibile effetto co-carcinogenico di campi elettromagnetici a frequenze tipiche della telefonia cellulare. Ai livelli di esposizione selezionati per l'indagine **non si sono segnalati effetti** di carcinogenesi indotta sugli animali utilizzati come campioni.

GUARD 😊

Effetti nocivi del telefono cellulare GSM sull'udito. **Non sono stati riscontrati effetti di variazione** dei parametri uditivi in animali o nell'uomo dovuti all'utilizzo di telefoni GSM,

Risultati degli studi sui campi a RF

PERFORM A

Ricerca in vivo sui possibili effetti sulla salute derivanti da telefoni cellulari e stazioni radio base (studi di carcinogenicità condotti su roditori). Sei differenti modelli animali sono stati utilizzati al fine di indagare se l'esposizione a campi elettromagnetici sia in grado di indurre o promuovere neoplasie In topi e ratti

INTERPHONE

Studio internazionale caso-controllo sulla correlazione tra l'uso del telefono cellulare e l'insorgenza di tumori. Il progetto è finalizzato al fornire una risposta definitiva alla domanda "l'utilizzo del telefono cellulare aumenta il rischio di contrarre tumori?", attraverso un ampio studio che coinvolge molti Paesi che indagano sull'incidenza di tumori a carico di cellule o strutture che si trovano in aree esposte ai campi elettromagnetici prodotti dal telefono cellulare, come ad esempio, il cervello, il nervo acustico, le ghiandole paratiroidi. I risultati definitivi del programma Interphone saranno disponibili a fine 2009

RAMP 2001

Valutazione del rischio derivante dalla esposizione delle cellule del sistema nervoso a campi elettromagnetici tipici della telefonia cellulare attraverso studi in vivo e in vitro. Studi effettuati in vivo e in vitro **non hanno riscontrato effetti specifici** dei campi elettromagnetici a carico del sistema nervoso e del cervello

Gli studi fin qui condotti non hanno evidenziato correlazioni tra esposizione ai campi elettromagnetici a RF e insorgenza di patologie tumorali a carico di organi coinvolti direttamente nella esposizione. Al momento si sta attendendo la pubblicazione dei risultati del programma Interphone, uno studio che ha coinvolto 13 paesi a livello mondiale e che dovrebbe dare risposte su alcuni punti di incertezza. L'uscita dei risultati di Interphone, prevista per fine 2008, è stata spostata a fine 2009 per permettere l'armonizzazione e il confronto tra dati provenienti da diversi laboratori. Intanto nell'ambito del VII programma quadro sono partiti altri studi finalizzati a effettuare ulteriori indagini sugli effetti dei campi elettromagnetici e a indagare anche sulle esposizioni per motivi professionali, dopo che la Direttiva Europea 2004/40/CE ha inserito i campi elettromagnetici nella lista degli agenti fisici per i quali si rende necessaria, in ambiente aziendale, la stesura del documento di valutazione del rischio

Il parere SCENHIR della UE

La Commissione Europea (SCENHIR = Comitato Scientifico sui Rischi Sanitari Emergenti e di Nuova Identificazione) ha espresso il proprio parere sui possibili rischi per la salute derivanti dalla esposizione ai campi elettromagnetici attraverso un documento intitolato “Rischi per la salute emergenti o di recente identificazione”.

Il documento può essere riassunto nel modo seguente:

- ✔ **Non esiste nessuna evidenza di possibili rischi per la salute derivanti dalla esposizione ai campi elettromagnetici**
- ✔ Per i campi a radio frequenza non esistono prove convincenti di effetti sulla salute per livelli di esposizione inferiori a quelli stabiliti dalla ICNIRP, anche se i dati in possesso agli scienziati sono limitati soprattutto per quello che riguarda le esposizioni croniche
- ✔ Nel caso particolare della telefonia cellulare, le indagini epidemiologiche non indicano aumenti di rischio di tumore cerebrale fino a 10 anni di utilizzo, per periodi superiori i pochi dati disponibili non permettono nessuna conclusione
- ✔ Per i campi ELF si parla di “possibile cancerogenicità” sulla base di un aumento della **leucemia infantile**. Viene esclusa una connessione tra esposizione ai campi ELF e malattie cardiovascolari o tumori al seno

.... La ricerca scientifica va ancora avanti

La comunità europea in un documento intitolato “Rischi per la salute emergenti o di recente identificazione” ha espresso il suo parere riguardo ai possibili rischi per la salute derivanti dalla esposizione a campi elettromagnetici. Questo documento è stato redatto sulla base degli studi fin qui eseguiti nell’ambito del quinto e sesto programma quadro. IN questo documento viene confermato l’orientamento ripetutamente espresso dagli studiosi del settore, ma senza abbassare la guardia: ci sono infatti ambiti in cui è necessario procedere ad ulteriori approfondimenti, tramite ulteriori progetti di ricerca che gli autori del rapporto raccomandano di inserire nel VII Programma Quadro della Commissione Europea.

Per i campi a radiofrequenza gli esperti concludono che non esistono prove convincenti di effetti sulla salute per livelli di esposizione inferiori a quelli stabiliti dall’ICNIRP, anche se i dati sono limitati, soprattutto per le esposizioni croniche. Nel caso particolare dei telefoni cellulari, le indagini epidemiologiche non indicano aumenti di rischio di tumore cerebrale o neurinoma fino a 10 anni di utilizzo, mentre per durate superiori i pochi dati disponibili non consentono alcuna conclusione. Per campi di frequenza intermedia (ad esempio per i monitor di tv e computer) i dati sono pochi e non coerenti tra la loro, né vi sono ricerche sugli effetti a lungo termine. Per quanto riguarda i campi a frequenza estremamente bassa (ELF), generati, ad esempio, da elettrodomestici e linee elettriche il comitato conferma le valutazioni espresse dall’Agenzia internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) nel 2001, sulla ‘possibile’ carcinogenicità, sulla base di un aumento di casi di leucemia infantile. Viene invece esclusa una connessione tra esposizione ai CEM e malattie cardiovascolari o tumori al seno. Vengono anche presi in esame i campi statici, non considerati in precedenti analoghi rapporti. In proposito si sottolinea la povertà di dati, che sarebbero invece necessari per poter valutare i rischi dei lavoratori esposti a campi molto intensi, in particolare per coloro che lavorano vicino ad apparati di risonanza magnetica.

Convivere con le onde elettromagnetiche?

Lo spazio interessato alla propagazione delle onde radioelettriche è un **ambiente condiviso**, non solo da apparati, ma anche da persone, che sono quindi sottoposte agli effetti “energetici” dei campi elettromagnetici.

I livelli di “esposizione” sono aumentati negli ultimi cento anni di molti ordini di grandezza: in larga approssimazione tale crescita è pari a **un ordine di grandezza ogni dieci anni**.

Possiamo **fare a meno** delle onde elettromagnetiche?

ELETTRA 2000

25

L'ambiente radioelettrico non ha proprietari né confini: è un ambiente aperto, condiviso, in cui tutte le emissioni naturali e artificiali convivono e si diffondono. Questo ambiente è sede quindi di sistemi che generano ed utilizzano campi elettrici e magnetici, tuttavia coincide con l'ambiente in cui vivono l'uomo e altri organismi biologici, che con tali campi si trovano quindi a convivere.

I livelli di esposizione sono aumentati negli ultimi cento anni di molti ordini di grandezza: in larga approssimazione tale crescita è pari a **un ordine di grandezza ogni dieci anni**. L'energia elettromagnetica viene percepita come una forma subdola di inquinamento, in quanto non visibile e non percepibile in alcun modo, per indicare la presenza eccessiva, o perlomeno percepita come tale, di campi elettromagnetici è stato coniato il termine ibrido di elettrosmog.

Sono molte, soprattutto in Italia le persone che affermano di desiderare l'eliminazione o la riduzione dei campi elettromagnetici nel loro ambiente di vita in quanto li percepiscono come qualcosa di pericoloso per la salute in modo assoluto,

Ma, onestamente, chi si sentirebbe di fare a meno dei servizi assolutamente pregiati ed ormai insostituibili, offerti dalle numerosissime applicazioni delle onde e.m.?

Il principio di precauzione

Molti agenti che ci circondano creano rischio per la salute:

- inquinamento aria e acqua
- circolazione automezzi: polveri e gas di scarico
- trattamento industriale dei cibi
- radioattività naturale e di produzione umana



La risposta della scienza è

il **principio di precauzione**:

nel caso delle radioonde, i valori di campo elettromagnetico devono essere tenuti ai livelli più bassi possibile, compatibilmente con l'efficienza del servizio.

Per quanto riguarda il telefonino GSM:

- la trasmissione è frazionata nel tempo (TDMA)
- la trasmissione avviene solo quando l'utente sta parlando (DTX);
- il livello della potenza trasmessa è continuamente regolato al minimo possibile (PC).

In questa situazione, sarebbe da incoscienti far finta di niente: un rischio probabilmente esiste davvero, e la sua entità ci dovrà essere detta dagli scienziati, fisici e biologi.

Nei tempi in cui viviamo, molte tecnologie e processi industriali creano rischi per la salute, e a fronte della non conoscenza dell'entità del rischio, è prassi comune applicare il **principio di precauzione**. Nel nostro caso, questo principio impone che i valori di campo elettromagnetico siano tenuti ai livelli più bassi che sia possibile, compatibilmente con l'efficienza del servizio, al fine di minimizzare l'esposizione della popolazione.

Il processo di controllo

Il processo per difendere dai pericoli i cittadini si fonda su tre elementi:

1. definire in modo serio, logico, scientifico i limiti da non superare;
2. imporre per legge il divieto di superare i limiti;
3. definire le competenze per il controllo e le sanzioni.



Esempio: il limite di velocità.

1. È stato scelto il limite di 50 Km/h nei centri abitati.
2. Il limite è inserito nel Codice della Strada.
3. Il controllo del limite è affidato alle Forze dell'Ordine.

Nel caso dei campi elettromagnetici:

1. E' stato scelto il limite di 6 V/m (Volt al metro)
2. Il limite è normalizzato nel DPCM 8 Luglio 2003
3. Il controllo del limite è affidato alle ARPA e al Ministero delle Comunicazioni con strumenti opportuni.



Quando si profila un rischio per la salute dei cittadini, scatta un processo in cui lo Stato interviene per garantire una adeguata protezione. Questo **processo di controllo** prevede che venga definito in sede scientifica un limite ragionevole da non superare; questo limite deve essere imposto attraverso strumenti legislativi, affinché sia diffuso e posto a conoscenza degli operatori; infine, devono essere previsti strumenti e competenze per la verifica sul campo del rispetto dei limiti posti.

I limiti non vengono fissati sulla base di criteri arbitrari, ma tenendo conto dei risultati di studi epidemiologici e di laboratorio riconosciuti e validati. Inoltre sono sottoposti a continua revisione anche sulla base di quelle che sono le nuove conoscenze nell'ambito degli effetti dei campi elettromagnetici sulla salute.

Criteria protezionistici e normativi

Diverse organizzazioni internazionali hanno emanato normative per la protezione della popolazione e dei lavoratori dai CEM:

- **NRPB** (National Radiological Protection Board)
- **CENELEC** (European Committee for Electrotechnical Standardization)
- **ICNIRP** (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection)
- **IEEE** (Institute of Electrical and Electronics Engineers)

Le normative citate hanno molti aspetti in comune:

- sono basate sulla stessa letteratura scientifica considerando solo effetti chiaramente documentati
- prevedono ampi margini di sicurezza rispetto ai livelli di soglia per effetti potenzialmente nocivi.

I livelli di soglia sono sottoposti a continue revisioni sulla base di quelli che sono gli avanzamenti della ricerca scientifica. L'ultima revisione dei livelli si è avuta nel 2007 ed è stata effettuata per conto della UE dal Comitato Scientifico SCENIHR

La comunità europea in un documento intitolato “Rischi per la salute emergenti o di recente identificazione” ha espresso il suo parere riguardo ai possibili rischi per la salute derivanti dalla esposizione a campi elettromagnetici. Questo documento è stato redatto sulla base degli studi fin qui eseguiti nell’ambito del quinto programma quadro e riveduti nella coordination action che sta alla base del sesto programma quadro. IN questo documento viene confermato l’orientamento ripetutamente espresso dagli studiosi del settore, ma senza abbassare la guardia: ci sono infatti ambiti in cui è necessario procedere ad ulteriori approfondimenti, tramite ulteriori progetti di ricerca che come indicato dagli autori del rapporto sono stati inseriti nel VII Programma Quadro della Commissione Europea. E’ il caso della esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici, argomento che era completamente assente del V programma quadro, ma che ha iniziato a trovare spazio nel VI e ancora di più nel VII.

Per i campi a radiofrequenza gli esperti concludono che non esistono prove convincenti di effetti sulla salute per livelli di esposizione inferiori a quelli stabiliti dall’ICNIRP, anche se i dati sono limitati, soprattutto per le esposizioni croniche. Nel caso particolare dei telefoni cellulari, le indagini epidemiologiche non indicano aumenti di rischio di tumore cerebrale o neurinoma fino a 10 anni di utilizzo, mentre per durate superiori i pochi dati disponibili non consentono alcuna conclusione. Per campi di frequenza intermedia (ad esempio per i monitor di tv e computer) i dati sono pochi e non coerenti tra la loro, né vi sono ricerche sugli effetti a lungo termine.

Criteria protezionistici e normativi

- La protezione dagli effetti termici, per i quali vi è danno certo, si attua con la definizione di:

- **Limiti primari** o **limiti di base** legati agli effetti sanitari acuti ed espressi per mezzo di grandezze dosimetriche, interne al corpo umano.

- **Limiti derivati** o **livelli di riferimento** caratterizzati dalle grandezze radiometriche, esterne al corpo umano, corrispondenti all'ambiente in cui avviene l'esposizione. Vengono dedotti cautelativamente ipotizzando le più sfavorevoli condizioni di esposizione.

- I limiti derivati sono fissati rispetto a quelli primari in modo che, se i valori di campo misurati in un ambiente non superano i primi, sicuramente non verranno superati i secondi.

- Il Consiglio dell'Unione Europea ha emanato una raccomandazione sulla base di diverse considerazioni:

- tutti i cittadini dell'UE hanno diritto allo stesso livello di protezione
- l'esistenza di normative diverse crea confusione e sfiducia
- le normative dovrebbero essere basate sui migliori dati scientifici
- le normative dovrebbero prevedere limiti di base e livelli di riferimento
- le normative dovrebbero essere conformi alle raccomandazioni dell'ICNIRP

- In Italia le normative non contemplano le grandezze dosimetriche (limiti di base), ma solo quelle radiometriche (livelli di riferimento).

Per quanto riguarda i campi a frequenza estremamente bassa (ELF), generati, ad esempio, da elettrodomestici e linee elettriche il comitato conferma le valutazioni espresse dall'Agenzia internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) nel 2001, sulla 'possibile' carcinogenicità, sulla base di un aumento di casi di leucemia infantile. Viene invece esclusa una connessione tra esposizione ai CEM e malattie cardiovascolari o tumori al seno.

Vengono anche presi in esame i campi statici, non considerati in precedenti analoghi rapporti. In proposito si sottolinea la povertà di dati, che sarebbero invece necessari per poter valutare i rischi dei lavoratori esposti a campi molto intensi, in particolare per coloro che lavorano vicino ad apparati di risonanza magnetica.

Criteri protezionistici e normativi

La legge italiana fissa tre distinti livelli per le grandezze radiometriche:

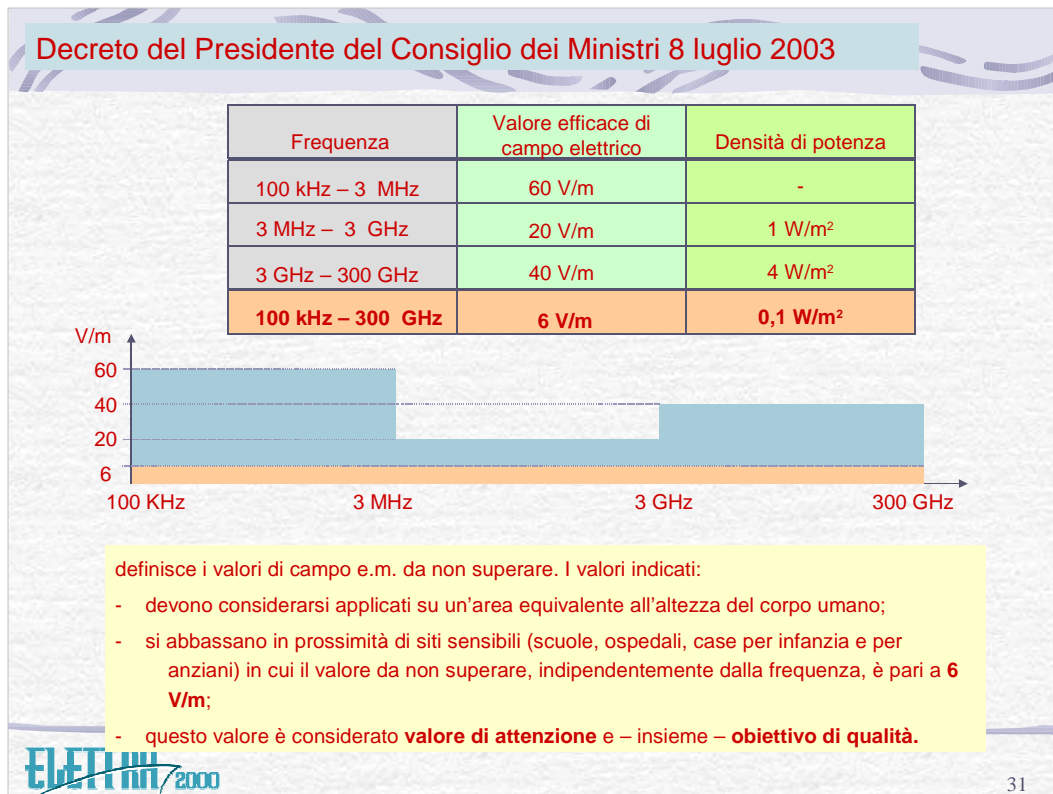
- **limiti di esposizione:** valori del campo elettrico, magnetico o elettromagnetico considerati come valori di immissione, che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione;
- **livelli di attenzione:** valori del campo elettrico, magnetico o elettromagnetico considerati come valori di immissione che non devono essere superati negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Essi costituiscono misure di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine;
- **obiettivi di qualità:** valori del campo elettrico, magnetico o elettromagnetico considerati come valori di emissione degli impianti e delle apparecchiature, da conseguire nel breve, medio e lungo periodo, anche attraverso l'uso di tecnologie e metodi di risanamento disponibili, al fine di realizzare gli obiettivi di cautela previsti, anche con riferimento alla protezione da possibili effetti a lungo termine. Obiettivi di qualità sono: i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, etc.

La legge italiana fissa tre distinti livelli per le grandezze radiometriche:

limiti di esposizione: valori del campo elettrico, magnetico o elettromagnetico considerati come valori di immissione, che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione;

livelli di attenzione: valori del campo elettrico, magnetico o elettromagnetico considerati come valori di immissione che non devono essere superati negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Essi costituiscono misure di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine;

obiettivi di qualità: valori del campo elettrico, magnetico o elettromagnetico considerati come valori di emissione degli impianti e delle apparecchiature, da conseguire nel breve, medio e lungo periodo, anche attraverso l'uso di tecnologie e metodi di risanamento disponibili, al fine di realizzare gli obiettivi di cautela previsti, anche con riferimento alla protezione da possibili effetti a lungo termine. Obiettivi di qualità sono: i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, etc.



Il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003, pubblicato in Gazzetta Ufficiale il 28 luglio 2003, fissa i limiti di esposizione a cui può essere sottoposta la popolazione civile secondo i valori riportati nella tabella.

In effetti, sotto l'aspetto della proliferazione delle antenne, l'Italia mostra anomalie rispetto ad altri Paesi. Abbiamo un numero esagerato di emittenti radio e televisive: più di 2400 radio e 700 televisioni (pari a 1/3 di quelle presenti in tutto il mondo), spesso troppo vicine a case di civile abitazione o ad edifici pubblici. Con l'avvento della telefonia cellulare, abbiamo assistito ad una massiccia diffusione di antenne anche nei centri abitati.

Il DPCM citato intende mettere ordine alla proliferazione degli effetti delle antenne, stabilendo limiti da non superare e contromisure nel caso di superamenti.

I valori indicati devono considerarsi applicati su un'area equivalente alla sezione verticale del corpo umano;

- si riferiscono ad una esposizione di durata continua;
- non si applicano ai lavoratori esposti per ragioni professionali; questi lavoratori sono definiti come persone adulte, consapevoli di essere esposti a rischio e capaci di adottare determinate precauzioni, quindi meno indifese della generica popolazione civile. I limiti per la esposizione dei lavoratori sono materia trattata nel Testo Unico.
- si abbassano in prossimità di scuole e ospedali, in cui il valore di campo elettrico da non superare, indipendentemente dalla frequenza, è pari a 6 V/m.

Strumenti per misure a larga banda

Uno strumento molto diffuso per misure a larga banda: Modello 8053 della PMM



Lo strumento 8053 posizionato sul treppiede dielettrico.



Lo strumento Narda EMR300 posizionato sul treppiede dielettrico e connesso ad un PC per l'analisi dei dati.

Modalità di misura a larga banda secondo il DPCM 381:

1. Il misuratore viene posto sul treppiede dielettrico;
2. Il sensore viene posto ad un'altezza di 150 cm. dal suolo;
3. La misura viene mediata su un periodo di 6 minuti;
4. Il valore rilevato a fine misura non deve superare i 6 V/m

Il secondo passo del processo di controllo è la **misurazione** della grandezza che rappresenta il potenziale rischio. A questo fine, nel campo che ci interessa abbiamo a disposizione strumenti concettualmente semplici e facili da usare: **misuratori di campo elettrico a larga banda**, alimentati a batteria e sufficientemente leggeri per un impiego portatile.

Un aspetto importante della misura in questione è che facilmente il setup di misura può perturbare la misura stessa. I campi elettrici assumono configurazioni spaziali che risentono vistosamente della presenza nell'area di corpi conduttori. Per questa ragione lo strumento deve essere piccolo, il sensore vero e proprio deve essere remotizzato rispetto al mainframe, il supporto che definisce l'altezza del sensore deve essere dielettrico, l'operatore stesso deve allontanarsi una volta che è stata avviata la misura.

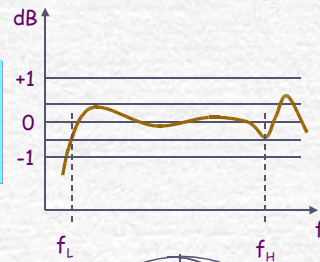
Le foto illustrano un paio dei più diffusi strumenti di questo tipo, il modello 8053 della PMM e il modello EMR300 della Wandel-Goltermann. Il cavo d'interconnessione ad un eventuale PC per gestire la raccolta dei dati, deve essere non metallico, ed in effetti quello che la foto mostra è un cavo in fibra ottica.

Caratteristiche e impiego degli strumenti LB



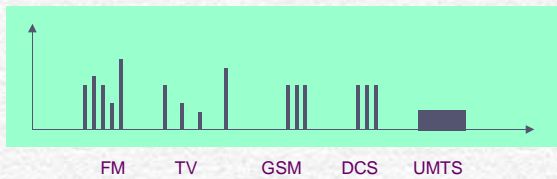
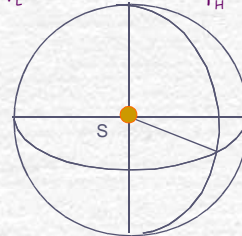
Caratteristiche del sensore:

1. Risposta in ampiezza uniforme su una banda molto estesa



Caratteristiche del sensore:

2. Risposta uniforme nel rispetto della isotropia spaziale



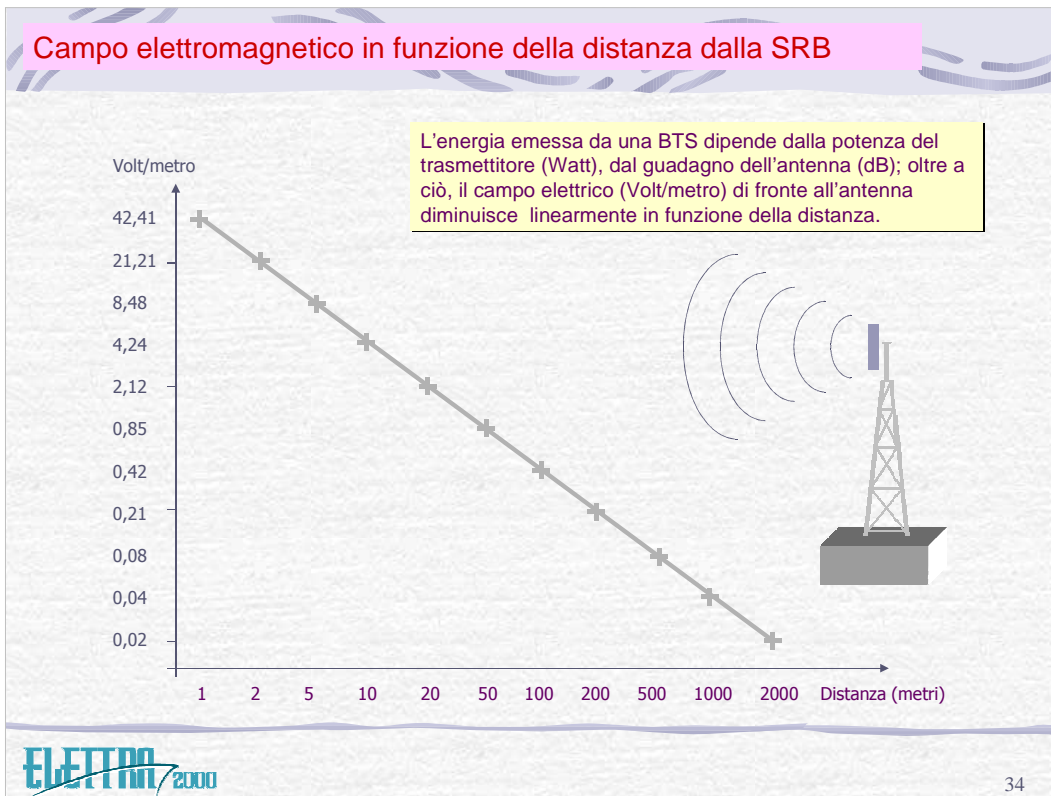
Ipotesi di presenza di contributi multipli nella banda 0,1 – 3000 MHz

Occorre aggiungere che i limiti di legge si applicano alla potenza complessiva dei segnali che incidono sul sito di misura. Anche se in qualche caso esiste sul sito un segnale dominante, nella maggioranza dei casi il risultato della misura è dato dalla somma di tanti segnali, ciascuno con una sua frequenza propria. E' facile intuire che nel punto di misura **convergono segnali** in OM, in FM, segnali TV e segnali di telefonia cellulare, oltre ad eventuali altri segnali di servizi locali.

Il limite stabilito dalla normativa citata dunque chiede che lo strumento in questione dia una **risposta complessiva**. Il sensore dello strumento deve possedere due caratteristiche specifiche ed essenziali, ai fini dell'efficacia della misura:

- deve essere **a larga banda**, ovvero deve avere una risposta uniforme per una banda di frequenze molto estesa. Per comprendere meglio possiamo prendere ad esempio la luce. Il nostro occhio, nel percepire la luce, vede distintamente le sue componenti, che sono i colori: ovvero si comporta in modo selettivo. Al contrario, una fotocellula, come ad esempio quelle che nella macchina fotografica percepiscono l'intensità luminosa per regolare automaticamente l'esposizione, è a larga banda in quanto percepisce contemporaneamente tutti i colori dell'iride e ne ricava un unico valore di luminosità.

- deve essere **isotropa**, ovvero insensibile alla direzione di provenienza di ciascun segnale. Le antenne in genere non sono isotrope, hanno presentano sempre nello spazio una direzione privilegiata nei confronti del segnale irradiato o ricevuto. Nel nostro caso, occorre che non ci sia alcun vincolo tra la direzione di provenienza della radiazione e la posizione assunta dallo strumento.



L'energia emessa da una SRB dipende dalla potenza del trasmettitore (Watt), dal guadagno dell'antenna (dB); oltre a ciò, il campo elettrico (Volt/metro) di fronte all'antenna diminuisce linearmente in funzione della distanza.

La distribuzione spaziale del campo elettrico

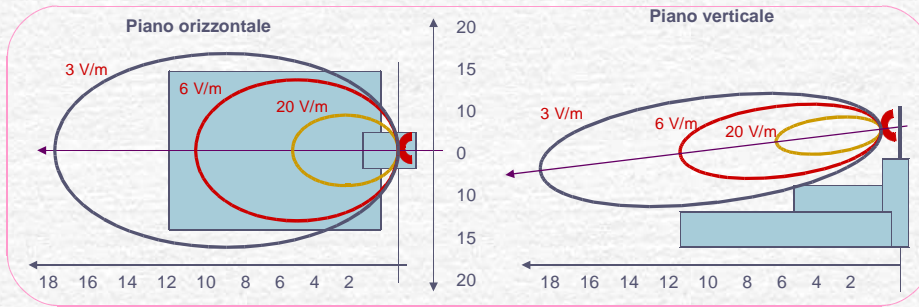
Sito GSM su costruzione civile



Un'antenna direttiva genera campo e.m. in una sola direzione (quella di massima irradiazione).

Si possono identificare “solidi di radiazione fusiformi” e coassiali, definiti da una superficie isolivello.

Il volume che contiene campi elettrici pari o superiori al limite di esposizione (“volume di rispetto”), non deve essere accessibile alla popolazione.

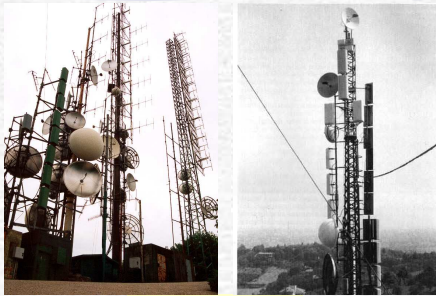


Il campo irradiato è massimo in corrispondenza dell'antenna trasmittente e si attenua in funzione della distanza. E' possibile identificare i **confini di pericolosità** degli impianti radianti utilizzando un misuratore di campo che permetta di intercettare attorno all'antenna, punti in cui il campo assume un determinato valore limite, tipicamente quello pari a **20 V/m**.

Il luogo dei punti che si viene a formare attorno all'antenna disegna il **volume di rispetto**, che deve essere interdetto alla popolazione. Va osservato che le antenne, per ovvie esigenze di propagazione, sono sempre posizionate in alto, e la direttrice di massima emissione è all'incirca parallela al terreno; con ciò si può affermare che sotto ad un'antenna si riscontra un minimo di radiazione, mentre il massimo si ha di fronte all'antenna.

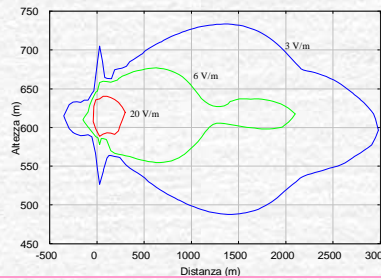
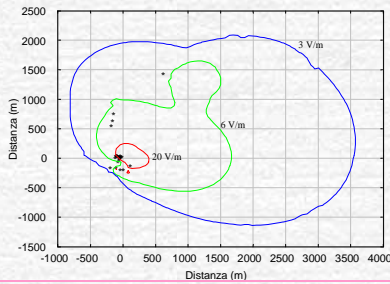
In ogni caso il livello di esposizione dipende dalla potenza emessa dalle antenne, che è particolarmente elevata nel caso di impianti di diffusione radiofonica e televisiva e che quindi esigono distanze di rispetto proporzionalmente elevate. Quindi il Gestore si preoccuperà di porre le antenne ad una altezza tale che il volume di rispetto a 6 V/m non possa essere raggiunto dalle persone.

La distribuzione spaziale del campo elettrico



Nel caso di impianti trasmettenti di grande potenza, il volume di rispetto può estendersi a grande distanza dall'antenna trasmittente.

Siti multipli FM e TV

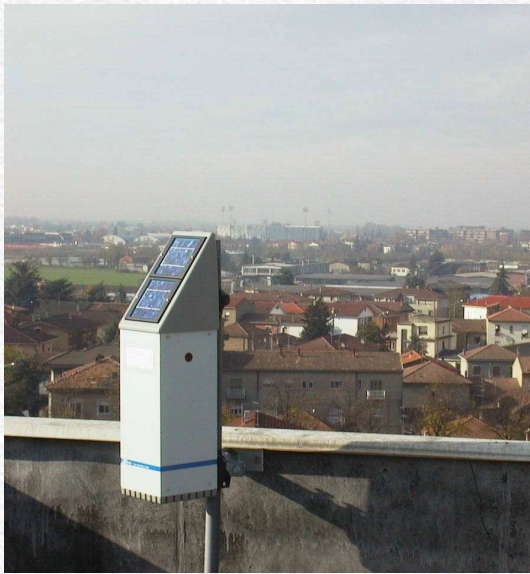


La slide mostra due tipici esempi di linee isolivello di campo elettrico nelle vicinanze di due impianti trasmettenti: nel primo caso si tratta di un sito di telefonia cellulare posto sulla sommità di un palazzo civile di abitazione, nel secondo caso si tratta di un insediamento multiplo di trasmettitori FM e TV posti in cima ad una collina.

Le linee in colore sono ottenute individuando attorno all'antenna irradiante il luogo dei punti in cui il campo elettrico assume il preciso livello dichiarato nella didascalia. E' ovvio che le linee a maggior livello si chiudono su uno spazio decisamente più ristretto rispetto a quelle a livello minore. Appare anche chiaramente nei due casi, la differenza dell'estensione della linea di demarcazione dello stesso livello di campo (ad es., 3 V/m), dovuta ovviamente alla grande differenza nella potenza emessa dai due impianti.

Resta l'ovvia opportunità di effettuare misure dei campi elettromagnetici nei luoghi di vita, soprattutto in quelli ove risiede la popolazione più a rischio (bambini, anziani, malati) per verificare che in nessun punto i limiti vengano oltrepassati.

Centraline per misura di campi a RF



In questi ultimi anni, collaborando col Ministero delle Comunicazioni, la nostra organizzazione ha progettato e realizzato una rete di monitoraggio nazionale, distribuendo sul territorio qualcosa come 1200 centraline automatiche per il monitoraggio in continuo dei campi elettromagnetici sul territorio.

Il principio della centralina è lo stesso della strumentazione a larga banda, con la differenza che tutti i dati prelevati dal territorio vengono trasmessi ad una grossa banca dati, che li elabora e li mette a disposizione di Autorità e cittadini.

Nelle slides seguenti vengono illustrati i dati di quattro anni di monitoraggio, che hanno fornito una poderosa mole di rilevazioni su tutto il territorio nazionale.

Campagna di Monitoraggio

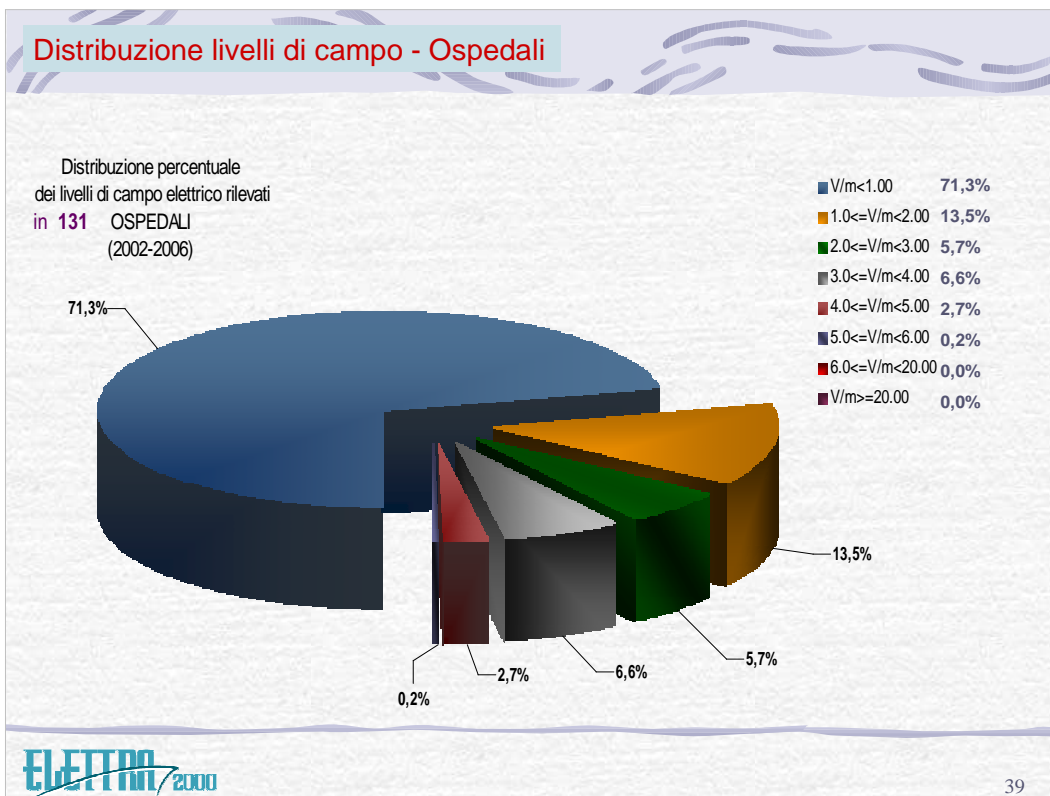
Campagna di monitoraggio c.e.m. dal 2002 al 2006

Siti monitorati	7.391
Strutture sanitarie	131
Scuole	2.103
Edifici/Luoghi pubblici	1.373
Abitazioni private	4.184
Ore di monitoraggio	4.557.419
Nord	2.444.919
Centro	1.171.083
Sud	941.417
Numero misure	48.977.975
Nord	27.700.234
Centro	11.869.029
Sud	9.408.712

Il monitoraggio progettato dal Ministero delle Comunicazioni ha coinvolto tutto il territorio nazionale, attraverso le locali ARPA; le centraline sono state installate in siti definiti sensibili dalle Amministrazioni e lì sono rimaste per un periodo di tempo superiore ai 15 giorni, per poter fornire una situazione dettagliata riguardo ai livelli di campo elettromagnetico ed essere successivamente rilocate altrove, permettendo così la costruzione di una dettagliata mappatura del territorio basata sui livelli di campo elettromagnetico rilevati.

I dati acquisiti da ogni singola centralina, venivano poi inviati tramite chiamata GSM ad un centro di controllo, dove venivano validati e pubblicati su un sito internet all'uopo progettato e visibile a tutti.

Il progetto monitoraggio si è chiuso a ottobre 2006, ma ancora oggi, attività satelliti del Progetto Monitoraggio, come ad esempio il veicolo BluShuttle sono ancora operativi e continuano a fare monitoraggio sul territorio.



La fotografia dell'Italia che è uscita dalla campagna di monitoraggio su vasta scala portata avanti dal Ministero delle Comunicazioni è decisamente tranquillizzante. La maggior parte dei siti misurati presenta valori di campo elettrico inferiori al V/m.

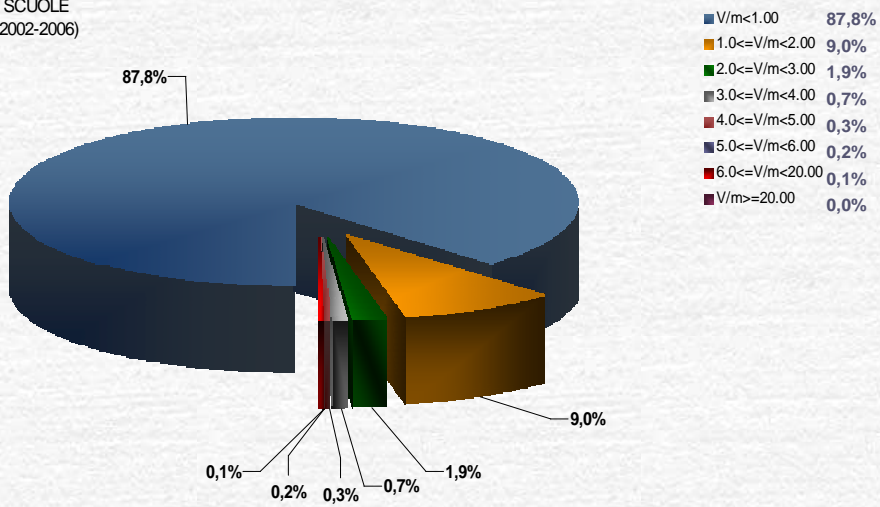
Pochi sono stati i superamenti rilevati ed in genere relativi a situazioni delle quali sia i Comuni che le ARPA erano al corrente e per le quali erano già in programma azioni di risanamento.

La successiva campagna di monitoraggio portata avanti nel triennio 2006/2009 dal Consorzio Elettra 2000, tramite l'utilizzo del veicolo BluShuttle e della attrezzatura tecnica in dotazione a quest'ultimo, ha confermato pienamente questa tendenza.

I risultati del Progetto Monitoraggio sono tutt'ora visibili all'indirizzo:
www.monitoraggio.fub.it

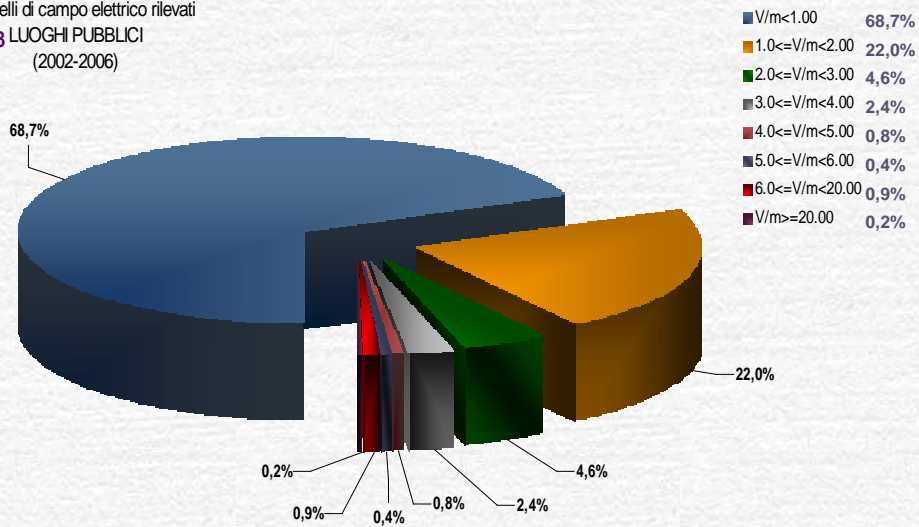
Distribuzione livelli di campo - Scuole

Distribuzione percentuale
dei livelli di campo elettrico rilevati
in **2103** SCUOLE
(2002-2006)



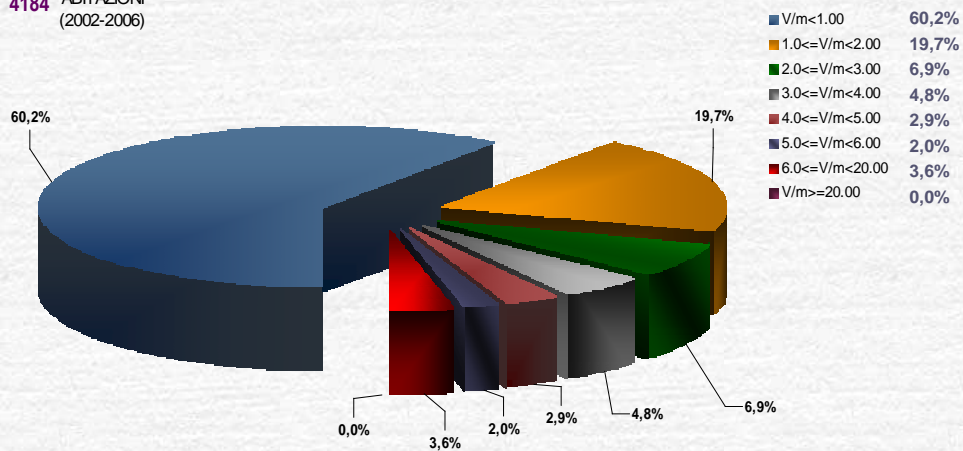
Distribuzione livelli di campo – Luoghi Pubblici

Distribuzione percentuale
dei livelli di campo elettrico rilevati
in **1373** LUOGHI PUBBLICI
(2002-2006)



Distribuzione livelli di campo - Abitazioni

Distribuzione percentuale
dei livelli di campo elettrico rilevati
in 4184 ABITAZIONI
(2002-2006)



Le emissioni nella telefonia cellulare



E' necessario tenere presente, anche se ovvio, che le onde elettromagnetiche sono emesse sia dalla Stazione Radio Base che dal telefonino. Ciò è dovuto al fatto che la conversazione è necessariamente bidirezionale. Tra SRB e cellulare si stabilisce una doppia via, su due canali differenti. Per l'intera durata della conversazione, dunque, si ha emissione di onde elettromagnetiche da entrambi gli apparati.

Quando invece il telefonino è in stato "idle", non emette segnali (se non qualche raro burst, su stimolo della BTS).

Il buon uso del telefonino

Le verifiche di campo em vengono fatte sia all'esterno che all'interno degli edifici. L'impatto risulta maggiore all'esterno (pertinenze), ai piani più alti e qualora il punto di misura sia sull'asse di maggiore irradiazione.

Ma, realisticamente parlando, non sono le emissioni delle antenne BTS a preoccupare: infatti, **l'impatto del cellulare è ben superiore a quello dell'impianto trasmettente.**



Una buona regola per salvaguardare la salute, suggerisce di tenere il telefonino **lontano dalla testa**, sia per quanto riguarda la posizione, sia per la durata dell'utilizzo.

E' preferibile l'uso dell'**auricolare**, oppure del **viva-voce**, che consentono di tenere l'antenna lontana dalla testa.

Altro buon suggerimento riguarda la **trasmissione di SMS**.

Una ricerca su 456 **incidenti stradali** ha mostrato che l'uso del telefonino fino a 10 minuti prima o durante l'incidente determina una probabilità **quattro volte superiore** di essere coinvolto in un incidente.

Le verifiche di campo em vengono fatte posizionando lo strumento misuratore a larga banda sia all'esterno che all'interno degli edifici. L'impatto risulta maggiore all'esterno (pertinenze), ai piani più alti e qualora il punto di misura sia sull'asse di maggiore irradiazione. I muri di norma attenuano notevolmente la potenza dell'onda elettromagnetica, fino ad un ordine di grandezza. E comunque, come visto sopra, i livelli misurati sul territorio sono molto bassi e se ne può ragionevolmente escludere la pericolosità.

Tuttavia, realisticamente parlando, non sono le emissioni delle antenne BTS a preoccupare: infatti, **l'impatto del cellulare è ben superiore a quello dell'impianto trasmettente.** La posizione del cellulare in fase di conversazione è all'orecchio, dunque molto vicino alla parete del cranio, al sistema uditivo e al cervello. Qualche ipotesi di possibile tumore all'apparato uditivo è stata sollevata di recente sollevata.

Una buona regola per salvaguardare la salute, suggerisce di tenere il telefonino **lontano dalla testa**, sia per quanto riguarda la posizione, sia per la durata dell'utilizzo.

E' preferibile l'uso dell'**auricolare**, oppure del **viva-voce**, che consentono di tenere l'antenna lontana dalla testa. Altro buon suggerimento riguarda la **trasmissione di SMS**, modalità che consente di operare col telefonino in mano, distante dal cervello e dagli occhi, consentendo fra l'altro emissioni di brevissima durata.

Un altro aspetto preoccupante riguarda gli **incidenti stradali** Una ricerca su 456 incidenti ha mostrato che l'uso del telefonino fino a 10 minuti prima o durante l'incidente determina una probabilità **quattro volte superiore** di essere coinvolto in un incidente.

L'etica del telefonino - 1

1) Spegnere il telefonino nei luoghi dove ciò è espressamente richiesto (aerei, ospedali, banche, centri sanitari, ecc.);

2) Spegnere il telefonino in luoghi dove esistano pericoli di esplosione;

3) Spegnere il telefonino o per lo meno azzerare il volume della chiamata quando si è in ambiente in cui per convenzione è richiesto il silenzio (cinema, teatro, chiesa, biblioteca).

4) Nelle riunioni il telefonino è giustamente considerato un elemento di disturbo. È quindi corretto spegnerlo o comunque azzerare il volume, a meno di una autorizzazione esplicitamente concessa.

5) E' atto di grande correttezza chiedere all'interlocutore appena chiamato, se è libero di parlare;

L'impatto della telefonia cellulare nella società umana crea tutta una serie di situazioni nuove e di comportamenti non codificati. Tuttavia non va dimenticato che la prima regola per una serena e pacata convivenza civile è il rispetto delle istituzioni e ancora prima il **rispetto delle persone** che ci circondano e dei loro diritti:

1. Spegnere il telefonino nei luoghi dove ciò è espressamente richiesto (aerei, ospedali, banche, centri sanitari, ecc.); probabilmente il rischio è che le emissioni dell'apparato vadano ad interferire con altri sensibili apparati elettronici.
2. Spegnere il telefonino in luoghi dove esistano pericoli di esplosione (depositi o aree di trasbordo per combustibili o prodotti chimici infiammabili, luoghi ove potrebbero accumularsi gas esplosivi). Si tratta di luoghi in cui di regola è richiesto di spegnere i motori dei veicoli, e la ragione è che qualunque pur minima scintilla potrebbe provocare una detonazione.
3. Spegnere il telefonino o per lo meno azzerare il volume della chiamata quando si è in ambiente in cui per convenzione è richiesto il silenzio (cinema, teatro, chiesa, biblioteca).
4. Nelle riunioni il telefonino è giustamente considerato un elemento di disturbo all'attenzione e concentrazione richieste. È quindi corretto spegnerlo o comunque azzerare il volume, a meno di una autorizzazione concessa del chairman o conduttore della riunione su specifica richiesta.
5. E' atto di grande correttezza chiedere all'interlocutore appena chiamato, se è libero di parlare. Ciò evita all'altro di dover prendere l'iniziativa di bloccare sul nascere la telefonata, qualora non si trovi nella possibilità di dedicarsi.

L'etica del telefonino - 2

6) L'uso del telefonino può pregiudicare la sicurezza (guida, lavori manuali) propria e di altri. In molti casi la sicurezza aumenta con l'impiego dell'auricolare, che lascia libere le mani.

7) I cellulari registrano le chiamate senza risposta. E' buona regola richiamare il numero memorizzato, anche se ignoto.

8) Quando si è in colloquio verbale diretto con altra persona, non dare sempre la priorità alle chiamate in arrivo, lasciando in attesa il precedente interlocutore.

9) Evitare di fare chiamate dai luoghi in cui il contatto con le persone è stretto (autobus, code), e comunque non parlare a voce alta qualora la telefonata sia davvero necessaria.

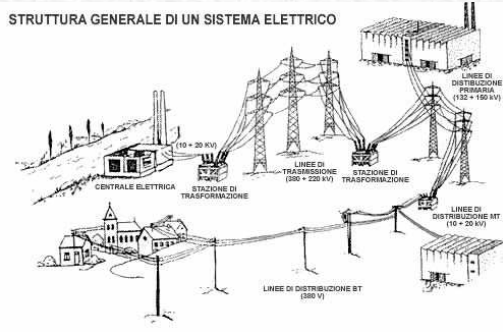
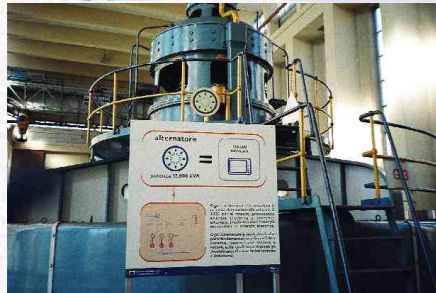
10) Essere disponibili ad usare il proprio telefonino per motivi di emergenza o pubblica utilità, ed eventualmente a metterlo a disposizione di chi, in tali casi, ha urgente necessità di comunicare.

1. Non usare il telefonino quando questo pregiudica la propria sicurezza personale (guida, lavori manuali) e può di conseguenza pregiudicare la sicurezza di altri. In molti casi la sicurezza aumenta con l'impiego dell'auricolare, che lascia libere le mani.
2. I cellulari registrano le chiamate pervenute, che non hanno avuto risposta causa la momentanea indisponibilità dell'utente. E' buona regola richiamare il numero memorizzato, anche se ignoto.
3. Quando si è in colloquio verbale diretto con altra persona, non dare sempre la priorità alle chiamate in arrivo, lasciando in attesa davanti a sé il precedente interlocutore; eventualmente accettare la chiamata dopo aver chiesto il permesso alla persona con cui si è in colloquio.
9. Evitare di originare chiamate dai luoghi in cui il contatto con le persone è stretto (autobus, code), e comunque non usare voce alta qualora la telefonata debba necessariamente avvenire in mezzo alla gente.
1. Motivi di attenzione ai problemi degli altri e di solidarietà richiedono la disponibilità ad usare il proprio telefonino per motivi di emergenza o pubblica utilità, ed eventualmente a metterlo a disposizione di chi, in tali casi, ha urgente necessità di comunicare.

L'energia elettrica a bassa frequenza

L'energia elettrica viene generata sfruttando processi che trasformano altri tipi di energia (idrica, termica, solare, eolica, chimica, ecc.).

L'energia elettrica viene comunque prodotta da potenti alternatori, che generano potenze assai elevate ad una frequenza che in Europa è di 50 Hz. La lunghezza d'onda è quindi pari a 6000 Km.



Poiché viene portata a destinazione mediante elettrodotti, spesso di lunghezza rilevante, è importante che lungo il trasporto venga ridotta la corrente a spese di un aumento della tensione.



Un utilizzo del tutto diverso ma non meno essenziale è affidato a quella parte dello spettro elettromagnetico che è denominato “ELF”, che sta per Extra Low Frequency. Si tratta di energia alla frequenza di 50 Hz, utilizzata per usi industriali, civili e domestici.

Questa energia viene prodotta da grandi alternatori di potenza enorme, che trasformano una energia primaria di tipo idrico, termico, solare, eolico. L'energia elettrica viene portata a distanze anche assai rilevanti, mediante elettrodotti, un sistema di conduttori tenuti a distanza dal suolo mediante alti tralicci.

Gli elettrodotti sono costituiti da fili di rame, metallo che ha una conduttività molto alta ma non infinita, e pertanto occorre fare i conti con l'energia che viene persa nel trasporto, a causa della resistenza dei conduttori. Occorre dunque tenere basse quanto più possibile le correnti circolanti, senza però penalizzare la potenza totale che viene trasportata. Per questa ragione si tengono molto alte le tensioni, che vengono poi ricondotte a valori più pratici al termine dell'elettrodotto.

Con tutto questo, un elettrodotto può portare tensioni da 15.000 a 380.000 Volt e correnti comprese tra le decine e le centinaia di Ampere. Da ciò consegue che nelle adiacenze di un elettrodotto i campi elettrici e magnetici possono risultare molto forti.

Dispositivi a frequenza industriale

Terminali del trasporto di energia, quindi più prossimi ai cittadini, sono i dispositivi per la trasformazione della energia ed i quadri elettrici, in cui transitano potenze ancora rilevanti. Motori e trasformatori generano prevalentemente campi magnetici.

Quadro elettrico



Trasformatore da 2500 KVA

Trasformatori di potenza e quadri elettrici rappresentano di norma i terminali della linea di trasporto dell'energia. Sono dispositivi che consentono l'utilizzo dell'energia elettrica, sono localizzati nei pressi dei centri abitati e pertanto rappresentano una fonte prossima di campi elettrici e magnetici.

Dispositivi domestici a frequenza di rete



Nelle nostre case non si contano più gli oggetti che utilizzano l'energia elettrica, a scopo di illuminazione, di gestione della cucina, dell'igiene, dell'intrattenimento.

Tutti questi oggetti sono sottoposti ad una tensione ed in essi circola corrente alternata, pertanto generano **campi elettrici e magnetici**.

49

Infine, gli utilizzatori dell'energia elettrica sono rappresentati da motori, riscaldatori, trasformatori, nell'ambito dell'industria, mentre in ambito domestico tutti conosciamo bene la grande quantità di apparecchi che funzionano con la corrente elettrica.

Campi ELF

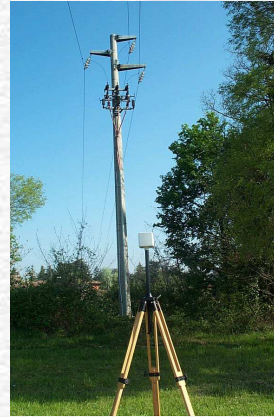
Campi Elettrici

- 1) Sono prodotti dalla **differenza di potenziale** fra conduttori o fra un conduttore e terra
- 2) Si misurano in Volt per metro (**V/m**)
- 3) Vengono **facilmente schermati** da oggetti conduttori quali alberi ed edifici
- 4) **Decrescono** in intensità all'aumentare della distanza dalla sorgente
- 5) Le forze generate dal campo elettrico agiscono su tutti gli oggetti capaci di **conduzione elettrica**

Campi Magnetici

- 1) Sono prodotti dalla **corrente** che scorre in un conduttore
- 2) Si misurano in Tesla (T) o Gauss (G) o loro sottomultipli (esempio: un microTesla=un milionesimo di Tesla)
- 3) **Non** vengono **facilmente schermati**
- 4) **Decrescono** in intensità all'aumentare della distanza dalla sorgente
- 5) Agiscono su altri conduttori inducendo **correnti elettriche**

Come misurare i campi ELF



Primo caso: **misura a breve termine** (tipicamente 6 minuti). Lanciata la misura, in ambiente non perturbato, l'operatore si allontana e allo scadere del tempo, ferma la misura e legge il valore.

Altra possibilità: la misura prevede una durata assai lunga (**la mediana sulle 24 ore**). Il settaggio dello strumento viene fatto mediante SW su PC, poi il sensore continua a registrare valori in **modalità a basso consumo**. Allo scadere del tempo, riconnettendo il PC sarà possibile scaricare in forma tabellare i dati dell'intero periodo.

La legislazione riguardante i campi ELF

Nel 2003 sono entrati in vigore due **DPCM** (Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri) che fissano i limiti di esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici, per l'intera gamma **dalle ELF a 300 GHz**, recependo così la raccomandazione n. 519 dell'Unione Europea.

Il primo DPCM – **dell' 8 luglio 2003** - riguarda i campi RF **da 100 kHz a 300 GHz**;

Il secondo DPCM – **anch'esso dell' 8 luglio 2003** – riguarda i campi ELF a **50 Hz**.

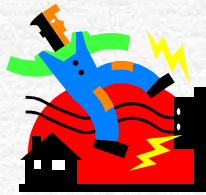
Per quanto riguarda i campi ELF, il DPCM in vigore fissa il limite di esposizione a **100 microtesla** e **5 KV/m** rispettivamente per il campo magnetico ed il campo elettrico, e introduce due nuovi valori:

- **10 microtesla** come “valore di attenzione”
- **3 microtesla** come “obiettivo di qualità”



Il valore di **10 microtesla** va inteso come la mediana dei valori nell'arco delle **24 ore**, misurati nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a **quattro ore giornaliere**.

La legislazione riguardante i lavoratori



Il Parlamento e il Consiglio Europeo hanno emesso il 29 Aprile 2004 la **Direttiva 2004/40/CE** su: “**Prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all’esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici).**”

La Direttiva in questione è stata inizialmente integrata all'interno della **legge 626 del 19 Settembre 1994.**

Successivamente è stato varato il Decreto Legislativo 81/2008 comunemente chiamato Testo Unico sulla sicurezza sul lavoro, nel cui Capo IV, Titolo VIII viene recepita la Direttiva 2004/40/CE. A questo testo attualmente ci si deve attenere per tutte le questioni relative alla sicurezza sul lavoro.

Gli adempimenti e gli obblighi sono riferibili ai soli **lavoratori esposti durante il lavoro ai c.e.m.**

Il Parlamento e il Consiglio Europeo hanno emesso il 29 Aprile 2004 la **Direttiva 2004/40/CE** su: “**Prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all’esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici).**”

Gli stati membri della comunità Europea avevano tempo 4 anni per recepire la direttiva entro il proprio ordinamento.

Successivamente il termine per il recepimento è stato spostato di 4 anni per permettere di fissare delle normative e delle procedure per i lavoratori che operano in campo della risonanza magnetico nucleare, i cui livelli di esposizione possono superare i limiti riportati nella normativa.

L'Italia tuttavia è stata tra i primi paesi a recepire la Direttiva, dapprima integrandola entro il testo della legge 626/94 sulla protezione dei lavoratori e successivamente entro il Capo IV, titolo VIII del Testo Unico sulla Sicurezza dei lavoratori.

I CEM nel Testo Unico

Le disposizioni riportate nel testo unico riguardano la protezione dai rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori dovuti agli effetti nocivi a breve termine conosciuti nel corpo umano e derivanti dalla circolazione di correnti indotte, dall'assorbimento di energia e da correnti di contatto.

Non riguarda invece la protezione da eventuali effetti a lungo termine e i rischi risultanti dal contatto con conduttori in tensione.

Sono da intendersi esposizioni professionali quelle strettamente correlate e necessarie alla attività produttiva.



I CEM nel Testo Unico

Con l'entrata in vigore del Testo Unico i datori di lavoro sono obbligati a produrre un documento di valutazione del rischio, nel quale il datore di Lavoro, in collaborazione anche con il Medico Competente valuta tutti i rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori, inclusi quelli derivanti dalla esposizione ai campi elettromagnetici.

Per i campi elettromagnetici i descrittori del rischio da tenere in considerazione sono:

- Campo elettrico E
- Campo magnetico H
- Induzione magnetica B
- Densità di potenza S

Il decreto prevede valori di azione e valori limite.

Per **valori limite** (VL) si intende limiti basati direttamente sugli effetti accertati e su considerazioni biologiche, il rispetto di questi limiti garantisce la protezione dei lavoratori dagli effetti a breve termine attualmente noti. Questi limiti non possono essere in alcun modo superati

Per **valori di azione** (VDA) si intende livelli di parametri direttamente misurabili che determinano l'obbligo di adottare misure restrittive. Il rispetto di questi valori garantisce il rispetto dei limiti.

Va da se che $VL > VDA$

Direttiva 2004/40/CE

Se i valori misurati in ambiente aziendale risultano minori rispetto ai valori di azione, da parte del datore di lavoro non si rende necessaria l'introduzione di nessuna misura di protezione,

Nel caso in cui i valori di azione risultino superati il datore di lavoro ha due possibilità:

- 1) Proseguire nel processo di valutazione del rischio allo scopo di verificare, in genere mediante calcolo, il rispetto dei limiti di esposizione espressi come grandezze dosimetriche
- 2) Adottare misure tecniche e organizzative per ridurre l'esposizione al di sotto dei livelli di azione

Nei casi in cui i valori limite siano superati occorre:

- 1) Provvedere a misure immediate per la sicurezza dei lavoratori
- 2) Formulare programmi di azione finalizzati alla riduzione dei livelli di campo
- 3) Effettuare controlli medici sui lavoratori esposti

Il datore di lavoro nella stesura del Documento di valutazione del rischio può avvalersi della consulenza del medico competente e del Rappresentante dei lavoratori per la sicurezza ma la responsabilità resta sempre a suo carico e la mancanza danno luogo a procedimenti di tipo **penale** a carico del datore stesso.

Identificazione della esposizione e valutazione dei rischi –

il datore di lavoro, in occasione della valutazione dei rischi, presta particolare attenzione ai seguenti elementi:

- a) il livello, lo spettro di frequenza, la durata e il tipo dell'esposizione;
- b) i **valori limite di esposizione** e i **valori di azione**;
- c) tutti gli effetti sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori particolarmente a rischio;
- d) qualsiasi effetto indiretto, quale:
 - i) interferenza con attrezzature e dispositivi medici elettronici (compresi stimolatori cardiaci e altri dispositivi impiantati);
 - ii) rischio propulsivo di oggetti ferromagnetici in campi magnetici statici con induzione magnetica superiore a 3 mT;
 - iii) innesco di dispositivi elettro-esplosivi (detonatori);
 - iv) incendi ed esplosioni dovuti all'accensione di materiali infiammabili provocata da scintille prodotte da campi indotti, correnti di contatto o scariche elettriche;
- e) l'esistenza di attrezzature di lavoro alternative progettate per ridurre i livelli di esposizione ai campi elettromagnetici;
- f) per quanto possibile, informazioni adeguate raccolte nel corso della sorveglianza sanitaria, comprese le informazioni pubblicate;
- g) sorgenti multiple di esposizione;
- h) esposizione simultanea a campi di frequenza diversa.

Il Testo Unico

Limiti e valori d'azione variano al variare della frequenza e fanno riferimento alle tabelle ICNIRP. Sia i limiti che i valori di azione per la protezione dei lavoratori sono superiori ai limiti riguardanti la popolazione in generale.

Nella stesura del documento di valutazione del rischio il datore di lavoro valuta e se necessario calcola o misura i livelli di campo elettromagnetico presenti in ambiente aziendale, questo deve avvenire in conformità a norme che al momento non esistono ma verranno emesse dal CENELEC.

Fino a quando non saranno disponibili norme CENELEC che includono tutte le possibili situazioni il datore di lavoro dovrà attenersi alle linee guida emanate dalla Commissione permanente per la prevenzione degli infortuni e per l'igiene del lavoro, alle norme CEI (in particolare la norma CEI 211-6 e la 211-7 ed ai livelli di emissione indicati nei certificati rilasciati dai fabbricanti dei macchinari industriali.

Nella valutazione del rischio il datore di lavoro deve considerare anche l'eventuale presenza di lavoratori sensibili, quali i portatori di pace maker o di altri dispositivi impiantati. In questi casi occorre fare una valutazione ancora più approfondita in concerto anche con il medico competente e il medico di base che segue quel particolare lavoratore.

Disposizioni miranti ad eliminare o ridurre i rischi

Una volta verificato il superamento dei valori d'azione, il datore di lavoro, deve definire e attuare un programma d'azione che comprenda misure tecniche e/o organizzative intese a prevenire esposizioni superiori ai valori limite di esposizione, e che tenga conto in particolare:

- a) di altri metodi di lavoro che implicano una minore esposizione ai campi elettromagnetici;
- b) della scelta di attrezzature che emettano meno campi elettromagnetici, tenuto conto del lavoro da svolgere;
- c) delle misure tecniche per ridurre l'emissione dei campi elettromagnetici, incluso se necessario l'uso di dispositivi di sicurezza, schermatura o di analoghi meccanismi di protezione della salute;
- d) degli opportuni programmi di manutenzione delle attrezzature di lavoro, dei sistemi dei luoghi e delle postazioni di lavoro;
- e) della progettazione e della struttura dei luoghi e delle postazioni di lavoro;
- f) della limitazione della durata e dell'intensità dell'esposizione;
- g) della disponibilità di adeguati dispositivi di protezione individuale

La percezione del pubblico

Gli operatori del settore (mondo imprenditoriale, mondo istituzionale, mondo scientifico), a fronte dell'impatto elettromagnetico, si chiedono:

1. L'esposizione ai c.e.m. rappresenta un pericolo per la salute?
2. Quali sono gli elementi che provocano la preoccupazione della popolazione?
3. Come rispondere alle preoccupazioni dei cittadini?



I mass media sono uno strumento efficace per distribuire informazione; ma hanno anche il potere di diffondere la "cultura del sospetto".

La presenza di antenne vicine ai luoghi di vita ha fatto sorgere nella popolazione una particolare sensibilità nei confronti dei rischi alla salute.

Gli operatori del settore (mondo imprenditoriale, mondo istituzionale, mondo scientifico), a fronte del problema, si chiedono:

1. L'esposizione ai c.e.m. rappresenta un pericolo per la salute?
2. Quali sono gli elementi che provocano la preoccupazione della popolazione?
3. Come proteggere la salute pubblica e rispondere alle preoccupazioni dei cittadini?

Il pubblico generico è più che in passato, istruito e meglio informato, capace di cogliere novità che lo interessano e risvolti di benefici e problematiche.

I mezzi d'informazione giocano un ruolo fondamentale nella comunicazione di massa. Possono essere uno strumento efficace per diffondere informazione e creare un giusto impatto nei confronti di problematiche sociali.

Una comunicazione corretta

Chi esprime pareri sui mezzi di comunicazione di massa, si preoccupa di:

- Presentare i dati su cui basa la sua ipotesi?
- Curare la verità scientifica piuttosto che la sensazionalità di una notizia?
- Non dare per certe informazioni su cui gli scienziati non hanno dati certi?
- Non riportare informazioni aneddotiche traendone conclusioni generali?
- Non adottare un approccio intuitivo per quantificare i rischi?
- Evitare situazioni di contrasto tra persone presentate come esperti?

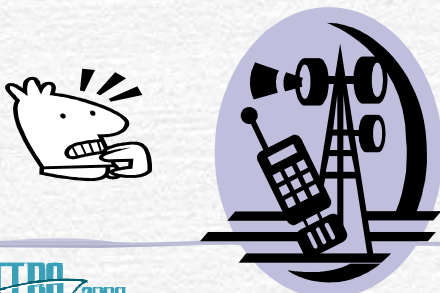
Un esempio da non imitare.....



ROMA, MISTERO IN FARMACIA

Esplodono 1.800 termometri

■ È mistero a Roma per l'improvvisa esplosione di 1.800 termometri in una farmacia del quartiere Monte Mario, in abitazioni vicine e in altri negozi. Secondo i carabinieri, subito chiamati dalla titolare Maria Catena Ingria (nella foto), l'ipotesi più accreditata è che un campo elettromagnetico si sia formato sotto terra, prima in corrispondenza della farmacia e poi, con una specie di reazione a catena, in tutta la zona circostante.



I mezzi di diffusione di massa però essere altrettanto efficaci nel diffondere informazioni non corrette e fare diminuire la fiducia ai processi decisionali e alla imparzialità di quanto elaborato dal mondo scientifico. Spesso chi esprime pareri sui mezzi d'informazione si preoccupa più della notizia che della verità, per cui:

- non si preoccupa di presentare i dati su cui basa una ipotesi,
- preferisce dare spazio alla sensazionalità della notizia piuttosto che curarne l'ortodossia scientifica;
- riferisce con certezza informazioni su cui invece gli scienziati non hanno ancora raggiunto risultati ragionevolmente certi;
- riporta informazioni aneddotiche traendone conclusioni generali;
- adotta un approccio intuitivo per quantificare i rischi;
- genera situazioni di contrasto tra figure presentate come "esperti"
- tira conclusioni per lo più orientate al gradimento del pubblico.

Il ritaglio di giornale riporta un esempio eclatante di cattiva informazione: il giornalista esagera i termini, non sa di cosa sta parlando, non si riferisce ad esperti, non verifica le notizie che sta diffondendo.

Finale

GRAZIE
DELL'ATTENZIONE !!!!!



Claudio Cecchetti
Fondazione Ugo Bordoni
Villa Griffone
Pontecchio Marconi (BO)