



Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca

**DIPARTIMENTO PER LA PROGRAMMAZIONE MINISTERIALE DEL BILANCIO, DELLE RISORSE
UMANE E DELL'INFORMAZIONE
DIREZIONE GENERALE PER LE RISORSE UMANE DEL MINISTERO, ACQUISTI E AFFARI
GENERALI UFFICIO VII**

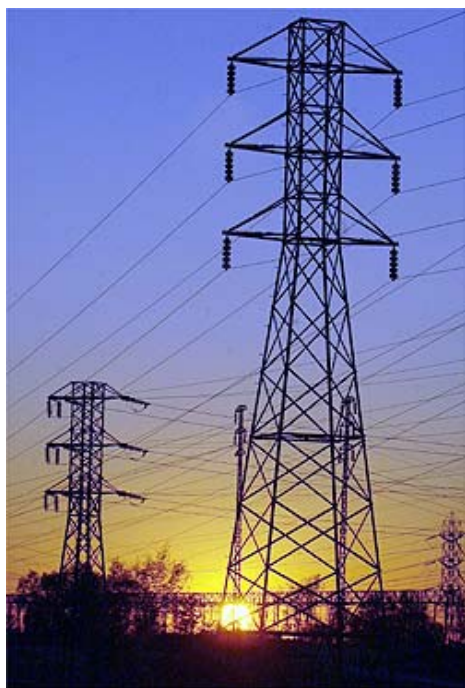
SERVIZIO DI PREVENZIONE E PROTEZIONE



D.L.VO 626/94

ART. 21 L'INFORMAZIONE AI LAVORATORI

ELETTROSMOG NEI LUOGHI DI VITA E DI LAVORO



CAMPI ELETTROMAGNETICI DEFINIZIONI

In tutti gli ambienti domestici esistono campi elettromagnetici: ciò è dovuto alla presenza degli impianti elettrici, ma anche e soprattutto ad una serie di apparecchiature ormai largamente diffuse, quali tutti gli elettrodomestici, televisore, forni a microonde, ripetitori radio, telefonia cellulare, computer, trasformatori di lampade alogene, phon e così via.

La questione riguarda quindi un numero sempre maggiore di persone interessate anche all'esterno delle abitazioni, a causa della sempre più crescente diffusione dei telefoni cellulari, delle apparecchiature elettriche, elettroniche e per telecomunicazioni.

Ma cosa sono i campi elettromagnetici?

Dove si trovano? Sono pericolosi? Che fare?

Se avviciniamo una forte calamita ad un oggetto in ferro, l'oggetto viene catturato dal magnete: la calamita in questo caso è la fonte che genera il campo magnetico.

Un campo elettromagnetico è, semplificando, uno spazio fisico attraversato da forze.

Il problema è inizialmente inquadrabile in un contesto naturale: i campi elettromagnetici sono presenti ovunque e possono essere di origine naturale, legati per esempio alla presenza del campo magnetico terrestre, ai fulmini, ecc.

Come per l'anidride carbonica (elemento presente in natura, generato ad esempio dalla respirazione) quando si superano le soglie di concentrazione naturale si parla di inquinamento, così per i campi elettromagnetici che hanno origine artificiale, se vanno a modificare uno stato di equilibrio naturale, si parla di *elettrosmog*.

Anche il corpo umano, attraversato da continue correnti, è immerso in un campo elettromagnetico: ciò stabilisce una diretta interazione tra il corpo umano e i campi elettromagnetici esterni.

Quando una persona entra in un campo magnetico, le correnti presenti nell'individuo e quelle generate dal campo si sovrappongono, e nuove correnti penetrano nei tessuti biologici, generando un certo scostamento dalle condizioni di equilibrio.

L'organismo alle volte è in grado di reagire ristabilendo le condizioni di partenza: gli effetti sono allora indifferenti. In caso contrario, l'effetto è manifesto e vi possono essere o non essere danni.

I danni eventualmente conseguenti ad una esposizione possono essere momentanei o permanenti (se permangono dopo avere interrotto l'esposizione).

In questa sede è giusto dire che, a tutela di lavoratori e popolazione, tutti gli apparecchi che generano campi elettromagnetici devono essere sottoposti a controlli specifici, volti a minimizzare l'emissione di onde elettromagnetiche e a determinare la cosiddetta *compatibilità elettromagnetica*, che garantisce la reciproca non interferenza di diverse apparecchiature che dovessero venire a trovarsi vicine, generando una sovrapposizione di campi.

L'importanza di questa compatibilità è evidenziabile con un semplice esempio: le microonde generate dai telefoni cellulari possono interferire con le apparecchiature elettromedicali negli ospedali e generare una modificazione nel campo elettromagnetico presente, inibendone il corretto funzionamento.

È importante quindi accertarsi sempre della compatibilità elettromagnetica delle apparecchiature di cui si fa uso.

Tutti, approcciando per la prima volta una problematica così poco conosciuta e chiara, possono cadere facilmente in due comuni errori: allarmismo o indifferenza.

Pur se gli effetti patologici a breve termine di alcune lunghezze d'onda sono noti e dimostrati, si tratta generalmente di esposizioni di lunga durata o legate a distanze molto brevi dalla fonte di emissione.

Non si tratta di sdrammatizzare, anzi, ma occorre ricordare che ampi sforzi vanno indirizzati invece a coprire la crescente richiesta di informazioni.

Sottovalutare un problema di cui non si conoscono ancora a pieno gli effetti a lungo termine

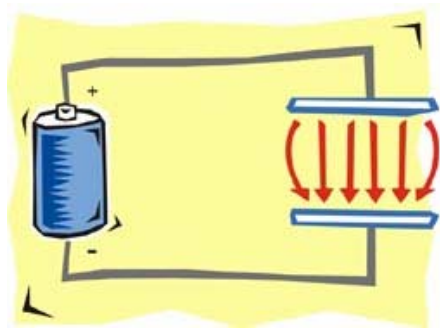
sarebbe un atteggiamento irresponsabile da parte di tutti: enti, amministrazioni, organismi internazionali, lavoratori e l'intera popolazione.

DEFINIZIONI

Campi statici ed alternati

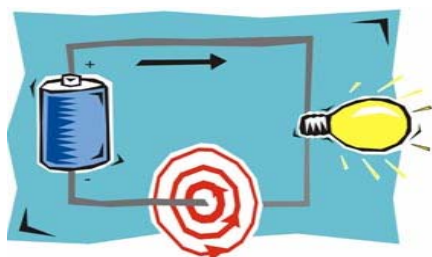
Il campo elettrico fluisce dal polo positivo al polo negativo. Nel campo statico questa direzione del flusso rimane costante. Il campo statico è quello della terra a cui (in condizioni di bel tempo corrisponde un forza di 0.1-05 kV/m. Il campo statico è anche presente in alcune metropolitane e ferrovie urbane e nella tomografia RMN. Nel nostro esempio la batteria eroga una corrente costante, ma se ruotiamo la batteria velocemente la corrente continuerà a fluire ma cambiando direzione, ovvero abbiamo ottenuto una corrente alternata. Il numero di volte che la corrente inverte direzione nel tempo sono gli Hertz (Hz). Se la corrente cambia direzione 50 volte al secondo è una corrente di 50 Hz.

Il campo elettrico



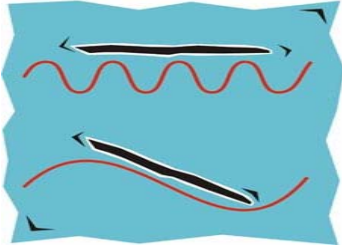
Se due piastre metalliche si connettono ad una batteria, tra le due piastre si viene a localizzare un campo elettrico dovuto alla differenza di potenziale tra le due piastre stesse. Il voltaggio è espresso in Volts (V) Se la batteria ha un Voltaggio di 1,5 V e se le piastre sono ad una distanza di 1 metro il campo elettrico (E) tra di esse sarà di 1,5 Volt/metro.

Come si forma il campo magnetico e le linee di forza del campo magnetico



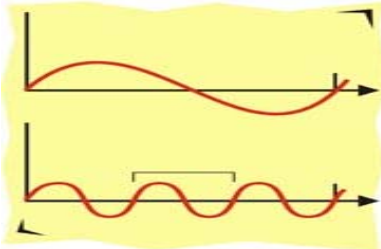
Se una lampadina è connessa ad una batteria questa si accende. Questo è reso possibile grazie ad un flusso di corrente che attraversa tutto il circuito. Non appena la corrente inizia a circolare nel circuito si forma anche un campo magnetico. La forza del campo magnetico (H) è misurata in Ampere su metro (A/m). La linee di forza del campo magnetico sono concentriche con il filo attraverso il quale fluisce la corrente.

Lunghezza d'onda

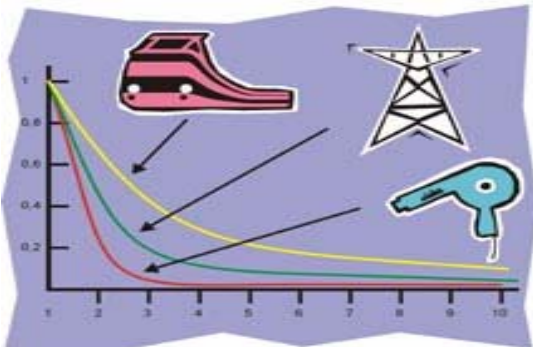


La radiazione elettromagnetica si propaga come un'onda alla velocità della luce. Più alta è la frequenza più corta è la lunghezza d'onda. Ad una frequenza di 100 KHz corrisponde una lunghezza d'onda di 100 Km mentre ad una frequenza di 300GHz corrisponde una lunghezza d'onda di 1 mm. Avere diverse lunghezze significa per un'onda poter dialogare solo con certi strumenti. Come esempio prendiamo l'onda del mare ed un pezzo di legno lungo 1 metro. Onde molto piccole non faranno oscillare il pezzo di legno, mentre onde confrontabili con la lunghezza del legno lo faranno oscillare (frequenza di risonanza). Ecco spiegato perché per ogni frequenza si deve avere una caratteristica antenna ricevente.

È data dalla distanza picco-picco.



A che distanza arriva un campo elettromagnetico



- 1-Nel caso di un sistema ad un solo filo come le ferrovie il campo decade come $1/r$
- 2-Nel caso di un sistema a più fili come negli elettrodotti il decadimento segue $1/r^2$
- 3-Nel caso di avvolgimenti come nei motori elettrici il decadimento segue $1/r^3$

Emettitore di radiofrequenze

Per un emettitore di radiofrequenze si vengono a definire sia condizioni di campo vicino (zona gialla) che di campo lontano per il calcolo del campo vicino e lontano vedi il testo.

Se la distanza dalla sorgente radiante è inferiore alla lunghezza d'onda si è in condizioni di campo vicino. In caso contrario si è in condizioni di campo lontano.

In campo vicino il campo elettrico E e il campo magnetico H sono indipendenti.

In campo vicino $E = 377H$.

Caratteristiche del campo vicino e del campo lontano

La caratteristica della radiazione in campo vicino è diversa dal campo lontano. Per capire questo concetto facciamo l'esempio di un motoscafo ed ammettiamo che il suo motore sia l'emettitore di radiofrequenza. Il motore con l'elica che gira causerà nell'acqua delle onde. Nelle vicinanze del propulsore le onde saranno tutte disordinatamente confuse. Questo è quello che avviene in campo vicino dove la relazione tra campo elettrico e campo magnetico non è costante. Allontanandoci dal propulsore del motoscafo le onde appariranno spaziate tra di loro e regolari. Questo è quello che avviene in campo lontano. In campo lontano c'è una relazione costante tra campo elettrico e magnetico infatti la radiazione si definisce come radiazione elettromagnetica. Inoltre in campo lontano si viene a definire la densità di potenza (S) in Watts per metro quadrato (W/m²).

Effetto della corrente indotta nel corpo umano

Il campo elettrico a bassa frequenza può produrre corrente indotta nel nostro corpo. Inoltre il campo può interferire con pacemaker ed altri oggetti metallici impiantati nel nostro corpo. E' provato che in tutte le frequenze il campo è causa di irritazione dei nervi e delle cellule muscolari.

Sotto 1mA/m² Effetti sotto studio

Da 1 a 10 Effetti sulla produzione della melatonina e sul calcio intracellulare

Da 10 a 100 Danni alle proteine e al DNA

Da 100 a 1000 Eccitazione del sistema nervoso irritazione dei muscoli

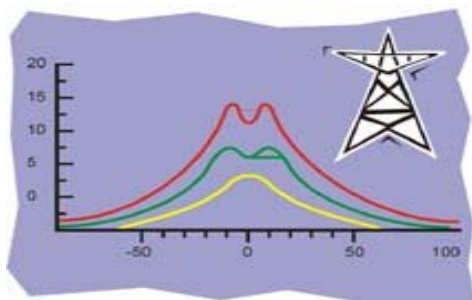
Sopra 1000 Gravi disfunzioni cardiache, severi danni alla salute.

Alte frequenze ed effetti sanitari



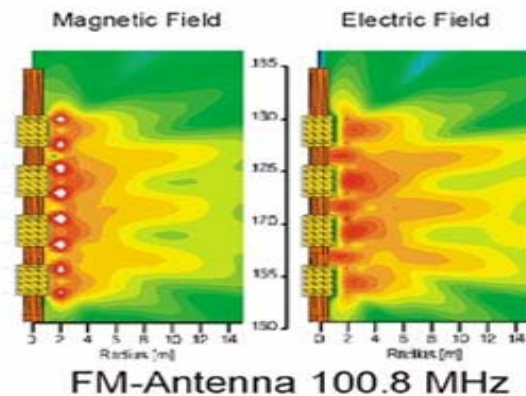
Il corpo umano è particolarmente sensibile alle alte frequenze. Il principale effetto dovuto alle alte frequenze è il surriscaldamento, questo tipo di effetto dipende molto dalla frequenza assorbita. Al di là del surriscaldamento ci sono sempre maggiori evidenze di effetti diretti sui biosistemi, come danni sulla membrana cellulare. Il corpo umano agendo come antenna assorbe una grande quantità della radiazione ad alta frequenza. Gli adulti hanno una energia di risonanza (massimo assorbimento della frequenza) tra 30 e 300MHz. I bambini hanno una frequenza di risonanza più alta. Per ogni corpo può essere calcolato la velocità di assorbimento specifico (SAR). Con questo termine si vuole esprimere la potenza radiante convertita in calore come funzione della massa corporea.

Elettrodotti



Relazione tra altezza distanza ed intensità del campo negli elettrodotti.

Antenne



Una antenna per trasmissioni in radiofrequenza ha dei caratteristici lobi di trasmissione: lobi primari e lobi secondari.

Nel caso di elettrodotto si è sempre in condizioni di campo vicino, mentre in prossimità di antenne radiobase e meglio ancora di radar si definisce anche la condizione di campo lontano.

CARATTERISTICHE FISICHE DI UNA RADIAZIONE ELETTROMAGNETICA

Un campo elettromagnetico, è caratterizzato dalla presenza contemporanea di un campo elettrico ed un campo magnetico variabili e mutuamente dipendenti.

Per *radiazione elettromagnetica* si intende la propagazione nello spazio dell'energia (energia elettromagnetica) associata ai campi elettrici e magnetici, variabili nel tempo, generati da cariche e correnti oscillanti, strettamente intercorrelati fra di loro, secondo le equazioni di Maxwell.

Tre principali grandezze fisiche, correlate tra di loro, caratterizzano tali radiazioni:

- la lunghezza d'onda λ , o distanza fra i due punti di un'onda. Unità di misura della lunghezza d'onda è il metro;
- la frequenza f , ovvero il numero di cicli completi dell'onda in un secondo. Unità di misura della frequenza è l'Hertz;
- l'energia (E), trasportata in pacchetti di energia, chiamati fotoni, la cui unità di misura è, per il Sistema Internazionale (SI) il Joule; spesso però l'unità di misura utilizzata è quella convenzionale dell' elettronvolt (eV), definita come l'energia acquistata da un elettrone, quando attraversa una differenza di potenziale di 1 Volt.

Frequenza f , e lunghezza d'onda λ sono sempre legate dalla relazione $f \times \lambda = c$, dove c è la velocità di propagazione delle onde ($c = 300000 \text{ Km al secondo}$ nell'aria, ovvero la velocità della luce). Quando la propagazione avviene in un mezzo materiale, la velocità di propagazione c dipenderà dalle proprietà del mezzo attraversato.

Le frequenze delle onde elettromagnetiche possono coprire un vastissimo intervallo di valori, definito come *spettro elettromagnetico*. Per semplificare i riferimenti e la terminologia, l'intero spettro è stato suddiviso in regioni che assumono denominazioni diverse in base alla frequenza e/o alla lunghezza d'onda, all'energia associata e all'utilizzo.

Bande di frequenza dello spettro elettromagnetico da 3 kHz a 300 GHz

Numero di banda	Suddivisione del range di frequenza	Denominazione metrica	Descrizione e simbolo
1	<30 Hz	-	Sub-extremely low frequency
2	30-300 Hz	-	extremely low frequency
3	300-3000 Hz	-	voice frequency
4	3-30 kHz	myriametrica	very low frequency (VLF)
5	30-300 kHz	chilometrica	low frequency
6	0.3-3 MHz	ettometrica	medium frequency (MF)
7	3-30 MHz	decametrica	high frequency
8	30-300 MHz	metrica	very high frequency (VHF)
9	0.3-3 GHz	decimetrica	ultra high frequency (UHF)
10	3-30 GHz	centimetrica	super high frequency (SHF)
11	30-300 GHz	millimetrica	extremely high frequency
12	300 GHz-300 THz	IR	Intermediate and Infra-Red

GRANDEZZE ED UNITA' DI MISURA

Le grandezze fisiche mediante cui sono espressi i valori limite nel caso delle radiazioni elettromagnetiche a radiofrequenza sono fondamentalmente le seguenti:

- l'intensità del campo elettrico E , è la forza per unità di carica esercitata su una carica elettrica puntiforme. Unità di misura nel sistema SI (sistema internazionale) è il Volt per metro (V/m);
- l'intensità del campo magnetico H , è la forza esercitata su un polo magnetico unitario, ovvero su un elemento unitario di corrente elettrica. Unità di misura, nel sistema internazionale: Ampere per metro (A/m); per campi magnetici generati da correnti che passano attraverso un conduttore si usa invece un'altra grandezza: l'induzione magnetica (B), data dal prodotto dell'intensità di campo magnetico H per la permeabilità magnetica del mezzo (m) che dipende dal mezzo stesso.
- la densità di potenza S (densità di flusso di energia), e per definizione è la potenza radiante incidente su di una piccola sfera, divisa per l'area della sfera stessa. La sua unità di misura nel sistema SI è il Watt per metro quadrato (W/m^2).

Le relazioni matematiche che intercorrono fra il campo elettrico e quello magnetico di un'onda elettromagnetica e le cariche e le correnti che li generano, sono descritte dalle equazioni di Maxwell.

GRANDEZZE DOSIMETRICHE

Nei paragrafi precedenti sono state descritte le grandezze fisiche descrittive del campo magnetico incidente. La quantizzazione dell'energia assorbita da un sistema esposto avviene attraverso altre grandezze, in particolare:

1) densità di corrente: è la corrente indotta da un campo elettromagnetico perpendicolare alla sua direzione, nell'unità di superficie, nel corpo umano. L'unità di misura è l' Ampere/metro quadrato (A/m^2). La densità di corrente è utilizzata come quantità dosimetrica per frequenze entro i 10 MHz;

2) tasso di assorbimento specifico (SAR): è il tasso temporale a cui l'energia elettromagnetica a radiofrequenza viene impartita ad un elemento di massa di un sistema biologico.

L'unità di misura è il Watt per Chilogrammo (W/kg).

3) L'assorbimento specifico (SA), definito come il rapporto fra l'energia elementare assorbita in una massa elementare, contenuta in un volume elementare con una certa densità.

L'unità di misura è il Joule per chilogrammo (J/kg).

L'International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), nella formulazione delle nuove linee guida, ha poi introdotto altre grandezze dosimetriche, come la *corrente I*, misurata in ampere (A), per il range di frequenza fino a 110 MHz, e la *densità di potenza S*, misurata in W/m^2 , nel range di frequenza da 10 a 300 GHz.

I limiti di base per gli effetti acuti e quindi i valori soglia che non devono mai essere superati, sono espressi in termini di grandezze dosimetriche; i livelli di riferimento, che sono invece dei valori limite operativi, sono espressi in termini di grandezze fisiche (campo elettrico, campo magnetico e densità di potenza).

RADIAZIONI IONIZZANTI E NON IONIZZANTI

Le radiazioni elettromagnetiche sono suddivise in due principali gruppi:

-Radiazioni ionizzanti, che comprendono raggi X, raggi gamma ed una parte dei raggi ultravioletti.

-Radiazioni non ionizzanti (NIR), che hanno un'energia associata che non è sufficiente ad indurre nella materia il fenomeno della ionizzazione ovvero non possono dare luogo alla creazione di atomi o molecole elettricamente cariche (ioni).

La linea di soglia tra radiazione ionizzante e non ionizzante è l'energia fotonica di 12 eV (necessaria a ionizzare l'atomo di idrogeno).

L'interazione con le NIR, quindi, non provocano un danno direttamente sulla cellula, ma realizzano modificazioni termiche, meccaniche e bioelettriche.

A questo punto è possibile fare una suddivisione dello spettro elettromagnetico nelle diverse regioni che lo compongono.

Onde a radiofrequenza: hanno frequenza compresa tra alcuni Hz e 10^9 Hz e sono impiegate principalmente per trasmissioni radio-televisive.

Microonde: comprendono onde di lunghezza d'onda compresa tra 0.3 m e 10^{-3} m e sono utilizzate per comunicazioni radar, via satellite, ponti radio.

Infrarosso: comprende lunghezze d'onda che vanno da 10^{-3} m a 7.8×10^{-7} m. Le applicazioni riguardano l'astronomia, la medicina e piccole apparecchiature d'uso domestico (ad esempio telecomandi).

Luce: comprende l'intervallo delle lunghezze d'onda che possono essere percepite dall'occhio umano e si estende da 7.8×10^{-7} m a 3.8×10^{-7} m. Al variare della lunghezza d'onda all'interno dello spettro del visibile, varia il modo con cui queste vengono avvertite dall'occhio: questo fenomeno origina i diversi colori quali violetto, blu, verde, giallo, arancio, rosso.

Raggi ultravioletti: questi raggi coprono l'intervallo delle lunghezze d'onda comprese tra 3.8×10^{-7} m a circa 6×10^{-10} m e vengono generati principalmente dal Sole.

Raggi X: utilizzati soprattutto nella medicina, hanno lunghezze d'onda che vanno da 10^{-9} m a 6×10^{-12} m.

Raggi Gamma: prodotti dalle sostanze radioattive e dalle radiazioni nucleari, possono essere letali per gli organismi viventi. Coprono l'intervallo delle lunghezze d'onda comprese tra 10^{-10} m a 10^{-14} m.

LA VALUTAZIONE DEI RISCHI DA CAMPI ELETTROMAGNETICI IN AMBIENTE LAVORATIVO

Il rischio da campo elettromagnetico è classificato come un *Rischio per la salute* tra i rischi igienico-ambientali all'interno della classe "Agenti Fisici", nell'ambito delle "Radiazioni non Ionizzanti", che comprendono una parte dei raggi ultravioletti, le microonde, le radiofrequenze, i raggi infrarossi, i raggi X ed i raggi laser.

La valutazione dei rischi è l'esame sistematico di tutti gli aspetti attinenti il lavoro a partire dall'individuazione delle cause probabili di lesione o danno, al fine di eliminare il rischio o, in alternativa, di ridurlo ad un livello accettabile.

Anche per il rischio da campi elettromagnetici è importante determinare il percorso che va' dalle cause più frequenti di esposizione, alle sorgenti di pericolo, alle classi di lavoratori più esposti al rischio, ai metodi di misura delle onde emesse, ai provvedimenti da prendere per ridurre al minimo l'esposizione del lavoratore e della popolazione.

IDENTIFICAZIONE DELLE SORGENTI DI PERICOLO

L'identificazione delle sorgenti di pericolo passa attraverso 2 fasi principali: la descrizione dell'attività lavorativa (ciclo lavorativo; singole fasi lavorative; fonti di emissione utilizzate), e l'analisi delle fasi operative (per rilevamento del livello di rischio nelle diverse fasi).

Per esplicitare tale percorso, si possono seguire le seguenti modalità:

- Analizzare la documentazione tecnica delle macchine e degli impianti;
- Progettare ed organizzare la destinazione e le caratteristiche strutturali dell'ambiente;
- Controllare le schede di sicurezza delle macchine erogatrici;
- Misurare le emissioni per il rispetto dei valori limite di esposizione (nazionali, comunitari)
- Richiedere autorizzazioni, operare verifiche;
- Raccogliere ed analizzare i dati di sorveglianza sanitaria;
- Ricavare informazioni da interviste ai lavoratori e da ispezioni interne e di organi di vigilanza.

IDENTIFICAZIONE DEI LAVORATORI (O DI TERZI) ESPOSTI AL RISCHIO

Le classi di lavoratori a rischio sono evidenziabili ovunque siano presenti fonti di emissione elettromagnetica.

Più in particolare, si possono individuare 2 classi di rischio:

1) Rischio generico: per tutti i lavoratori che utilizzano qualsiasi elettrodomestico che funziona a corrente elettrica o lavorano d'avanti a videoterminali o in luoghi di lavoro situati in prossimità di antenne radiobase o elettrodotti.

2) Rischio specifico: per quei lavoratori che utilizzano giornalmente fonti di emissione di campi elettromagnetici e particolarmente:

· Fonti di emissione a Radiofrequenze:

- a) Sistemi per saldatura dielettrica e trattamenti termici ad induzione elettromagnetica;
- b) Apparecchi elettromedicali per diatermia, risonanza magnetica, chirurgia con elettrobisturi ad alta frequenza (con esposizione di pazienti, personale medico, infermieristico e tecnico).
- c) Apparecchiature scientifiche (spettrografi magnetici, ciclotroni e sistemi di perfusione nucleare).
- d) Apparecchiature per la disinfezione delle granaglie.
- e) Sistemi di broadcasting.
- h) Impiantistica della telefonia cellulare.
- i) Utilizzo di telefonia cellulare.

- l) Apparecchiature Wafers (microcip di memoria RF)
- m) Impiantistica radar (es. torri di controllo)
- n) Attrezzature forze armate (radar, carri armati, ecc.)
- Fonti di emissione a basse frequenze:
- a) Apparecchiature per l'essiccazione della ceramica
- b) Apparecchiature presenti nelle cabine di conduzione dei treni

INDIVIDUAZIONE DEI RISCHI DA ESPOSIZIONE

L'individuazione dei rischi di esposizione parte dall'analisi del quadro generale delle sorgenti di pericolo e prosegue con lo studio delle procedure lavorative e delle misure di prevenzione e protezione già attuate.

A partire dall'analisi delle sorgenti, dallo studio della loro disposizione spaziale e della loro compatibilità elettromagnetica quando si hanno più sorgenti, è quindi necessario arrivare all'istituzione di metodi operativi e di misure di sicurezza per la prevenzione dei danni connessi al rischio elettromagnetico.

Fondamentale è quindi, in questo ambito, analizzare ed affrontare i problemi organizzativi, legati alla gestione degli spazi di lavoro, ed alla mancanza di consapevolezza dell'esposizione da parte degli operatori.

Già in una prima fase si sono date delle indicazioni per evitare esposizioni improprie degli operatori che hanno coinvolto anche la fase progettuale, sia per ristrutturazioni che per sia per nuova costruzione di locali destinati ad attività che coinvolgono l'utilizzo di campi elettromagnetici, come ad esempio, locali destinati a diagnostica magnetica o a fisioterapia che preveda l'utilizzo della magnetoterapia.

Inoltre, quando possibile, si dovrebbero adottare misure di protezione, che a seconda dei casi possono essere collettive ed, accompagnate a percorsi di formazione/informazione dei lavoratori che assegnino a ciascun esposto la giusta consapevolezza dell'esposizione, nonché i corretti comportamenti da adottare, purtroppo senza creare inutili allarmismi.

STIMA DEI RISCHI DI ESPOSIZIONE

Dall'analisi delle sorgenti di pericolo e dall'individuazione dei livelli di rischio, deve essere effettuata una stima del rischio di esposizione residuo. Tale stima, può essere eseguita attraverso:

- a) La verifica del rispetto dell'applicazione delle norme di sicurezza alle macchine durante il loro funzionamento.
- b) La verifica dell'accettabilità delle condizioni di lavoro in relazione ad un esame oggettivo dell'entità e della durata delle lavorazioni, delle modalità operative svolte e di tutti i fattori che influenzano le modalità e l'entità dell'esposizione, in analogia con i dati di condizioni di esposizione similari riscontrati nello stesso settore operativo. A quest'ultimo riguardo si potrà operare tenendo conto dei dati desunti da indagini su larga scala, effettuate in realtà lavorative similari.
- c) La verifica delle condizioni di sicurezza anche mediante acquisizione di documentazioni e certificazioni eventualmente esistenti agli atti dell'azienda.
- d) La corretta misura dell'entità dell'esposizione (eseguita secondo la normativa vigente in materia) che porti alla quantificazione oggettiva del rischio ed alla conseguente valutazione attraverso il confronto con indici di riferimento.

STUDIO DELLA POSSIBILITÀ DI ELIMINARE O RIDURRE IL RISCHIO

La possibilità di ridurre le emissioni elettromagnetiche in ambiente lavorativo, dipende da una serie di fattori: primo tra tutti la frequenza e le caratteristiche fisiche dell'onda, ma anche l'utilizzo dell'onda emessa (se si tratta per esempio di una macchina industriale o di un elettrodotto, o di un'antenna per radiotelefonìa) e l'ambiente in cui il lavoratore è esposto.

La schermatura di un campo elettrico, magnetico o elettromagnetico può risultare molto utile in numerosi settori tecnici che vedono l'utilizzo di campi elettromagnetici. Innanzitutto quando si vuole ridurre l'esposizione di individui che debbano transitare o stazionare nei pressi di una sorgente di campo elettromagnetico in ambiente lavorativo, in secondo luogo nell'ambito della cosiddetta "compatibilità elettromagnetica", quando è importante evitare che le emissioni elettromagnetiche prodotte da una apparecchiatura elettrica disturbino il funzionamento di altre apparecchiature poste nelle vicinanze della prima, o che la sommatoria delle onde elettromagnetiche di più sorgenti crei un'amplificazione dell'intensità dell'onda.

In particolare, i campi elettrici vengono fortemente attenuati anche dagli oggetti materiali non conduttivi che si interpongono tra le sorgenti e gli individui: una parete o un edificio sono utili attenuatori di campo elettrico.

I campi magnetici, invece, non subiscono attenuazione da parte degli oggetti materiali. Pertanto si ritrovano quasi inalterati all'interno e all'esterno di un edificio.

La possibilità di schermatura dipende anche dal fatto che l'emissione della sorgente sia intenzionale o accidentale.

Nel primo caso, in cui l'emissione di un campo elettromagnetico è necessaria espressamente per diffondere un segnale elettromagnetico (per esempio: impianti di teleradiodiffusione, stazioni radio-base, apparati radar), non è possibile schermare la sorgente, ovvero impedire che le sue emissioni diffondano nell'ambiente circostante, poiché questo ne impedirebbe il regolare funzionamento. A questo proposito deve essere schermata, laddove sia possibile, la regione di spazio all'interno della quale non si vuole che il campo elettromagnetico possa penetrare.

Nel secondo caso, invece, troviamo le sorgenti la cui emissione è del tutto "accidentale" (per esempio: elettrodotti, elettrodomestici, computer e altre macchine da ufficio) e quegli apparati industriali il cui funzionamento richiede la generazione di un intenso campo, ma solo in una regione limitata di spazio, dove si trova lo strumento che eroga il campo. In questi casi, è possibile pensare di schermare la stessa sorgente.

Gli schermi si realizzano maggiormente con l'impiego di pannelli o contenitori metallici o comunque di materiale che possieda una buona conducibilità elettrica. Si deve tener presente che il campo magnetico statico o di bassa frequenza (50 Hz) è molto difficile da schermare: per una schermatura efficace occorrono lastre di acciaio o altro materiale ferromagnetico spesso diversi millimetri. Attualmente vengono prodotte leghe metalliche con alta permeabilità magnetica che possono schermare anche campi a bassa frequenza ad altissima intensità con lastre dello spessore di pochi millimetri, peraltro con bassi costi di produzione.

Il campo elettromagnetico a radiofrequenza (per esempio a 900 MHz, come nel caso della telefonia cellulare) può essere, invece, facilmente schermato da materiali metallici. Uno schermo può anche essere realizzato con un tessuto (filato o non filato, naturale o sintetico) attraversato da un materiale che deve essere dotato di una buona conducibilità elettrica (ad es. grafite, filamenti metallici).

Questo significa che è possibile abbattere i livelli di campo elettromagnetico ad alta frequenza mediante l'uso di semplici tende purché dotate delle succitate caratteristiche.

INFORMAZIONE E FORMAZIONE DEI LAVORATORI

Il rischio da campo elettromagnetico (radiazioni non ionizzanti) resta ancora, nonostante l'intensificarsi degli studi in materia, un argomento complesso, poco chiaro nei suoi reali effetti sulla salute, e di conseguenza anche poco regolato legislativamente, in particolar modo per ciò che riguarda l'esposizione professionale. Per questa ragione è fondamentale, ancor più che per altri rischi, la corretta informazione e formazione dei lavoratori e di tutte le figure del DLgs. 626/94, soprattutto in specifici settori lavorativi che prevedono esposizioni massicce e prolungate nel tempo.

Si dovrebbero avviare quindi iniziative di informazione corretta e completa sui rischi connessi all'esposizione a campi elettromagnetici, che illustrino con chiarezza il quadro delle conoscenze scientifiche con tutte le sue incertezze in modo da sensibilizzare l'opinione pubblica su un potenziale fattore di rischio per la salute senza tuttavia generare allarmismi che, in quanto possono indurre stati di ansia o di paura, possono rappresentare essi stessi un fattore di rischio per la salute. Inoltre, la corretta informazione e formazione del lavoratore può permettere di evitare comportamenti ed interventi di prevenzione inadeguati.

REGOLE FONDAMENTALI GENERALI DI RADIOPROTEZIONE

Rispettare le indicazioni riportate sulla segnaletica affissa.

Mantenersi a distanza dagli oggetti o dalle apparecchiature elettriche in funzione.

Non toccare e non avvicinare troppo il capo ad oggetti elettrici non noti.

Non mantenere inutilmente in funzione apparecchiature elettriche se non se ne ha necessità o diretta utilità.

Mantenere in buona efficienza le sicurezze, i collegamenti elettrici, i cavi di alimentazione e di messa a terra.

Attenzione alle possibili interferenze del cellulare con altri apparecchi elettrici.

SEGNALAZIONI DI AVVERTIMENTO-PERICOLO



PERICOLO



CAMPO MAGNETICO



ATTENZIONE
CAMPO AD ALTA
FREQUENZA



SCARICHE ELETTRICHE



CONTAMINAZIONE
RADIOATTIVA



RADIAZIONI
ZONA CONTROLLATA



RADIAZIONI
ZONA SORVEGLIATA



RADIAZIONI IONIZZANTI
CRITICITA'



RADIAZIONI IONIZZANTI
IRRADIAZIONI



RADIAZIONI ULTRAVIOLETTE
DA SALDATURA



SEGNALAZIONI DI DIVIETO



ATTENZIONE
CAMPO MAGNETICO



DIVIETO DI ACCESSO
AI PORTATORI DI
STIMOLATORI ELETTRICI
(PACE-MAKER)



DIVIETO DI ACCESSO
AI PORTATORI DI
PROTESI METALLICHE



VIETATO ENTRARE
CON OGGETTI METALLICI



VIETATO USARE
ESTINTORI CON
BOMBOLE METALLICHE



VIETATO ENTRARE
CON CARTE DI CREDITO O
TESSERE MAGNETICHE



VIETATO ENTRARE CON
OROLOGI MECCANICI O DIGITALI, CALCOLATRICI TASCABILI, ECC.

SITUAZIONE NORMATIVA

DIRETTIVA 89/336/CEE COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA

Un aiuto concreto per la mitigazione del problema delle interferenze elettromagnetiche giunge dalle normative nazionali e internazionali in materia. La direttiva europea 89/336/CEE "*compatibilità elettromagnetica*" impone ai costruttori di apparecchiature elettriche ed elettroniche il rispetto di alcuni requisiti essenziali insiti nella definizione stessa di compatibilità elettromagnetica, che sono mirati al contenimento delle emissioni elettromagnetiche dei sistemi entro limiti ben determinati e contemporaneamente all'incremento dell'immunità degli stessi nei confronti delle interferenze.

Il rispetto di tali requisiti si può ottenere seguendo le prescrizioni delle norme tecniche *armonizzate* che forniscono i limiti ed i metodi di misura per la totalità dei prodotti o delle famiglie di prodotti che rientrano negli obiettivi della direttiva, o per tutti i dispositivi che possono creare emissioni elettromagnetiche o il cui funzionamento può essere alterato da disturbi elettromagnetici presenti nell'ambiente.

Aspetti di compatibilità elettromagnetica considerati dalla Direttiva 89/336/CEE

Emissioni di disturbi condotti:

sono i disturbi originati dalle apparecchiature elettriche/elettroniche che si propagano lungo le linee di alimentazione o di segnale, e che possono interferire con il funzionamento di altre apparecchiature connesse sulla stessa linea.

Emissioni di disturbi irradiati:
sono i disturbi originati dai dispositivi elettrici/elettronici che si propagano dall'involucro attraverso mezzo circostante, e possono raggiungere altri sistemi provocandone il malfunzionamento.

Suscettibilità ai disturbi condotti:
è la sensibilità di una apparecchiatura ai disturbi presenti sulle linee di alimentazione o di segnale originati da altre apparecchiature collegate alla stessa linea.

Suscettibilità ai disturbi irradiati:
è la sensibilità di una apparecchiatura ai disturbi presenti nell'ambiente circostante che si accoppiano con parti conduttive (masse metalliche, cavi, piste di circuiti stampati, etc.) provocando il malfunzionamento del sistema.

Suscettibilità alle scariche di elettricità statica:
è la sensibilità di una apparecchiatura al brusco passaggio di cariche elettrostatiche sulle sue parti metalliche (es. le cariche che si accumulano sui tessuti sintetici quando si cammina su pavimento isolante in atmosfera secca).

PROBLEMI DI ESPOSIZIONE DEL CORPO UMANO A CEM

La massiccia penetrazione dell'elettronica in tutti i settori tecnologici e la sempre crescente domanda di energia elettrica hanno fatto sì che l'uomo si trovi quotidianamente immerso in campi elettromagnetici di diverse frequenze ed intensità.

Tra tutte le "macchine" che possono subire l'influenza delle onde elettromagnetiche, il corpo umano è sicuramente la più complessa: i campi elettromagnetici possono interferire con con il suo buon "funzionamento"?

Le possibili fonti di emissioni elettromagnetiche nei luoghi di lavoro o abitativi sono:

Tutte le sorgenti presenti nelle abitazioni (tutti gli elettrodomestici, televisore, forni a microonde, termocoperte, telefoni cord-less e cellulari).

Schermi dei computers.

Linee ad alta tensione.

Ripetitori radio-televisivi o per telefonia mobile.

Sistemi per saldatura dielettrica e trattamenti termici ad induzione elettromagnetica

Apparati elettromedicali per diatermia, risonanza magnetica, chirurgia con elettrobisturi ad alta frequenza (esposizione di pazienti, personale medico, infermieristico e tecnico).

Apparecchiature scientifiche (spettrografi magnetici, ciclotroni e sistemi per fusione nucleare).

.....DA RICORDARE.....

Il campo elettrico
è prodotto dalle cariche elettriche e deriva dai conduttori inseriti nelle prese, quindi è comunque presente anche quando un apparecchio elettrico è spento ma collegato alla rete

Il campo magnetico
si produce quando l'apparecchio elettrico viene messo in funzione e in esso circola quindi corrente.

Il campo elettrico è facilmente schermabile
da oggetti quali legno, metallo, ma anche alberi, edifici ecc., con riduzione anche di un fattore 100 fra l'interno e l'esterno di un edificio.

Il campo magnetico non è facilmente schermabile
diversamente dal campo elettrico, pertanto risulta praticamente invariato all'interno e all'esterno degli edifici.

SICUREZZA NELL'AMBIENTE LAVORATIVO

La valutazione dei rischi ai sensi del D. Lgs. 626/94 deve individuare le possibili fonti di emissioni elettromagnetiche e il rischio associato.

Ciascun lavoratore è tenuto a:

Osservare le procedure di lavoro suggerite dal Servizio di Prevenzione e Protezione

Stare ad almeno 60 cm dal videoterminale e, in presenza di più computer, stare ad almeno 1 metro dal retro dello schermo del computer vicino

Durante l'attività lavorativa mantenersi alla maggiore distanza possibile dal dispositivo emittente, soprattutto con il corpo, facendo uso ad esempio di attrezzi più lunghi o di lenti di ingrandimento

Verificare che le connessioni elettriche e di trasmissione dei segnali collegate alle apparecchiature emittenti siano in buone condizioni d'uso

Non trascurare le perdite elettromagnetiche provenienti dalle cattive connessioni di guide d'onda o dalla mancanza di involucri schermanti o dai cattivi collegamenti a terra delle stesse

Non sostare o transitare per nessun motivo davanti ad una antenna a parabola di un radar a meno di conoscerne la distanza di sicurezza

Non sostare senza motivo nei pressi di un dispositivo elettrico con caratteristiche di potenziali emettitori

Non transitare frequentemente e/o senza motivo attraverso ambienti in cui sia segnalata presenza di emissioni di campi elettromagnetici, quando si possono scegliere percorsi alternativi.

Nell'organizzazione del lavoro scegliere postazioni di lavoro a lunga permanenza sufficientemente lontane dalle potenziali sorgenti di campo

SICUREZZA ALL'APERTO

Evitare di avvicinarsi, di toccare e di arrampicarsi sui tralicci di sostegno di linee elettriche o di trasmettitori radiotelevisivi anche se non è presente alcuna delimitazione di sicurezza

Scegliere come luogo di passeggiata e di svago aree prive o distanti da tali dispositivi

I portatori di pace-maker o di altri dispositivi attivi impiantabili, i portatori di placche metalliche o clips evitino di attraversare aree limitrofe o sottostanti linee elettriche aeree, cabine elettriche o dispositivi di sostegno di radioemettitori

I bambini ed i portatori di dispositivi impiantabili evitino di accedere ad ambienti in cui sia segnalata la presenza di radioemissioni

POSSIBILE PROTOCOLLO DI SORVEGLIANZA SANITARIA

Per i lavoratori esposti ad alte intensità di radiazioni elettromagnetiche non ionizzanti sarebbe opportuno, per il principio di cautela, seguire un protocollo di sorveglianza sanitaria che pianifichi la prevenzione di tutti i possibili effetti a breve e lungo termine, ipotizzari o certi, sempre mantenendo un atteggiamento di tranquillità nei confronti del lavoratore.

La sorveglianza sanitaria in questo settore dovrebbe comprendere:

- a) una visita medica preventiva, per accertare l'assenza di controindicazioni al lavoro specifico ai fini della valutazione dell'idoneità psico-fisica dei lavoratori;
- b) visite mediche periodiche per controllare l'andamento nel tempo dello stato di salute ed esprimere il giudizio di idoneità al lavoro specifico;
- c) visita medica straordinaria in presenza di sospetti segni clinici in occasione di variazione del rischio e in caso di esposizione accidentale.

Le visite periodiche avranno frequenza biennale o maggiore a giudizio del medico in rapporto all'entità del rischio e allo stato di salute del lavoratore.

In base agli ipotizzati effetti sanitari dell'esposizione finora non definitivamente dimostrati il lavoratore esposto potrebbe, per rispettare il principio di cautela, essere sottoposto a controlli ematici approfonditi comprendenti:

- Esame emocromocitometrico;
- Controllo di un marcatore tumorale a campione (CEA, PSA, ecc);
- Controllo della funzionalità del sistema immunitario (Per es. attività NK).
- Controllo della funzionalità tiroidea (dosaggio TSH, FT3, FT4).

Un'altra analisi che potrebbe essere condotta per il basso costo e l'alta significatività anche su gruppi di popolazione esposta al rischio è la misura dei radicali liberi ematici.