



DOCUMENTO DI VALUTAZIONE DEI RISCHI

VALUTAZIONE DEI RISCHI FISICI

EDIZIONE N° 01
REVISIONE N° 00
DATA 01/07/08

SEZIONE 02
PAGINA 1 di 10

SOMMARIO

PREMESSA	2
<i>INFORTUNI E MALATTIE PROFESSIONALI</i>	2
RADIAZIONI NON IONIZZANTI, RNI	3
<i>RADIOFREQUENZE E MICROONDE</i>	3
<i>La normativa ed i limiti di esposizione</i>	4
<i>Le misure di prevenzione protezione dalle RF e MO</i>	4
<i>CAMPI MAGNETICI STATICI</i>	5
<i>Normativa e limiti di esposizione ai campi magnetici statici</i>	6
<i>Misure di prevenzione e protezione per campi magnetici</i>	6
RUMORE E VIBRAZIONI MECCANICHE	7
<i>IL RUMORE</i>	7
<i>VIBRAZIONI MECCANICHE</i>	9



PREMESSA

Radiazioni non ionizzanti, rumore, vibrazioni, illuminazione, microclima e fattori termici (caldo/freddo), sono fattori di rischio fisici potenzialmente pericolosi presenti nei normali ambienti di lavoro; il loro impiego è così vario da non rendere possibile in queste brevi note una trattazione esauriente di tutti gli aspetti relativi alla sicurezza. Si fornisce una panoramica generale sui rischi, specialmente su quelli più frequenti ma anche meno noti, sulle misure di prevenzione e protezione e sulla normativa vigente, con esclusione di quelli connessi alla sicurezza elettrica e chimica (es. pericolo incendi, esplosioni, particolati dispersi in aria, ecc.) e degli aspetti microclimatici e di illuminazione dell'ambiente di lavoro.

INFORTUNI E MALATTIE PROFESSIONALI

Tutti i rischi, compresi quelli fisici, possono essere divisi in due grandi categorie:

- **Rischi per la sicurezza:** possono causare danni immediati - infortuni -, essi sono intrinseci agli: impianti elettrici; apparecchi a pressione e gas compressi; gas/liquidi criogeni, ecc.
- **Rischi per la salute:** possono produrre effetti negativi sulla salute dell'individuo esposto a malattie professionali (per alcuni agenti anche sulla progenie, per effetto genotossico e teratogeno); essi sono: radiazioni ionizzanti; radiazioni non ionizzanti; ventilazione e climatizzazione locali; illuminazione; rumore e vibrazioni.

I danni per la salute sono spesso posticipati nel tempo (anche a distanza di 10 o 20 anni) rispetto all'esposizione che li ha indotti; è necessario, pertanto, documentare adeguatamente le esposizioni professionali del personale. Tali fattori di pericolo, però, sono presenti anche negli ambienti di vita e non solo di lavoro; questa concausalità, associata all'indistinguibilità del fattore scatenante ed il ritardo temporale con cui si può presentare la malattia professionale portano spesso a sovrastimare l'incidenza del nesso lavorativo rispetto a fattori non professionali.

Un'analisi degli infortuni che accadono nei laboratori di ricerca, focalizzata sugli agenti fisici pericolosi, mostra che la loro incidenza è bassa. Non ci sono molti dati disponibili sulle malattie professionali, anche perché per alcuni dei rischi fisici gli effetti sull'uomo non sono ancora noti (ad es. le radiazioni non ionizzanti). Nel caso di quelle ionizzanti, invece, il lungo tempo di impiego, e gli studi condotti su vasti campioni di popolazione esposta, hanno condotto alla diffusa consapevolezza sui possibili effetti tra gli addetti ai lavori.



Radiazioni non ionizzanti, Rni

L'estesa varietà delle radiazioni non ionizzanti, Rni, rispetto per es. a quelle ionizzanti, risulta con evidenza fin dalla loro elencazione; esse infatti comprendono gran parte dello spettro elettromagnetico:

- Campi elettrici e magnetici statici e debolmente dinamici
- Radiazione elettromagnetica:
- Extremely Low Frequencies, ELF, $\nu < 300$ Hz,
- Radiofrequenze, RF:
 - Onde radio, OR: $300 \text{ Hz} < \nu < 300 \text{ MHz}$:
 - Microonde, MO: $300 \text{ MHz} < \nu < 300 \text{ GHz}$
- Radiazione ottica: infrarosso, IR: $300 \text{ GHz} < \nu < 385 \text{ THz}$; ottica (visibile): $385\text{-}750 \text{ THz}$; ultravioletto, UVA+UVB+UVC; $750 \text{ THz} < \nu < 3.000 \text{ THz}$; laser (energia coerente) e varie frequenze nel visibile e nell'invisibile;
- Ultrasuoni: $\nu > 20 \text{ kHz}$ ($0,15 < \nu < 30 \text{ MHz}$); e Infrasuoni.

Non esiste per queste radiazioni una norma organica, ad eccezione di alcuni decreti specifici in particolare, per gli ambienti di vita (livelli di campo per elettrodotti, impianti radio base, ecc.); le norme tecniche CEI e le pubblicazioni dell'ISPESL o dell'ISS e dell'ACGIH, pertanto, fungono da principale riferimento (si veda la relativa bibliografia).

Si tenga presente che, spesso, a questi rischi ne sono associati altri di diversa natura, in funzione delle apparecchiature e delle metodologie utilizzate: gas compressi; gas criogeni e movimentazione manuale dei carichi (es. nel caso di magneti trasportabili); esposizione ad altri agenti fisici, chimici o biologici in relazione al tipo di attività svolta.

Radiofrequenze e Microonde

Le radiofrequenze ($100 \text{ kHz} \leq \nu \leq 300 \text{ MHz}$) -**RF**- e le microonde ($300 \text{ MHz} < \nu \leq 300 \text{ GHz}$) - **MO** -, sono radiazioni non ionizzanti la cui energia, trasportata sotto forma di campo elettromagnetico, viene in parte assorbita e in parte riflessa dagli oggetti che l'onda incontra, con modalità ed in misura diversa a seconda della sua frequenza e delle caratteristiche dell'oggetto.

L'energia assorbita dai tessuti biologici può produrre, superati taluni livelli di esposizione, effetti a breve termine di:

- natura termica: opacità del cristallino, con una soglia: $>100\text{-}150 \text{ mW/cm}^2$ e potenziale effetto cumulativo; lesioni testicolari, in discussione con soglia: $> 0,5 \text{ kW/m}^2$.
- natura non termica (ruolo concasuale) - stimolazione di organi eccitabili elettricamente: s. astenica; s. astenico-vegetativa vascolare; s. diencefalica;
- elettrocuzione e bruciature, in caso di contatto, correnti $> 50 \text{ mA}$;



DOCUMENTO DI VALUTAZIONE DEI RISCHI

EDIZIONE N° 01
REVISIONE N° 00
DATA 01/07/08

VALUTAZIONE DEI RISCHI FISICI

SEZIONE 02
PAGINA 4 di 10

• altri effetti a lungo termine (non dimostrati): insorgenza di tumori e neoplasie cerebrali. Non sono ancora noti gli effetti di esposizioni croniche a bassi livelli di energia elettromagnetica.

A titolo cautelativo sono state ipotizzate controindicazioni all'esposizione, a livelli di RF e MO superiori a quelli fissati per la popolazione, per soggetti che presentano: dispositivi elettrici impiantati (es. pacemaker, defibrillatori); gravi alterazioni ad organi ed apparati ritenuti bersaglio delle radiazioni non ionizzanti (sistema nervoso, gonadi e organi ematopoietici); donne in stato di gravidanza ed allattamento; soggetti di età inferiore a 18 anni.

La normativa ed i limiti di esposizione

In carenza di una normativa organica, si fa riferimento ai limiti di esposizione per i lavoratori fissati dalla norma CEI-ENV 50166-2 e ai limiti di esposizione per la popolazione definiti dal DM 381/98 ed a quelli proposti recentemente da ISPEL e ISS in un documento congiunto, espressi in: densità di potenza media; valore efficace del campo elettrico - mediato su un qualsiasi intervallo di 6 minuti-; valore efficace del campo magnetico; rateo assorbimento specifico, SAR, e assorbimento specifico, SA.

Per la popolazione vengono generalmente fissati limiti inferiori rispetto a quelli dei lavoratori; per essa, infatti, si deve tenere conto di tutte le attività possibili, delle età e delle condizioni di salute dei soggetti esposti ed anche della loro non consapevolezza di alcuni degli effetti dell'esposizione ai campi elettromagnetici, mentre i lavoratori possono essere seguiti in modo particolare, addestrati ed informati. E' stato pubblicato recentemente il DM Sanità 381/98 relativo ai limiti di esposizione per la popolazione ai campi elettromagnetici connessi al funzionamento di sistemi fissi operanti nell'intervallo di frequenza compresa tra 100 kHz e 300 GHz; i valori sono più bassi di quelli indicati a livello europeo: ciò non mancherà di creare problemi applicativi.

Le misure di prevenzione protezione dalle RF e MO

I livelli di intensità di campo nelle zone di stazionamento degli operatori, dipendono da: potenza del generatore; caratteristiche degli elettrodi; grado di schermatura (completa o parziale); distanza dalla sorgente emittente in funzione della frequenza. I mezzi per ridurre l'intensità del campo variano in funzione della banda di frequenza, delle caratteristiche dell'apparecchiatura e della modalità di utilizzo.

La riduzione del rischio è possibile mediante: attenuazione dell'intensità dei campi; riduzione dei tempi di esposizione nel rispetto dei limiti di picco; aumento della distanza delle postazioni di lavoro dalla sorgente emittente in funzione della frequenza; eliminazione di esposizioni indebite di personale non addetto all'attività specifica.



Nei laboratori le misure di protezione possono essere attive o passive: quelle attive agiscono direttamente sul campo elettromagnetico in modo da ridurlo entro i limiti di sicurezza, quelle passive riguardano il comportamento dell'operatore. La protezione attiva si attua mediante l'introduzione di schermature (della sorgente c/o dell'area operativa) e l'utilizzo di dispositivi di protezione individuale (ad es. tessuto riflettente le MQ); quella passiva limitando l'accesso alle zone interessate da campi intensi, riducendo il tempo di esposizione e allontanando le postazioni di lavoro e i comandi dell'apparecchio dalle zone di campo più intenso. Agli ingressi alle zone delimitate che ospitano l'apparecchiatura deve essere affissa idonea segnaletica, per indicare la presenza dei campi elettromagnetici e il divieto di accesso al personale non autorizzato, nonché alle categorie di persone per cui esistano controindicazioni. Nella zona ad accesso controllato non possono essere allestite postazioni di studio o di lavoro, ovvero svolte attività che comportano permanenze prolungate nel tempo.

Diventa importante perciò che vengano delimitate zone ad accesso regolamentato e/o limitato, definite procedure e norme comportamentali e che venga formato ed informato

Campi magnetici statici

I campi magnetici statici possono comportare:

- effetti biologici (interazioni elettrodinamiche con elettroliti in movimento, correnti indotte a causa del movimento dell'individuo nel campo, magnetoorientamento di molecole diamagnetiche e paramagnetiche);
- effetti magnetomeccanici: traslazione di materiali paramagnetici e ferromagnetici presenti nell'organismo;
- attrazione meccanica di oggetti ferromagnetici nelle vicinanze del magnete;
- interferenza con dispositivi medicali impiantati, ad esempio pacemaker.

E' da rilevare che nei laboratori possono essere presenti elevati campi magnetici generati sia da apparecchiature di dimensioni non trascurabili (ad es. impianti di risonanza magnetica nucleare, NMR) sia da piccoli magneti, che proprio per la loro ridotta dimensione, portano a sottovalutare l'eventuale intenso campo presente.

I rischi principali connessi alla presenza e all'uso di sorgenti di elevato campo magnetico statico sono:

- esposizione a livelli di campo che possono essere superiori, anche di parecchi ordini di grandezza, al campo magnetico terrestre;
- movimento incontrollato di oggetti ferromagnetici attratti dal campo.

Esistono controindicazioni per esposizione a elevati campi magnetici da parte di: donne in stato di gravidanza; soggetti affetti da anemia falciforme e/o soggetti di età inferiore a 14 anni; portatori di pacemaker, protesi metalliche o dotate di circuiti elettronici, clips metalliche ferromagnetiche post-chirurgiche o schegge metalliche. E' necessario pertanto, adottare una



procedura che permetta di individuare preventivamente eventuali studenti e/o frequentatori per cui sussistano controindicazioni all'esposizione, nel rispetto della legge sulla privacy anche per le attività per cui non sia richiesto un programma di sorveglianza sanitaria.

Normativa e limiti di esposizione ai campi magnetici statici

Il concetto di dosimetria per quanto concerne il campo magnetico statico è di difficile definizione in quanto deve tenere conto di molteplici aspetti di differente natura, ossia:

- parametri che riguardano la sorgente del campo: polarizzazione; intensità: uniformità e isotropia; proprietà magnetiche dei materiali circostanti;
- parametri relativi all'esposizione: caratteristiche del tessuto (conducibilità, anisotropia, permeabilità); dimensioni e geometria; orientazione in relazione al piano di polarizzazione del campo; tipo (corpo intero, o parte di esso) e durata dell'esposizione;
- altri fattori: oggetti metallici e/o dispositivi medicali impiantati; oggetti metallici nel campo.

Considerati tali aspetti, i criteri di protezione sono necessariamente basati sull'intensità del campo ove si trova l'operatore e sulla durata dell'esposizione.

In ambito nazionale non esiste una norma specifica riguardo l'esposizione a campi magnetici statici; per analogia, pertanto, i livelli di riferimento possono essere quelli riportati dal D.M. 02/08/91, che è rivolto all'utilizzo di apparecchiatura a risonanza magnetica nucleare in diagnostica, per quanto concerne i tempi massimi di esposizione degli operatore e l'inquinamento ambientale (delimitazione delle zone a rischio), e dalla norma CEI-ENV 50166-I e dall'ISPESL-ISS per i limiti raccomandati per l'esposizione professionale e della popolazione, in sintonia con quelli proposti dall'ICNIRP.

La maggior parte degli stimolatori cardiaci non sono verosimilmente disturbati in campi al di sotto di 0,5 mT; pertanto i portatori di pacemaker e di defibrillatori impiantati devono evitare luoghi dove l'induzione magnetica sia superiore a 0,5 mT. Altri sistemi elettronici vitali, quali protesi auricolari elettroniche, pompe per insulina, protesi attive a controllo elettronico e sistemi per la stimolazione muscolare possono essere suscettibili a induzioni magnetiche statiche superiori a pochi mT, specialmente se la persona si muove all'interno del campo.

Misure di prevenzione e protezione per campi magnetici

Per il rischio da esposizione a campi magnetici la miglior garanzia di sicurezza è la distanza. La permanenza nelle zone interessate da livelli di campo elevati deve pertanto essere giustificata ed ottimizzata: il ricercatore sia esposto al livello di campo di minore intensità possibile e per il minor tempo. La miglior soluzione è la delimitazione delle zone ad accesso regolamentato e/o limitato, come definite dal D.M. 2/08/91:

- *Zone ad accesso controllato* le aree in cui il campo disperso di induzione magnetica è pari o superiore a 0,5 Tl: $B > 0,5 \text{ mT}$;



DOCUMENTO DI VALUTAZIONE DEI RISCHI

EDIZIONE N° 01
REVISIONE N° 00
DATA 01/07/08

VALUTAZIONE DEI RISCHI FISICI

SEZIONE 02
PAGINA 7 di 10

- *Zone di rispetto* le aree interessate da valori di campo disperso di induzione magnetica compresi tra 0,1 mT e 0,5 mT: $0,1 \text{ mT} < B < 0,5 \text{ mT}$;
- *Zone a libero accesso* le aree interessate da valori di campo disperso di induzione magnetica inferiori a 0,1 mT: $B < 0,1 \text{ mT}$.

Agli ingressi alle zone controllate e al laboratorio che ospita l'apparecchiatura deve essere affissa idonea segnaletica permanente, atta ad indicare la presenza del campo magnetico e il divieto di accesso a portatori di pacemaker e/o defibrillatori, nonché alle categorie di persone per cui esistano controindicazioni e per impedire l'introduzione accidentale di oggetti ferromagnetici. Per individuare il limite di esposizione per sottoporre i lavoratori a visita medica, si può adottare il criterio generale, del superamento dei limiti della popolazione.

Nella zona ad accesso controllato non possono essere allestite postazioni di studio o di lavoro, ovvero svolte attività che comportano permanenze prolungate nel tempo.

L'estintore, disponibile in prossimità dell'impianto, deve essere in materiale amagnetico; è consigliabile impiegare estintori a CO₂. Ove possibile (ad esempio in caso di elettromagnete) prima di intervenire in emergenza ed in vicinanza del magnete, attivare la procedura di spegnimento del dispositivo.

Rumore e vibrazioni meccaniche

Il rumore

Il rischio rumore è poco presente nei laboratori didattici e di ricerca; i valori generalmente sono inferiori ai limiti di legge, D.Lgs 277/91, in relazione al livello di esposizione medio sulla giornata lavorativa (livello equivalente), al picco massimo ammesso, oltre il quale è necessario predisporre misure particolari di sorveglianza sanitaria.

I danni che possono derivare in generale da una eccessiva e prolungata esposizione al rumore sono i seguenti:

- *Fatica uditiva*: innalzamento temporaneo e reversibile della soglia uditiva (di solito entro 0-20 gg);
- *Ipoacusia da rumore percettiva*: spostamento permanente della soglia uditiva, che avviene in modo lento e graduale;
- *Sordità professionale*: deficit uditivo manifesto; IV fase della fatica uditiva, danno irreversibile;
- *Effetti extrauditivi*: di solito legati ad un evento traumatico acustico acuto (ma anche per esposizione cronica), a carico dell'apparato cardiovascolare, sistema nervoso centrale, sistema endocrino e apparato gastrointestinale.

Pur considerando che il rischio, compreso quello da rumore, vada sempre eliminato o ridotto al minimo e che gli interventi "collettivi" hanno la precedenza rispetto a quelli individuali, le



DOCUMENTO DI VALUTAZIONE DEI RISCHI

EDIZIONE N° 01
REVISIONE N° 00
DATA 01/07/08

VALUTAZIONE DEI RISCHI FISICI

SEZIONE 02
PAGINA 8 di 10

misure generali di tutela da attuare in relazione ai livelli di rumore rilevati nei laboratori sono le seguenti, ex. D.Lgs 277/91:

- *Livello equivalente* di riferimento giornaliero:
 - **$L_{eq} < 80$ dB(A)**: livello da considerare sicuro o da ottimizzare sempre, non esiste comunque un rischio di ipoacusia da rumore;
 - **$80 < L_{eq} < 85$ dB(A)**: informazione sui danni, eventualmente i DPI a richiesta del lavoratore, segnaletica, visita sanitaria a richiesta dell'interessato;
 - **$85 < L_{eq} < 90$ dB(A)**: informazione e formazione, DPI (uso non obbligatorio), segnaletica, controlli sanitari biennali, uso corretto macchinari;
 - **$L_{eq} > 90$ dB(A)**: informazione e formazione, DPI obbligatori, segnaletica, controlli sanitari annuali, delimitazione delle zone, uso corretto dei macchinari, ridurre l'esposizione, registro degli esposti, nota con elenco esposti a ISPESL e ASL.
- *Livello istantaneo* (peak) massimo: 140 dB: valore da non superare mai, procedere come $L_{eq} > 90$ dB(A).

Esistono, inoltre, limiti di rumore che si devono rispettare verso l'ambiente esterno, con la finalità di proteggere la popolazione vicina e verso quello interno, per salvaguardare il personale dalle sorgenti esterne, es. traffico.

Essendo riferiti alla popolazione, questi limiti sono più bassi di quelli dei lavoratori e sono diversificati tra il giorno e la notte in funzione della "classe d'uso" delle zone urbane ove l'insediamento è inserito, DPCM 113/91.

La legge quadro n. 447 del 1995, a sua volta, detta le regole su cui si devono basare le successive disposizioni normative sull'inquinamento acustico, per le quali la stessa prevede un congruo numero di decreti applicativi, alcuni dei quali già emanati. Benché la Legge n. 447/95 faccia riferimento alle abitazioni, i laboratori sono coinvolti nel momento in cui l'immissione acustica è dovuta a sorgenti esterne; la norma introduce i seguenti valori di riferimento, che sono quantificati nel DPCM 14/11/97:

- *Valore limite di emissione*: massimo rumore emesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità della stessa;
- *Valori limite, assoluti e differenziali, di immissione*: limite massimo che può essere immesso nell'ambiente abitativo (e di lavoro) o esterno, misurato in prossimità dei soggetti interessati;
- *Valori di attenzione*: valori che evidenziano un potenziale rischio per la salute delle persone e dell'ambiente;
- *Valori di qualità*: livelli da raggiungere nel tempo, con interventi di risanamento, per il rispetto della normativa.

La legge introduce anche:



VALUTAZIONE DEI RISCHI FISICI

- *i valori limite delle sorgenti sonore mobili e per quelle fisse* costituite dai singoli macchinari, quantificati nel DPCM 14/11/97;
- *i requisiti acustici passivi degli edifici*, stabiliti dal DPCM 5/12/97 che sono molto bassi e che non mancheranno di creare problemi sia realizzativi che di verifica sugli edifici e sugli impianti.

Vibrazioni meccaniche

Esposizioni a vibrazioni meccaniche sono rare nei laboratori di didattica e ricerca; al momento non esistono norme italiane che le regolamentano, mentre le norme tecniche ISO ne specificano le caratteristiche e la valenza. Non si ritiene pertanto, in questa sede, affrontare in dettaglio la questione, ma fornire semplicemente un quadro generale.

Per vibrazione si intende una oscillazione meccanica generata da onde di pressione che si trasmette attraverso corpi solidi; i parametri caratteristici da considerare sono: periodo, frequenza, ampiezza dello spostamento (istantanea ed efficace), velocità, accelerazione;

quest'ultimo è il parametro più importante in quanto l'uomo avverte di più la variazione allo stimolo che il suo perdurare. Le modalità di vibrazione da considerare ai fini della salvaguardia della salute sono:

- moto oscillatorio periodico o alternativo;
- oscillazioni libere (decrescenti) o forzate (le più frequenti).

Le vibrazioni si distinguono in:

- Vibrazione al corpo intero, WBC: il corpo umano viene sollecitato nella sua totalità dalla struttura che vibra attraverso la superficie di appoggio; si incontra maggiormente in edilizia, agricoltura, industria estrattiva e nei trasporti: di solito alla guida di automezzi pesanti;
- Vibrazione locale, di solito sistema mano-braccio, dovuta a utensili vibranti, tradizionalmente macchine ad aria compressa (smerigliatrici, frese, trapani, ecc.) o piallatrici, ecc .. Si incontrano maggiormente in edilizia, industria estrattiva, metallurgia, metalmeccanica, del legno, manifatturiera ed in agricoltura.

Gli effetti delle vibrazioni meccaniche, sono amplificati dalle posture viziate e dalla eventuale contrazione muscolare; essi dipendono da: regione ingresso e loro direzione nel corpo; frequenza, accelerazione; intensità; durata della esposizione e risonanza: ogni organo ha una propria frequenza caratteristica di vibrazione (risonanza) e lo scuotimento dovuto alla vibrazione può essere amplificato dalla risonanza stessa.

Le vibrazioni che coinvolgono il corpo umano possono abbassare la soglia della fatica e alterare il grado di efficienza. Gli effetti si possono riassumere:

- alterazioni vascolari: sono le più rilevanti per esposizione a vibrazioni di alta frequenza, 40-300 Hz;



DOCUMENTO DI VALUTAZIONE DEI RISCHI

VALUTAZIONE DEI RISCHI FISICI

EDIZIONE N° 01
REVISIONE N° 00
DATA 01/07/08

SEZIONE 02
PAGINA 10 di 10

- alterazioni osteoarticolari: sono riportate frequentemente in soggetti esposti, artrosi della colonna vertebrale, lesioni dei dischi intervertebrali, artrosi cervicale, alterazioni trofiche ossee, ecc.;
- alterazioni neuromuscolari: aumento del tono muscolare; disturbi neurosensitivi periferici.

I limiti di esposizione sono proposti dalla norma ISO 2631; la loro applicazione però è assai difficile, specialmente per la misura delle vibrazioni stesse e dell'effettivo tempo di esposizione.

Le attività di prevenzione, originano spesso direttamente a livello di progettazione - compresa l'ergonomia - delle attrezzature e delle macchine, ed anche da una buona manutenzione delle stesse: es. ricambio dei cuscinetti a sfera, ecc. ovvero rivestendo le impugnature con idonei materiali assorbenti.