

## CAMPI ELETTROMAGNETICI E SALUTE PUBBLICA

### Radar e salute umana

(Promemoria n. 226, Giugno 1999)

I sistemi radar<sup>1</sup> rilevano la presenza, la direzione o la distanza di aerei, navi o altri oggetti, generalmente in movimento. Ciò si ottiene inviando impulsi di campi elettromagnetici (CEM) ad alta frequenza. Inventati circa 60 anni fa, i sistemi radar sono largamente utilizzati per la navigazione, per il volo aereo, per la difesa nazionale e per le previsioni meteorologiche. Il loro scopo fondamentale è di garantire sicurezza e protezione, a livello individuale e collettivo.

Le persone che vivono o lavorano abitualmente presso i radar hanno espresso preoccupazione per gli effetti a lungo termine di questi sistemi sulla salute, compresi tumori, malformazioni riproduttive, cataratte e modificazioni nel comportamento e nello sviluppo dei bambini. Un esempio recente è il presunto aumento di tumori testicolari tra gli agenti di polizia che utilizzavano "pistole" radar per il controllo della velocità.

E' importante distinguere tra i rischi percepiti ed i rischi reali posti dai radar, così come è importante capire le basi razionali delle norme internazionali esistenti e delle misure di protezione oggi adottate.

**Emissioni di CEM:** I radar funzionano normalmente a radiofrequenze (RF) tra 300 MHz e 15 GHz. Essi generano CEM che sono chiamati campi a RF. E' noto che i campi a RF compresi in questa parte dello spettro elettromagnetico interagiscono con il corpo umano secondo modalità diverse<sup>2</sup>.

I campi a RF **al di sotto di 10 GHz** (fino a 1 MHz) penetrano nei tessuti esposti e producono **calore** in conseguenza dell'**assorbimento di energia**. Lo spessore di penetrazione dipende dalla frequenza del campo ed è maggiore alle frequenze più basse. L'**assorbimento** dei campi a RF nei tessuti è misurato in termini di *tasso di assorbimento specifico* (**SAR**, Specific Absorption Rate) entro una data massa di tessuto. L'unità di misura del SAR è il *watt al chilogrammo* (**W/kg**). Il **SAR** è la grandezza usata per misurare la "dose" dei campi a RF **tra circa 1 MHz e 10 GHz**.

- Per produrre effetti noti di danno alla salute in persone esposte a campi a RF in questo intervallo di frequenze occorre un **SAR** di almeno **4 W/kg**.

I campi a **RF al di sopra di 10 GHz** sono assorbiti alla superficie della pelle e pochissima energia penetra nei tessuti sottostanti. La quantità dosimetrica fondamentale per i campi a RF **al di sopra di 10 GHz** è *l'intensità del campo* misurata come **densità di potenza** in watt al metro quadro (**W/m<sup>2</sup>**) oppure, nel caso di campi deboli, in milliwatt al metro quadro (**mW/m<sup>2</sup>**) o in microwatt al metro quadro (**μW/m<sup>2</sup>**).

- E' noto che esposizioni a campi a RF al di sopra di 10 GHz con densità di potenza **superiori a 1.000 W/m<sup>2</sup>** producono effetti di danno alla salute, come cataratte o ustioni cutanee.

**Esposizione umana:** La potenza emessa dai sistemi radar varia da pochi milliwatt (radar per il controllo del traffico) a molti chilowatt (radar di identificazione a largo raggio). Tuttavia, numerosi fattori riducono, spesso di almeno 100 volte, l'esposizione a campi a RF generati da sistemi radar:

- I sistemi radar inviano campi elettromagnetici sotto forma di impulsi e non in forma continua. Questo rende la potenza media emessa molto inferiore alla potenza di picco dell'impulso.
- I radar sono direzionali e l'energia a RF che essi emettono è contenuta in fasci molto stretti che somigliano a quelli di un riflettore. I livelli di campo a RF al di fuori del fascio principale si riducono molto rapidamente. Nella maggior parte dei casi, questi livelli sono migliaia di volte più bassi che nel fascio principale.
- Molti radar hanno antenne che ruotano continuamente o che cambiano inclinazione con un moto oscillatorio, cambiando quindi continuamente la direzione del fascio.
- Le aree entro cui potrebbero verificarsi esposizioni pericolose per l'uomo sono normalmente inaccessibili al personale non autorizzato.

<sup>1</sup> **RADAR** è l'abbreviazione di **RA**dio **D**etection **A**nd **R**anging system (Sistema per la rilevazione e la localizzazione con onde radio)

<sup>2</sup> Informazioni dettagliate su ogni porzione dello spettro elettromagnetico possono ottenersi dal Promemoria OMS n. 183, della serie "Campi elettromagnetici e salute pubblica".

**Sorgenti radar:** I comuni tipi di radar che si incontrano nella vita quotidiana sono sotto elencati.

**I radar per il controllo del traffico aereo** sono usati per seguire la posizione degli aerei e per controllarne l'atterraggio negli aeroporti. Questi sono generalmente collocati in posizioni elevate, in modo che il fascio sia inaccessibile a persone al suolo. I tipici radar per il controllo del traffico aereo possono avere potenze di picco di 100 kW o più, ma potenze medie di poche centinaia di watt. In normali condizioni di esercizio, questi sistemi non presentano pericoli per il pubblico.

**I radar meteorologici** sono spesso collocati in zone remote degli aeroporti, assieme a quelli per il controllo del traffico aereo. Rispetto a questi ultimi, funzionano a frequenze più alte, ma generalmente hanno potenze medie e di picco inferiori. Come nel caso dei radar per il controllo del traffico aereo, non presentano pericoli per il pubblico in condizioni di normale esercizio.

**I radar militari** sono numerosi e variano da installazioni enormi, con grandi potenze sia di picco (1 MW o più), sia medie (kW), fino a piccoli radar per il controllo del tiro, che tipicamente si trovano sugli aerei. I radar di grosse dimensioni suscitano spesso preoccupazioni nelle comunità che vivono nei dintorni. Tuttavia, poiché la potenza viene irraggiata su aree ampie, le densità di potenza associate a questi sistemi variano, all'interno dei confini dell'impianto, tra 10 e 100 W/m<sup>2</sup>. Al di fuori dei confini dell'impianto, i livelli di campo a RF non sono generalmente misurabili, se non mediante strumenti sofisticati. Tuttavia, piccoli radar militari per il controllo del tiro montati sugli aerei possono essere pericolosi per il personale a terra. Questi sistemi hanno potenze medie relativamente alte (kW) ed antenne di piccole dimensioni, cosicché è possibile avere densità di potenza fino a 10 kW/m<sup>2</sup>. Gli individui della popolazione non dovrebbero essere esposti a queste emissioni perché durante le prove a terra dei radar l'accesso alle aree interessate è proibito a tutto il personale. I militari usano anche la maggior parte degli altri tipi di radar descritti di seguito.

**I radar marittimi** si possono trovare su imbarcazioni che vanno dalle piccole barche da diporto ai grandi transatlantici. Le potenze di picco di questi sistemi possono raggiungere i 30 kW, con potenze medie che variano tra 1 e 25 W. In normali condizioni di esercizio, con antenna rotante, la densità di potenza media dei sistemi più potenti, a circa un metro dall'antenna, è inferiore a 10 W/m<sup>2</sup>. Sulla maggior parte delle imbarcazioni, nelle aree accessibili, questi livelli si riducono a qualche unità percentuale degli attuali standard per l'esposizione del pubblico a campi a RF.

**I radar per il controllo della velocità** sono sistemi portatili usati dalla polizia in molti paesi. La potenza media è bassissima, dell'ordine di pochi milliwatt, cosicché questi sistemi non sono considerati pericolosi per la salute, nemmeno se usati a stretto contatto con il corpo.

**Possibili effetti sulla salute**<sup>3</sup>: La maggior parte degli studi condotti fino ad ora hanno esaminato effetti sanitari diversi dal cancro. Questi studi hanno indagato risposte dei sistemi fisiologici e di termoregolazione, variazioni nel comportamento ed altri effetti come l'opacizzazione del cristallino (cataratta) o malformazioni alla nascita, in conseguenza dell'esposizione acuta a livelli relativamente alti di campi a RF. Vi sono anche numerosi studi che riportano effetti non termici, in casi in cui non si misura alcun aumento apprezzabile della temperatura.

**Studi connessi al cancro:** Molti studi epidemiologici hanno indagato possibili connessioni tra l'esposizione a campi a RF ed eccessi nel rischio di cancro. Tuttavia, a causa delle differenze di progettazione e di esecuzione, i risultati di questi studi sono di difficile interpretazione. Numerosi gruppi nazionali o internazionali di esperti che hanno esaminato criticamente questi studi hanno concluso che non vi è alcuna chiara evidenza di un legame tra l'esposizione a campi a RF ed un aumento del rischio di cancro. L'OMS ha anche concluso che non vi è nessuna evidenza scientifica convincente che l'esposizione a campi a RF abbrevi la durata della vita umana, o che questi campi inducano o favoriscano il cancro. Si richiedono comunque ulteriori studi.

**Effetti termici:** I campi a RF sono stati studiati su animali, compresi i primati. I primi sintomi di effetti dannosi che si manifestano nell'animale all'aumentare dell'intensità del campo sono perdita di resistenza, avversione al campo e ridotta capacità di svolgere compiti mentali. Questi studi suggeriscono anche che effetti di danno nell'uomo potrebbero verificarsi per esposizioni, al corpo intero o localizzate, tali da aumentare la temperatura dei tessuti di più di 1 °C. I possibili effetti comprendono l'induzione di cataratte e varie risposte dei sistemi fisiologici e di quelli di termoregolazione, via via che la temperatura corporea aumenta. Questi effetti sono ben accertati e costituiscono la base scientifica delle limitazioni dell'esposizione dei lavoratori e del pubblico a campi a RF.

---

<sup>3</sup> Una rassegna degli effetti biologici dei campi a radiofrequenza è riportata nei Promemoria OMS n. 182 e 183.

**Effetti non termici:** Diversi gruppi di ricerca hanno riportato, in seguito a esposizioni a livelli di campi a RF troppo bassi per provocare riscaldamento (cioè a valori molto bassi di SAR), alterazioni della mobilità degli ioni calcio, che sono responsabili della trasmissione di informazioni nelle cellule dei tessuti. Tuttavia, questi effetti non sono provati in misura sufficiente per costituire una base per la limitazione dell'esposizione.

**Campi a RF pulsati:** Sono stati riportati, in seguito a esposizione a campi pulsati molto intensi, come quelli usati dai sistemi radar, casi di soppressione delle reazioni sussultorie e di stimolazione di movimenti del corpo in topi coscienti. Inoltre, persone con udito normale percepiscono campi a RF pulsati di frequenze comprese tra circa 200 MHz e 6,5 GHz. Questo è chiamato effetto uditivo delle microonde. Il suono è stato di volta in volta descritto come un ronzio, un ticchettio, un sibilo o uno scoppiettio, secondo le caratteristiche degli impulsi. Un'esposizione prolungata o ripetuta potrebbe essere stressante e dovrebbe, ove possibile, essere evitata.

**Scosse e ustioni da radiofrequenza:** A frequenze inferiori a 100 MHz, le cariche indotte su oggetti metallici situati vicino ai radar possono dar luogo a scosse o ustioni da radiofrequenze. Persone che si trovino in campi a RF possono anche subire assorbimenti elevati, localizzati in aree del corpo di piccola sezione trasversale, come le caviglie. In generale, a causa delle frequenze più alte a cui operano la maggior parte dei radar moderni, nonché delle piccole aperture dei loro fasci, la rilevanza di tali effetti è minima.

**Interferenza elettromagnetica:** I radar possono provocare interferenze elettromagnetiche in altri dispositivi elettronici. Le soglie per questi effetti sono spesso molto al di sotto dei livelli raccomandati per l'esposizione umana. Inoltre, i radar possono provocare interferenze in alcuni dispositivi medicali, come pacemaker cardiaci e apparecchi acustici. Persone che usino questi dispositivi e lavorino nelle **immediate vicinanze** di sistemi radar dovrebbero interpellare i produttori per stabilire quanto i loro prodotti siano suscettibili di interferenze a RF.

**Liquidi infiammabili ed esplosivi:** I campi a RF possono innescare l'incendio di liquidi infiammabili o lo scoppio di esplosivi, attraverso l'induzione di correnti. Questo è un evento raro, e normalmente è motivo di attenzione quando vi sia una grande concentrazione di radar, come a bordo di navi dove vengono adottate misure per prevenire questi effetti.

**Standard internazionali:** Limiti di esposizione per i campi a RF sono sviluppati da istituzioni internazionali come la Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti (ICNIRP). L'ICNIRP è un'organizzazione non governativa formalmente riconosciuta dall'OMS. La Commissione utilizza le valutazioni di rischio sanitario sviluppate congiuntamente all'OMS per produrre le proprie linee guida sui limiti di esposizione. Le linee guida dell'ICNIRP proteggono contro tutti gli effetti sanitari accertati delle RF e vengono sviluppate in seguito ad una revisione critica di tutta la letteratura scientifica accreditata, compresi gli studi sul cancro e sugli effetti non termici. I livelli ambientali dei campi a RF prodotti dai radar, nelle aree normalmente accessibili al pubblico, sono almeno 1.000 volte al di sotto dei limiti per l'esposizione continua della popolazione previsti dalle linee guida dell'ICNIRP, e 25.000 volte al di sotto dei livelli per i quali è stato accertato che l'esposizione a campi a RF provochi i primi effetti sanitari noti.

**Misure protettive:** Lo scopo delle misure protettive è eliminare l'esposizione a campi a RF o ridurla al di sotto di limiti accettabili. Un ampio programma di campagne di misura e di comunicazione dei pericoli, assieme ad efficaci misure protettive, è richiesto attorno ad ogni installazione radar. Nella maggior parte dei paesi viene predisposta un'esauriente documentazione, compresa una valutazione di impatto ambientale, prima della costruzione di un sistema radar.

Dopo la costruzione delle strutture per il radar, si dovrebbero effettuare campagne di misura per quantificare i livelli di campo a RF nell'area. Mentre direttamente di fronte ad un radar si possono misurare livelli di campo a RF estremamente alti, nella maggior parte dei casi i livelli nelle aree accessibili al pubblico non sono facilmente misurabili. Per impedire sia ai lavoratori sia al pubblico di entrare in aree ove i livelli di RF superano i limiti, si utilizzano controlli sia tecnici sia amministrativi.

- I controlli tecnici comprendono interblocchi, dispositivi elettronici per impedire che i radar puntino verso determinate zone e schermature.
- I controlli amministrativi comprendono allarmi acustici e visivi, cartelli di segnalazione e restrizioni di accesso attraverso barriere, blocchi di porte o limitazioni del tempo di accesso al radar.

Se i controlli tecnici e amministrativi non sono sufficienti, i lavoratori dovrebbero usare oggetti per la protezione personale, per assicurare il rispetto degli standard di esposizione. Abiti conduttivi, guanti, scarpe di sicurezza ed altri tipi di prodotti per la protezione personale sono oggi disponibili commercialmente.

- Questi oggetti dovrebbero essere usati con grande attenzione, perché le proprietà di attenuazione del materiale usato per produrre gli indumenti protettivi può variare drasticamente con la frequenza. Solo se

si conoscono le proprietà di attenuazione di un indumento alla frequenza in questione, questo può essere usato in modo affidabile.

- Si dovrebbe adottare una particolare cautela usando occhiali di sicurezza, perché ogni parte metallica può accentuare i campi locali agendo come un'antenna ricevente.
- Non esistono situazioni espositive in cui individui del pubblico debbano usare indumenti protettivi contro i campi a RF generati dai radar.
- Negli ultimi anni, sono apparsi sul mercato tessuti ed altri materiali che si sostiene abbiano proprietà schermanti per i campi a RF. Messaggi di questo tipo vengono indirizzati verso i membri "sensibili" della popolazione, come le donne in gravidanza. L'uso di questi prodotti non è necessario e dovrebbe essere scoraggiato. Essi non offrono alcuna schermatura efficace dei campi a RF, e non sono affatto necessari.

**L'esposizione umana ai CEM emessi dai sistemi radar è limitata dagli standard internazionali e da misure protettive, che sono stati adottati sulla base delle conoscenze scientifiche attualmente disponibili. In sintesi:**

- I campi a RF fanno sì che le molecole dei tessuti vibrino e provochino calore. Si possono prevedere effetti di riscaldamento se si trascorre del tempo direttamente di fronte ad alcune antenne radar, ma tali effetti non sono possibili ai livelli ambientali dei campi a RF generati da sistemi radar.
- Per produrre un qualunque effetto nocivo per la salute, si deve verificare un'esposizione a campi a RF al di sopra di un livello di soglia. Il livello di soglia noto è quello necessario per aumentare la temperatura dei tessuti di almeno 1 °C. I livelli molto bassi di campi a RF generati nell'ambiente dai sistemi radar non possono provocare aumenti significativi di temperatura.
- Fino ad oggi, i ricercatori non hanno trovato indicazioni che esposizioni multiple al di sotto dei livelli di soglia provochino alcun effetto negativo per la salute. Non si verifica alcuna accumulazione di danni per effetto di esposizioni ripetute a bassi livelli di campi a RF.
- Al momento attuale, non vi è nessuna evidenza che suffraghi l'ipotesi che in persone esposte a livelli di campo a RF uguali o inferiori ai limiti stabiliti dagli standard internazionali possano verificarsi effetti negativi per la salute, compreso il cancro. Comunque, sono richieste ulteriori ricerche per colmare alcune lacune nelle conoscenze.

*(Traduzione italiana di Paolo Vecchia)*

*Questo Promemoria, pubblicato a cura del progetto "Salute e campi elettromagnetici" del Ministero della Salute – Centro Controllo Malattie ([www.ccm-network.it](http://www.ccm-network.it)), costituisce la traduzione italiana del documento originale in inglese "Electromagnetic Fields and Public Health – Radars and Human Health", pubblicato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) nella serie "Fact Sheets".*

*La responsabilità del testo italiano è interamente del traduttore. In caso di difformità rispetto all'originale, fa fede il testo inglese.*

*Sia il Fact Sheet originale sia questa traduzione sono disponibili sul sito del progetto Internazionale Campi Elettromagnetici dell'OMS: [www.who.int/emf](http://www.who.int/emf)*