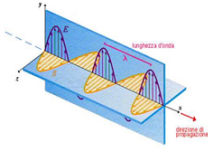


|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>1</b></p> <p><b>CAMPI ELETTROMAGNETICI</b></p> <p><b>Rischi e Protezione</b></p> <hr/> <p>A cura di: <b>Silvia Vaccari</b><br/>Esperto Qualificato e Responsabile del Servizio di Fisica Sanitaria</p> <p>Università degli Studi di Parma</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <p>Buongiorno, in questa unità didattica illustreremo alcuni cenni sui rischi di esposizione a campi elettromagnetici e sui principi normativi per una corretta protezione.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <p><b>2</b></p> <p><b>Radiazione elettromagnetica</b></p> <hr/> <p>Sulla terra è presente un fondo naturale di <b>radiazione elettromagnetica</b> dovuta ad emissioni del sole, della terra stessa e dell'atmosfera.</p> <p>Il progresso tecnologico ha aggiunto a questo fondo naturale un contributo sostanziale dovuto alle sorgenti legate alle attività umane. Assieme agli enormi <b>benefici</b> derivanti dalle applicazioni delle onde elettromagnetiche, in questi ultimi tempi sono accresciute le <b>preoccupazioni per i potenziali rischi</b> sanitari e di impatto sull'ambiente.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <p>Sulla terra è presente un fondo naturale di radiazione elettromagnetica dovuta ad emissioni del sole, della terra stessa e dell'atmosfera.</p> <p>Il progresso tecnologico ha aggiunto a questo fondo naturale un contributo sostanziale dovuto alle sorgenti legate alle attività umane. Assieme ai benefici derivanti dalle applicazioni delle onde elettromagnetiche, in questi ultimi tempi sono accresciute le preoccupazioni per i potenziali rischi sanitari e di impatto sull'ambiente.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <p><b>3</b></p> <p><b>Grandezze caratteristiche del campo elettromagnetico</b></p> <hr/> <p>Le onde elettromagnetiche sono fenomeni oscillatori, generalmente di tipo sinusoidale, attraverso cui avviene il trasferimento di energia. Sono generati dall'alternarsi di due componenti: la componente elettrica e la componente magnetica.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p>Le onde elettromagnetiche sono fenomeni oscillatori, generalmente di tipo sinusoidale, attraverso cui avviene il trasferimento di energia. Sono generati dall'alternarsi di due componenti: la componente elettrica e la componente magnetica.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <p><b>4</b></p> <p><b>Campo elettrico E (V/m):</b> campo di forze in una regione dello spazio generato dalla presenza di una carica elettrica.</p> <p>Ogni conduttore elettrico carico produce un campo elettrico.</p> <p>Maggiore è la differenza di potenziale applicata, maggiore è il campo elettrico.</p> <p>Campo facilmente schermabile, sia da oggetti materiali, sia dal corpo umano.</p> <p>Intensità del campo decresce rapidamente con la distanza.</p> <p><b>Campo magnetico H (A/m):</b> campo di forze in una regione dello spazio generato dalla presenza di una carica elettrica in movimento (corrente elettrica).</p> <p>Viene prodotto solo quando vi è circolazione di corrente elettrica.</p> <p>Maggiore è l'intensità di corrente, maggiore è il campo.</p> <p>Campo non facilmente schermabile, né dal corpo umano, né da oggetti materiali.</p> <p>Intensità del campo decresce rapidamente con la distanza.</p> <p>La densità di flusso magnetico, detta <b>induzione magnetica B (T)</b>, tiene conto anche delle caratteristiche del mezzo fisico in cui il campo magnetico si genera (<math>B = \mu H</math> dove <math>\mu</math> è la permeabilità magnetica del mezzo).</p> <p>I campi si dicono <i>statici</i> quando non variano nel tempo.</p> | <p><b>Campo elettrico E:</b> campo di forze in una regione dello spazio generato dalla presenza di una carica elettrica.</p> <p>Ogni conduttore elettrico carico produce un campo elettrico.</p> <p>Maggiore è la differenza di potenziale applicata, maggiore è il campo elettrico.</p> <p>E' facilmente schermabile, sia da oggetti materiali, sia dal corpo umano.</p> <p>L' intensità del campo decresce rapidamente con la distanza.</p> <p><b>Campo magnetico H:</b> campo di forze in una regione dello spazio generato dalla presenza di una carica elettrica in movimento (corrente elettrica).</p> <p>Viene prodotto solo quando vi è circolazione di corrente elettrica.</p> <p>Maggiore è l'intensità di corrente, maggiore è il campo.</p> <p>Non è facilmente schermabile, né dal corpo umano, né da oggetti materiali.</p> <p>L'intensità del campo decresce rapidamente con la distanza.</p> <p>Inoltre si può introdurre la densità di flusso magnetico, detta induzione magnetica B, che tiene conto delle caratteristiche del mezzo fisico in cui il campo magnetico si genera.</p> <p>I campi si dicono <i>statici</i> quando non variano nel tempo.</p> |

## 5

Questi due campi, propagandosi nello spazio, oscillano in direzioni tra loro ortogonali e perpendicolari alla direzione di propagazione; la velocità di propagazione nel vuoto è pari a quella della luce.

Le grandezze che caratterizzano l'andamento temporale dei campi elettromagnetici e ne determinano le proprietà anche dal punto di vista biofisico sono:

- la **frequenza (f)**, che rappresenta il numero di oscillazioni effettuate dall'onda nell'unità di tempo; si misura in Hertz (Hz).
- la **lunghezza d'onda (λ)**, che rappresenta la distanza percorsa dall'onda durante un periodo di oscillazione e corrisponde alla distanza tra due massimi o due minimi dell'onda; si misura in metri.
- l'**energia (E)** associata alla radiazione elettromagnetica, misurata in Joule (J) è direttamente proporzionale alla frequenza dell'onda stessa attraverso la relazione:  
 $E = hf$  dove  $h$  ( $6.63 \cdot 10^{-34}$  Js) è la Costante di Planck.

5

Questi due campi, propagandosi nello spazio, oscillano in direzioni tra loro ortogonali e perpendicolari alla direzione di propagazione.

Le grandezze che caratterizzano l'andamento temporale dei campi elettromagnetici e ne determinano le proprietà anche dal punto di vista biofisico sono:

- la **frequenza (f)**, che rappresenta il numero di oscillazioni effettuate dall'onda nell'unità di tempo; si misura in Hertz.
- la **lunghezza d'onda (λ)**, che rappresenta la distanza percorsa dall'onda durante un periodo di oscillazione e corrisponde alla distanza tra due massimi o due minimi dell'onda; si misura in metri.

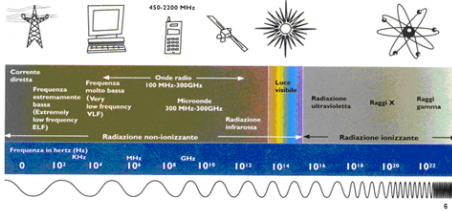
Queste due grandezze sono a loro volta legate all'energia trasportata dall'onda.

- L'energia associata alla radiazione elettromagnetica, misurata in Joule è direttamente proporzionale alla frequenza dell'onda stessa.

## 6

### Spettro Elettromagnetico

Una classificazione fondamentale dei campi elettromagnetici variabili regolarmente nel tempo è basata sulla frequenza di oscillazione. L'insieme di tutte le frequenze è chiamato spettro elettromagnetico.



6

Una classificazione fondamentale dei campi elettromagnetici variabili regolarmente nel tempo è basata sulla frequenza di oscillazione.

L'insieme di tutte le frequenze è chiamato spettro elettromagnetico.

## 7

Lo spettro delle radiazioni elettromagnetiche è suddiviso in due grandi categorie:

- **Radiazioni ionizzanti**
- **Radiazioni non ionizzanti** (o NIR).

Le radiazioni ionizzanti hanno una frequenza superiore ai  $3 \cdot 10^{15}$  Hz ed una energia superiore a circa 12 eV, sono in grado di rompere i legami molecolari e provocare fenomeni di ionizzazione della materia biologica. Da qui il nome stesso di radiazioni ionizzanti.

Le radiazioni non ionizzanti (NIR - Non Ionizing Radiations) hanno una frequenza inferiore ai  $3 \cdot 10^{15}$  Hz ed un'energia associata non in grado d'indurre ionizzazione nella materia. Si possono suddividere in radiazioni ottiche e non ottiche (CEM).

7

Lo spettro delle radiazioni elettromagnetiche è suddiviso in due grandi categorie:

- Radiazioni ionizzanti
- Radiazioni non ionizzanti (o NIR).

Le radiazioni ionizzanti hanno una frequenza superiore ai  $3 \cdot 10^{15}$  Hertz ed una energia superiore a circa 12 elettronVolt, sono in grado di rompere i legami molecolari e provocare fenomeni di ionizzazione della materia biologica.

Da qui il nome stesso di radiazioni ionizzanti.

Le radiazioni non ionizzanti (NIR) hanno una frequenza inferiore ai  $3 \cdot 10^{15}$  Hertz ed un'energia non in grado d'indurre ionizzazione nella materia.

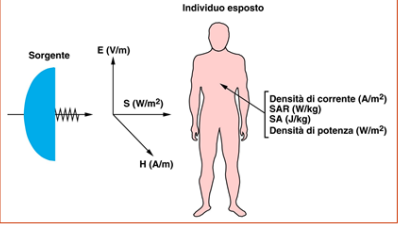
## 8

### CLASSIFICAZIONE DELLO SPETTRO ELETTROMAGNETICO - NIR

| Denominazione                      | Frequenza         | Lunghezza d'onda |                       |
|------------------------------------|-------------------|------------------|-----------------------|
| Frequenze estremamente basse (ELF) | 0 - 3 kHz         | > 100 km         | Radiazione non ottica |
| Frequenze basse (VLF - LF)         | 3 - 300 kHz       | 100 - 1 km       |                       |
| Radiofrequenze (RF)                | 300 kHz - 300 MHz | 1 km - 1 m       |                       |
| Microonde (MW)                     | 300 MHz - 300 GHz | 1 m - 1 mm       |                       |
| Infrarosso (IR)                    | 300 GHz - 385 THz | 1 - 0.78 mm      | Radiazione ottica     |
| Luce visibile (LV)                 | 385 THz - 750 THz | 780 - 400 nm     |                       |
| Ultravioletto (UV)                 | 750 - 3000 THz    | 400 - 100 nm     |                       |

8

Nello spettro elettromagnetico delle NIR si possono distinguere le radiazioni ottiche e quelle non ottiche (CEM).

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>9</b></p> <p>Le sorgenti CEM vengono suddivise in tre categorie principali nel range di frequenza 0-300 GHz :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– sorgenti di campi a bassa frequenza (fino a 300 kHz), comprendenti i campi ELF (Extremely Low Frequency – fra 0 Hz e 300 Hz) dovuti essenzialmente al sistema di produzione e distribuzione dell'energia elettrica;</li> <li>– sorgenti di campi a radio-frequenza, RF (Radio Frequency - fra i 300 kHz e i 300 MHz) dovute generalmente agli impianti di ricetrasmisione radio e tv;</li> <li>– sorgenti di campi a Micro-onde, MW (Micro Waves - fra i 300 MHz e i 300 GHz) dovute agli impianti per cellulari o ai ponti radio.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <p>Le sorgenti CEM vengono suddivise in tre categorie principali nel range di frequenza 0-300 GHz :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– sorgenti di campi a bassa frequenza, comprendenti i campi ELF, dovuti essenzialmente al sistema di produzione e distribuzione dell'energia elettrica;</li> <li>– sorgenti di campi a radio-frequenza RF, dovute generalmente agli impianti di ricetrasmisione radio e tv;</li> <li>– sorgenti di campi a microonde MW, dovute agli impianti per cellulari o ai ponti radio.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <p><b>10</b></p> <p><b>Presenza di campi elettromagnetici</b></p> <p>Negli ambienti di vita e di lavoro sono presenti tipicamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Campo elettrico statico e campo magnetico statico per lo più di origine naturale, in risonanza magnetica e in settori di ricerca</li> <li>• Campo elettrico a bassa frequenza ELF (50 Hz) dovuto alla presenza di tensione nella rete elettrica (abitazioni, aziende, ambiente)</li> <li>• Campo magnetico a bassa frequenza ELF (50 Hz) dovuto alla presenza di correnti circolanti nella rete elettrica (abitazioni, aziende, ambiente)</li> <li>• Campo elettromagnetico emesso da apparecchi funzionanti a frequenza superiore a 100 kHz (ripetitori radio e Tv, telefonia, forni a microonde, radar, sistemi anti-intrusione, telepass, etc.).</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <p>Negli ambienti di vita e di lavoro sono presenti tipicamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CAMPO ELETTRICO STATICO E CAMPO MAGNETICO STATICO per lo più di origine naturale, in risonanza magnetica e in settori di ricerca</li> <li>• CAMPO ELETTRICO A BASSA FREQUENZA ELF (50 Hz) dovuto alla presenza di tensione nella rete elettrica</li> <li>• CAMPO MAGNETICO A BASSA FREQUENZA ELF (50 Hz) dovuto alla presenza di correnti circolanti nella rete elettrica</li> <li>• CAMPO ELETTROMAGNETICO emesso da apparecchi funzionanti a frequenza superiore a 100 kHz (ripetitori radio e Tv, telefonia, forni a microonde, radar, ecc.).</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <p><b>11</b></p> <p><b>Grandezze ed unità di misura</b></p> <p>Le grandezze fisiche utilizzate per descrivere i campi elettromagnetici sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensità campo elettrico (<math>E</math>), misurata in V/m.</li> <li>• Intensità di campo magnetico (<math>H</math>), misurata in A/m.</li> <li>• Induzione magnetica (<math>B</math>), misurata in Tesla.</li> <li>• Densità di potenza di un campo elettromagnetico (<math>S</math>), misurata in <math>W/m^2</math>. <math>E'</math> data dal prodotto della componente elettrica <math>E</math> per quella magnetica <math>H</math> (<math>S=EH</math>).</li> </ul> <p>Per descrivere l'interazione dei campi elettromagnetici con i tessuti biologici:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- a basse frequenze</li> <li>• Densità di corrente (<math>J</math>) misurata in <math>A/m^2</math>. Indica la corrente elettrica che fluisce attraverso una sezione unitaria di tessuto corporeo.</li> <li>- ad alte frequenze</li> <li>• SAR, Tasso Specifico di Assorbimento (Specific Absorption Rate), espresso in <math>W/kg</math>. Rappresenta la potenza assorbita per unità di massa della materia esposta al campo.</li> </ul> | <p>Le grandezze fisiche utilizzate per descrivere i campi elettromagnetici sono:</p> <p>Intensità campo elettrico (<math>E</math>), misurata in Volt/metro.</p> <p>Intensità di campo magnetico (<math>H</math>), misurata in Ampere/metro.</p> <p>Induzione magnetica (<math>B</math>), misurata in Tesla.</p> <p>Densità di potenza di un campo elettromagnetico (<math>S</math>), misurata in <math>Watt/m^2</math>.</p> <p>Per descrivere l'interazione dei campi elettromagnetici con i tessuti biologici:</p> <p><i>a basse frequenze s'introduce:</i></p> <p>Densità di corrente (<math>J</math>) misurata in Ampère/<math>m^2</math>. Indica la corrente elettrica che fluisce attraverso una sezione unitaria di tessuto corporeo.</p> <p><i>ad alte frequenze s'introduce:</i></p> <p>SAR, <i>Tasso Specifico di Assorbimento</i>, espresso in <math>Watt/kg</math>. Rappresenta la potenza assorbita per unità di massa della materia esposta al campo.</p> |
| <p><b>12</b></p> <p><b>Dalla sorgente all'interazione</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>In figura viene riprodotto il processo d'interazione che va dalla sorgente all'individuo esposto.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

13

### Effetti dei Campi Elettromagnetici

L'interazione tra campo elettromagnetico e materia biologica si fonda su meccanismi molto complessi, che solo da poco tempo sono stati studiati.

Le normative vigenti si basano su norme tecniche e criteri protezionistici emessi dalle principali organizzazioni internazionali che coordinano anche numerose ricerche scientifiche: la [Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti \(ICNIRP\)](#) e l'[Organizzazione Mondiale della Sanità \(WHO\)](#).

Gli effetti negativi di esposizione ai CEM, accertati con maggior chiarezza sull'uomo, sono quelli che si sviluppano immediatamente dopo esposizioni intense a breve termine.

Oltre a questi, vi sono altri effetti, detti a lungo termine, che possono manifestarsi solo dopo basse esposizioni per lunghi periodi e/o dopo una lunga latenza.

13

### Effetti dei Campi Elettromagnetici

L'interazione tra campo elettromagnetico e materia biologica si fonda su meccanismi molto complessi, che solo da poco tempo sono stati studiati.

Le normative vigenti si basano su norme tecniche e criteri protezionistici emessi dalle principali organizzazioni internazionali che coordinano anche numerose ricerche scientifiche: la Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti (ICNIRP) e l'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO).

Gli effetti negativi di esposizione alle NIR, accertati con maggior chiarezza sull'uomo, sono quelli che si sviluppano immediatamente dopo esposizioni intense a breve termine.

Oltre a questi, vi sono altri effetti, detti a lungo termine, che possono manifestarsi solo dopo basse esposizioni per lunghi periodi e/o dopo una lunga latenza.

14

### Effetti biologici Effetti sanitari

Occorre tenere distinti i concetti di

- interazione
- effetto biologico
- effetto sanitario (danno)

- I campi elettromagnetici interagiscono con la materia in cui si propagano. Si parla di *interazione* con la materia biologica quando un organismo interagisce con un campo elettromagnetico perturbando così il suo equilibrio a livello molecolare.
- Gli *effetti biologici* sono risposte ad uno stimolo o ad un cambiamento ambientale.
- Il *danno alla salute* si verifica quando l'effetto biologico è al di fuori dell'intervallo in cui l'organismo può normalmente compensarlo, e ciò porta a qualche condizione di detrimento della salute.

14

### Effetti biologici ed Effetti sanitari

Occorre tenere distinti i concetti di

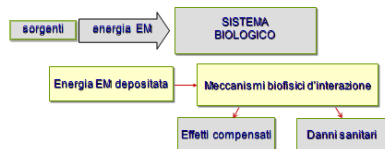
- interazione
- effetto biologico
- effetto sanitario (danno)

- Si parla di *interazione* con la materia biologica quando un organismo interagisce con un campo elettromagnetico perturbando così il suo equilibrio a livello molecolare.
- Gli *effetti biologici* sono risposte ad uno stimolo o ad un cambiamento ambientale. Queste risposte non sono necessariamente nocive per la salute, quindi non sempre si traducono in *danni*.
- Il *danno alla salute* si verifica quando l'effetto biologico è al di fuori dell'intervallo in cui l'organismo può normalmente compensarlo, e ciò porta a qualche condizione di detrimento della salute

15

**Effetto biologico:** variazioni fisiologiche in un sistema biologico

**Danno alla salute:** si verifica quando l'organismo non è in grado di compensare l'effetto biologico



Dal punto di vista della protezione si assume che variazioni dei parametri fisici che siano confrontabili con quelle associate ai normali processi fisiologici non costituiscono un danno per la salute.

15

Dal punto di vista della protezione si assume che variazioni dei parametri fisici che siano confrontabili con quelle associate ai normali processi fisiologici non costituiscono un danno per la salute.

16

### Meccanismi di interazione fisico-biologica dei CEM

Le risposte dell'organismo umano ai campi elettromagnetici dipendono in modo determinante dalla loro frequenza.

L'interazione delle radiazioni non ionizzanti con la materia è dovuto essenzialmente alla polarizzazione delle molecole del mezzo, ed al loro successivo rilassamento.

L'interazione con la radiazione comporta *fenomeni termici* dovuti all'assorbimento dell'energia dell'onda (fenomeni che possono innalzare la temperatura dei tessuti), e *fenomeni "non termici"* conseguenti al rilassamento dei dipoli indotti ed al conseguente riarrangiamento delle strutture.

16

### Meccanismi di interazione fisico-biologica dei CEM

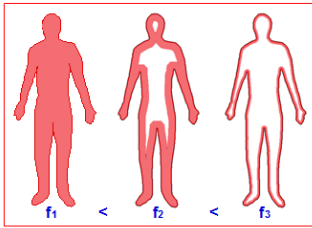
Le risposte dell'organismo umano ai campi elettromagnetici dipendono in modo determinante dalla loro frequenza.

L'interazione delle radiazioni non ionizzanti con la materia è dovuto essenzialmente alla polarizzazione delle molecole del mezzo, ed al loro successivo rilassamento.

Può dar origine a fenomeni termici, dovuti all'assorbimento dell'onda (fenomeni che possono innalzare la temperatura dei tessuti), e fenomeni "non termici" conseguenti al rilassamento dei dipoli indotti ed al conseguente riarrangiamento delle strutture.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>17</b></p> <p><b>Effetti diretti dei Campi Elettromagnetici</b></p> <p>Gli effetti dell'interazione dei campi elettrici e magnetici con i tessuti biologici si differenziano in relazione alle loro frequenze; si prendono pertanto in considerazione due differenti tipologie di campi elettromagnetici:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Campi elettromagnetici ELF (frequenze estremamente basse) e statici.</li> <li>➤ Campi elettromagnetici a radiofrequenze e microonde (10 kHz – 300 GHz).</li> </ul> <p>17</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p><b>Effetti diretti dei Campi Elettromagnetici</b></p> <p>Gli effetti dell'interazione dei campi elettrici e magnetici con i tessuti biologici si differenziano in relazione alle loro frequenze; si prendono pertanto in considerazione due differenti tipologie di campi elettromagnetici:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Campi elettromagnetici ELF (frequenze estremamente basse) e statici.</li> <li>➤ Campi elettromagnetici a radiofrequenze e microonde (10 kHz–300 GHz).</li> </ul>                                                                                                                                                                          |
| <p><b>18</b></p> <p><b>Campi elettromagnetici ELF e statici</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Per i campi a bassa frequenza l'effetto predominante è l'induzione di correnti all'interno del corpo. Il campo elettrico influenza la distribuzione delle cariche elettriche provocando un flusso di corrente che attraversa il corpo fino ad arrivare a terra. Il campo magnetico provoca circolazione di correnti all'interno del corpo. L'intensità di queste correnti è direttamente proporzionale all'intensità del campo magnetico esterno.</li> </ul> <p>In generale, nei vari ambienti di vita e di lavoro, i livelli delle correnti indotte nel corpo sono troppo bassi per dar luogo ad effetti sanitari evidenti.<br/>Se sufficientemente elevate, queste correnti possono provocare però la stimolazione di nervi e muscoli o influenzare altri processi biologici.</p> <p>18</p> | <p><b>Campi elettromagnetici ELF e statici</b></p> <p>Per i campi a bassa frequenza l'effetto predominante è l'induzione di correnti all'interno del corpo. Sia il campo elettrico che quello magnetico possono provocare circolazione di correnti all'interno del corpo. L'intensità di queste correnti è proporzionale alle intensità dei campi esterni.</p> <p>In generale, nei vari ambienti di vita e di lavoro, i livelli delle correnti indotte nel corpo sono troppo bassi per dar luogo ad effetti sanitari evidenti.<br/>Se sufficientemente elevate, queste correnti possono provocare però la stimolazione di nervi e muscoli o influenzare altri processi biologici.</p> |
| <p><b>19</b></p> <p><b>Limiti primari</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• In questo intervallo di frequenza le principali organizzazioni protezionistiche prendono in considerazione la prevenzione di effetti acuti dovuti all'induzione di correnti elettriche interne nel soggetto esposto. Ad esempio correnti indotte piuttosto intense possono produrre fibrillazione ventricolare o stimolazione dei tessuti nervosi.</li> <li>• L'ICNIRP ha determinato i limiti primari in termini di densità di correnti indotte nel corpo e nelle più recenti linee guida in termini di campo elettrico indotto in situ, più rappresentativo in quanto responsabile del meccanismo di elettrostimolazione a livello cellulare.</li> </ul> <p>19</p>                                                                                                                                                                                                                                  | <p><b>Limiti primari</b></p> <p>In questo intervallo di frequenza le principali organizzazioni protezionistiche prendono in considerazione la prevenzione di effetti acuti dovuti all'induzione di correnti elettriche interne nel soggetto esposto. Ad esempio correnti indotte piuttosto intense possono produrre fibrillazione ventricolare o stimolazione dei tessuti nervosi.</p> <p>L'ICNIRP ha determinato i limiti primari in termini di densità di correnti indotte nel corpo e nelle più recenti linee guida in termini di campo elettrico indotto in situ.</p>                                                                                                             |
| <p><b>20</b></p> <p><b>Limiti derivati</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dal momento che queste grandezze non sono direttamente misurabili, sono stati fissati dei limiti derivati in termini di intensità di esposizione a campo elettrico e a campo magnetico, direttamente misurabili in ambiente. Inoltre sono stati definiti anche i limiti per le correnti di contatto.</li> <li>• I limiti derivati (valori di azione) garantiscono, in tutte le circostanze di esposizione, il rispetto dei limiti primari. I limiti derivati sono diversi per i lavoratori professionalmente esposti e per la popolazione: per quest'ultima vengono applicati fattori cautelativi maggiori.</li> </ul> <p>20</p>                                                                                                                                                                                                                                                                     | <p><b>Limiti derivati</b></p> <p>Dal momento che queste grandezze non sono direttamente misurabili, sono stati fissati dei limiti derivati in termini di intensità di campo elettrico e campo magnetico, direttamente misurabili in ambiente.</p> <p>I limiti derivati (valori di azione) garantiscono, in tutte le circostanze di esposizione, il rispetto dei limiti primari.</p> <p>I limiti derivati sono diversi per i lavoratori professionalmente esposti e per la popolazione: per quest'ultima vengono applicati fattori cautelativi maggiori.</p>                                                                                                                           |
| <p><b>21</b></p> <p><b>Campi elettromagnetici a radiofrequenze e microonde</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• In questo intervallo di frequenza l'effetto biologico è quello dell'assorbimento di energia nel corpo umano, con conseguente aumento della temperatura corporea (effetto termico).</li> <li>• Lo spessore di penetrazione del campo elettromagnetico all'interno di un corpo è inversamente proporzionale alla frequenza: minore è la frequenza della radiazione incidente, maggiore è la capacità del campo di penetrare all'interno del corpo.</li> </ul> <p>Le linee guida per l'esposizione a campi elettromagnetici a RF e MO sono stabilite in modo tale da prevenire effetti sanitari causati da un riscaldamento localizzato o del corpo intero.</p> <p>21</p>                                                                                                       | <p><b>Campi elettromagnetici a radiofrequenze e microonde</b></p> <p>In questo intervallo di frequenza l'effetto biologico è quello dell'assorbimento di energia nel corpo umano, con conseguente aumento della temperatura corporea (effetto termico).</p> <p>Lo spessore di penetrazione del campo elettromagnetico all'interno di un corpo è inversamente proporzionale alla frequenza della radiazione incidente.</p> <p>Le linee guida per l'esposizione a campi elettromagnetici a RF e MO sono stabilite in modo tale da prevenire effetti sanitari causati da un riscaldamento localizzato o del corpo intero.</p>                                                            |

22

**Profondità di penetrazione**

Con l'aumento della frequenza diminuisce la profondità di penetrazione in quanto aumenta l'attenuazione manifestata dalla materia attraversata nei confronti dei campi incidenti.

22

Con l'aumento della frequenza diminuisce la profondità di penetrazione in quanto aumenta l'attenuazione manifestata dalla materia attraversata nei confronti dei campi incidenti.

23

**Limiti primari**

- L'assorbimento di energia viene misurato dalla grandezza SAR.
- Gli organismi scientifici affermano che non ci sono effetti termici al di sotto di 4 W/kg poiché a tali livelli di esposizione non è associato un innalzamento significativo di temperatura del corpo.
- A seconda di quanta energia viene assorbita si ottengono effetti differenziati, che possono andare dall'innalzamento della temperatura corporea di pochi gradi con la conseguente attivazione del sistema di termoregolazione dell'individuo esposto, ad effetti da stress termico, fino a vere e proprie ustioni e necrosi da radiofrequenze.

23

**Limiti primari**

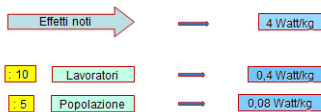
L'assorbimento di energia viene misurato dalla grandezza SAR.

Gli organismi scientifici affermano che non ci sono effetti termici al di sotto di 4 W/kg poiché a tali livelli di esposizione non è associato un innalzamento significativo di temperatura del corpo.

A seconda di quanta energia viene assorbita si ottengono effetti differenziati, che possono andare dall'innalzamento della temperatura corporea di pochi gradi con la conseguente attivazione del sistema di termoregolazione dell'individuo esposto, ad effetti di stress termico, fino a vere e proprie ustioni e necrosi da radiofrequenze.

24

- L'ICNIRP ha fissato, anche in questo caso, gli standard protezionistici a cui ogni Paese fa riferimento nella propria normativa.
- La Commissione ha diviso per un fattore di sicurezza pari a 10 il valore di 4 W/kg, fissando su questa base i limiti primari per i lavoratori (quindi 0.4 W/kg); dividendo per un ulteriore fattore di sicurezza pari a 5 viene fissato il limite primario per la popolazione (quindi 0.08 W/kg).



- Per campi tra 100 kHz e 10 MHz oltre al SAR i limiti di esposizione sono espressi anche in densità di corrente.

24

L'ICNIRP ha fissato, anche in questo caso, degli standard protezionistici. Ha definito il valore di 0.4 W/kg come limite primario per i lavoratori e 0.08 W/kg quello per la popolazione.

Per campi tra 100 kHz e 10 MHz oltre al SAR, i limiti di esposizione sono espressi anche in densità di corrente.

25

**Limiti derivati**

- Queste grandezze (SAR e densità di corrente) non sono misurabili in modo diretto. Sono state allora individuate delle grandezze fisiche misurabili (il campo elettrico ed il campo magnetico), e fissati i loro limiti derivati (valori di azione) che, se rispettati, danno la garanzia di non superare i limiti primari.
- In altri termini, alle varie frequenze sono definiti i valori limite per il campo elettrico e per il campo magnetico sia per i lavoratori che per la popolazione, in modo tale che, se rispettati, assicurano che i limiti di SAR non vengono superati e quindi non producono effetti termici dannosi.

25

**Limiti derivati**

Queste grandezze (SAR e densità di corrente) non sono misurabili in modo diretto. Sono state allora individuate delle grandezze fisiche misurabili (il campo elettrico ed il campo magnetico), e fissati i loro limiti derivati (valori di azione) che, se rispettati, danno la garanzia di non superare i limiti primari.

In altri termini, alle varie frequenze sono definiti i valori limite per il campo elettrico e per il campo magnetico sia per i lavoratori che per la popolazione, in modo tale che, se rispettati, assicurano che i limiti di SAR non vengono superati e quindi non producono effetti termici dannosi.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>26</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Effetti sanitari</b></p> <hr/> <p>Si possono distinguere due classi di effetti sanitari:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; <b>effetti certi</b></li> <li>&gt; <b>effetti ipotizzati</b></li> </ul> <p><b>Effetti Certi</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sono gli effetti acuti dovuti ad esposizione a campi di elevata intensità, che superano quindi determinati livelli (soglie). Sono immediati e oggettivi (su qualunque soggetto esposto).</li> </ul> <p>Consistono in:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- stimolazione dei tessuti muscolari e nervosi alle basse frequenze</li> <li>- riscaldamento dei tessuti alle frequenze maggiori</li> </ul> <p>Solo questa categoria di effetti viene considerata dagli attuali standard protezionistici nell'emanazione dei valori limite e dei livelli di azione, definiti dal D.Lgs.81/2008 Capo IV.</p> <p style="text-align: right;">26</p>                                                                                                                                                                                                                                                         | <p>Per riassumere, tra gli effetti sanitari possiamo definire:</p> <p><b>Gli Effetti Certi</b>, sono gli effetti acuti dovuti ad esposizione a campi di elevata intensità, che superano quindi determinati livelli. Sono immediati e oggettivi (su qualunque soggetto esposto).</p> <p>Consistono in:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- stimolazione dei tessuti muscolari e nervosi alle basse frequenze</li> <li>- riscaldamento dei tessuti alle frequenze maggiori</li> </ul> <p>Solo questa categoria di effetti viene considerata dagli attuali standard protezionistici nell'emanazione dei valori limite e dei livelli di azione, definiti dal D.Lgs.81/2008 Capo IV.</p>                                                                                                                                      |
| <p><b>27</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Effetti ipotizzati</b></p> <p style="text-align: right;"></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sono gli effetti a lungo termine, connessi ad esposizioni prolungate nel tempo a campi di intensità molto inferiore a quelli che provocano effetti acuti. Possono produrre un insieme di sintomi, più o meno soggettivi. Esistono solo alcune evidenze epidemiologiche non conclusive limitatamente alle frequenze estremamente basse (ELF). Non sono state però ancora definitivamente confermate dalla comunità scientifica.</li> </ul> <p><b>Principio di precauzione:</b> nell'attesa che vengano fornite risposte certe in merito all'effettiva pericolosità dei campi elettromagnetici di bassa intensità per i possibili effetti a lungo termine sulla salute, sembra comunque ragionevole, sulla base del "principio di precauzione", adottare le migliori tecnologie mirate alla riduzione delle emissioni elettromagnetiche indesiderate da parte di tutti gli impianti, apparecchiature elettriche ed elettroniche e sistemi per telecomunicazioni.</p> <p style="text-align: right;">27</p> | <p><b>Gli Effetti ipotizzati</b>, sono gli effetti a lungo termine, connessi ad esposizioni prolungate nel tempo a campi di bassa intensità. Possono produrre un insieme di sintomi, più o meno soggettivi. Esistono solo alcune evidenze epidemiologiche non conclusive limitatamente alle frequenze estremamente basse (ELF). Non sono state però ancora definitivamente confermate dalla comunità scientifica.</p> <p>Nell'attesa che vengano fornite risposte certe in merito all'effettiva pericolosità dei campi elettromagnetici di bassa intensità per i possibili effetti a lungo termine, sembra comunque ragionevole, sulla base del "principio di precauzione", adottare le migliori tecnologie mirate alla riduzione delle emissioni elettromagnetiche indesiderate da parte di tutti gli impianti e apparecchi.</p> |
| <p><b>28</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Effetti indiretti dei Campi Elettromagnetici</b></p> <hr/> <p>Oltre agli effetti diretti, esistono anche <b>effetti indiretti</b>. Vi sono diversi meccanismi di accoppiamento indiretto del campo elettromagnetico con i soggetti esposti che danno luogo a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- interferenza con dispositivi elettromedicali (es. pacemaker) e altri dispositivi impiantati o portati dal soggetto esposto (es. protesi metalliche);</li> <li>- rischio propulsivo di oggetti ferromagnetici all'interno di intensi campi magnetici statici;</li> <li>- innesco di elettrodetonatori</li> <li>- rischio incendio di materiali infiammabili.</li> </ul> <p>Tali effetti possono insorgere anche a valori di esposizione inferiori ai livelli d'azione.</p> <p style="text-align: right;">28</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <p><b>Effetti indiretti dei Campi Elettromagnetici</b></p> <p>Oltre agli effetti diretti, esistono anche effetti indiretti.</p> <p>Vi sono diversi meccanismi di accoppiamento indiretto del campo elettromagnetico con i soggetti esposti che danno luogo a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• interferenza con dispositivi elettromedicali (es. pacemaker) e altri dispositivi impiantati o portati dal soggetto esposto (es. protesi metalliche);</li> <li>• rischio propulsivo di oggetti ferromagnetici all'interno di intensi campi magnetici statici;</li> <li>• innesco di elettrodetonatori;</li> <li>• rischio incendio di materiali infiammabili.</li> </ul> <p>Tali effetti possono insorgere anche a valori di esposizione inferiori ai livelli d'azione.</p>                                             |
| <p><b>29</b></p> <p><b>Interferenze con pacemaker</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Per prevenire tali interferenze, i livelli di sicurezza raccomandati per i campi magnetici statici e per i campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz sono:</li> </ul> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>– campi magnetici statici: <math>B = 0.5 \text{ mT}</math></p> <p>– campi a 50 Hz: <math>E = 1 \text{ kV/m}</math>; <math>B = 100 \text{ mT}</math></p> </div> <div style="text-align: center;">  </div> <p><b>Interferenze con dispositivi e protesi metalliche</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Per quanto riguarda i potenziali rischi dovuti all'interferenza di campi magnetici statici con dispositivi o materiali ferromagnetici impiantati, le Linee Guida raccomandano il limite per l'induzione magnetica di <math>0.5 \text{ mT}</math>. Le aree a rischio devono essere indicate con specifici segnali di avvertimento.</li> </ul> <p style="text-align: right;">29</p>                                                                                                      | <p><b>Interferenze con pacemaker</b></p> <p>Per prevenire tali interferenze, sono stati raccomandati i seguenti livelli di sicurezza:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– campi magnetici statici: <math>B = 0.5 \text{ milliTesla}</math></li> <li>– campi a 50 Hz: <math>E = 1 \text{ kV/m}</math>; <math>B = 100 \text{ milliTesla}</math></li> </ul> <p><b>Interferenze con dispositivi e protesi metalliche</b></p> <p>Per quanto riguarda i potenziali rischi dovuti all'interferenza di campi magnetici statici con dispositivi o materiali ferromagnetici impiantati, le Linee Guida raccomandano il limite per l'induzione magnetica di <math>0.5 \text{ milliTesla}</math>. Le aree a rischio devono essere indicate con specifici segnali di avvertimento.</p>                                                |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>30</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Legislazione</b></p> <hr/> <p>Il D.Lgs. 81/08, in relazione agli agenti fisici, ha introdotto al Capo IV del Titolo VIII specifiche norme di tutela della salute per i lavoratori esposti a campi elettromagnetici (da 0 a 300 GHz).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Campo di applicazione</b><br/>Protezione dai rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori dovuti agli effetti nocivi a breve termine conosciuti nel corpo umano derivanti dalla circolazione di correnti indotte o dall'assorbimento di energia, e da correnti di contatto.</li> </ul> <p style="text-align: right;">30</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <p><b>Legislazione</b></p> <p>Il D.Lgs. 81/08, in relazione agli agenti fisici, ha introdotto al Capo IV del Titolo VIII specifiche norme di tutela della salute per i lavoratori esposti a campi elettromagnetici.</p> <p>Viene definito il <u>Campo di applicazione</u>:</p> <p>Protezione dai rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori dovuti agli effetti nocivi a breve termine conosciuti nel corpo umano derivanti dalla circolazione di correnti indotte o dall'assorbimento di energia, e da correnti di contatto.</p>                                                                                                                                                                                                                                         |
| <p><b>31</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Valori limite di esposizione</b><br/>Limiti all'esposizione basati direttamente sugli effetti sulla salute accertati e su considerazioni biologiche.<br/>Il rispetto di questi limiti garantisce che i lavoratori esposti ai campi siano protetti contro tutti gli effetti nocivi a breve termine per la salute conosciuti.</li> <li>• <b>Valori di azione</b><br/>Rappresentano l'entità dei parametri direttamente misurabili, espressi in termini di intensità di campo elettrico (E), intensità di campo magnetico (H), induzione magnetica (B), corrente indotta attraverso gli arti (IL) e densità di potenza (S). Il rispetto di questi valori assicura il rispetto dei pertinenti valori limite di esposizione.<br/>Il superamento dei valori di azione determina l'obbligo di adottare una o più delle misure specificate nel provvedimento.</li> </ul> <p style="text-align: right;">31</p>                   | <p><u>Valori limite di esposizione</u></p> <p>Limiti all'esposizione basati direttamente sugli effetti sulla salute accertati. Il rispetto di questi limiti garantisce che i lavoratori esposti ai campi siano protetti contro tutti gli effetti nocivi a breve termine conosciuti.</p> <p><u>Valori di azione</u></p> <p>Rappresentano l'entità dei parametri direttamente misurabili, espressi in termini di intensità di campo elettrico, intensità di campo magnetico, induzione magnetica, corrente indotta attraverso gli arti e densità di potenza. Il rispetto di questi valori assicura il rispetto dei pertinenti valori limite di esposizione.</p> <p>Il superamento dei valori di azione determina l'obbligo di adottare le misure specificate nel provvedimento.</p> |
| <p><b>32</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nel decreto vengono definiti gli obblighi del datore di lavoro relativamente alla valutazione del rischio. Deve valutare e, quando necessario, misurare o calcolare i livelli dei campi elettromagnetici ai quali sono esposti i lavoratori, sulla base anche delle norme europee CENELEC.</li> <li>• I livelli d'azione prescritti dal decreto sono stati fissati al fine di prevenire gli effetti noti dell'esposizione, su soggetti sani.<br/>L'esposizione a campi elettromagnetici di entità inferiore al valore d'azione può comportare comunque problemi per persone portatrici di stimolatori cardiaci, impianti ferromagnetici e dispositivi medicali impiantati, che non sono protetti dai livelli d'azione, come espressamente richiamato dalla normativa.</li> </ul> <p style="text-align: right;">32</p>                                                                                                      | <p>Nel decreto vengono definiti gli obblighi del datore di lavoro relativamente alla valutazione del rischio. Deve valutare e, quando necessario, misurare o calcolare i livelli dei campi elettromagnetici ai quali sono esposti i lavoratori. I livelli d'azione prescritti dal decreto sono stati fissati al fine di prevenire gli effetti noti dell'esposizione, su soggetti sani.</p> <p>L'esposizione a campi elettromagnetici di entità inferiore al valore d'azione può comportare comunque problemi per persone portatrici di stimolatori cardiaci, impianti ferromagnetici e dispositivi medicali impiantati, che non sono protetti dai livelli d'azione, come espressamente richiamato dalla normativa.</p>                                                            |
| <p><b>33</b></p> <p>Esempi di sorgenti di campo elettromagnetico che richiedono una valutazione approfondita:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• tutte le installazioni elettriche con correnti superiori a 100 A;</li> <li>• forni e riscaldatori a induzione;</li> <li>• saldatori elettrici;</li> <li>• magnetizzatori e smagnetizzatori industriali;</li> <li>• apparati industriali di essiccazione e riscaldamento a microonde;</li> <li>• stazioni radio base se il lavoratore può avvicinarsi in prossimità delle antenne;</li> <li>• elettrodotti e cabine di trasformazione;</li> <li>• apparecchi elettromedicali per applicazioni con radiazioni elettromagnetiche o di corrente (stimolatori magnetici transcranici, apparati per magnetoterapia, tomografi RMN);</li> <li>• diatermia, apparecchi elettromedicali che utilizzano sorgenti RF con potenza media emessa elevata (&gt;100 mW).</li> <li>• .....</li> </ul> <p style="text-align: right;">33</p> | <p>Si riportano alcuni esempi di sorgenti di campo elettromagnetico che richiedono una valutazione approfondita.</p> <p>Sono apparecchiature presenti in diversi campi, industriale, telecomunicazioni, medico-sanitario, ecc.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>34</b></p> <p><b>Misure di prevenzione e protezione</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>Hanno lo scopo di:             <ol style="list-style-type: none"> <li>prevenire il superamento dei valori limite di esposizione per i lavoratori professionalmente esposti;</li> <li>prevenire il superamento dei livelli di riferimento ICNIRP per la popolazione nel caso di soggetti con controindicazioni;</li> <li>ridurre l'esposizione a valori minimi tecnicamente ottenibili.</li> </ol> </li> <li>In nessun caso i lavoratori devono essere esposti a valori superiori ai valori limite di esposizione.</li> </ul> <p>34</p>                                                                                                                                                                                     | <p><b>Le Misure di prevenzione e protezione</b> hanno lo scopo di:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>prevenire il superamento dei valori limite di esposizione per i lavoratori professionalmente esposti;</li> <li>prevenire il superamento dei livelli di riferimento per la popolazione nel caso di soggetti con controindicazioni;</li> <li>ridurre l'esposizione a valori minimi tecnicamente ottenibili.</li> </ol> <p>In nessun caso i lavoratori devono essere esposti a valori superiori ai valori limite di esposizione.</p>                                                                       |
| <p><b>35</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Il datore di lavoro deve prevenire esposizioni superiori ai valori limite mediante l'adozione di opportuni provvedimenti:             <ul style="list-style-type: none"> <li>Metodi di lavoro che implicano una minore esposizione ai campi elettromagnetici;</li> <li>Scelta di attrezzature che emettano campi elettromagnetici di intensità inferiore;</li> <li>Misure tecniche per ridurre l'emissione dei campi elettromagnetici, come ad es. l'uso di dispositivi di sicurezza, schermature, etc.;</li> <li>Programmi appropriati di manutenzione delle attrezzature di lavoro;</li> <li>Progettazione adeguata della struttura dei luoghi e delle postazioni di lavoro;</li> <li>Limitazione della durata e dell'intensità dell'esposizione;</li> <li>Disponibilità di adeguati dispositivi di protezione individuale</li> </ul> </li> </ul> <p>35</p> | <p>Il datore di lavoro deve prevenire esposizioni superiori ai valori limite mediante l'adozione di opportuni provvedimenti, tra i quali</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Metodi di lavoro e scelta di attrezzature che implicano una minore esposizione ai campi elettromagnetici;</li> <li>✓ Misure tecniche per ridurre l'emissione;</li> <li>✓ Manutenzione delle attrezzature di lavoro;</li> <li>✓ Durata limitata dell'esposizione;</li> <li>✓ Dispositivi di protezione individuale</li> <li>✓ .....</li> </ul>                                                                                   |
| <p><b>36</b></p> <p><b>Misure di tutela organizzative e procedurali</b></p> <p>Le misure di tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori dal punto di vista organizzativo e procedurale si realizzano mediante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Acquisto e installazione di nuovi macchinari</li> <li>Delimitazione delle aree</li> <li>Formazione del personale</li> <li>Sorveglianza sanitaria</li> </ol>  <p>36</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <p>Le misure di tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori dal punto di vista organizzativo e procedurale si possono realizzare mediante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Acquisto e installazione di nuovi macchinari</li> <li>Delimitazione delle aree</li> <li>Formazione del personale</li> <li>Sorveglianza sanitaria</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <p><b>37</b></p> <p><b>Acquisto e installazione di nuovi macchinari</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>L'acquisto di macchinari marcati CE consente di valutare preventivamente il livello di emissione prodotto dall'apparecchiatura ed orientare la scelta verso apparecchiature a ridotte emissioni.</li> <li>Gli apparati emettitori CEM superiori ai livelli di riferimento per la popolazione devono essere installati in aree di lavoro adibite ad uso esclusivo e ad idonea distanza dalle altre aree di lavoro.</li> <li>In prossimità delle sorgenti non devono venir posizionati oggetti metallici di qualsiasi tipo ed apparecchiature elettriche.</li> </ul> <p>37</p>                                                                                                                                                                                                                       | <p><b>Acquisto e installazione di nuovi macchinari</b></p> <p>L'acquisto di macchinari marcati CE consente di valutare preventivamente il livello di emissione prodotto dall'apparecchiatura ed orientare la scelta verso apparecchiature a ridotte emissioni.</p> <p>Gli apparati emettitori CEM superiori ai livelli di riferimento per la popolazione devono essere installati in aree di lavoro adibite ad uso esclusivo e ad idonea distanza dalle altre aree di lavoro.</p> <p>In prossimità delle sorgenti non devono venir posizionati oggetti metallici di qualsiasi tipo ed apparecchiature elettriche.</p> |
| <p><b>38</b></p> <p><b>Delimitazione delle aree</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Le aree di lavoro ove i valori di esposizione possono risultare superiori ai livelli di riferimento per la popolazione devono essere delimitate e segnalate con specifici cartelli. L'accesso a tali aree andrà consentito solo a personale autorizzato.</li> </ul>  <p>38</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <p><b>Delimitazione delle aree</b></p> <p>Le aree di lavoro ove i valori di esposizione possono risultare superiori ai livelli di riferimento per la popolazione devono essere delimitate e segnalate con specifici cartelli. L'accesso a tali aree andrà consentito solo a personale autorizzato.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>39</b></p> <p><b>Formazione</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Il personale deve essere formato sulle norme interne di protezione e sicurezza e sulla necessità di limitare la permanenza nelle aree a rischio.</li> <li>Il personale deve essere formato in particolare sui seguenti elementi: <ul style="list-style-type: none"> <li>controindicazioni personali all'esposizione ai CEM;</li> <li>comportamenti da adottare in prossimità dei macchinari, in particolare il divieto di introdurre oggetti metallici ed apparecchiature elettriche all'interno dell'area.</li> </ul> </li> </ul> <p>39</p>                                                                | <p><b>Formazione</b></p> <p>Il personale deve essere formato sulle norme interne di protezione e sicurezza e sulla necessità di limitare la permanenza nelle aree a rischio.</p> <p>Il personale deve essere formato in particolare sui seguenti elementi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>controindicazioni personali all'esposizione ai CEM;</li> <li>comportamenti da adottare in prossimità dei macchinari, in particolare il divieto di introdurre oggetti metallici ed apparecchiature elettriche all'interno dell'area.</li> </ul> |
| <p><b>40</b></p> <p><b>Sorveglianza Sanitaria</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Secondo il D.Lgs 81/2008, la sorveglianza sanitaria viene effettuata periodicamente, di norma una volta l'anno o con periodicità inferiore decisa dal medico competente con particolare riguardo ai lavoratori particolarmente sensibili al rischio (donne in stato di gravidanza, minori, ecc.) tenuto conto dei risultati della valutazione dei rischi.</li> <li>Devono essere tempestivamente sottoposti a controllo medico i lavoratori per i quali è stata rilevata un'esposizione superiore ai valori di azione stabiliti nel Titolo VIII capo IV del D.Lgs.81/2008.</li> </ul> <p>40</p> | <p><b>Sorveglianza Sanitaria</b></p> <p>Secondo il D.Lgs 81/2008, la sorveglianza sanitaria viene effettuata periodicamente, di norma una volta l'anno, dal medico competente con particolare riguardo ai lavoratori particolarmente sensibili al rischio (donne in stato di gravidanza, minori, ecc.) tenuto conto dei risultati della valutazione dei rischi.</p> <p>Devono essere tempestivamente sottoposti a controllo medico i lavoratori per i quali è stata rilevata un'esposizione superiore ai valori di azione stabiliti nel decreto.</p> |
| <p><b>41</b></p>  <p>39</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <p><b><i>Grazie per l'attenzione.</i></b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |