



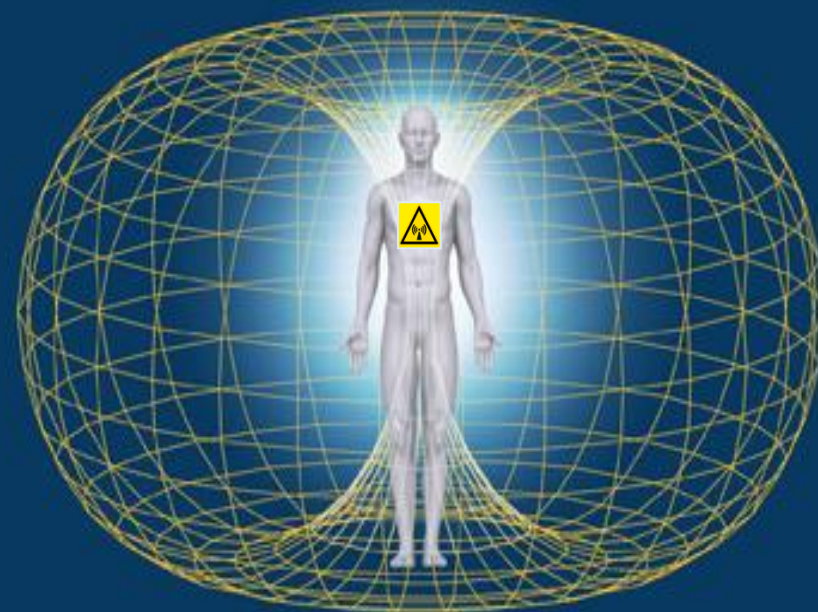
Metodologia semi-quantitativa di valutazione del rischio campi elettromagnetici nei luoghi di lavoro

Vanni Lopresto – Primo Ricercatore ENEA

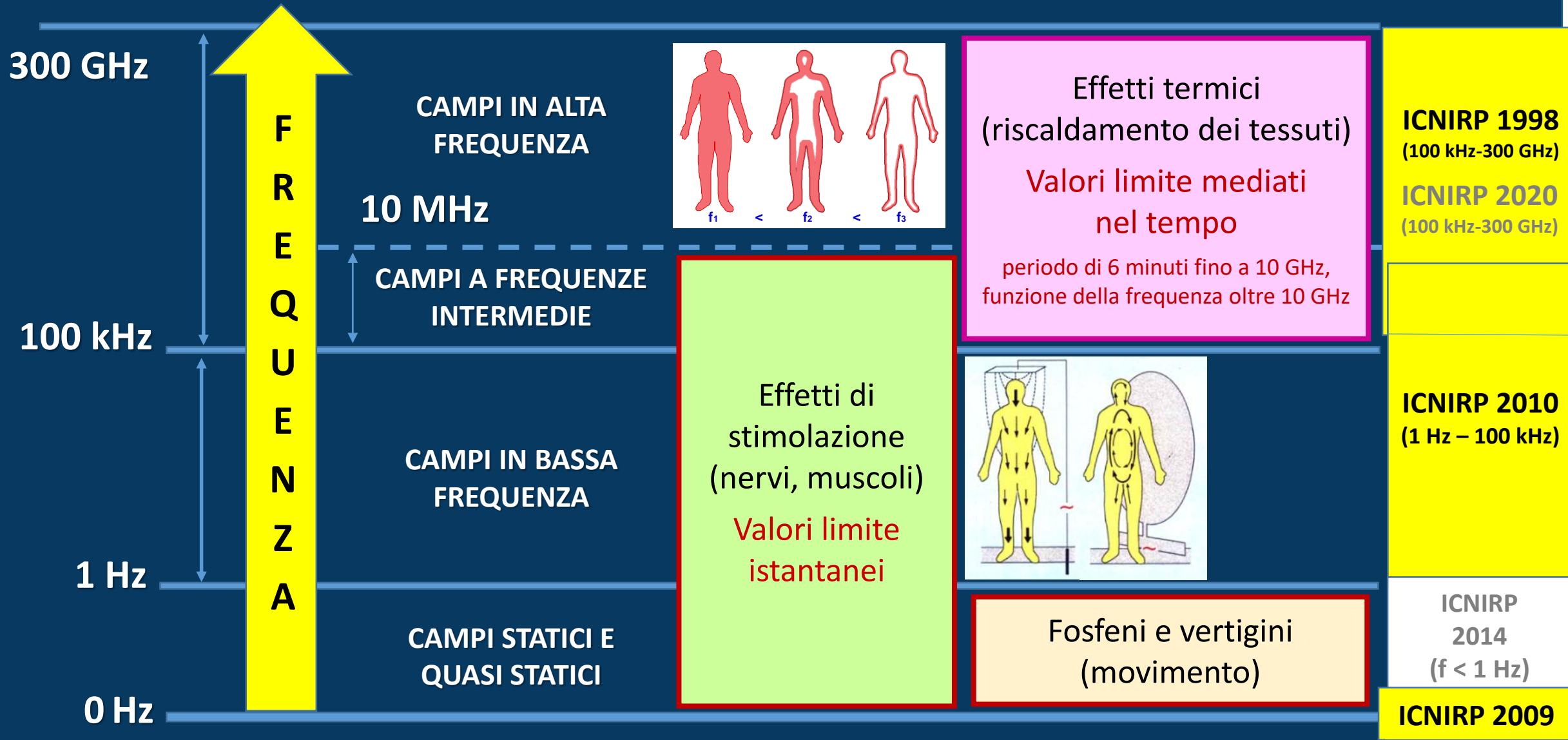
Laura Filosa – Ingegnere INAIL

Sommario






- ❖ Effetti biofisici dell'esposizione a CEM
- ❖ Quadro normativo di riferimento
- ❖ Valutazione e gestione del rischio CEM
- ❖ Matrice di valutazione del rischio CEM
- ❖ Conclusioni



Effetti biofisici diretti dei CEM



Effetti biofisici indiretti

-  **Interferenza del campo con *dispositivi medici attivi*** (stimolatori cardiaci e defibrillatori, pompe per l'infusione di farmaci, ecc.)
-  **Interferenza del campo con *dispositivi medici passivi*** (protesi metalliche, clip chirurgiche, ecc.) ed ***elementi metallici inclusi nel corpo*** (schegge, piercing, tatuaggi con pigmenti metallici, ecc.)
-  **Rischio propulsivo di oggetti ferromagnetici** all'interno di campi magnetici statici di elevata intensità (> 100 mT)
-  **Scariche elettriche e correnti di contatto attraverso gli arti** determinate dal contatto con un oggetto conduttore a un potenziale diverso dal corpo all'interno di un campo elettromagnetico
-  **Innesco di dispositivi elettro-esplosivi (detonatori), incendi ed esplosioni** dovuti all'accensione di materiali infiammabili a causa di scintille prodotte da campi indotti, correnti di contatto o scariche elettriche

➤ **Le soglie degli effetti indiretti sono solitamente inferiori rispetto a quelle degli effetti diretti!**

Effetti dell'esposizione a CEM e rischi per la salute e la sicurezza

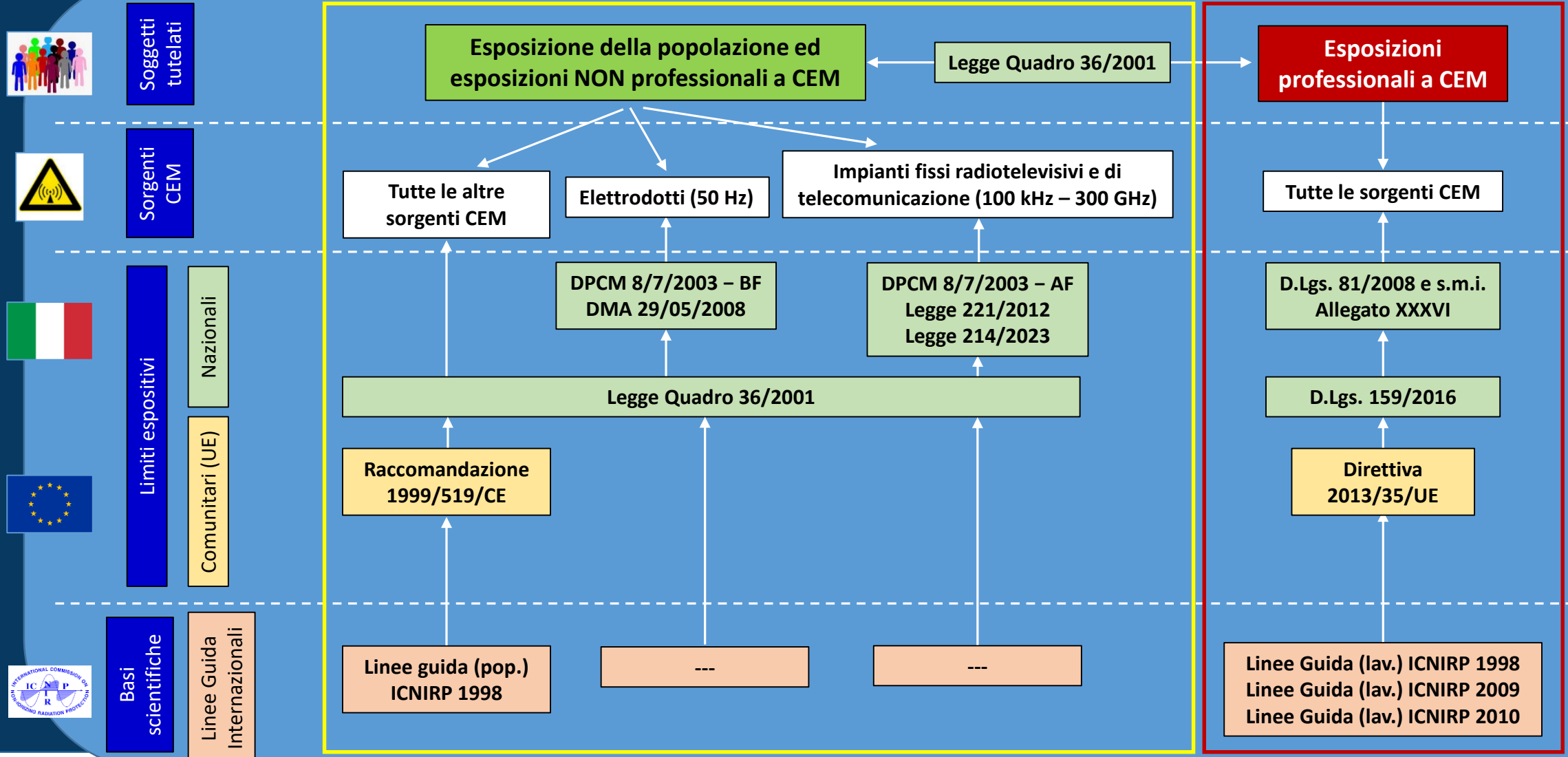


Effetti acuti!

Misure di prevenzione e protezione



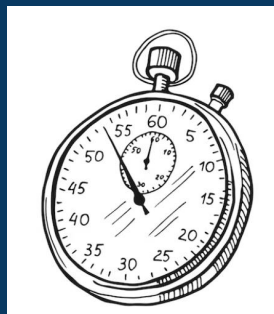
Quadro normativo di riferimento



Processo di valutazione del rischio CEM



METODOLOGIA SEMI-QUANTITATIVA PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO



1. Quando la applico ?



2. Come ?

Processo di valutazione del rischio CEM



CENSIMENTO SORGENTI CEM



SORGENTI GIUSTIFICABILI?

VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE

VALUTAZIONE DEL RISCHIO CONCLUSA?

NO

- Particolarmente sensibili al rischio
- Effetti indiretti

Processo di valutazione del rischio CEM



CENSIMENTO SORGENTI CEM



SORGENTI GIUSTIFICABILI?

VALUTAZIONE DEL RISCHIO CONCLUSA?

NO

- Particolarmente sensibili al rischio
- Effetti indiretti

VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE



1. Fabbricante
2. Letteratura
3. Misurazioni e/o calcoli

Fabbricante

Direttiva Macchine 2006/42/CE

D.Lgs.17 / 2010

ALLEGATO I - RES
1.5.10 RADIAZIONI



Valutazione e riduzione del rischio da parte del fabbricante

| Categoria | Restrizione e protezione | Informazione e formazione |
|-----------|--|---------------------------------|
| 0 | Nessuna restrizione | Nessuna informazione necessaria |
| 1 | Possono essere necessarie la limitazione dell'accesso e misure di protezione | |
| 2 | Restrizioni speciali e misure di protezione sono essenziali | |

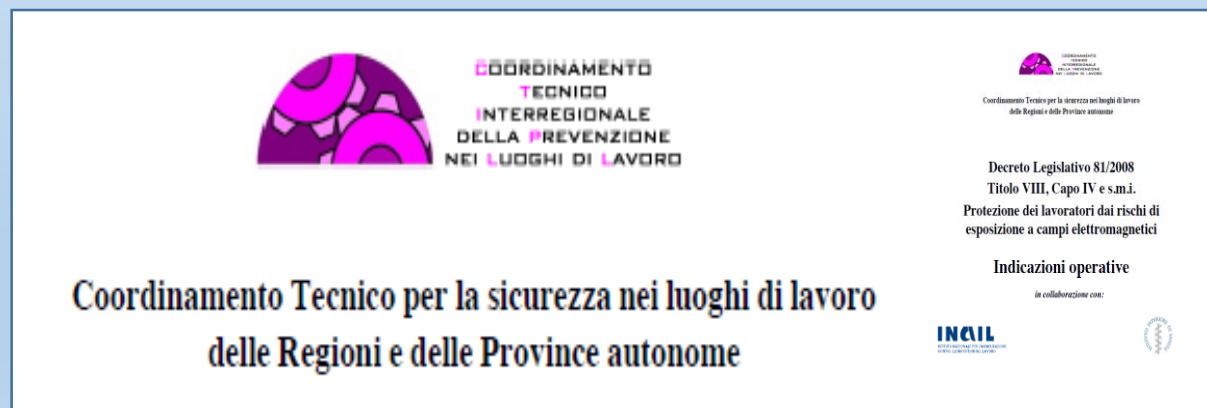
Letteratura scientifica

1. Valutazione e/o risultati pubblicati su articoli accreditati
2. Banche dati - PAF
3. Pubblicazioni tecniche qualificate
4. Linee Guida di Enti di riconosciuta competenza e serietà



CEI 106-45
GUIDA CEM

Guida alla valutazione dell'esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) fra 0 Hz e 300 GHz nei luoghi di lavoro



Modelli numerici del corpo umano

- ϵ (tipo di tessuto, frequenza)
- σ (tipo di tessuto, frequenza)
- ρ (tipo di tessuto)
- μ (costante)

CEI EN 62226-3-1 CEI EN 62226-2-1

Norma Italiana

CEI EN 62226-3-1

La seguente Norma è identica a: EN 62226-3-1:2007-09.

| Data Pubblicazione | Edizione |
|--------------------|-----------|
| 2008-09 | Prima |
| Classificazione | Fascicolo |
| 106-18 | 9475 |

Titolo

Esposizione ai campi elettrici e magnetici nell'intervallo delle frequenze basse e intermedie - Metodi di calcolo della densità di corrente e del campo elettrico interno indotti nel corpo umano
Parte 3-1: Esposizione ai campi elettrici - Modelli analitici e numerici 2D

Norma Italiana

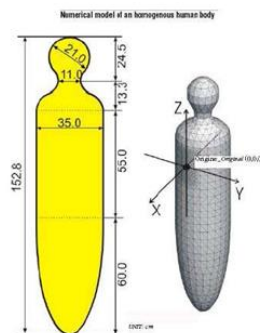
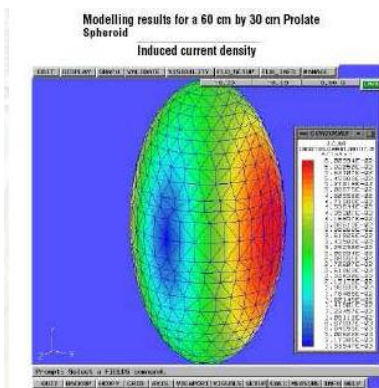
CEI EN 62226-2-1

La seguente Norma è identica a: EN 62226-2-1:2005-01.

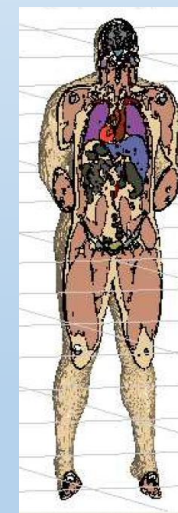
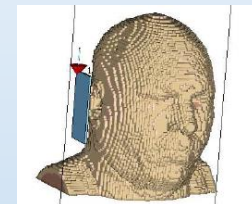
| Data Pubblicazione | Edizione |
|--------------------|-----------|
| 2005-07 | Prima |
| Classificazione | Fascicolo |
| 106-9 | 7726 E |

Titolo

Esposizione ai campi elettrici e magnetici nell'intervallo delle frequenze basse e intermedie - Metodi di calcolo della densità di corrente e del campo elettrico interno indotti nel corpo umano
Parte 2-1: Esposizione ai campi magnetici - Modelli 2D

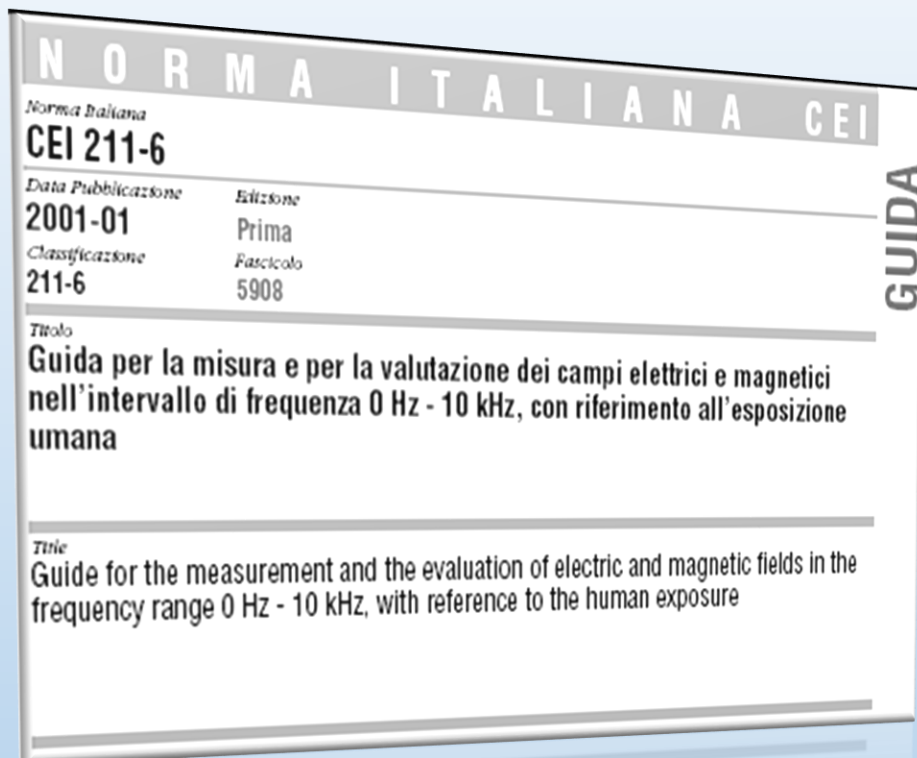


Dosimetria sperimentale



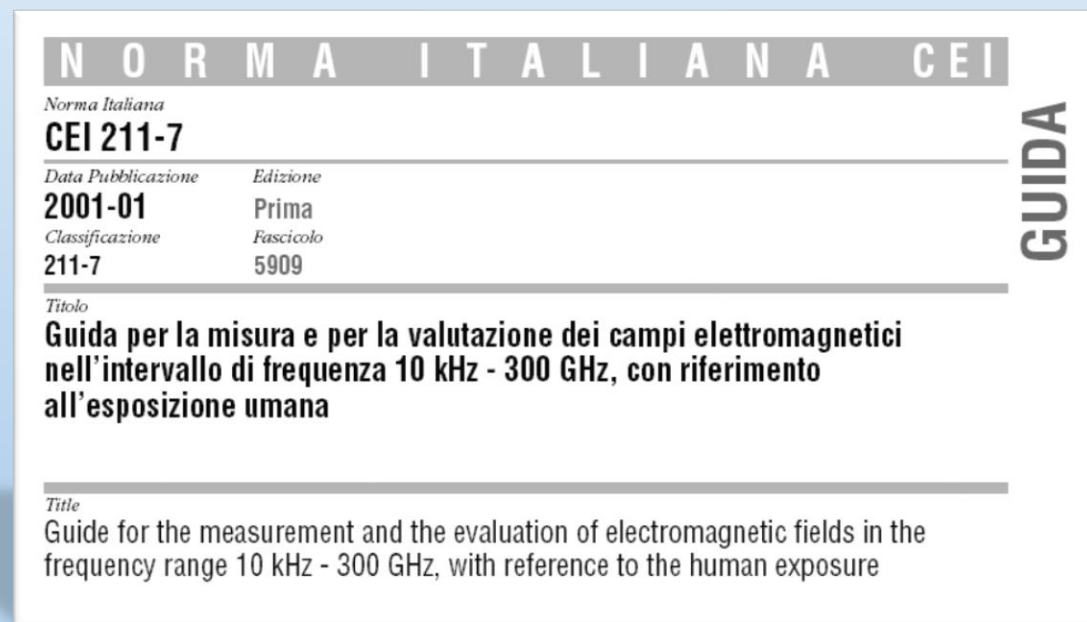
CEI 211 – 6

0 Hz – 10 kHz



CEI 211 – 7

10 kHz – 300 GHz





ZONIZZAZIONE

Zona 0: è la zona all'interno della quale i livelli di esposizione rispettano i limiti per la **popolazione**

Zona 1: è la zona in cui i livelli di esposizione rispettano i limiti **occupazionali**.

Zona 2: è la zona in cui l'esposizione supera i limiti occupazionali per le esposizioni



SORGENTE

Libero accesso a popolazione e lavoratori (eventuali restrizioni per portatori di rischi specifici)

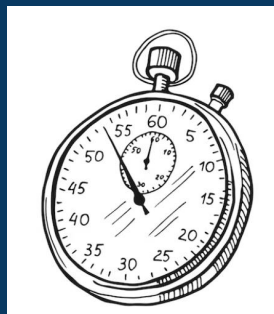
← Distanza di rispetto riferita ai limiti per la popolazione

Accesso consentito solo a lavoratori esposti per motivi professionali (non portatori di rischi specifici)

← Distanza di rispetto riferita ai limiti occupazionali

Accesso interdetto a chiunque (fatte salve le deroghe previste o interventi correttivi)

METODOLOGIA SEMI-QUANTITATIVA PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO



1. Quando la applico ?



2. Come ?

Metodologia semi-quantitativa di valutazione del rischio CEM

$$R = D \times P \times K$$



| | | | | |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| Pr 4 Elevata | 4 | 8 | 12 | 16 |
| 3 Medio alta | 3 | 6 | 9 | 12 |
| 2 Medio bassa | 2 | 4 | 6 | 8 |
| 1 Bassissima | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | 1 Trascurabile | 2 Modesta | 3 Notevole | 4 Ingente |

M



Laura Filosa & Vanni Lopresto
*International Journal of Occupational
 Safety and Ergonomics (2022)*



| ESITI | Livelli di esposizione | Gravità | Indice di gravità D | D |
|--------------|-------------------------------|--------------------|----------------------------|----------|
| | | Lieve | 1 | |
| | | Moderato | 2 | |
| | | Grave | 3 | |
| | | Molto Grave | 4 | |

| P | Definizioni e criteri | Giudizio | Indice di probabilità P |
|----------|------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| | | Improbabile | 1 |
| | | Possibile | 2 |
| | | Probabile | 3 |
| | | Molto Probabile | 4 |




| ESITI | Livelli di esposizione | Gravità | Indice di gravità D | D |
|--------------|-------------------------------|--------------------|----------------------------|----------|
| | | Lieve | 1 | |
| | | Moderato | 2 | |
| | | Grave | 3 | |
| | | Molto Grave | 4 | |

| ESITI | Livelli di esposizione | Gravità | D |
|--|--|--------------|----------|
| Vertigini – nausea Fosfeni | > VLE sens induzione magnetica esterna (0 Hz) > VA inf di induzione magnetica (fino 400 Hz) | Lieve | 1 |
| Piccole scariche elettriche | > VA inf di campo elettrico | | |
| Disturbi uditivi da MO | > VLE sens (effetti termici) | | |
| Formicolio per lieve stimolazione nervosa | > VA superiori | | |
| Sensazione di calore superficiale | > VA effetti termici | | |

| ESITI | Livelli di esposizione | Gravità | D |
|--|---------------------------------|----------|---|
| Moderata stimolazione nervosa con contrazione muscolare | > VLE san (effetti non termici) | Moderata | 2 |
| Percezione di calore, sudorazione per moderato aumento della temperatura dei tessuti | > VLE san (effetti termici) | | |

| ESITI | Livelli di esposizione | Gravità | D |
|--|--|---------------------|-----------------|
| <p>Propulsione di oggetti ferromagnetici in campi magnetici statici</p> | <p>> VA propulsivo (sorgenti CMS > 100 mT)</p> | <p>Grave</p> | <p>3</p> |
| <p>Interferenza con dispositivi medici impiantabili o indossabili</p> | <p>> LR popolazione > VA interferenza DMIA (CMS > 0,5 mT)</p> | | |
| <p>Contrazione dei muscoli, aritmia cardiaca</p> | <p>» VLE sanitari (effetti non termici)</p> | | |
| <p>Aumento considerevole della temperatura dei tessuti, stress termico, ustioni</p> | <p>» VLE sanitari (effetti termici)</p> | | |

| ESITI | Livelli di esposizione | Gravità | D |
|--|--|--------------------|----------|
| <p>Accensione di atmosfere infiammabili Innesco detonatori</p>  | <p>> VA inf campo elettrico (scariche elettriche)</p> | <p>Molto grave</p> | <p>4</p> |



| ESITI | Livelli di esposizione | Gravità | Indice di gravità D | D |
|--------------|-------------------------------|--------------------|----------------------------|----------|
| | | Lieve | 1 | |
| | | Moderato | 2 | |
| | | Grave | 3 | |
| | | Molto Grave | 4 | |



P

| Definizioni e criteri | Giudizio | Indice di probabilità P |
|------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| | Improbabile | 1 |
| | Possibile | 2 |
| | Probabile | 3 |
| | Molto Probabile | 4 |

| Definizioni e criteri | Giudizio | P |
|--|--|-----------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • la mancanza rilevata potrebbe provocare un danno per la concomitanza di più eventi improbabili e indipendenti; • non sono noti episodi già verificatisi; • il verificarsi del danno ipotizzato susciterebbe incredulità. | <p>Improbabile</p> | <p>1</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • la mancanza rilevata può provocare un danno solo in circostanze sfortunate di eventi; • sono noti solo rarissimi episodi già verificatisi; • il verificarsi del danno ipotizzato susciterebbe grande sorpresa. | <p>Possibile (poco probabile)</p> | <p>2</p> |

| Definizioni e criteri | Giudizio | P |
|---|-------------------------------|-----------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • la mancanza rilevata può provocare un danno anche se non in modo automatico o diretto; • Già noto, all'interno dell'unità produttiva, qualche episodio in cui alla mancanza rilevata ha fatto seguito un danno; • il verificarsi del danno ipotizzato susciterebbe una moderata sorpresa. | <p>Probabile</p> | <p>3</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Esiste una correlazione diretta tra la mancanza rilevata ed il verificarsi del danno ipotizzato per i lavoratori; • Si sono già verificati danni per la stessa mancanza rilevata in situazioni simili; • il verificarsi del danno alla mancanza rilevata non susciterebbe alcun stupore (l'evento sarebbe largamente atteso). | <p>Molto probabile</p> | <p>4</p> |

Matrice di valutazione del rischio CEM

| Gravità (D) | Probabilità (P) | | | |
|-------------|-----------------|---|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| 3 | 3 | 6 | 9 | 12 |
| 4 | 4 | 8 | 12 | 16 |

$$R = D \times P \times K$$



La matrice può essere adattata/modificata in base al luogo di lavoro / procedure lavorative

| Livello di rischio | Livello di tollerabilità | Priorità di intervento |
|--------------------|-----------------------------------|------------------------|
| $R > 8$ | Rischio inaccettabile | P1 |
| $4 < R \leq 8$ | Rischio intollerabile | P2 |
| $2 \leq R \leq 4$ | Rischio tollerabile | P3 |
| $R = 1$ | Rischio accettabile (irrilevante) | P4 |

| Livello di tollerabilità | Livello di priorità di intervento | R |
|---|--|----------------------|
| <p>Rischio inaccettabile</p> <p>Rischio che vieta di effettuare il lavoro Occorre isolare la fonte di rischio dai lavoratori; se tecnicamente non fattibile, prima di esporre i lavoratori al rischio individuato bisogna attuare immediatamente interventi sostitutivi, effettuare un'adeguata formazione ai lavoratori esposti e limitare, in ogni caso, il tempo di esposizione.</p> | <p>Priorità P1</p> <p>Le azioni correttive sono indilazionabili e devono essere attuate immediatamente.</p> | <p>> 8</p> |

Livello di tollerabilità

**Livello di priorità
di intervento**

R

Rischio non tollerabile

Sono necessarie azioni correttive per ridurre il rischio al livello minimo ragionevolmente ottenibile.

L'intervento di risanamento è da eseguirsi a breve termine, ponendo in atto nel frattempo interventi sostitutivi per ridurre temporaneamente il rischio presente e verificando periodicamente sia la formazione dei lavoratori esposti sia l'attuazione e l'efficacia dei provvedimenti sostitutivi

Priorità P2

Le azioni correttive sono da programmare e attuare con urgenza.

(Il DL deve definire un arco temporale congruo misurabile)

4 < R ≤ 8

Livello di tollerabilità

**Livello di priorità
di intervento**

R

Rischio tollerabile

Rischio che può essere accettato a condizione di applicare misure per la riduzione del rischio stesso, al fine di ridurlo al livello minimo ragionevolmente ottenibile.

Le azioni correttive e/o migliorative sono da attuare nel breve-medio termine verificando periodicamente sia la formazione dei lavoratori esposti sia l'attuazione e l'efficacia dei provvedimenti.

Priorità P3

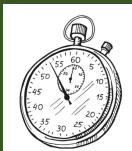
Le azioni correttive e/o migliorative sono da programmare e attuare nel breve-medio termine.

(Il DL deve definire un arco temporale congruo misurabile)

$2 < R \leq 4$

| Livello di tollerabilità | Livello di priorità di intervento | R |
|---|--|---------------------|
| <p>Rischio accettabile (irrilevante)</p> <p>Rischio con il quale si convive. Rischio irrilevante, o per le caratteristiche proprie o in seguito all'applicazione delle misure di prevenzione.</p> <p>Programmazione di eventuali interventi di miglioramento a medio-lungo periodo. E' richiesto il monitoraggio per assicurare che siano mantenuti i controlli.</p> | <p>Priorità P4</p> <p>Le azioni migliorative sono da programmare e attuare nel medio-lungo termine. (Il DL deve definire un arco temporale congruo misurabile)</p> | <p>R = 1</p> |

METODOLOGIA SEMI-QUANTITATIVA PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO




Quando la applico ?



Come ?

CONCLUSIONI

- **MATRICE BIDIMENSIONALE**
- **INDICI SPECIFICI** 
- **DEFINIZIONE PRIORITA' E INTERVENTI DA PORRE IN ATTO**
- **UTILE NEI CASI DI DEROGHE**

Per chi volesse approfondire...



International Journal of Occupational Safety and Ergonomics

ISSN: (Print) (Online) Journal homepage: <https://www.tandfonline.com/loi/tose20>

Semi-quantitative methodology to assess health and safety risks arising from exposure to electromagnetic fields up to 300 GHz in workplaces according to Italian regulations

Laura Filosa & Vanni Lopresto

To cite this article: Laura Filosa & Vanni Lopresto (2022): Semi-quantitative methodology to assess health and safety risks arising from exposure to electromagnetic fields up to 300 GHz in workplaces according to Italian regulations, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, DOI: [10.1080/10803548.2022.2077511](https://doi.org/10.1080/10803548.2022.2077511)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/10803548.2022.2077511>

 Published online: 11 Jun 2022.

Grazie dell'attenzione!

vanni.lopresto@enea.it

l.filosa@inail.it

