

CAMPI ELETTROMAGNETICI

il Nuovo Capo IV del Titolo
VIII Agenti Fisici del D.Lgs.
81/08

Saronno, 25 Ottobre

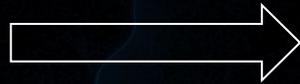
A.Giardina

Lo spettro elettromagnetico



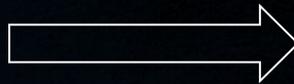
Radiazioni

Ionizzanti (IR)

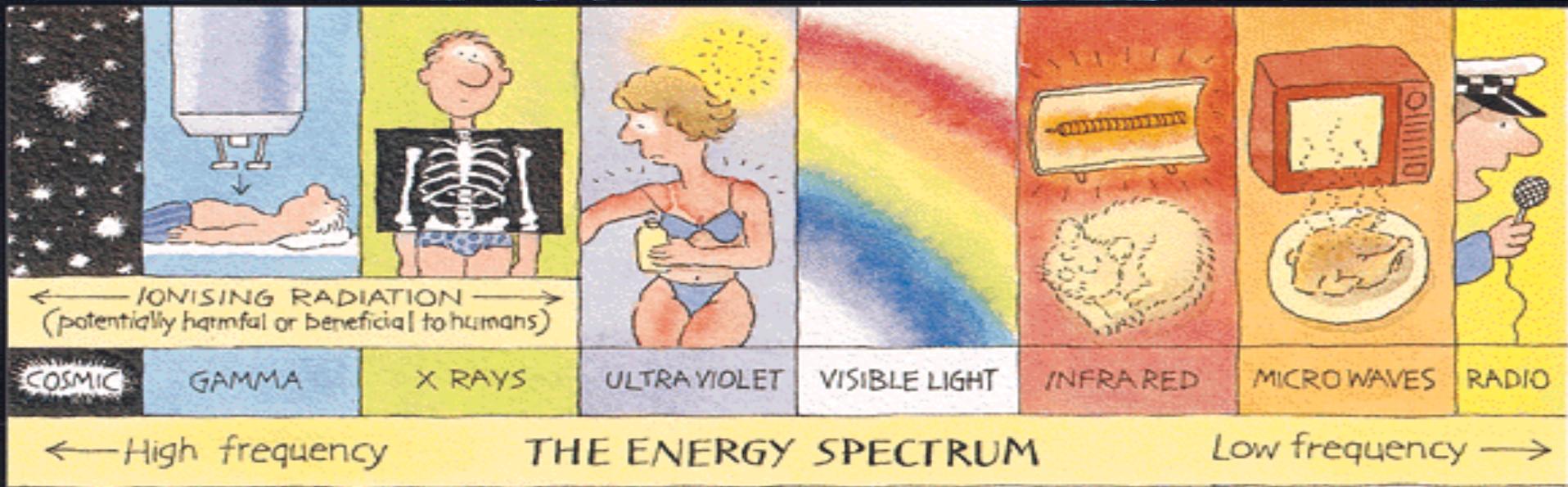


X, Gamma

Non Ionizzanti (NIR)



Ottica ($300\text{GHz}-3 \cdot 10^4\text{THz}$)
Non Ottica ($0\text{ Hz}-300\text{ GHz}$)



R. Ottica- radiazioni ultraviolette, la luce visibile e la radiazione infrarossa

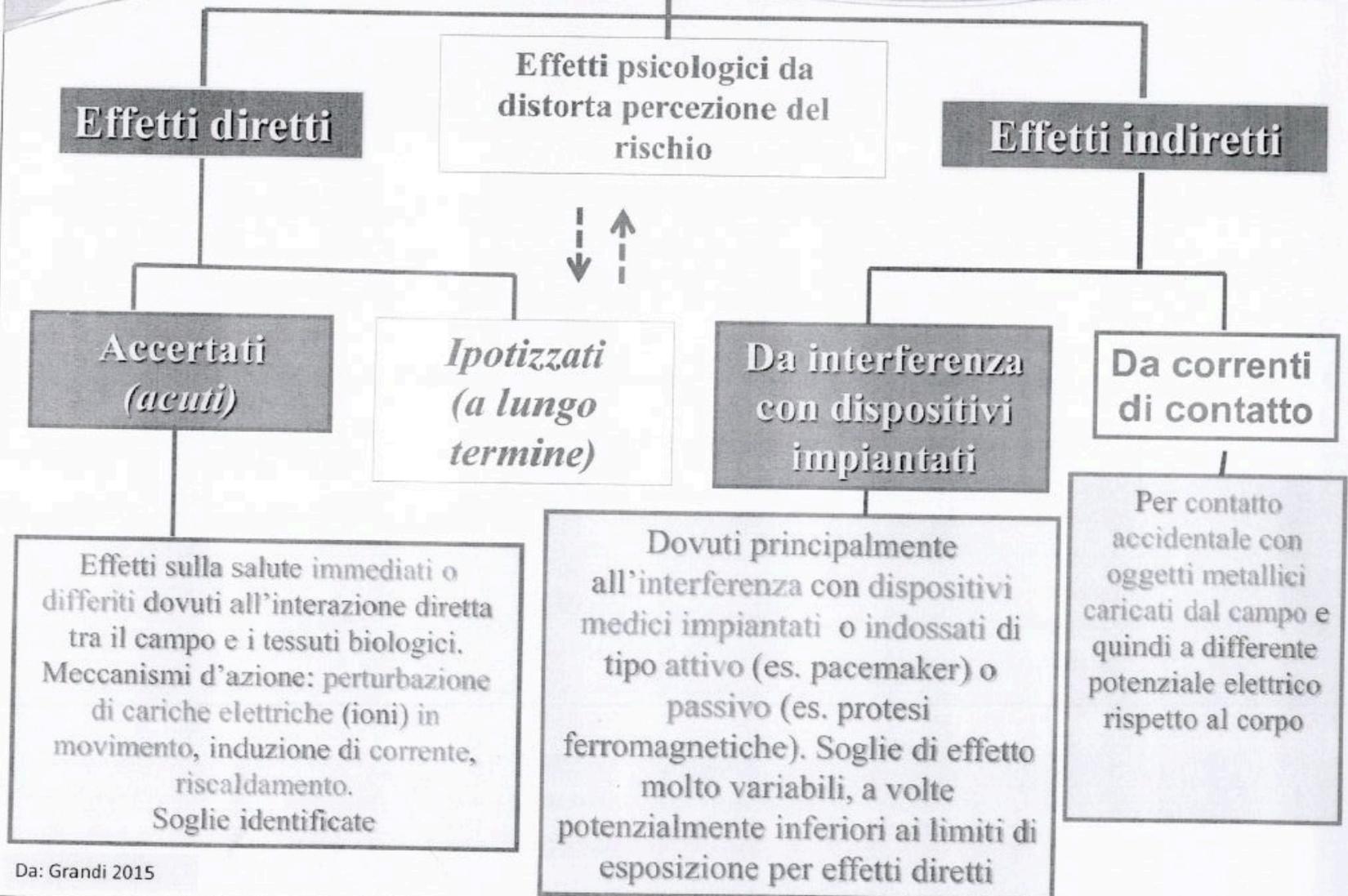
R. Non Ottica, oggetto della presentazione, comprende:

le microonde (MW),

le radiofrequenze (RF),

i campi elettrici e magnetici a frequenza estremamente bassa(ELF), campi elettrici e magnetici statici

Campi elettromagnetici (0 - 300 GHz)



Da: Grandi 2015

Effetti acuti potenzialmente pericolosi per la salute

- Fibrillazione ventricolare e altri tipi di aritmie
- Convulsioni
- Dolore
- Incoordinazione motoria
- Marcate alterazioni nell'acquisizione e nell'elaborazione della percezione
- Ipertermia generalizzata o d'organo

Effetti acuti fastidiosi o disturbanti (definiti anche effetti sensoriali; non sono considerati pericolosi per la salute e sono reversibili, ma possono interferire con la sicurezza)

- Vertigini (in generale disturbi dell'organo dell'equilibrio)
- Nausea
- Sapore metallico
- Fosfeni
- Piccole alterazioni percettive e cognitive (con influenza ad esempio sui tempi di reazione e sull'attenzione)
- Effetti uditivi

Effetti Biologici

Due effetti fondamentali

1. Effetti diretti:

- induzione di correnti nei tessuti elettricamente stimolabili;
- cessione di energia con rialzo termico.

Alle frequenze più basse e fino a circa 1 MHz:

prevale l'induzione di correnti elettriche nei tessuti elettricamente stimolabili, come nervi e muscoli.

Con l'aumentare della frequenza diventa sempre più significativa la cessione di energia nei tessuti attraverso il rapido movimento oscillatorio di ioni e molecole di acqua, con lo sviluppo di calore e riscaldamento.

A frequenze superiori a circa 10 MHz, lo sviluppo di calore e riscaldamento è l'unico a permanere

Al di sopra di 10 GHz, l'assorbimento è esclusivamente a carico della cute.

Trattasi di **effetti acuti**, che si manifestano al di sopra di una certa **soglia di induzione**.

2. Effetti indiretti.

Due sono i meccanismi di accoppiamento indiretto con i soggetti esposti:

-**correnti di contatto**, che si possono indurre effetti quali percezioni dolorose, contrazioni muscolari, ustioni;

-**accoppiamento del campo elettromagnetico** con dispositivi elettromedicali (compresistimolatori cardiaci) e altri dispositivi impiantati o portati dal soggetto esposto.

-**Altri effetti indiretti**).

Grandezze “dosimetriche” per la valutazione dell’esposizione

Per gli Effetti termici: Specific Absorbtion Rate(SAR) W/kg;

Per quanto riguarda l’induzione di correnti: il campo elettrico indotto in situ, E_i , espresso in V/m, considerato maggiormente rappresentativo degli effetti in quanto diretto responsabile del meccanismo di elettrostimolazione a livello cellulare

Nella pratica le grandezze di base non sono però direttamente misurabili nei soggetti esposti

Pertanto sono stati introdotti i livelli di riferimento-
Valori di Azione

Livelli di riferimento – Valori di Azione

Insieme di restrizioni sulle grandezze monitorabili nell'ambiente

- **campo elettrico (V/m)**
 - **campo magnetico (A/m)**
 - **induzione magnetica (μT)**
 - **densità di potenza (W/m^2)**
- dipendono dalla frequenza
 - Sono espressi in termini di valori efficaci (rms) imperturbati
 - il valore efficace si deve intendere riferito alle sinusoidi dello spettro

garantiscono il rispetto delle restrizioni di base

I livelli di riferimento sono diversi per i lavoratori professionalmente esposti e per la popolazione, essendo applicati per quest'ultima fattori cautelativi maggiori.

Quali innovazioni/modifiche apporta la nuova Direttiva in materia dei CEM (NIR-Radiazioni non ottiche)?

DIRETTIVA 2013/35/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 26 giugno 2013

sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all' esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) (ventesima direttiva particolare ai sensi dell' articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE) e **che abroga la direttiva 2004/40/CE**

nuovo e più articolato insieme di prescrizioni, in larga misura riconducibili alle linee guida ICNIRP del 1998 per la protezione dagli effetti termici e alle linee guida del 2010 per la protezione dagli effetti non termici

valutazione effetti indiretti (nuova direttiva)

eventuali effetti sulla salute e la sicurezza dei lavoratori esposti a rischi particolari, segnatamente coloro che recano **dispositivi medici impiantati attivi o passivi (quali stimolatori cardiaci)** o **dispositivi medici portati sul corpo (quali le pompe insuliniche)** e le lavoratrici incinte

effetti indiretti (rischio propulsivo oggetti, innesco dispositivi elettro esplosivi, correnti contatto, incendi esplosioni)

Le suddette disposizioni sono specificamente mirate alla **protezione dagli effetti certi (effetti acuti) di tipo diretto ed indiretto** che hanno una ricaduta in termini Sanitari

(“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 e dall’assorbimento di energia, e da correnti di contatto”, DLgs.81/2008, art. 206 comma 1).

Coerentemente con gli scopi della direttiva europea, il capo IV del D.Lgs.81/2008 **non riguarda la protezione da eventuali effetti a lungo termine**, per i quali mancano dati scientifici conclusivi che comprovino un nesso di causalità, né i rischi conseguenti al contatto con i conduttori in tensione (art. 206, comma 2) questi ultimi già coperti dalle norme per la sicurezza elettrica.

Da notare che la maggior parte degli effetti avversi considerati nel DLgs.81/2008 compaiono immediatamente (es. aritmie, contrazioni muscolari, ustioni, malfunzionamento pacemaker e dispositivi elettronici impiantati etc.).....

The background is a dark blue gradient with intricate, glowing blue lines that resemble electromagnetic field lines or light rays. A central point of light source is visible, with rays emanating outwards, creating a sense of depth and movement. The overall aesthetic is scientific and futuristic.

Campo Elettrico

Campo Magnetico

Radiazione Elettromagnetica:

Caratteristiche generali

Campo elettrico

The background features a complex, abstract pattern of glowing blue lines and shapes, resembling electric field lines or a particle field, set against a dark blue gradient background.

Generato da qualunque oggetto dotato di **carica elettrica**

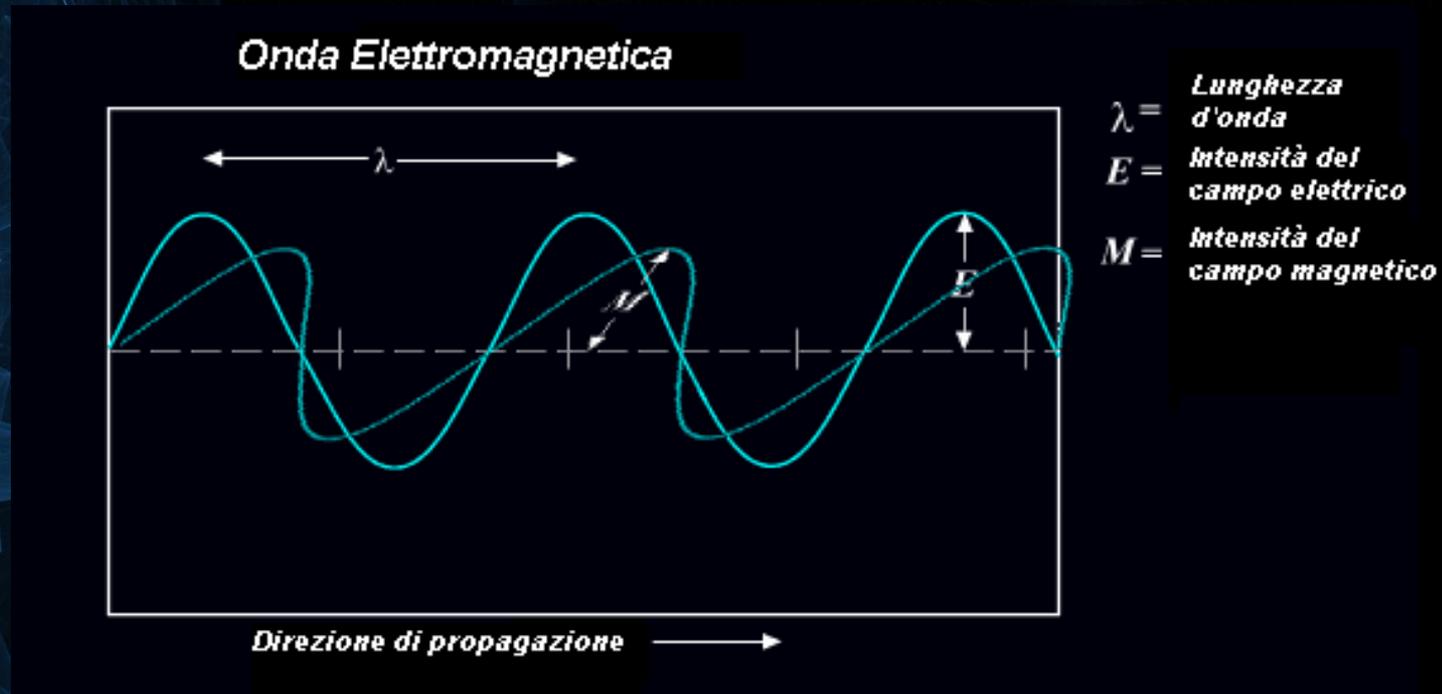
È una regione di spazio nella quale si manifestano forze che agiscono su altri oggetti dotati di **carica elettrica**

Campo magnetico

Generato da qualunque conduttore percorso da **corrente elettrica**

È una regione di spazio nella quale si manifestano forze che agiscono su altri conduttori percorsi da **corrente elettrica**

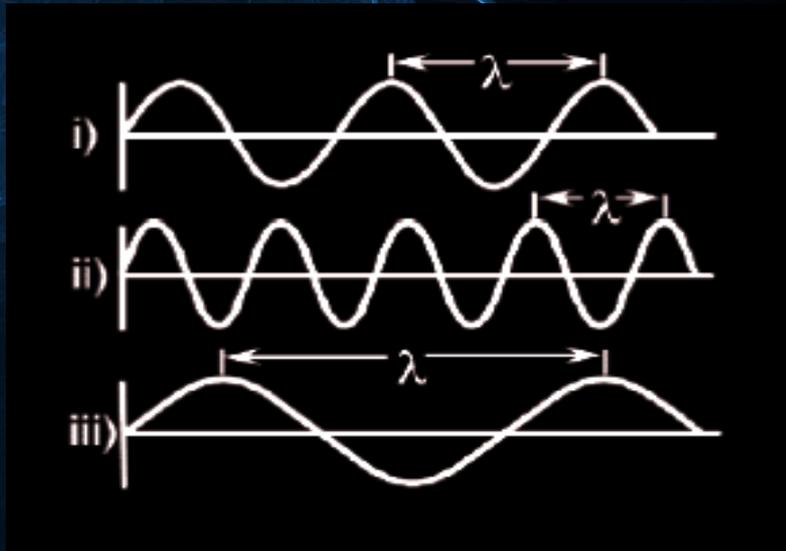
Radiazione elettromagnetica



nel vuoto la direzione di propagazione della radiazione elettromagnetica è perpendicolare al piano identificato dalle direzioni delle due oscillazioni dei campi elettrico e magnetico la velocità di propagazione è la costante $c=300000 \text{ km/s}$

Radiazione elettromagnetica

Lunghezza d'onda (λ)
distanza tra due massimi o
due minimi di un'onda



Frequenza (ν)

numero di onde complete
che passano per un punto
nell'unità di tempo

Periodo (T)

tempo necessario affinché
un'onda completa passi
per un punto

Cabina di trasformazione



elettrodotto

Campo elettrico

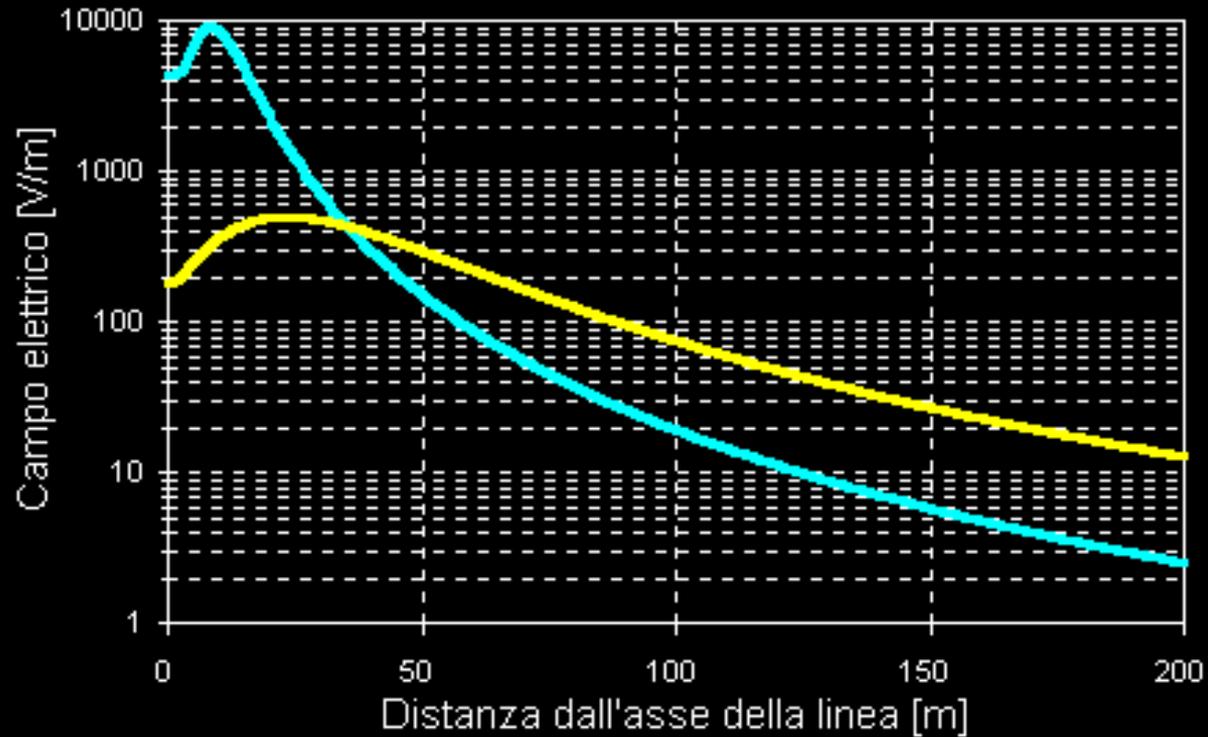
dipende:

dalla tensione della linea (cresce al crescere della tensione);

dalla distanza dalla linea (decrece allontanandosi dalla linea);

dall' altezza dei conduttori da terra (decrece all' aumentare dell' altezza).

Il campo elettrico è facilmente schermabile da parte di materiali quali legno o metalli, ma anche alberi o edifici.



profilo laterale del campo elettrico a 50 Hz prodotto al suolo da un elettrodotto aereo 380 kV semplice terna

Campo magnetico

dipende:

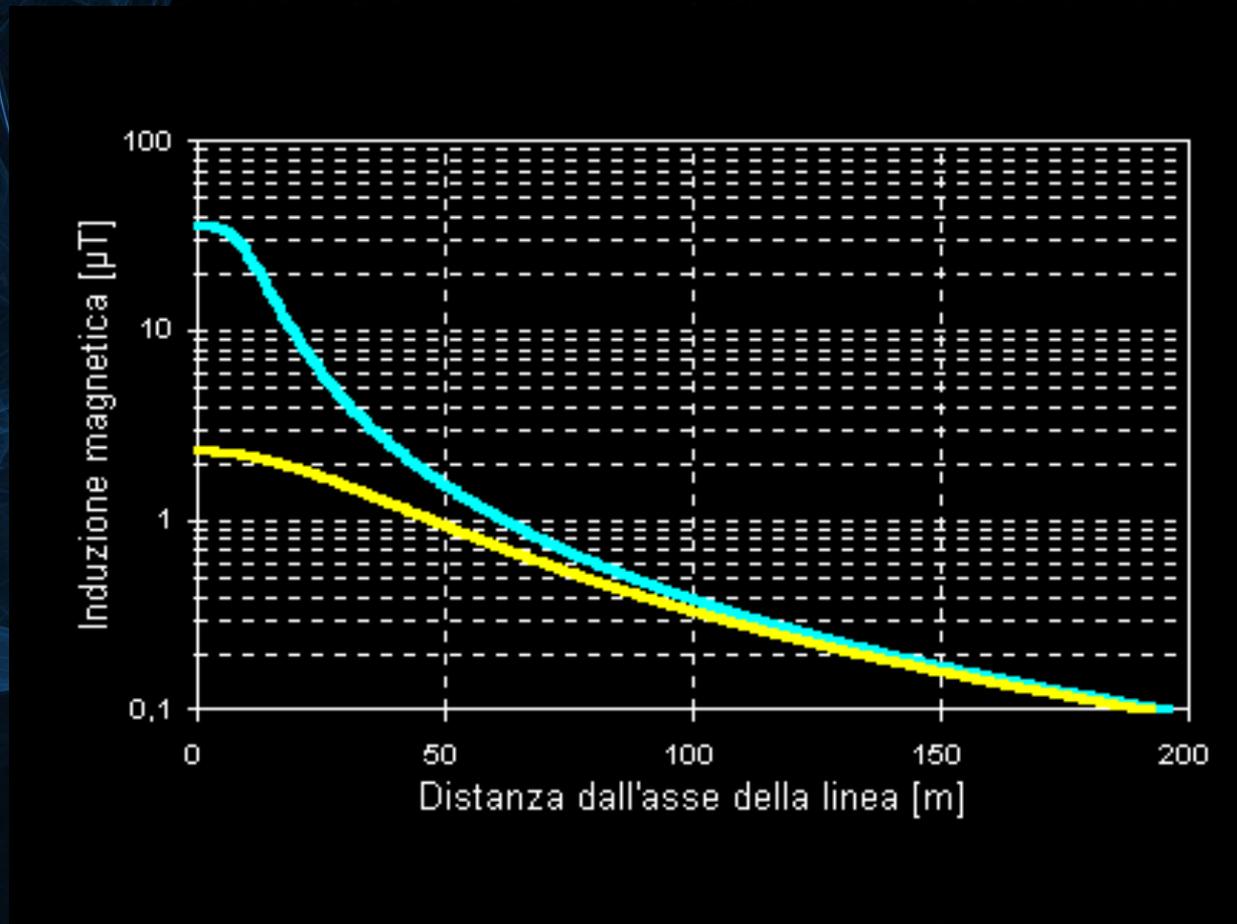
dalla corrente che scorre lungo i fili conduttori delle linee (aumenta con l' intensità di corrente sulla linea);

dalla distanza dalla linea (decrece allontanandosi dalla linea);

dall' altezza dei conduttori da terra (decrece all' aumentare dell' altezza).

I livelli di campo magnetico variano nel tempo in funzione della variazione di corrente che può essere considerevole durante il giorno a seconda della richiesta di energia.

Il campo magnetico è difficilmente schermabile.



profilo laterale del campo magnetico a 50 Hz prodotto al suolo da un elettrodotto aereo 380 kV semplice terna per un fissato valore di corrente

Le sorgenti di campi ELF

Negli ambienti di vita e di lavoro, **tutti gli apparecchi alimentati con l'energia elettrica** sono sorgenti di campi elettrici e magnetici ELF

Il **campo elettrico** è sempre presente negli ambienti indipendentemente dal funzionamento degli elettrodomestici

Il **campo magnetico**, invece, si produce solamente quando gli apparecchi vengono messi in funzione ed in essi circola corrente

Tabella valori indicativi di campo magnetico in microtesla (μT) generati da alcuni elettrodomestici a diversa distanza dal corpo.

	10 cm	20 cm	30 cm
Asciuga capelli	40	5	1.5
Aspiratore	20	7	3
Frullatore	14	3.5	1.5
Ventilatore	2.9	0.4	0.15
Coperta elettrica	0.25	0.18	0.13
Televisore 14"	2.5	1	0.5
Rasoio	20	5	1.7
Lavatrice	12.6	10	7.2
Lavastoviglie	0.2	0.11	0.1
Frigorifero	1.5	1	0.25

Esposizione a campi ELF situazioni tipiche



Principali sorgenti ambientali di campo RF

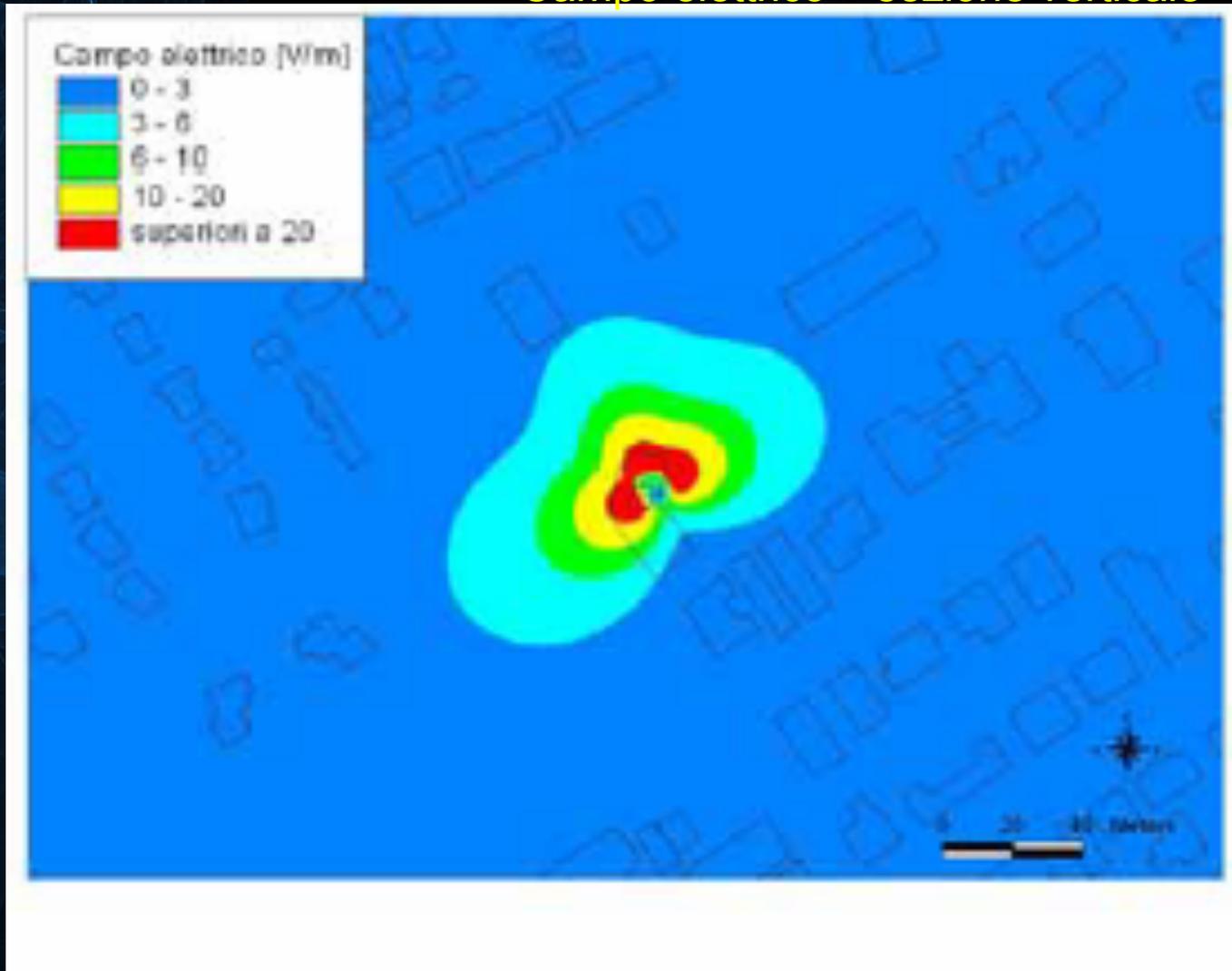
- **IMPIANTI EMITTENTI RADIOTELEVISIVI
(AM, FM, TV)**
- **STAZIONI RADIO BASE PER TELEFONIA MOBILE**
- Installazioni radioamatoriali
- Impianti wireless (Wi-Fi, WLAN)
- Ponti radioRadio links
- Radar

Caratteristiche di emissione

	Frequenze	Potenze	Tipo emissione
Radio FM	~ 100 MHz	100 W – 10 kW	Continua costante
Telefonia 2G-3G-4G	800 MHz – 3 GHz	< 150 W	Continua variabile
Wi-fi	2,4 GHz	< 1 W	Continua variabile

Stazioni Radio Base

Campo elettrico – sezione verticale



Sorveglianza fisica: alcuni casi studio

**La sorveglianza fisica secondo la
Direttiva Europea 2013/35/UE
Articolo 4 comma 1 - Articolo 5 comma 2**

*"Il datore di lavoro **valuta** tutti i rischi per i lavoratori derivanti da campi elettromagnetici sul luogo di lavoro e, se del caso, **misura o calcola** i livelli dei campi elettromagnetici ai quali sono esposti i lavoratori."*



**Verifica del rispetto dei
livelli di azione (LA)**

Se i livelli di azione sono superati ...

*"Sulla base della valutazione dei rischi di cui all'articolo 4, qualora i pertinenti LA di cui all'articolo 3 e agli allegati II e III siano superati, a meno che la valutazione effettuata a norma dell'articolo 4, paragrafi 1, 2 e 3 dimostri che i pertinenti VLE non sono superati e che possono essere esclusi rischi relativi alla sicurezza, il datore di lavoro **definisce e attua un programma d'azione** che deve includere **misure tecniche e/o organizzative** intese a **prevenire esposizioni superiori ai VLE** relativi agli effetti sanitari e ai VLE relativi agli effetti sensoriali."*

**Verifica del rispetto dei valori limite di
esposizione (VLE) o attuazione di risanamenti**

La Direttiva 2013/35/UE

VLE = Valori limite di esposizione

LA = Livelli di azione

Effetti **NON termici** (Allegato II)

Tra 1 Hz e 10 MHz

VLE *sensoriali*
VLE *sanitari*
LA *inferiori*
LA *superiori*
LA per i soli arti

Effetti **termici** (Allegato III)

Tra 100 kHz e 300 GHz

VLE *sensoriali*
VLE *sanitari*
LA

VLE

La sorveglianza fisica secondo la Direttiva Europea 2013/35/UE

Quali problematiche
sottende?

Misure e calcoli sono spesso
interdipendenti, non
mutuamente esclusivi

Misure e calcoli sono
soggetti alla **metrica di
valutazione**, che
dipende (attraverso le
norme) dagli effetti
coinvolti

Limiti per la Popolazione vs. limiti
per le esposizioni occupazionali:
una corretta analisi deve portare
a distinguere: (1) i lavoratori a
contatto con la sorgente; (2) i
lavoratori PE e NON-PE; (3) i
portatori di rischi specifici

Zonizzazione

In caso di superamento dei LA,
occorre valutare **se sia opportuno**
procedere alla verifica dei VLE

Distanze di rispetto e Zonizzazione

Zona 0 è la zona all'interno della quale i livelli di esposizione rispettano i limiti per la **popolazione** (conformità alla Raccomandazione Europea 1999/519/CE).

Zona 1 è la zona all'interno della quale i livelli di esposizione superano i limiti per la **popolazione** ma rispettano quelli per le esposizioni occupazionali (stabiliti dalla Direttiva Europea 2013/35/UE).

Zona 2 è la zona nella quale i livelli di esposizione superano i anche i limiti per le esposizioni occupazionali.

Libero accesso a popolazione e lavoratori NON-PE (PE)

Distanza di rispetto riferita ai limiti per la popolazione

Accesso consentito solo a lavoratori PE non portatori di rischi specifici

Distanza di rispetto riferita ai limiti occupazionali

Accesso interdetto a chiunque

Distanza dalla sorgente

SORGENTE

Intervalli di frequenza, effetti, metrica

basse
frequenze

frequenze
intermedie

alte
frequenze

Effetti di stimolazione del sistema nervoso

Intervalli di frequenza, effetti, metrica

Effetti termici
(Valori limite medie su 6 minuti)

100kHz **frequenza** 10MHz

La Direttiva 2013/35/UE

VLE = Valori limite di esposizione

LA = Livelli di azione

Effetti **NON termici** (Allegato II)

Tra 1 Hz e 10 MHz

VLE *sensoriali*
VLE *sanitari*
LA *inferiori*
LA *superiori*
LA per i soli arti

Nel caso dei campi non sinusoidali, la valutazione dell'esposizione ... si basa sul metodo del picco ponderato (filtraggio nel dominio del tempo), spiegato nella guida pratica non vincolante di cui all'articolo 14, ma possono essere applicate altre procedure di valutazione scientificamente provate e validate, purché conducano a risultati approssimativamente equivalenti e comparabili.

Effetti **termici** (Allegato III)

Tra 100 kHz e 300 GHz

VLE *sensoriali*
VLE *sanitari*
LA

Per campi multifrequenza l'analisi è basata sulla somma quadratica, come indicato nella guida pratica non vincolante di cui all'articolo 14.

Forme d'onda complesse - effetti termici

- Si applica a segnali **a banda larga** (p.es.: presenza simultanea di più sorgenti).
- Si basa sulla limitazione del **valore efficace (RMS)**.
- Fa storicamente riferimento all'eventualità di misurare le ampiezze delle singole componenti spettrali o con uno strumento a banda larga (accendendo una sorgente per volta), oppure con un radiorecettore o un analizzatore di spettro; in tutti i casi **le relazioni di fase tra le componenti spettrali sono sconosciute e vengono pertanto ignorate**.
- *Le relazioni di fase di fatto hanno poca o nessuna rilevanza dal punto di vista termico.*
- Esistono **limitazioni ulteriori sul valore RMS di picco**.

Forme d'onda complesse - effetti non termici

Il **metodo del picco ponderato** consiste nel combinare opportunamente i vari contributi spettrali della grandezza considerata, pesando ognuno in rapporto al valore limite alla frequenza corrispondente, **tenendo conto in modo appropriato anche delle rispettive fasi**

Strumentazione commerciale che incorpora il metodo del picco ponderato



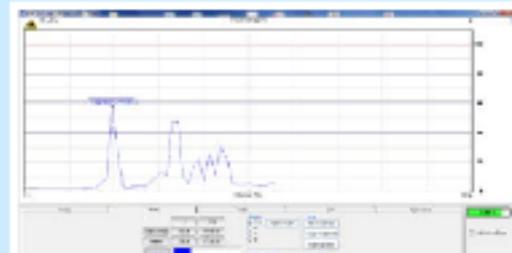
Narda (PMM)

EHP-50E gestite da PC

Funzione del Picco Ponderato

La selezione del limite ICNIRP 2010 nel software di controllo EHP-TS permette di attivare l'analisi di spettro con il calcolo di valutazione dell'esposizione ai campi multifrequenza o di attivare la funzione di Picco Ponderato.

La misura del Picco Ponderato viene eseguita continuamente dall'analizzatore che trasmette i risultati al software EHP-TS a intervalli regolari impostabili dall'utilizzatore.



Funzione del Picco Ponderato con regolazione nel tempo

EHP-50E

Spec. FUNZIONALI⁽¹⁾

Gamma di frequenze

Portata⁽²⁾

Campo Elettrico

5 mV/m ± 1 kV/m
500 mV/m ± 100 kV/m
(gamma dinamica totale: 146 dB)

Campo Magnetico

1 Hz ± 400 kHz
0,3 nT ± 100 µT
30 nT ± 10 mT
(gamma dinamica totale: 150 dB)

Strumentazione commerciale che incorpora il metodo del picco ponderato

Safety in electromagnetic fields

For more information, please visit www.narda-cts.de

**CE labeling?
Need to check
magnetic fields
according to
EN 50366?**

ELT-400!

Narda



NEW for CE labeling of electrical appliances: Personal safety limits

Until now, CE labeling standards considered electromagnetic fields only in terms of compatibility between different devices. In the future, however, personal safety limits will also be considered. This will affect thousands of electrical appliances, among other things.

ELT-400 – A solution for CE lab problems

The ELT-400 makes it very easy to measure magnetic fields to ensure compliance with EN 50366.

Unique features

Full implementation of the EN 50366 reference method including:

- Triaxial measurement
- Standard and transfer function
- 2FD evaluation – Results are shown as a percentage of the limit
- 10 Hz to 400 kHz frequency range
- Loop probe 100 cm² probe

Professional test deployment

The ELT-400 integrates all of the functions needed for:

- Manual measurements
- Automated measurements in final production using PC data acquisition
- Analog output for connecting an FFT analyzer or oscilloscope



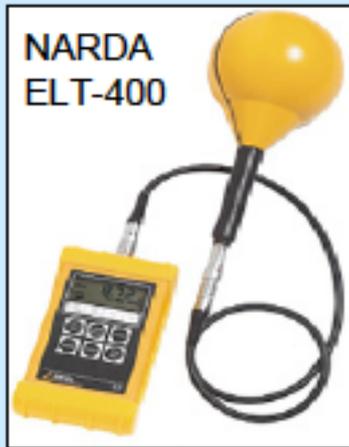
Narda's new probe is safe
thanks to a special design!

More Safety Test Solutions GmbH
Erdmannsdorfer Str. 7
17521 Finkenheide
18548 Rostock, Germany
Tel: +49 381 42041300
Fax: +49 381 7140424300
E-Mail: info@narda-cts.de
www.narda-cts.de



The ELT-400 is also available in a smaller size
to ensure easy use in small spaces.

Applicazione del metodo del picco ponderato



**Metodo del picco ponderato
in hardware**

**Metodo del picco ponderato
in software**

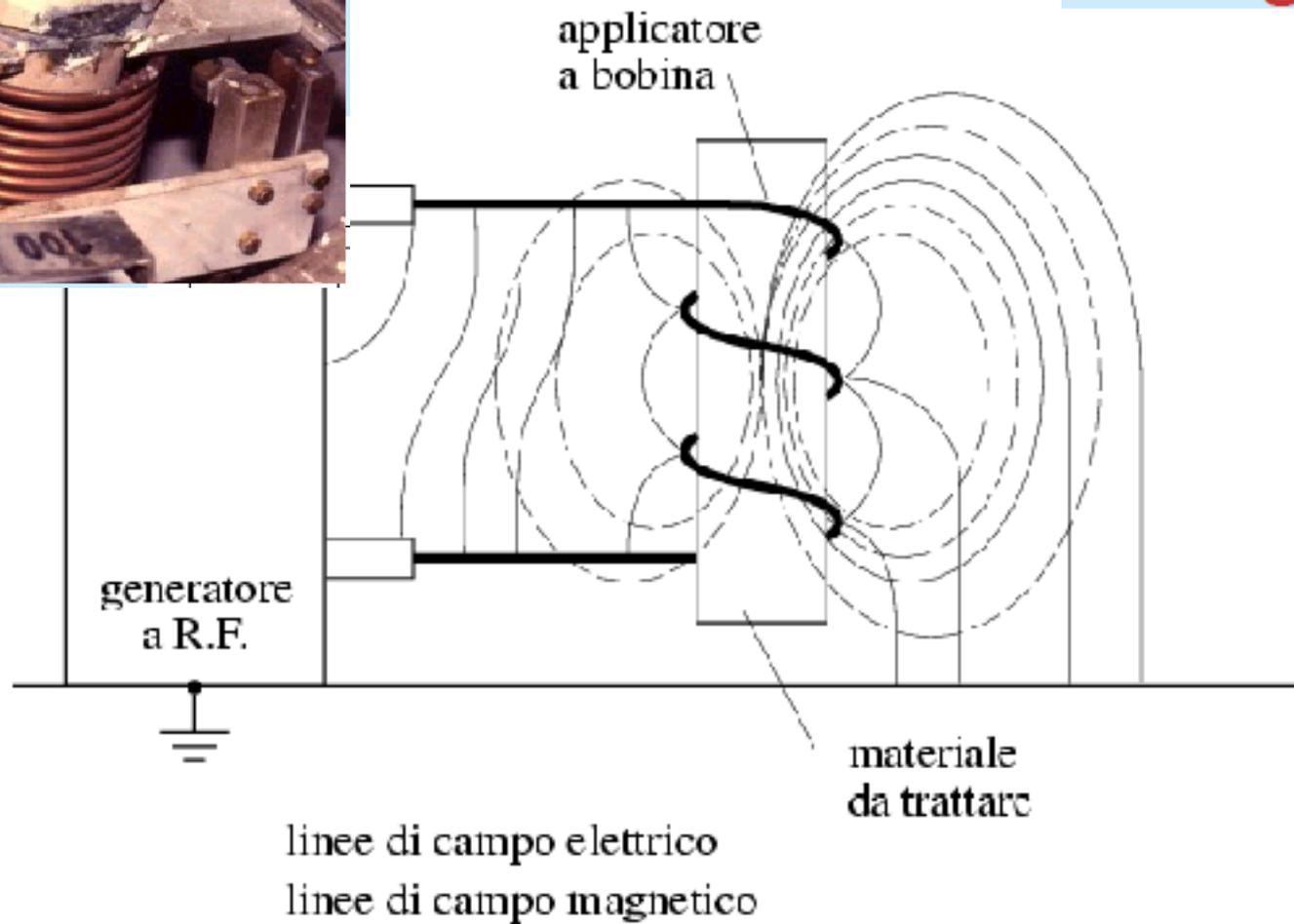


Scheda di acquisizione dati

**Vediamo in pratica alcuni casi studio condotti
dall'Istituto di Fisica Applicata del Consiglio Nazionale
delle Ricerche:**

- Riscaldamento a Induzione;**
- Riscaldamento dielettrico;**
- Saldatrici.**

Riscaldamento industriale ad induzione magnetica



Strumentazione per la misura (con oscilloscopio)

Close-Field Probe



- Modello HP 11941A: da 9 kHz a 30 MHz (può essere utilizzata anche al di sotto dei 9 kHz previa calibrazione)
- Sensibilità tipica a 3 kHz: $12 \mu\text{V}$ per A/m

Riscaldamento industriale ad induzione magnetica

Frequenza	Potenza	Misure ¹	Livelli di azione ²
[kHz]	[kW]	[A/m]	[A/m]
3.3	10	2500	79.6
3.5	32	2000	79.6
4.3	30	440	79.6
10.5	3	710	79.6
233	10	240	79.6 6.83 ³

Il campo decade molto rapidamente allontanandosi dal crogiolo. Valori inferiori ai limiti si raggiungono a distanze di circa 30 ÷ 100 cm. Il ciclo di lavoro dipende dalle modalità di lavorazione.

L'esempio illustrato si riferisce alle applicazioni nell'industria orafa, ma esistono apparati per l'industria pesante che funzionano a potenze anche 100 volte più alte.

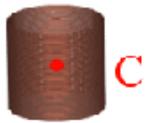
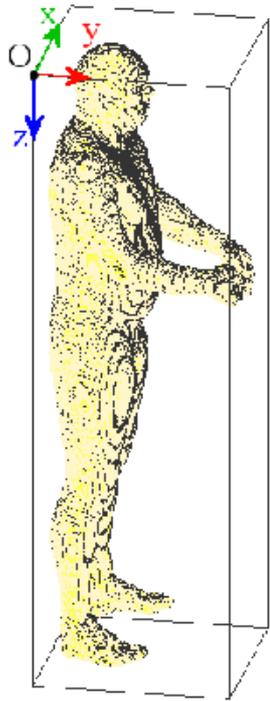
1. Valori indicativi rilevati nel punto accessibile più vicino al crogiolo
2. Direttiva 2013/35/UE (LA per gli effetti non termici)
3. LA per gli effetti termici; i valori misurati devono essere mediati su un periodo di 6 minuti, prima di poterli confrontare con questi LA

Valutazione numerica radiometrica e dosimetrica

- Forno ad induzione per l'industria orafa
- Sorgente monofase di solo campo magnetico
- $F = 3450 \text{ Hz}$
- $I = 400 \text{ A}$



- $C_x = 0.3 \text{ m} - C_y = 0.75 \text{ m} - C_z = 0.75 \text{ m}$
- Raggio del cilindro-solenoidale = 9 cm
- Le punte delle dita si trovano a meno di 10 cm dai conduttori (dove il campo supera 2.5 mT)
- La maggior parte del corpo è esposta oltre il livello di azione della Direttiva (100 μT ; 300 μT per esposizione degli arti a campo localizzato)

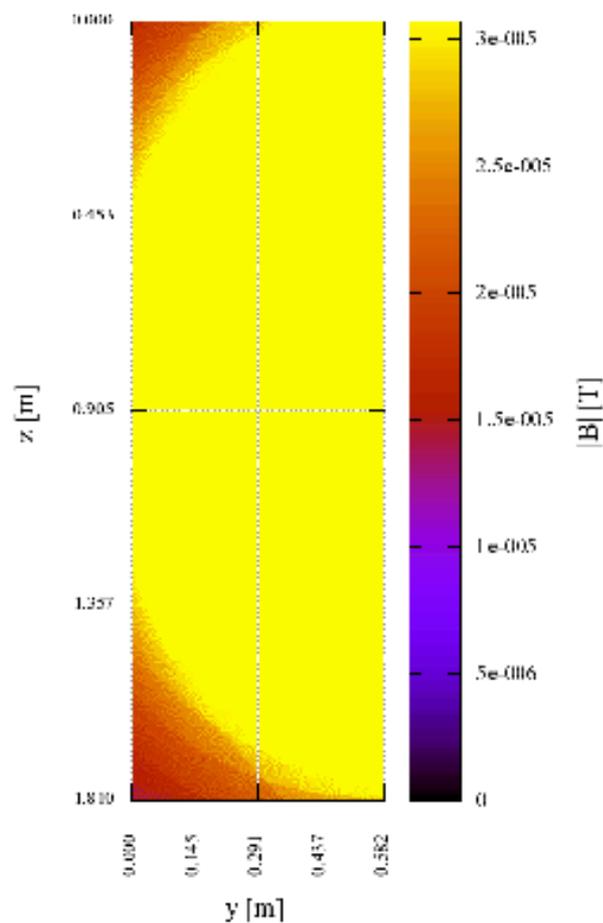
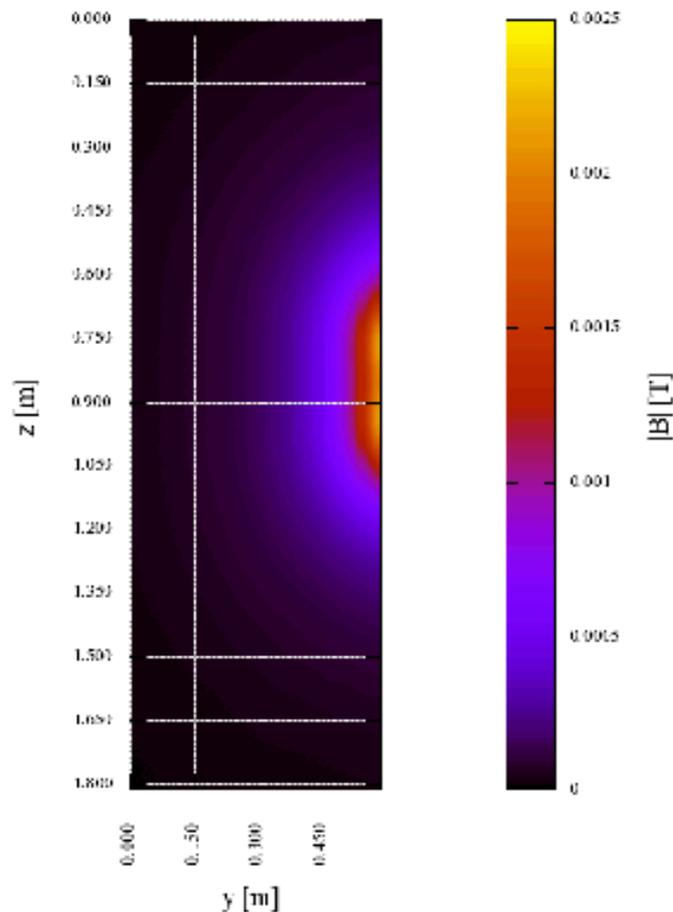
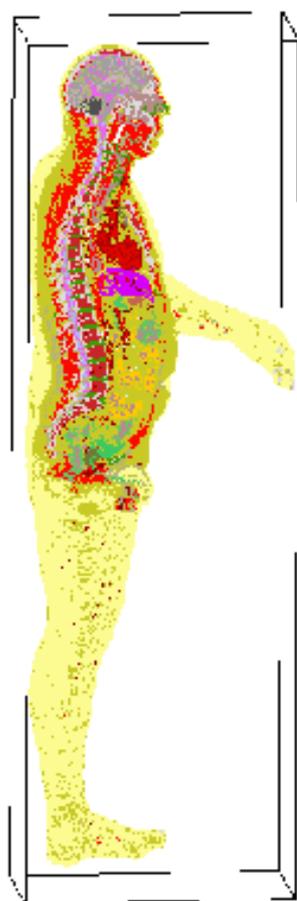


Distribuzione del campo magnetico

Median sagittal section

The maximum MFD value (close to the hands ant to the coils) is over 2.5 mT

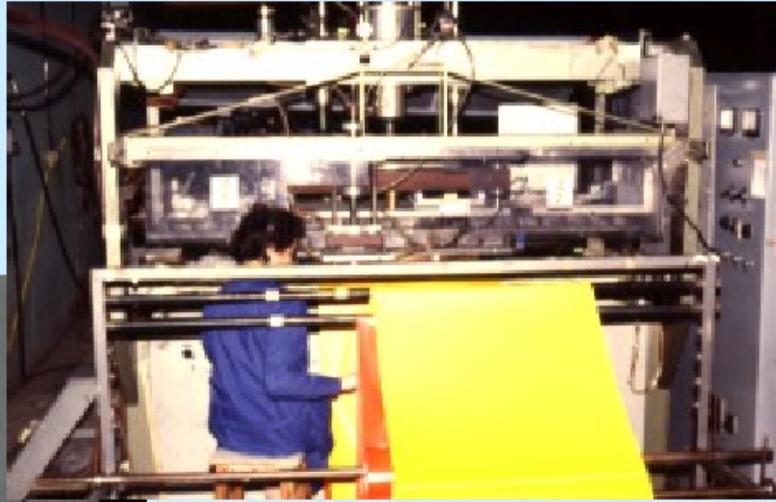
A large part of the body volume is over the 100 μT action level



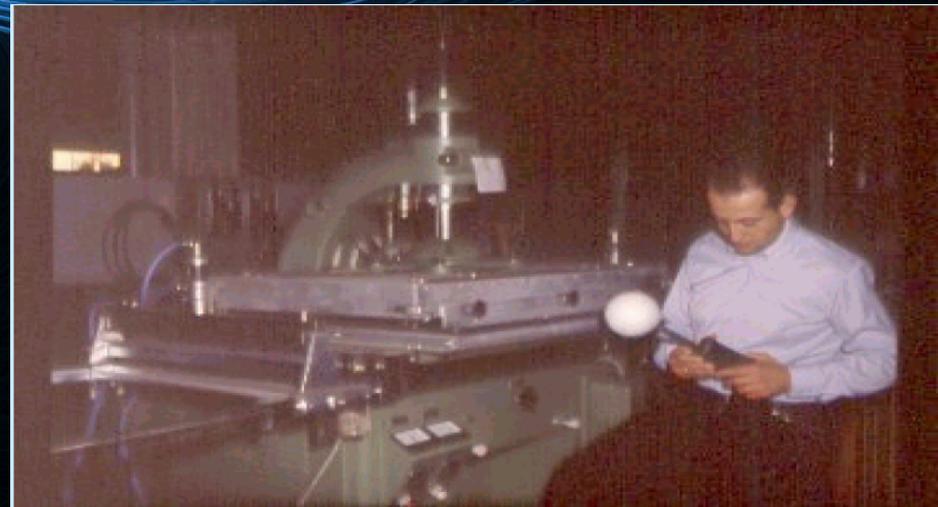


Riscaldamento dielettrico

Riscaldamento industriale a perdite dielettriche

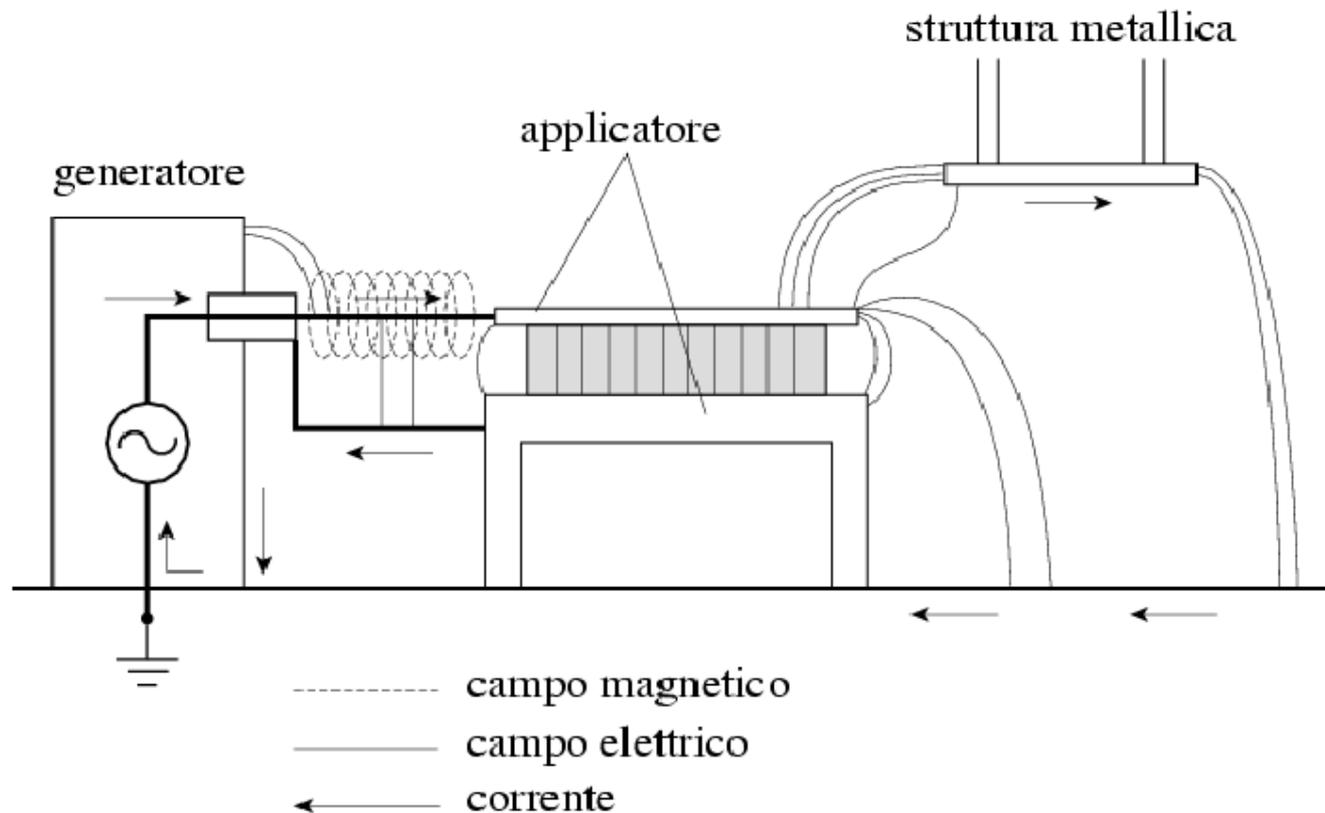


Saldatura della
plastica



Incollaggio del legno

Riscaldamento industriale a perdite dielettriche





PMM 8053A con sensore EP-408

Specifiche tecniche

Campo di frequenza	1 MHz - 40 GHz
Portata	0,8 - 800 V/m
Sovraccarico	> 1000 V/m
Dinamica	> 60 dB
Risoluzione	0,01 V/m
Sensibilità	0,8 V/m

Riscaldamento industriale a perdite dielettriche

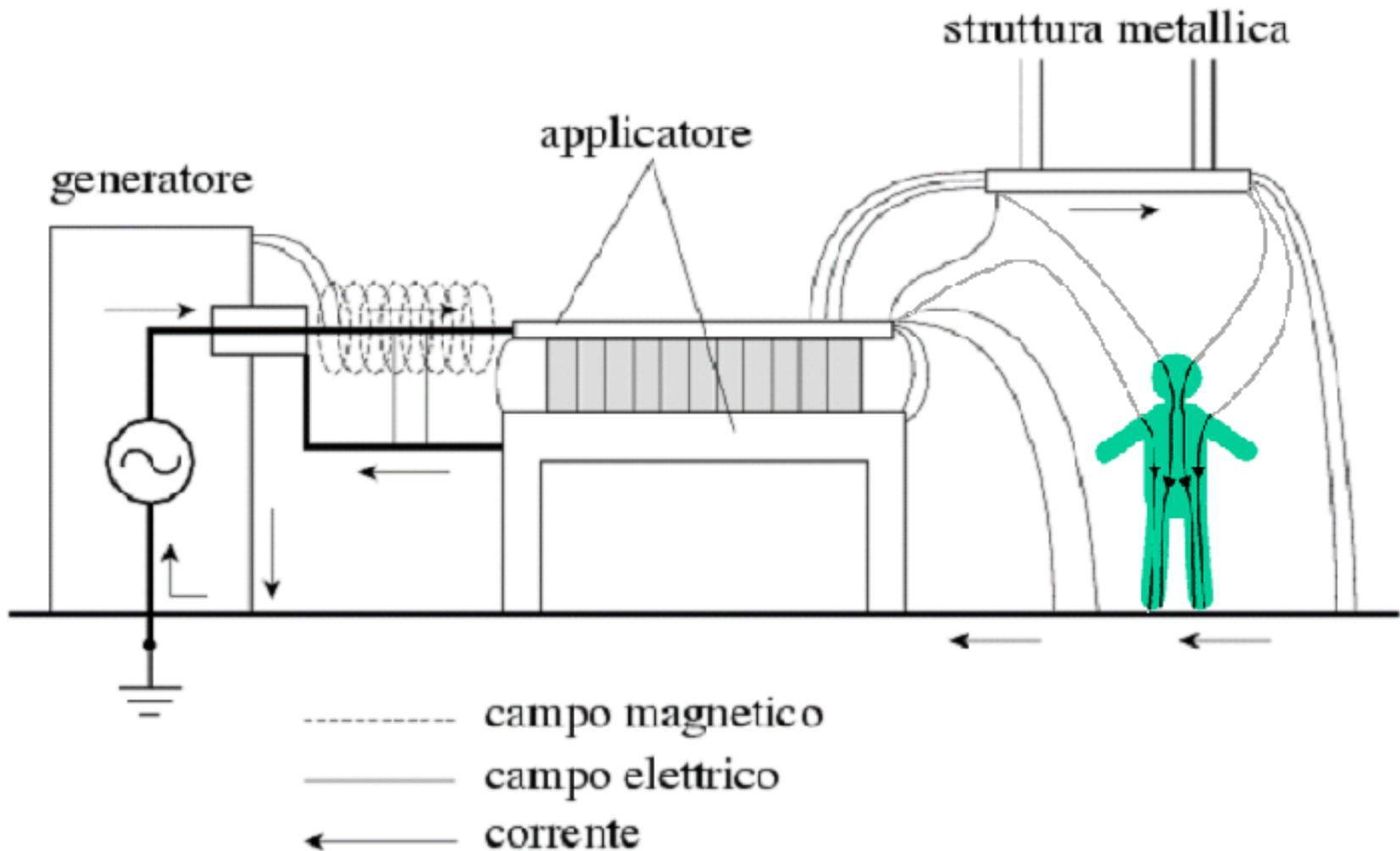
	Frequenza	Potenza	Misure ¹	Livelli di azione
	[MHz]	[kW]	[V/m]	[V/m]
Incollaggio del legno	3 ÷ 15	0.5 ÷ 50	300 ÷ 500	170 ⁽²⁾ 610 ⁽³⁾ 203 ÷ 61 ⁽⁴⁾
Saldatura della plastica	10 ÷ 50			61 ⁽⁴⁾

Il campo decade molto rapidamente allontanandosi dall'applicatore. Valori inferiori ai limiti si raggiungono a distanze di circa 30 ÷ 120 cm. Il ciclo di lavoro può avere una fase attiva lunga da alcune decine di secondi ad alcuni minuti ed una pausa di lunghezza dipendente dalla lavorazione.

1. Valori indicativi rilevati a circa 25 centimetri dall'applicatore
2. Direttiva 2013/35/UE (LA Inferiori per gli effetti non termici, fino a 10 MHz)
3. Direttiva 2013/35/UE (LA Superiori per gli effetti non termici, fino a 10 MHz)
4. Direttiva 2013/35/UE (LA per gli effetti termici)

I valori di campo riscontrabili in ambiente di lavoro possono porre - per problemi di compatibilità elettromagnetica - severe limitazioni alla strumentazione utilizzabile

Correnti indotte dagli apparatı a perdite dielettriche



Misura della corrente indotta

Tabella B2

LA per le correnti di contatto stazionarie e le correnti indotte attraverso gli arti

Gamma di frequenza	Corrente di contatto stazionaria $LA(I_C)$ [mA] (RMS)	Corrente indotta attraverso qualsiasi arto $LA(I_I)$ [mA] (RMS)
$100 \text{ kHz} < f < 10 \text{ MHz}$	40	—
$10 \text{ MHz} \leq f \leq 110 \text{ MHz}$	40	100

Nota B2-1: $[AL(I_I)]^2$ deve essere mediata su un periodo di sei minuti.

Holiday HI-3702

Banda di frequenza da
3 kHz a 110 MHz

Intervallo di misura da
1 a 1000 mA



saldatrici

- un operatore principale, che lavora in **contatto fisico** con la sorgente: sicuramente si tratta di un lavoratore PE, ma la sua esposizione non può essere compiutamente caratterizzata solo per via radiometrica;
- uno o più operatori ausiliari, anch'essi lavoratori PE;
- lavoratori NON-PE perché esposti accidentalmente
- altre tipologie: ospiti, visitatori etc.

sorgente: generatore, lungo cavo monopolare, applicatore.

Le saldatrici

sorgenti di CEM a frequenza bassa o intermedia (regime quasi-statico)

- Un conduttore **singolo** compie un percorso **chiuso** contenuto in una regione di spazio limitata
- Il conduttore è sede di una **tensione e una corrente monofase con forma d'onda complessa**
- Lo spettro di frequenza si concentra
 - Saldatrici: per lo più tra 10 Hz e 1000 Hz e in qualche caso fino ad alcune decine di kHz
- Il campo elettrico ed il campo magnetico generati **hanno necessariamente polarizzazione lineare**

Caratteristiche dei campi

Assimilabili a sorgenti monofase di campo elettrico e magnetico per le quali in un generico punto Q ed istante t si ha che:

$$\vec{B}(Q, t) = \vec{B}_n(Q) \cdot I(t)$$

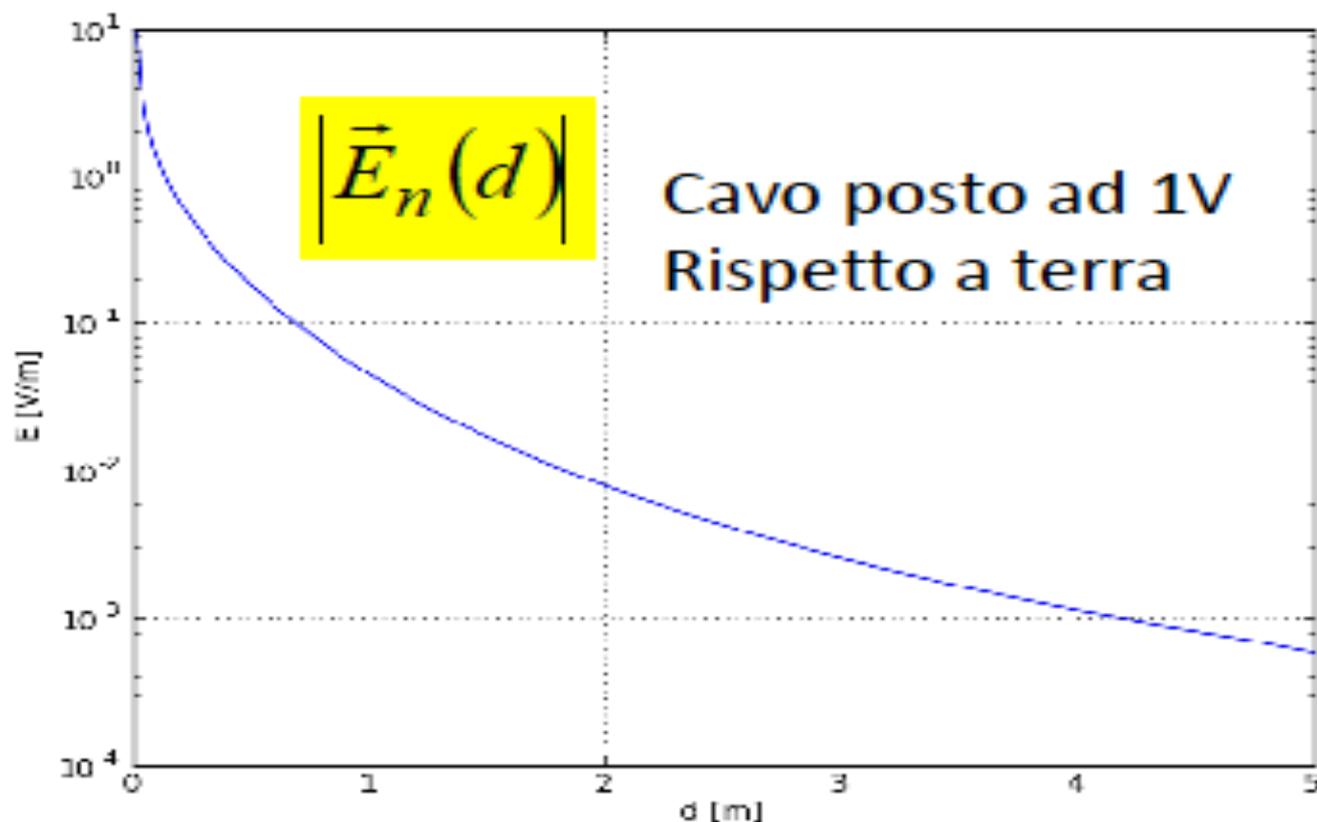
$$\vec{E}(Q, t) = \vec{E}_n(Q) \cdot V(t)$$

In particolare è possibile tenere conto con due termini indipendenti:

- di come il campo varia nel tempo;
- di come il campo varia nello spazio.

I termini $\vec{B}_n(Q)$ e $\vec{E}_n(Q)$ che tengono conto della variabilità dei campi nello spazio dipendono dalla geometria della sorgente (**soprattutto dalla disposizione dei cavi**) ed eventualmente (solo per il campo elettrico) dagli altri oggetti presenti nel teatro espositivo; possono essere ricavati **mediante misure o da una modellazione numerica della sorgente**.

Modellazione numerica della variabilità spaziale del campo



Valutazione del termine tempo-dipendente

I termini $I(t)$ e $V(t)$ dipendono sia dalle caratteristiche del generatore sia da quelle del carico; possono essere ricavati a partire da misure.

- Il valore della corrente di picco I_{max} può essere ricavato dal display o dalla documentazione dell'apparato, oppure misurato con strumentazione indipendente (sonda di corrente a banda larga)
- La forma d'onda della corrente (e del campo) $i_n(t)$ può essere ricavata da una misura diretta della corrente (vedi sopra) o anche di una delle componenti del campo, utilizzando un dispositivo campionatore



<http://www.ahsystems.com/catalog/BCP-510.php>

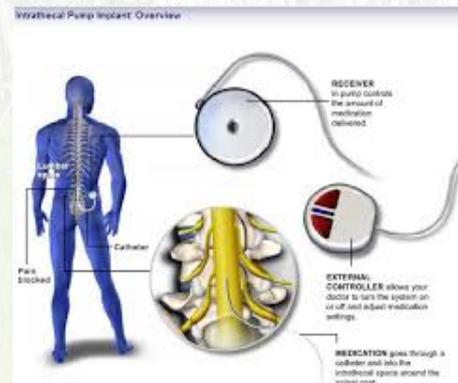
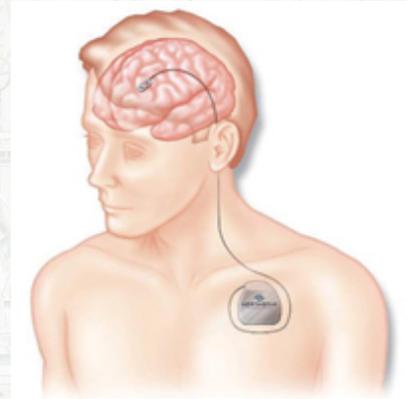
La valutazione del rischio CEM per portatori di dispositivi medici impiantabili attivi

Dispositivo medico impiantabile attivo:

qualsiasi dispositivo medico attivo destinato ad essere impiantato interamente o parzialmente mediante intervento chirurgico o medico nel corpo umano o mediante intervento medico in un orifizio naturale e destinato a restarvi dopo l'intervento

- pacemaker (PMK)
- defibrillatori (ICD)
- impianti cocleari
- stimolatori neurali
 - ❖ *stimolatori spinali*
 - ❖ *stimolatori nervi periferici*
 - ❖ *stimolatori cerebrali*

.....



Possibili malfunzionamenti da EMI

inibizione o sincronizzazione con il segnale interferente (frequenze comprese tra circa 2 e 9 Hz); il pacemaker può confondere il segnale interferente con quello dell'attività cardiaca spontanea e stimolare sincronizzandosi con esso, o inibirsi; se l'interferenza si verifica in assenza di attività cardiaca del paziente, è la condizione che può comportare rischi sanitari più elevati

commutazione a funzionamento asincrono da EMI (frequenze superiori a circa 9 Hz); si verifica quando i segnali rilevati sono a frequenza troppo elevata per essere generati da un'attività cardiaca naturale; il pacemaker interrompe la modalità di funzionamento "a domanda" stimolando ad una frequenza prefissata

Meccanismi di interferenza

accoppiamento magnetico, dovuto a campi magnetici variabili con frequenza $f < 100$ kHz: il campo magnetico induce una tensione sulla spira elettrocattetero - tessuto sottocutaneo - case del pacemaker (pacemaker unipolari)

accoppiamento elettromagnetico, dovuto a campi di frequenza $f > 100$ kHz: accoppiamento diretto del campo elettromagnetico con l'elettrocattetero (predominante intorno alle decine e centinaia di MHz)

accoppiamento magnetostatico, dovuto a campi magnetici statici o lentamente variabili ($5 \text{ Hz} < f < 10 \text{ Hz}$): il campo magnetico si accoppia direttamente con il pacemaker attraverso il case e agisce sul relay reed interno con attivazione di un circuito asincrono

DIRETTIVA 2013/35/UE E DMIA

Preambolo

Un sistema in grado di garantire un elevato livello di protezione dagli effetti nocivi per la salute e dai rischi per la sicurezza che possono derivare dall'esposizione ai campi elettromagnetici dovrebbe tenere debito conto degli specifici gruppi di lavoratori esposti a rischi particolari ed evitare i problemi d'interferenza ovvero effetti sul

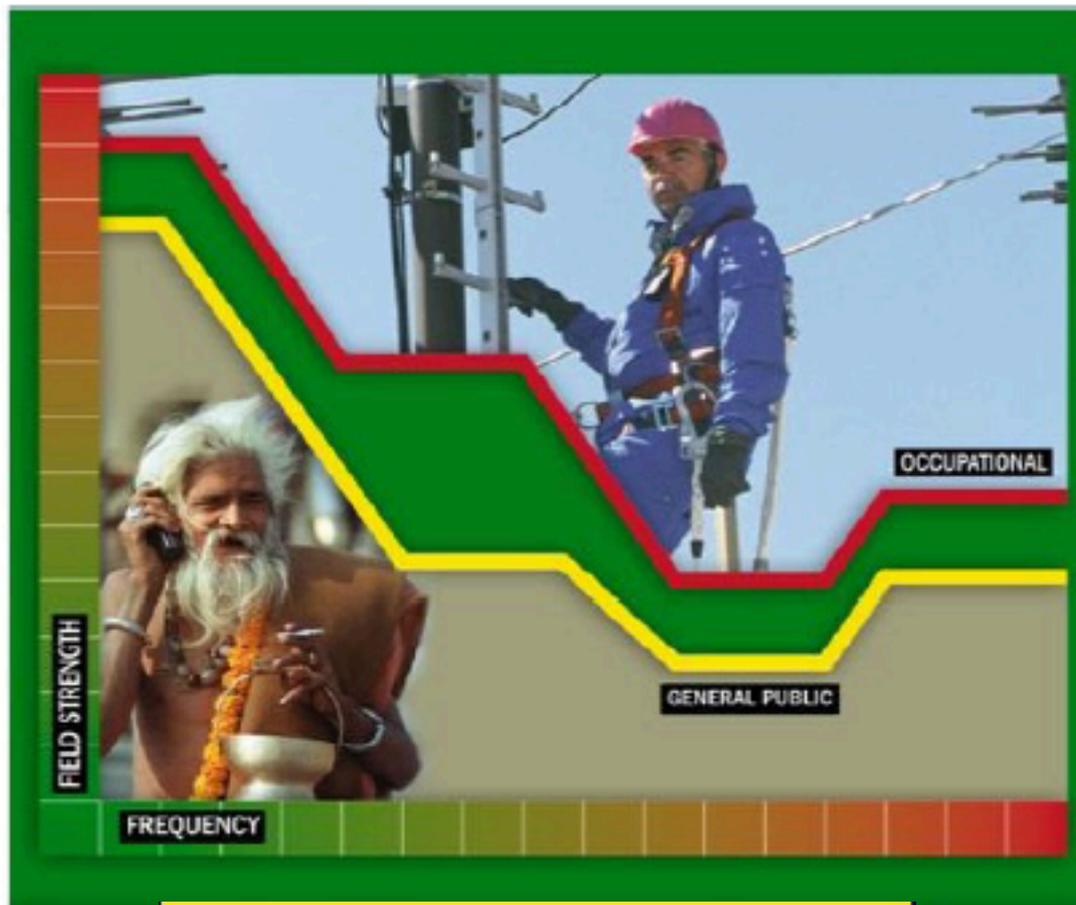
funzionamento di dispositivi medici quali protesi metalliche, stimolatori cardiaci e defibrillatori, impianti cocleari e di altro tipo o dispositivi medici portati sul corpo. I

problemi di interferenza, in particolare per quanto riguarda gli stimolatori cardiaci, possono verificarsi a livelli inferiori rispetto ai LA e dovrebbero pertanto essere oggetto di adeguate precauzioni e misure protettive,



**Come si fa la valutazione del rischio
per i portatori di AIMD?**

Il rispetto dei livelli di azione per i lavoratori non garantisce la prevenzione degli **effetti indiretti quali interferenze dispositivi elettronici impiantati etc.**



ICNIRP Guidelines



**Come si fa la valutazione del rischio
per i portatori di AIMD?**

CENELEC EN 50527-1

- definisce una metodologia generale per effettuare la valutazione del rischio di soggetti portatori di uno o più AIMD
- l'assunto di base è che i dispositivi medici funzionino correttamente, qualora non siano superati i livelli di esposizione stabiliti per la popolazione (1999/519/EC) senza includere alcuna media temporale
- fanno eccezione i campi magnetici statici (fino a 1 Hz) per i quali si consiglia di non superare il livello di 1 mT se non per esposizioni di breve durata

- critiche le condizioni espositive in cui vengono superati i livelli di riferimento stabiliti per la popolazione o i casi in cui i requisiti di immunità del dispositivo per ragioni cliniche non siano compatibili con tali livelli (importanza di specifiche indicazioni da parte del medico)
- ai fini della valutazione del rischio:
 - **é definita una lista di apparati che si assume producano campi elettromagnetici che non eccedono i livelli di riferimento per la popolazione**
 - **è indicata la necessità di una valutazione specifica per apparati che non ricadono nella lista di esclusione o che non sono utilizzati secondo quanto specificato nelle note della lista di esclusione**

CEI EN 50527-1

Il principale obiettivo di questa Norma è di descrivere come possa essere eseguita una valutazione del rischio per un lavoratore dipendente portatore di uno o più dispositivi medici impiantabili attivi (AIMD-Employee) ed esposto a campi elettromagnetici.

Un primo passo consiste in un'analisi dei rischi semplificata, seguita, se necessario, da una più approfondita valutazione del rischio.

Le Direttive 90/385/EEC e 2007/47/EC richiedono che i dispositivi medici impiantabili attivi siano progettati e realizzati in modo tale da eliminare o ridurre al minimo, per quanto è possibile, i rischi connessi con condizioni ambientali ragionevolmente prevedibili, come i campi magnetici, effetti da interferenze elettromagnetiche esterne e scariche di elettricità statica.

Allegato A (normativo)

Valutazione del rischio specifico

A.1 Generalità

Il presente Allegato fornisce un metodo per la valutazione specifica dei Lavoratori con AIMD, in assenza di Norme particolari. Se è presente una Norma per un AIMD specifico nella serie di Norme EN 50527-2-x, le disposizioni contenute in tale Norma hanno la precedenza sui metodi del presente Allegato.

La valutazione del rischio dovrebbe contenere contributi

-
- del datore di lavoro e, se applicabile, dei suoi esperti in materia di salute e sicurezza sul lavoro e/o del medico del lavoro,
 - del Lavoratore con AIMD e suo medico responsabile,
 - degli esperti (tecnici e medici), es. costruttore del AIMD.

La presenza di avvertenze specifiche costituisce, unitamente alle "avvertenze generiche", un limite supplementare valido indipendentemente da tutti gli altri risultati di valutazione.

A.2 e A.3 costituiscono metodi alternativi e deve essere utilizzato uno solo di essi.

A.2 Approccio non clinico

A.2.1 Valutazione della situazione di esposizione

È necessario conoscere o determinare l'intensità massima del campo continuo e transitorio sul luogo di lavoro. Devono essere raccolte informazioni sull'intensità di picco del campo, sulla modulazione, ecc.

La determinazione può essere condotta mediante uno o più dei metodi seguenti:

- misure;
- calcoli;
- informazioni fornite dal costruttore dell'apparecchiatura.

Le misure dovrebbero seguire le Norme esistenti come la EN 50413 o le Norme applicabili di prodotto o di misura.

In assenza di avvertenze specifiche, non è necessaria una valutazione in conformità a quanto prescritto da A.2.2 a A.2.4 quando non sono superati i livelli di riferimento per la popolazione (senza media temporale).

A.2.2 Valutazione dell'immunità del AIMD

Deve essere nota o determinata l'immunità alle esposizioni ai campi continui e transitori del AIMD specifico oggetto dell'indagine. La determinazione può essere condotta utilizzando informazioni fornite dal costruttore del AIMD e dal medico responsabile, o utilizzando i risultati di servizi o persone competenti.

A.2.3 Valutazione della compatibilità

La situazione di esposizione è funzione della distanza dalla sorgente o dall'apparecchiatura che emette il campo. Nella maggior parte dei casi, l'esposizione diminuisce con l'aumento della distanza.

Pertanto, la valutazione di compatibilità è un confronto spaziale tra l'immunità data del AIMD e l'intensità locale del campo.

NOTA Per tipi diversi di AIMD, può essere necessario ottenere i valori efficaci e/o di picco dei campi.

Se l'immunità è superiore all'esposizione in tutte le aree, l'interferenza può essere esclusa. Il Lavoratore con AIMD può quindi lavorare in tale luogo.

Se si individuano aree nelle quali l'esposizione è superiore all'immunità, deve essere condotta una valutazione del rischio.

A.2.4 Valutazione del rischio

Per una valutazione del rischio si deve determinare la rilevanza clinica dell'interferenza. In D.8 sono contenuti alcuni esempi di rilevanza clinica.

- Nelle aree nelle quali l'esposizione è superiore all'immunità, è necessario determinare se gli effetti dell'interferenza elettromagnetica sui AIMD sono clinicamente significativi per l'esposizione a lungo termine. In caso contrario, il Lavoratore con AIMD può accedere e lavorare in tali aree.
- Se l'effetto dell'interferenza elettromagnetica è clinicamente accettabile per brevi periodi (esposizione transitoria), ma non per periodi più lunghi, il Lavoratore con AIMD può transitare nell'area, ma non rimanervi o lavorarvi.
- Se l'effetto dell'interferenza elettromagnetica non è clinicamente accettabile, il Lavoratore con AIMD non deve entrare in tali aree.

A.3 Approccio clinico

L'approccio clinico può essere utilizzato per valutare il rischio per il Lavoratore con AIMD. Il Lavoratore con AIMD è esposto nel luogo di lavoro, o in un laboratorio che simula la situazione di esposizione del luogo di lavoro, a situazioni di esposizione prevedibili, sotto osservazione clinica per un periodo significativo. Si verifica il comportamento del AIMD da parte del personale, es. mediante telemetria durante e dopo l'esposizione.

NOTA Il Lavoratore con AIMD può essere esposto a livelli di esposizione prevedibili verificando la presenza o l'assenza di interferenze con il AIMD (test non provocativo), o esposto aumentando il livello di esposizione fino a osservare un'interferenza con il AIMD (test provocativo).

È opportuno considerare che tale approccio potrebbe non individuare un margine di sicurezza, a meno di svolgere un test provocativo.

I dettagli di tale indagine clinica non possono essere normalizzati, ma la responsabilità e la profondità prescritta dell'indagine devono essere determinate con il medico responsabile e con il medico supervisore delle prove.



Guida non vincolante
di buone prassi
per l'attuazione della direttiva
2013/35/UE relativa ai
campi elettromagnetici

Volume 1: Guida pratica

SINTESI

La presente guida pratica è stata elaborata **per aiutare i datori di lavoro**, in particolare le piccole e medie imprese, a ottemperare agli obblighi previsti dalla direttiva relativa ai campi elettromagnetici (direttiva 2013/35/UE, detta anche direttiva EMF). In seno all'Unione europea, le disposizioni generali per garantire la sicurezza e la salute dei lavoratori sono contenute nella direttiva quadro 89/391/CEE. Essenzialmente la direttiva EMF fornisce ulteriori dettagli su come realizzare gli obiettivi della direttiva quadro, nel caso specifico del lavoro in presenza di campi elettromagnetici.

La guida pratica contiene consigli sullo svolgimento della valutazione dei rischi, che dovrebbe essere coerente con una serie di procedure di valutazione dei rischi comunemente utilizzate, tra cui lo **strumento interattivo online per la valutazione dei rischi (OiRA) fornito dall'Agenzia europea per la sicurezza e la salute sul lavoro.**

Nella maggior parte dei casi, negli ambienti di lavoro, sono ridotti e possono essere valutati con facilità, e di conseguenza è molto bassa la percentuale dei D.L. che devono misurare o addirittura calcolare i livelli dei CEM nei propri ambienti di lavoro.

Approccio a scatole cinesi: al fine di evitare un impegno inutile agli utilizzatori la guida è suddivisa in BLOCCHI DI CAPITOLI.

A titolo di esempio...

Tabella 3.2 — Prescrizioni per le valutazioni specifiche dei campi elettromagnetici relative ad attività lavorative, apparecchiature e luoghi di lavoro comuni

Tipo di apparecchiatura o luogo di lavoro	Valutazione richiesta per i		
	Lavoratori non particolarmente a rischio*	Lavoratori particolarmente a rischio (esclusi quelli con dispositivi impiantabili attivi) [†]	Lavoratori con dispositivi impiantabili attivi) [§]
	(1)	(2)	(3)
Dispositivi di comunicazione senza fili (per esempio Wi-Fi o Bluetooth) comprendenti punti di accesso per WLAN — utilizzo di	No	No	Sì
Dispositivi di comunicazione senza fili (per esempio Wi-Fi o Bluetooth) comprendenti punti di accesso per WLAN — luoghi di lavoro contenenti	No	No	No
Telefoni cellulari — utilizzo di	No	No	Sì
Telefoni cellulari — luoghi di lavoro contenenti	No	No	No
Dispositivi di comunicazione senza fili (per esempio Wi-Fi o Bluetooth) comprendenti punti di accesso per WLAN — utilizzo di	No	No	Sì
Dispositivi di comunicazione senza fili (per esempio Wi-Fi o Bluetooth) comprendenti punti di accesso per WLAN — luoghi di lavoro contenenti	No	No	No
Ufficio			
Apparecchiature audiovisive (per esempio televisori, lettori DVD)	No	No	No
Apparecchiature audiovisive contenenti trasmettitori a radiofrequenza	No	No	Sì
Apparecchiature di comunicazione e reti cablate	No	No	No
Computer e apparecchiature informatiche	No	No	No

Se un luogo di lavoro presenta solo le situazioni elencate nella tabella 3.2 che riportano un **NO** in tutte le colonne pertinenti, in genere non è necessario effettuare una valutazione specifica dei CEM. Sarà tuttavia necessario effettuare una valutazione generale dei rischi conformemente alle prescrizioni della direttiva quadro e i D.L. dovranno tener conto dei mutamenti di circostanza.

Tabella 3.2 — Prescrizioni per le valutazioni specifiche dei campi elettromagnetici relative ad attività lavorative, apparecchiature e luoghi di lavoro comuni

Tipo di apparecchiatura o luogo di lavoro	Valutazione richiesta per i		
	Lavoratori non particolarmente a rischio*	Lavoratori particolarmente a rischio (esclusi quelli con dispositivi impiantabili attivi) [†] (2)	Lavoratori con dispositivi impiantabili attivi) [‡] (3)
Telefoni a filo		No	Sì
Telefoni a filo DECT)		No	No
Telefoni cellulari		No	Sì
Telefoni cellulari — luoghi di lavoro	No	No	No
Dispositivi di comunicazione senza fili (per esempio Wi-Fi o Bluetooth) comprendenti punti di accesso per WLAN — utilizzo di	No	No	Sì
Dispositivi di comunicazione senza fili (per esempio Wi-Fi o Bluetooth) comprendenti punti di accesso per WLAN — luoghi di lavoro contenenti	No	No	No
Ufficio			
Apparecchiature audiovisive (per esempio televisori, lettori DVD)	No	No	No
Apparecchiature audiovisive contenenti trasmettitori a radiofrequenza	No	No	Sì
Apparecchiature di comunicazione e reti cablate	No	No	No
Computer e apparecchiature informatiche	No	No	No

La tab.3.2 è utilizzabile sotto **“conditio sine qua non”**.

Se l'attività in questione è contrassegnata da un **“sì”** in una delle tre colonne, allora è necessario procedere ad una valutazione specifica...e proseguire con l'applicazione della seconda sezione.

La sezione 2, ai sensi dell'art.4 della Direttiva, presenta l'approccio generale suggerito dalla **piattaforma OIRA**

- 1. Fase di preparazione:** mettere insieme le informazioni sulle attività lavorative;
- 2. Fase di preparazione:** identificazione delle attività correlate ai rischi da CEM e del personale coinvolto, compresi i manutentori;
- 3. Valutazione e classificazione dei rischi:** connessi a effetti diretti e indiretti, secondo la gravità di un potenziale evento incidentale e la probabilità che questo evento possa verificarsi, con attenzione ai lavoratori particolarmente a rischio;
- 4. Eventuali azioni preventive:** qualora i rischi possano essere eliminati (cap.9 Misure di protezione e prevenzione)

La guida discute i **VLE** e i **LA** e come confrontarsi con essa.

MEMENTO: i LA sono derivati dai VLE tramite assunzioni conservative
Per cui la conformità con i LA assicura sempre quella con i
corrispondenti VLE.

Se un apparato presente nel luogo di lavoro non è giustificabili a priori,
la guida consiglia di utilizzare le informazioni messe a disposizione dal
fabbricante o comunque reperibili in banche dati, quali ad esempio il
PAF.

Nei casi in cui è indispensabile effettuare le misure è comunque possibile
richiedere assistenza a enti Nazionali per la salute e la sicurezza e a
autorità locali e nazionali che offrono servizi ai DL o a Istituti di ricerca
come l'università.

In caso contrario, la guida raccomanda di affidarsi a professionisti
competenti.

Se la conformità con i LA (quindi automaticamente con il VLE) non può essere dimostrata, il DL ha due opzioni:

-Proseguire la valutazione con il **confronto con i VLE**- Qualora valuti questo processo troppo dispendioso, intervenire con misure di prevenzione e protezione che assicurino la conformità ai LA o VLE, considerando anche che il risultato del confronto con i VLE potrebbe in ogni caso condurre alla necessità di misure aggiuntive.

In questo caso, o nel caso raro di superamento dei VLE, i DL possono avvalersi della **sezione finale**, in cui sono riportate varie misure di protezione e prevenzione.

Sui Dodici Casi Studi della guida:

Si rammenta che il senso della Guida non è quello di fornire dei numeri relativi ad ogni apparecchiatura considerata, bensì fornire un approccio metodologico e consigli di buona pratica.

Pertanto, nel sottolineare che i risultati dipendono da una vasta gamma di fattori, modello dell'apparecchiatura, dalle condizioni di utilizzo..etc. conclusioni specifiche, come i superamenti dei limiti o le distanze di rispetto degli stessi, non sono mutuabili a situazioni analoghe ma non identiche.

A conclusione si ricorda che le guide NON sono giuridicamente vincolanti e devono essere utilizzate in combinazione con il D.lgs. 159/16, la direttiva relativa ai CEM e la direttiva quadro 89/391/CEE

Rimane comunque valido l'approccio presentato.

Buon Lavoro.