

Campi elettromagnetici: tra fondo naturale e limiti delle agenzie di normazione e della legislazione

Prof. Aldo Canova

Politecnico di Torino, Dipartimento Energia «Galileo Ferraris»

Corso Duca degli Abruzzi 24, 10129 Torino

e-mail: aldo.canova@polito.it



**Politecnico
di Torino**

Tematiche

- Campo, grandezze di campo e spettro elettromagnetico
- Modelli di interazione ed effetti sulla salute umana
- Legislazione
- Protezione popolazione, lavoratori professionalmente esposti e non professionalmente esposti
- Sorgenti elettriche e magnetiche in bassa frequenza
- Sistemi di schermatura
 - Schermatura di cabine e linee elettriche
 - Schermatura di sorgenti industriali
- Conclusioni

Il concetto di campo

- Il campo rappresenta una regione dello spazio in cui una certa **grandezza** interagisce su certi **soggetti** (es forza gravitazionale e massa).
- I campi possono essere:
 - **costanti** nel tempo (**stazionari**) o **variabili** nel tempo (**lentamente e rapidamente variabili**)
 - **scalari** o **vettoriali** (es. il campo termico è scalare, il campo gravitazionale è vettoriale)

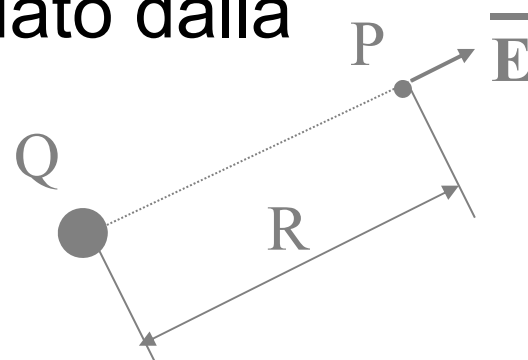
Il campo elettrico

- Il **campo elettrico** è una regione di spazio in cui certe particelle denominate **cariche elettriche** (le cariche elettriche elementari sono gli elettroni ed i protoni) sono sottoposte a **forze**
- Il campo elettrico è a sua volta generato dalla presenza di cariche elettriche
- L'unità di misura è **V/m**

Esempi di Campo Elettrico

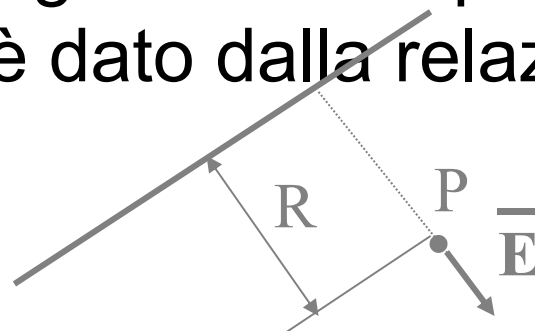
- Il **campo elettrico** \mathbf{E} in un punto P prodotto da una carica puntiforme Q è dato dalla relazione:

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2}$$



- Il campo elettrico \mathbf{E} in un punto P prodotto da una carica distribuita lungo una retta pari a q (esempio **linea aerea**) è dato dalla relazione:

$$E = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 R}$$



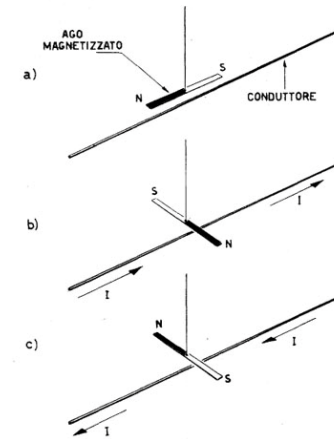
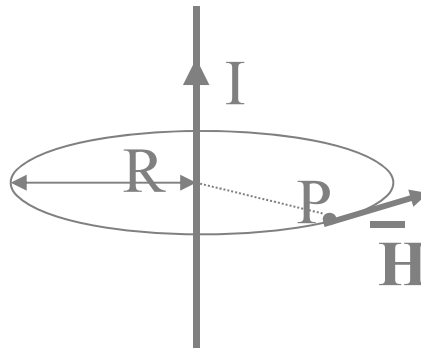
Il Campo Magnetico

- Il **campo magnetico** è una regione di spazio in cui certe particelle denominate **dipoli magnetici** (es. ago della bussola) sono sottoposte a **coppie di forze** che tendono a farle ruotare
 - Il campo magnetico è a sua volta generato dalla presenza di dipoli magnetici (magneti permanenti) o da **correnti elettriche**
-

Campo Magnetico: conduttore rettilineo indefinito

- Il **campo magnetico H** in un punto P prodotto da conduttore filiforme (es. conduttore di una linea aerea od in cavo) percorso da una corrente pari ad **I** è dato dalla relazione:

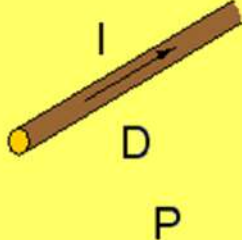
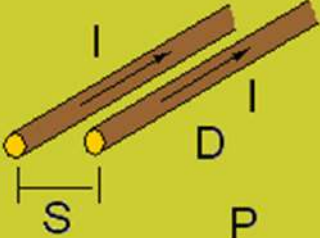
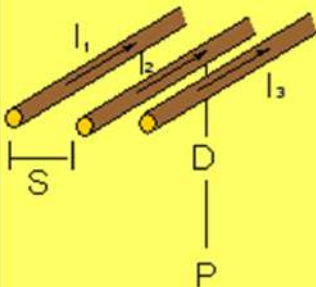
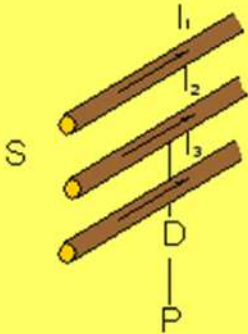
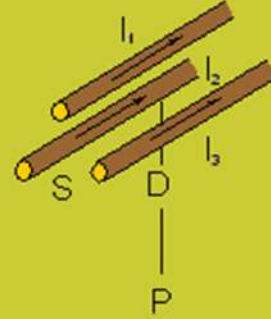
$$H = \frac{I}{2\pi R}$$



EFFETTO MAGNETICO DELLA CORRENTE ELETTRICA

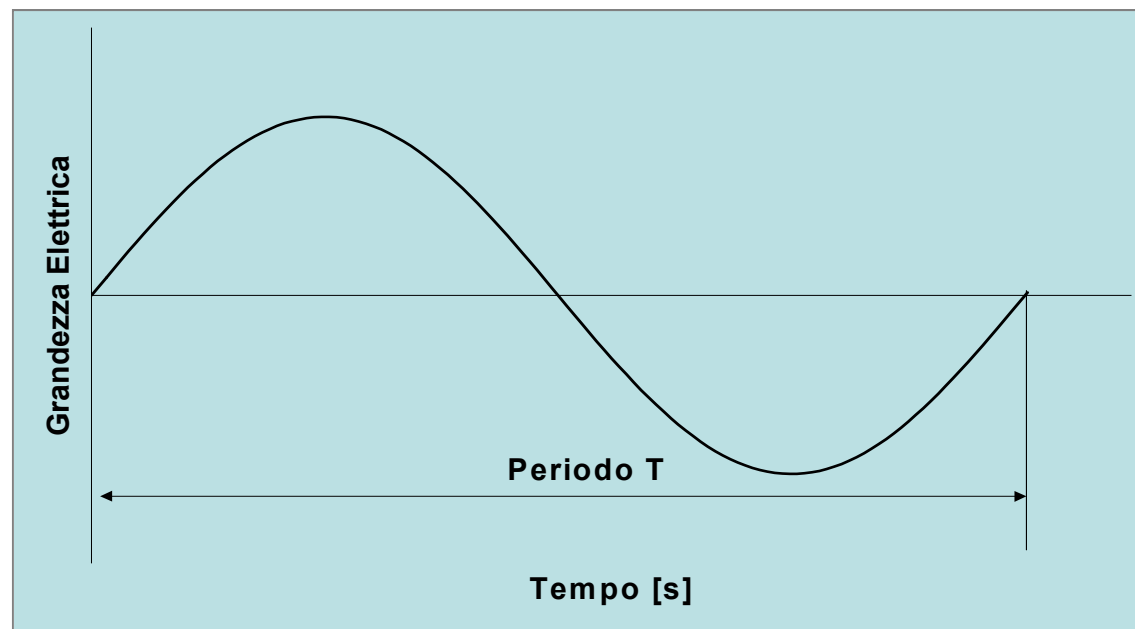
- L'unità di misura è **A/m**
- Al campo magnetico è associata una grandezza, detta induzione magnetica **B**, che dipende dal materiale in cui il campo è presente. $B = \mu H$ μ permeabilità magnetica
- L'unità di misura è **Tesla (T)**

Campo Magnetico: decadimento con la distanza

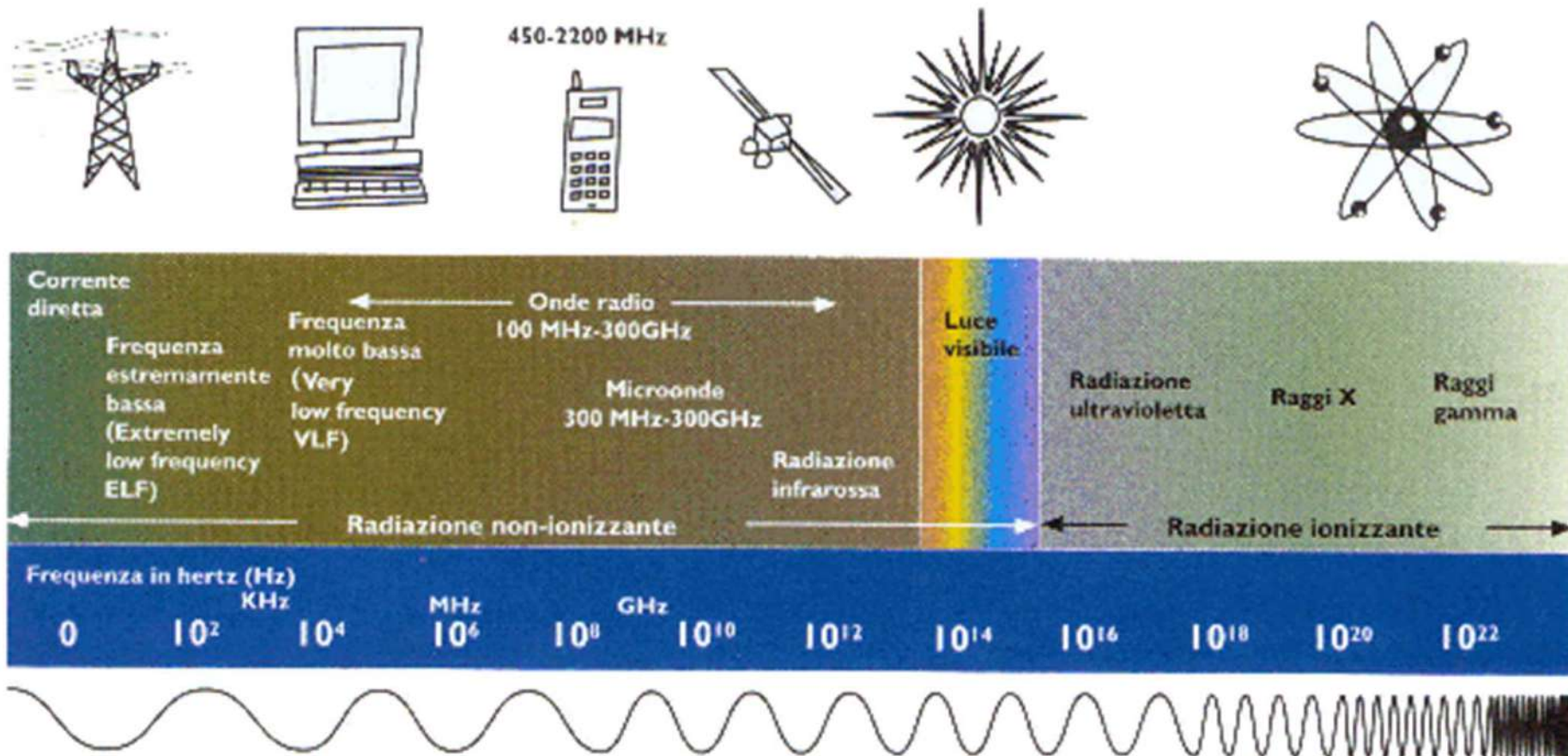
<p>Linea unifilare</p> 		<p>Linea bifilare</p> 	
$H_p \text{ (A/m)} = I 2 \pi D$	$B_p \text{ (\mu T)} = \frac{1}{5} \times I/D$	$H_p \text{ (A/m)} = I/2 \pi D \times S/D$	$B_p \text{ (\mu T)} = \frac{1}{5} \times I/D \times S/D$
<p>conduttori in piano</p> 		<p>conduttori in verticale</p> 	
$B_p \text{ (\mu T)} = 0,346 \times I/D \times S/D$		<p>conduttori a triangolo</p> 	
		$B_p \text{ (\mu T)} = 0,245 \times I/D \times S/D$	

Frequenza

- I fenomeni di interazione elettromagnetica sono legati alla variabilità nel tempo di grandezze elettriche
- Una grandezza variabile nel tempo con legge periodica è caratterizzata da un intervallo di tempo denominato periodo **T**.



Spettro elettromagnetico

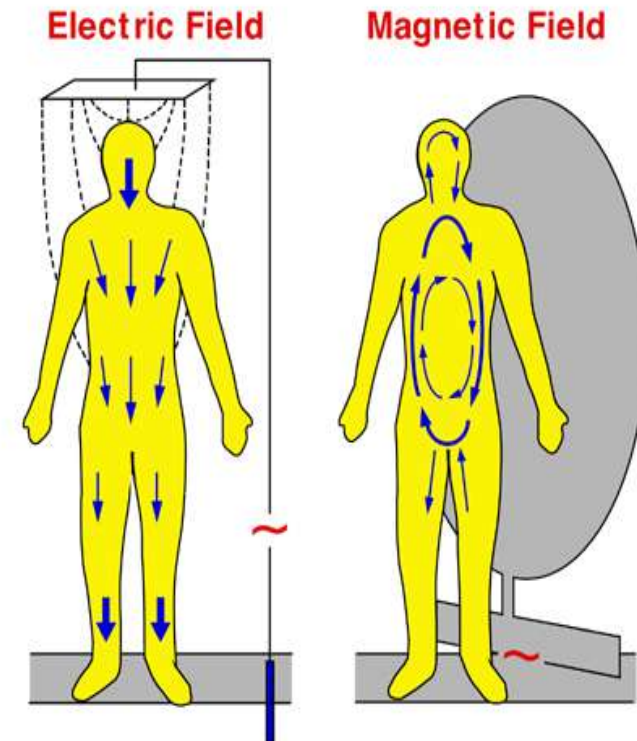


Meccanismi di interazione tra campi e corpo

- Sono stati individuati diversi meccanismi di interazione tra campi e corpo umano:
 - Interazione con **campo elettrico e magnetico in bassa frequenza**
 - Interazione con **campo elettromagnetico**
- Effetti a lungo e breve termine
- Definizione dei limiti di base e di riferimento (o di esposizione e di azione)

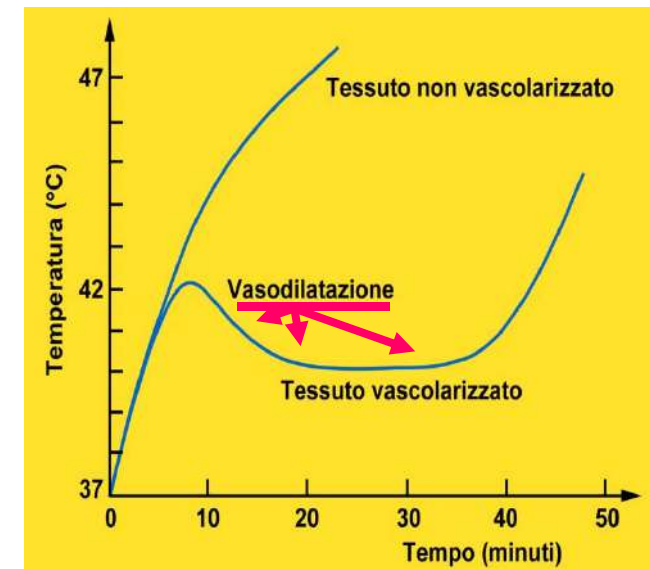
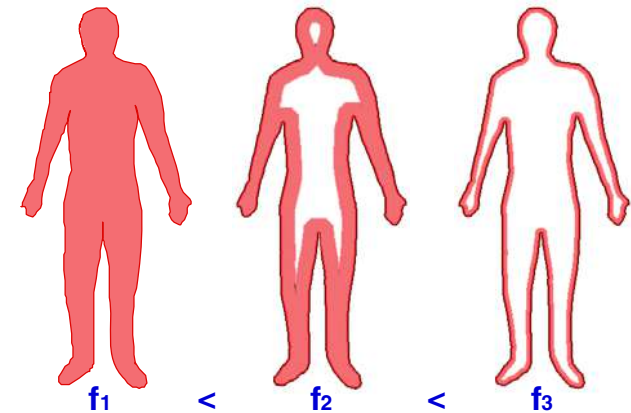
Interazione campo-organismo in bassa frequenza

- I campi elettromagnetici ambientali in bassa frequenza danno origine a **correnti e campi elettrici indotti** in corpi conduttori
- Il corpo umano è estremamente ricco di cariche libere ed il funzionamento di diverse attività fisiologiche, come la contrazione dei muscoli e del cuore, la trasmissione degli stimoli nervosi e molte altre è assicurato proprio da **correnti e da campi elettrici endogeni**.
- Nel caso di esposizione a campi a bassa frequenza le grandezze elettriche indotte, cioè la **densità di corrente A/m^2** (2004/40/CE) e il **campo elettrico** (2013/35/UE), vengono quindi scelte come **quantità dosimetriche di base** alle quali porre delle restrizioni di tipo protezionistico. Tali grandezze possono quindi essere facilmente confrontate con i normali valori endogeni per valutare il loro potenziale rischio.



Interazione campo-organismo in alta frequenza

- Con l'aumentare della frequenza diventa prevalente l'**assorbimento di energia (SAR)** nei tessuti attraverso il rapido movimento oscillatorio di ioni e molecole di acqua e a frequenze superiori a circa 10 MHz questo effetto è l'unico a permanere
- Al di sopra di 10 GHz l'assorbimento è esclusivamente superficiale
- L'organismo, a differenza di quanto avviene per le BF, opera una certa difesa attraverso la **termoregolazione** per smaltire verso l'esterno il calore in eccesso.
- Per questo motivo gli **organi poco vascolarizzati**, come il cristallino e le gonadi, non disponendo di un efficace sistema di dispersione del calore, saranno quelli maggiormente suscettibili ad un riscaldamento eccessivo.



Possibili effetti sulla salute

- Negli ultimi decenni la comunità scientifica ha cominciato a studiare i possibili effetti nocivi dei campi elettromagnetici di lungo periodo (**effetti cronici**), distinguendoli dagli effetti sanitari acuti, o di breve periodo.
- Gli effetti cronici possono manifestarsi, anche **dopo lunghi periodi di latenza**, come conseguenza di esposizioni a livelli bassi di campo elettromagnetico per periodi prolungati (situazione caratteristica degli ambienti di vita). Questi effetti hanno una **natura probabilistica**, cioè con l'aumento dell'esposizione, aumenta la possibilità di contrarre un danno, ma rimane invariata la gravità di tale danno.
- Gli effetti cronici sono stati analizzati attraverso numerose indagini **epidemiologiche**. Attualmente mancano studi universalmente accettati dalla comunità scientifica; tuttavia i maggiori organismi scientifici nazionali ed internazionali concordano nel ritenere che, allo stato attuale delle conoscenze, possa esistere una **debole** correlazione tra l'esposizione a campi elettromagnetici e cancro, limitatamente alle frequenze estremamente basse (ELF).

Possibili effetti sulla salute

- **L'Organizzazione Mondiale per la Sanità (OMS)** sostiene che i dati scientifici disponibili, **non forniscono alcuna prova diretta** che l'esposizione alle alte frequenze (RF) induca o favorisca il cancro, né che abbrevi la durata della vita.
- Altri studi ipotizzano, che l'esposizione a basse frequenze (ELF), provochi un aumento del **rischio di leucemia infantile**, indicano il valore di $0.4 \mu T$ per il campo magnetico come soglia per la manifestazione dell'effetto.
- L'Istituto Superiore della Sanità stima che in Italia, assumendo un nesso di causalità tra esposizione a campi elettromagnetici a frequenza estremamente bassa e rischio di leucemia, **un caso ogni 400** di leucemia infantile potrebbe essere imputato all'esposizione ai campi magnetici prodotti dalle linee elettriche.

Possibili effetti sulla salute

- Il National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS USA) ha valutato i campi ELF come **possibili cancerogeni per l'uomo** (classe III), in base alla 5 categorie indicate dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) che ha classificato gli agenti potenzialmente cancerogeni.
- Le 5 categorie IARC sono:
 - Probabilmente non cancerogeno (classe V)
 - Non classificabile come cancerogeno (classe IV)
 - Possibile cancerogeno (classe III)
 - Probabile cancerogeno (classe II)
 - Cancerogeno (classe I)

Legislazione su campi elettrici e magnetici: protezione popolazione

- DM del 21/3/1988
- DM del 16/1/1991
- DPCM del 23/4/1992 e DPCM 28/9/1995
- Legge 36 del 22/2/2001
 - DPCM 8/7/2003 (GU n. 200 del 29/08/2003)
- Raccomandazione CEE 12 Luglio 1999 – Linee guida ICNIRP
- Decreto Ministeriale (160) del 29/05/2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”
- Decreto Ministeriale (153) del 29/05/2008 “Approvazione delle procedura di misura e valutazione dell’induzione magnetica” – Procedura di misura e di valutazione del valore di induzione magnetica utile ai fini della verifica del non superamento del valore di attenzione e dell’obiettivo di qualità

- Legge quadro 36/2001: legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici
 - DPCM 8 Luglio 2003
 - $0 \text{ Hz} < f < 100 \text{ kHz}$
 - $100\text{kHz} < f < 300 \text{ GHz}$

DPCM 8/7/2003: GU n. 200 del 29/08/2003

0 Hz < f < 100 kHz

- Il decreto citato rappresenta il decreto attuativo della: “Legge quadro sulla protezione delle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”, del 22 Febbraio 2001, n. 36, pubblicata nella GU n. 55 del 7/3/2001, relativamente all’alta frequenza.
- Senza entrare nel merito della legge quadro, il DPCM 8/7/2003 definisce: “Fissazioni dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a **campi elettrici e magnetici** alla **frequenza di rete (50 Hz)** generati dagli elettrodotti”.
- I limiti fissati dalla legge non si applicano ai lavoratori esposti per motivi professionali
- Per le esposizioni a campi a frequenze comprese tra **0 e 100 kHz**, generati da sorgenti non riconducibili agli elettrodotti, si applica l’insieme delle restrizioni stabilite nella raccomandazione del **Consiglio dell’Unione Europea del 12/07/99 (quindi linee guida ICNIRP)**.
- La legge ed il relativo decreto hanno introdotto il concetto del **valore di attenzione** e degli **obiettivi di qualità** .

...DPCM 8/7/2003 (GU n. 200 del 29/08/2003)

- Articolo 3 (limiti di esposizione e valori di attenzione)
 - 1. Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di **50 Hz** generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di **100 μ T** per l'induzione magnetica e **5 kV/m** per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.
 - 2. A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), **nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici** e nei luoghi adibiti a **permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere**, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di **10 μ T**, da intendersi come **mediana dei valori nell'arco delle 24 ore** nelle **normali condizioni di esercizio**.

...DPCM 8/7/2003 (GU n. 200 del 29/08/2003)

- Articolo 4 (obiettivi di qualità)
 - 1. Nella progettazione di **nuovi elettrodotti** in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a **permanenze non inferiori a quattro ore** e nella **progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree** di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di **3 μ T** per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Quali sono le esposizioni di carattere profes

Sono esposizioni “di carattere professionale” quelle strettamente correlate e necessarie alla finalità del processo produttivo.

Legge Quadro 36/2001

Art.2, c.1, lett.f – definisce esposizione professionale “...*ogni tipo di esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici che, per la loro specifica attività lavorativa, sono esposti a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici*”

Lavoratori professionalmente e non professionalmente esposti



COORDINAMENTO
TECNICO
INTERREGIONALE
DELLA PREVENZIONE
NEI LUOGHI DI LAVORO

Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro
delle Regioni e delle Province autonome

Decreto Legislativo 81/2008
Titolo VIII, Capo I, II, III, IV e V
sulla prevenzione e protezione dai rischi dovuti
all'esposizione ad agenti fisici
nei luoghi di lavoro
Indicazioni operative

Lavoratori professionalmente e non professionalmente esposti



COORDINAMENTO
TECNICO
INTERREGIONALE
DELLA PREVENZIONE
NEI LUOGHI DI LAVORO

Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro
delle Regioni e delle Province autonome

4.05 - Quali sono le esposizioni di carattere professionale?

Secondo la definizione dell'art.2, comma 1, lettera f), della legge 36/2001, la legge quadro sulla protezione dai campi elettromagnetici, l'esposizione dei lavoratori è *“ogni tipo di esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici che, per la loro specifica attività lavorativa, sono esposti a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”*.

Sono quindi da intendersi esposizioni di carattere professionale quelle strettamente correlate e necessarie alle finalità del processo produttivo.

Le esposizioni indebite a sorgenti non correlate con la specifica attività dei lavoratori che non ricadono sotto la gestione del datore di lavoro devono essere contenute, a carico dei gestori, entro i limiti vigenti per la tutela della popolazione. Il datore di lavoro deve ad ogni modo valutare il rischio ed eventualmente verificare il rispetto della normativa vigente da parte dell'esercente della sorgente anche avvalendosi dell'organo di controllo.

Le esposizioni indebite a sorgenti non correlate con la specifica attività dei lavoratori che ricadono sotto la gestione del datore di lavoro, devono essere eliminate o ricondotte entro le restrizioni previste dalla normativa vigente per la tutela della popolazione. La regola generale da seguire in proposito, possibilmente in sede di progettazione dei luoghi di lavoro, è quella di installare gli

Protezione dei lavoratori professionalmente esposti

- Linee guida ICNIRP 1998 (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection): GUIDELINES FOR LIMITING EXPOSURE TO TIME-VARYING ELECTRIC, MAGNETIC, AND ELECTROMAGNETIC FIELDS (UP TO 300 GHz)
- Direttiva 2004/40/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 29 aprile 2004
- D. L.gs n. 257 del 19 novembre 2007
- D. L.gs n.81, 9 aprile 2008, Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro
- Direttiva 2008/46/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 aprile 2008
- Linee guida ICNIRP 2010 (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection): GUIDELINES FOR LIMITING EXPOSURE TO TIME-VARYING ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS (1Hz TO 100 kHz)

Proroga della 2004/40/CE

Proroga della direttiva europea 2004/40/CE concernente i CEM sul luogo di lavoro

- Il 26 ottobre 2007, la Commissione europea ha annunciato la proroga dell'attuazione della direttiva sugli agenti fisici (CEM) (direttiva 2004/40/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici)).
- Questa proposta modifica la data di recepimento della direttiva 2004/40/CE al 30 aprile 2012, al fine di concedere il tempo necessario alla preparazione di un testo rettificato che tenga in maggiore considerazione alcune tecnologie che fanno uso di campi statici o a bassissima frequenza, come la risonanza magnetica per immagini (MRI).

DIRETTIVA 2013/35/EU

- Il 26 giugno 2013 è stata approvata la nuova DIRETTIVA 2013/35/EU DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) che ha **abrogato la direttiva 2004/40/CE** a decorrere dal 29 giugno 2013.
- 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)
- **DECRETO LEGISLATIVO 1 agosto 2016, n. 159: Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE. (16G00172)**

Principi della Direttiva

- Dopo le direttive:
 - direttiva sulle vibrazioni (2002/44/CE)
 - direttiva sul rumore (2003/10/CE)
 - Prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici campi elettromagnetici (diciottesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE)
- Punti fondamentali:
 - protezione dagli **effetti considerati accertati** (non riguarda ipotizzati effetti a lungo termine)
 - linee guida **ICNIRP 2010** quale riferimento tecnico-scientifico per la definizione dei limiti di esposizione (Raccomandazione sulla protezione della popolazione del luglio 1999)
 - a differenza della Raccomandazione la direttiva affronta il merito degli **obblighi datori di lavoro**, dei provvedimenti per ridurre l'esposizione, e della sorveglianza sanitaria

Principi della Direttiva

- Definizione di “limiti di esposizione” e di “valori di azione”:
 - **valori limite di esposizione**: limitazioni all’esposizione a campi elettromagnetici che sono direttamente basate **su effetti sensoriali e sanitari accertati** e su considerazioni biologiche. Il rispetto di questi limiti assicura che i lavoratori esposti siano protetti da tutti gli effetti nocivi noti (restrizioni di base ICNIRP);
 - alte frequenze:
 - SAR mediato sul corpo intero o e locale (testa e arti), **media temporale su periodi di sei minuti**
 - basse frequenze:
 - densità di corrente indotta e campo elettrico indotto nella testa e nel tronco, **valore istantaneo**



Principi della Direttiva

- I **Livelli di Azione (LA)**: il valore di parametri **direttamente misurabili** a cui si devono intraprendere una o più delle misure specificate in questa direttiva. Il rispetto di questi valori assicura il rispetto dei pertinenti limiti di esposizione (livelli di riferimento (ICNIRP))
- I Livelli di Azione sono:
 - l'intensità di campo elettrico (E) misurata in V/m;
 - l'induzione magnetica (B) misurata in T;
 - l'intensità di campo magnetico (H) misurato in A/m;
 - la densità superficiale di potenza (S) W/m².
- I valori di azione **garantiscono** i valori di esposizione ed il loro superamento non implica automaticamente il superamento di questi ultimi.

Principi della Direttiva

- Il datore di lavoro deve in primo luogo **valutare** e, se necessario, **misurare e calcolare** i livelli di campo elettromagnetico a cui i lavoratori sono esposti, e se su tale base **i valori di azione risultano superati**, si deve stabilire e, se necessario, calcolare se vengono superati i limiti di esposizione;
- al di **sotto dei valori di azione** non è necessario intraprendere alcuna iniziativa;
- ove questi siano **superati**, l'azione è quella di verificare se sono superati o **rispettati i limiti di esposizione**
- *le valutazioni dosimetriche sono notevolmente complesse e richiedono metodi di calcolo molto sofisticati*

SORGENTI: conformità e non conformità a priori

Si definisce situazione “**giustificabile**” una condizione che può avvalersi di questa più semplice modalità di valutazione del rischio nella quale la condizione espositiva non comporta apprezzabili rischi per la salute.

Ai fini di questa definizione si reputano in primo luogo non comportare rischi per la salute le esposizioni inferiori ai livelli di riferimento per la popolazione di cui alla **raccomandazione europea 1999/519/CE**.

In linea con questa definizione sono condizioni espositive giustificabili quelle elencate nella norma **CENELEC EN 50499 (CEI 106-23)**

CEI 106-23 – conformità a priori

Procedura per la valutazione dell'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici

Tabella 1 – Luoghi di lavoro e apparecchiature conformi a priori

Voce	Designazione del luogo di lavoro	Tipo di apparecchiatura	Note
T.1.1	Luoghi di lavoro aperti alla popolazione trattati in 4.3 della Direttiva 2004/40/CE		I luoghi di lavoro aperti al pubblico e coerenti con i limiti di esposizione indicati nella Raccomandazione del Consiglio Europeo 1999/519/EC sono ritenuti conformi.
T.1.2	Tutti i luoghi	Apparecchiatura con marcatura CE valutata utilizzando le norme EMF armonizzate, vedere esempi nell'Allegato C.	L'apparecchiatura deve essere installata e utilizzata in conformità alle istruzioni del costruttore.
T.1.3	Tutti i luoghi	Apparecchiatura immessa nel mercato europeo in conformità alla Raccomandazione Europea 1999/519/CE, come prescritto dalle direttive relative, in particolare, in conformità alle relative norme armonizzate elencate nell'OJEU. Esempi sono indicati nell'Allegato C.	Alcune apparecchiature immesse nel mercato europeo possono anche essere conformi alla Raccomandazione Europea 1999/519/EC pur non avendo ricevuto il marchio CE, per esempio, se fanno parte di un'installazione.
T.1.4	Tutti i luoghi	Apparecchiatura di illuminazione	Escluse le illuminazioni speciali alimentate in RF.

CEI 106-23 – conformità a priori

Tabella 1 – Luoghi di lavoro e apparecchiature conformi a priori

T.1.5	Tutti i luoghi	Computer e apparecchiature IT	
T.1.6	Tutti i luoghi	Macchine per ufficio	I dispositivi per la cancellazione in blocco di nastri magnetici possono necessitare di ulteriori valutazioni.
T.1.7	Tutti i luoghi	Telefoni mobili e telefoni senza filo	
T.1.8	Tutti i luoghi	Radio ricetrasmittenti	Solo i tipi con potenza emessa mediata sul tempo, inferiore a 20 mW.
T.1.9	Tutti i luoghi	Stazioni base per apparecchi telefonici senza filo DECT e WLAN (es. Wi-Fi)	Limitatamente alle apparecchiature destinate all'utilizzo da parte della popolazione.
T.1.10	Tutti i luoghi	Apparecchiature e reti di comunicazione escluse quelle senza fili	
T.1.11	Tutti i luoghi	Apparecchi portatili e trasportabili	Es. trattati nel campo di applicazione della EN 60745-1 e della EN 61029-1, vedere l'Allegato C.

CEI 106-23 – conformità a priori

Tabella 1 – Luoghi di lavoro e apparecchiature conformi a priori

Voce	Designazione del luogo di lavoro	Tipo di apparecchiatura	Note
T.1.12	Tutti i luoghi	Apparecchi scaldanti portatili	Es. trattati nel campo di applicazione della EN 60335-2-45 (es. pistole a colla, pistole riscaldanti) Vedere Allegato C. Gli apparecchi scaldanti a induzione e gli apparecchi scaldanti dielettrici sono esclusi dalla Tabella 1.
T.1.13	Tutti i luoghi	Caricabatterie	Trattati nel campo di applicazione della EN 60335-2-29. Il campo di applicazione tratta i caricabatterie per il normale uso domestico e i caricabatterie destinati all'utilizzo in garage, nei negozi, nell'industria leggera e nelle fattorie. Vedere l'Allegato C.
T.1.14	Tutti i luoghi	Apparecchiature elettriche da giardino	
T.1.15	Tutti i luoghi	Apparecchiature audio e video	I tipi speciali, che utilizzano trasmettitori radio usati tipicamente nel settore delle radiodiffusioni, possono necessitare di ulteriori valutazioni.
T.1.16	Tutti i luoghi	Apparecchiature portatili alimentate a batteria, esclusi i trasmettitori a radio frequenza	
T.1.17	Tutti i luoghi	Apparecchiature elettriche per il riscaldamento di locali	I riscaldatori a microonde sono esclusi dalla presente tabella.
T.1.18	Tutti i luoghi	Tutte le apparecchiature non elettriche	

CEI 106-23 – conformità a priori

Tabella 1 – Luoghi di lavoro e apparecchiature conformi a priori

T.1.19	Tutti i luoghi	<p>Reti di alimentazione elettrica (50 Hz) nei luoghi di lavoro e circuiti di distribuzione e trasmissione dell'elettricità che attraversano o sorvolano il luogo di lavoro. Le esposizioni ai campi elettrici e magnetici sono considerate separatamente.</p> <p>I seguenti elementi sono conformi per l'esposizione ai campi magnetici:</p> <ul style="list-style-type: none">tutte le installazioni elettriche con un valore nominale della corrente di fase non superiore a 100 A;tutti i circuiti singoli all'interno di un'installazione, con un valore nominale della corrente di fase non superiore a 100 A;tutti i circuiti i cui conduttori sono vicini e hanno una corrente netta non superiore a 100 A;sono compresi tutti i componenti delle reti che soddisfano i criteri precedenti (inclusi i cablaggi, le apparecchiature di manovra, i trasformatori, ecc.);tutti i conduttori aerei nudi. <p>I seguenti elementi sono conformi per l'esposizione ai campi elettrici:</p> <ul style="list-style-type: none">tutti i circuiti di cavi sotterranei o isolati con qualsiasi tensione nominaletutti i circuiti aerei nudi con tensione nominale non superiore a 100 kV, o le linee aeree non superiori a 125 kV che sorvolano il luogo di lavoro, o di qualsiasi tensione se il luogo di lavoro è all'interno.	<p>I criteri qui riportati per dimostrare la conformità ai limiti di esposizione nel luogo di lavoro sono basati sulla dimostrazione che le esposizioni sono inferiori ai limiti minimi della Raccomandazione CE (1999) sulle esposizioni EMF per la popolazione. Tali criteri sono sufficienti a dimostrare la conformità per la maggior parte dei luoghi di lavoro.</p> <p>I criteri di valutazione basati direttamente sui limiti di esposizione della Direttiva CE per il luogo di lavoro, sono indicati nell'Allegato F. Essi utilizzano 500 A al posto di 100 A, 200 kV invece di 100 kV e 250 kV invece di 125 kV. La lista di controllo indicata in F.2.4 può quindi essere utilizzata per dimostrare la conformità ai campi magnetici, e quella in F.3.1 per la conformità ai campi elettrici in qualsiasi luogo di lavoro.</p>
--------	----------------	---	--

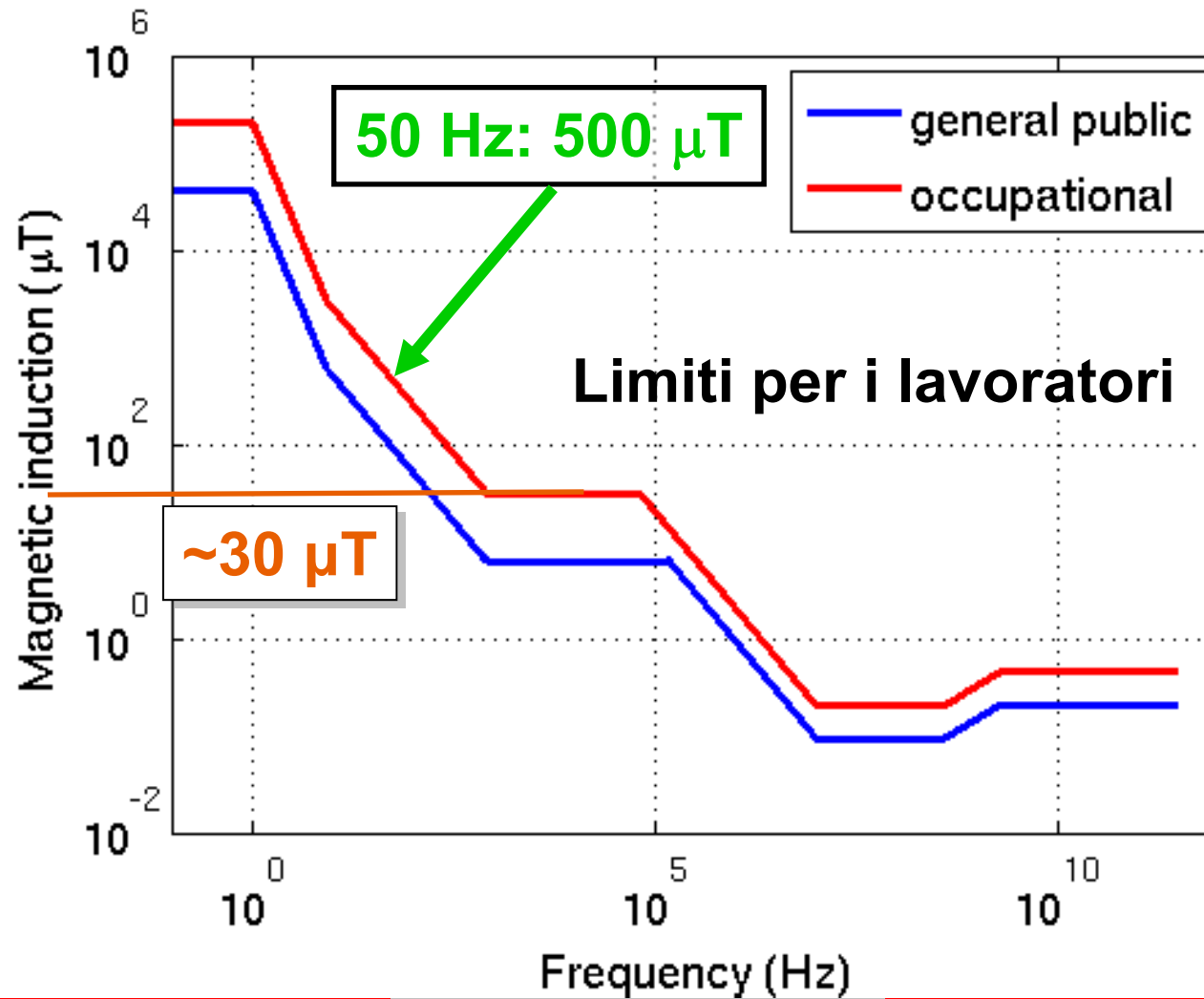


CEI 106-23 – non conformità a priori

Tabella 2 – Esempi di apparecchiature suscettibili di necessitare di ulteriore valutazione

Voce	Tipo di apparecchiatura	Note
T.2.1	Elettrolisi industriale	Sia i tipi in c.a. che in c.c.
T.2.2	Saldatura e fusione elettrica	
T.2.3	Riscaldamento a induzione	
T.2.4	Riscaldamento dielettrico	
T.2.5	Saldatura dielettrica	
T.2.6	Magnetizzatori/smagnetizzatori industriali	Compresi i dispositivi per la cancellazione in blocco di nastri magnetici.
T.2.7	Apparecchi di illuminazione speciali attivati con RF	
T.2.8	Dispositivi al plasma in RF	Compresa la deposizione sotto vuoto e la polverizzazione catodica.
T.2.9	Diatermia	Tutte le apparecchiature per trattamenti medici che utilizzano sorgenti RF di elevata potenza (> 100 mW) mediata nel tempo
T.2.10	Sistemi elettrici di controllo di integrità	

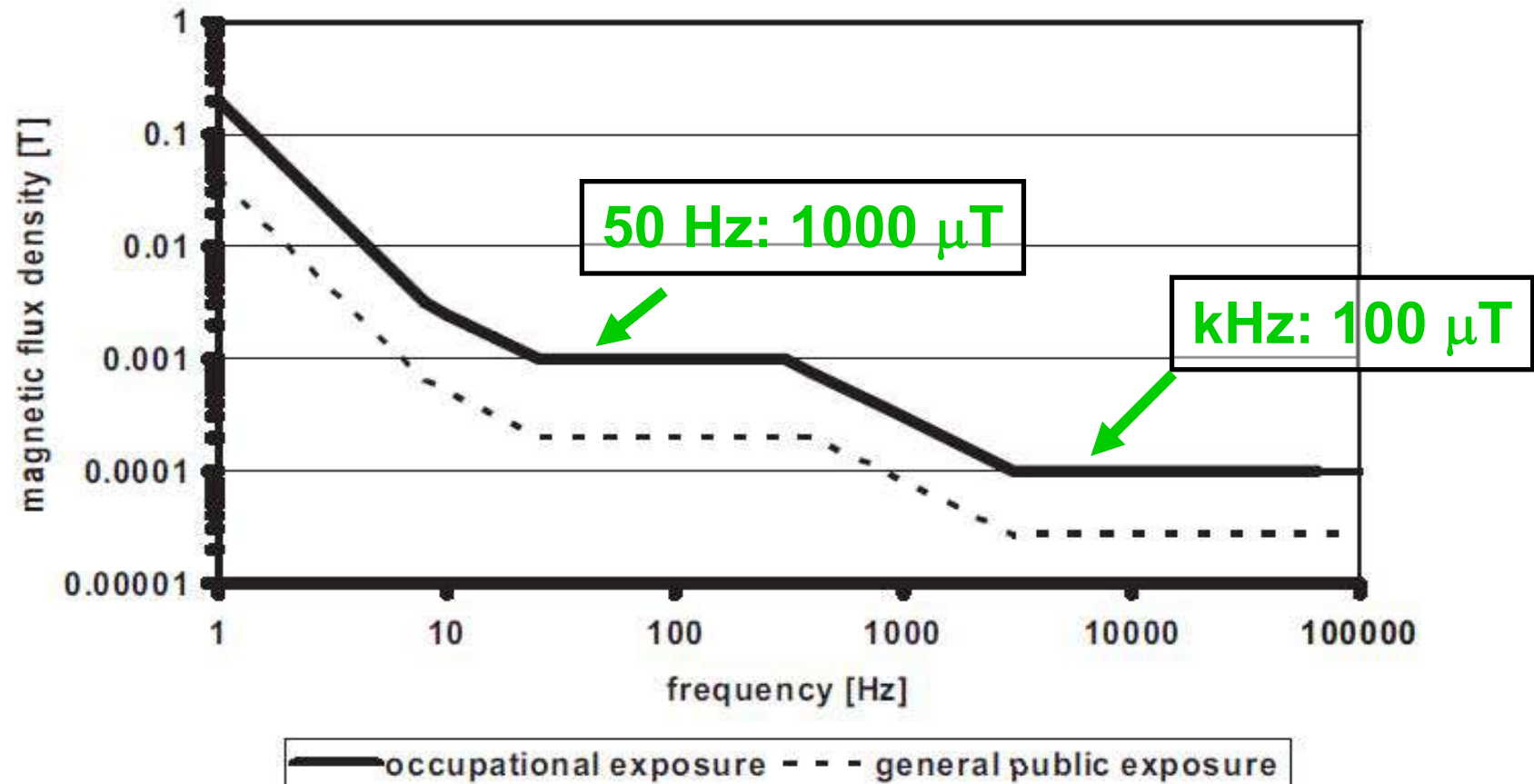
Livelli di riferimento ICNIRP 1998



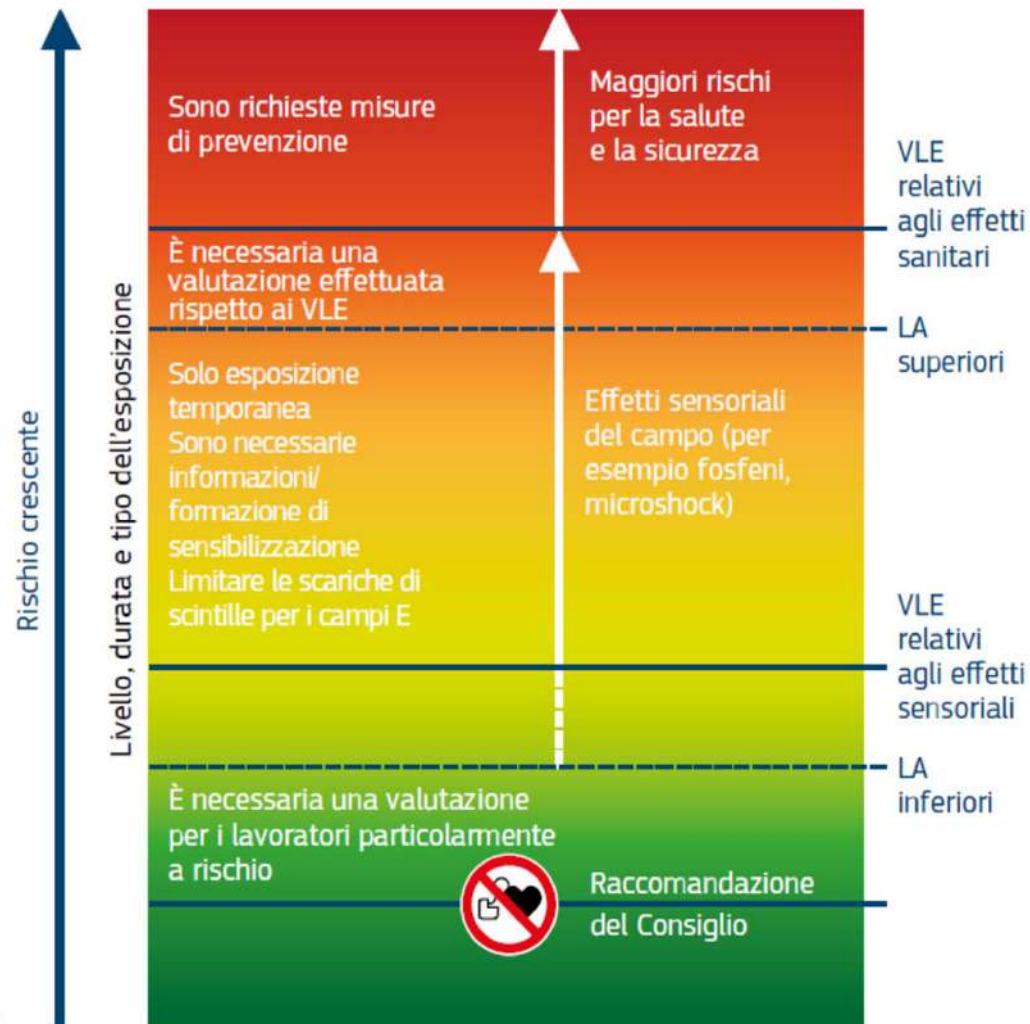
Livelli di riferimento ICNIRP 2010

Health Physics

December 2010, Volume 99, Number 6



Livelli di Azione e Valori di esposizione



Direttiva macchine

DECRETO LEGISLATIVO 27 gennaio 2010 , n. 17. Attuazione della direttiva 2006/42/CE

1.5.10. Radiazioni

- **Le emissioni indesiderabili di radiazioni** da parte della macchina devono essere eliminate o essere ridotte a livelli che non producono effetti negativi sulle persone.
- Ogni emissione di **radiazioni ionizzanti funzionali** deve essere ridotta al livello minimo sufficiente per il corretto funzionamento della macchina durante la regolazione, il funzionamento e la pulitura. Qualora sussistano rischi si devono prendere le necessarie misure di protezione.
- Ogni emissione di **radiazioni non ionizzanti funzionali** durante la regolazione, il funzionamento e la pulitura deve essere ridotta a livelli che non producano effetti negativi sulle persone.

Direttiva macchine

DECRETO LEGISLATIVO 27 gennaio 2010 , n. 17. Attuazione della direttiva 2006/42/CE

1.7.4.2. Contenuto delle istruzioni

Ciascun manuale di istruzioni deve contenere, se del caso, almeno le informazioni seguenti:

v) se la macchina può emettere **radiazioni non ionizzanti** che potrebbero nuocere alle persone, in particolare se **portatrici di dispositivi medici impiantabili** attivi o non attivi, le informazioni riguardanti e radiazioni emesse per l'operatore e le persone esposte.

Direttiva macchine

DECRETO LEGISLATIVO 27 gennaio 2010 , n. 17. Attuazione della direttiva 2006/42/CE



⚠ AVVERTIMENTO!

Interferenze con dispositivi medici a causa di radiazioni non ionizzanti

L'equipaggiamento elettrico del veicolo che emette radiazioni non ionizzanti (per es. trasmissione senza fili di dati) può compromettere il funzionamento dei dispositivi medici (pace-maker, apparecchi acustici, ecc.) dell'operatore e portare ad anomalie funzionali. Occorre quindi consultare un medico o il costruttore del dispositivo medicale per sapere se può essere impiegato senza problemi vicino al veicolo di movimentazione interna.



1-6. Informazione EMF

Il passaggio della corrente elettrica in qualsiasi conduttore genera campi elettromagnetici localizzati (EMF). La corrente di saldatura crea un campo elettromagnetico intorno al circuito e agli apparecchi utilizzati per la saldatura. I campi EMF possono interferire con i dispositivi medici, quali i pacemaker. Le persone a cui sono stati impiantati apparecchi medici devono assumere misure protettive, ad esempio la limitazione dell'accesso ai non addetti e la valutazione dei rischi individuali per i saldatori. Ad esempio, limitare l'accesso ai passanti o eseguire singole valutazioni del rischio per le saldatrici. Tutti i saldatori sono tenuti a rispettare le seguenti procedure al fine di ridurre al minimo l'esposizione ai campi EMF creati intorno al circuito di saldatura:

1. Tenere i cavi insieme attorcigliandoli o avvolgendoli con nastro oppure utilizzando una guaina copricavo.
2. Non frapponsi tra i cavi di saldatura. Disporre i cavi su un lato e lontano dall'operatore.
3. Non avvolgere i cavi intorno al corpo.

4. Tenere testa e busto quanto più lontano possibile dall'apparecchiatura.
5. Fissare il morsetto al pezzo da lavorare il più vicino possibile al punto di saldatura.
6. Non lavorare, sedersi o restare in prossimità della saldatrice.
7. Non eseguire la saldatura mentre si trasporta la saldatrice o l'alimentatore di filo.

Informazioni sui dispositivi medici impiantati negli esseri umani:

Le persone su cui sono stati impiantati dispositivi medici devono rivolgersi al proprio medico e al produttore del dispositivo prima di avvicinarsi a luoghi dove si svolgono operazioni di saldatura ad arco, saldatura a punti, scriccatura, taglio ad arco plasma e riscaldamento a induzione. In caso di autorizzazione da parte del proprio medico, si raccomanda di seguire le procedure descritte sopra.

UNI EN 12198

- La **Direttiva Macchine 2006/42/CE** richiede che la progettazione e costruzione dei macchinari sia tale da **limitare qualsiasi emissione di radiazioni** al minimo necessario per il funzionamento ed in modo tale che gli effetti sui lavoratori esposti siano nulli o comunque non pericolosi.
- La **norma armonizzata** di riferimento ai fini della valutazione e riduzione delle emissioni di radiazioni non ionizzanti dei macchinari industriali è la **UNI EN 12198-1** del gennaio 2009. La norma riguarda l'emissione dai macchinari di **tutti i tipi di radiazione elettromagnetica non ionizzante** (radiazioni elettromagnetiche e radiazioni ottiche).
- In funzione del livello di emissione di radiazioni, il fabbricante deve assegnare alla macchina una **categoria**, apporre **adeguata segnaletica** ed indicare le **pertinenti esigenze di informazione/addestramento** e le dovute misure di precauzione. I macchinari vengono classificati in tre categorie (0,1,2) a seconda del livello di emissione.

UNI EN 12198

Zona 0 = zona in cui i livelli di esposizione rispettano i limiti nazionali per la popolazione, oppure in cui tutte le sorgenti sono tra quelle giustificabili a priori.

Zona 1 = zona in cui i livelli di esposizione possono superare i limiti nazionali per la popolazione, ma rispettano il limite occupazionale

Zona 2 = zona in cui i livelli di esposizione possono superare i limiti occupazionali. Se è possibile l'accesso a questa zona, allora dovranno essere messe in atto misure per ridurre l'esposizione o limitare l'accesso.

Categoria	Livelli emissione	Restrizioni e misure protettive	Informazione e addestramento
0	< livello di riferimento per la popolazione	Nessuna	Nessuna
1	> livelli di riferimento per la popolazione in base alla Raccomandazione Europea 1999/519/CE	Possono rendersi necessarie limitazioni di accesso e misure di protezione	Informazione su pericoli, rischi ed effetti indiretti
2	> <u>livelli di azione</u> posti nel D.Lgl. 81/2008 - Titolo VIII - Capo IV	Restrizioni speciali e misure di protezione obbligatorie	Come sopra, in aggiunta si rende necessario l'addestramento

Per ridurre al minimo l'esposizione del personale che opera sulle macchine e l'esposizione indebita

Installazione e layout.

Gli apparati che emettono campi elettromagnetici devono essere installati in **aree di lavoro riservate** esclusivamente agli stessi e ad idonea distanza da altre aree di lavoro dove può esserci sosta di personale. Inoltre, onde prevenire **effetti indiretti**, interferenze ed evitare esposizioni indebite, è di fondamentale importanza evitare che in prossimità delle sorgenti vengano posizionati, se non previa idonea valutazione tecnica, **oggetti metallici** di qualsiasi tipo ed altre apparecchiature elettriche

Delimitazione delle aree

Le aree di lavoro in cui possono verificarsi **esposizioni superiori ai livelli di riferimento per la popolazione** devono essere delimitate con **cartelli di segnalazione opportuni**. L'accesso a tali aree verrà consentito solo al personale autorizzato

Addestramento del personale

Ai fini della **prevenzione dei rischi** per la salute dei soggetti esposti, è fondamentale che il personale sia **formato** sulle corrette norme comportamentali da adottare nelle operazioni in prossimità del macchinario sorgente di campi elettromagnetici e soprattutto sulla necessità di limitare la permanenza nelle aree a rischio (**zona controllata**) per il tempo strettamente funzionale ad attività ed operazioni di controllo del macchinario stesso



Emissione di campo magnetico
Categoria 1
(EN 12198)



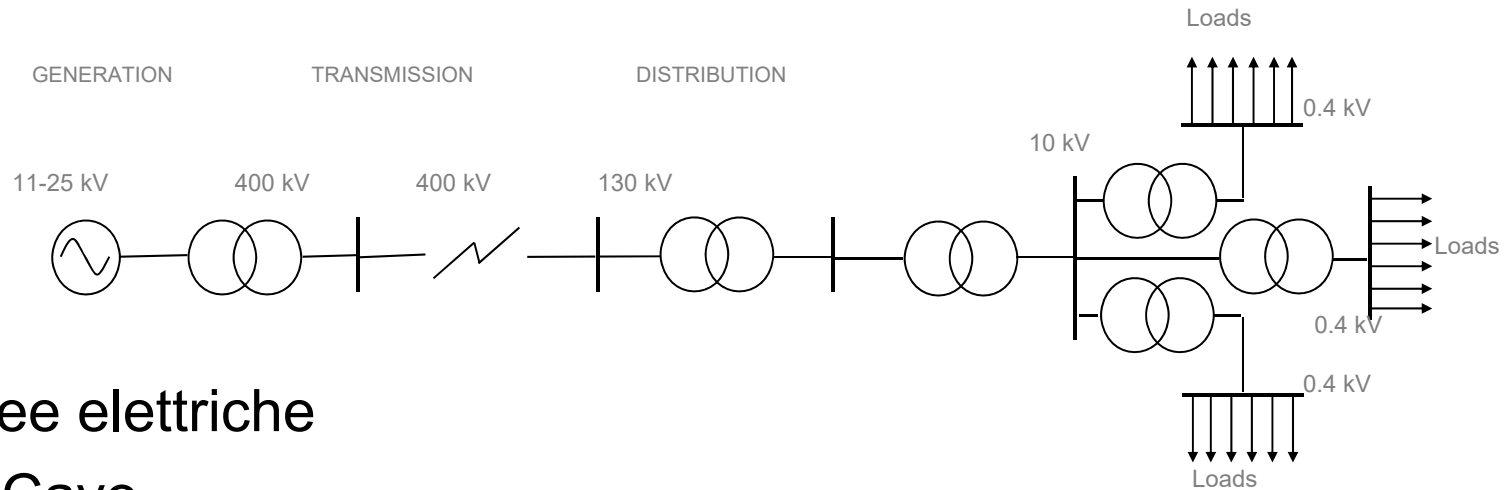
Emissione elettromagnetica
Categoria 2
(EN 12198)



**Sorgenti:
infrastrutture per il trasporto,
trasformazione e distribuzione
dell'energia**



Sorgenti di campo in bassa frequenza



- Linee elettriche
 - Cavo
 - Aeree
 - Condotti sbarra
- Stazioni elettriche
 - Trasformatori
 - Quadri elettrici

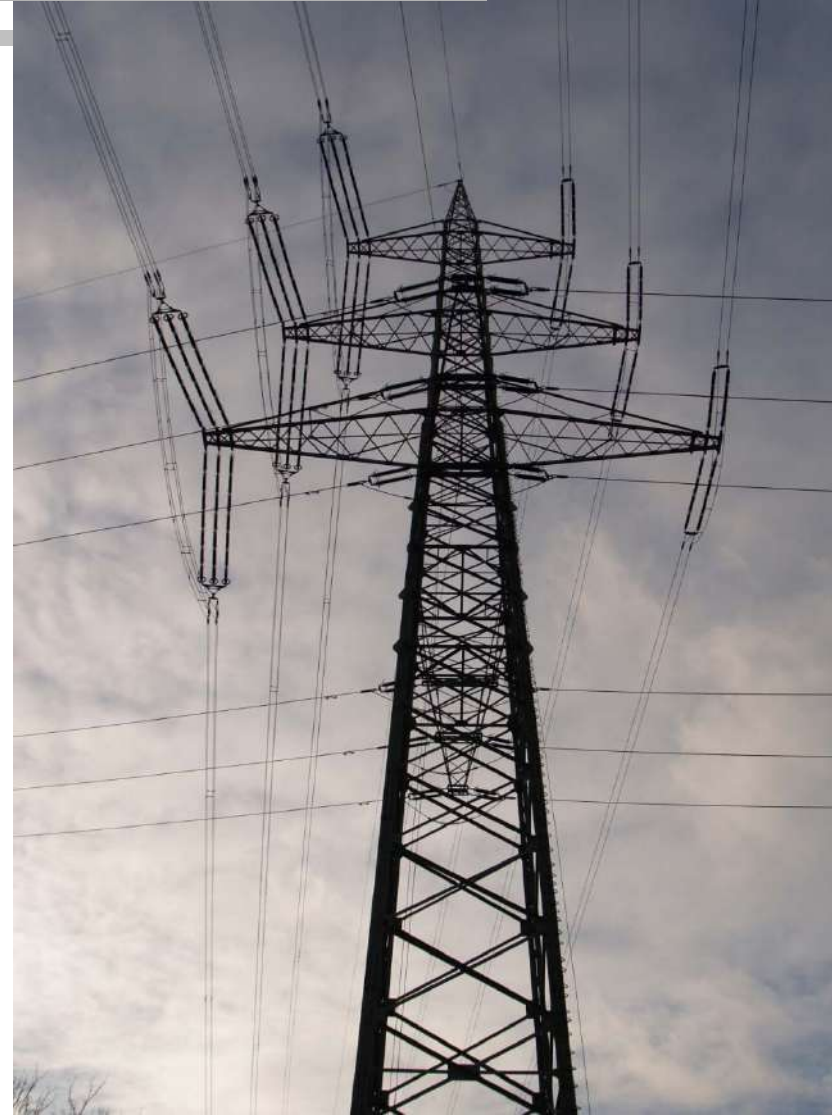
Linee elettriche: aeree

- Linee aeree media tensione



Linee elettriche: aeree

- Linee aeree alta tensione



Stazioni AT/MT

- Stazione AT/MT

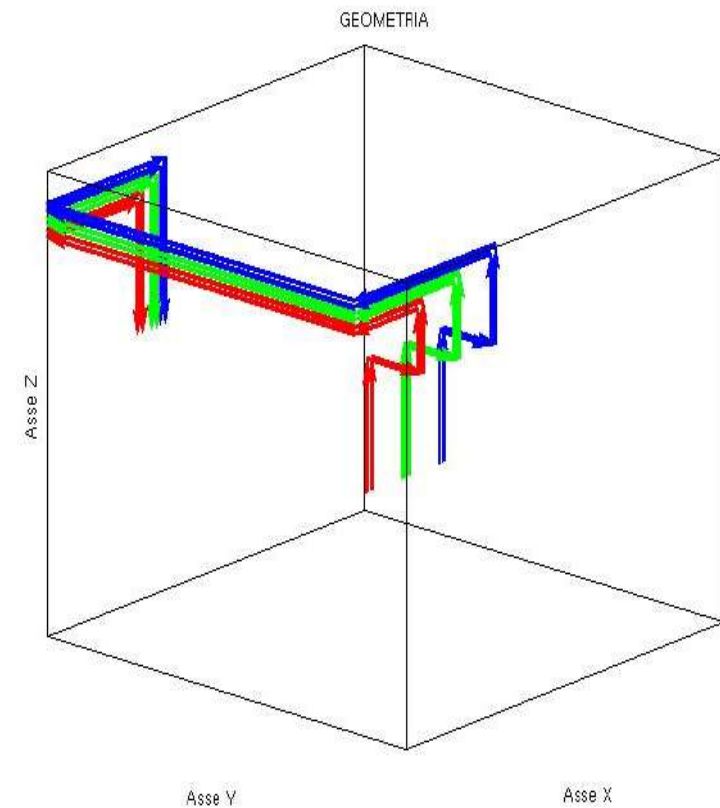


Trasformatori

- Trasformatori MT/BT da palo

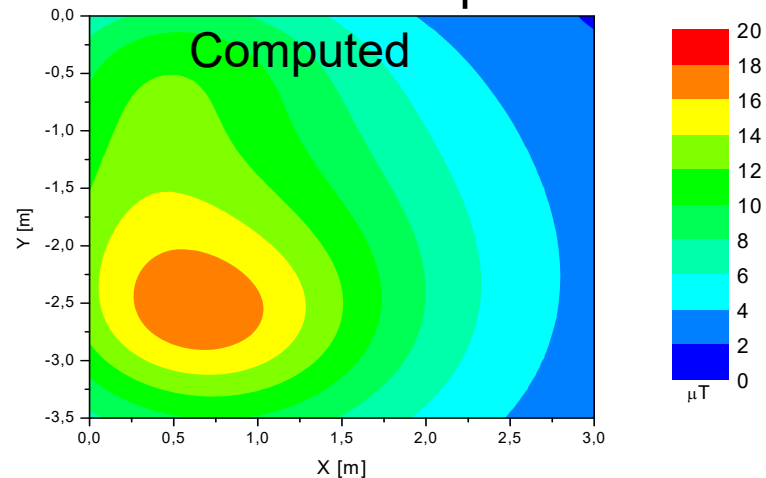
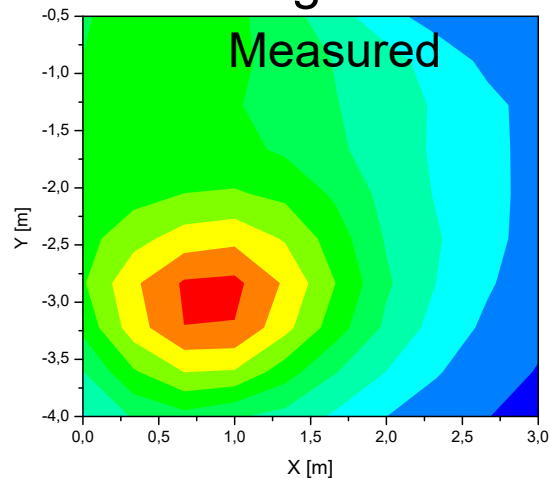


Cabina MT/BT

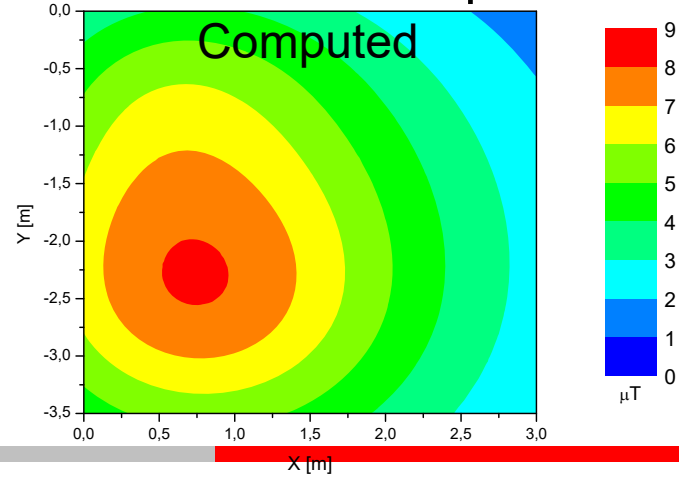
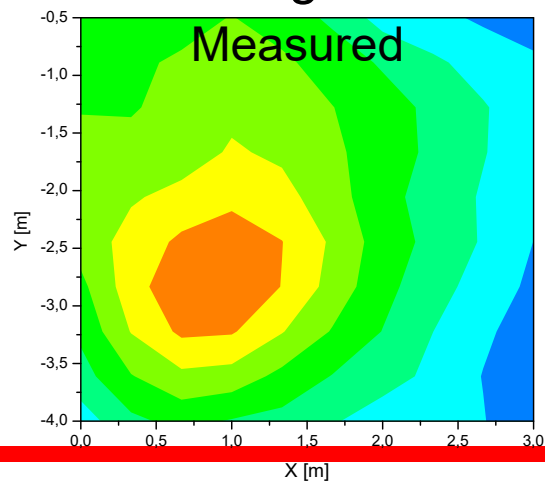


Cabine MT/BT.

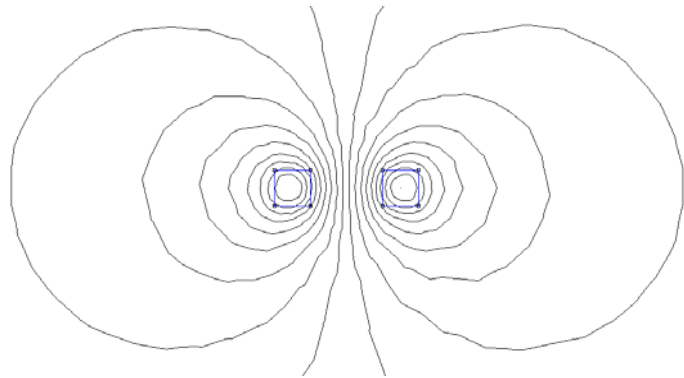
Induzione magnetica al livello del pavimento del locale sopra la cabina



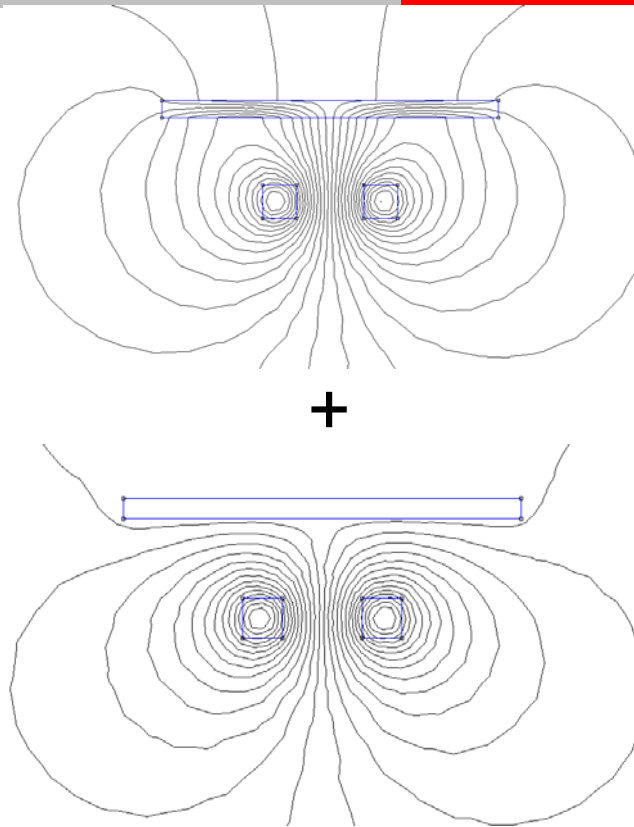
Induzione magnetica a 50 cm dal pavimento del locale sopra la cabina



Soluzioni di Schermatura in bassa Frequenza



Campo magnetico prodotto da una spira in assenza di schermo



Schermo Ferromagnetico

Schermo Conduttivo

L'associazione fra materiali ad alta permeabilità e conduttività, producono un doppio effetto sull'assorbimento dei campi elettromagnetici, riducendo al minimo il campo magnetico residuo con l'effetto corrente parassita che annulla e trattiene il campo.

Esempi di schermatura: schermatura di abitazione



Cabina di trasformazione MT/BT situata nel locale sottostante le camere da letto dell'abitazione.

Problema: cambio di destinazione d'uso del locale, da ufficio ad appartamento (camere da letto).

Valore massimo misurato circa $7 \mu\text{T}$



Schermatura a pavimento



Soluzione: Installazione sul pavimento dell'abitazione di un sistema schermante per la mitigazione dei campi magnetici da annegare nel massetto.

Risultato: Livelli del campo magnetico nei locali, inferiori a $0,6 \mu\text{Tesla}$.

Cabine di trasformazione distributore energia



Cabina secondaria «FR0»

Le schermature dei singoli componenti sono fatte da materiali a singolo o multistrato (a 2 o 3 strati di materiale).



Cabina secundaria «FR0»



Canalizzazioni schermanti: UFFIZI (FI)



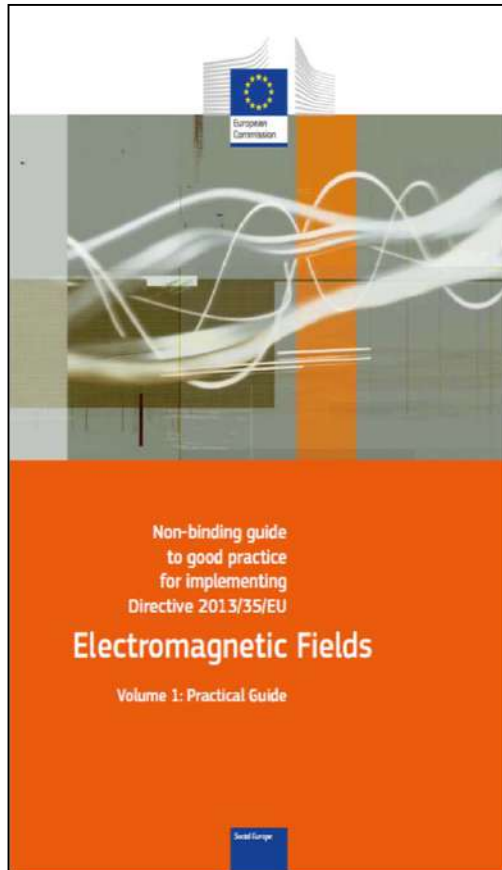


**Sorgenti:
Apparecchiature e sistemi
industriali**

**Forno produzione vetro
Smagnetizzatore industrial
Pinza saldatura a resisitenza**

Sorgenti industriali

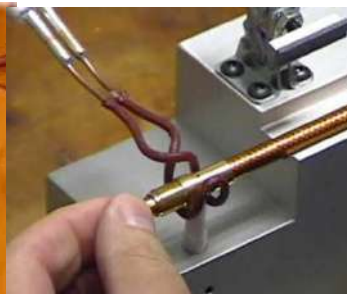
<http://www.portaleagentifisici.it/>



Induction heating



Induction soldering



NDT Magnetic inspection



Welding manual resistance



Electrolysis



Furnaces

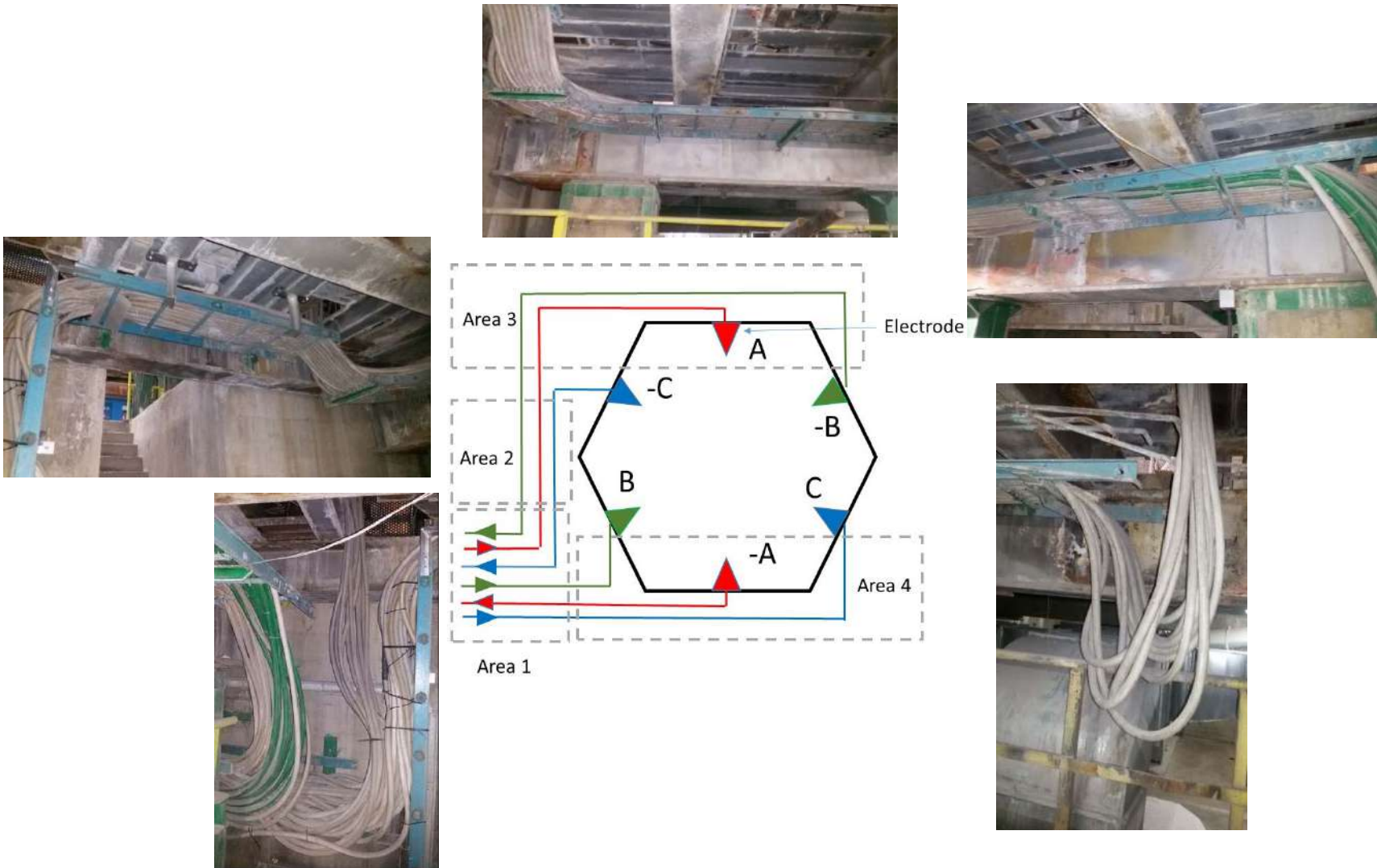


Medical Equipments

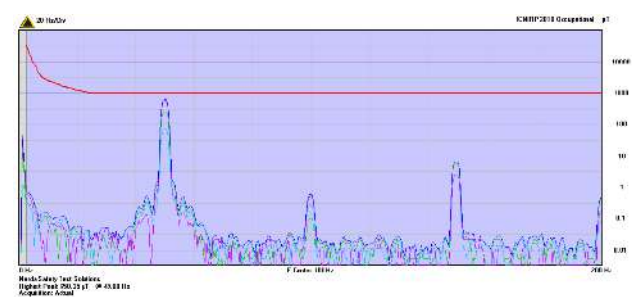
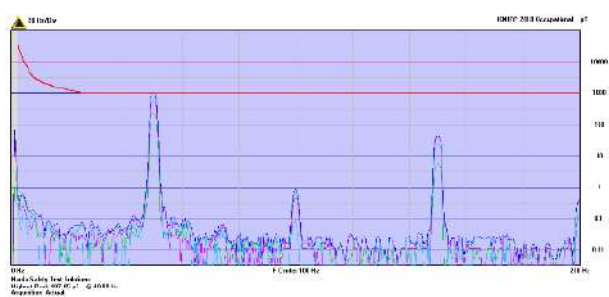
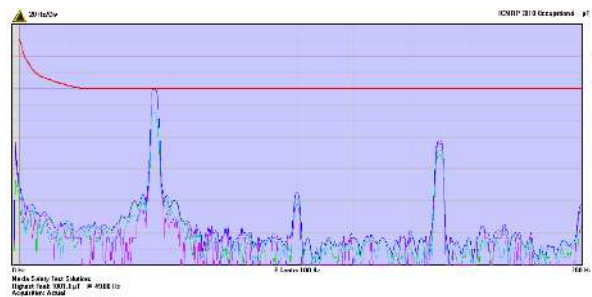
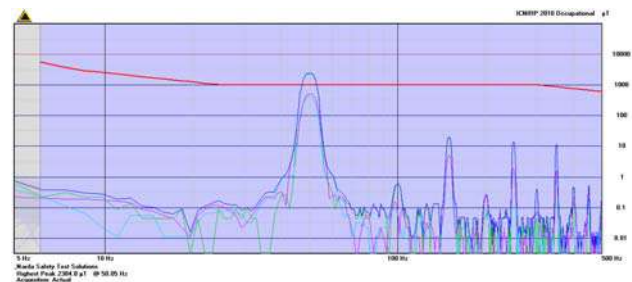
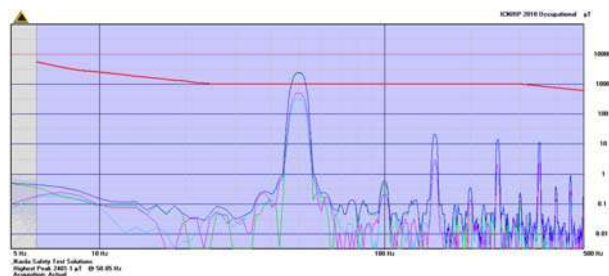
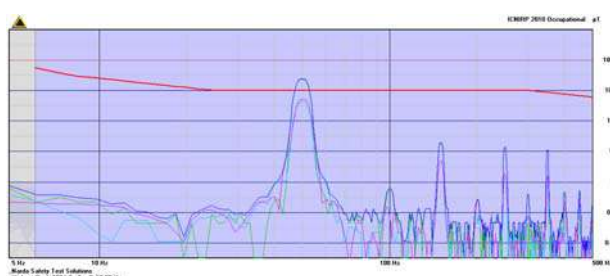


Dielectric welding

Forno per la produzione del vetro: sorgente a 50 Hz



Forno per la produzione del vetro: schermatura



Tunnel di smagnetizzazione: sorgente a 50 Hz

I sistemi per la smagnetizzazione di componenti ferromagnetici sono necessari per annullare il più possibile l'induzione magnetica residua di componenti che sono stati sottoposti da un ciclo di magnetizzazione statica o dinamica finalizzata ai controlli non distruttivi

Tali sistemi sono caratterizzati da un grosso avvolgimento alimentato in corrente alternata a frequenza regolabile.

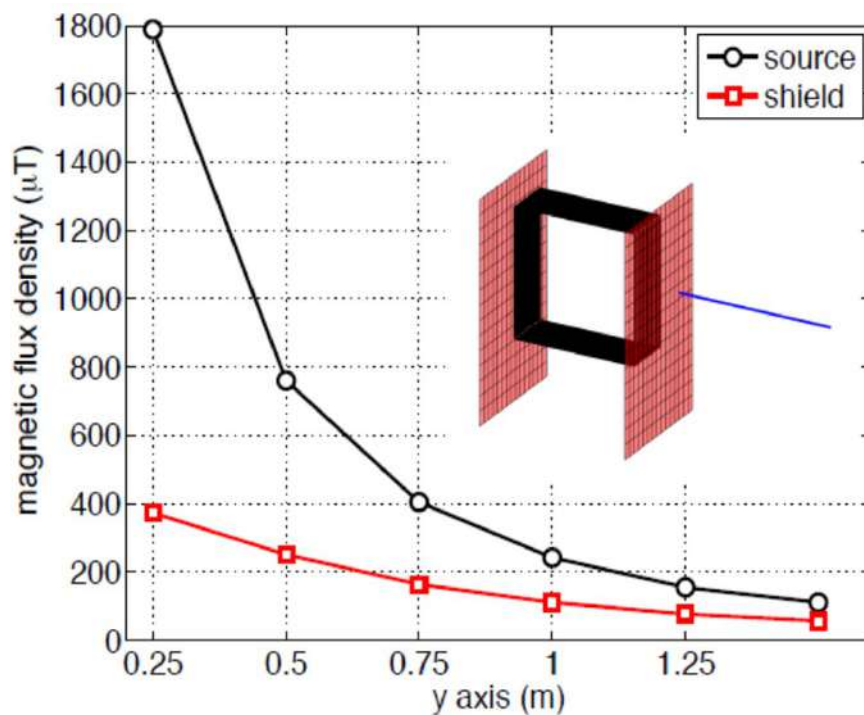
Il pezzo che deve essere sottoposto a smagnetizzazione viene fatto passare all'interno del solenoide.

Generalmente il pezzo viene posto su di un tapis roulant o viene movimentato a mano mediante un carrello che porta il pezzo al centro del solenoide e poi lo allontana fino ad una determinata distanza.



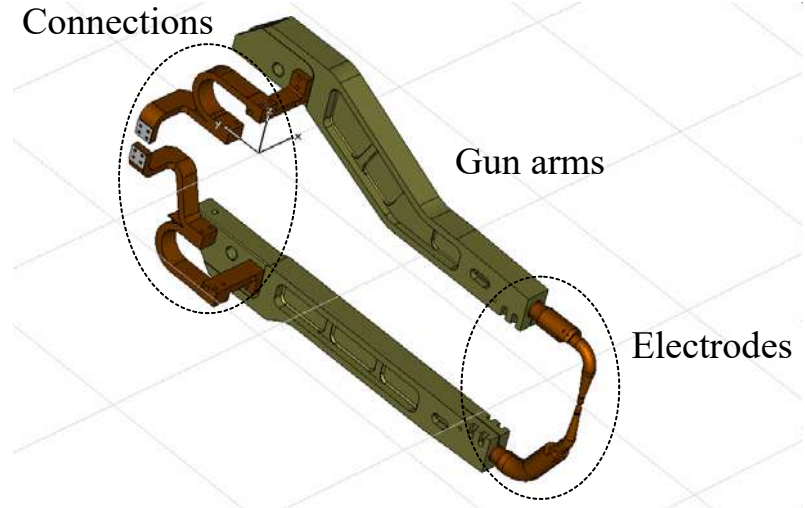
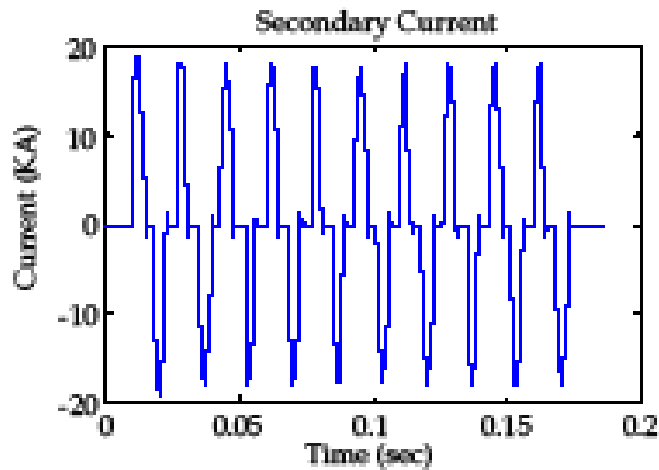
Smagnetizzatore industriale: schermatura

La schermatura permette un abbattimento significativo dei livelli di induzione magnetica nell'intorno dell'apparecchiatura.

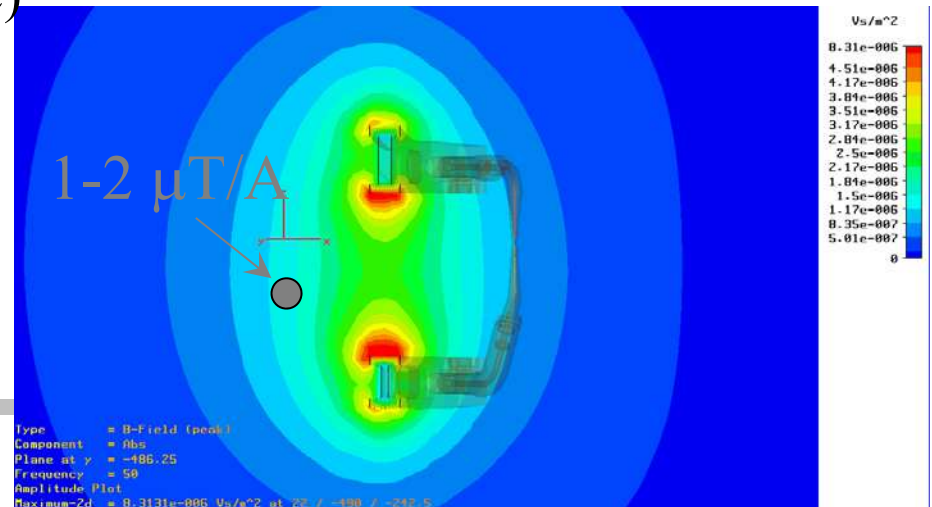
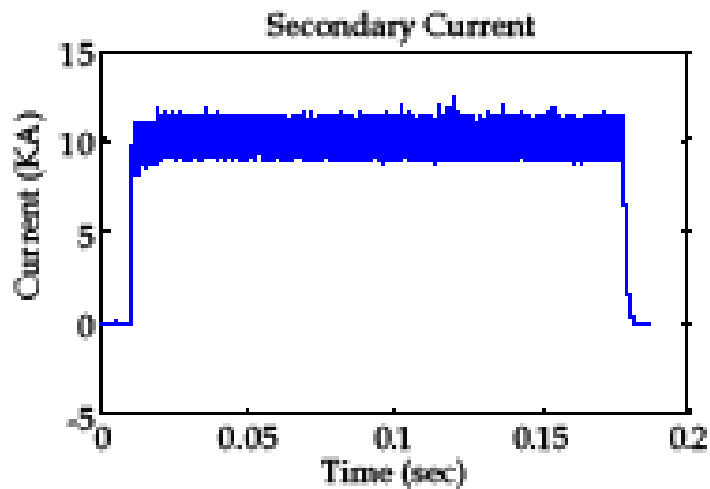


Saldatura a resistenza: sorgente a 50 Hz o complessa

Direct Energy (AC)

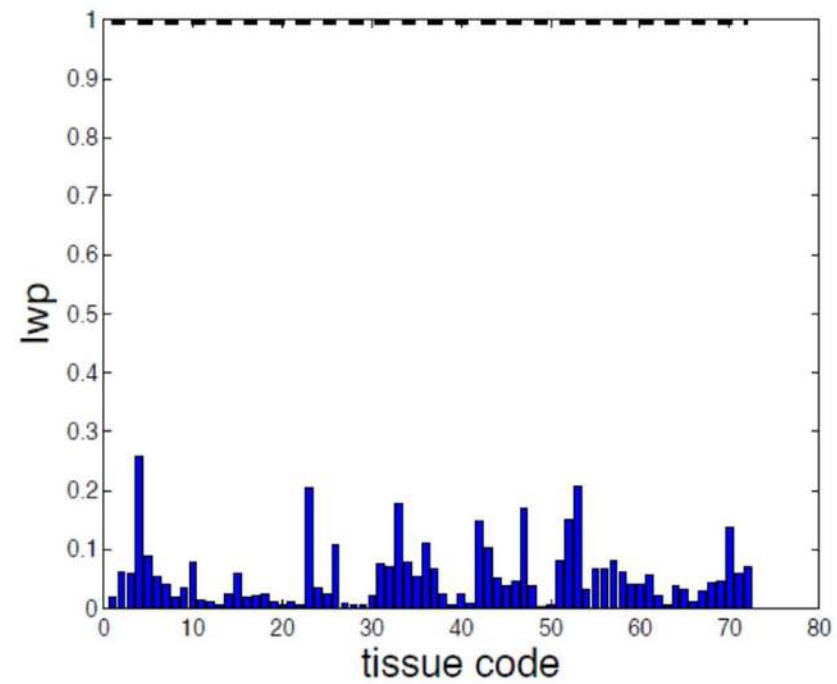
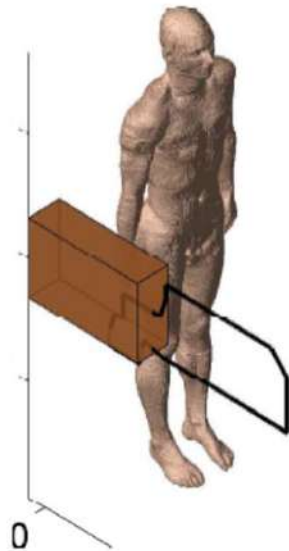


Medium Frequency Direct Current (MFDC)



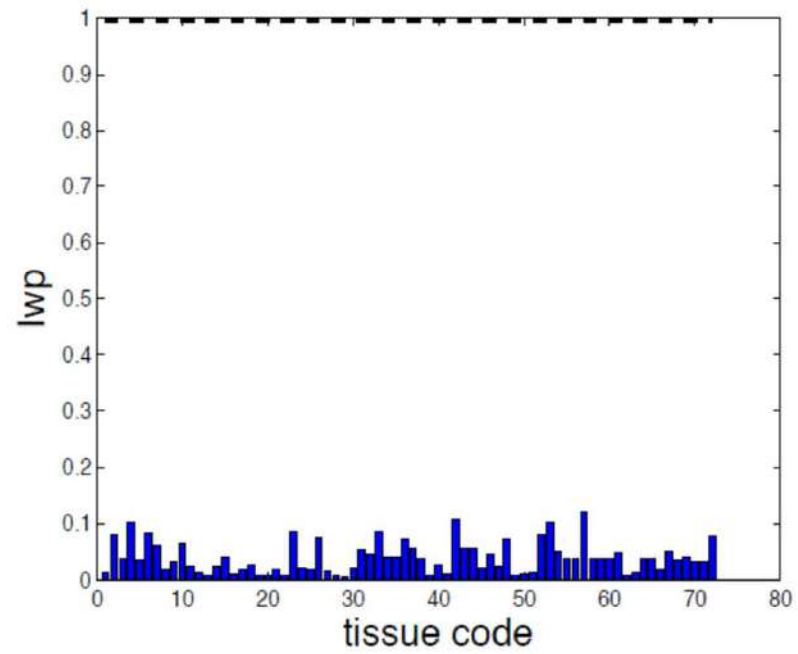
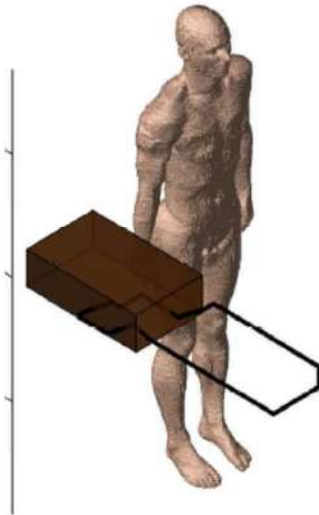
Calcolo dosimetria secondo ICNIRP 2010

Side 1



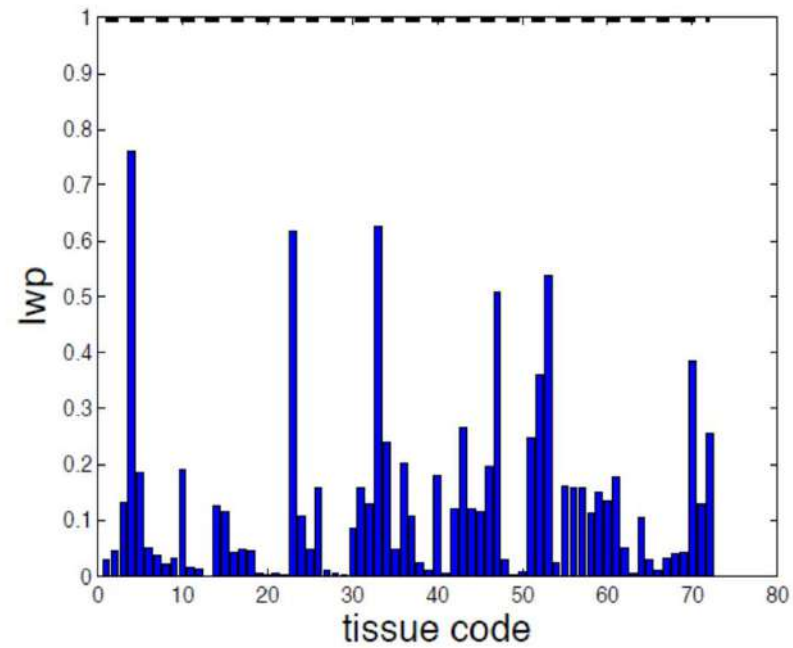
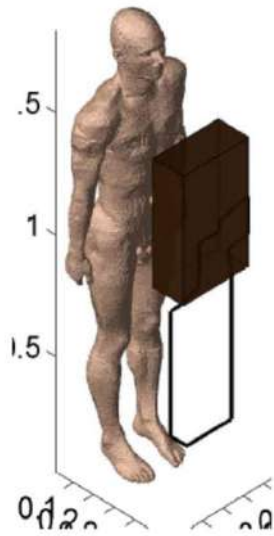
Calcolo dosimetria secondo ICNIRP 2010

Side 2



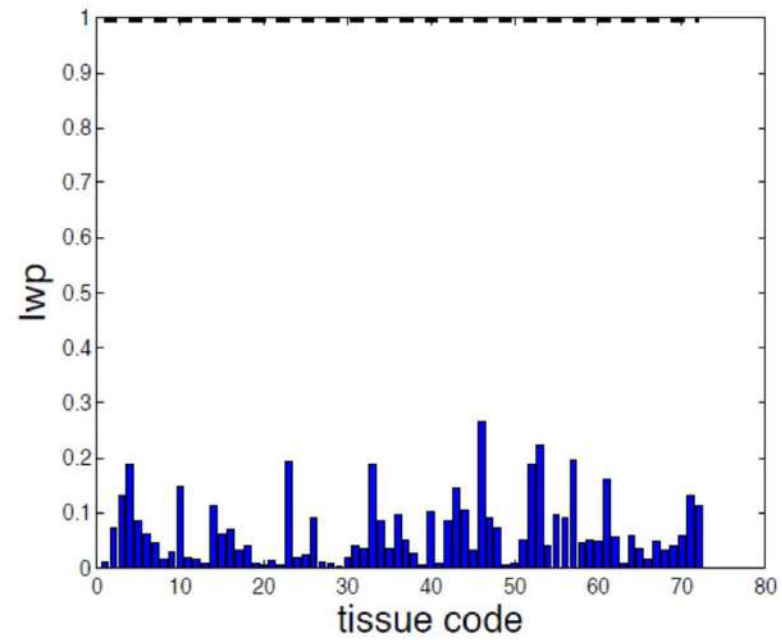
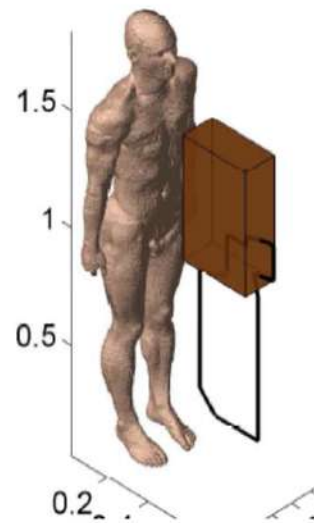
Calcolo dosimetria secondo ICNIRP 2010

Front 1



Calcolo dosimetria secondo ICNIRP 2010

Front 2



Conclusioni

- Per la protezione di aree con permanenza superiore alle 4 ore esiste una legge del 2001 che impone restrizioni ai gestori ed ai proprietari di immobili o terreni edificabili che deve essere considerata... *sono passati oltre 20 anni...*
- Per la protezione dei lavoratori *a partire dal 2008 è obbligatoria l'analisi del rischio* e a partire dal luglio del 2016 il rispetto dei limiti.
- La valutazione di impatto ambientale o la misura è ormai prassi «abbastanza» consolidata, pur non esistendo ancora un albo di personale qualificato alle misure vi sono molti tecnici ormai dotati di strumenti e competenze per effettuare le misurazioni
- Nel caso di luoghi con permanenza superiore alle 4 ore ed in caso di superamento dei limiti vi è la possibilità di effettuare dei sistemi di mitigazione e di schermatura
- Anche per la protezione dei lavoratori, oltre alle azioni di informazione e formazione, sono possibili sistemi di mitigazione che riducano l'esposizione.