

*Esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici
Pontecchio Marconi, 16 dicembre 2005*

**Protezione dei lavoratori dai campi
elettromagnetici: presentazione di casi
studio in ambiente industriale e in ambienti
sanitari**

Giovanni d'Amore – Sara Adda
ARPA Piemonte – Centro Regionale per le
Radiazioni Ionizzanti e Non Ionizzanti

Esempi di valutazioni effettuate da ARPA Piemonte in supporto ASL - SPreSAL

Ambienti industriali

- Aziende di stampaggio a caldo dell'acciaio (riscaldatori ad induzione)
- Aziende di incollaggio/saldatura plastica (riscaldatori a perdite dielettriche)
- Ambiente industriale con cabine trasformazione (15kV/380V)

Ambienti sanitari

- Reparti di fisioterapia e riabilitazione (apparati per radarterapia, marconiterapia, magnetoterapia)
- Locali RMN
- Centro dialisi

Altri ambienti di lavoro

- Motrici treni
- Centri di calcolo e uffici (videoterminali)
- Esercizi commerciali (varchi antitaccheggio)

Misure su riscaldatori ad induzione in aziende di stampaggio a caldo dell'acciaio

Sorgenti presenti:

2 forni ad induzione CEFI modello FC10 (potenza 400 kW, frequenza 2.4kHz); 1 forno ad induzione CEFI modello FC36 (potenza 1500kW, frequenza 1kHz); 1 forno ad induzione ELIND serie 200 (potenza 250kW, frequenza 2kHz).

Tensione di alimentazione da 380V a 660V.

I forni sono composti da un convertitore statico (ponte raddrizzatore + inverter) e da un induttore (gruppo di riscaldamento)

Lavorazioni effettuate:

Stampa di billette in acciaio di differenti dimensioni (diam. da 5cm a 1m)



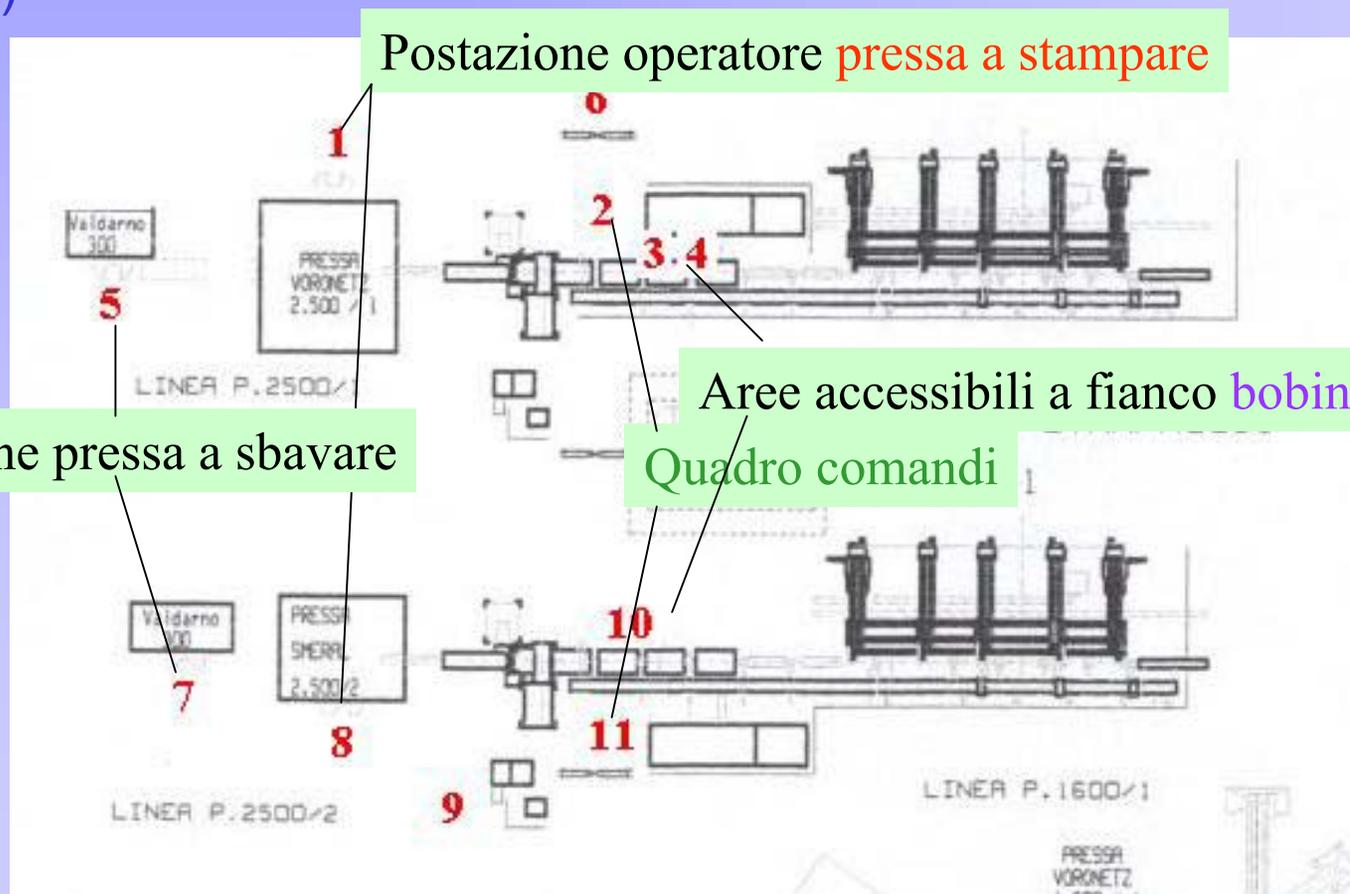
Caratteristiche della lavorazione:

Gli induttori funzionano in continuo, con potenza variabile dal 60% al 90% della potenza massima, in funzione della sezione della billetta da lavorare. Le linee, durante le misure, operavano ad una potenza pari al 90% di quella massima.

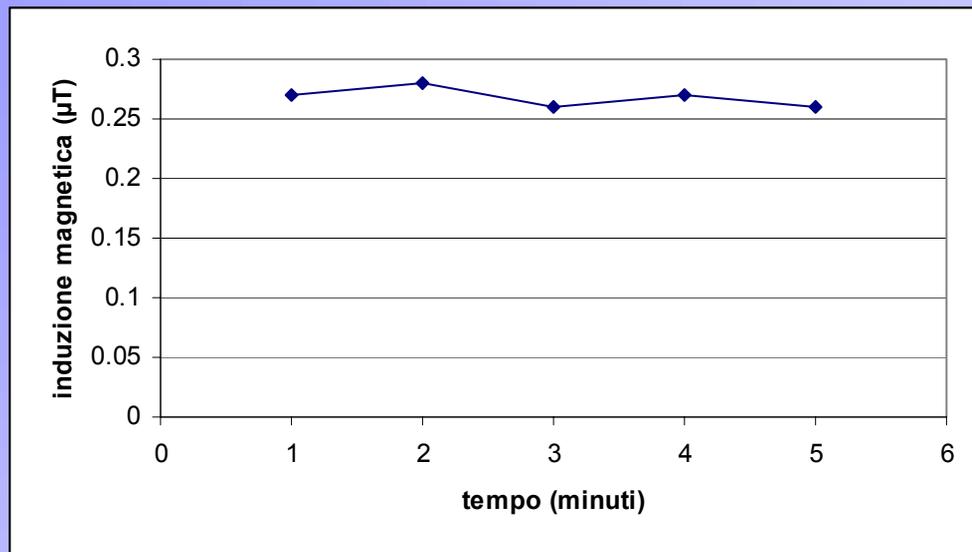
In tutti i forni analizzati, la frequenza può variare rispetto a quella standard dichiarata per compensare (in modo automatico) i cambiamenti nelle caratteristiche del carico e per consentire il riscaldamento di pezzi di differenti sezioni.

Strumenti utilizzati:

- Misuratore di campo elettrico e magnetico Wandel & Goltermann EFA-3, con sensore isotropo interno per il campo magnetico (risposta in frequenza 5 Hz÷30 kHz e intervallo dinamico 0.005 μ T÷10 mT)
- Analizzatore di segnali dinamici HP3561A (risposta in frequenza nell'intervallo 0Hz÷100kHz)
- Antenna a loop EMCO 7604 (risposta in frequenza nell'intervallo 20Hz – 50kHz)



Postazione operatore pressa a stampare (punto 1) – acquisizione in banda larga (5Hz – 30kHz) ad intervalli di 1 minuto per 5 minuti per verificare la variabilità a breve termine



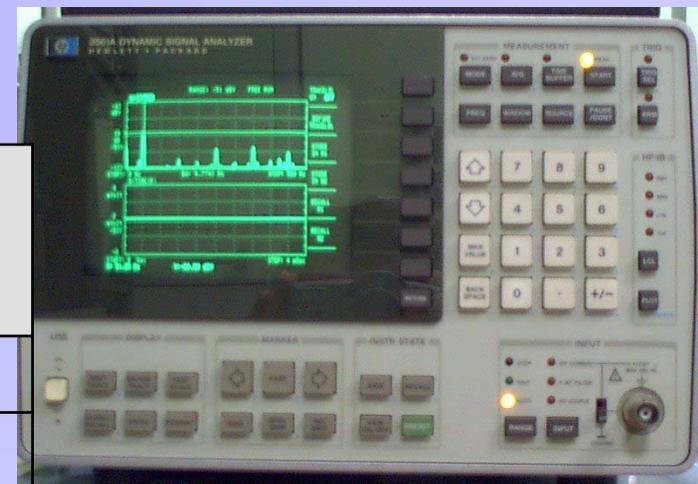
Quadro comandi del forno (punto 2) – acquisizione in banda larga in modalità RMS e PEAK

Induzione magnetica RMS (μT)	Induzione magnetica di picco (μT)	Induzione magnetica di picco, valore massimo (μT)
7.9	11.53	12.19

Livelli misurati nelle aree intorno al forno e nella postazione dell'operatore della pressa a sbavare

Punto di misura	Induzione magnetica RMS (μT)
3 – circa 1m dalle bobine	87.7
4	134.3
5 – pressa a sbavare	0.30
6	1.98

Misure in banda stretta al punto 1 e calcolo dell'indice ICNIRP.



Frequenza (Hz)	Induzione magnetica (μT)	Valore di azione (μT)	Rapporto valore misurato/valore d'azione
50	5	500	0.010
250	0.1	20	0.005
1110	2.9	6.25	0.464
Indice ICNIRP			0.48

postazione operatore (5Hz – 30kHz) - valore efficace (RMS) a tre altezze da terra

Altezza da terra (m)	Induzione magnetica RMS (μT)
1.1	5.3
1.5	5.4
1.9	5.8

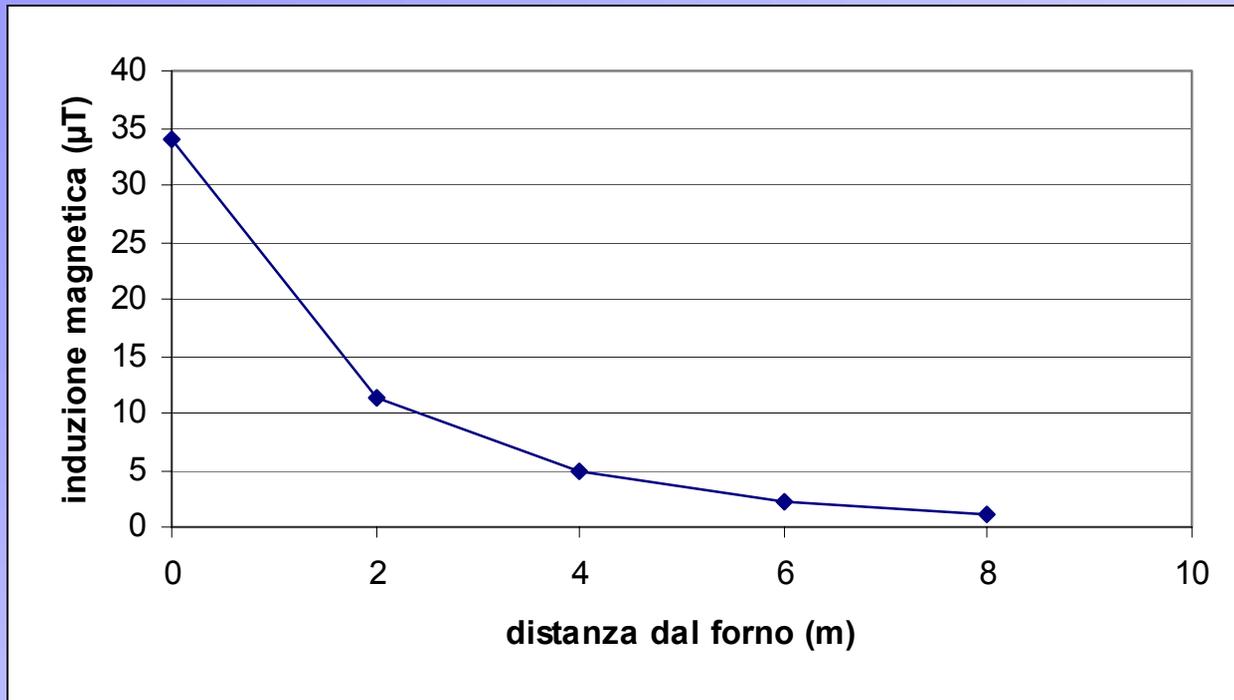
Passerella di accesso al forno (induttore sopraelevato, a 2m da terra) – misure lungo il forno stesso, a circa 1m dalla bobina

Punto di misura	Induzione magnetica RMS (μT)
1 – cima scale	127.3
2	169.7
3	240.4
4	318.2

variazione del passo della bobina che costituisce l'induttore: esso è più fitto nella prima parte del forno (laddove vengono immesse le billette) e qui causa livelli di campo più intensi rispetto alla parte finale, dove il passo delle spire è più largo.



Andamento con la distanza dal forno.



Misure in banda stretta sulle linee B500 e B800: stessa tipologia di forno, ma in un caso la frequenza principale di emissione è di 1800Hz, nell'altro di 1969Hz. Ciò è dovuto alla differente lavorazione: in relazione all'adattamento di impedenza tra la bobina e il pezzo (che dipende a sua volta dalle dimensioni e forma del pezzo stesso) la frequenza principale varia intorno al valore dichiarato per il macchinario.

Conclusioni rilevazioni forni ad induzione

-Nelle zone di permanenza prolungata (postazioni operatori) non si riscontrano superamenti dei valori di azione, ma tali superamenti risultano comunque possibili in alcune aree liberamente accessibili intorno ai forni.

-L'intensità del campo generato, ma anche la composizione in frequenza dello stesso, possono variare al variare del pezzo lavorato. Una valutazione approfondita dell'esposizione dei lavoratori va effettuata tenendo conto di tutte le possibili lavorazioni.

-caratterizzazione spazio-temporale del campo: questo tipo di sorgente ha un'emissione sostanzialmente costante nel breve periodo, e piuttosto localizzata intorno alla sorgente stessa. I livelli "di fondo" nell'ambiente circostante i forni sono comunque più elevati di quelli tipici di un ambiente di vita (1-2 μT contro 0.2-0.4 μT in una tipica abitazione).

Misure su riscaldatori a perdite dielettriche in un'azienda di produzione teloni per tensostrutture

Sorgenti presenti:

Due tipologie di saldatrici

-STS 100-144/20 (a rotaia, automatica)

-SO 24-120/20 (con operatore)

Le saldatrici sono composte da un gruppo di generazione del segnale a radiofrequenza (valvole a 27.12 MHz) e da un applicatore ad elettrodi a sbarra. La potenza resa è pari a 20kW.

Lavorazioni effettuate:

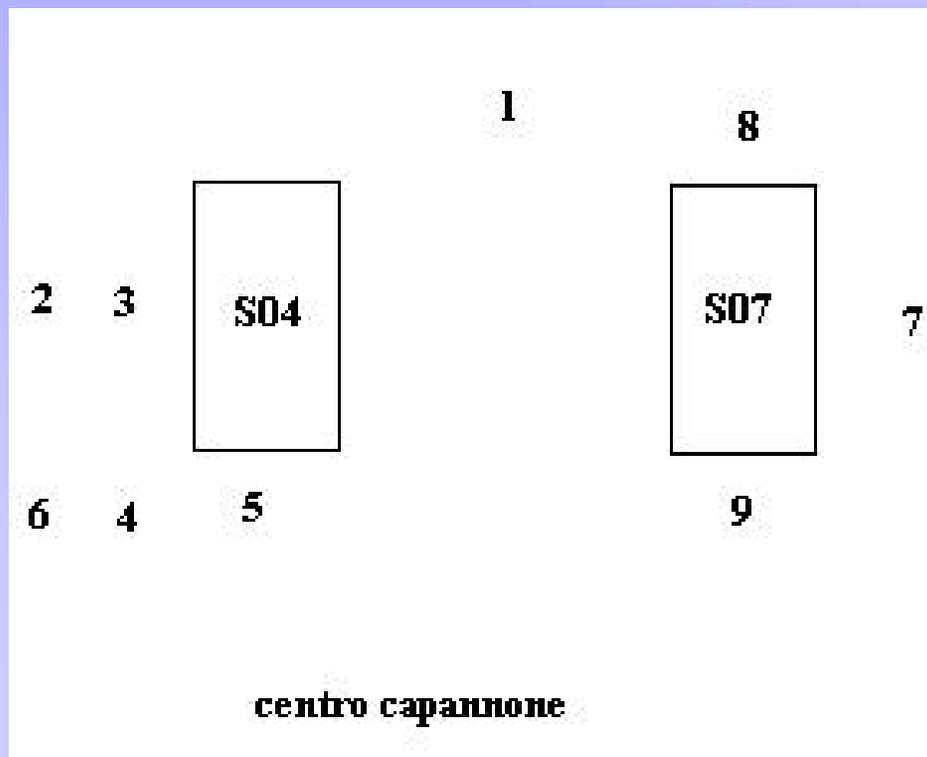
Incollaggio di teli per tensostrutture di differente spessore.

Caratteristiche della lavorazione:

Impostazione dei parametri di saldatura (tempi di saldatura e pausa, corrente anodica) può variare a seconda della lavorazione. Per la prima macchina analizzata, il tempo di applicazione impostato era di 12s., per la seconda di 4s., mentre il raffreddamento e riposizionamento del telo richiedevano un intervallo minimo di 20s. tra un'applicazione e la successiva.

Strumenti utilizzati:

- Misuratore di campo elettrico e magnetico corredato di:
 - Sensore isotropo di campo elettrico a larga banda, con risposta in frequenza nell'intervallo 100kHz–3GHz e intervallo dinamico 0.5-800 V/m ;
 - Sensore isotropo di campo magnetico a larga banda, con risposta in frequenza nell'intervallo 0.3MHz – 30MHz e intervallo dinamico 0.02-16 A/m;
- Misuratori di correnti indotte negli arti di tipo stand-on e clamp-on (9kHz – 110MHz)



Livelli massimi misurati nelle aree intorno alla saldatrice S04 e nella postazione dell'operatore (valori d'azione a 27.12MHz: 61 V/m e 0.16 A/m) .

PUNTO DI MISURA	CAMPO ELETTRICO MASSIMO (V/m)	CAMPO MAGNETICO MASSIMO (A/m)
1 – 2m dalla macchina	15.6	0.029
2 – 1.5m dalla macchina	23.5	0.033
3 – 0.9m dalla macchina	37.1	0.092
4 – 1.1m dalla macchina	18.5	0.042
5 – 0.3m dalla macchina (postazione abituale operatore)	35.3	0.204
6 – 2.3m dalla macchina	11.7	0.044

Media su 6 minuti stimata sulla base dei cicli di applicazione.

PUNTO DI MISURA	CAMPO ELETTRICO MEDIO stimato su 6min (V/m)	CAMPO MAGNETICO MEDIO stimato su 6min (A/m)
5 – 0.3m dalla macchina (postazione abituale operatore)	21.6	0.125

misure di corrente indotta in un arto in prossimità della macchina S04 (valore d'azione 100mA).

PUNTO DI MISURA	Corrente (mA) – valore massimo rilevato
2 – 1.5m dalla macchina	22.4
3 – 0.9m dalla macchina	23.9
5 – 0.3m dalla macchina (postazione abituale operatore)	29.8

misure di campo elettrico massimo a tre altezze da terra in prossimità della macchina S07.

ALTEZZA DA TERRA (m)	CAMPO ELETTRICO (V/m)	MEDIA SU SEZIONE EQUIVALENTE CORPO UMANO (V/m)
1.1	29.3	29.1
1.5	30.9	
1.9	27.0	

Conclusioni rilevazioni riscaldatori a perdite dielettriche

-Rilevazione dei valori massimi possibile con strumentazione standard in quanto il tipo di lavorazione non prevede segnali impulsivi, bensì applicazioni della durata da 5 a 15 sec.

-Non sono stati riscontrati superamenti dei valori d'azione sulla base dei valori calcolati come media su 6 minuti. Data la tipologia di lavorazione, però, la media su 6 minuti può essere soggetta a variazioni legate alla discrezionalità dell'operatore nella scelta degli intervalli tra un'applicazione e la successiva.

-L'intensità del campo generato può variare al variare della tipologia di telo lavorato. Una valutazione approfondita dell'esposizione dei lavoratori va effettuata tenendo conto di tutte le possibili lavorazioni.

-caratterizzazione spaziale del campo: questo tipo di sorgente ha un'emissione che interessa non solo il posto operatore ma anche aree di transito vicine agli apparati, in quanto a distanze di 2.5m dall'apparato i livelli riscontrati si discostano ancora molto dai livelli di fondo.

Misure su apparati per radarterapia, marconiterapia e magnetoterapia nei servizi di fisioterapia delle ASL

Sorgenti presenti:

Apparati per radarterapia con emissione a 2.45GHz

Apparati per marconiterapia con emissione a 27.12MHz

Apparati per magnetoterapia con emissioni fino a qualche centinaio di Hz.

Caratteristiche delle applicazioni e criteri per le misure:

Impostazione dei parametri in base alla tipologia di applicazione richiesta.

Le misure sono state effettuate con le configurazioni più utilizzate ed in assenza del paziente (o di fantoccio sostitutivo) a scopo cautelativo.

Strumenti utilizzati:

- Misuratore di campo elettrico e magnetico corredato di:
 - Sensore isotropo di campo elettrico a larga banda, con risposta in frequenza nell'intervallo 100kHz–3GHz e intervallo dinamico 0.5-800 V/m ;
 - Sensore isotropo di campo magnetico a larga banda, con risposta in frequenza nell'intervallo 27MHz – 1GHz e intervallo dinamico 0.02-16 A/m;
- Misuratore di campo elettrico e magnetico nell'intervallo di frequenza 5Hz – 30kHz
- Misuratore di correnti indotte tipo stand-on

Livelli medi su 6 minuti di campo elettrico misurati nelle aree intorno ad un apparato per radarterapia (valore d'azione a 2.45GHz = 137 V/m).

PUNTO	E (V/m)	Descrizione punto di misura
1	14±2.1	CENTRO SALA D'ASPETTO (circa 5m da apparato)
2	93±14	POSTAZIONE OPERATORE (1.5m da apparato)
2	47±7	POSTAZIONE OPERATORE (sopra scrivania – 2m da apparato)
3	26±3.9	CENTRO BOX LASER (2.5m da apparato)
4	24±3.6	DAVANTI BOX MAGNETOTERAPIA (2.5m da apparato)
5	8±1.2	BOX MAGNETOTERAPIA(postazione paziente 4m da apparato)
6	27±4.1	CORRIDOIO (2.5m da apparato)
7	21±3.15	BOX TENS. (postazione paziente – 3m da apparato)
8	10±1.5	CORRIDOIO (davanti box ust – circa 5m da apparato)
9	12±1.8	CENTRO BOX UST (circa 5m da apparato).
10	7±1	CORRIDOIO (vicino ai lavandini – circa 6m da apparato)

Livelli medi su 6 minuti di campo elettrico e magnetico misurati nelle aree intorno ad un apparato per marconiterapia (valori d'azione a 27.12MHz =61 V/m e 0.16 A/m).

PUNTO	E (V/m)	H (A/m)	Descrizione punto di misura
11	6±0.9	n.r.	DAVANTI SALA B (porta aperta – circa 3m da apparato)
11	5±0.75	n.r.	DAVANTI SALA B (porta chiusa)
12	17±2.55	0.025±0.006	SALA B (vicino posizione di comando – circa 2.5m da apparato)
13	0.7±0.1	0.005±0.001	PALESTRA (lettino paziente – 6m da apparato)
9	14.3±2.2	0.005±0.001	DAVANTI SALA A (porta aperta – 2m da apparato)
9	14±2.1	n.r.	DAVANTI SALA A(porta chiusa)
14	49±7.35	0.025±0.006	SALA A (lavandino – 1m da apparato)

Misure di corrente indotta su operatori su marconiterapie

Frequenza (MHz)	operatore	Scarpe/no scarpe	Livello di campo elettrico (V/m)	Livello di corrente (mA)
27.12	1	Zoccoli soles gomma	49	30
27.12	1	Zoccoli soles gomma	17	20
27.12	2	scarpe	11	2.5
27.12	3	scarpe	11	3
27.12	2	scalzo	11	16
27.12	3	scalzo	11	14

Misure di campo magnetico a bassa frequenza nell'area intorno ad un'apparato per magnetoterapia

PUNTO	B_{magneto} (μT)	Descrizione punto di misura
11	31 \pm 3	SALA D'ASPETTO (3m da apparato)
12	60 \pm 6	SALA D'ASPETTO (2m da apparato)
13	1.6 \pm 0.2	CORRIDOIO (4m da apparato)
2	0.70 \pm 0.07	POSTAZIONE OPERATORE (6m da apparato)
5	2.6 \pm 0.3	BOX MAGNETOTERAPIA (vicino alla console)
14	0.5 \pm 0.05	BOX RADAR (5m da apparato)
7	0.68 \pm 0.07	BOX TENS. (posizione testa paziente – circa 5m da apparato)

Conclusioni rilevazioni su apparati per fisioterapia

- I livelli di campo misurati, pur arrivando a valori comparabili con i valori d'azione, non li superano nelle aree di permanenza dell'operatore. Si può riscontrare però un problema di esposizione elevata della popolazione nelle sale d'aspetto, nonché una mancanza di informazione del personale che conduce ad uno scarso livello di attenzione ai criteri di corretto posizionamento e utilizzo delle macchine e alle procedure per evitare esposizioni indebite.

-L'intensità del campo generato può variare al variare dell'applicazione. Una valutazione approfondita dell'esposizione dei lavoratori va effettuata tenendo conto delle condizioni più cautelative.

-Caratterizzazione spaziale del campo: sono presenti forti disuniformità spaziali, nonché “punti caldi” in cui i livelli sono molto più elevati rispetto alle aree circostanti.