



Sito produttivo di Pontey (AO)

Data emissione

24.11.2016


**D.LGS. 81/08  
TITOLO VIII - CAPO IV**

**ESPOSIZIONE AD AGENTI FISICI  
CAMPI ELETTRICI, MAGNETICI ED ELETTROMAGNETICI**

**DOCUMENTAZIONE TECNICA DI VALUTAZIONE  
DELL'ESPOSIZIONE A CAMPI ELETTRICI, MAGNETICI ED  
ELETTROMAGNETICI**

*Datore di lavoro*


---

	Sito produttivo di Pontey (AO)	Data emissione	24.11.2016
---	--------------------------------	----------------	------------

**SOGGETTI COINVOLTI NELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO E FIRME PER PRESA VISIONE**

NOMINATIVO	QUALIFICA	FIRMA	DATA
	RESPONSABILE SERVIZIO DI PREVENZIONE E PROTEZIONE		
	MEDICO COMPETENTE		

<b>RAPPRESENTANTI DEI LAVORATORI PER LA SICUREZZA</b>		
NOMINATIVO	FIRMA	IN DATA

<p><b>SUPPORTO TECNICO ESTERNO A SERVIZIO DI PREVENZIONE E PROTEZIONE</b> </p>
<p align="center">Sede principale: Via Massari 189/A - 10148 TORINO - Tel. 0112269878 - 0112269903 - Fax. 0112269918  Sede di Verona. Via Bozzini, 5 - 37135 VERONA - Tel/fax 045502852  Sede di Saluzzo: Via Savigliano, 75 - 12037 SALUZZO (Cn) - Tel/fax 017541644</p>



COMMITTENTE:

**I.V.I.E.S. s.p.a.**

Loc. Crétaz Boson 13, 11024 PONTEY (AO)

**VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE A CAMPI ELETTRICI,  
MAGNETICI ED ELETTROMAGNETICI DEI LAVORATORI  
(0 - 300 GHz)**

**TITOLO VIII - CAPO IV - D. LGS. N. 81/2008**

**RELAZIONE TECNICA**

Relazione n.	Rev.	Data	Resp. Progetto	Direzione tecnica
A13570B	00	24.11.2016	dott. ing. Luca Baralis  Tecnico competente in acustica ambientale Regione Piemonte: DGR n. 42-16518 del 10/02/97	ing. Marcella Rolando  Albo Ingegneri Prov. TO n. 4400 Tecnico competente in acustica ambientale Regione Piemonte: DGR n. 133-14232 del 25/11/96

Ver. 03-17

## INDICE

1. PREMESSA	3
2. RIFERIMENTI NORMATIVI	4
3. IDENTIFICAZIONE DELLE SORGENTI	8
3.1. CAMPI STATICI	8
3.2. BASSE FREQUENZE (ELF-VLF-LF fino a 100 kHz)	8
3.3. ALTE FREQUENZE (100 kHz - 300 GHz)	9
3.4. ALTRE SORGENTI DI CAMPO ELETTROMAGNETICO	9
4. SOPRALLUOGO PER LA VALUTAZIONE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	11
5. METODOLOGIA DI MISURA	12
5.1. CAMPI MAGNETICI STATICI FREQUENZE (0 - 1 Hz)	13
5.2. BASSE FREQUENZE (ELF-VLF-LF fino a 100 kHz)	13
5.3. ALTE FREQUENZE (100 kHz - 300 GHz)	13
5.4. INCERTEZZA DI MISURA	14
6. RISULTATI E CONFRONTO CON I LIMITI APPLICABILI	15
7. CONCLUSIONI	17

### **Allegati:**

ALLEGATO 1 - RISULTATI DEI RILIEVI

## 1. PREMESSA

Il presente documento costituisce il rapporto tecnico relativo alle attività messe in atto per valutare l'esposizione dei lavoratori a campi elettromagnetici, in applicazione ai disposti del Titolo VIII capo I e IV del D. Lgs.n. 81/2008 "Attuazione dell'art. 1 della legge 3 agosto 2007 n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro".

*"Nell'ambito della valutazione di cui all'art. 28 il datore di lavoro valuta tutti i rischi derivanti dall'esposizione ad agenti fisici in modo da identificare e adottare le opportune misure di prevenzione e protezione..."*

È noto che quando un individuo si trova esposto a campi di natura elettrica, magnetica od elettromagnetica, ha inevitabilmente luogo un'interazione tra le forze del campo e le cariche e le correnti presenti nei tessuti dell'organismo. Il risultato di questa interazione è sempre una "perturbazione", cioè una deviazione dalle condizioni di equilibrio elettrico, a livello molecolare, che può determinare un vero e proprio effetto biologico nel caso in cui vengano indotte delle variazioni (morfologiche o funzionali) in strutture quali tessuti, organi o sistemi. Tale effetto si traduce in effetto sanitario, cioè in danno per l'organismo, se viene a superare la capacità di compensazione di cui dispone l'organismo.

Allo stato attuale delle conoscenze gli effetti biologici, ormai scientificamente provati ed accertati, sono quelli cosiddetti acuti, che sono caratterizzati dall'aver un valore di soglia, dall'essere immediati (cioè che si verificano pressoché immediatamente quando viene applicato il campo e terminano altrettanto immediatamente quando viene rimosso) ed oggettivi (cioè che si verificano su qualunque soggetto salvo differenze nel valore di soglia da individuo ad individuo). Tali effetti, possibili in seguito ad esposizione a campi di intensità molto elevata, variano in funzione della frequenza del campo della sorgente e sono:

- a bassa frequenza: induzione di corrente elettrica all'interno dell'organismo;
- ad alta frequenza (> 1 MHz): riscaldamento dei tessuti.

Per quanto riguarda eventuali altri tipi di effetti, alla luce delle attuali conoscenze scientifiche, non è invece ancora stato possibile né dimostrare né escludere con certezza che i campi elettromagnetici possano produrre effetti cosiddetti a lungo termine, conseguenti cioè ad esposizioni prolungate a livelli di campo elettromagnetico anche meno rilevanti rispetto alle soglie acute.

Nel seguito si affronteranno quindi le problematiche riguardanti la protezione dai rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori dovuti agli effetti nocivi a breve termine conosciuti nel corpo umano derivanti dalla circolazione di correnti indotte e dall'assorbimento di energia, nonché da correnti di contatto.

Si precisa che per campi elettromagnetici si intenderanno campi magnetici statici, campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici variabili nel tempo di frequenza inferiore o pari a 300 GHz.

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI

La valutazione è stata eseguita con riferimento al D. Lgs. n° 81/2008, Titolo VIII Capo IV "Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici" del Titolo VIII e Allegato XXXVI, così come modificati dal D.Lgs. 159/2016 in attuazione della Direttiva 2013/35/UE.

Sono definiti i seguenti parametri:

- **Campi elettromagnetici:** campi magnetici statici e campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici variabili nel tempo di frequenza inferiore o pari a 300 GHz
- **Valori limite di esposizione (VLE):** limiti all'esposizione a campi elettromagnetici che sono basati direttamente sugli effetti sensoriali (applicabili a condizioni di lavoro normali) o effetti sanitari (applicabili a condizioni di lavoro controllate). Il rispetto di questi limiti garantisce che i lavoratori esposti ai campi elettromagnetici sono protetti contro tutti gli effetti nocivi a breve termine per la salute conosciuti. Per i campi elettromagnetici in alta frequenza sono invece presenti dei valori limite di esposizione connessi agli effetti termici.
- **Valori di azione (inferiori):** entità dei parametri direttamente misurabili espressi in termini di intensità di campo elettrico  $E$  e induzione magnetica  $B$ . Il rispetto di questi valori assicura il rispetto dei pertinenti valori limite di esposizione per gli effetti sensoriali.
- **Valori di azione (superiori):** entità dei parametri direttamente misurabili espressi in termini di intensità di campo elettrico  $E$  e induzione magnetica  $B$ . Il rispetto di questi valori assicura il rispetto dei pertinenti valori limite di esposizione per gli effetti sanitari, salvo l'applicazione di misure di protezione specifiche (es. formazione dei lavoratori, messa a terra degli strumenti di lavoro, ecc.)

I Valori di azione, espressi in termini di valore efficace del campo non perturbato in funzione del campo di frequenza, sono riassunti nelle tabelle seguenti<sup>1</sup>, si sottolinea che la frequenza  $f$ , dove utilizzata per calcolare il valore limite, è espressa nell'unità indicata in prima colonna:

### Campi statici

Frequenza (Hz)	INDUZIONE MAGNETICA (B - mT)	INDUZIONE MAGNETICA (B - mT)	INDUZIONE MAGNETICA (B - mT)
	VLE condizioni di lavoro normali	VA Rischio propulsivo campo periferico	VA interferenza con dispositivi attivi (es. stimolatori cardiaci)
0 ÷ 1	2000	3 (se sorgente > 100 mT)	0.5

<sup>1</sup> Allegato XXXVI D.Lgs. n° 81/2008

### Campi variabili frequenza 1 - 1000 kHz (effetti non termici)

Frequenza (Hz)	Intensità di CAMPO ELETTRICO (E - V/m)	Intensità di CAMPO ELETTRICO (E - V/m)	INDUZIONE MAGNETICA (B - $\mu$ T)	INDUZIONE MAGNETICA (B - $\mu$ T)
	VA(E) inferiore	VA(E) superiori	VA(B) inferiore	VA(B) superiori
$1 \leq f < 8$	20000	20000	200000 / f	300000 / f
$8 \leq f < 25$	20000	20000	25000 / f	300000 / f
$25 \leq f < 50$	500000 / f	20000	1000	300000 / f
$50 \leq f < 300$	500000 / f	1000000 / f	1000	300000 / f
$300 \leq f < 820$	500000 / f	1000000 / f	300000 / f	300000 / f
$820 \leq f < 1.64 \text{ k}$	500000 / f	1000000 / f	300000 / f	300000 / f
$1.64 \leq f < 2.5 \text{ k}$	500000 / f	610	300000 / f	300000 / f
$2.5 \leq f < 3 \text{ k}$	500000 / f	610	300000 / f	300000 / f
$3 \leq f < 65 \text{ k}$	170	610	100	100
$65 \leq f < 100 \text{ k}$	170	610	100	100
$100 \leq f < 1000 \text{ k}$	170	610	100	100

### Campi variabili frequenza 100 kHz - 300 GHz (effetti termici)

Nota: i VA inferiori e i VA superiori sono espressi in termini di valore efficace per i campi sinusoidali. Nel caso di campi non sinusoidali, la valutazione dell'esposizione effettuata ai sensi dell'articolo 209 è di norma basata sul metodo del picco ponderato (ICNIRP 2010) attraverso un confronto che restituisce una percentuale di saturazione del valore limite.

Frequenza (Hz)	Intensità di CAMPO ELETTRICO (E - V/m)	INDUZIONE MAGNETICA (B - $\mu$ T)	Densità di potenza ( $W/m^2$ )
	VA(E) effetti termici	VA(B) effetti termici	LA (S)
$100 \leq f < 1000 \text{ k}$	610	2000000/f	N.A.
$1 \leq f < 10 \text{ M}$	610000000/f	2000000/f	N.A.
$10 \leq f < 110 \text{ M}$	61	0.2	N.A.
$110 \leq f < 400 \text{ M}$	61	0.2	N.A.
$400 \leq f < 2000 \text{ M}$	$0.003 \times f^2$	$0.00001 \times f^2$	N.A.
$2 \leq f < 6 \text{ G}$	140	0.45	N.A.
$6 \leq f < 300 \text{ G}$	140	0.45	50

Per l'interferenza con dispositivi impiantabili attivi, ad esempio stimolatori cardiaci si fa riferimento a quanto indicato nel D. Lgs. n° 159/2016 per ciò che concerne i campi elettromagnetici statici, mentre in assenza di indicazioni specifiche di legge si è cautelativamente fatto riferimento alle indicazioni delle linee guida non vincolanti della Comunità Europea, concordanti con la norma CEI EN 50527-1 "Procedura per la valutazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici dei lavoratori con dispositivi medici impiantabili attivi Parte 1: Generalità" e nella sostanza anche con le raccomandazioni già proposte da ACGIH.

Nella tabella seguente si riassumono quindi i valori limite adottati alle frequenze di campo più significative:

Frequenza (Hz)	Intensità di CAMPO ELETTRICO (E - kV/m)	INDUZIONE MAGNETICA (B - mT)
0 ÷ 1	N.A.	0.5
50 ÷ 60	1	0.1

Occorre inoltre tener conto degli effetti indiretti dovuti al rischio propulsivo di oggetti ferromagnetici in campi magnetici statici. Il valore limite dell'induzione magnetica, definito nella tabella B4, allegato XXXVI, è pari a 3 mT misurato nel campo periferico di sorgenti ad alta intensità (> 100 mT).

Sono inoltre fissati dei *Valori di Azione* anche per la *Corrente di contatto*  $I_C$  e per le *Correnti indotte attraverso gli arti*  $I_L$ .

Le cosiddette *correnti di contatto* si manifestano quando il corpo umano viene in contatto con un oggetto conduttore a diverso potenziale elettrico dovuto all'immersione in un intenso campo elettromagnetico (cioè quando il corpo o l'oggetto sono "caricati" dall'azione del campo elettromagnetico).

Le correnti di contatto sono generalmente di tipo impulsivo (scariche transitorie o scosse) e per la loro intensità non sono da considerarsi pericolose per quanto concerne la folgorazione o l'elettrocuzione; l'energia ad esse associata può però causare sensazioni spiacevoli, causare piccole ustioni ed in casi particolari divenire causa indiretta di infortuni a seguito di movimenti incontrollati del soggetto.

L'esposizione del corpo umano a campi elettromagnetici esterni nel dominio delle radiofrequenze può inoltre generare delle correnti indotte nei tessuti. In particolare le correnti indotte dalla componente elettrica del campo interessano usualmente gli arti: esse fluiscono generalmente attraverso le gambe verso il terreno o il pavimento, o attraverso le braccia verso altri punti di contatto con superfici a più basso potenziale.

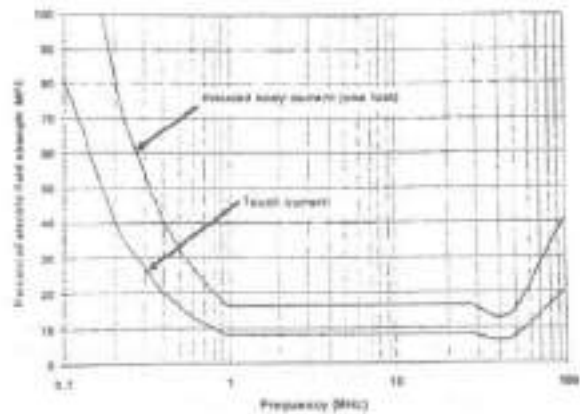
Per tali parametri sono fissati i *Valori di azione* seguenti in funzione delle varie frequenze:



Frequenza (Hz)	Corrente di contatto $I_c$ (mA)	Correnti indotte attraverso un arto $I_L$ (mA)
$0 \leq f < 2.5$	1	
$2.5 \leq f < 100 \text{ k}$	$0.4 * f$ [kHz]	
$100 \text{ k} \leq f < 10 \text{ M}$	40	
$10 \text{ M} \leq f < 110 \text{ M}$	40	100

I fenomeni menzionati si verificano tipicamente quando in presenza di un campo elettromagnetico intenso, e di norma a ridotta distanza dalla sorgente, si presentano condizioni ambientali predisponenti. La verifica del rispetto dei valori di azione per le correnti di contatto e per le correnti indotta attraverso gli arti può essere condotta, in prima istanza, attraverso la misurazione di parametri di campo, quindi direttamente misurabili in aria.

Anche l'esame della letteratura di merito<sup>2</sup> conferma l'interpretazione sopra riportata: infatti, per quanto riguarda l'intervallo di **frequenze fino a circa 100 KHz**, viene concordemente indicata un'intensità di campo elettrico minima pari a 2 kV/m entro la quale le correnti di contatto provocate non sono di entità tale da generare una sensazione di disturbo, e quindi tale intensità garantisce anche il rispetto dei Valori di azione stabiliti per  $I_c$ .



TLV per la percentuale di intensità di campo elettrico al di sotto del quale non sono richiesti limiti di corrente indotta o da contatto da 0,1 a 100 MHz (da IEEE std C95.1-2005)

**Per quanto riguarda le frequenze superiori**, viene indicato che la misura diretta di  $I_c$  non è necessaria se l'intensità di campo elettrico risulta inferiore ai Valori di Azione per frequenze comprese fino a 0.45 MHz, mentre per frequenze più alte le misure dirette di  $I_c$  non sono necessarie se l'intensità del campo elettrico non supera una certa percentuale del Valore di Azione corrispondente.

<sup>2</sup> ACGIH 2014 "Thresholds Limits Values and Biological Exposures Indices";  
IEEE std C95-1, 1999 "Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz"  
ICNIRP "Linee guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ed a campi elettromagnetici (fino a 300 GHz)" traduzione italiana di: "Guidelines for Limiting Exposure to Time-varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)" - Health Physics 74: 494-522 (1998)

### **3. IDENTIFICAZIONE DELLE SORGENTI**

La IVIES, con sede presso il sito di Pontey, opera principalmente in Valle d'Aosta, svolgendo attività generale nel campo edilizio e della sistemazione ambientale, con specializzazione nei lavori caratterizzati da condizioni ambientali e climatiche difficili, tipici delle regioni alpine.

A Pontey sono collocati depositi, magazzini e gli impianti per la preparazione di inerti.

La valutazione ha preso in considerazione le sorgenti di campo elettromagnetico potenzialmente in grado di superare i livelli di campo assunti a riferimento per l'esposizione in ambito non lavorativo presenti nelle aree produttive, nei locali di servizio, nelle aree di piazzale e negli uffici. Le sorgenti identificate all'interno del perimetro dell'Azienda e prese in esame producono campi elettromagnetici sia nel range delle basse frequenze sia nel range delle alte frequenze: per chiarezza nel seguito verranno distinte ed esaminate separatamente le varie tipologie di sorgenti.

#### **3.1. CAMPI STATICI**

Le sorgenti di campo statico prese in esame sono state individuate nei magneti deferrizzatori presenti sulle linee di trattamento degli inerti

#### **3.2. BASSE FREQUENZE (ELF-VLF-LF fino a 100 kHz)**

Le sorgenti di campi elettrici e magnetici prese in esame che producono campi alle frequenze di rete (50 Hz ed armoniche principali) sono cabine, quadri e linee elettriche con corrente di fase superiore o uguale a 100 A e motori elettrici con significativa potenza impegnata; In ogni caso sono stati eseguiti rilievi di verifica, a campione, anche in corrispondenza di impianti elettrici rientranti per i quali è possibile assicurare a priori la conformità ai valori limite sulla base di quanto indicato nella CEI EN 50499 tabella 1.

Gli impianti elettrici generano un campo elettrico se sono sotto tensione (cioè se sono collegate alla rete elettrica); il valore di campo elettrico è funzione di:

- tensione di lavoro della linea;
- struttura della linea;
- distanza del punto di misura dalla linea;
- presenza di elementi in grado di schermare o meno il campo (vegetazione, edifici, rilievi di terreno, auto,...).

Il campo magnetico viene invece generato solo se, oltre ad essere sotto tensione, l'impianto fornisce anche potenza ad un carico utilizzatore; in particolare il valore di campo magnetico dipende da:

- corrente che scorre sulla linea;
- struttura della linea;
- distanza del punto di misura dalla linea.

Poiché la corrente varia in funzione dell'energia utilizzata, risulta evidente che i valori di induzione magnetica rilevati in occasione del sopralluogo di misura possono aumentare in condizioni di maggior assorbimento di corrente: a tal proposito si sottolinea che i rilievi sono stati effettuati in orario significativo ed in condizioni di normale funzionamento dello stabilimento con gli impianti funzionanti in condizioni normali di produzione.

Sono stati inoltre eseguiti alcuni rilievi su attrezzature di manutenzione quali in particolare le saldatrici ad arco elettrico, per le quali sono stati adottati specifici criteri di misura (weighted peak).

I campi emessi dalle sorgenti individuate negli uffici sono sia campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (5 Hz - 100 kHz, che comprendono anche le frequenze di 50 Hz della corrente alternata di alimentazione elettrica) sia campi elettromagnetici ad alte frequenze (100 kHz - 300 GHz); questi ultimi, secondo le attuali conoscenze allo stato dell'arte, emessi dai videoterminali e dai personal computer portatili, risultano sempre di entità molto ridotta, come anche confermato nella letteratura di merito (Non binding guide europea, CEI EN 50499) e sempre ampiamente inferiori ai limiti fissati attualmente in vigore per l'esposizione dei lavoratori

### **3.3. ALTE FREQUENZE (100 kHz - 300 GHz)**

Per quanto riguarda le alte frequenze sono state esaminate in particolare le radio ricetrasmittenti utilizzate per le comunicazioni tra il personale in cantiere.

Per le altre sorgenti, comprendenti apparati di telefonia mobile o cordless e delle attrezzature di ufficio già menzionate (videoterminali, ecc.) si è ritenuto di non effettuare rilevazioni specifiche in quanto è desumibile dalla letteratura di merito e dalla nostra esperienza (campagne di misurazioni in varie situazioni analoghe) che nelle postazioni di lavoro con videoterminali ed apparecchiature connesse (stampanti, fax, ecc.) i valori di intensità di campo elettrico, di intensità di campo magnetico, di induzione magnetica, di densità di potenza risultano sempre ampiamente inferiori ai limiti fissati attualmente in vigore per l'esposizione dei lavoratori.

### **3.4. ALTRE SORGENTI DI CAMPO ELETTROMAGNETICO**

Con riferimento alla tabella 1 (Luoghi di lavoro e apparecchiature conformi a priori) della norma tecnica CEI EN 50499, si può assumere che tutte le altre attrezzature ad alimentazione elettrica presenti, oltre a quelle già citate, tra cui la rete di distribuzione elettrica e gli apparati di illuminazione, le attrezzature elettriche portatili, i dispositivi di telefonia mobile e tutte le attrezzature utilizzate anche negli uffici (personal computer, videoterminali, stampanti, fax, fotocopiatrici, ...), non emettano campi elettromagnetici significativi, ovvero che emettano campi elettromagnetici a livelli inferiori ai limiti previsti per la esposizione della popolazione, purchè

utilizzati in conformità alle istruzioni di sicurezza eventualmente fornite dal costruttore/fornitore.

#### 4. SOPRALLUOGO PER LA VALUTAZIONE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Il sopralluogo, necessario per l'esecuzione dei rilievi e l'acquisizione delle informazioni necessarie, è stato effettuato dal tecnico dott. ing. Luca Baralis in data 16 novembre 2016.

In specifico durante il sopralluogo ed in collaborazione con i preposti della Ditta Committente, sono stati identificati tutti i punti significativi per la valutazione della potenziale esposizione dei dipendenti a sorgenti di campi elettromagnetici durante lo svolgimento dell'attività lavorativa.

Per l'esecuzione dei rilievi si è utilizzata la seguente strumentazione:

- ◆ misuratore portatile di campi elettrici, magnetici, elettromagnetici **PMM** mod. **8053-2004-40** matr. n° 262WL31216;
- ◆ sensore isotropico di campo elettrico e magnetico **PMM** mod. **EHP 50E** (con ripetitore ottico incorporato) matr. n° 230WX30228 per la misura di campi elettrici e campi magnetici nel campo di frequenze 1 Hz - 400 kHz;
- ◆ sensore isotropico di campo elettrico **PMM** mod. **EP 745** matr. n° 000WX30608 per la misura di campi elettrici nelle frequenze comprese tra 100 kHz e 7 GHz;
- ◆ accessori vari (treppiede in legno, fibra ottica,...);
- ◆ misuratore portatile di campi statici **METROLAB** mod. **Three-axis Hall Magnetometer THM1176**.

La strumentazione sopra elencata è conforme alle delle norme CEI 211-6/7 (2001) e viene periodicamente sottoposta ad opportuna taratura o verifica, presso laboratori specializzati. In ogni caso la taratura viene comunque controllata automaticamente dallo strumento in fase di accensione.

## 5. METODOLOGIA DI MISURA

I parametri che vengono generalmente misurati con le varie sonde sono:

- *Intensità di Campo elettrico (E) (V/m)*
- *Induzione magnetica (B) (Tesla)*

in funzione delle caratteristiche della sorgente stessa.

In particolare per quanto riguarda il campo magnetico si è soliti rilevare l'induzione magnetica B per le frequenze fino a 100 kHz essendo tale parametro più adatto a definire gli effetti che il campo magnetico ha sul corpo umano (induzione di correnti o riscaldamento dei tessuti).

La struttura del campo varia notevolmente in funzione della distanza dalla sorgente rapportata alla lunghezza d'onda: di conseguenza, si è soliti distinguere tra zona di campo vicino (nella quale i campi elettrico e magnetico sono del tutto indipendenti uno dall'altro ed occorre perciò misurare indipendentemente sia il campo elettrico sia il campo magnetico) e zona di campo lontano (nella quale invece la struttura dei campi inizia a risentire del fenomeno della radiazione ed è sufficiente misurare l'uno, per dedurre automaticamente l'altro in base alle relazioni d'onda piana). Per una corretta esecuzione delle rilevazioni in funzione della frequenza di emissione della sorgente in esame deve quindi essere stabilito se ci si trova in zona di campo vicino o di campo lontano.

La zona di campo lontano è definita come la distanza dalla sorgente alla quale il campo magnetico ed il campo elettrico sono direttamente correlati dall'equazione  $E/H = 377 \Omega$  ed è, in termini semplificativi, pari alla lunghezza d'onda della radiazione emessa: pertanto se ci si trova oltre tale distanza da un'ipotetica sorgente di campo elettromagnetico è sufficiente rilevare solo il campo elettrico dal momento che il campo magnetico può essere automaticamente ricavato dalla relazione precedente. In campo vicino invece non vi è una correlazione diretta tra campo elettrico ed induzione magnetica: pertanto, i due parametri devono essere rilevati separatamente.

Si osserva che per le basse frequenze (ELF-VLF-LF fino a 100 kHz) la lunghezza d'onda è molto alta (dell'ordine dei km): nel caso specifico, essendo l'area da indagare molto prossima alle sorgenti (qualche decina di metri al massimo), il punto di misura appartiene sempre alla zona di campo vicino; in tale range di frequenze si rilevano separatamente:

- *Intensità di Campo elettrico (E) (V/m)*
- *Induzione magnetica (B) (Tesla)*

Per le alte frequenze ci si trova in genere in zona di campo lontano, per cui in molti casi è sufficiente eseguire la sola rilevazione di campo elettrico, derivando poi le altre grandezze mediante le note relazioni d'onda piana.

Si specifica che i rilievi sono stati condotti con tutte le apparecchiature elettriche presenti nei locali accese in condizioni di normale funzionamento dello stabilimento; le condizioni di misura sono indicate nelle tabelle riassuntive dei risultati dei rilievi unite in allegato.

### **5.1. CAMPI MAGNETICI STATICI FREQUENZE (0 - 1 Hz)**

Il valore efficace dell'induzione magnetica (B) è stato ricavato mediante rilevazione diretta di durata sufficiente a stabilizzare il livello letto sullo strumento.

E' stata effettuata una serie di rilievi in prossimità dei magneti deferrizzatori nei punti accessibili più vicini e in distanza al fine di definire le modalità di decadimento del livello di campo.

### **5.2. BASSE FREQUENZE (ELF-VLF-LF fino a 100 kHz)**

Il valore efficace del campo elettrico (E) ed il valore efficace dell'induzione magnetica (B) sono stati ricavati mediante rilevazione diretta di durata sufficiente a stabilizzare il livello letto sullo strumento.

Per ogni punto di misura sono quindi stati effettuati due rilievi con la sonda EHP50E (campi elettrici e magnetici in bassa frequenza), con centro della sonda ad altezza di 1.5÷1.6 m dal piano di calpestio (tale altezza individua il punto di maggiore esposizione sulla superficie del corpo umano), salvo casi particolari eventualmente specificati nella tabella riassuntiva dei rilievi.

Per quanto riguarda le rilevazioni eseguite presso la postazione di saldatura si specifica che il sensore è stato posizionato ad una distanza dal cavo di alimentazione elettrica della torcia di circa 20 cm, avendo cura di distanziarsi sufficientemente da arredi e altri oggetti metallici o comunque conduttori. Per tale tipo di sorgenti si effettua la misura utilizzando la modalità "picco ponderato" della sonda EHP50E.

### **5.3. ALTE FREQUENZE (100 kHz - 300 GHz)**

Per quanto riguarda invece la valutazione dei campi elettromagnetici ad alta frequenza (RF-MW) determinati dalle antenne delle radio ricetrasmittenti, sono state effettuate poi alcune rilevazioni presso una radio in fase di trasmissione (circa 60% del tempo di misura effettivo) per verificare il livello di campo elettromagnetico presente intorno all'operatore che la stia utilizzando: poiché per mantenere la radio in fase di ricezione/trasmissione è necessaria comunque la presenza dell'operatore che manipoli i vari tasti le rilevazioni sono state eseguite facendo tenere all'operatore la radio in funzione (mediante pressione del tasto) distante dal corpo (lunghezza del braccio) e mantenendo il sensore ad un'ulteriore distanza di circa 40-50 cm. In tal caso poiché la distanza di misura è prossima alla distanza oltre la quale ci si trova in campo lontano, sono state eseguite le rilevazioni sia di campo elettrico sia di campo magnetico.

## 5.4. INCERTEZZA DI MISURA

Per quanto concerne la minimizzazione dell'incertezza cui è affetta ciascuna misura (errore casuale), sono state seguite le indicazioni riportate nelle norme CEI 211-6 (2001) "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz con riferimento all'esposizione umana" e nella norma CEI 211-7 (2001) "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz - 300 GHz con riferimento all'esposizione umana" ed in specifico si sono adottati i seguenti criteri:

- ciascuna rilevazione di campo elettrico e di induzione magnetica è stata condotta per un tempo sufficiente a stabilizzare il livello letto sullo strumento o comunque mai inferiore ad un ciclo di lavorazione della linea, macchina od attrezzatura in grado di influenzare il livello misurato per frequenze fino a 10 kHz; in particolare, per frequenze superiori a 10 kHz, ciascuna rilevazione di campo elettrico e di campo magnetico è stata condotta per un tempo minimo di 6 minuti, come indicato in specifico dalla norma relativa;
- posizionamento del sensore lontano (almeno 30 cm) da superfici metalliche o oggetti conduttori o dalla sorgente;
- esecuzione della rilevazione in assenza di persone che potessero perturbare il valore del campo da misurare (quando possibile); a tal fine si sono utilizzati un treppiede in legno e dei cavi in fibra ottica di collegamento tra il sensore ed il misuratore di campo in modo tale da consentire all'operatore di tenersi ad una distanza di circa 2 metri dalla sonda;
- esecuzione delle rilevazioni con normali condizioni di temperatura e umidità.

Questa procedura mira a contenere il possibile errore casuale nei limiti dell'incertezza strumentale: a tal proposito si fa riferimento ai certificati di calibrazione della strumentazione a disposizione presso la nostra sede.



## 6. RISULTATI E CONFRONTO CON I LIMITI APPLICABILI

I risultati dei rilievi sono riportati nelle tabelle in allegato suddivise in funzione delle frequenze di emissione delle varie sorgenti esaminate.

### *Tabella 1 - Metodo del picco ponderato:*

In tale tabella sono riportati i risultati dei rilievi effettuati nella modalità di “picco ponderato” delle sorgenti di campi non sinusoidali, espressi in percentuale di saturazione del limite; in particolare sono indicati:

- il valore limite di indice di picco ponderato WP;
- il punto di misura;
- la postazione di misura con l'indicazione delle condizioni di funzionamento della macchina/impianto in esame e di eventuali note per meglio caratterizzare la postazione, le condizioni di funzionamento e le condizioni al contorno significative.

### *Tabella 2 - Campi magnetici - Frequenze 0 ÷ 1 Hz:*

In tale tabella sono riportati i risultati dei rilievi relativi alle sorgenti che emettono campi statici; in particolare sono indicati:

- i limiti cui fare riferimento per le varie grandezze indicate;
- il punto di misura;
- la postazione di misura con l'indicazione delle condizioni di funzionamento della macchina/impianto in esame e di eventuali note per meglio caratterizzare la postazione, le condizioni di funzionamento e le condizioni al contorno significative. Se non diversamente specificato la sonda è collocata nel punto accessibile più prossimo dalle sorgenti, mantenendo una distanza da queste di almeno 10 cm.

### *Tabella 3 - Basse frequenze (50 Hz):*

In tale tabella sono riportati i risultati dei rilievi relativi alle sorgenti che emettono campi elettrici e magnetici in bassa frequenza in particolare alla frequenza di rete 50 Hz; in particolare sono indicati:

- i limiti cui fare riferimento per le varie grandezze indicate;
- il punto di misura, come riportato nella planimetria allegata;
- la postazione di misura con l'indicazione delle condizioni di funzionamento della macchina/impianto in esame e di eventuali note per meglio caratterizzare la postazione, le condizioni di funzionamento e le condizioni al contorno significative. Se non diversamente specificato l'altezza della sonda è pari a 1.5 metri dal piano di calpestio e la distanza dalle sorgenti indicate è di circa 50 cm - 1 metro in funzione delle condizioni di accessibilità;
- le considerazioni relative al rispetto dei limiti per le correnti di contatto e le correnti indotte secondo le considerazioni riportate al paragrafo 2: se viene riportata l'indicazione OK si intende che i valori di campo elettrico rilevati sono tali da consentire il rispetto dei limiti imposti.

*Tabella 4 – Radio ricetrasmittenti - Alte frequenze:*

In tale tabella sono riportati i risultati dei rilievi relativi alle sorgenti che emettono campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici in alta frequenza, in particolare alla frequenza 136 MHz; poiché le radio possono operare in diversi range di frequenza i valori di campo misurati sono stati confrontati a titolo cautelativo con i limiti più restrittivi previsti per il range di possibili frequenze:

- i limiti cui fare riferimento per le varie grandezze indicate in funzione della frequenza di emissione della sorgente in esame;
- il punto di misura, come riportato nella planimetria allegata;
- la postazione di misura con l'indicazione delle condizioni di funzionamento della macchina/impianto in esame e di eventuali note per meglio caratterizzare la postazione, le condizioni di funzionamento e le condizioni al contorno significative. Se non diversamente specificato l'altezza della sonda è pari a 1.5 metri dal piano di calpestio e la distanza dalle sorgenti indicate è di circa 50 cm - 1 metro in funzione delle modalità di effettivo utilizzo.

## 7. CONCLUSIONI

Dall'esame dei risultati delle misure puntuali di campi in bassa e alta frequenza riportati nelle tabelle dal n° 1 al n° 4 dell'allegato n° 1, confrontati con i limiti attualmente in vigore si possono trarre le seguenti considerazioni:

- *Intensità di Campo elettrico (E) (V/m)*: tutti i valori riscontrati sono inferiori ai valori di azione;
- *Induzione magnetica (B) (Tesla)*: tutti i valori riscontrati sono inferiori ai valori di azione;
- *Densità di potenza (S) (W/mq)*: tutti i valori riscontrati sono inferiori ai valori di azione.

Da quanto rilevato risultano rispettati i limiti, sia normativi che quelli adottati ancorchè non previsti dalla vigente legislazione, per la protezione dei lavoratori portatori di pace-maker e di apparecchiature elettroniche medicali simili purchè venga mantenuta una distanza di cautela superiore a 1,5 -2 m dai magneti deferizzatori come meglio indicato nelle schede di misura allegate, e vengano adottate tutte le cautele indicate nella documentazione a corredo delle altre attrezzature sorgenti di campo (ad es. radio ricetrasmittenti, apparati per telefonia mobile, ecc.)

Le stesse distanze di rispetto assicurano il rispetto dei limiti normativi anche relativamente al rischio propulsivo di oggetti ferromagnetici in campi magnetici statici.

Questa relazione di cui fanno parte integrante gli allegati richiamati nell'indice, costituisce la documentazione tecnica relativa alla valutazione del rischio campi elettromagnetici da allegare alla valutazione del rischio previsto dal D. Lgs. 81/2008.

— • —

# ALLEGATO 1

## RISULTATI DEI RILIEVI

N° tot tabelle: 4

RISULTATI DELLE RILEVAZIONI ESEGUITE RELATIVAMENTE A SORGENTI NON SINUSOIDALI O CON FORMA D'ONDA COMPLESSA (1 - 100 kHz)		Indice di picco ponderato WP			
Valore limite:		100%		100%	
Punto di misura	Descrizione e condizioni di funzionamento	Valore misurato Campo elettrico	Situazione	Valore misurato Campo magnetico	Situazione
1	Pontey - Saldatrice elettrica Weldtronic 410N (regolata su posizione 10 - 18-45V)	1.67%	<b>WP &lt; WP lim</b>	25.10%	<b>WP &lt; WP lim</b>

(#) Sono indicati i limiti di *Intensità di Campo Elettrico E* che garantiscono che non siano superati i rispettivi limiti fissati per correnti di contatto e correnti indotte

RISULTATI DELLE RILEVAZIONI ESEGUITE RELATIVAMENTE ALLE SORGENTI NEL CAMPO STATICO: 0 ÷ 1 Hz		INDUZIONE MAGNETICA (B - mT)	INDUZIONE MAGNETICA (B - mT)	INDUZIONE MAGNETICA (B - mT)
LIMITI APPLICABILI		VLE condizioni di lavoro normali	VA Rischio propulsivo campo periferico	VA interferenza con dispositivi elettromedicali
		2000	3 (sorgente > 100 mT)	0.5
Punto di misura	Descrizione e condizioni di funzionamento	VALORE MISURATO	DISTANZA DI SICUREZZA (#)	VALORE MISURATO
7a	Pontey - Magnete deferrizzatore 2 (posizione accessibile più vicina: ~ 10 cm lateralmente al magnete)	35.53	N.A.	35.53
7b	Pontey - Magnete deferrizzatore 2 (a ~1 m)	0.30	N.A.	0.30
8a	Pontey - Magnete deferrizzatore 1 (posizione accessibile più vicina: ~ 10 cm lateralmente al magnete)	94.80	N.A.	94.80
8b	Pontey - Magnete deferrizzatore 1 (a ~1.5 m)	0.30	N.A.	0.30

RISULTATI DELLE RILEVAZIONI ESEGUITE RELATIVAMENTE ALLE SORGENTI NEL CAMPO BASSE FREQUENZE: $50 \leq f < 300$ Hz		Intensità di CAMPO ELETTRICO (E - V/m)	Intensità di CAMPO ELETTRICO (E - V/m)	INDUZIONE MAGNETICA (B - $\mu$ T)	INDUZIONE MAGNETICA (B - $\mu$ T)	CORRENTE DI CONTATTO STAZIONARIA (mA)
LIMITI APPLICABILI ALLA FREQUENZA DI 50 Hz		VA (E) inferiore	VA (E) superiori	VA (B) inferiore	VA (B) superiori	VA (Ic)
		10000.00	20000.00	1000.00	6000.00	1.00
Punto di misura	Descrizione e condizioni di funzionamento	VALORE MISURATO	VALORE MISURATO	VALORE MISURATO	VALORE MISURATO	SITUAZIONE IN ESSERE
2	Pontey - Quadro elettrico magazzini	1.68	1.68	0.31	0.31	OK
3	Pontey - Presso motore mulino	5.26	5.26	1.94	1.94	OK
4	Pontey - Presso motore frantumatore primario	4.80	4.80	0.20	0.20	OK
5	Pontey - Presso motore frantumatore secondario	5.74	5.74	0.88	0.88	OK
6	Pontey - Prossimità cabina ENEL	1.09	1.09	0.77	0.77	OK

(#) Sono indicati i limiti di *Intensità di Campo Elettrico E* che garantiscono che non siano superati i rispettivi limiti fissati per correnti di contatto e correnti indotte

RISULTATI DELLE RILEVAZIONI ESEGUITE RELATIVAMENTE ALLE SORGENTI NEL CAMPO DELLE ALTE FREQUENZE: $10 \leq f < 400$ MHz		Intensità di CAMPO ELETTRICO (E - V/m)	INDUZIONE MAGNETICA (B - $\mu$ T)	CORRENTE DI CONTATTO STAZIONARIA (mA)
LIMITI APPLICABILI ALLA FREQUENZA DI 136 MHz		VA (E) effetti termici	VA (B) effetti termici	VA (Ic)
		61.00	0.20	N.A.
Punto di misura	Descrizione e condizioni di funzionamento	VALORE MISURATO	VALORE CALCOLATO	SITUAZIONE IN ESSERE
4a	Radio Motorola DP 4400 a 0.1 m (radio in trasmissione per circa il 60% del tempo di misura)	14.25	0.05	N.A.
4b	Radio Motorola DP 4400 a 2 m (radio in trasmissione per circa il 60% del tempo di misura)	0.43	< 0.01	N.A.
5a	Radio Motorola GP 344 a 0.1 m (radio in trasmissione per circa il 60% del tempo di misura)	16.91	0.06	N.A.
5b	Radio Motorola GP 344 a 2 m (radio in trasmissione per circa il 60% del tempo di misura)	0.53	< 0.01	N.A.

(#) Sono indicati i limiti di *Intensità di Campo Elettrico E* che garantiscono che non siano superati i rispettivi limiti fissati per correnti di contatto e correnti indotte