



Commissione
europea

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

Volume 2: Studi di casi

La pubblicazione è sostenuta dal Programma europeo per l'occupazione e l'innovazione sociale (EaSI) 2014-2020.

Per ulteriori informazioni: <http://ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=1081&langId=it>

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

Volume 2: Studi di casi

Commissione europea
Direzione generale
per l'Occupazione, gli affari sociali e l'inclusione
Unità B.3

Manoscritto completato nel novembre 2014

Né la Commissione europea né alcuna persona che agisca a suo nome è responsabile dell'uso che può essere fatto delle informazioni contenute nella presente pubblicazione.

I link contenuti nella presente pubblicazione erano corretti alla data di completamento del manoscritto.

© Foto di copertina: corbis

L'uso o la riproduzione delle fotografie non coperte dal diritto d'autore dell'Unione europea deve essere autorizzato direttamente dai titolari dei diritti d'autore.

Europe Direct è un servizio che risponde
alle domande dei cittadini riguardanti l'Unione europea.

Numero verde (*):
00 800 6 7 8 9 10 11

(*) Le informazioni sono gratuite, come la maggior parte delle chiamate (tuttavia, presso alcuni operatori, hotel o cabine telefoniche possono essere a pagamento).

Ulteriori informazioni sull'Unione europea sono disponibili su Internet (<http://europa.eu>).

Lussemburgo: Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione europea, 2015

ISBN 978-92-79-45942-9

doi:10.2767/81062

© Unione europea, 2015

Riproduzione autorizzata con citazione della fonte.

INDICE

| | |
|--|----|
| Studi di casi..... | 7 |
| 1. Ufficio..... | 9 |
| 1.1 Luogo di lavoro..... | 9 |
| 1.2 Natura del lavoro | 9 |
| 1.3 Approccio alla valutazione | 10 |
| 1.4 Risultati della valutazione..... | 10 |
| 1.5 Valutazione dei rischi..... | 10 |
| 1.6 Precauzioni già in vigore..... | 11 |
| 1.7 Precauzioni supplementari adottate in seguito alla valutazione | 11 |
| 2. Spettrometro a risonanza magnetica nucleare (RMN)..... | 12 |
| 2.1 Luogo di lavoro..... | 12 |
| 2.2 Natura del lavoro | 12 |
| 2.3 Informazioni sull'apparecchiatura che genera campi elettromagnetici..... | 12 |
| 2.4 Approccio alla valutazione dell'esposizione | 13 |
| 2.5 Risultati della valutazione dell'esposizione | 14 |
| 2.6 Valutazione dei rischi..... | 14 |
| 2.7 Precauzioni già in vigore..... | 15 |
| 2.8 Precauzioni supplementari adottate in seguito alla valutazione | 16 |
| 3. Elettrolisi..... | 17 |
| 3.1 Luogo di lavoro..... | 17 |
| 3.2 Natura del lavoro | 17 |
| 3.3 Informazioni sull'apparecchiatura che genera campi elettromagnetici..... | 17 |
| 3.3.1 Sala delle celle elettrolitiche..... | 17 |
| 3.3.2 Zona degli armadi dei raddrizzatori..... | 18 |
| 3.4 Come viene usata l'applicazione | 20 |
| 3.5 Approccio alla valutazione dell'esposizione | 20 |
| 3.5.1 Sala delle celle elettrolitiche..... | 21 |
| 3.5.2 Zona degli armadi dei raddrizzatori..... | 21 |
| 3.6 Risultati della valutazione dell'esposizione | 22 |
| 3.6.1 Sala delle celle elettrolitiche..... | 23 |
| 3.6.2 Zona dei raddrizzatori..... | 27 |
| 3.7 Valutazione dei rischi..... | 29 |
| 3.8 Precauzioni già in vigore..... | 31 |
| 3.9 Precauzioni supplementari adottate in seguito alla valutazione | 31 |
| 3.10 Per ulteriori approfondimenti | 31 |
| 4. Settore medico | 32 |
| 4.1 Luogo di lavoro..... | 32 |
| 4.2 Natura del lavoro | 32 |
| 4.3 Informazioni sull'apparecchiatura che genera campi elettromagnetici..... | 32 |
| 4.3.1 Unità elettrochirurgiche | 32 |
| 4.3.2 Stimolazione magnetica transcranica..... | 33 |
| 4.3.3 Diatermia a onde corte | 34 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 4.4 | Come si usano le applicazioni..... | 34 |
| 4.4.1 | Unità elettrochirurgiche..... | 34 |
| 4.4.2 | Stimolazione magnetica transcranica..... | 34 |
| 4.4.3 | Diatermia a onde corte..... | 35 |
| 4.5 | Approccio alla valutazione dell'esposizione..... | 35 |
| 4.6 | Risultati della valutazione dell'esposizione..... | 36 |
| 4.6.1 | Unità elettrochirurgica..... | 36 |
| 4.6.2 | Dispositivo TMS..... | 39 |
| 4.6.3 | Diatermia a onde corte..... | 43 |
| 4.7 | Valutazione dei rischi..... | 43 |
| 4.7.1 | Unità elettrochirurgica..... | 43 |
| 4.7.2 | Dispositivo TMS..... | 43 |
| 4.8 | Precauzioni già in vigore..... | 46 |
| 4.9 | Precauzioni supplementari adottate in seguito alla valutazione..... | 46 |
| 4.9.1 | Unità elettrochirurgica..... | 46 |
| 4.9.2 | Dispositivo TMS..... | 46 |
| 4.9.3 | Diatermia a onde corte..... | 47 |
| 5. | Officina meccanica..... | 48 |
| 5.1 | Luogo di lavoro..... | 48 |
| 5.2 | Natura del lavoro..... | 48 |
| 5.3 | Come vengono usate le applicazioni..... | 48 |
| 5.3.1 | Ispezione con particelle magnetiche..... | 48 |
| 5.3.2 | Smagnetizzatore..... | 49 |
| 5.3.3 | Rettificatrice per piani..... | 50 |
| 5.3.4 | Altri utensili usati nell'officina..... | 50 |
| 5.4 | Informazioni sull'apparecchiatura che genera campi elettromagnetici..... | 51 |
| 5.5 | Approccio alla valutazione dell'esposizione..... | 51 |
| 5.6 | Risultati della valutazione dell'esposizione..... | 51 |
| 5.6.1 | Ispezione con particelle magnetiche..... | 51 |
| 5.6.2 | Smagnetizzatore..... | 52 |
| 5.6.3 | Rettificatrice per piani..... | 54 |
| 5.6.4 | Altri utensili usati nell'officina..... | 54 |
| 5.7 | Valutazione dei rischi..... | 55 |
| 5.8 | Precauzioni già in vigore..... | 59 |
| 5.9 | Precauzioni supplementari adottate in seguito alla valutazione..... | 59 |
| 5.10 | Riferimento a ulteriori approfondimenti..... | 61 |
| 6. | Settore automobilistico..... | 63 |
| 6.1 | Luogo di lavoro..... | 63 |
| 6.2 | Natura del lavoro..... | 63 |
| 6.3 | Come vengono usate le applicazioni..... | 63 |
| 6.4 | Informazioni sull'apparecchiatura che genera campi elettromagnetici..... | 65 |
| 6.5 | Approccio alla valutazione dell'esposizione..... | 67 |
| 6.6 | Risultati della valutazione dell'esposizione..... | 68 |
| 6.6.1 | Risultati della valutazione dell'esposizione delle saldatrici a punti da carrozziere..... | 69 |
| 6.6.2 | Risultati della valutazione dell'esposizione dei riscaldatori a induzione usati nella carrozzeria..... | 71 |
| 6.7 | Conclusioni delle valutazioni dell'esposizione..... | 72 |
| 6.8 | Valutazione dei rischi..... | 74 |
| 6.9 | Precauzioni già in vigore..... | 74 |
| 6.10 | Precauzioni supplementari adottate in seguito alle valutazioni..... | 75 |
| 6.11 | Le saldatrici a punti nell'industria degli autoveicoli..... | 76 |
| 6.11.1 | Valutazione di saldatrici a punti industriali..... | 76 |
| 6.11.2 | Risultati delle misurazioni sulla saldatrice a punti industriale..... | 78 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 6.11.3 | Risultati della misurazione della saldatrice a punti industriale nel contesto dei LA..... | 80 |
| 6.11.4 | Risultati della misurazione della saldatrice a punti industriale nel contesto dei VLE..... | 80 |
| 7. | Saldatura..... | 83 |
| 7.1 | Luogo di lavoro..... | 83 |
| 7.2 | Natura del lavoro..... | 83 |
| 7.3 | Informazioni sull'apparecchiatura che genera campi elettromagnetici..... | 83 |
| 7.3.1 | Saldatrici a punti..... | 83 |
| 7.3.2 | Saldatrice continua..... | 84 |
| 7.4 | Come vengono usate le applicazioni..... | 85 |
| 7.5 | Approccio alla valutazione dell'esposizione..... | 85 |
| 7.6 | Risultati della valutazione dell'esposizione..... | 86 |
| 7.6.1 | Saldatrice a punti da banco..... | 86 |
| 7.6.2 | Saldatrice a punti portatile sospesa..... | 87 |
| 7.6.3 | Saldatrice continua..... | 89 |
| 7.7 | Valutazione dei rischi..... | 90 |
| 7.8 | Precauzioni già in vigore..... | 94 |
| 7.9 | Precauzioni supplementari adottate in seguito alla valutazione..... | 94 |
| 7.10 | Riferimento a ulteriori approfondimenti..... | 95 |
| 7.10.1 | Saldatrice a punti da banco..... | 95 |
| 7.10.2 | Saldatrice a punti portatile sospesa..... | 96 |
| 7.10.3 | Saldatrice continua..... | 96 |
| 8. | Fabbricazione metallurgica..... | 98 |
| 8.1 | Luogo di lavoro..... | 98 |
| 8.2 | Natura del lavoro..... | 98 |
| 8.3 | Informazioni sull'apparecchiatura che genera campi elettromagnetici e sul modo di utilizzarla..... | 98 |
| 8.3.1 | Piccolo impianto di produzione di leghe..... | 98 |
| 8.3.2 | Impianto di produzione ferro-titanio..... | 99 |
| 8.3.3 | Grande impianto di fusione elettrica..... | 99 |
| 8.3.4 | Forno ad arco..... | 100 |
| 8.3.5 | Laboratorio di servizi analitici..... | 100 |
| 8.4 | Risultati della valutazione dell'esposizione..... | 101 |
| 8.4.1 | Piccolo impianto di produzione di leghe..... | 101 |
| 8.4.2 | Ferro-titanium production facility..... | 101 |
| 8.4.3 | Grande impianto di fusione elettrica..... | 101 |
| 8.4.4 | Forno ad arco..... | 102 |
| 8.4.5 | Laboratorio di servizi analitici..... | 102 |
| 8.5 | Risultati della valutazione dell'esposizione..... | 102 |
| 8.5.1 | Valutazione iniziale dell'esposizione..... | 102 |
| 8.5.2 | Valutazione dettagliata dell'esposizione del forno a induzione nel piccolo impianto di produzione di leghe..... | 104 |
| 8.6 | Valutazione dei rischi..... | 106 |
| 8.7 | Precauzioni già in vigore..... | 108 |
| 8.8 | Precauzioni supplementari adottate in seguito alla valutazione..... | 108 |
| 8.9 | Riferimento a ulteriori approfondimenti..... | 109 |
| 9. | Dispositivi al plasma a radiofrequenza (RF)..... | 112 |
| 9.1 | Natura del lavoro..... | 112 |
| 9.2 | Informazioni sull'apparecchiatura che genera campi elettromagnetici..... | 112 |
| 9.3 | Come viene usata l'applicazione..... | 113 |
| 9.4 | Approccio alla valutazione dell'esposizione..... | 113 |
| 9.5 | Risultati della valutazione dell'esposizione..... | 115 |
| 9.6 | Valutazione dei rischi..... | 116 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 9.7 | Precauzioni già in vigore..... | 117 |
| 9.8 | Precauzioni supplementari adottate in seguito alla valutazione..... | 118 |
| 9.9 | Ulteriori informazioni | 119 |
| 10. | Antenne da tetto..... | 120 |
| 10.1 | Luogo di lavoro..... | 120 |
| 10.2 | Natura del lavoro | 120 |
| 10.3 | Informazioni sull'apparecchiatura che genera campi elettromagnetici..... | 121 |
| 10.4 | Come viene usata l'applicazione | 123 |
| 10.5 | Approccio alla valutazione dell'esposizione | 123 |
| 10.6 | Risultati della valutazione dell'esposizione..... | 124 |
| 10.7 | Valutazione dei rischi..... | 125 |
| 10.8 | Precauzioni già in vigore..... | 126 |
| 10.9 | Precauzioni supplementari adottate in seguito alla valutazione..... | 127 |
| 11. | Ricetrasmittitori..... | 128 |
| 11.1 | Luogo di lavoro..... | 128 |
| 11.2 | Natura del lavoro | 128 |
| 11.3 | Come viene usata l'applicazione | 130 |
| 11.4 | Approccio alla valutazione dell'esposizione | 130 |
| 11.5 | Risultati della valutazione dell'esposizione..... | 130 |
| 11.6 | Valutazione dei rischi..... | 130 |
| 11.7 | Precauzioni già in vigore..... | 131 |
| 11.8 | Precauzioni supplementari adottate in seguito alla valutazione..... | 131 |
| 12. | Aeroporti..... | 132 |
| 12.1 | Luogo di lavoro..... | 132 |
| 12.2 | Natura del lavoro | 132 |
| 12.2.1 | Radar | 132 |
| 12.2.2 | Radiofaro non direzionale | 132 |
| 12.2.3 | Apparato misuratore di distanza..... | 133 |
| 12.3 | Informazioni sull'apparecchiatura che genera campi elettromagnetici..... | 133 |
| 12.3.1 | Radar | 133 |
| 12.3.2 | Radiofaro non direzionale | 134 |
| 12.3.3 | Apparato misuratore di distanza..... | 134 |
| 12.4 | Come vengono usate le applicazioni..... | 134 |
| 12.5 | Approccio alla valutazione dell'esposizione | 134 |
| 12.5.1 | Radar | 134 |
| 12.5.2 | Radiofaro non direzionale | 136 |
| 12.5.3 | Apparato misuratore di distanza..... | 136 |
| 12.6 | Risultati della valutazione dell'esposizione..... | 136 |
| 12.6.1 | Radar | 137 |
| 12.6.2 | Radiofaro non direzionale | 137 |
| 12.6.3 | Apparato misuratore di distanza..... | 138 |
| 12.7 | Valutazione dei rischi..... | 138 |
| 12.8 | Precauzioni già in vigore..... | 141 |
| 12.8.1 | Radar | 141 |
| 12.8.2 | Radiofaro non direzionale | 142 |
| 12.8.3 | Apparato misuratore di distanza..... | 142 |
| 12.9 | Precauzioni supplementari adottate in seguito alla valutazione..... | 142 |
| 12.9.1 | Radar | 142 |
| 12.9.2 | Radiofaro non direzionale | 143 |
| 12.9.3 | Apparato misuratore di distanza..... | 143 |

STUDI DI CASI

Questa raccolta di studi di casi costituisce il volume 2 della guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici. Deve essere letta unitamente alla parte principale della guida, che è contenuta nel volume 1.

I seguenti studi di casi riguardano una serie di settori professionali diversi, in cui operano soprattutto lavoratori di piccole e medie imprese. Si basano su valutazioni realmente effettuate di situazioni reali. A causa della loro complessità, tuttavia, alcune di tali valutazioni sono state semplificate o sintetizzate per renderle più utili al lettore e limitare la mole complessiva del presente volume. Esse intendono illustrare una varietà di approcci pratici che i datori di lavoro possono adottare per la gestione dei rischi associati all'esposizione ai campi elettromagnetici; comprendono alcuni esempi di buone prassi.

Alcuni studi di casi contengono tracciati di perimetri che illustrano schematicamente (con una vista in pianta) i livelli di esposizioni misurati (o calcolati) intorno alle attrezzature esaminate.

In qualche caso sono esposti anche i risultati della modellizzazione informatica, rappresentati da tracciati di distribuzione colorati del massimo campo elettrico indotto oppure del tasso di assorbimento specifico di energia nei voxel da 2 mm³ che formano il modello umano. I tracciati servono a indicare schematicamente i punti in cui il campo viene assorbito nel corpo umano, non a fornire indicazioni precise sull'ordine di grandezza di tali campi. Nei tracciati relativi alla bassa frequenza compaiono i massimi campi elettrici indotti, e non i campi elettrici indotti del novantanovesimo percentile (utilizzati per il confronto con i VLE).

Il presente volume contiene i seguenti studi di casi:

- 1 Ufficio
- 2 Spettrometro a risonanza magnetica nucleare (RMN)
- 3 Elettrolisi
- 4 Settore medico
- 5 Officina meccanica
- 6 Settore automobilistico
- 7 Saldatura
- 8 Fabbricazione metallurgica
- 9 Dispositivi al plasma a radiofrequenza (RF)
- 10 Antenne da tetto
- 11 Ricetrasmittitori
- 12 Aeroporti

1. UFFICIO

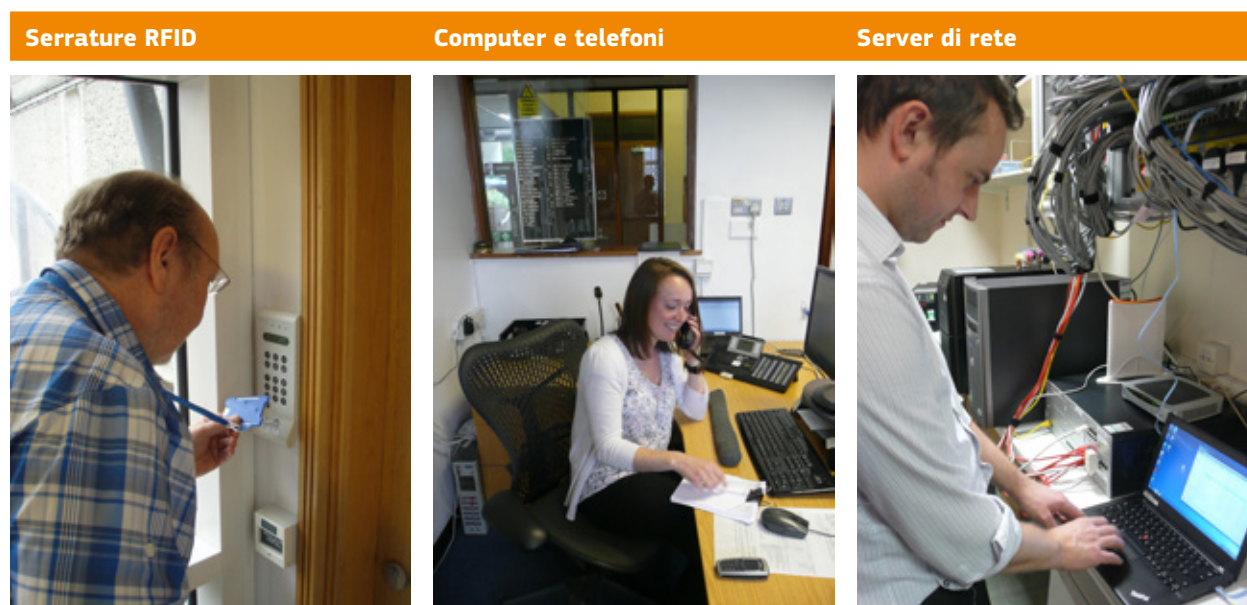
1.1 Luogo di lavoro

Questo studio riguarda un gruppo di uffici appartenenti a un'azienda meccanica di medie dimensioni. Gli uffici contengono le consuete apparecchiature elettriche da ufficio alimentate dalla rete elettrica. I computer sono in parte desktop connessi a una rete locale (LAN), e in parte laptop che utilizzano un sistema Wi Fi e un server di rete. C'è anche una piccola cucina utilizzata dai lavoratori. Le apparecchiature elettriche presenti nella cucina comprendono un bollitore, un frigorifero e un forno a microonde. Vi è inoltre un server di rete centrale, più grande, sito in una stanza separata. La sicurezza dell'area degli uffici è garantita da un sistema di identificazione a radiofrequenza (RFID) per il controllo dell'accesso; ogni lavoratore operante nell'ufficio possiede una tessera di accesso. Il responsabile dell'ufficio ha deciso di riesaminare la valutazione dei rischi dell'ufficio dopo che alcuni colleghi gli avevano segnalato la nuova legislazione attuativa della direttiva relativa ai campi elettromagnetici.

1.2 Natura del lavoro

Il personale dell'ufficio lavora quasi sempre al computer, oppure è impegnato in conversazioni telefoniche tramite telefoni senza filo (DECT) o cellulari. Le tessere di accesso su cordini consentono di accedere agli uffici avvicinandole alle serrature RFID. Alcune di queste sorgenti di campi elettromagnetici sono illustrate nella figura 1.1. Tutto il personale può usare la cucina per preparare bevande calde e riscaldare i pasti nel forno a microonde.

Figura 1.1 — Sorgenti di campi elettromagnetici nell'ufficio



1.3 Approccio alla valutazione

Il responsabile dell'ufficio ha ispezionato l'area dell'ufficio stilando un elenco delle apparecchiature elettriche, comprese quelle che generano campi elettromagnetici, e ha consultato il personale per assicurarsi che nessun apparecchio fosse stato tralasciato. Dopo aver letto la prima sezione della guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici, il responsabile ha concluso che il miglior approccio alla valutazione dei rischi consisteva nel verificare se le apparecchiature individuate comparissero nella tabella 3.2 del capitolo 3, volume 1, della guida. Per gli apparecchi non elencati in quella tabella poteva rendersi necessaria un'ulteriore valutazione.

1.4 Risultati della valutazione

Il responsabile dell'ufficio ha elencato tutte le apparecchiature elettriche (tabella 1.1), verificando se esse comparissero nella tabella 3.2 del capitolo 3, volume 1, della guida.

Tabella 1.1 — Elenco delle apparecchiature elettriche presenti nell'area dell'ufficio

| Apparecchiatura | Rischio limitato per qualsiasi lavoratore (tabella 3.2, capitolo 3) | Valutazione necessaria per i lavoratori portatori di AIMD o di dispositivi medici indossati sul corpo (tabella 3.2, capitolo 3) | Osservazioni |
|--|---|---|---|
| Computer | ✓ | | |
| Server di rete con relativi cavi UPS e di rete | ✓ | | L'output UPS sarà simile a quello della normale alimentazione elettrica |
| Laptop (collegabili al Wi-Fi) | | ✓ | |
| Telefoni senza filo (DECT) | | ✓ | |
| Cavi elettrici di rete | ✓ | | |
| Telefoni cellulari | | ✓ | |
| Fotocopiatrici | ✓ | | |
| Punti di accesso al Wi-Fi | | ✓ | |
| Bollitore | ✓ | | |
| Frigorifero | ✓ | | |
| Forno a microonde | ✓ | | Il forno necessita di adeguata manutenzione |
| Accesso di sicurezza RFID | | ✓ | |

1.5 Valutazione dei rischi

I risultati della valutazione indicano che l'uso delle apparecchiature per ufficio descritte in dettaglio nella tabella 3.2 del capitolo 3, volume 1, della guida non supera i VLE relativi agli effetti sanitari di cui alla direttiva relativa ai campi elettromagnetici. Esiste però la possibilità che altri elementi contenuti nella tabella 3.2 provochino un'interferenza con dispositivi medici impiantati attivi (AIMD) o con dispositivi medici indossati sul corpo dai lavoratori. La specifica valutazione dei rischi relativa ai campi elettromagnetici, indicata nella tabella 1.2, è stata aggiunta alla valutazione generale dei rischi dell'ufficio.

1.6 Precauzioni già in vigore

Durante i controlli di sicurezza svolti abitualmente nell'ufficio vengono verificate anche le condizioni complessive del forno a microonde.

1.7 Precauzioni supplementari adottate in seguito alla valutazione

Il responsabile dell'ufficio adotta alcune semplici misure:

- qualsiasi nuova apparecchiatura di tipo diverso deve essere esaminata alla luce della direttiva relativa ai campi elettromagnetici, per verificare se essa modifichi l'esito della valutazione dei rischi;
- qualora un lavoratore operante nell'ufficio segnali di essere esposto a particolari rischi in quanto portatore di un dispositivo medico impiantato attivo, il responsabile dell'ufficio esamina insieme al lavoratore le informazioni che questi ha ricevuto dal medico che lo segue.

Tabella 1.2 — Aggiunte specifiche alla valutazione generale dei rischi dell'ufficio, concernenti i campi elettromagnetici

| Pericoli | Misure preventive e precauzionali esistenti | Persone a rischio | Gravità | | | Probabilità | | | Valutazione del rischio | Nuove misure preventive e precauzionali |
|---|--|---|---------|-------|---------|-------------|-----------|-----------|-------------------------|---|
| | | | Lieve | Seria | Mortale | Improbabile | Possibile | Probabile | | |
| Radiazioni di campi elettromagnetici dal forno a microonde | Controlli periodici sulle condizioni complessive del forno, compresi i danni alle guarnizioni dello sportello, la rete metallico dello sportello e il funzionamento degli interblocchi | Tutti i lavoratori | ✓ | | | ✓ | | | Limitato | Non necessarie |
| Interferenza delle radiazioni dei campi elettromagnetici con dispositivi medici impiantati attivi (AIMD) o con dispositivi medici indossati sul corpo | Nessuna | Lavoratori esposti a particolari rischi | ✓ | | | ✓ | | | Limitato | <p>Garantire che i lavoratori portatori di attrezzature o dispositivi medici elettronici si sottopongano, al ritorno al lavoro, a una valutazione del rischio individuale che permetta di individuare e attuare eventuali precauzioni raccomandate dal loro medico</p> <p>Qualsiasi nuova apparecchiatura dovrà essere sottoposta a valutazione</p> |

2. SPETTROMETRO A RISONANZA MAGNETICA NUCLEARE (RMN)

2.1 Luogo di lavoro

Gli spettrometri a risonanza magnetica nucleare (RMN) possono rappresentare un pericolo a causa dei forti campi magnetici statici. Questi apparecchi vengono usati per indagare le proprietà dei materiali; le industrie manifatturiere, per esempio, li impiegano per analizzare i composti chimici. Lo studio in oggetto si è svolto in un'azienda farmaceutica, ove le unità RMN sono situate in un laboratorio appositamente destinato alla spettroscopia. Si prevedeva di acquistare una nuova unità e il responsabile della sicurezza intendeva riesaminare la valutazione dei rischi prima di elaborare un piano di azione.

2.2 Natura del lavoro

Piccoli campioni del materiale da analizzare vengono inseriti, individualmente a mano oppure automaticamente in lotti per mezzo di un dispositivo di caricamento, nella cavità verticale dell'unità RMN (figura 2.1).

Figura 2.1 — Unità RMN, completa di dispositivo di caricamento e piattaforma di carico



2.3 Informazioni sull'apparecchiatura che genera campi elettromagnetici

In vista dell'esame il responsabile della sicurezza ha raccolto informazioni generali sulle unità RMN e ha rilevato che

- l'elettromagnete genera un forte campo magnetico statico (0 Hz); l'induzione varia da circa 0,5 a 20 T a seconda dell'unità. Le piccole unità da banco usano di solito magneti

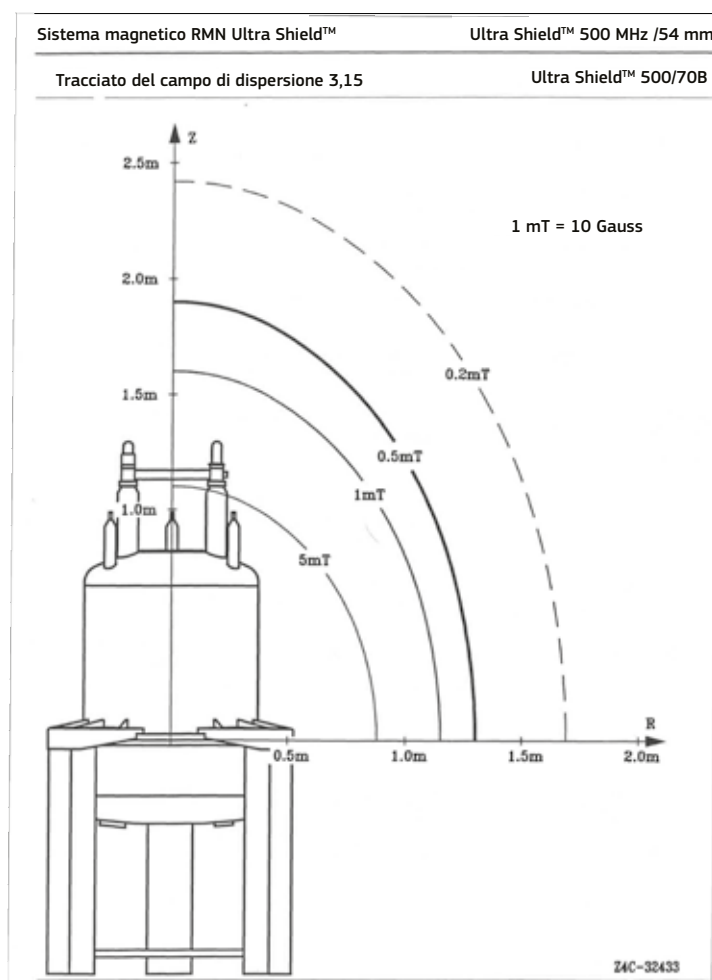
permanenti di terre rare, mentre le unità indipendenti più grandi impiegano magneti superconduttori. Il magnete mantiene tutta la propria energia per lunghi periodi di tempo per migliorare la stabilità del campo, e ridurre l'intensità di campo quando i lavoratori si avvicinano non rappresenta quindi una soluzione praticabile;

- i fabbricanti hanno progressivamente migliorato la progettazione delle unità per inserirvi schermature attive e passive, atte a ridurre l'intensità del campo magnetico statico accessibile al lavoratore. Ciò rende possibile contenere quasi interamente il campo magnetico pericoloso entro i limiti del criostato. In unità più antiche, o schermate in maniera meno efficiente, il campo magnetico pericoloso può estendersi per alcuni metri nell'area di lavoro;
- questi campi magnetici esterni sono spesso distorti e deviati da strutture di acciaio (come ad esempio travi) presenti all'interno dell'edificio.

2.4 Approccio alla valutazione dell'esposizione

Il responsabile della sicurezza sapeva che il fabbricante della nuova unità era in grado di fornire informazioni sull'intensità del campo magnetico accessibile ai lavoratori. Cosa ancor più importante, il fabbricante era in grado di indicare l'entità di eventuali rischi derivanti da effetti indiretti, come il rischio propulsivo di oggetti ferromagnetici o l'interferenza con attrezzature e dispositivi medici elettronici. Conformemente alla buona prassi, il fabbricante è stato in grado di fornire un tracciato del campo magnetico statico di dispersione intorno all'unità (figura 2.2).

Figura 2.2 — Tracciato del campo magnetico statico di dispersione intorno all'unità RMN



Il responsabile della sicurezza sapeva inoltre che era possibile valutare l'intensità del campo magnetico statico intorno all'unità con un magnetometro adeguato, e che era molto più facile ottenere un risultato attendibile con una sonda isotropica (triassiale) anziché con una sonda ad asse unico. Tale approccio avrebbe però richiesto un investimento di tempo e denaro, e sarebbe stato anche necessario valutare i pericoli connessi all'operazione di misurazione, soprattutto se lo strumento è rivestito di metallo. Nella valutazione il responsabile per la sicurezza ha scartato l'ipotesi di effettuare misurazioni, in quanto il fabbricante avrebbe offerto informazioni valide.

Il responsabile per la sicurezza ha anche esaminato i gruppi di lavoratori che avrebbero avuto accesso al laboratorio RMN e i compiti che essi avrebbero probabilmente svolto. Egli ha rilevato che gli addetti alla revisione inviati dai fabbricanti delle unità RMN avrebbero avuto saltuariamente accesso al laboratorio, comprese le aree ove il campo magnetico è più forte — per esempio la base del criostato — per svolgere le operazioni di sintonizzazione dello spettrometro. Egli ha osservato tuttavia che la sua azienda avrebbe chiesto a questi addetti alla revisione di fornire per iscritto una valutazione dei rischi e un elenco di procedure di sicurezza in relazione al lavoro che avrebbero svolto; essi avrebbero inoltre dovuto dimostrare la propria competenza (per esempio documentando la propria adeguata formazione ed esperienza pratica) prima della visita. Su tale base il responsabile della sicurezza ha concluso che i rischi connessi al loro lavoro fossero limitati. Egli ha rilevato altresì che il personale della ditta che aveva in appalto le pulizie non avrebbe avuto accesso al laboratorio.

2.5 Risultati della valutazione dell'esposizione

Avendo effettuato l'esame delle unità esistenti nel laboratorio RMN, il responsabile della sicurezza sapeva che la distanza di sicurezza può variare considerevolmente in funzione della progettazione e in particolare della schermatura: per le unità più antiche, non schermate e con forte intensità di campo può giungere a parecchi metri, mentre per le unità moderne e adeguatamente schermate può essere praticamente pari a zero. Secondo le previsioni, tuttavia, l'intensità di campo non doveva superare i valori limite di esposizione (VLE) per gli effetti diretti nei luoghi accessibili ai lavoratori dell'impresa. Benché l'amplificatore a radiofrequenza emettesse una potenza notevole, si prevedeva che il campo a radiofrequenza venisse interamente contenuto nell'unità e non fosse accessibile ai lavoratori.

In base alle informazioni fornite dal fabbricante (figura 2.2) il responsabile per la sicurezza ha concluso che probabilmente i livelli di azione (LA) per gli effetti indiretti sarebbero stati superati in un raggio di 1,3 metri dalla superficie esterna del criostato.

2.6 Valutazione dei rischi

Il responsabile per la sicurezza conosceva l'esistenza di una precedente valutazione dei rischi relativa al laboratorio RMN, e ha rilevato che questa seguiva la metodologia proposta da OiRA (la piattaforma interattiva online dell'EU-OSHA per la valutazione del rischio). Essa valuta tutti i rischi cui i lavoratori sono esposti nel laboratorio, compresi quelli derivanti da:

- lavoro in quota per il caricamento dei campioni;
- liquidi criogenici e «quenching» dei magneti superconduttori;
- atmosfera asfissiante di azoto negli spazi chiusi sotto il criostato, come i serbatoi per il cambio dei campioni;
- oggetti ferromagnetici propulsivi (per esempio attrezzi e strumenti);
- interferenza con attrezzature e dispositivi medici elettronici.

Di conseguenza sarebbe semplice registrare il nuovo piano d'azione, trasferendolo dall'attuale esame nella valutazione dei rischi esistente. Un esempio di valutazione specifica dei rischi derivanti dai campi elettromagnetici per il laboratorio RMN compare nella tabella 2.1.

2.7 Precauzioni già in vigore

Il responsabile della sicurezza ha rilevato una serie di misure organizzative adottate nel laboratorio RMN per prevenire o limitare l'esposizione. In primo luogo si è avuta cura di scegliere unità RMN la cui schermatura attiva e passiva rispetti lo «stato dell'arte». Le altre misure di buona prassi comprendono:

- l'ubicazione delle unità RMN in un laboratorio dedicato con controllo fisico dell'accesso (sotto forma di accesso da tastiera);
- l'affissione di segnali di avvertimento e divieto, ai sensi della direttiva 92/58/CEE, sulla porta d'ingresso del laboratorio (figura 2.3). Tra questi segnali deve comparire un avvertimento per le persone che indossano attrezzature mediche elettroniche;
- il divieto di introdurre strumenti e altri oggetti ferromagnetici nel laboratorio;
- la separazione delle unità RMN dalle altre attrezzature e postazioni di lavoro del laboratorio;
- la collocazione di una catena di separazione e la segnalazione sul pavimento di un perimetro a 0,5 mT per controllare l'accesso (figura 2.4);
- attività di informazione, istruzioni e formazione per i lavoratori che operano nel laboratorio, insieme a un'adeguata supervisione;
- la richiesta agli addetti alla revisione di una documentazione scritta in materia di sicurezza e di una dimostrazione della propria competenza, prima della visita.

Figura 2.3 — Segnali di avvertimento e divieto sulla porta d'ingresso del laboratorio RMN



Figura 2.4 — Demarcazione dell'area ad accesso limitato tramite catena di separazione e segnalazione sul pavimento



Tabella 2.1 — Valutazione specifica dei rischi derivanti dai campi elettromagnetici per il laboratorio RMN

| Pericoli | Misure preventive e precauzionali esistenti | Persone a rischio | Gravità | | | Probabilità | | | Valutazione del rischio | Nuove misure preventive e precauzionali |
|---|--|---|---------|-------|---------|-------------|-----------|-----------|-------------------------|---|
| | | | Lieve | Seria | Mortale | Improbabile | Possibile | Probabile | | |
| Effetti diretti di campi magnetici statici | Laboratorio dedicato con controllo dell'accesso fisico | Lavoratori addetti al laboratorio | ✓ | | | ✓ | | | Limitato | |
| | Segnali di avvertimento e divieto | | | | | | | | | |
| | Informazione, istruzione e formazione | | | | | | | | | Aggiornamento Inserire un articolo nel bollettino di sicurezza |
| | Richiesta di presentare per iscritto documentazione di sicurezza e una dimostrazione di competenza | Addetti alla revisione | ✓ | | | ✓ | | | Limitato | |
| | Divieto di accesso per gli addetti alle pulizie | Addetti alle pulizie | ✓ | | | ✓ | | | Limitato | Verificare che gli addetti alle pulizie siano informati |
| Effetti indiretti di campi magnetici statici (interferenza con dispositivi medici impiantati, rischio propulsivo) | Divieto di introdurre oggetti ferromagnetici | Tutte quelle precedentemente citate | | ✓ | | ✓ | | | Limitato | Verificare che gli addetti alla manutenzione siano informati |
| | Cfr. sopra | Lavoratori esposti a particolari rischi | | ✓ | | ✓ | | | Limitato | Cfr. sopra |
| Campo a radiofrequenza | Completamente contenuto nell'unità e non accessibile | Tutte quelle precedentemente citate | ✓ | | | ✓ | | | Limitato | Nessuna |

2.8 Precauzioni supplementari adottate in seguito alla valutazione

In linea generale, il responsabile della sicurezza è soddisfatto del riesame della valutazione dei rischi e della valutazione dei pericoli connessi alla nuova unità. Le misure organizzative sono state considerate sufficienti benché siano trascorsi cinque anni dall'ultima volta in cui i lavoratori hanno ricevuto una formazione in merito ai pericoli e alle precauzioni connessi al laboratorio RMN. Di conseguenza, il responsabile della sicurezza ha elaborato un piano d'azione articolato nei seguenti punti:

- aggiornare la formazione dei lavoratori del laboratorio con una serie di brevi sessioni di sensibilizzazione, dando la priorità ai nuovi assunti;
- verificare che i lavoratori addetti alla manutenzione siano informati dei pericoli, in particolare di quelli derivanti da «strumenti ferromagnetici volanti»;
- verificare che il personale della ditta che ha in appalto le pulizie sia informato del divieto di entrare nel laboratorio;
- inserire nel prossimo bollettino di sicurezza aziendale un articolo sui pericoli connessi al laboratorio.

3. ELETTROLISI

In questo caso le sorgenti di campi elettromagnetici sono le seguenti:

- elettrolizzatori,
- raddrizzatori a tiristori,
- sbarre collettrici,
- trasformatori.

3.1 Luogo di lavoro

L'attrezzatura era installata in un grande impianto per la produzione di cloro. I luoghi di lavoro interessati erano i seguenti:

- la sala delle celle elettrolitiche,
- le zone degli armadi dei raddrizzatori.

3.2 Natura del lavoro

La maggior parte del lavoro sull'attrezzatura veniva svolta da tecnici qualificati ed esperti, cui poteva essere affidato il lavoro su qualsiasi attrezzatura connessa all'impianto per la produzione del cloro. Ciò poteva comportare, periodicamente, lo smontaggio e la manutenzione di un elettrolizzatore mentre gli elettrolizzatori vicini erano sotto tensione.

L'impianto era relativamente nuovo, e la progettazione aveva tenuto conto della sicurezza in materia di campi elettromagnetici. Questo caso costituisce perciò un esempio di buona prassi, e conferma quanto sia importante tener conto dell'esposizione ai campi elettromagnetici nelle fasi di progettazione di un grande progetto.

3.3 Informazioni sull'apparecchiatura che genera campi elettromagnetici

3.3.1 Sala delle celle elettrolitiche

La sala delle celle elettrolitiche conteneva 20 elettrolizzatori, che producono cloro tramite applicazione di corrente elettrica alla salamoia con il metodo dell'elettrolisi con celle a membrana. A ogni elettrolizzatore veniva applicata corrente continua a 450 V e 16,5 kA. Intorno agli elettrolizzatori era stato installato un riparo in perspex per impedire l'accesso a conduttori elettrici sotto tensione.

Compreso il riparo, ogni elettrolizzatore misurava 17,2 metri di lunghezza e 4,4 metri di larghezza e consisteva di 138 celle divise in due blocchi di 69 celle ciascuno, collegate in serie. Gli elettrolizzatori erano separati da una distanza di circa 1,1 m. La disposizione degli elettrolizzatori appare nella figura 3.1.

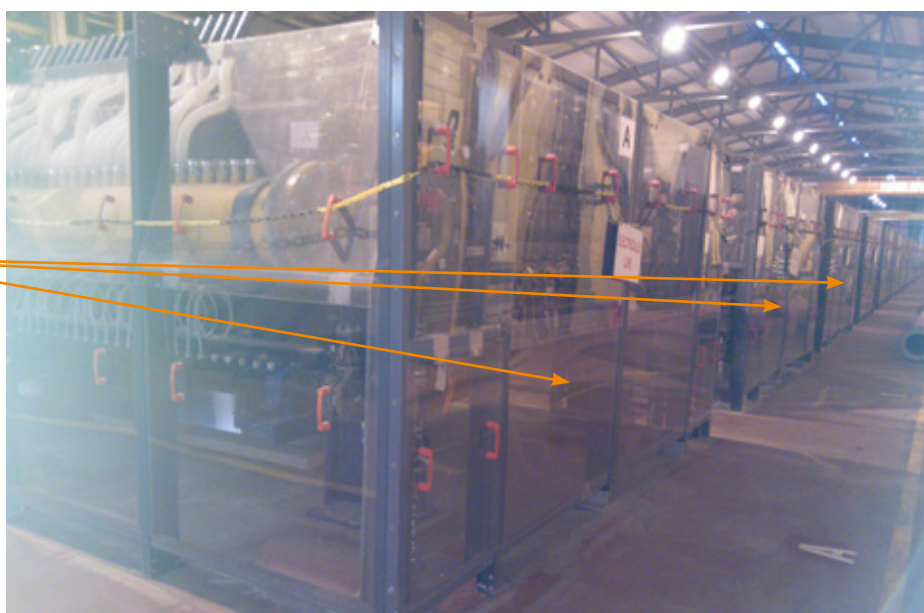
Una valutazione consistente in una modellizzazione teorica, basata sul calcolo dei campi magnetici presenti intorno alle parti dell'impianto conduttrici di corrente, è stata effettuata in fase di progettazione per assicurare che le esposizioni ai campi elettromagnetici sarebbero state ridotte al minimo.

Figura 3.1 — Elettrolizzatori nella sala delle celle

**Un singolo
elettrolizzatore, nel
senso della lunghezza**



**Numerosi
elettrolizzatori**



3.3.2 Zona degli armadi dei raddrizzatori

Ogni zona di armadi di raddrizzatori (figura 3.2) conteneva un raddrizzatore di tiristori, che forniva corrente continua a due elettrolizzatori. Le sbarre collettrici che rifornivano gli elettrolizzatori erano sospese a circa 4,2 m di altezza dal suolo. Le zone degli armadi erano recintate per impedire l'accesso dall'esterno dell'edificio e la porta di ciascuna zona era chiusa a chiave; all'esterno era affisso un segnale di avvertimento (figura 3.3). Quando gli elettrolizzatori sono in funzione l'accesso alle zone degli armadi è normalmente vietato.

I trasformatori che rifornivano la sala delle celle elettrolitiche erano situati al di fuori delle zone degli armadi dei raddrizzatori, dall'altra parte del muro rispetto ai raddrizzatori. Anche le zone dei trasformatori erano recintate per impedire l'accesso (figura 3.4).

Figura 3.2 — Zona degli armadi dei raddrizzatori

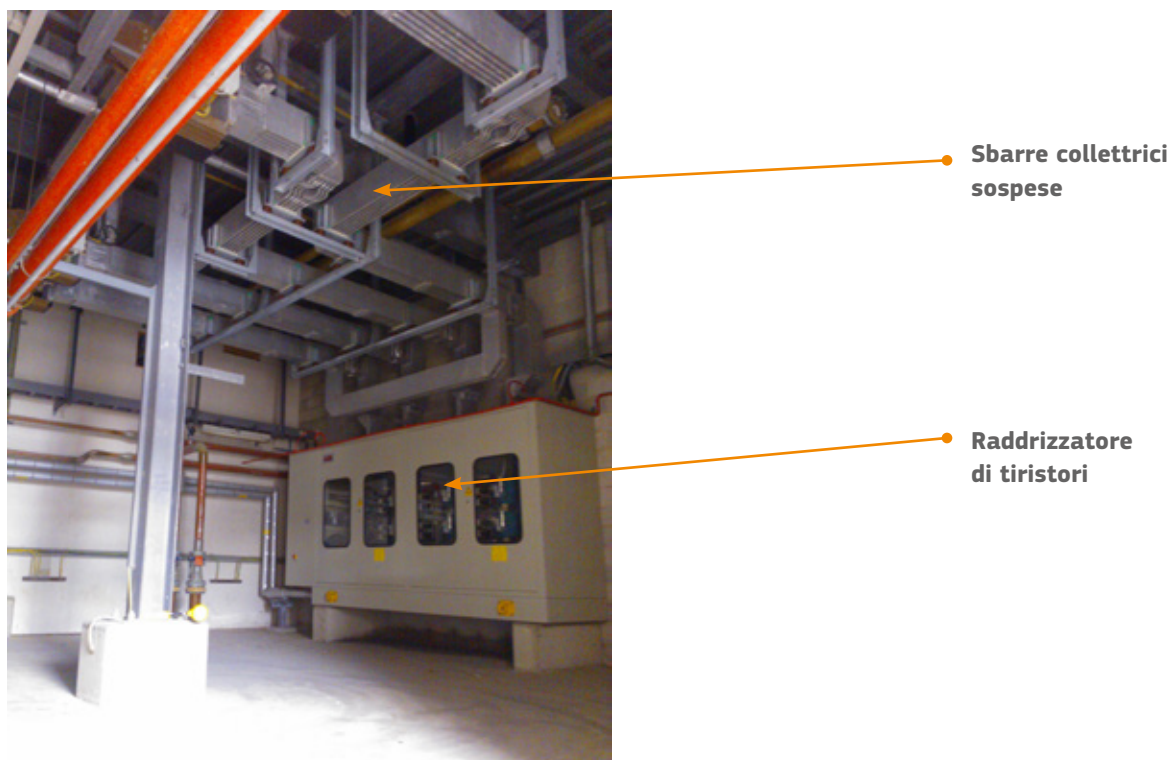


Figura 3.3 — Limitazione dell'accesso a una zona di armadi di raddrizzatori



Figura 3.4 — Le zone dei trasformatori

3.4 Come viene usata l'applicazione

Il processo di produzione del cloro è automatizzato e viene diretto a distanza da una sala di controllo posta in un edificio vicino.

3.5 Approccio alla valutazione dell'esposizione

Le misurazioni dell'esposizione sono state effettuate da un consulente esperto utilizzando strumenti speciali. Dal momento che l'impianto era stato progettato tenendo conto della sicurezza in materia di campi elettromagnetici, e che il progetto comprendeva una valutazione consistente in una modellizzazione teorica, basata sul calcolo dei campi magnetici presenti intorno alle parti dell'impianto conduttrici di corrente, l'obiettivo delle misurazioni era di confermare che le misure di protezione e di prevenzione già in vigore fossero tali da limitare efficacemente l'esposizione ai campi elettromagnetici.

Sono state misurate sia l'induzione magnetica statica — per la corrente continua fornita agli elettrolizzatori — sia l'induzione magnetica variabile nel tempo — in quanto la corrente continua era prodotta dalla rettificazione di una alimentazione di corrente alternata; si prevedeva quindi di riscontrare qualche ondulazione sulla corrente continua erogata agli elettrolizzatori. La frequenza dell'ondulazione è stata confermata anche nel corso della valutazione dell'esposizione.

Prima di effettuare le misurazioni il consulente ha compiuto uno studio dei tempi e dell'economia dei movimenti per verificare che le misurazioni stesse fossero effettuate in punti rappresentativi delle normali postazioni di lavoro. Le misurazioni sono state effettuate mentre gli elettrolizzatori funzionavano a carico costante.

I risultati delle misurazioni sono stati confrontati con i pertinenti valori limite di esposizione (VLE) e livelli di azione (LA) previsti per gli effetti diretti, nonché con i LA previsti per gli effetti indiretti per campi magnetici statici (interferenza con dispositivi medici impiantati attivi, e rischio di attrazione e propulsivo nel campo periferico di sorgenti ad alta intensità).

Nel valutare l'esposizione dei lavoratori esposti a particolari rischi, è stata condotta una comparazione con i livelli di riferimento previsti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio (cfr. l'appendice E del volume 1 della presente guida).

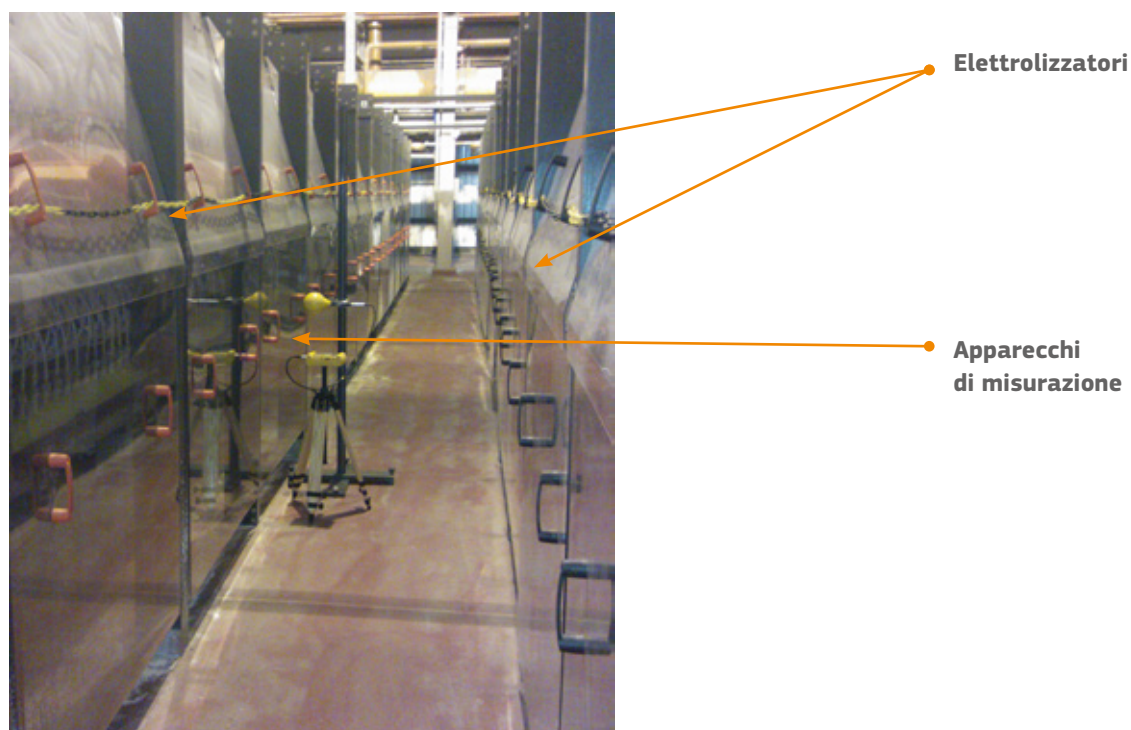
3.5.1 Sala delle celle elettrolitiche

Le misurazioni dell'induzione magnetica variabile nel tempo e dell'induzione magnetica statica sono state effettuate tra due elettrolizzatori (figura 3.5). Sono state effettuate tre serie di misurazioni:

- a intervalli nello spazio fra i due elettrolizzatori;
- a intervalli per tutta la lunghezza del centro dello spazio da un'estremità degli elettrolizzatori all'altra;
- nel piano verticale accanto a uno degli elettrolizzatori.

Queste misurazioni hanno offerto una rappresentazione dell'esposizione di un lavoratore che si sposti tra gli elettrolizzatori nella sala delle celle elettrolitiche, eventualità che è considerata lo scenario di esposizione più pessimistico.

Figura 3.5 — Misurazioni effettuate tra due elettrolizzatori



3.5.2 Zona degli armadi dei raddrizzatori

Le misurazioni dell'induzione magnetica variabile nel tempo e dell'induzione magnetica statica sono state effettuate intorno a un raddrizzatore di tiristori (figura 3.6), sotto le sbarre collettrici vicino alla parete fra il raddrizzatore il trasformatore.

Figura 3.6 — Rilevamento di misurazioni vicino a un raddrizzatore di tiristori

3.6 Risultati della valutazione dell'esposizione

I risultati delle misurazioni dell'esposizione sono stati confrontati con i VLE e LA pertinenti. Nel caso dell'elettrolisi i valori significativi per la comparazione dei risultati delle misurazioni sono i seguenti:

- per i campi magnetici statici:
 - il VLE per l'induzione magnetica dei campi magnetici statici (condizioni di lavoro normali);
 - il livello di azione per l'induzione magnetica dei campi magnetici statici (interferenza con dispositivi medici impiantati attivi come stimolatori cardiaci);
 - il livello di azione per l'induzione magnetica dei campi magnetici statici (rischio di attrazione e propulsivo nel campo periferico di sorgenti ad alta intensità);
- per campi magnetici variabili nel tempo:
 - livelli di azione per l'induzione magnetica di campi magnetici variabili nel tempo;
 - i livelli di riferimento previsti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio per i campi magnetici variabili nel tempo (per lavoratori esposti a particolari rischi).

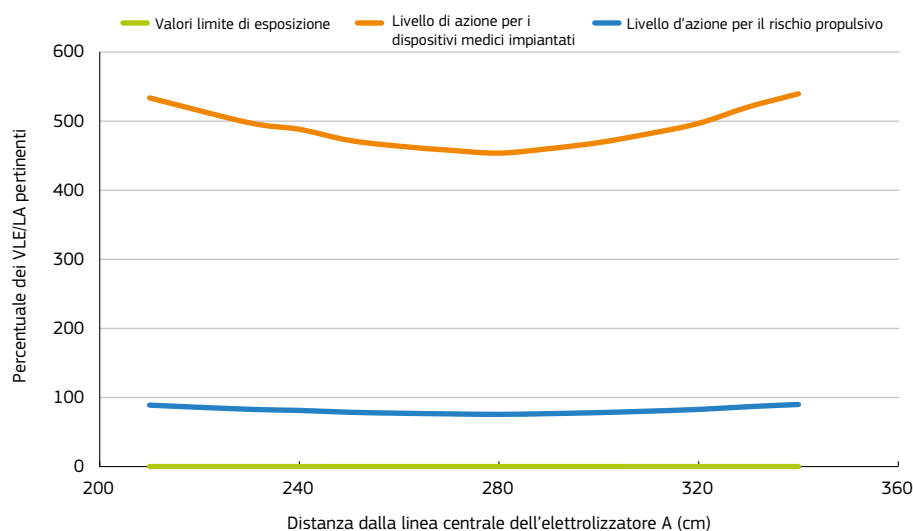
I risultati significativi della valutazione dell'esposizione, insieme ad alcuni esempi dei diagrammi prodotti dalla valutazione consistente in una modellizzazione teorica, sono presentati nelle figure da 3.7 a 3.17.

Si noti che i risultati della valutazione dell'esposizione non si possono confrontare direttamente con la valutazione consistente nella modellizzazione, poiché quest'ultima è stata effettuata prima della pubblicazione della direttiva relativa ai campi elettromagnetici e si è basata sui livelli di riferimento professionali dell'ICNIRP, che erano più restrittivi dei livelli di azione previsti dalla direttiva relativa ai campi elettromagnetici.

3.6.1 Sala delle celle elettrolitiche

I grafici seguenti mostrano la variazione dell'induzione magnetica in relazione ai VLE e LA applicabili, descritti in precedenza. È stato confermato che la frequenza dell'ondulazione sull'alimentazione di corrente continua era di 300 Hz. Le apparecchiature di misurazione hanno anche rilevato armoniche a 600 Hz e 900 Hz, ma in questo caso il contributo delle armoniche all'esposizione totale non è risultato significativo.

Figura 3.7 — Variazione dell'induzione magnetica statica nello spazio fra i due elettrolizzatori



NB: Le misurazioni sono state effettuate a un'altezza di 120 cm dal suolo.

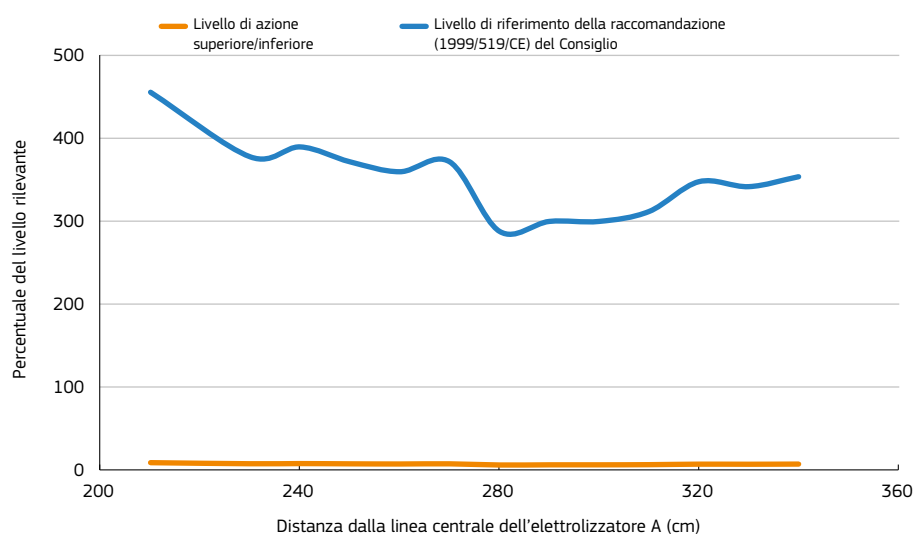
Valore limite di esposizione (condizioni di lavoro normali): 2 T

Livello d'azione per i dispositivi medici impiantati: 0,5 mT

Livello di azione per il rischio propulsivo: 3 mT

L'incertezza della misurazione è stata stimata a $\pm 5\%$ e conformemente all'approccio del «rischio condiviso» (cfr. appendice D.5 del volume 1 della guida) i risultati sono stati considerati percentuali dirette dei VLE/LA.

Figura 3.8 — Variazione dell'induzione magnetica variabile nel tempo (300 Hz) nello spazio fra i due elettrolizzatori



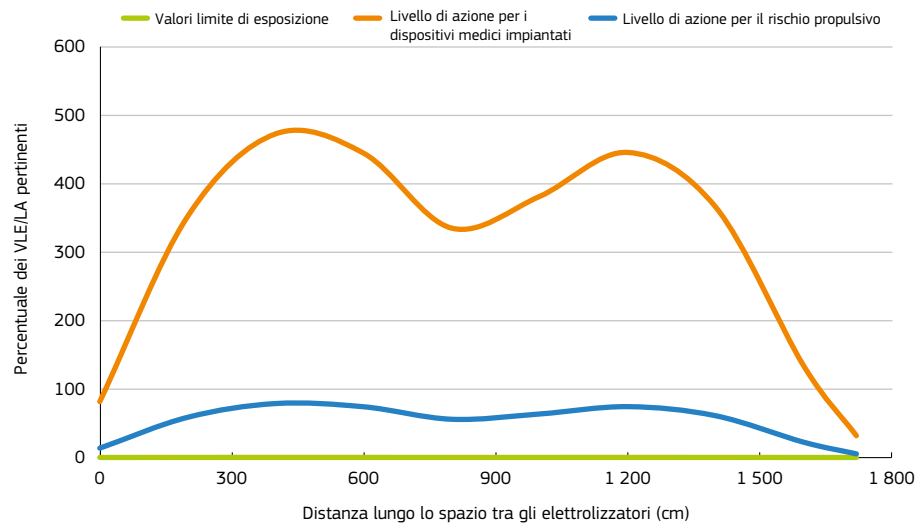
NB: Le misurazioni sono state effettuate a un'altezza di 120 cm dal suolo.

Livelli di azione superiore e inferiore per un campo magnetico da 300 Hz: 1000 μ T

Livello di riferimento della raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio per un campo magnetico da 300 Hz: 16,7 μ T

L'incertezza della misurazione è stata stimata a $\pm 10\%$ e conformemente all'approccio del «rischio condiviso» (cfr. appendice D.5 del volume 1 della guida) i risultati sono stati considerati percentuali dirette dei livelli di riferimento/livelli di azione.

Figura 3.9 — Variazione dell'induzione magnetica statica per tutta la lunghezza dello spazio fra i due elettrolizzatori



NB: Le misurazioni sono state effettuate a un'altezza di 120 cm dal suolo.

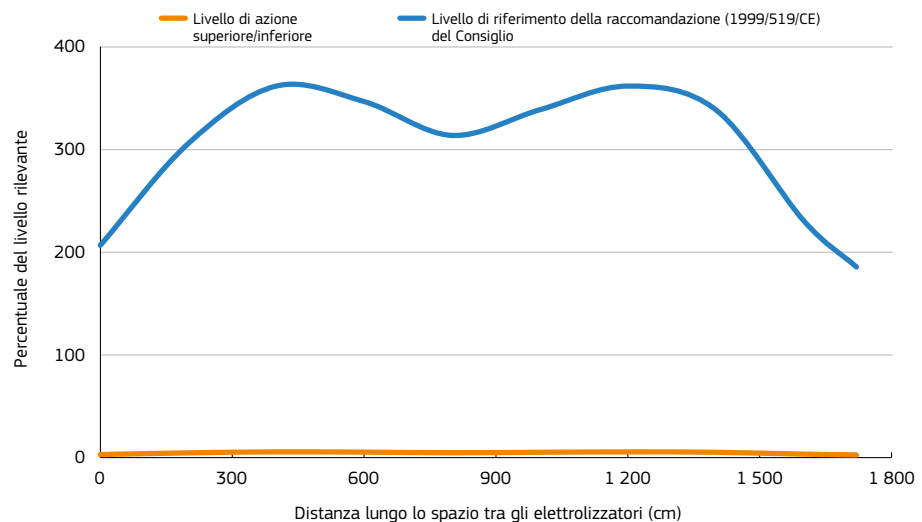
Valore limite di esposizione (condizioni di lavoro normali): 2 T

Livello di azione per i dispositivi medici impiantati: 0,5 mT

Livello di azione per il rischio propulsivo: 3 mT

L'incertezza della misurazione è stata stimata a $\pm 5\%$ e conformemente all'approccio del «rischio condiviso» (cfr. appendice D.5 del volume 1 della guida) i risultati sono stati considerati percentuali dirette dei VLE/LA.

Figura 3.10 — Variazione dell'induzione magnetica variabile nel tempo (300 Hz) per tutta la lunghezza dello spazio fra i due elettrolizzatori



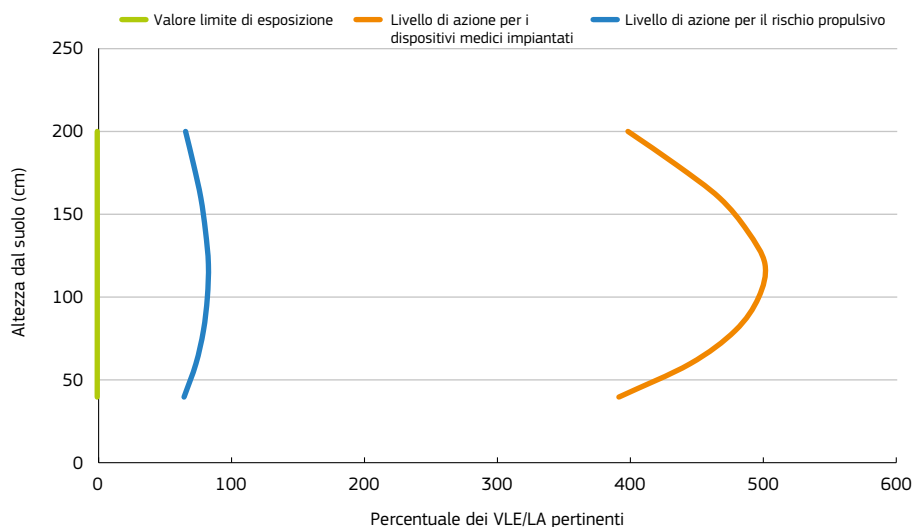
NB: Le misurazioni sono state effettuate a un'altezza di 120 cm dal suolo.

Livelli di azione inferiore e superiore per un campo magnetico da 300 Hz: 1 000 μ T

Livello di riferimento della raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio per un campo magnetico da 300 Hz: 16,7 μ T

L'incertezza della misurazione è stata stimata a $\pm 10\%$ e conformemente all'approccio del «rischio condiviso» (cfr. appendice D.5 del volume 1 della guida) i risultati sono stati considerati percentuali dirette dei livelli di riferimento/livelli di azione.

Figura 3.11 — Variazione dell'induzione magnetica statica in funzione dell'altezza lungo uno degli elettrolizzatori



NB: Le misurazioni sono state effettuate a una distanza di 230 cm dalla linea centrale di uno degli elettrolizzatori.

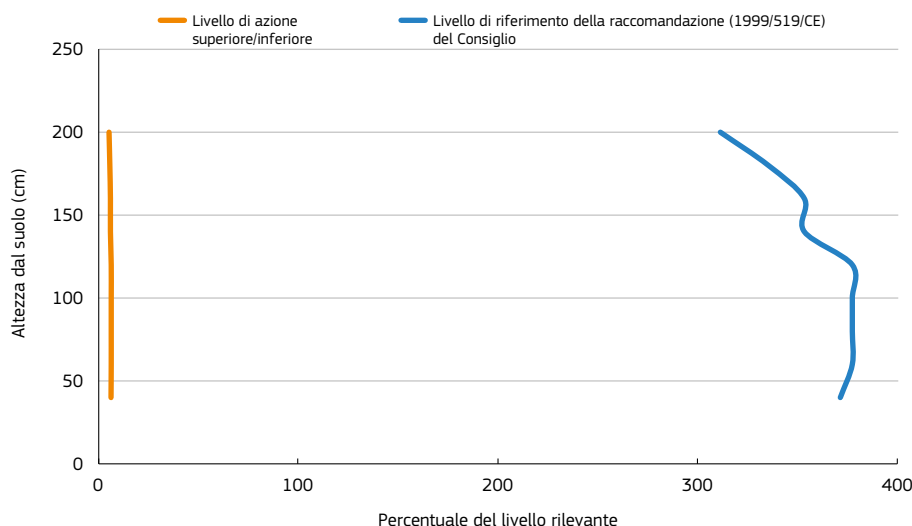
Valore limite di esposizione (condizioni di lavoro normali): 2 T

Livello di azione per i dispositivi medici impiantati: 0,5 mT

Livello di azione per il rischio propulsivo: 3 mT

L'incertezza della misurazione è stata stimata a $\pm 5\%$ e conformemente all'approccio del «rischio condiviso» (cfr. appendice D.5 del volume 1 della guida) i risultati sono stati considerati percentuali dirette dei VLE/LA.

Figura 3.12 — Variazione dell'induzione magnetica variabile nel tempo (300 Hz) in funzione dell'altezza lungo uno degli elettrolizzatori



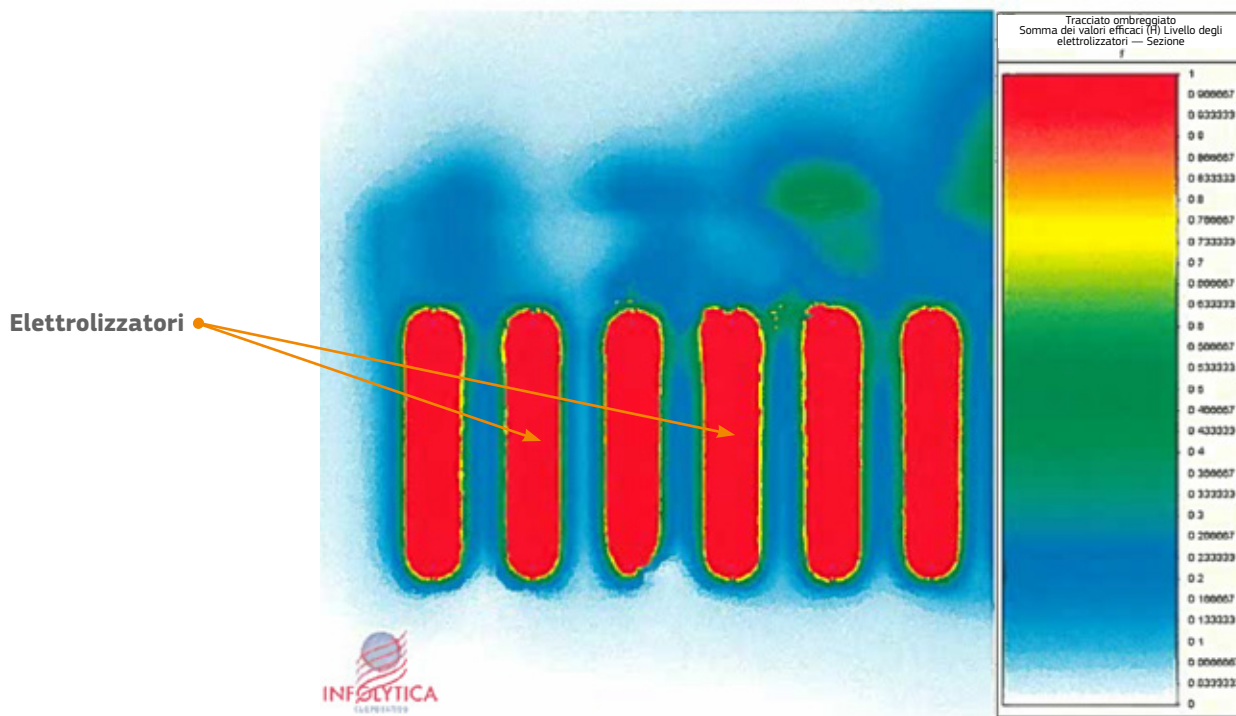
NB: Le misurazioni sono state effettuate a una distanza di 230 cm dalla linea centrale di uno degli elettrolizzatori.

Livelli di azione superiori e inferiori per un campo magnetico da 300 Hz: 1000 μ T

Livello di riferimento della raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio per un campo magnetico da 300 Hz: 16,7 μ T

L'incertezza della misurazione è stata stimata a $\pm 10\%$ e conformemente all'approccio del «rischio condiviso» (cfr. appendice D.5 del volume 1 della guida) i risultati sono stati considerati percentuali dirette dei livelli di riferimento/livelli di azione.

Figura 3.13 — Esempio del diagramma di una valutazione consistente in una modellizzazione teorica per la sala delle celle elettrolitiche (vista in pianta)



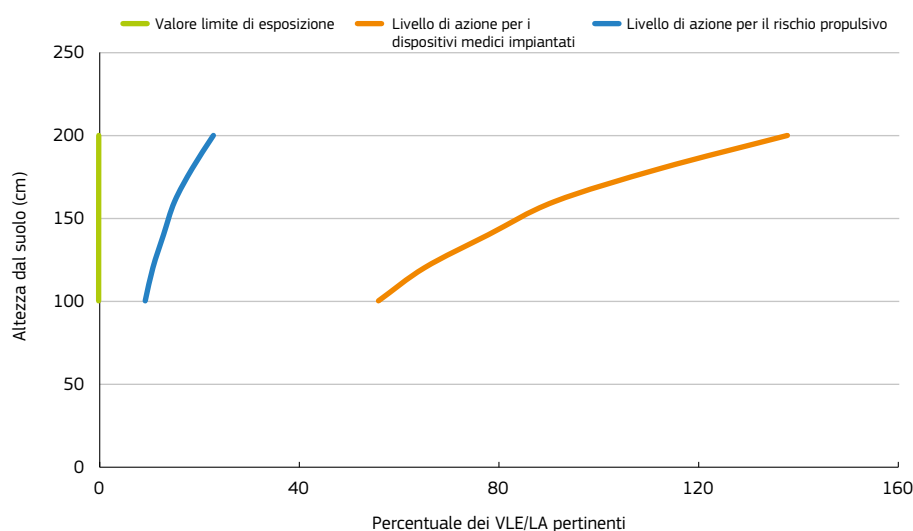
I risultati della valutazione dell'esposizione nella sala delle celle elettrolitiche hanno fornito all'azienda le seguenti informazioni:

- l'esposizione ai campi magnetici derivanti dagli elettrolizzatori era inferiore ai rilevanti VLE e LA relativi agli effetti diretti;
- i portatori di dispositivi medici impiantati attivi possono correre pericoli a causa dei campi magnetici statici presenti nella sala delle celle;
- i livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio venivano superati per tutta la lunghezza degli elettrolizzatori, per i campi magnetici variabili. Era però improbabile che alla sala delle celle elettrolitiche accedessero lavoratori esposti a particolari rischi.

3.6.2 Zona dei raddrizzatori

I grafici seguenti mostrano la variazione dell'induzione magnetica in relazione ai VLE e LA applicabili, descritti in precedenza. È stato confermato che la frequenza dell'ondulazione sull'alimentazione di corrente continua era di 300 Hz; sono stati rilevati anche campi da 50 Hz prodotti dal trasformatore esterno.

Figura 3.14 — Variazione dell'induzione magnetica statica in funzione dell'altezza sotto l'isolatore a corrente continua delle sbarre collettrici



NB: L'isolatore a corrente continua delle sbarre collettrici si trovava a circa 420 cm al di sopra del livello del suolo.

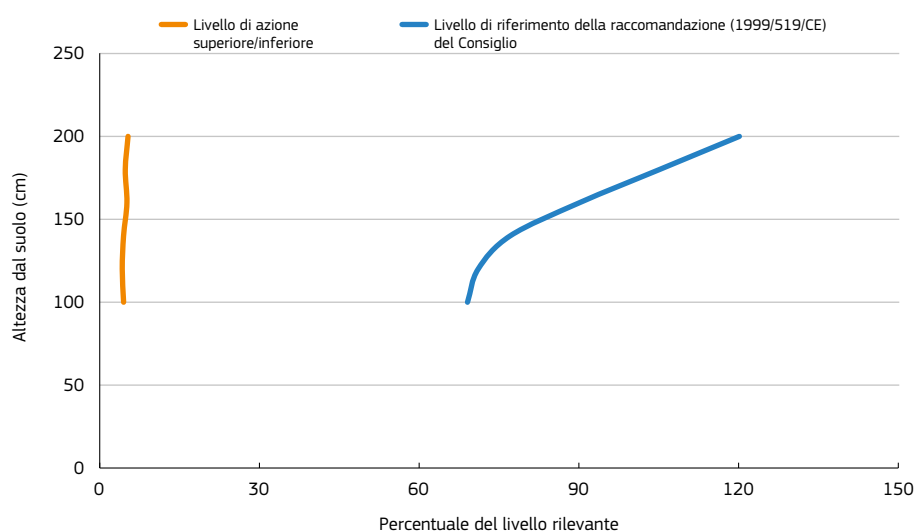
Valore limite di esposizione (condizioni di lavoro normali): 2 T

Livello di azione per i dispositivi medici impiantati: 0,5 mT

Livello di azione per il rischio propulsivo: 3 mT

L'incertezza della misurazione è stata stimata a $\pm 5\%$ e conformemente all'approccio del «rischio condiviso» (cfr. appendice D.5 del volume 1 della guida) i risultati sono stati considerati percentuali dirette dei VLE/LA.

Figura 3.15 — Variazione dell'induzione magnetica variabile nel tempo (300 Hz) in funzione dell'altezza sotto l'isolatore a corrente continua delle sbarre collettrici



NB: l'isolatore a corrente continua delle sbarre collettrici si trovava a circa 420 cm al di sopra del livello del suolo.

Livelli di azione superiori e inferiori per un campo magnetico da 300 Hz: 1000 μ T

Livello di riferimento della raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio per un campo magnetico da 300 Hz: 16,7 μ T

L'incertezza della misurazione è stata stimata a $\pm 10\%$ e conformemente all'approccio del «rischio condiviso» (cfr. appendice D.5 del volume 1 della guida) i risultati sono stati considerati percentuali dirette dei livelli di riferimento/livelli di azione.

Figura 3.16 — Esempio del diagramma di una valutazione consistente in una modellizzazione teorica per le regioni circostanti l'isolatore a corrente continua delle sbarre collettrici (sezione trasversale)

Isolamento a corrente continua delle sbarre collettrici

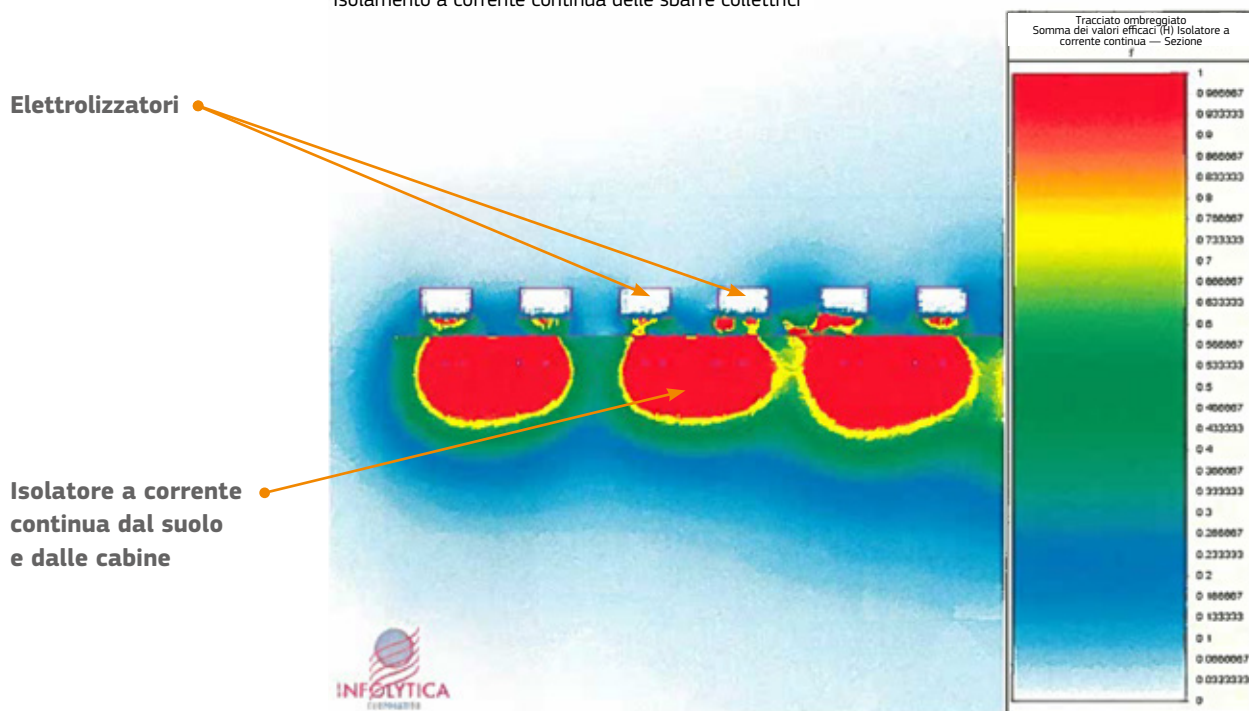
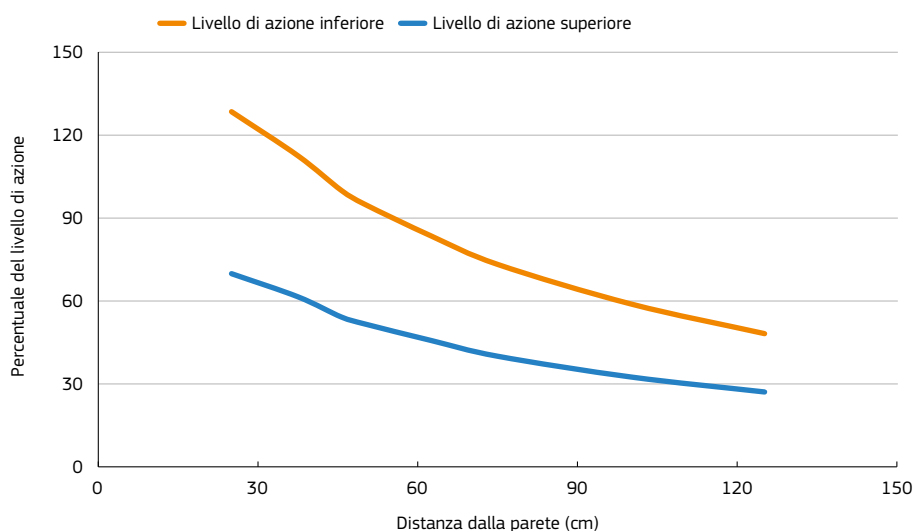


Figura 3.17 — Variazione dell'induzione magnetica variabile nel tempo (50 Hz) in funzione della distanza dalla parete tra il raddrizzatore di tiristori e il trasformatore



NB: Le misurazioni sono state effettuate a un'altezza di 120 cm dal suolo.

Livello di azione inferiore per un campo magnetico da 50 Hz: 1000 μ T

Livello di azione superiore per un campo magnetico da 50 Hz: 6000 μ T

L'incertezza della misurazione è stata stimata a $\pm 10\%$ e conformemente all'approccio del «rischio condiviso» (cfr. appendice D.5 del volume 1 della guida) i risultati sono stati considerati percentuali dirette dei livelli di riferimento/livelli di azione.

I risultati della valutazione dell'esposizione nella zona dei raddrizzatori hanno fornito all'azienda le seguenti informazioni:

- l'esposizione ai campi magnetici generati dalle sbarre collettrici e dai tiristori era inferiore ai livelli di azione relativi agli effetti diretti a livello del suolo;
- l'esposizione ai campi magnetici variabili nel tempo generati dal trasformatore sul lato opposto della parete dietro il raddrizzatore era superiore al livello di azione inferiore per l'induzione magnetica variabile nel tempo fino a una distanza di 37 cm dalla superficie della parete all'interno della zona dei raddrizzatori;
- l'esposizione ai campi magnetici variabili nel tempo generati dal trasformatore era inferiore al livello di azione superiore per l'induzione magnetica variabile nel tempo nella zona dei raddrizzatori;
- i portatori di dispositivi medici impiantati attivi possono correre pericoli a causa dei campi magnetici statici presenti nella zona dei raddrizzatori. Tuttavia, i segnali di avvertimento e le informazioni sulla sicurezza presenti nel sito sono state considerate adeguate;
- i livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio sono stati superati per i campi magnetici variabili nel tempo. Era però improbabile che alla zona dei raddrizzatori accedessero lavoratori esposti a particolari rischi.

3.7 Valutazione dei rischi

Sulla base della valutazione dell'esposizione effettuata dal consulente, l'azienda ha svolto una valutazione dei rischi per l'impianto di produzione del cloro in relazione ai campi elettromagnetici. Ciò corrisponde alla metodologia proposta da OiRA (la piattaforma interattiva online dell'EU-OSHA per la valutazione del rischio). La valutazione dei rischi ha concluso che:

- I lavoratori esposti a particolari rischi possono correre pericoli in prossimità degli elettrolizzatori;
- i lavoratori, compresi quelli esposti a particolari rischi, possono correre pericoli nella zona degli armadi dei raddrizzatori a causa dell'esposizione a campi magnetici.

Un esempio di valutazione specifica dei rischi derivanti dai campi elettromagnetici per l'impianto di produzione del cloro compare nella tabella 3.1.

3.8 Precauzioni già in vigore

La sicurezza in materia di campi elettromagnetici ha costituito una delle principali priorità fin dalle prime fasi della progettazione dell'impianto, nella quale sono state inserite numerose misure di protezione e prevenzione, tra cui le seguenti:

- l'intensità dei campi magnetici variabili nel tempo, probabilmente generati dall'ondulazione dell'alimentazione di corrente continua agli elettrolizzatori, è stata ridotta al minimo, per esempio usando raddrizzatori a 12 impulsi anziché a sei impulsi;
- l'impianto era di dimensioni sufficienti per consentire di tenere agevolmente separati i campi magnetici forti dai lavoratori;
- nell'impianto sono stati collocati in posizioni chiaramente visibili opportuni segnali di avvertimento;
- i lavoratori erano stati informati della potenziale esposizione ai campi elettromagnetici, ed erano stati invitati a informare il datore di lavoro, nel caso fossero portatori di dispositivi medici impiantati.

3.9 Precauzioni supplementari adottate in seguito alla valutazione

La valutazione dell'esposizione ha confermato che l'impianto era stato progettato in maniera soddisfacente dal punto di vista dell'esposizione ai campi elettromagnetici; pertanto non è stato necessario adottare alcuna precauzione supplementare in seguito alla valutazione dell'esposizione.

3.10 Per ulteriori approfondimenti

Euro Chlor Publication — *Electromagnetic Fields in the Chlorine Electrolysis Units. Health Effects, Recommended Limits, Measurement Methods and Possible Prevention Actions*. 2014.

4. SETTORE MEDICO

4.1 Luogo di lavoro

Il reparto di fisica medica di un ospedale è stato invitato a valutare in che modo l'attuazione della direttiva relativa ai campi elettromagnetici potesse incidere sul lavoro dell'ospedale.

4.2 Natura del lavoro

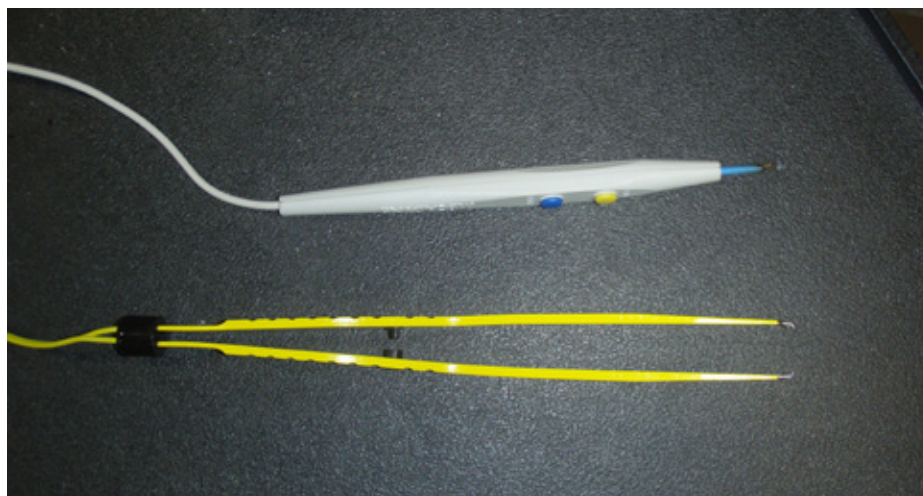
Per il trattamento, il monitoraggio e la diagnosi dei pazienti si fa largo uso di dispositivi elettrici. Il gruppo di fisica medica ha iniziato la valutazione individuando le apparecchiature potenzialmente suscettibili di generare forti campi elettromagnetici. Il gruppo ha esaminato l'inventario delle apparecchiature dell'ospedale e ha individuato tre apparecchi, noti generatori di forti campi elettromagnetici: le unità elettrochirurgiche, i dispositivi di stimolazione magnetica transcranica (TMS) e le unità di diatermia a onde corte. Al momento della valutazione l'ospedale non utilizzava apparecchiature per la diatermia a onde corte, che tuttavia sono state ugualmente inserite nella valutazione. Il gruppo ha anche esaminato la possibilità che apparecchiature sensibili per il monitoraggio dei pazienti subissero interferenze elettromagnetiche, con particolare riguardo per quelle apparecchiature che possono essere utilizzate in prossimità di dispositivi che generano forti campi elettromagnetici. Il gruppo è giunto alla conclusione che le apparecchiature più vulnerabili all'interferenza elettromagnetica erano le apparecchiature mediche sensibili usate nelle procedure elettrochirurgiche (per esempio ventilatori e dispositivi elettrocardiografici).

4.3 Informazioni sull'apparecchiatura che genera campi elettromagnetici

4.3.1 Unità elettrochirurgiche

I dispositivi elettrochirurgici sono usati negli ospedali per il taglio e/o la coagulazione di tessuti umani, e vengono impiegati in un notevole numero di procedure chirurgiche. Funzionano trasmettendo una corrente elettrica ad alta tensione attraverso il tessuto che subisce l'operazione. Queste unità funzionano di solito nella gamma di frequenze intermedie (da 300 kHz a 1 MHz circa) e utilizzano potenze comprese fra 50 e 300 W. Un'unità elettrochirurgica comprende un elettrodo attivo, un generatore, cavi che connettono il generatore all'elettrodo attivo e all'elettrodo di ritorno o alla piastra collegata a terra, collocata sul corpo del paziente (figura 4.1). L'energia viene erogata all'elettrodo attivo (sonda elettrochirurgica) tramite cavi che possono essere non schermati. La corrente passa attraverso il tessuto del paziente e torna all'unità elettrochirurgica attraverso l'elettrodo di ritorno.

Figura 4.1 — Elettrodi attivo e di ritorno e cavi collegati



4.3.2 Stimolazione magnetica transcranica

Un dispositivo di stimolazione elettrica transcranica (TMS) produce intenzionalmente impulsi di campi elettromagnetici allo scopo di indurre correnti nel cervello, e può essere utilizzato in varie applicazioni (per esempio nella diagnosi di lesioni e patologie cerebrali, nel trattamento della depressione e più recentemente anche dell'emicrania). Un tipico dispositivo TMS consiste di un'unità principale che produce un impulso a corrente elevata e di una bobina di stimolazione portatile (figura 4.2). Nei modelli disponibili in commercio l'energia è immagazzinata in grandi accumulatori ad alta tensione. Questi accumulatori vengono scaricati nella bobina per mezzo di un tiristore, che è in grado di trasformare elevate correnti in pochi secondi. Vengono comunemente usate due forme di bobine, impiegate anche all'ospedale: la bobina circolare e la bobina a forma di otto (esistono però anche altre forme di bobine).

Figura 4.2 — Bobina TMS a forma di otto



4.3.3 Diatermia a onde corte

I dispositivi per la diatermia a onde corte emettono radiazioni a radiofrequenza (RF), di solito a 27,1 MHz. Questi dispositivi sono usati dai fisioterapisti per il trattamento terapeutico di muscoli e articolazioni. Esistono due modalità operative: capacitiva, in cui il paziente viene collocato nel campo RF tra due elettrodi a piastre (figura 4.3), e induttiva, in cui il campo elettromagnetico viene applicato tramite una bobina.

Figura 4.3 — Diatermia a onde corte capacitiva



4.4 Come si usano le applicazioni

4.4.1 Unità elettrochirurgiche

Mentre la utilizza, il chirurgo tiene di solito la sonda vicino alla parte superiore del corpo. I cavi possono trovarsi in prossimità del personale della sala operatoria, e in particolare vicino alla mano e al braccio del chirurgo.

4.4.2 Stimolazione magnetica transcranica

La bobina è collocata vicino alla testa del paziente, e un impulso o una serie di impulsi vengono generati per indurre corrente nel cervello del paziente. La sonda può essere fissata nella sua posizione, oppure essere tenuta in posizione dal medico (figura 4.4).

Figura 4.4 — Bobina circolare per TMS durante l'utilizzo



4.4.3 Diatermia a onde corte

Il gruppo è stato informato che la diatermia a onde corte non era in quel momento in uso all'ospedale, benché fosse stata usata in passato dai fisioterapisti. Il gruppo non conosceva esattamente le procedure operative impiegate quando l'apparecchiatura era in uso, ma ha deciso di effettuare una valutazione qualora l'ospedale decidesse di riutilizzare l'apparecchiatura in futuro.

4.5 Approccio alla valutazione dell'esposizione

Il gruppo di fisica medica sapeva che tutti e tre i dispositivi medici identificati generano forti campi elettromagnetici. Non era però sicuro che questi dispositivi generassero campi tali da far superare ai lavoratori i valori limite di esposizione (VLE). Il gruppo ha perciò concluso che erano necessarie sia un'ulteriore valutazione, che misurazioni dei campi elettromagnetici. Per le misurazioni sono state scelte due apparecchiature: un'unità elettrochirurgica ConMed 5000 e un dispositivo 200 MAGSTIM TMS. Si è deciso di non effettuare per il momento misurazioni su unità di diatermia a onde corte.

Il reparto di fisica medica possiede una vasta gamma di sonde di misurazione per il monitoraggio dei campi elettromagnetici. Per compiere le misurazioni il gruppo ha usato una sonda isotropica (triassiale). È stato necessario utilizzare sonde differenti per ogni singola apparecchiatura, a causa delle diverse frequenze dei campi elettromagnetici generati.

4.6 Risultati della valutazione dell'esposizione

4.6.1 Unità elettrochirurgica

L'unità elettrochirurgica ConMed 5000 è stata utilizzata in modalità monopolare. L'unità può funzionare in modalità taglio e in modalità coagulazione. Dalle misurazioni preliminari è però emerso che i campi elettromagnetici prodotti in modalità taglio erano più elevati di quelli generati in modalità coagulazione; la maggior parte delle misurazioni è stata perciò effettuata in questa modalità. La frequenza del campo — valutata compiendo una misurazione e visualizzando la forma d'onda su un oscilloscopio — è risultata di 391 kHz. È stata applicata una potenza di circa 200 W.

Le misurazioni dei campi magnetici ed elettrici sono state effettuate intorno ai cavi di trattamento e ritorno. Per quanto riguarda la comparazione del campo misurato con i livelli di azione (LA), trattandosi di un campo di frequenza intermedia sono applicabili sia i LA relativi agli effetti termici che quelli relativi agli effetti non termici.

I risultati delle misurazioni riportati nella tabella 4.1 mostrano l'intensità del campo magnetico a una serie di distanze orizzontali a metà della lunghezza del cavo di trattamento. Da questi risultati il gruppo ha estrapolato il campo magnetico a 1 cm dal cavo, calcolando che esso fosse pari al 7 % del LA relativo agli arti.

La valutazione del campo magnetico intorno all'apparecchiatura ha dimostrato al gruppo che l'esposizione del chirurgo, o degli altri operatori sanitari presenti nella sala operatoria, non superava i LA previsti dalla direttiva relativa ai campi elettromagnetici né i livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio.

Tabella 4.1 — Intensità del campo magnetico a varie distanze dal cavo di trattamento come percentuale dei livelli di azione e dei livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio

| Distanza dal cavo (cm) | Intensità del campo magnetico (Am^{-1}) | Induzione magnetica (μT) | Effetti non termici | | Effetti termici | |
|------------------------|--|---------------------------------------|--|---|--|---|
| | | | Percentuale dei livelli di azione superiore/inferiore (%) ¹ | Percentuale dei livelli di azione relativi agli arti (%) ² | Percentuale del livello di azione (%) ³ | Percentuale dei livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio (%) ⁴ |
| 10 | 0,64 | 0,81 | 0,81 | 0,27 | 16 | 34 |
| 20 | 0,53 | 0,67 | 0,67 | 0,22 | 13 | 29 |
| 50 | 0,26 | 0,33 | 0,33 | 0,11 | 6,4 | 14 |
| 100 | 0,09 | 0,11 | 0,11 | 0,04 | 2,1 | 4,7 |
| 150 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,02 | 1,0 | 2,1 |

¹ Induzione magnetica LA superiore/inferiore per la frequenza di 391 kHz: 100 μT

² Induzione magnetica LA relativo agli arti per la frequenza di 391 kHz: 300 μT

³ Induzione magnetica LA per la frequenza di 391 kHz: 5,12 μT

⁴ Livello di riferimento dell'induzione magnetica per la frequenza di 391 kHz fornito dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio: 2,35 μT

NB: L'incertezza della misurazione è stata stimata a $\pm 2,7$ dB e conformemente all'approccio del «rischio condiviso» (cfr. appendice D.5 del volume 1 della guida) i risultati sono stati confrontati direttamente con i livelli di riferimento/livelli di azione.

Il campo elettrico è stato misurato in una regione occupata dal cavo di trattamento e dal cavo di ritorno. È stato rilevato che il campo elettrico prodotto dal cavo di ritorno era sensibilmente più elevato di quello generato dal cavo di trattamento; ciò indica che il cavo di trattamento era schermato. L'intensità del campo elettrico in funzione della distanza dal cavo di ritorno è esposta in dettaglio nella tabella 4.2. Queste misurazioni si riferiscono a varie distanze orizzontali a metà della lunghezza del cavo. Il campo più elevato che è stato misurato, a 10 cm dal cavo, è inferiore ai livelli di azione. I risultati mostrano però la possibilità che i livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio fossero superati entro 20 cm circa dal cavo.

Tabella 4.2 — Intensità del campo magnetico a varie distanze dal cavo di ritorno come percentuale dei livelli di azione e dei livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio

| Distanza dal cavo (cm) | Intensità del campo elettrico (Vm^{-1}) | Effetti non termici | | Effetti termici | |
|------------------------|--|--|--|--|---|
| | | Percentuale del livello di azione inferiore (%) ¹ | Percentuale del livello di azione superiore (%) ² | Percentuale del livello di azione (%) ³ | Percentuale dei livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio (%) ⁴ |
| 10 | 116 | 68,2 | 19,0 | 19,0 | 133 |
| 20 | 92,5 | 54,4 | 15,2 | 15,2 | 106 |
| 30 | 66,8 | 39,3 | 11,0 | 11,0 | 76,8 |
| 50 | 48,5 | 28,6 | 8,0 | 8,0 | 55,8 |
| 100 | 11,9 | 7,0 | 2,0 | 2,0 | 13,7 |
| 150 | 6,55 | 3,9 | 1,1 | 1,1 | 7,5 |

¹ Livello di azione inferiore dell'intensità del campo elettrico per frequenze nella gamma da 3 kHz a 10 MHz: 170 Vm^{-1}

² Livello di azione superiore dell'intensità del campo elettrico per frequenze nella gamma da 3 kHz a 10 MHz: 610 Vm^{-1}

³ Livello di azione superiore dell'intensità del campo elettrico per frequenze nella gamma da 3 kHz a 10 MHz: 610 Vm^{-1}

⁴ Livello di riferimento dell'intensità dei campi elettrici per frequenze nella gamma da 150 kHz a 1 MHz fornito dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio: 87 Vm^{-1}

NB: L'incertezza della misurazione è stata stimata a $\pm 0,8 \text{ dB}$ e conformemente all'approccio del «rischio condiviso» (cfr. appendice D.5 del volume 1 della guida) i risultati sono stati confrontati direttamente con i livelli di riferimento/livelli di azione.

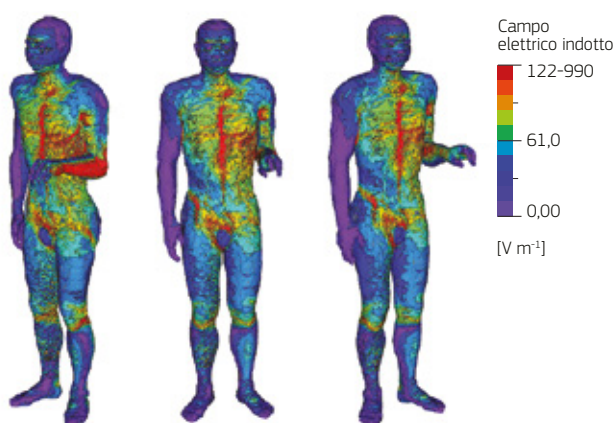
Per completezza, il gruppo ha poi utilizzato il modello software solitamente impiegato per prevedere l'esposizione dei pazienti, riconfigurandolo per ottenere un modello dell'esposizione subita dal chirurgo in termini di VLE. Sia i campi elettrici indotti che i valori SAR sono stati calcolati per una situazione di esposizione in cui il dispositivo elettrochirurgico è in funzione e i cavi corrono lungo il braccio del chirurgo a una distanza di 1 cm.

È stato calcolato il campo elettrico indotto in vari tessuti (tabella 4.3). Il valore massimo è quello calcolato per le ossa, con 628 mVm^{-1} . Ciò equivale allo 0,6 % del VLE relativo agli effetti sanitari; il gruppo ha quindi avuto la conferma che i VLE relativi agli effetti non termici non sarebbero stati superati dal chirurgo. La distribuzione del campo elettrico indotto in un modello umano è illustrata nella figura 4.5. Naturalmente è possibile che i cavi dell'unità elettrochirurgica si trovino, rispetto al chirurgo, a meno di 1 cm di distanza o addirittura a contatto. Secondo la conclusione del gruppo, comunque, i bassi valori di campo elettrico indotto significano che il VLE relativo agli effetti sanitari non sarebbe superato intorno all'unità in esame.

Tabella 4.3 — Campo elettrico indotto come percentuale del VLE relativo agli effetti sanitari

| Tessuto | campo elettrico indotto (mVm^{-1}) ¹ | % del VLE relativo agli effetti sanitari |
|-----------------|--|--|
| Ossa | 628 | 0,60 % |
| Grasso | 493 | 0,47 % |
| Pelle | 461 | 0,44 % |
| Cervello | 146 | 0,14 % |
| Midollo spinale | 275 | 0,26 % |
| Retina | 103 | 0,10 % |

¹ VLE relativo agli effetti sanitari per l'intensità di campo elettrico interno per frequenze nella gamma da 3 kHz a 10 MHz: 105 Vm^{-1} (RMS)

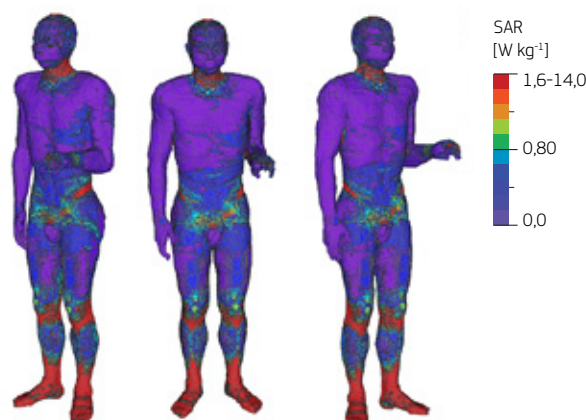
Figura 4.5 — Distribuzione nel modello umano del campo elettrico indotto da esposizione al cavo elettrochirurgico da 391 kHz

Sono stati calcolati i valori del SAR per l'intero corpo e del SAR localizzato (tabella 4.4), da cui emerge che nella posizione del chirurgo i VLE non sarebbero superati. La distribuzione del SAR in un modello umano è illustrata (figura 4.6).

Tabella 4.4 — Valori massimi del SAR per la posizione di esposizione considerata e confronti con i VLE

| Posizione | SAR (Wkg^{-1}) | VLE (Wkg^{-1}) | % del VLE |
|--|---------------------------|---------------------------|-----------|
| SAR mediato su tutto il corpo | 0,0338 | 0,4 | 8,4 |
| Picco del SAR localizzato su 10 g nella testa e nel tronco | 0,780 | 10 | 7,8 |
| Picco del SAR localizzato su 10 g negli arti | 1,75 | 20 | 8,7 |

Figura 4.6 — Distribuzione nel modello umano del tasso specifico di assorbimento dell'energia (SAR) da esposizione al campo da 391 kHz prodotto dall'unità elettrochirurgica.



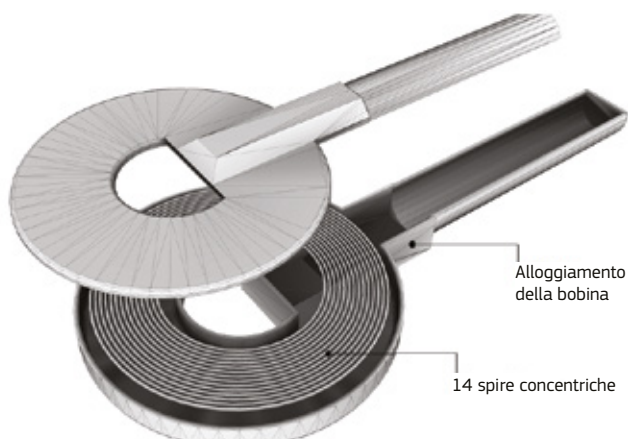
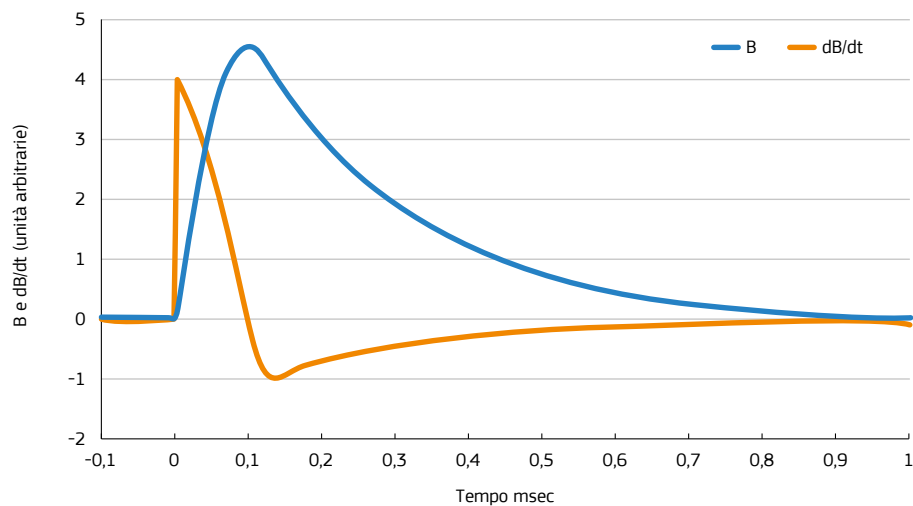
In base alla valutazione, il gruppo ha concluso che era improbabile che il chirurgo o altri lavoratori dell'ospedale venissero esposti a campi superiori ai VLE. Il gruppo ha però riconosciuto la possibilità che il paziente venisse esposto a campi superiori ai livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio, in particolare vicino alla posizione dell'elettrodo di ritorno. In generale, questa circostanza non è stata considerata un problema, in quanto l'esposizione rappresenta un elemento giustificato della prassi chirurgica. Può essere tuttavia necessario tenerne conto se il paziente è portatore di un dispositivo medico impiantato attivo (AIMD). È stato individuato un altro rischio potenziale, ossia l'interferenza elettromagnetica con dispositivi medici sensibili presenti nella sala operatoria; il gruppo sapeva che ciò si era verificato in casi in cui la sonda di trattamento era collocata vicino a tali dispositivi.

4.6.2 Dispositivo TMS

Il dispositivo 200 MAGSTIM TMS ha due elementi manuali, in uno dei quali è inserita una bobina circolare mentre nell'altro sono inserite due bobine circolari che formano la figura di un otto. La potenza emessa dal generatore è fissata dal medico a una percentuale della potenza massima. L'apparecchio può essere regolato in modo da emettere un singolo impulso oppure una serie di impulsi.

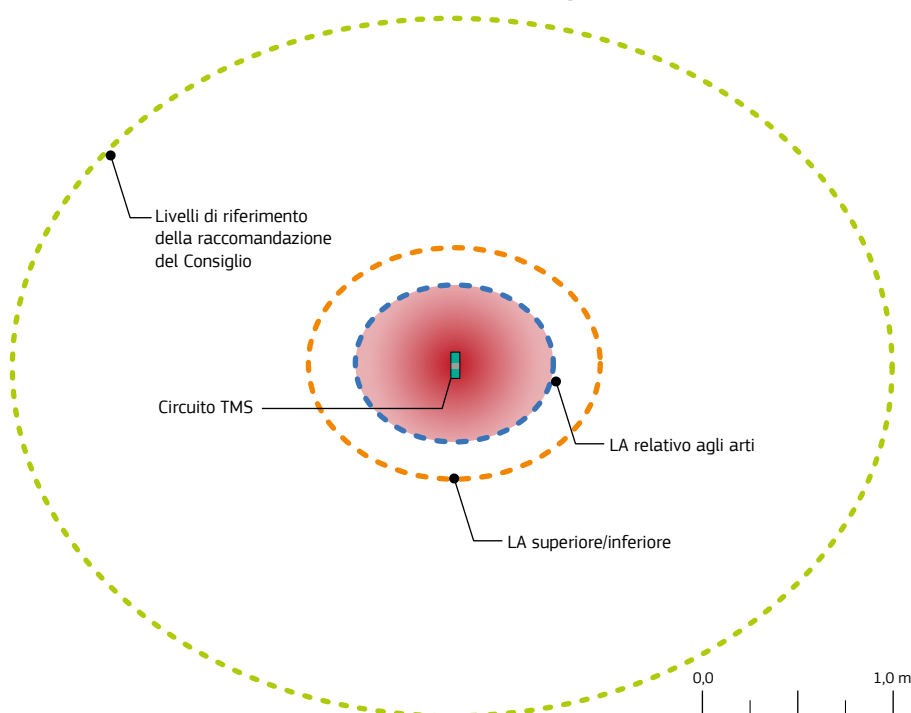
Dalle misurazioni preliminari è emerso che la bobina circolare generava i livelli più elevati di campi magnetici. Questa bobina (figura 4.7) è alloggiata in un involucro di plastica; le spire della bobina sono di rame, materiale che è stato scelto per la bassa resistenza elettrica e l'alta conducibilità termica. La bobina è formata da 14 spire concentriche, il cui diametro varia da 70 mm a 122 mm.

Il gruppo ha effettuato le misurazioni usando la bobina circolare, con il generatore regolato al 100 % della potenza massima, in modalità impulso singolo. Il fabbricante ha fornito dati sulle caratteristiche dell'impulso (figura 4.8).

Figura 4.7 — Bobina TMS circolare**Figura 4.8 — Caratteristiche dell'impulso singolo in base ai dati forniti dal fabbricante**

Come previsto, i campi più elevati sono stati misurati direttamente di fronte alla bobina oppure al centro della stessa; le aree in cui potrebbero essere superati i livelli di azione (LA) e i livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio sono indicati nella figura 4.9. Nella posizione tipica della mano dell'operatore (con l'elemento manuale impugnato 11 cm al di sotto del centro della bobina), è stata misurata un'induzione magnetica pari al 5 600 % del LA relativo agli arti.

Figura 4.9 — Vista in pianta indicante i perimetri entro i quali, intorno al dispositivo TMS, potrebbero essere superati il livello di azione relativo agli arti (blu), i livelli di azione inferiori/superiori (rosso) e i livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio (verde)



NB: L'incertezza della misurazione è stata stimata a $\pm 10\%$ e conformemente all'approccio del «rischio condiviso» (cfr. appendice D.5 del volume 1 della guida) i risultati sono stati confrontati direttamente con i livelli di riferimento/livelli di azione.

Il gruppo ha notato che l'esposizione del medico era molto probabilmente superiore ai LA. Anche in questo caso il gruppo ha elaborato al computer un modello della potenziale esposizione del medico rispetto ai VLE. Il modello è stato elaborato per due posizioni del medico; la prima con la bobina tenuta a 30 cm dal corpo e la seconda con la bobina tenuta a 15 cm dal torace. Il modello ha dimostrato che i VLE potrebbero essere superati anche del 35 700 % (tabella 4.5). La distribuzione del campo elettrico indotto in un modello umano per entrambe le posizioni è illustrata (figure 4.10 e 4.11).

Tabella 4.5 — Valori del campo elettrico indotto tratti dai modelli informatici e confronto con i VLE

| Posizione | Campo elettrico indotto (Vm^{-1}) | % del VLE relativo agli effetti sanitari ¹ |
|----------------------------------|--|---|
| Bobina tenuta a 30 cm dal corpo | 265 (ossa) | 24 100 % |
| Bobina tenuta a 15 cm dal torace | 393 (ossa) | 35 700 % |

¹ VLE relativo agli effetti sanitari per l'intensità di campo elettrico interno per frequenze nella gamma da 1 Hz a 3 kHz: $1,1 \text{ Vm}^{-1}$ (picco)

Figura 4.10 — Distribuzione nel modello umano del campo elettrico indotto da esposizione alla bobina TMS in posizione eretta, con la bobina tenuta a 30 cm dal corpo

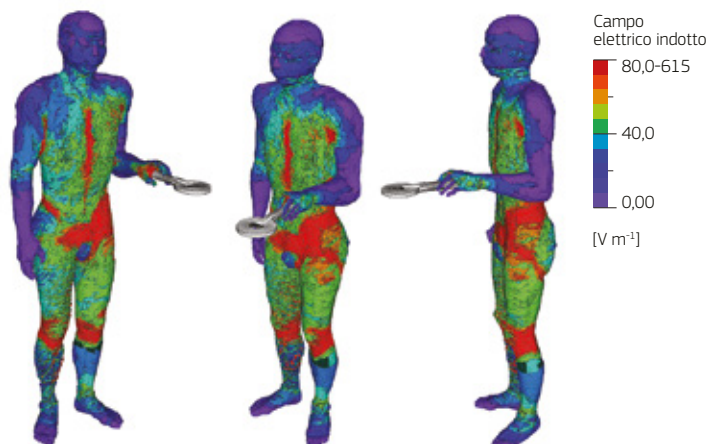
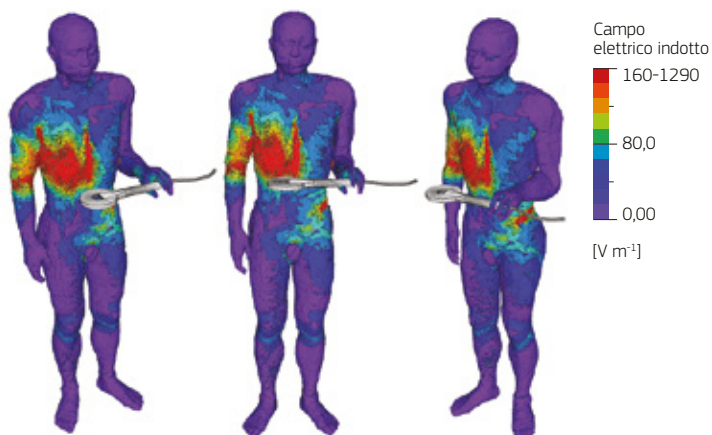


Figura 4.11 — Distribuzione nel modello umano del campo elettrico indotto da esposizione alla bobina TMS in posizione eretta, con la bobina tenuta a 15 cm dal corpo



Il gruppo ha concluso che, se la sonda fosse stata tenuta in posizione dal medico, i VLE relativi agli effetti sanitari sarebbero stati superati quasi certamente. Anche l'interferenza con gli AIMD costituiva un potenziale rischio. L'interferenza con altri dispositivi ospedalieri è stata però considerata un problema meno grave di quella con l'unità elettrochirurgica, poiché l'apparecchiatura non veniva comunemente usata in aree contenenti dispositivi medici sensibili.

4.6.3 Diatermia a onde corte

Pur non avendo svolto valutazioni su unità di diatermia a onde corte presso l'ospedale, il gruppo era consapevole del fatto che tali unità erano potenziale causa di elevate esposizioni per il fisioterapista e forse anche per altri lavoratori. Dalle valutazioni compiute su apparecchiature analoghe in altre istituzioni emerge che i valori limite possono essere superati entro un raggio di circa 2 m per i dispositivi di diatermia a onde corte capacitiva, e di circa 1 m per i dispositivi di diatermia a onde corte induttiva. Il gruppo ha concluso che per l'apparecchiatura dell'ospedale sarebbe stata necessaria un'ulteriore valutazione, qualora si fosse deciso di rimetterla in uso. In tal modo il gruppo avrebbe potuto offrire la propria consulenza ai fisioterapisti in merito alle procedure di lavoro sicure (per esempio le distanze di lavoro sicure) e verificare la possibilità che i livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio fossero superati in zone accessibili ai lavoratori esposti a particolari rischi.

4.7 Valutazione dei rischi

Per l'unità elettrochirurgica (tabella 4.6) e per il dispositivo TMS (tabella 4.7) l'ospedale, sulla base delle misurazioni effettuate dal gruppo di fisica medica, ha svolto valutazioni dei rischi coerenti con la metodologia proposta da OiRA (la piattaforma interattiva online dell'EU-OSHA per la valutazione del rischio). La valutazione dei rischi ha concluso che:

4.7.1 Unità elettrochirurgica

- è improbabile che l'uso di questa unità porti il chirurgo o altri operatori sanitari a superare i VLE;
- è possibile un'interferenza elettromagnetica con AIMD e altri dispositivi medici sensibili presenti nella sala.

4.7.2 Dispositivo TMS

- è probabile che l'uso di questa unità porti il medico, e forse altri operatori sanitari, a superare i VLE, potenzialmente con un margine notevole;
- è possibile un'interferenza elettromagnetica con AIMD;
- è possibile, ma poco probabile, un'interferenza elettromagnetica con dispositivi medici sensibili, poiché l'apparecchiatura non viene usata in prossimità di tali dispositivi.

Sulla base della valutazione dei rischi l'ospedale ha elaborato un piano d'azione che è stato documentato.

Tabella 4.6 — Valutazione specifica dei rischi derivanti dai campi elettromagnetici per l'unità elettrochirurgica

| Pericoli | Misure preventive e precauzionali esistenti | Persone a rischio | Gravità | | | Probabilità | | | Valutazione del rischio | Nuove misure preventive e precauzionali |
|---|--|---|---------|-------|---------|-------------|-----------|-----------|-------------------------|---|
| | | | Lieve | Seria | Mortale | Improbabile | Possibile | Probabile | | |
| Effetti diretti dei campi elettromagnetici | La modellizzazione ha dimostrato che i VLE non saranno superati dai lavoratori | Chirurgo e altri membri del team chirurgico | ✓ | | | ✓ | | | Limitato | Non necessarie |
| Effetti indiretti dei campi elettromagnetici (effetto su dispositivi medici impiantati attivi (AIMD) e su altri dispositivi medici sensibili) | Nessuna | Chirurgo e altri membri del team chirurgico Paziente | | ✓ | | | ✓ | | Limitato | <p>Offrire consulenza ai lavoratori sul rischio di potenziali interferenze con dispositivi medici sensibili</p> <p>I lavoratori sono invitati a segnalare al gruppo di fisica medica i casi di interferenze con dispositivi medici</p> <p>Il gruppo di visita medica deve considerare l'opportunità di offrire consulenza ai chirurghi in merito alle distanze di lavoro sicure di cavi e sonde di trattamento da AIMD e altri dispositivi medici sensibili</p> |

Tabella 4.7 — Valutazione specifica dei rischi derivanti dai campi elettromagnetici per dispositivi di stimolazione elettrica transcranica (TMS)

| Pericoli | Misure preventive e precauzionali esistenti | Persone a rischio | Gravità | | | Probabilità | | | Valutazione del rischio | Nuove misure preventive e precauzionali |
|---|---|--|---------|-------|---------|-------------|-----------|-----------|-------------------------|---|
| | | | Lieve | Seria | Mortale | Improbabile | Possibile | Probabile | | |
| <p>Effetti diretti dei campi elettromagnetici:</p> <p>I VLE relativi agli effetti sanitari potrebbero essere superati dal medico che usa l'apparecchiatura</p> <p>I livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio potrebbero essere superati fino a una distanza di 235 cm dalla sonda</p> | Nessuna | <p>Medico</p> <p>Lavoratori esposti a particolari rischi (lavoratrici in gravidanza)</p> | ✓ | | | | | ✓ | Medio | <p>Divieto per le lavoratrici in gravidanza di usare l'apparecchiatura o di rimanere nella sala quando l'apparecchiatura è in funzione</p> <p>Collocare segnali di avvertimento sull'apparecchiatura</p> <p>Ove possibile, montare la sonda su un supporto</p> |
| <p>Effetti indiretti dei campi elettromagnetici (effetti sugli AIMD):</p> <p>I livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio potrebbero essere superati fino a una distanza di 235 cm dagli elettrodi</p> | Nessuna | Lavoratori esposti a particolari rischi | ✓ | | | | ✓ | | Medio | <p>Fornire ai lavoratori informazioni in merito a questo pericolo</p> <p>Divieto per i lavoratori portatori di AIMD di usare l'apparecchiatura o di rimanere nella sala quando l'apparecchiatura è in funzione</p> <p>Non trattare con questo dispositivo i pazienti portatori di AIMD</p> <p>Collocare segnali di avvertimento e di divieto sull'apparecchiatura</p> |

4.8 Precauzioni già in vigore

Prima della valutazione delle misurazioni non erano in vigore precauzioni specifiche per limitare l'esposizione ai campi elettromagnetici.

4.9 Precauzioni supplementari adottate in seguito alla valutazione

A seguito della valutazione delle misurazioni e dopo una valutazione dei pericoli connessi all'apparecchiatura, l'ospedale ha elaborato un piano d'azione e ha deciso di adottare le seguenti precauzioni supplementari:

4.9.1 Unità elettrochirurgica

Per quanto riguarda l'unità elettrochirurgica:

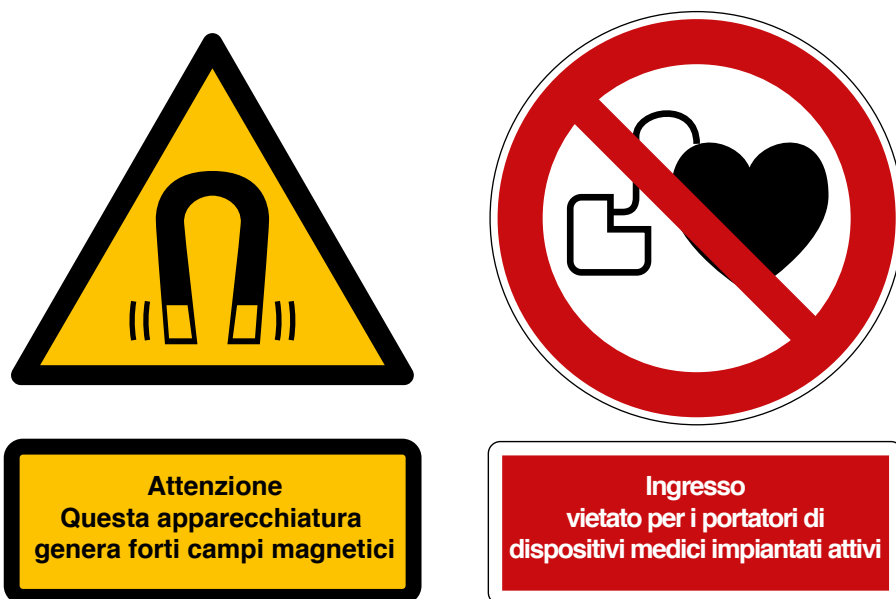
- offrire consulenza ai lavoratori sul rischio di potenziali interferenze con dispositivi medici sensibili;
- i lavoratori sono invitati a segnalare al gruppo di fisica medica i casi di interferenze con dispositivi medici;
- il gruppo di visita medica deve considerare l'opportunità di offrire consulenza ai medici in merito alle distanze di lavoro sicure di cavi e sonde di trattamento da AIMD e altri dispositivi medici sensibili.

4.9.2 Dispositivo TMS

Per quanto riguarda il dispositivo TMS:

- divieto alle lavoratrici in gravidanza e ai lavoratori portatori di AIMD di usare l'apparecchiatura o rimanere nella sala durante il trattamento;
- non eseguire il trattamento su pazienti portatori di AIMD;
- collocare segnali di avvertimento relativi ai forti campi magnetici, nonché segnali di divieto per i portatori di AIMD (figura 4.12);
- se possibile, montare la sonda su un manipolatore di precisione per consentire al medico di rimanere più lontano dalla sonda durante il trattamento;
- se necessario, il gruppo di fisica medica dovrebbe prendere in considerazione l'opportunità di progettare un manipolatore a distanza che consenta al medico di rimanere lontano dalla sonda durante il trattamento.

Figura 4.12 — Esempi di segnali di avvertimento relativi a forti campi magnetici e immagine del simbolo di divieto per i portatori di AIMD



4.9.3 Diatermia a onde corte

Per quanto riguarda la diatermia a onde corte:

- il gruppo di fisica medica deve informare i fisioterapisti dell'ospedale — prima che questi eseguano trattamenti di diatermia a onde corte — in modo che sia possibile effettuare una valutazione dei rischi derivanti dai campi elettromagnetici e, se necessario, attuare le opportune misure di controllo.

5. OFFICINA MECCANICA

5.1 Luogo di lavoro

Un'azienda meccanica ha deciso di valutare in che modo sarebbe stata interessata dall'applicazione della direttiva relativa ai campi elettromagnetici. Nell'officina meccanica l'azienda possiede svariate apparecchiature elettriche, tra cui:

- unità di ispezione con particelle magnetiche,
- smagnetizzatore,
- rettificatrice per piani,
- trancia per lamiera in fogli,
- sega a nastro,
- sega elettrica a mano,
- troncatrice,
- fresatrice (motore),
- trapano a colonna,
- riscaldatore a cordone,
- tornio,
- trapano a mano,
- mola.

5.2 Natura del lavoro

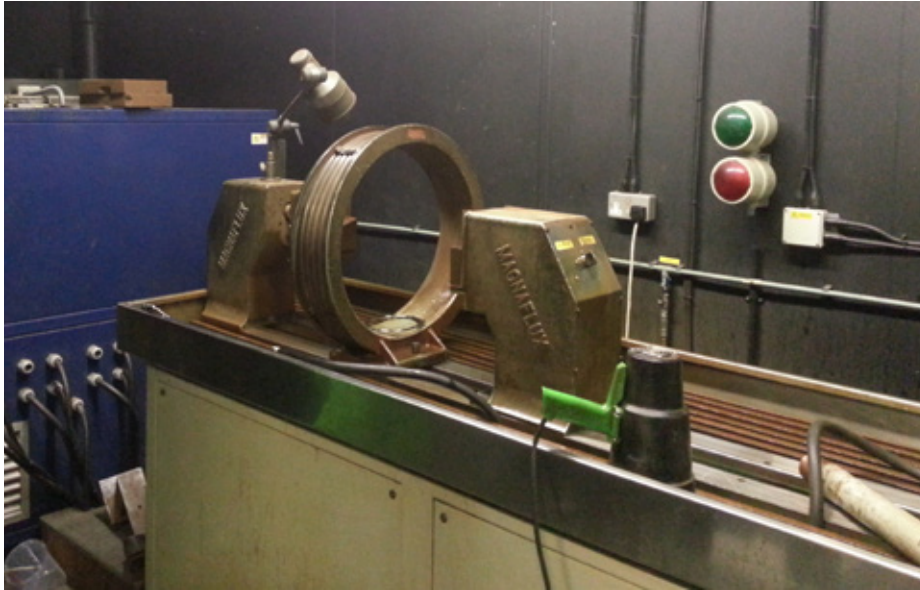
L'azienda era al corrente del fatto che alcune delle sue apparecchiature, come l'unità per ispezione con particelle magnetiche usata per prove non distruttive e lo smagnetizzatore usato per smagnetizzare componenti, rappresentano sorgenti di campi elettromagnetici. L'azienda voleva però anche accertare se altri utensili usati potessero emettere livelli significativi di campi elettromagnetici.

5.3 Come vengono usate le applicazioni

5.3.1 Ispezione con particelle magnetiche

L'ispezione con particelle magnetiche (MPI) (figura 5.1) è usata per le prove non distruttive di componenti metalliche. Nel corso della MPI si applica corrente elettrica a un pezzo da lavorare ferromagnetico, in modo da magnetizzarlo; eventuali difetti sulla superficie del pezzo perturbano il campo magnetico prodotto dalla corrente. Una vernice ferromagnetica applicata sulla superficie del pezzo, osservata sotto una fonte di luce adatta, consente di rilevare i difetti. Il lavoratore che compie l'ispezione del pezzo lavora generalmente molto vicino all'apparecchiatura.

Figura 5.1 — Unità di ispezione con particelle magnetiche



5.3.2 Smagnetizzatore

L'azienda utilizza uno smagnetizzatore (figura 5.2) per smagnetizzare le componenti metalliche dopo il processo di MPI. Le componenti vengono caricate a mano su sistema di carrello su rotaia che attraversa la cavità della bobina dello smagnetizzatore. L'operatore spinge a mano la componente sul carrello attraverso lo smagnetizzatore. La componente viene poi scaricata dal carrello all'altra estremità dello smagnetizzatore.

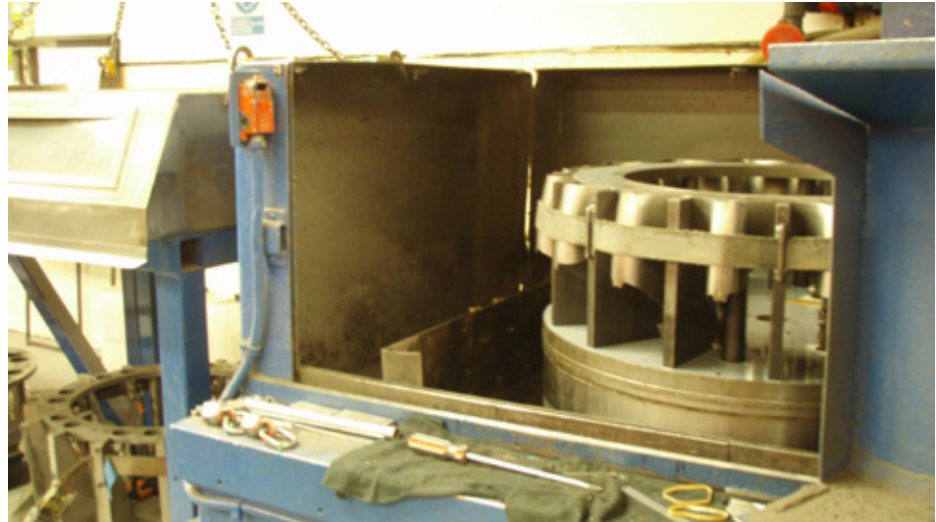
Figura 5.2 — Smagnetizzatore con carrello scorrevole



5.3.3 Rettificatrice per piani

La rettificatrice per piani (figura 5.3) comprende un tavolo rotante con un piano magnetico a campo statico su cui vengono fissate le componenti da rettificare. Il piano magnetico può essere attivato dall'operatore quando i pannelli della rettificatrice sono aperti.

Figura 5.3 — Rettificatrice per piani



5.3.4 Altri utensili usati nell'officina

Gli altri utensili, elencati qui di seguito, vengono regolarmente usati nell'officina da numerosi lavoratori:

- trancia per lamiera in fogli,
- sega a nastro,
- sega elettrica a mano,
- troncatrice,
- fresatrice (motore),
- trapano a colonna,
- riscaldatore a cordone,
- tornio,
- trapano a mano,
- mola.

5.4 Informazioni sull'apparecchiatura che genera campi elettromagnetici

L'azienda sapeva che l'unità MPI e lo smagnetizzatore potevano dar luogo a pericoli derivanti da campi elettromagnetici, poiché le informazioni fornite dai fabbricanti segnalavano che l'apparecchiatura può influire sugli stimolatori cardiaci. Non erano però state fornite ulteriori spiegazioni in merito a tale pericolo. L'azienda non è stata in grado di reperire informazioni sulla sicurezza in materia di campi elettromagnetici per gli altri utensili in uso nell'officina, e pertanto ha consultato l'elenco delle apparecchiature contenuto nella tabella 3.2 del capitolo 3, volume 1, della guida. Su tale base ha potuto concludere che, per quasi tutti gli utensili elettrici manuali e le apparecchiature elettriche più piccole, la probabilità di problemi derivanti da esposizione a campi elettromagnetici era assai scarsa.

5.5 Approccio alla valutazione dell'esposizione

In mancanza di informazioni disponibili sui pericoli derivanti da campi elettromagnetici, connessi alla MPI e allo smagnetizzatore, l'azienda ha deciso di nominare un consulente esperto per svolgere una valutazione dettagliata. L'azienda intendeva verificare se, e in che misura, esistessero pericoli connessi a qualcuna di queste apparecchiature.

Il consulente ha effettuato misurazioni dell'induzione magnetica variabile nel tempo intorno all'apparecchiatura, usando uno strumento recante un filtro elettronico incorporato, che ottiene un risultato in termini percentuali tramite l'approccio del picco ponderato nel dominio del tempo, consentendo un confronto diretto con i livelli di azione (LA). Per i campi magnetici statici il consulente ha usato un magnetometro triassiale Hall che ha misurato l'intensità del campo magnetico.

5.6 Risultati della valutazione dell'esposizione

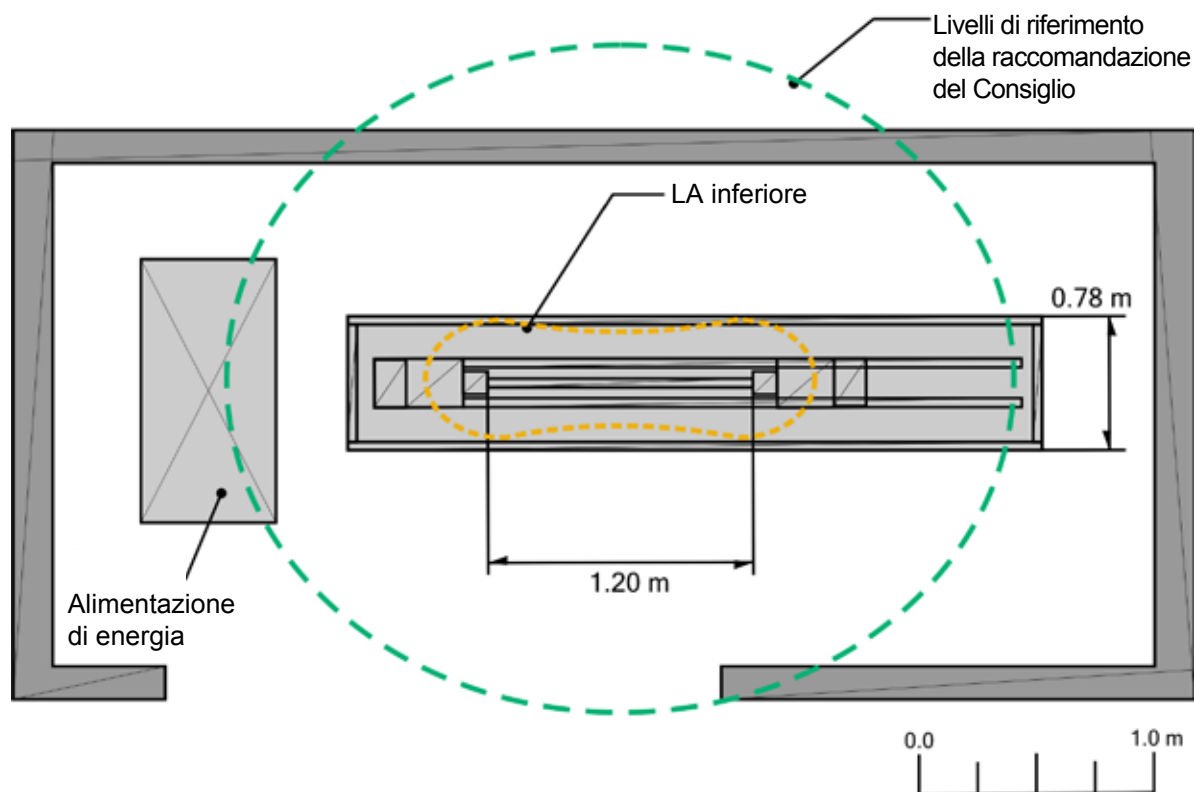
5.6.1 Ispezione con particelle magnetiche

L'unità MPI funziona normalmente con valori compresi tra 1 e 4 kA. Le misurazioni dell'induzione magnetica sono state effettuate con l'apparecchiatura fissata al suo valore massimo, ossia 10 kA. L'apparecchiatura è stata impostata sulla modalità magnetizzazione radiale, in cui la corrente viene applicata direttamente sul pezzo da lavorare. Nel corso dell'ispezione si è rilevato che l'operatore rimaneva a una distanza di circa 60 cm dal pezzo da lavorare, e quindi le misurazioni sono state effettuate in tale posizione, nella quale il livello di azione inferiore non è stato superato.

Altre misurazioni sono state effettuate in varie posizioni intorno all'apparecchiatura e i risultati sono stati comparati con i LA, oltre che con i livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio. Tali livelli possono servire da indicatore generale dell'esposizione dei lavoratori esposti a particolari rischi (cfr. l'appendice E, volume 1, della guida).

Le aree in cui i LA e i livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio potrebbero essere superati sono indicati (figura 5.4). Il perimetro del LA inferiore è contenuto interamente all'interno del banco della macchina, mentre il perimetro relativo ai livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio si estende fino a circa 1,5 m dal pezzo da lavorare e fino a 0,4 m nelle zone adiacenti alla postazione chiusa MPI.

Figura 5.4 — Vista in pianta indicante i perimetri entro i quali potrebbero essere superati il livello di azione inferiore (giallo) e i livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio (verde)



5.6.2 Smagnetizzatore

L'appaltatore ha effettuato intorno allo smagnetizzatore le misurazioni dei campi magnetici illustrate nella tabella 5.1. È stato rilevato che l'induzione magnetica scendeva al di sotto del LA inferiore a 40 cm dal centro della cavità del magnete e superava appena il LA superiore a livello del piano del magnete. I livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio venivano superati entro 1 metro dalla cavità del magnete.

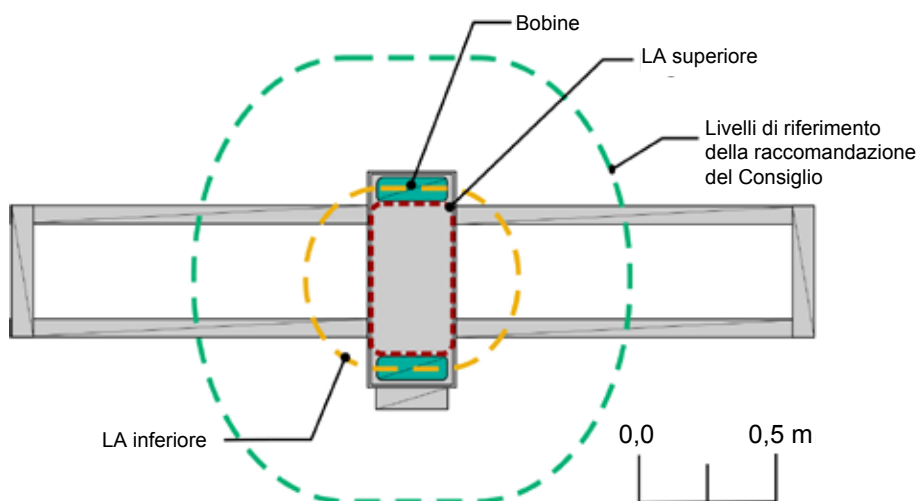
Le aree in cui era possibile che i LA e i livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio venissero superati sono indicate nella figura 5.5.

Tabella 5.1 — Induzioni magnetiche misurate intorno allo smagnetizzatore espresse come percentuali dei livelli di azione della direttiva relativa ai campi elettromagnetici

| Posizione in cui è stata effettuata la misurazione | Grandezza misurata | | Esposizione nel contesto della direttiva relativa ai campi elettromagnetici | | | | | |
|---|--------------------|--------------------------|---|-----------------|----------------------------------|-----------------|---|-----------------|
| | Frequenza (Hz) | Induzione magnetica (µT) | Livello di azione inferiore (µT) | Esposizione (%) | Livello di azione superiore (µT) | Esposizione (%) | Livello di azione relativo agli arti (µT) | Esposizione (%) |
| Rotaia del carrello, lato dell'operatore: | | | | | | | | |
| • Vicino al lato destro del pannello di controllo | 50 | 590 | 1 000 | 59 % | 6 000 | 10 % | 18 000 | 3,3 % |
| • Bordo della rotaia lungo il magnete | 50 | 1 400 | 1 000 | 140 % | 6 000 | 23 % | 18 000 | 7,8 % |
| • 40 cm dal centro della cavità del magnete | 50 | 600 | 1 000 | 60 % | 6 000 | 10 % | 18 000 | 3,3 % |
| 1 m dal centro della cavità del magnete (verso il lato dell'unità di smagnetizzazione): | | | | | | | | |
| • Estremità aperta | 50 | 70 | 1 000 | 7,0 % | 6 000 | 1,2 % | 18 000 | 0,4 % |
| • Estremità chiusa | 50 | 70 | 1 000 | 7,0 % | 6 000 | 1,2 % | 18 000 | 0,4 % |
| Lato più lontano della rotaia del carrello (lato opposto a quello del pannello di controllo): | | | | | | | | |
| • 25 cm dal centro della cavità del magnete | 50 | 3 200 | 1 000 | 320 % | 6 000 | 53 % | 18 000 | 18 % |
| • 40 cm dal centro della cavità del magnete | 50 | 600 | 1 000 | 60 % | 6 000 | 10 % | 18 000 | 3,3 % |
| • 30 cm dall'alloggiamento del magnete (lato dell'interruttore di isolamento) | 50 | 250 | 1 000 | 25 % | 6 000 | 4,2 % | 18 000 | 1,4 % |
| Sopra la rotaia del carrello in asse con la cavità del magnete: | | | | | | | | |
| • a livello del piano del magnete (estremità aperta) | 50 | 6 700 | 1 000 | 670 % | 6 000 | 110 % | 18 000 | 37 % |
| • a livello del piano del magnete (estremità chiusa) | 50 | 6 700 | 1 000 | 600 % | 6 000 | 100 % | 18 000 | 33 % |

NB: Le misurazioni sono state effettuate con lo strumento in modalità intensità di campo; ne è emerso che la forma d'onda era sempre dominata dalla frequenza fondamentale di 50 Hz. L'incertezza della misurazione è stata stimata a ±10 % e conformemente all'approccio del «rischio condiviso» (cfr. appendice D.5 del volume 1 della guida) i risultati sono stati confrontati direttamente con i LA.

Figura 5.5 — Vista in pianta indicante i perimetri entro i quali, intorno allo smagnetizzatore, potrebbero essere superati il livello di azione superiore (rosso), il livello di azione inferiore (giallo) e i livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio (verde)



5.6.3 Rettificatrice per piani

Sono state effettuate misurazioni intorno alla rettificatrice, che comprende un piano magnetico per tenere in posizione il pezzo da lavorare.

Le misurazioni effettuate intorno all'unità hanno dimostrato che i valori limite di esposizione (VLE) per l'esposizione ai campi magnetici statici non sarebbero stati superati in alcuna posizione. I LA per l'esposizione a dispositivi medici impiantati attivi potrebbero essere superati nelle immediate vicinanze del piano magnetico (tabella 5.2).

Tabella 5.2 — Distanza a cui l'induzione magnetica scende al livello di azione per l'esposizione a dispositivi medici impiantati attivi (0,5 mT)

| Apparecchiatura | Distanza dal bordo laterale del tavolo | Distanza dal bordo superiore del tavolo |
|------------------------|--|---|
| Rettificatrice Lumsden | 15 cm | 15 cm |

NB: L'incertezza della misurazione è stata stimata a $\pm 5\%$ e conformemente all'approccio del «rischio condiviso» (cfr. appendice D.5 del volume 1 della guida) i risultati sono stati confrontati direttamente con i livelli di azione nella valutazione delle distanze sopra menzionate.

5.6.4 Altri utensili usati nell'officina

Sono state effettuate misurazioni dell'induzione magnetica intorno ad altri utensili elettrici presenti nell'officina e i LA non sono mai stati superati intorno ad alcuno di essi.

Per gli utensili elencati nella tabella 5.3, l'induzione magnetica non ha superato i LA o i livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio in alcuna posizione. Per gli utensili elencati nella tabella 5.4, l'induzione magnetica ha superato i livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio in alcune posizioni in prossimità dell'apparecchiatura.

Tabella 5.3 — Utensili che non presentano pericoli relativi ai campi elettromagnetici

| Apparecchiatura | Percentuale dei livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio |
|------------------------------|--|
| Trancia per lamiera in fogli | 33 % |
| Sega a nastro | <1 % |
| Sega elettrica a mano | <1 % |
| Fresatrice | 50 % |
| Trapano a colonna | 20 % |
| Riscaldatore a cordone | 20 % |
| Mola | 20 % |
| Tornio | <2 % |

Tabella 5.4 — Utensili intorno ai quali l'induzione magnetica ha superato i livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio

| Apparecchiatura | Osservazioni |
|----------------------------|--|
| Troncatrice | 280 % alla superficie dell'apparecchiatura 100 % a 15 cm dal motore 20 % nella posizione dell'operatore |
| Rettificatrice/levigatrice | 350 % alla superficie dell'apparecchiatura 100 % a 10 cm dall'apparecchiatura |
| Trapano a mano | 700 % alla superficie dell'apparecchiatura 300 % nella posizione di lavoro abituale (7 cm dalla parte posteriore del trapano) 100 % a 15 cm dalla parte posteriore del trapano |

5.7 Valutazione dei rischi

Sulla base delle valutazioni delle misurazioni effettuate dal consulente l'azienda ha compiuto specifiche valutazioni dei rischi derivanti dai campi elettromagnetici per le proprie apparecchiature (tabelle da 5.5 a 5.9). Tali valutazioni erano coerenti con la metodologia proposta da OiRA (la piattaforma interattiva online dell'EU-OSHA per la valutazione del rischio). La valutazione dei rischi ha tratto le seguenti conclusioni:

- unità MPI — I LA non venivano superati nella normale posizione dell'operatore. I lavoratori esposti a particolari rischi potevano correre pericoli entro un raggio di circa 1,5 m dal pezzo dal lavorare;
- smagnetizzatore — Rimanendo vicini al magnete i lavoratori potevano superare i LA inferiori. I lavoratori esposti a particolari rischi potevano correre pericoli entro un raggio di circa 1 m dal magnete;
- rettificatrice per piani — I lavoratori esposti a particolari rischi potevano correre pericoli entro un raggio di circa 15 cm dal piano magnetico. È stato però giudicato improbabile che un lavoratore potesse collocarsi tanto vicino al magnete;
- trapano a mano — I lavoratori esposti a particolari rischi potevano correre pericoli usando questo utensile;
- altri utensili — Attorno ad alcuni utensili sono stati misurati campi superiori ai livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio. I campi erano però molto localizzati, e quindi si è giunti alla conclusione che il pericolo per i lavoratori esposti a particolari rischi era limitato.

Sulla base della valutazione dei rischi l'azienda ha elaborato un piano d'azione che è stato documentato.

Tabella 5.5 — Valutazione specifica dei rischi per l'unità di ispezione con particelle magnetiche (MPI)

| Pericoli | Misure preventive e precauzionali esistenti | Persone a rischio | Gravità | | | Probabilità | | | Valutazione del rischio | Nuove misure preventive e precauzionali |
|---|--|--|---------|-------|---------|-------------|-----------|-----------|-------------------------|---|
| | | | Lieve | Seria | Mortale | Improbabile | Possibile | Probabile | | |
| Effetti diretti dei campi elettromagnetici: Il livello di azione inferiore potrebbe essere superato all'interno del banco della macchina I livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio potrebbero essere superati fino a una distanza di 1,5 m dal pezzo da lavorare | La normale posizione dell'operatore è a 60 cm dal pezzo da lavorare, per cui in tale posizione il livello di azione inferiore non dovrebbe essere superato L'apparecchiatura è usata in una postazione chiusa | Operatori Altri lavoratori Lavoratori esposti a particolari rischi (lavoratrici in gravidanza) | ✓ | | | | ✓ | | Limitato | Fornire informazioni e formazione agli operatori e agli altri lavoratori Collocare segnali di avvertimento sull'apparecchiatura Divieto per le lavoratrici in gravidanza di usare l'apparecchiatura o di rimanere nella postazione chiusa quando l'apparecchiatura è in funzione Collocare opportuni segnali di avvertimento e di divieto all'ingresso della postazione chiusa |
| Effetti indiretti dei campi elettromagnetici (effetti sui dispositivi medici impiantati attivi): i livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio potrebbero essere superati fino a una distanza di 1,5 m dal pezzo da lavorare | Divieto di usare questa apparecchiatura per i lavoratori portatori di dispositivi medici impiantati attivi | Lavoratori esposti a particolari rischi | ✓ | | | ✓ | | | Limitato | Fornire ai lavoratori informazioni in merito a questo pericolo Collocare avvertimenti tra le informazioni sulla sicurezza presenti nel sito Collocare opportuni segnali di avvertimento e di divieto all'ingresso della postazione chiusa |

Tabella 5.6 — Valutazione specifica dei rischi per lo smagnetizzatore

| Pericoli | Misure preventive e precauzionali esistenti | Persone a rischio | Gravità | | | Probabilità | | | Valutazione del rischio | Nuove misure preventive e precauzionali |
|--|--|---|---------|-------|---------|-------------|-----------|-----------|-------------------------|--|
| | | | Lieve | Seria | Mortale | Improbabile | Possibile | Probabile | | |
| <p>Effetti diretti dei campi elettromagnetici:</p> <p>Il livello di azione inferiore potrebbe essere superato entro 40 cm dal magnete</p> <p>I livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio potrebbero essere superati entro 1 m dal magnete</p> | Nessuna | Operatori | ✓ | | | | ✓ | | Limitato | <p>A meno che ciò non renda difficile l'uso dell'apparecchiatura, installare ripari per impedire che i lavoratori superino il livello di azione inferiore e automatizzare le operazioni di smagnetizzazione più ripetitive</p> <p>Fornire informazioni e formazione agli operatori e agli altri lavoratori</p> <p>Collocare segnali di avvertimento sull'apparecchiatura</p> <p>Delimitare l'area in cui i livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio vengono superati</p> <p>Divieto per le lavoratrici in gravidanza di entrare nell'area delimitata</p> <p>Collocare opportuni segnali di avvertimento e di divieto all'ingresso dell'area delimitata</p> |
| <p>Effetti indiretti dei campi elettromagnetici (effetti sui dispositivi medici impiantati attivi):</p> <p>I livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio potrebbero essere superati entro 1 m dal magnete</p> | Divieto di usare questa apparecchiatura per i lavoratori portatori di dispositivi medici impiantati attivi | Lavoratori esposti a particolari rischi | ✓ | | | ✓ | | | Limitato | <p>Fornire a tutti i lavoratori informazioni in merito a questo pericolo</p> <p>Collocare avvertimenti tra le informazioni sulla sicurezza presenti nel sito</p> <p>Collocare opportuni segnali di avvertimento e di divieto all'ingresso dell'area delimitata</p> |

Tabella 5.7 — Valutazione specifica dei rischi derivanti dai campi elettromagnetici per la rettificatrice

| Pericoli | Misure preventive e precauzionali esistenti | Persone a rischio | Gravità | | | Probabilità | | | Valutazione del rischio® | Nuove misure preventive e precauzionali |
|---|---|---|---------|-------|---------|-------------|-----------|-----------|---|--|
| | | | Lieve | Seria | Mortale | Improbabile | Possibile | Probabile | | |
| Effetti diretti di campi magnetici statici | Nessuna. I VLE non vengono superati in alcuna posizione | Operatori | ✓ | | | | ✓ | | Limitato | Non necessarie |
| Effetti indiretti dei campi magnetici statici (effetti sui dispositivi medici impiantati attivi): Il livello di azione per l'esposizione a dispositivi medici impiantati attivi potrebbe essere superato entro 15 cm circa dai piani magnetici | Nessuna | Lavoratori esposti a particolari rischi | | ✓ | | | ✓ | | Limitato. È improbabile che un lavoratore si collochi tanto vicino ai piani magnetici | Fornire agli operatori dell'apparecchiatura informazioni in merito a questo pericolo Divieto per i portatori di dispositivi medici impiantati attivi di lavorare con questa apparecchiatura quando i pannelli sono aperti Collocare adeguati segnali di avvertimento e di divieto sull'apparecchiatura |

Tabella 5.8 — Valutazione specifica dei rischi derivanti dai campi elettromagnetici per il trapano a mano

| Pericoli | Misure preventive e precauzionali esistenti | Persone a rischio | Gravità | | | Probabilità | | | Valutazione del rischio | Nuove misure preventive e precauzionali |
|---|---|--|---------|-------|---------|-------------|-----------|-----------|-------------------------|---|
| | | | Lieve | Seria | Mortale | Improbabile | Possibile | Probabile | | |
| Effetti diretti dei campi elettromagnetici: I livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio potrebbero essere superati fino a una distanza di 15 cm dalla parte posteriore del trapano | Nessuna | Operatori Lavoratori esposti a particolari rischi (lavoratrici in gravidanza) | ✓ | | | | ✓ | | Limitato | Divieto per le lavoratrici in gravidanza di usare il trapano a mano Fornire ai lavoratori informazioni in merito a questo pericolo |
| Effetti indiretti dei campi elettromagnetici (effetti sui dispositivi medici impiantati attivi): I livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio potrebbero essere superati fino a una distanza di 15 cm dalla parte posteriore del trapano | Nessuna | Lavoratori esposti a particolari rischi | | ✓ | | | ✓ | | Limitato | Divieto di usare questa apparecchiatura per i portatori di dispositivi medici impiantati attivi Fornire ai lavoratori informazioni in merito a questo pericolo |

Tabella 5.9 — Valutazione specifica dei rischi derivanti dai campi elettromagnetici per altri utensili elettrici

| Pericoli | Misure preventive e precauzionali esistenti | Persone a rischio | Gravità | | | Probabilità | Valutazione del rischio | Nuove misure preventive e precauzionali |
|--|---|--|---------|-------|---------|---------------------------------------|---|---|
| | | | Lieve | Seria | Mortale | Improbabile Possibile Probabile | | |
| Effetti diretti dei campi elettromagnetici: I livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio potrebbero essere superati in regioni estremamente localizzate vicino all'apparecchiatura | Nessuna | Operatori Lavoratori esposti a particolari rischi (lavoratrici in gravidanza) | ✓ | | | ✓ | Limitato. È estremamente improbabile che un lavoratore si collochi tanto vicino all'apparecchiatura | Non necessarie |
| Effetti indiretti dei campi elettromagnetici (effetti sui dispositivi medici impiantati attivi): I livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio potrebbero essere superati in regioni estremamente localizzate vicino all'apparecchiatura | Nessuna | Lavoratori esposti a particolari rischi | | ✓ | | ✓ | Limitato. È estremamente improbabile che un lavoratore si collochi tanto vicino all'apparecchiatura | Non necessarie |

5.8 Precauzioni già in vigore

Prima della valutazione delle misurazioni effettuata dal consulente erano in vigore pochissime precauzioni, limitate al punto seguente:

- divieto per i lavoratori portatori di dispositivi medici impiantati attivi di usare il MPI o lo smagnetizzatore.

5.9 Precauzioni supplementari adottate in seguito alla valutazione

A seguito della valutazione delle misurazioni e dopo una valutazione dei pericoli connessi all'apparecchiatura, l'azienda ha elaborato un piano d'azione e ha deciso di:

- applicare quattro schermi non metallici (Perspex) di dimensioni relativamente piccole a ciascuna estremità della cavità del magnete sullo smagnetizzatore. Gli schermi sarebbero stati collocati in posizione angolata verso l'interno per non provocare ostruzioni significative, ma in tutti i punti sarebbero rimasti a circa 40 cm dall'apertura della cavità del magnete;

- automatizzare alcune delle operazioni di smagnetizzazione più ripetitive usando robot e nastri trasportatori (figura 5.6). Tale decisione ha recato vantaggi supplementari in termini di operazioni di movimentazione manuale, conformemente alle prescrizioni della direttiva 90/269/CEE;
- collocare segnali di avvertimento e di divieto sull'apparecchiatura e all'ingresso delle aree in cui potrebbero essere superati i livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio, secondo necessità. Alcuni esempi di segnali di avvertimento sono allegati (figura 5.7);
- fornire una formazione che sensibilizzi gli operatori e verificare che essi conoscano i risultati della valutazione dei rischi e le pertinenti misure di protezione e prevenzione;
- elaborare procedure appropriate per garantire che tutti i lavoratori, compresi i visitatori e gli appaltatori, conoscano i potenziali problemi concernenti i lavoratori esposti a particolari rischi (cfr. l'appendice E, volume 1, della guida).

Figura 5.6 — Smagnetizzatore automatizzato con nastro trasportatore in una cella di movimentazione robotica

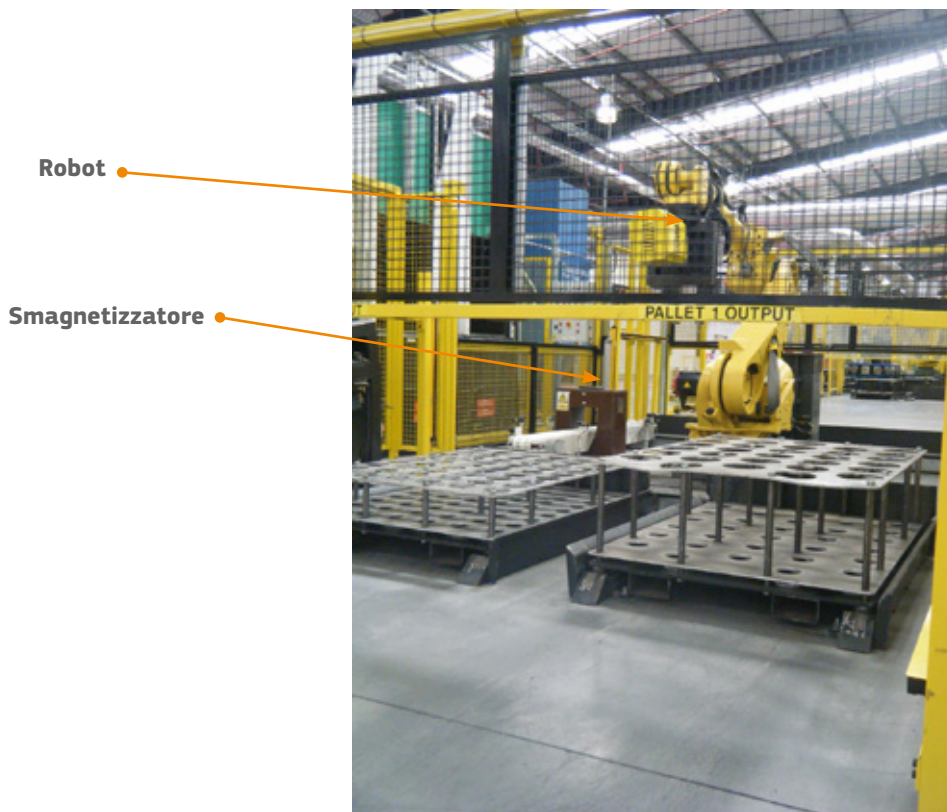


Figura 5.7 — Esempio di segnali di avvertimento e divieto



5.10 Riferimento a ulteriori approfondimenti

La modellizzazione informatica basata sui risultati delle misurazioni intorno allo smagnetizzatore mostra che, pur essendo stati superati i LA, i campi elettrici indotti erano conformi ai VLE. Per le tre situazioni di esposizione elencate di seguito, i campi elettrici indotti variavano dal 5 % al 54 % del VLE inferiore.

- persona in piedi nella posizione 1, a 25 cm dalla cavità del magnete (figura 5.8a);
- persona in ginocchio nella posizione 1, a 25 cm dalla cavità del magnete (figura 5.8b);
- persona inclinata nella posizione 2, a livello della cavità del magnete (figura 5.8c).

Figura 5.8a — Distribuzione del campo elettrico indotto nel modello umano dall'esposizione allo smagnetizzatore, in piedi nella posizione 1, a 25 cm dalla cavità del magnete

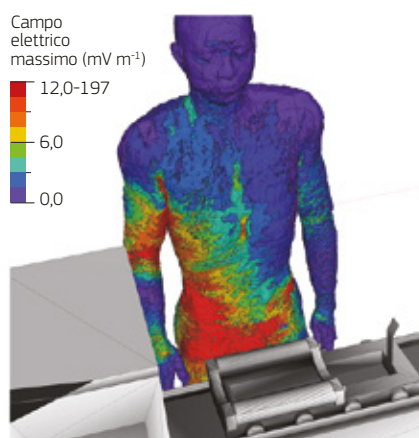


Figura 5.8b — Distribuzione del campo elettrico indotto nel modello umano dall'esposizione allo smagnetizzatore, in ginocchio nella posizione 1, a 25 cm dalla cavità del magnete

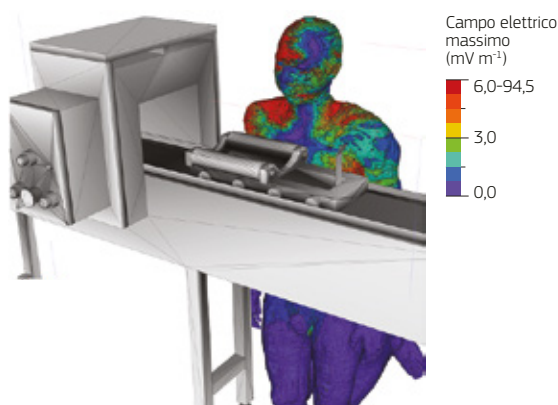
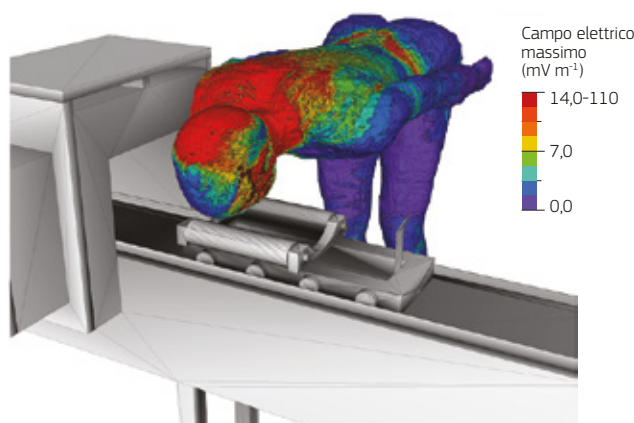


Figura 5.8c — Distribuzione del campo elettrico indotto nel modello umano dall'esposizione allo smagnetizzatore, inclinato nella posizione 2, a livello della cavità del magnete



6. SETTORE AUTOMOBILISTICO

6.1 Luogo di lavoro

In questo caso lo studio riguarda saldatrici a punti manuali e riscaldatori a induzione utilizzati in una carrozzeria. Benché esuli dal campo delle piccole e medie imprese, è stato brevemente esaminato, nella sezione 6.1.1, anche l'uso di saldatrici a punti da parte di un grande fabbricante internazionale di autoveicoli.

6.2 Natura del lavoro

Le saldatrici a punti manuali (figura 6.1) e i riscaldatori a induzione (figura 6.3) possono rappresentare un pericolo a causa dei forti campi magnetici variabili nel tempo generati dalle grandi quantità di corrente elettrica che impiegano per saldare o riscaldare il metallo. Questo studio esamina due saldatrici a punti e tre riscaldatori a induzione usati nelle carrozzerie.

Figura 6.1 — Una saldatrice a punti manuale usata per collocare in posizione un nuovo pannello



6.3 Come vengono usate le applicazioni

Quasi tutti i veicoli moderni vengono fabbricati saldando insieme un certo numero di pannelli, in modo da formare un'unica scocca su cui vengono poi montate le componenti principali. Il più delle volte le saldature sono effettuate da saldatrici a punti. Le saldatrici a punti manuali consistono di una pistola per saldatura collegata a un'unità di controllo che ospita il sistema elettrico e quello di raffreddamento. Per produrre la saldatura a punti la pistola utilizza due elettrodi di lega di rame. La dimensione degli elettrodi può variare a

seconda della posizione del punto da saldare sulla scocca. L'esempio di una delle saldatrici da carrozziere valutate appare nella figura 6.2.

Figura 6.2 — Tipica saldatrice a punti manuale da carrozziere. Il sistema è mobile, con un'unità di controllo su ruote orientabili. I cavi di alimentazione elettrica e di raffreddamento escono dalla parte anteriore dell'unità e si inseriscono nella parte posteriore della pistola per saldatura, che è collocata nel suo sostegno alla sinistra del pannello di controllo



Nel corso della manutenzione o della riparazione dei veicoli i lavoratori, a causa della corrosione, devono spesso riscaldare componenti metalliche, per poterle poi rimuovere. I riscaldatori a induzione consistono di una bobina elettromagnetica attraverso la quale passa corrente alternata a bassa frequenza. Il campo magnetico creato intorno alla bobina induce correnti elettriche — definite correnti parassite — all'interno dell'oggetto trattato; la resistenza a queste correnti provoca il riscaldamento dell'oggetto. L'esempio di uno dei riscaldatori valutati appare nella figura 6.3.

Figura 6.3 — Riscaldatore manuale a induzione da 1 kW usato per riscaldare un bullone grippato



6.4 Informazioni sull'apparecchiatura che genera campi elettromagnetici

Delle due saldatrici da carrozziere valutate, una utilizza una pistola «tipo C», che può montare bracci da 160 mm o 550 mm; l'altra usa una pistola «tipo X» con elettrodi da 160 o 550 mm. I due diversi tipi di pistola appaiono nelle figure 6.4 e 6.5. Entrambe le saldatrici utilizzano correnti tra 7 500 e 12 000 A e operano a una frequenza di 2 kHz. Mentre la pistola «tipo C» impiega un trasformatore a distanza per l'alimentazione della corrente di saldatura, la pistola «tipo X» è dotata di un trasformatore miniaturizzato interno. Ciò significa che in questa saldatrice nel cavo tra l'unità di controllo e la pistola passa la corrente di rete a 50/60 Hz, anziché la corrente di saldatura, assai più forte. L'importanza di questo particolare viene analizzata più avanti nel presente studio.

Figura 6.4 — Pistola per saldatura da carrozziere «tipo C» recante il braccio da 160 mm. Il corpo principale della pistola (sotto la mano del lavoratore) contiene il pistone che spinge un elettrodo sull'altro. La corrente di saldatura viene trasmessa dall'unità di controllo tramite i cavi alla sinistra dell'illustrazione



Figura 6.5 — Pistola per saldatura da carrozziere «tipo X» recante gli elettrodi da 550 mm. I due elettrodi sono spinti l'uno contro l'altro, come nell'azione di una pinza, da un pistone situato nel corpo principale della pistola (tra le mani del lavoratore), che contiene anche il trasformatore da cui proviene la corrente di saldatura



I tre riscaldatori a induzione da carrozziere valutati avevano potenze diverse: 1, 4 e 10 kW. Il riscaldatore da 1 kW operava a 15 kHz mentre i riscaldatori da 4 e 10 kW operavano tra 17 e 40 kHz. La frequenza utilizzata dai riscaldatori da 4 e 10 kW varia perché questi utensili sono in grado di sintonizzarsi automaticamente la frequenza della corrente applicata per ottenere il massimo accoppiamento con l'oggetto che viene riscaldato.

Il riscaldatore da 1 kW consisteva di un'unica unità manuale che riunisce nella stessa unità il trasformatore e l'elemento di riscaldamento, e non era dotato di raffreddamento attivo (figura 6.3). I riscaldatori da 4 e 10 kW consistevano di un'unità elettrica separata e di un elemento di riscaldamento manuale, ed erano dotati di sistemi di raffreddamento attivo (figura 6.6).

Figura 6.6 — I riscaldatori a induzione da 4 kW (sinistra) e 10 kW (destra) usati per riscaldare componenti metalliche nella carrozzeria. In questi casi il trasformatore è alloggiato in un'unità elettrica separata (a sinistra nelle illustrazioni), e cavi di alimentazione elettrica e di raffreddamento collegano l'unità elettrica all'elemento riscaldatore (che in entrambi i casi è impugnato dal lavoratore). È evidente la differenza con il riscaldatore a induzione da 1 kW, assai più semplice, che appare nella figura 6.3



6.5 Approccio alla valutazione dell'esposizione

Un organismo di rappresentanza dell'industria automobilistica nutre preoccupazioni in merito alle implicazioni della direttiva relativa ai campi elettromagnetici per i suoi membri, alcuni dei quali sono fornitori di apparecchiature di riscaldamento e saldatura elettrica. L'organismo temeva che i riscaldatori a induzione e le saldatrici a punti di uso comune in carrozzeria potessero comportare per i lavoratori esposizioni superiori ai livelli di azione di cui all'articolo 3, paragrafo 2, della direttiva relativa ai campi elettromagnetici. Infatti, sia le saldatrici a punti che i riscaldatori a induzione utilizzano correnti elevate; inoltre, i lavoratori spesso tengono questi attrezzi vicino al corpo, come si può vedere nelle figure 6.1, 6.4, 6.5 e 6.6.

L'organismo, pertanto, ha ingaggiato un consulente esterno che stava partecipando a un progetto europeo per l'elaborazione di linee guida per le esposizioni professionali ai campi elettromagnetici. È stato perciò concluso un accordo in base al quale il consulente esterno ha effettuato la valutazione di una serie di attrezzature da carrozziere in una scuola di formazione professionale del settore automobilistico.

Il consulente ha effettuato misurazioni dell'induzione magnetica variabile nel tempo intorno alle saldatrici e ai riscaldatori descritti in precedenza, usando una sonda isotropica (triassiale) (figura 6.7). Lo strumento possiede un filtro elettronico incorporato che fornisce un risultato in termini percentuali, ottenuto usando l'approccio del picco ponderato nel dominio del tempo, e quindi permette una comparazione diretta con i livelli di azione (LA) di cui alla direttiva relativa ai campi elettromagnetici. Lo strumento è pure dotato di un analizzatore spettrale incorporato che consente di analizzare il contenuto armonico della forma d'onda.

Figura 6.7 — Misurazioni effettuate intorno alla saldatrice a punti da carrozziere dotata di pistola «tipo C» e di braccio da 160 mm, installato. La saldatrice a pistola «tipo X» è visibile sullo sfondo



6.6 Risultati della valutazione dell'esposizione

I risultati delle misurazioni effettuate dal consulente compaiono nelle figure e nella tabella successiva. In tutti i casi, le misurazioni sono state effettuate mentre il riscaldatore o la saldatrice venivano usati nella modalità consueta per il lavoro svolto in una carrozzeria. Sono state effettuate misurazioni per stabilire l'estensione dell'area, intorno a ciascuna pistola per saldatura e a ciascun riscaldatore a induzione, in cui:

- i LA della direttiva relativa ai campi elettromagnetici venivano superati;
- potevano presentarsi problemi di sicurezza per lavoratori esposti a particolari rischi. Questa valutazione è stata effettuata nel contesto dei livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio (cfr. l'appendice E del volume 1 della guida).

Saldatrici a punti e riscaldatori a induzione operavano tra 2 e 36 kHz. In questa gamma di frequenze i LA superiori e inferiori previsti dalla direttiva relativa ai campi elettromagnetici sono identici. Di conseguenza, quando una misurazione di intensità di campo magnetico viene indicata come percentuale del livello di azione, essa rappresenta la percentuale sia del LA superiore che di quello inferiore. Dove sia il caso, le misurazioni sono fornite anche come percentuale del LA relativo agli arti nella direttiva relativa ai campi elettromagnetici.

6.6.1 Risultati della valutazione dell'esposizione delle saldatrici a punti da carrozziere

Le figure da 6.8 a 6.11 indicano l'estensione delle aree intorno a ciascuna pistola per saldatura in cui vengono superati il LA relativo agli arti oppure quello superiore e inferiore della direttiva relativa ai campi elettromagnetici (oppure entrambi). La figura 6.11 mostra anche l'estensione dell'area intorno alla pistola «tipo X» munita di elettrodi da 550 mm, nella quale vengono superati i livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio. In tutti i casi, i perimetri attorno alle pistole rappresentano il 100 % del livello pertinente: il blu indica il LA relativo agli arti, il rosso rappresenta il LA superiore e inferiore, e il verde rappresenta i livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio. Inoltre, la tabella 6.1 mostra l'estensione delle aree in cui vengono superati i LA pertinenti intorno al cavo della pistola per saldatura «tipo C».

Figura 6.8 — Vista in pianta indicante i perimetri entro i quali il livello di azione relativo agli arti (blu) e i livelli di azione superiori/inferiori (rosso) potrebbero essere superati intorno a una pistola da carrozziere «tipo C» munita di braccio da 160 mm

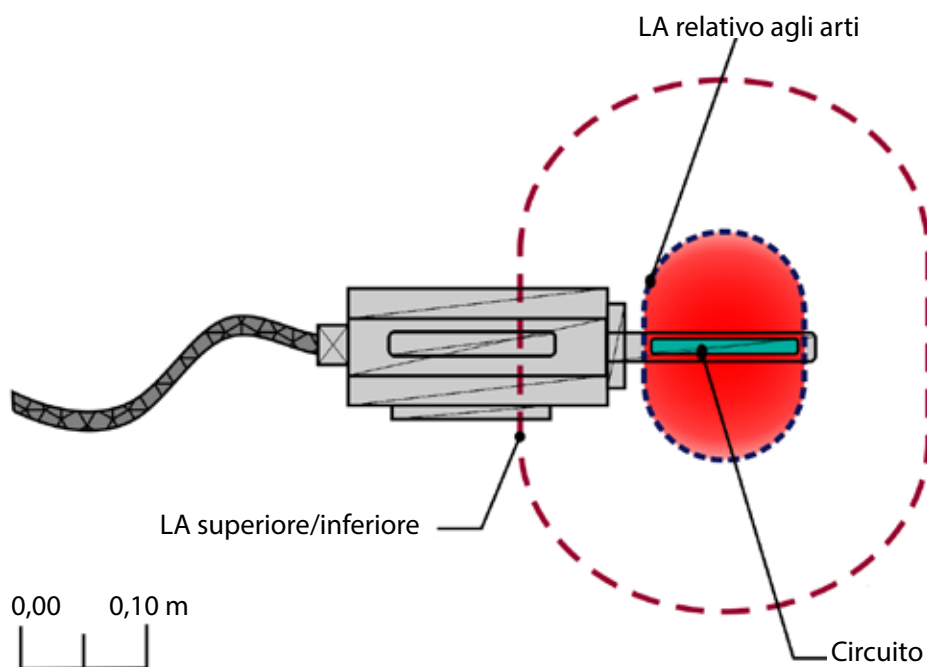


Figura 6.9 — Vista in pianta indicante i perimetri entro i quali il livello di azione relativo agli arti (blu) e i livelli di azione superiori/inferiori (rosso) potrebbero essere superati intorno a una pistola da carrozziere «tipo C» se munita di braccio da 550 mm

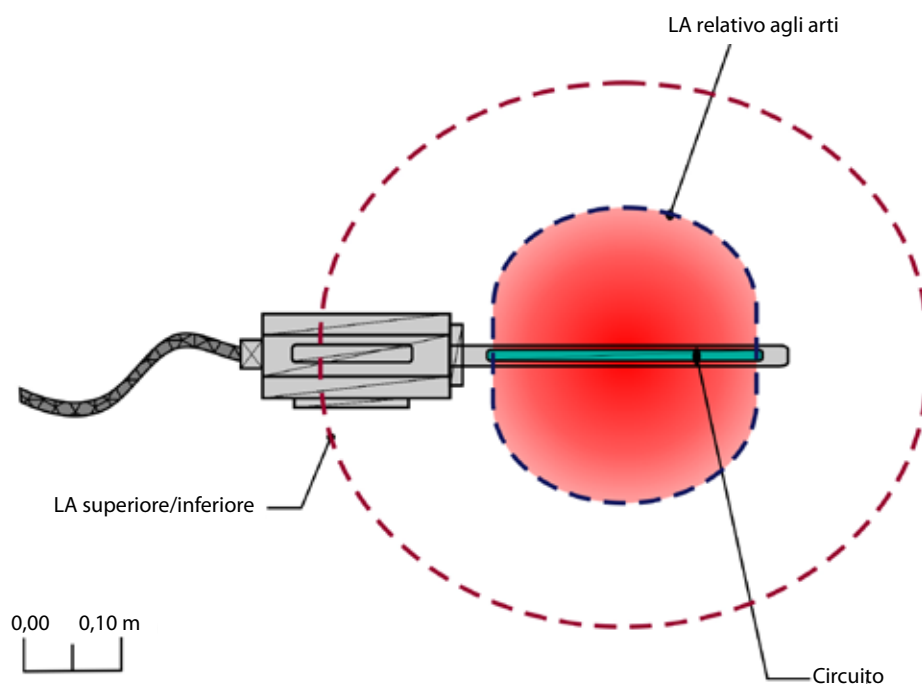


Figura 6.10 — Vista in pianta indicante il perimetro entro il quale i livelli di azione superiori/inferiori (rosso) potrebbero essere superati intorno a una pistola da carrozziere «tipo X» munita di elettrodi da 160 mm

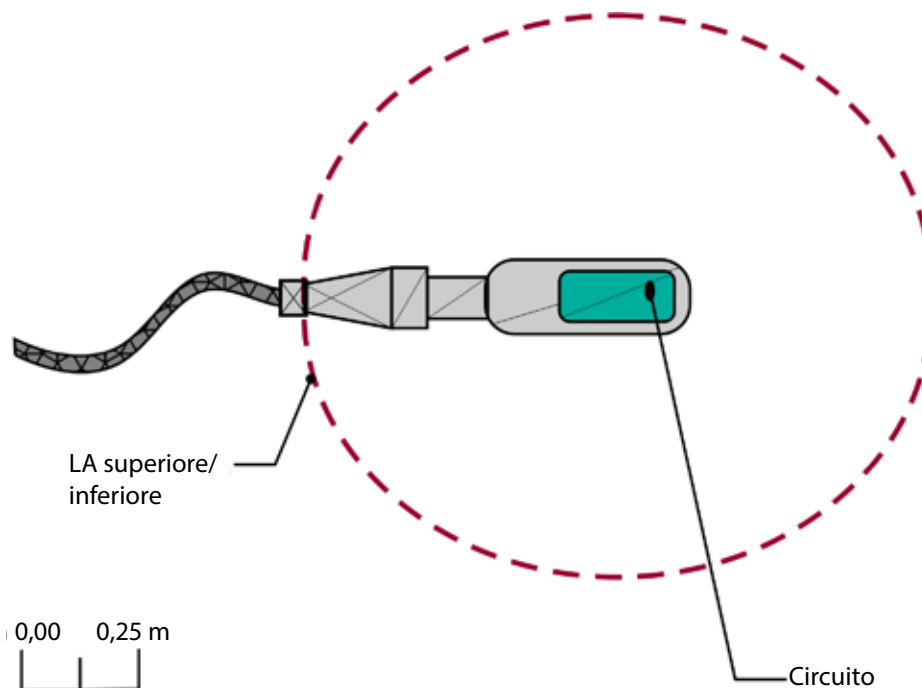


Figura 6.11 — Vista in pianta indicante i perimetri entro i quali il livello di azione relativo agli arti (blu), i livelli di azione superiori/inferiori (rosso) e i livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio (verde) potrebbero essere superati intorno alla pistola da carrozziere «tipo X» munita di elettrodi da 550 mm

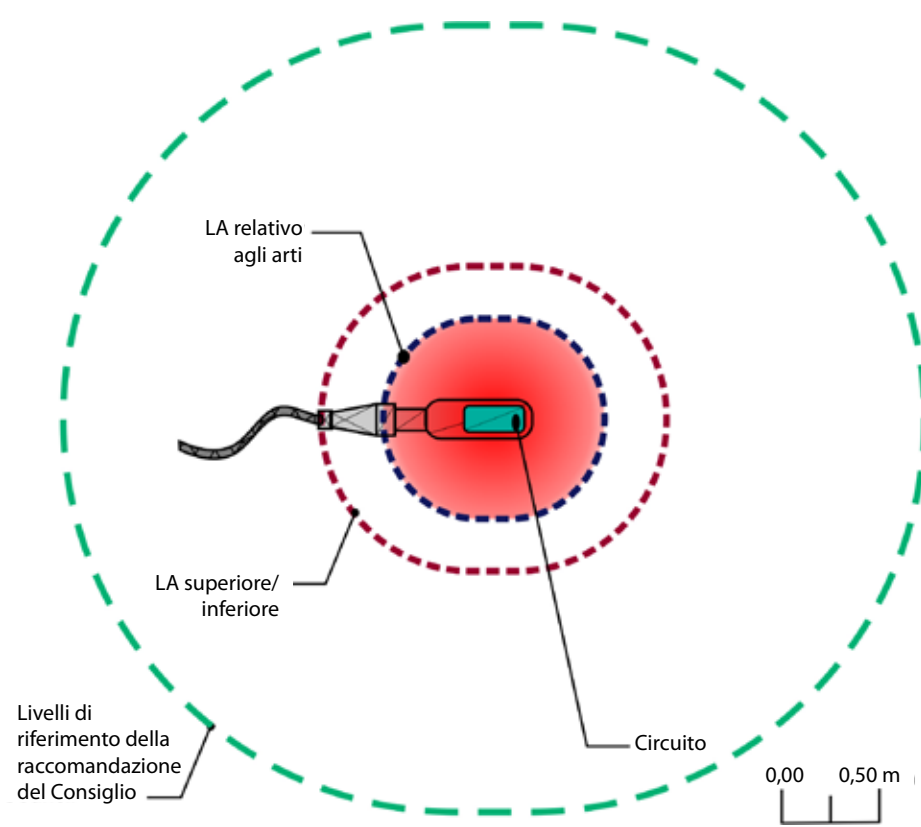


Tabella 6.1 — Risultati delle misurazioni sul cavo tra la pistola per saldatura «tipo C» e l'unità di controllo

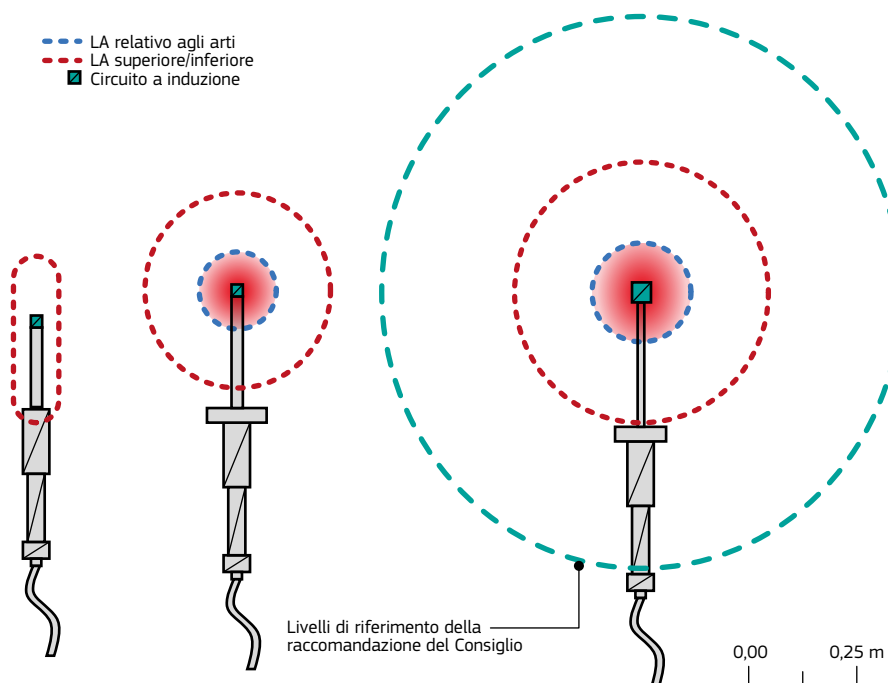
| Tipo a pinza | Corrente (A) | % del livello di azione superiore/inferiore ¹ a 10 cm dal cavo | % del livello di azione superiore/inferiore ¹ a 12 cm dal cavo | % del livello di azione relativo agli arti ² a 8 cm dal cavo |
|-----------------|--------------|---|---|---|
| 160 mm «tipo C» | 8 000 | 180 | 100 | 100 |

¹ Induzione magnetica LA inferiore e superiore per la frequenza di 2 kHz: 150 µT
² Induzione magnetica LA relativo agli arti per la frequenza di 2 kHz: 450 µT
NB: L'incertezza della misurazione è stata stimata a ±10 % e conformemente all'approccio del «rischio condiviso» (cfr. appendice D.5 del volume 1 della guida) i risultati sono stati considerati percentuali dirette dei LA.

6.6.2 Risultati della valutazione dell'esposizione dei riscaldatori a induzione usati nella carrozzeria

La figura 6.12 mostra gli elementi di riscaldamento dei tre riscaldatori a induzione: il riscaldatore da 1 kW si trova sulla sinistra, quello da 4 kW al centro e quello da 10 kW sulla destra. In tutti i casi, i perimetri attorno agli elementi di riscaldamento rappresentano il 100 % del livello pertinente: il blu indica il LA relativo agli arti della direttiva relativa ai campi elettromagnetici, il rosso rappresenta i LA superiori e inferiori della direttiva relativa ai campi elettromagnetici, e il verde rappresenta i livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio.

Figura 6.12 — Vista in pianta indicante i perimetri entro i quali il livello di azione relativo agli arti (blu), i livelli di azione superiori/inferiori (rosso) e i livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio (verde) potrebbero essere superati intorno ai tre riscaldatori da carrozziere (1 kW a sinistra, 4 kW al centro e 10 kW a destra)



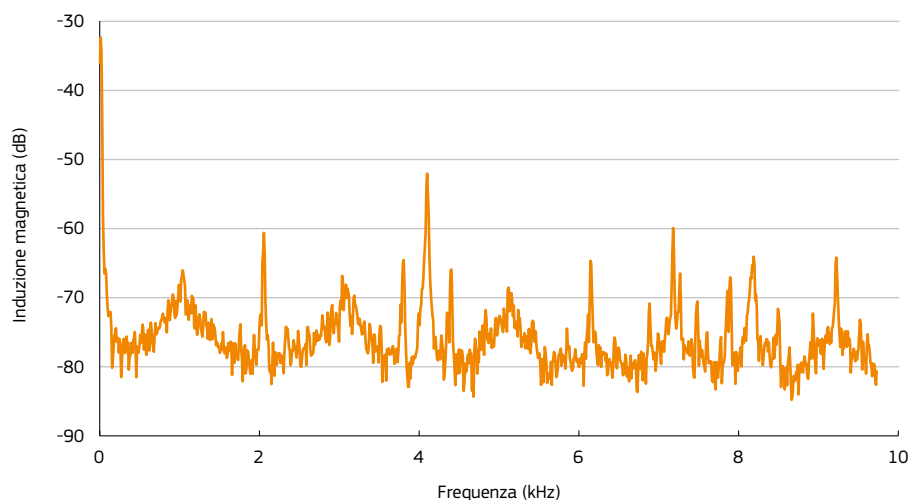
6.7 Conclusioni delle valutazioni dell'esposizione

A seconda del tipo di pistola, il LA relativo agli arti della direttiva relativa ai campi elettromagnetici veniva superato tra 10 e 22 cm dalla pinza, e il LA superiore e inferiore della direttiva relativa ai campi elettromagnetici veniva superato tra 20 e 32 cm dalla pinza. Dove sono stati misurati, i livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio venivano superati entro qualche metro dalla pinza.

Il consulente ha rilevato che i cavi di alimentazione della pistola «tipo C» generavano intorno a sé campi magnetici superiori ai LA relativi agli arti e ai LA inferiori e superiori, mentre per i cavi della pistola «tipo X» ciò non avveniva. In effetti il LA relativo agli arti veniva superato fino a 8 cm dai cavi e il LA superiore e inferiore veniva superato entro 12 cm dai cavi. Il consulente ha attribuito questa circostanza al fatto che i cavi della pistola «tipo C» portano la corrente di saldatura dall'unità di controllo alla pistola, mentre la pistola «tipo X», che reca il trasformatore al proprio interno, ha un cavo che porta solamente l'alimentazione di rete da 50/60 Hz.

Il consulente ha confermato che la frequenza fondamentale della corrente di saldatura per le saldatrici a punti da carrozziere era di 2 kHz, benché numerose armoniche recassero un contributo significativo all'esposizione totale. A dimostrazione di tutto questo, la figura 6.13 mostra la distribuzione spettrale della forma d'onda ottenuta dalla saldatrice da carrozziere munita della pistola «tipo C» da 160 mm.

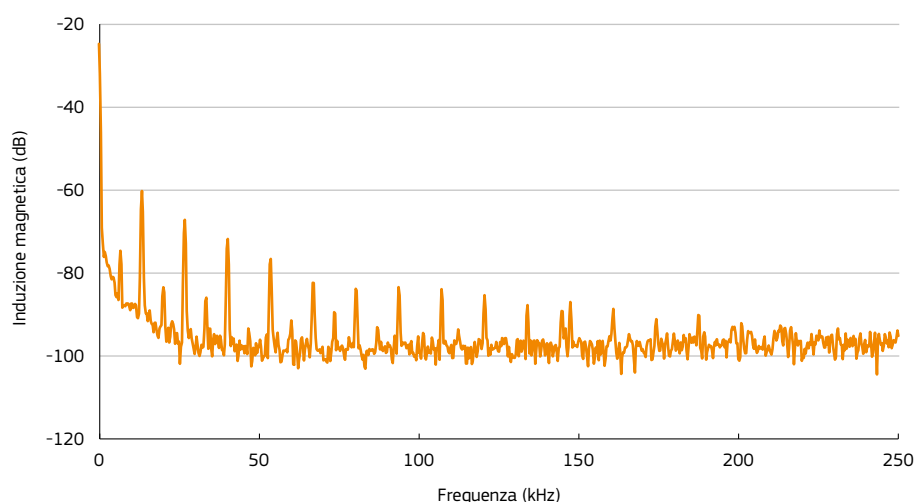
Figura 6.13 — Distribuzione spettrale della forma d'onda dalla pistola «tipo C» da 160 mm



Per quanto riguarda i riscaldatori a induzione, a seconda della potenza del riscaldatore il LA relativo agli arti veniva superato tra i 7 e gli 11 cm dall'elemento riscaldatore verso la mano del lavoratore, e il livello di azione superiore e inferiore veniva superato tra i 13 e i 18 cm dal mezzo dell'elemento riscaldatore in tutte le direzioni.

La frequenza fondamentale dei riscaldatori varia. Il riscaldatore da 1 kW ha una frequenza fondamentale di 15 kHz, mentre i riscaldatori da 4 kW e 10 kW utilizzano una frequenza di 36 kHz. Come per le saldatrici, in ciascun caso numerose armoniche recano un contributo significativo all'esposizione totale. A dimostrazione di tutto questo, la figura 6.14 mostra la distribuzione spettrale della forma d'onda ottenuta dal riscaldatore a induzione da 1 kW.

Figura 6.14 — Distribuzione spettrale della forma d'onda dal riscaldatore a induzione da 1 kW



6.8 Valutazione dei rischi

Visti i risultati delle misurazioni, il consulente ha concluso che — dal momento che le pistole per saldatura a punti vengono tenute in mano, vicino al corpo — le esposizioni derivanti da campi magnetici ricevute dai lavoratori superavano probabilmente i pertinenti LA della direttiva relativa ai campi elettromagnetici, e potenzialmente anche i valori limite di esposizione (VLE). Le misurazioni effettuate intorno ai cavi di alimentazione della pistola «tipo C» indicano anch'esse che i cavi hanno a loro volta il potenziale per provocare esposizioni superiori ai LA pertinenti.

Il consulente ha rilevato che i campi magnetici superavano i livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio entro alcuni metri dalle pistole per saldatura. I livelli di riferimento possono servire da indicatore generale per le persone esposte a particolari rischi a causa degli effetti indiretti dell'esposizione (cfr. l'appendice E, volume 1, della guida).

Per i riscaldatori a induzione, il consulente ha concluso che i lavoratori che li usano non erano esposti a campi superiori ai LA poiché, durante il riscaldamento, gli elementi riscaldatori venivano tenuti a distanza sufficiente dalle mani e dal corpo. I campi magnetici erano però ancora tali da superare i livelli di riferimento indicati nella raccomandazione (1000/519/CE) del Consiglio entro 0,5 m dal riscaldatore da 10 kW. Il consulente ha perciò raccomandato di tenere in considerazione le persone esposte a rischi particolari a causa degli effetti indiretti dell'esposizione ai campi magnetici generati dai riscaldatori (cfr. l'appendice E, volume 1, della guida).

Alla luce di tali conclusioni il consulente ha redatto una valutazione specifica dei rischi derivanti dai campi elettromagnetici per l'uso di saldatrici a punti e riscaldatori a induzione, usando la metodologia proposta da OiRA (la piattaforma interattiva online dell'EU-OSHA per la valutazione del rischio). La valutazione è servita per determinare le misure da adottare per proteggere i lavoratori dalle esposizioni a campi magnetici superiori ai LA. La valutazione specifica dei rischi derivanti dai campi elettromagnetici è riprodotta nella tabella 6.2.

6.9 Precauzioni già in vigore

Nessuna.

Tabella 6.2 — Valutazione specifica dei rischi derivanti dai campi elettromagnetici per l'uso di riscaldatori a induzione e saldatrici a punti manuali da carrozziere

| Pericoli | Misure preventive e precauzionali esistenti | Persone a rischio | Gravità | | | Probabilità | | | Valutazione del rischio | Nuove misure preventive e precauzionali |
|---|--|---|---------|-------|---------|-------------|-----------|-----------|-------------------------|--|
| | | | Lieve | Seria | Mortale | Improbabile | Possibile | Probabile | | |
| Effetti diretti a bassa frequenza | Nessuna. Durante l'operazione di saldatura le mani e il corpo si trovano spesso vicini alla pinza di saldatura per sostenere il peso della pistola | Lavoratori dell'officina | ✓ | | | | ✓ | | Limitato | Modifiche al modo di effettuare l'operazione di saldatura — Uso di bilancieri per sostenere il peso della pistola e consentire così ai lavoratori di tenere mani e corpo distanti dagli elettrodi di saldatura |
| | Gli elementi di riscaldamento dei riscaldatori a induzione vengono maneggiati a braccio teso | | ✓ | | | | ✓ | | Limitato | Procedure operative standard per l'operazione di saldatura Segnali di avvertimento su saldatrici e riscaldatori Formazione per gli operatori sui pericoli da campi elettromagnetici |
| | | Lavoratrici in gravidanza | ✓ | | | | ✓ | | Limitato | Saldatrici/riscaldatori non devono essere azionati da lavoratrici in gravidanza o vicino alle stesse lavoratrici |
| Effetti indiretti a bassa frequenza (interferenze con dispositivi medici impiantati attivi) | Nessuna | Lavoratori esposti a particolari rischi | | ✓ | | | ✓ | | Limitato | Saldatrici/riscaldatori non devono essere azionati da lavoratori portatori di dispositivi medici impiantati attivi o vicino agli stessi lavoratori Formazione per il personale sui pericoli da campi elettromagnetici |

6.10 Precauzioni supplementari adottate in seguito alle valutazioni

In seguito alla valutazione dei rischi, il direttore ha deciso di introdurre le seguenti misure precauzionali, che comprendevano:

- l'adozione, ove possibile, di misure che permettessero ai lavoratori di tenere mani e corpo più distanti dalla pistola per saldatura a punti e, se necessario, più distanti anche da altri conduttori e cavi di alimentazione. Per esempio, il direttore ha introdotto bilancieri a cui sospendere le pistole per saldatura a punti. In tal modo i lavoratori non dovevano più sostenere il peso delle pistole e di conseguenza potevano sempre rimanere dietro alla pistola stessa, impugnando semplicemente l'estremità posteriore della pistola per tenerla in posizione durante la saldatura;
- l'affissione di segnali di avvertimento su saldatrici e riscaldatori per indicare la presenza di forti campi magnetici e vietare l'uso di saldatrici o riscaldatori da parte di portatori di dispositivi medici impiantati attivi (AIMD) e di altri lavoratori esposti a particolari rischi come lavoratrici in gravidanza, oppure alla presenza di tali lavoratori. Alcuni esempi dei segnali apposti sulle saldatrici nella carrozzeria compaiono nella figura 6.15;

Figura 6.15 — Esempi di segnale di avvertimento di forti campi magnetici e di segnale che vieta l'uso della saldatrice da parte (o in presenza) di portatori di AIMD



- la divulgazione di informazioni tra i lavoratori (compreso il risultato della valutazione dei rischi);
- la comunicazione di istruzioni ai lavoratori sul modo di mantenere la propria esposizione al di sotto dei LA previsti dalla direttiva relativa ai campi elettromagnetici;
- la sensibilizzazione degli altri lavoratori, tramite adeguati programmi di induzione, ai pericoli in materia di campi magnetici rappresentati da saldatrici e riscaldatori;
- la revisione periodica della valutazione dei rischi.

6.11 Le saldatrici a punti nell'industria degli autoveicoli

Benché i fabbricanti internazionali di autoveicoli non possano essere considerati piccole o medie imprese, l'importanza della saldatura a punti per quest'industria è tale che gli autori hanno stimato essenziale inserire nello studio la valutazione del consulente su alcuni esempi di saldatrici a punti usate da un'importante fabbrica di automobili.

6.11.1 Valutazione di saldatrici a punti industriali

Sono state valutate tre saldatrici a punti: una pistola «tipo C» con braccio da 400 mm, una pistola «tipo X» con elettrodi di 130 mm di lunghezza e una pistola «tipo X» con elettrodi di 700 mm di lunghezza. Le due pistole più piccole operavano a 8 400 A, mentre la più grande operava a 10 200 A. Tutte e tre le pistole avevano una frequenza operativa di 50 Hz ed erano alimentate da trasformatori a distanza tramite cavi concepiti per ridurre al minimo l'esposizione al campo magnetico. La pistola «tipo C» da 400 mm e la pistola «tipo X» da 700 mm appaiono nelle figure 6.16 e 6.17.

Figura 6.16 — La pistola «tipo C» da 400 mm in fabbrica. La pinza viene tenuta in posizione usando i manici siti sulla parte superiore della pistola, uno dei quali è visibile in alto a destra dell'illustrazione (componente cromata). Questo particolare è indicativo della posizione dell'operatore rispetto alla pinza durante la saldatura

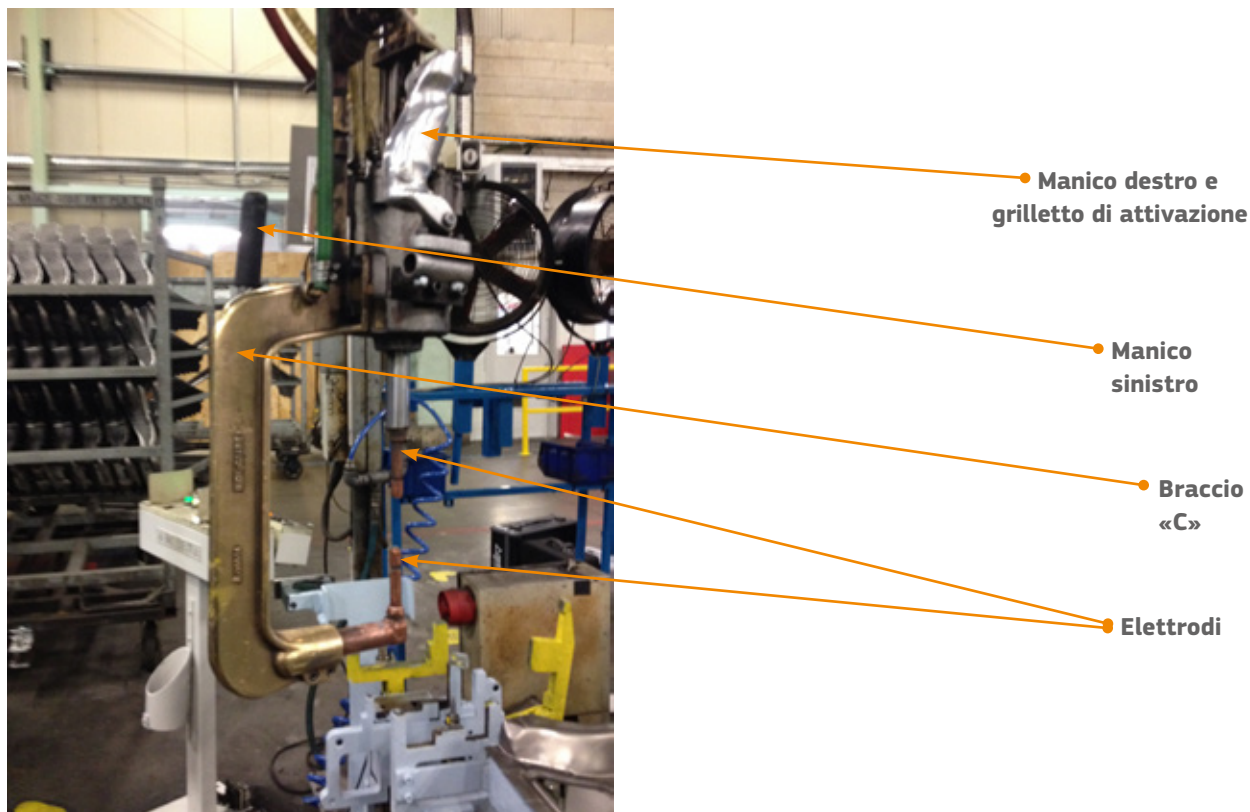
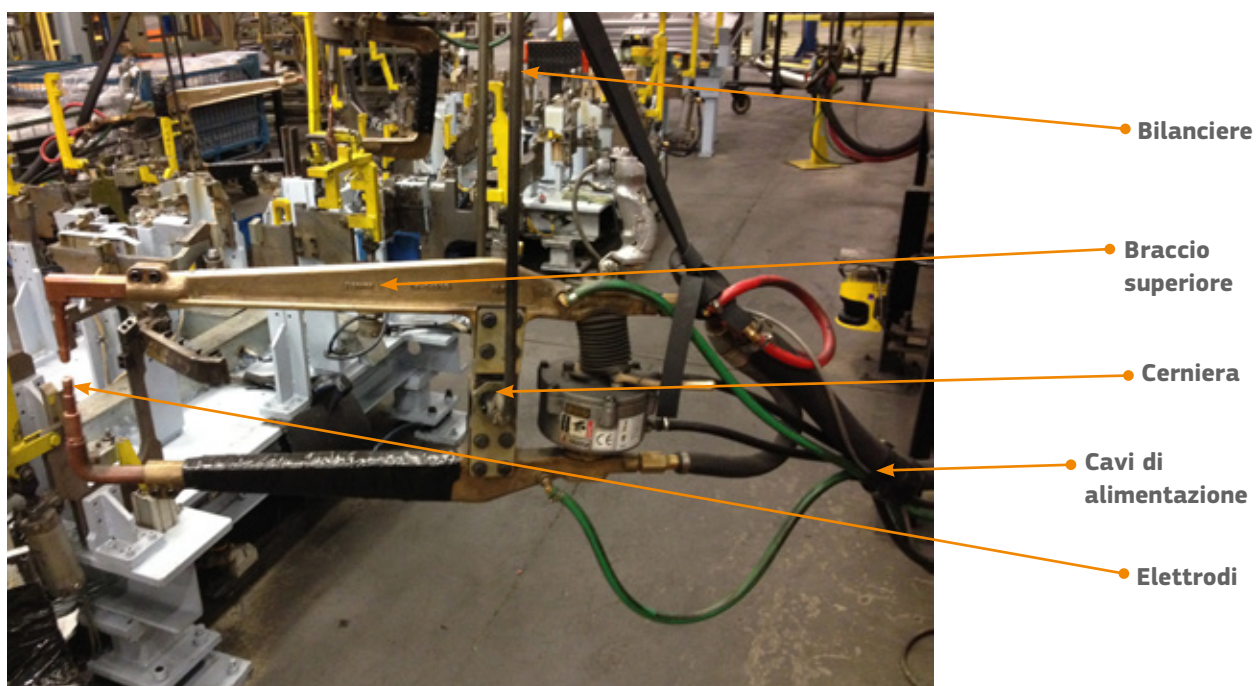


Figura 6.17 — La pistola «tipo X» da 700 mm in fabbrica. Benché l'utensile sia sospeso a un bilanciere, le dimensioni della pistola obbligano di solito i lavoratori a rimanere vicini agli elettrodi per guidarli e tenerli in posizione



Le misurazioni dell'induzione magnetica variabile nel tempo sono state effettuate intorno alla pistola per saldatura utilizzando una sonda isotropica triassiale. Lo strumento possiede un filtro elettronico incorporato che fornisce un risultato in termini percentuali, ottenuto usando l'approccio del picco ponderato nel dominio del tempo, e quindi permette una comparazione diretta con i livelli di azione (LA) di cui alla direttiva relativa ai campi elettromagnetici. Lo strumento è pure dotato di un analizzatore spettrale incorporato che consente di analizzare il contenuto armonico della forma d'onda.

Le saldatrici operano a 50 Hz. A questa frequenza i LA superiori e inferiori previsti dalla direttiva relativa ai campi elettromagnetici sono sensibilmente diversi. Di conseguenza, le misurazioni dell'intensità del campo magnetico intorno alle pistole vengono mostrate come una percentuale sia dei LA superiori che dei LA inferiori.

6.11.2 Risultati delle misurazioni sulla saldatrice a punti industriale

I risultati delle misurazioni vengono riportati nella tabella e nelle figure seguenti. In tutti i casi, le misurazioni sono state effettuate mentre la saldatrice veniva utilizzata in modo tipico del lavoro svolto.

Le figure dalla 6.18 alla 6.20 mostrano l'estensione dell'area intorno a ciascuna pistola per saldatura in cui i LA superiori e inferiori previsti dalla direttiva relativa ai campi elettromagnetici e i livelli di riferimento indicati nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio sono stati superati. In tutti i casi, i perimetri attorno alle pistole rappresentano il 100 % del livello pertinente: il giallo indica il LA superiore per la direttiva relativa ai campi elettromagnetici, il rosso rappresenta il LA inferiore della direttiva relativa ai campi elettromagnetici, e il verde rappresenta i livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio. Oltre a queste cifre, la tabella 6.3 mostra il risultato di una misurazione effettuata intorno al cavo di alimentazione della pistola per saldatura «tipo X».

Figura 6.18 — Vista in pianta indicante i perimetri entro i quali il livello di azione inferiore (giallo), il livello di azione superiore (rosso) e i livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio (verde) potrebbero essere superati intorno alla pistola per saldatura a punti industriale, 400 mm, «tipo C»

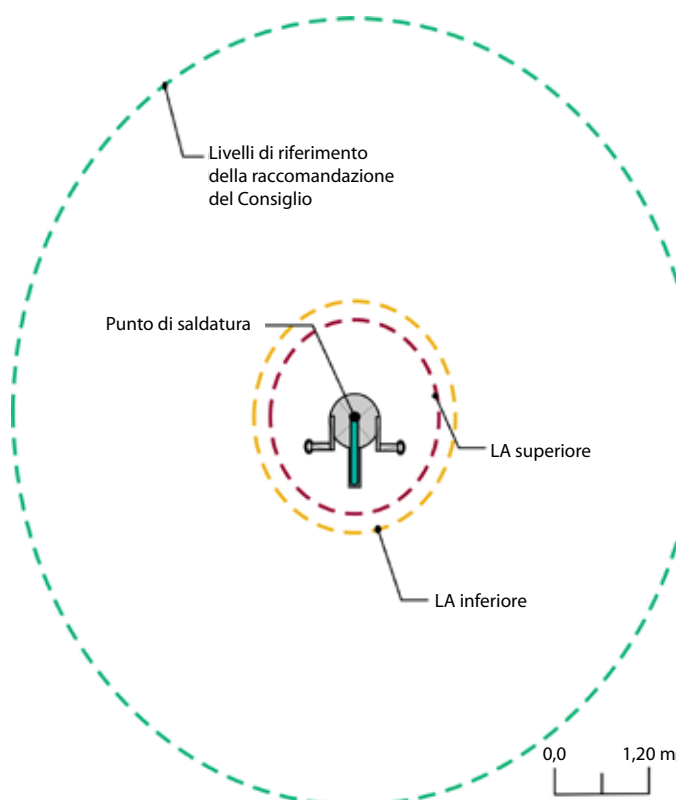


Figura 6.19 — Vista in pianta indicante i perimetri entro i quali il livello di azione inferiore (giallo), il livello di azione superiore (rosso) e i livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio (verde) potrebbero essere superati intorno alla pistola per saldatura a punti industriale, 130 mm, «tipo X»

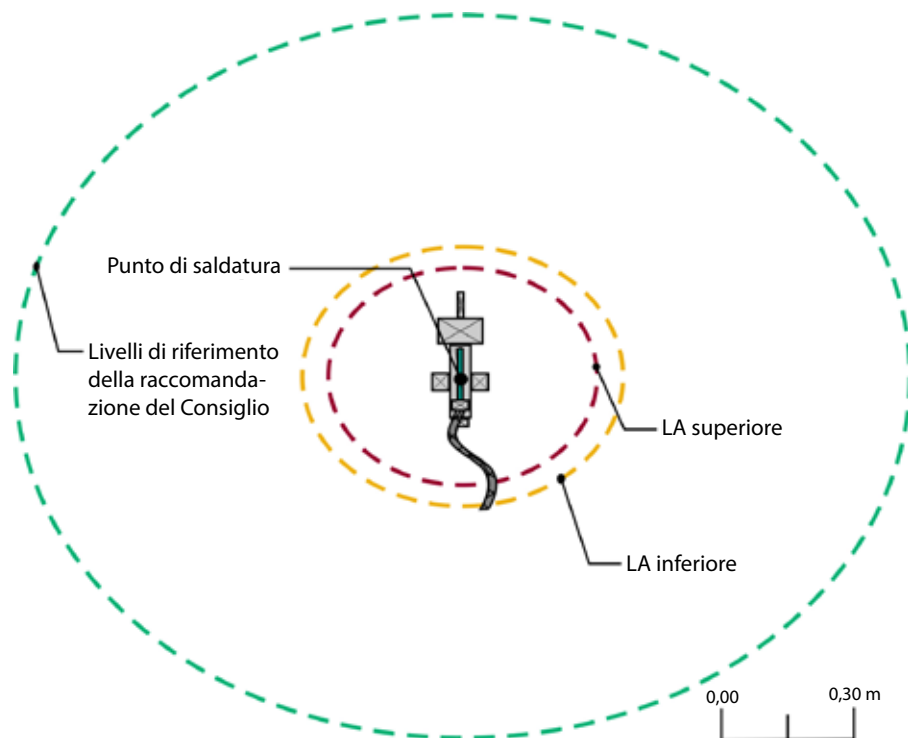


Figura 6.20 — Vista in pianta indicante i perimetri entro i quali il livello di azione inferiore (giallo) e il livello di azione superiore (rosso) potrebbero essere superati intorno alla pistola per saldatura a punti, 700 mm, «tipo X», della fabbrica. In questo caso i perimetri si estendono oltre la pistola a causa dei campi creati dai conduttori sul retro della pistola

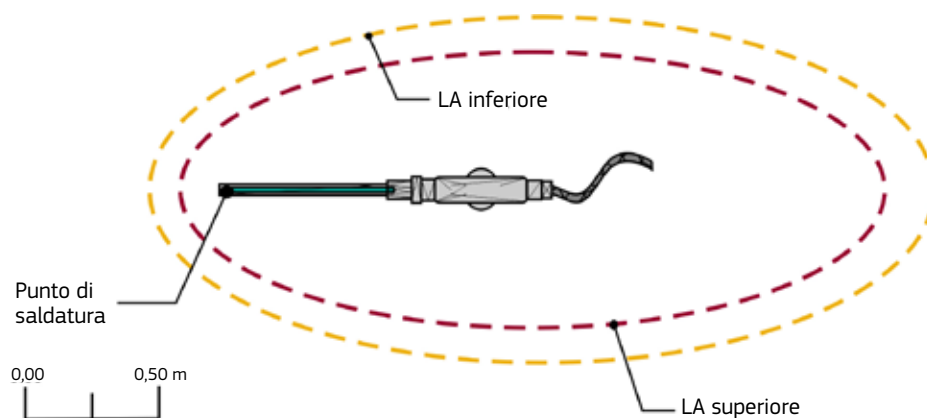


Tabella 6.3 — Risultato delle misurazioni sul cavo tra la pistola per saldatura a punti «tipo X» e il trasformatore aereo

| Tipo a pinza | Corrente (A) | % del livello di azione inferiore ¹ a 10 cm dal cavo |
|-----------------|--------------|---|
| 130 mm «tipo X» | 8400 | 12 |

¹ Induzione magnetica LA inferiore per frequenze nella gamma da 25 a 300 Hz: 1000 μ T

NB: L'incertezza della misurazione è stata stimata a ± 10 % e conformemente all'approccio del «rischio condiviso» (cfr. l'appendice D.5 del volume 1 della guida) i risultati sono stati considerati percentuali dirette del LA.

6.11.3 Risultati della misurazione della saldatrice a punti industriale nel contesto dei LA

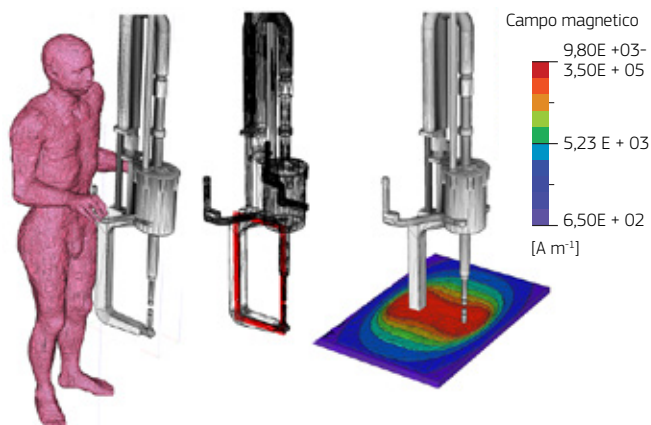
Il LA inferiore è stato superato tra 37 e 147 cm dalle pistole e il LA superiore è stato superato tra 27 e 125 cm dalle pistole. Si osservi che le dimensioni dell'area in cui vengono superati i LA intorno alla pistola, 700 mm, «tipo X», (figura 6.20) dipendono non solo dagli elettrodi ma anche dai conduttori sul retro della pistola. Inoltre i campi magnetici hanno superato i livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio fino a vari metri dalle pistole per saldatura (cfr. l'appendice E del volume 1 della guida). I cavi di alimentazione della pistola erano stati progettati per ridurre al minimo l'esposizione al campo magnetico e di conseguenza, come risulta evidente dalla tabella 6.3, l'esposizione derivante dal cavo era ben al di sotto del LA inferiore.

6.11.4 Risultati della misurazione della saldatrice a punti industriale nel contesto dei VLE

I risultati indicano che i lavoratori erano probabilmente soggetti a esposizione assai superiori ai LA pertinenti, dal momento che si trovano a una distanza di 10-20 cm dalle pistole. Tuttavia mentre il datore di lavoro ha adottato molte delle misure descritte nella sezione 6.10 del presente studio, non è stato possibile per i lavoratori abbandonare le zone che superano i LA in tutti i casi. Conformemente all'articolo 4, paragrafo 3, della direttiva relativa ai campi elettromagnetici, il consulente effettua una modellizzazione informatica per determinare se i VLE pertinenti siano stati effettivamente superati.

Il consulente ha utilizzato le proprie misurazioni e osservazioni per elaborare un modello della pistola 400 mm «tipo C». Questo modello è stato quindi utilizzato per calcolare i campi magnetici nelle aree intorno alla pistola, comprese quelle occupate dal lavoratore, che è stato aggiunto successivamente al modello. La figura 6.21 mostra i modelli definitivi della pistola e del lavoratore, insieme al modello della pistola che mostra il circuito di corrente (segnato in rosso) usato per simulare la produzione del campo magnetico e l'intensità di campo magnetico calcolata in un piano selezionato x-y.

Figura 6.21 — Modelli della pistola per saldatura, 400 mm, «tipo C» e del relativo operatore (a sinistra), del circuito di corrente (braccio «C», in rosso) responsabile del campo magnetico (al centro) e del campo magnetico intorno alla pistola durante il funzionamento (a destra)



Dopo la modellizzazione della pistola e del lavoratore, sono stati effettuati i calcoli numerici dei campi elettrici interni indotti nel corpo. I risultati di questi calcoli, basati sull'ipotesi che il corpo fosse a 15 cm di distanza dal braccio della pistola, sono illustrati nella figura 6.22. Il rosso indica un campo elettrico relativamente alto, mentre il violetto indica un valore basso. Si può vedere che il campo è assorbito soprattutto nel punto vita e nella zona superiore delle gambe dell'operatore, ossia l'area più vicina al circuito di corrente.

A una distanza di 15 cm i VLE pertinenti non sono stati superati e pertanto sono stati effettuati ulteriori calcoli per determinare le distanze a cui i VLE sarebbero stati superati. I risultati di questi ulteriori calcoli vengono riportati nella tabella 6.4.

Figura 6.22 — Distribuzione spaziale dei massimi campi elettrici indotti in un modello umano esposto ai campi magnetici generati dalla pistola 400 mm «tipo C».

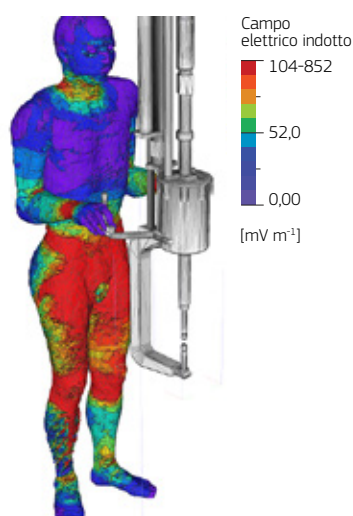


Tabella 6.4 — Intensità dei massimi campi elettrici interni come proporzione dei VLE pertinenti

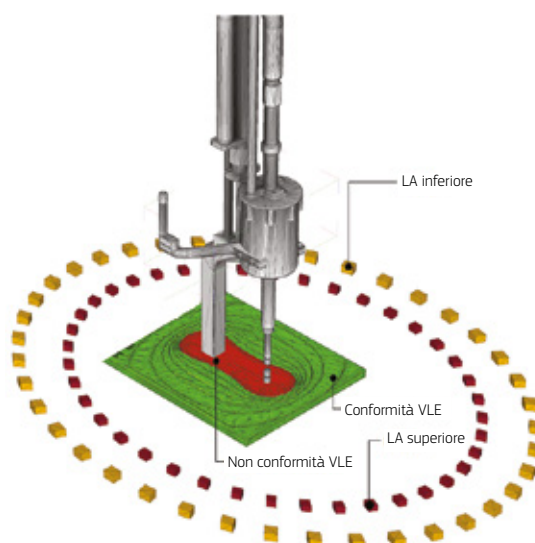
| Separazione tra il tronco del corpo e la pistola (cm) | 15 | 7 | 4 |
|--|-----|-----|-----|
| Intensità dei massimi campi elettrici indotti nel corpo (mVm^{-1}) | 287 | 611 | 811 |
| Percentuale dei VLE relativi agli effetti sanitari (%) ¹ | 37 | 79 | 104 |
| Massimo campo elettrico indotto nel sistema nervoso centrale (mVm^{-1}) | 52 | 84 | 92 |
| Percentuale dei VLE relativi agli effetti sensoriali (%) ² | 53 | 85 | 93 |

¹ Il VLE relativo agli effetti sanitari per una frequenza di 50 Hz è 778 mVm^{-1} (rms)

² Il VLE relativo agli effetti sensoriali per una frequenza di 50 Hz è 99 mVm^{-1} (rms)

La tabella 6.4 mostra che quando il lavoratore utilizza la pistola a 15 cm di distanza dal corpo, il valore del massimo campo elettrico indotto è pari a 287 mVm^{-1} , che rappresenta il 37 % dei VLE relativi agli effetti sanitari. Per i tessuti del sistema nervoso centrale ubicati nella testa, il valore del massimo campo elettrico indotto è 52 mVm^{-1} , che rappresenta il 53 % dei VLE relativi agli effetti sensoriali. I risultati mostrano che il VLE relativo agli effetti sanitari in realtà è superato soltanto quando la distanza tra il corpo e la pistola si riduce a circa 4 cm. Ciò significa che, benché i lavoratori siano esposti a campi magnetici che superano i LA, i campi elettrici interni indotti non superano i VLE. La differenza nelle dimensioni delle aree che superano i LA rispetto alle dimensioni dell'area in cui il lavoratore supererebbe effettivamente i VLE relativi agli effetti sanitari risulta nella seguente figura 6.23.

Figura 6.23 — Rappresentazione visiva dell'area intorno alla pistola 400 mm «tipo C», in cui i VLE relativi agli effetti sanitari potrebbero essere superati (area rossa all'interno dell'area verde), insieme ai perimetri dei livelli di azione superiore e inferiore (rispettivamente rosso e giallo) della figura 6.18.



Per riassumere, in questo caso sembra che i LA forniscano una previsione conservativa della sovraesposizione e che la situazione relativa all'esposizione sia in realtà conforme alla direttiva relativa ai campi elettromagnetici.

7. SALDATURA

7.1 Luogo di lavoro

Questo studio riguarda un'officina di carpenteria metallica nella quale si utilizzano varie macchine di saldatura a resistenza.

7.2 Natura del lavoro

I lavoratori usano saldatrici a punti e saldatrici continue per saldare cavi e lamiera. Nell'officina c'è un gran numero di queste macchine.

7.3 Informazioni sull'apparecchiatura che genera campi elettromagnetici

Le saldatrici a resistenza sono composte da due elettrodi che serrano le componenti da saldare una contro l'altra. La corrente viene fatta passare attraverso gli elettrodi e le componenti, e la resistenza elettrica delle componenti produce il calore necessario alla saldatura. Le impostazioni dell'apparecchiatura vengono scelte a seconda delle proprietà delle componenti da saldare.

7.3.1 Saldatrici a punti

Le saldatrici a punti sono composte da due piccoli elettrodi cilindrici che serrano le componenti e applicano una corrente elevata per effettuare una saldatura a punti. L'azienda utilizza due tipi di saldatrici a punti: le saldatrici a punti da banco e le saldatrici a punti portatili sospese.

La saldatrice a punti da banco (figura 7.1) viene usata comunemente per saldare cavi trocanterici da 1,2 mm fatti di acciaio inossidabile. Questa apparecchiatura è stata progettata per essere utilizzata su un banco con l'operatore posto davanti all'unità. Solitamente funziona al 19 % della massima corrente disponibile (3 500 A), ossia 665 A, e utilizza un'alimentazione di 50 Hz. La saldatrice a punti portatile sospesa (figura 7.2) viene utilizzata per saldare insieme la lamiera. La saldatrice è composta dai bracci degli elettrodi che si muovono con un movimento a pinza per serrare le punte degli elettrodi sulla componente. Solitamente funziona a 7 000 A e utilizza un'alimentazione pari a 2 kHz.

Figura 7.1 — Saldatrice a punti da banco

**Elettrodi per
saldatura**

**Figura 7.2 — Saldatrice a punti portatile sospesa**

7.3.2 Saldatrice continua

La saldatrice continua viene usata per saldare insieme pezzi di metallo. Gli elettrodi sono a forma di disco e ruotano mentre il materiale li attraversa, così che la saldatura continua si forma gradualmente. L'apparecchiatura solitamente funziona a 7 000 A e utilizza un'alimentazione pari a 50 Hz (figura 7.3).

Figura 7.3 — Vista frontale e vista laterale della saldatrice continua



7.4 Come vengono usate le applicazioni

Gli operatori delle macchine saldatrici solitamente stanno in piedi o seduti vicino alle macchine durante la saldatura, e le mani sono il più vicino possibile alle macchine. Quando utilizza una saldatrice da banco a punti e una saldatrice continua l'operatore tiene il materiale da saldare, e pertanto le mani possono trovarsi fino a 10 cm dagli elettrodi per saldatura. Se si utilizza la saldatrice a punti portatile sospesa il materiale da saldare è fissato in posizione e l'operatore è vicino alla saldatrice a punti per tenerla in posizione. Tutta l'apparecchiatura per saldatura è situata in un'officina insieme ad altri attrezzi e macchine utilizzati per la fabbricazione di componenti metalliche.

7.5 Approccio alla valutazione dell'esposizione

L'azienda ha esaminato i dati del fabbricante per ciascuna singola apparecchiatura. Secondo alcuni manuali di esercizio l'apparecchiatura può produrre campi magnetici che costituiscono un pericolo per i portatori di stimolatori cardiaci. L'azienda tuttavia non ha trovato alcun riscontro sull'entità di tale pericolo (per esempio sull'estensione del pericolo a partire dall'apparecchiatura) né sul livello dei campi magnetici nel contesto dei livelli di azione della direttiva relativa ai campi elettromagnetici. Per alcune delle apparecchiature più vecchie, l'azienda non ha trovato nessun dato dei fabbricanti.

L'apparecchiatura per saldatura è ubicata nell'officina, cui ha accesso la maggior parte dei lavoratori, e nella quale possono entrare quasi tutti gli appaltatori esterni e i visitatori. Pertanto l'azienda ha deciso di effettuare altre valutazioni dei rischi. In mancanza di altre informazioni da parte dei fabbricanti dell'apparecchiatura, l'azienda ha nominato un consulente esperto per effettuare la valutazione.

Sono stati scelti tre tipi diversi di saldatrici a resistenza per ulteriori valutazioni, poiché i risultati darebbero una buona indicazione di qualsiasi pericolo associato a simili apparecchiature nell'officina. Il consulente ha effettuato misurazioni dell'induzione magnetica intorno all'apparecchiatura, usando uno strumento recante un filtro elettronico incorporato,

che ottiene un risultato in termini percentuali tramite l'approccio del picco ponderato nel dominio del tempo, consentendo un confronto diretto con i livelli di azione (LA).

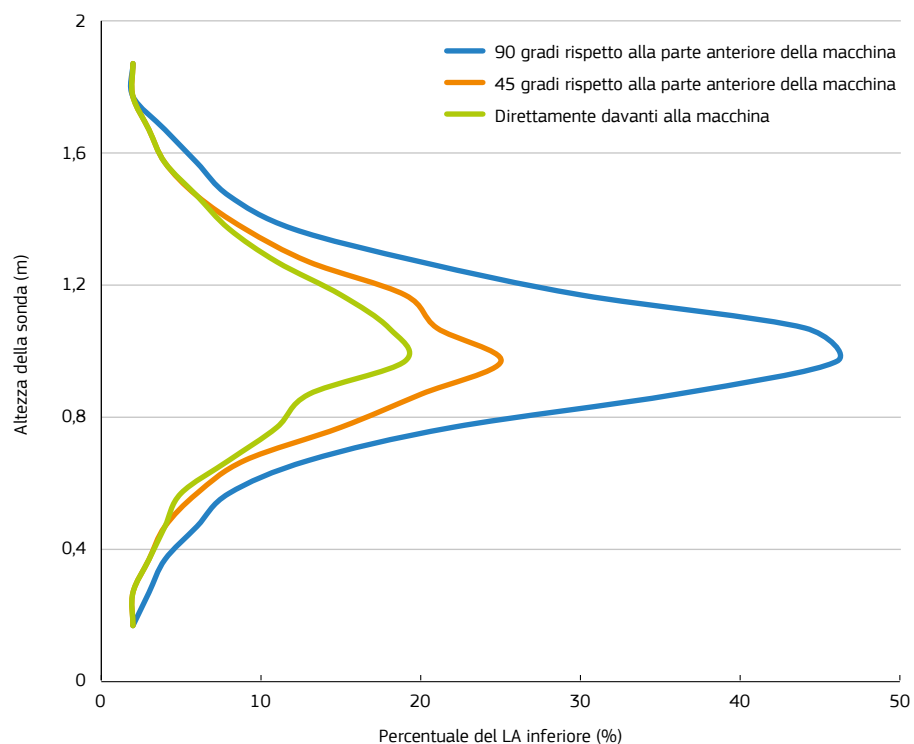
7.6 Risultati della valutazione dell'esposizione

7.6.1 Saldatrice a punti da banco

Il consulente ha osservato l'operatore che utilizzava la saldatrice a punti da banco. È stato osservato che la testa e il tronco dell'operatore rimanevano almeno a 30 cm dagli elettrodi durante la saldatura, e l'operatore poteva essere collocato a fianco dell'apparecchiatura piuttosto che davanti a essa. Pertanto le misurazioni sono state effettuate in tre posizioni a 30 cm dagli elettrodi; direttamente davanti agli elettrodi, a 45° rispetto alla parte anteriore (verso sinistra) degli elettrodi, e a 90° rispetto alla parte anteriore (verso sinistra) degli elettrodi. In ogni posizione sono state effettuate misurazioni in una gamma di altezze.

È stato osservato che l'induzione magnetica non ha superato il 50 % del LA inferiore in nessuna di queste posizioni potenziali dell'operatore (figura 7.4).

Figura 7.4 — Induzione magnetica come percentuale del livello di azione inferiore in base all'altezza nella posizione dell'operatore (a 30 cm dagli elettrodi)



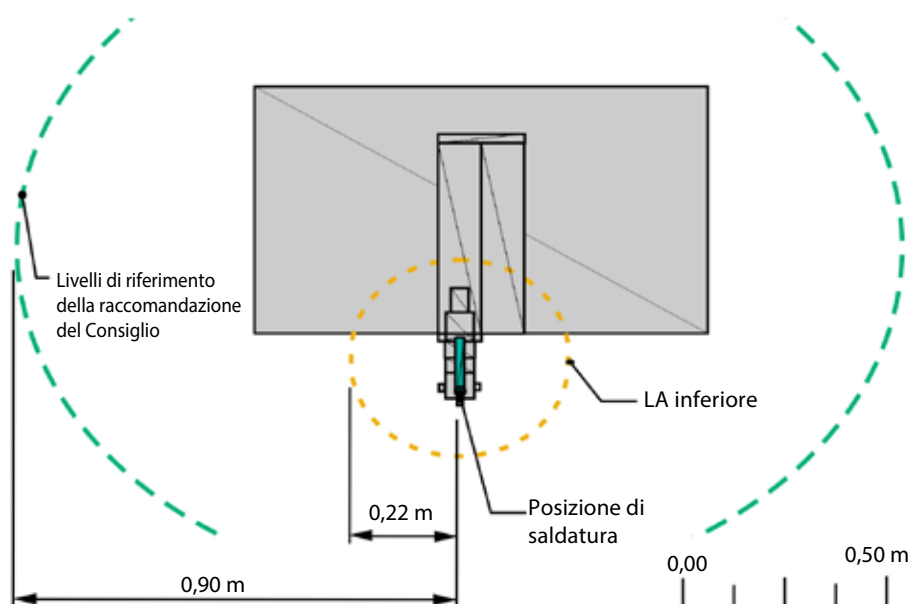
NB: L'incertezza delle misurazioni è stata stimata a $\pm 10\%$ e conformemente all'approccio del «rischio condiviso» (cfr. appendice D.5 del volume 1 della guida) i risultati sono stati considerati percentuali dirette del LA.

La posizione in cui l'induzione magnetica era pari al LA inferiore era circa a 22 cm dagli elettrodi e all'altezza alla quale gli elettrodi si incontrano. L'area in cui il LA inferiore poteva essere superato viene mostrata nella figura 7.5.

Durante la saldatura le mani dell'operatore erano almeno a 10 cm dagli elettrodi. In tale posizione, l'induzione magnetica era inferiore all'8 % del LA relativo agli arti.

Il consulente ha effettuato misurazioni in diverse altre posizioni intorno all'apparecchiatura confrontando i risultati con i livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio. Tali livelli possono servire da indicatore generale dell'esposizione dei lavoratori esposti a particolari rischi (cfr. l'appendice E, volume 1, della guida). Si è riscontrato che è stato possibile superare i livelli di riferimento fino a 1 m dagli elettrodi. Quest'area compare nella figura 7.5 ed è rappresentata dal perimetro verde.

Figura 7.5 — Vista in pianta indicante i perimetri entro i quali il livello di azione inferiore (giallo) e i livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio (verde) potrebbero essere superati intorno alla saldatrice a punti da banco

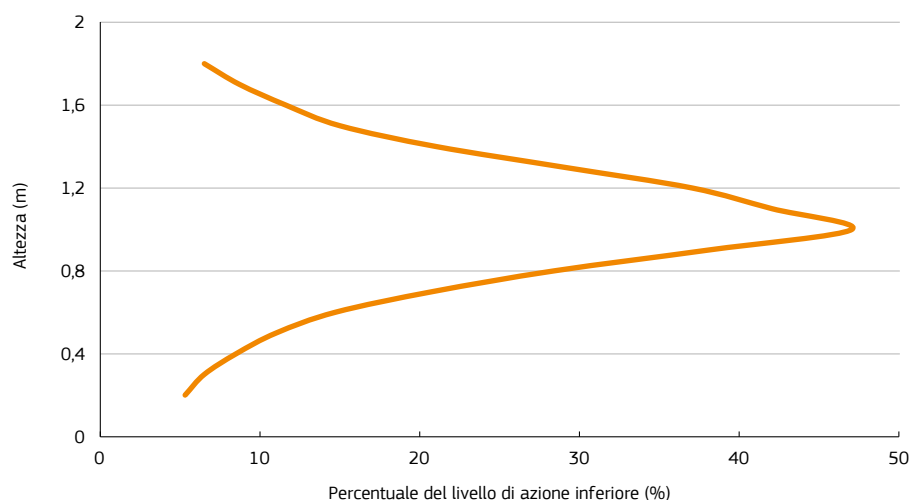


7.6.2 Saldatrice a punti portatile sospesa

L'operatore tiene la saldatrice a punti in posizione durante la saldatura. A causa della lunghezza dei bracci degli elettrodi (75 cm), l'operatore si trova a circa 1 m dalle punte degli elettrodi. Le misurazioni sono state effettuate in questa posizione, in una gamma di altezze.

Il risultato più alto delle misurazioni è stato ottenuto all'altezza alla quale gli elettrodi si incontrano (ossia a 1 m da terra durante questa valutazione). È stato osservato che l'induzione magnetica non ha superato il 50 % dei LA nella posizione dell'operatore (figura 7.6).

Figura 7.6 — Induzione magnetica come percentuale del livello di azione superiore e inferiore in base all'altezza nella posizione dell'operatore (a 1 m dalle punte degli elettrodi)



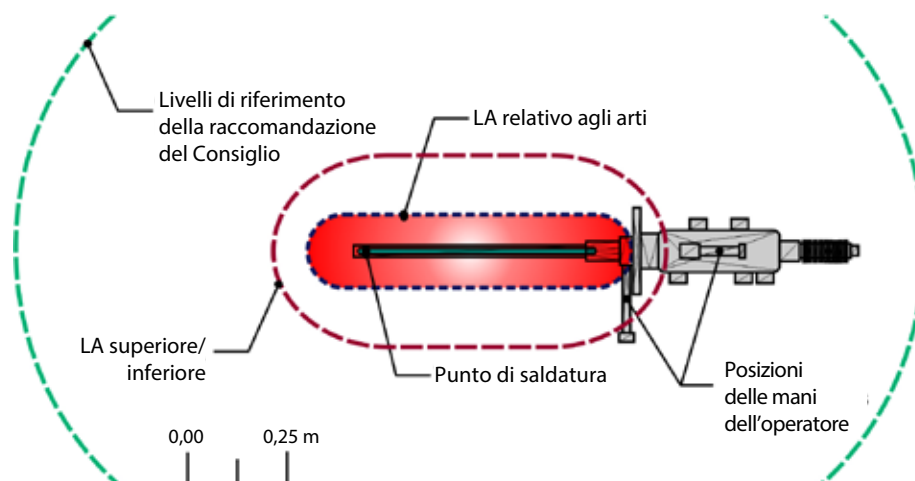
NB: L'incertezza della misurazione è stata stimata a $\pm 10\%$ e conformemente all'approccio del «rischio condiviso» (cfr. appendice D.5 del volume 1 della guida) i risultati sono stati considerati percentuali dirette dei LA.

Le misurazioni sono state effettuate presso la mano dell'operatore (figura 7.2). In questa posizione l'induzione magnetica era pari all'88 % del LA relativo agli arti.

Il consulente ha effettuato misurazioni in diverse altre posizioni intorno all'apparecchiatura confrontando i risultati con i livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio. Si è riscontrato che è stato possibile superare i livelli di riferimento fino a un massimo di 1,3 m dall'apparecchiatura.

La figura 7.7 mostra le aree in cui è stato possibile superare i LA relativi agli arti, i LA superiori e inferiori, e i livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio, che vengono rappresentate rispettivamente dai perimetri blu, rosso e verde.

Figura 7.7 — Vista in pianta indicante i perimetri entro i quali il livello di azione relativo agli arti (blu), i livelli di azione inferiori/superiori (rosso) e i livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio potrebbero essere superati intorno alla saldatrice a punti portatile sospesa

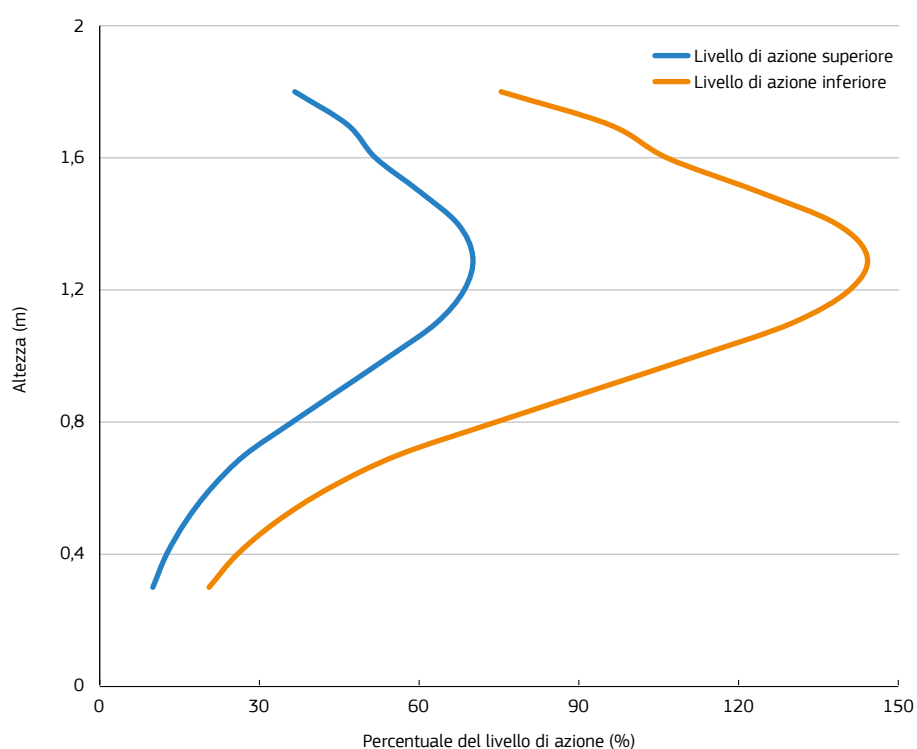


7.6.3 Saldatrice continua

Durante la saldatura l'operatore è in piedi, a fianco dell'apparecchiatura, con la testa e il tronco almeno a 50 cm dal centro degli elettrodi. Le misurazioni sono state effettuate in questa posizione, in una gamma di altezze.

Il risultato più alto delle misurazioni è stato ottenuto all'altezza alla quale gli elettrodi si incontrano (ossia a 130 cm da terra). Il LA superiore non è stato superato in questa posizione: tuttavia, secondo la misurazione, l'induzione magnetica era approssimativamente il 140 % del LA inferiore (figura 7.8).

Figura 7.8 — Induzione magnetica come percentuale dei livelli di azione inferiori e superiori in base all'altezza nella posizione dell'operatore (a 50 cm dagli elettrodi, sul lato)



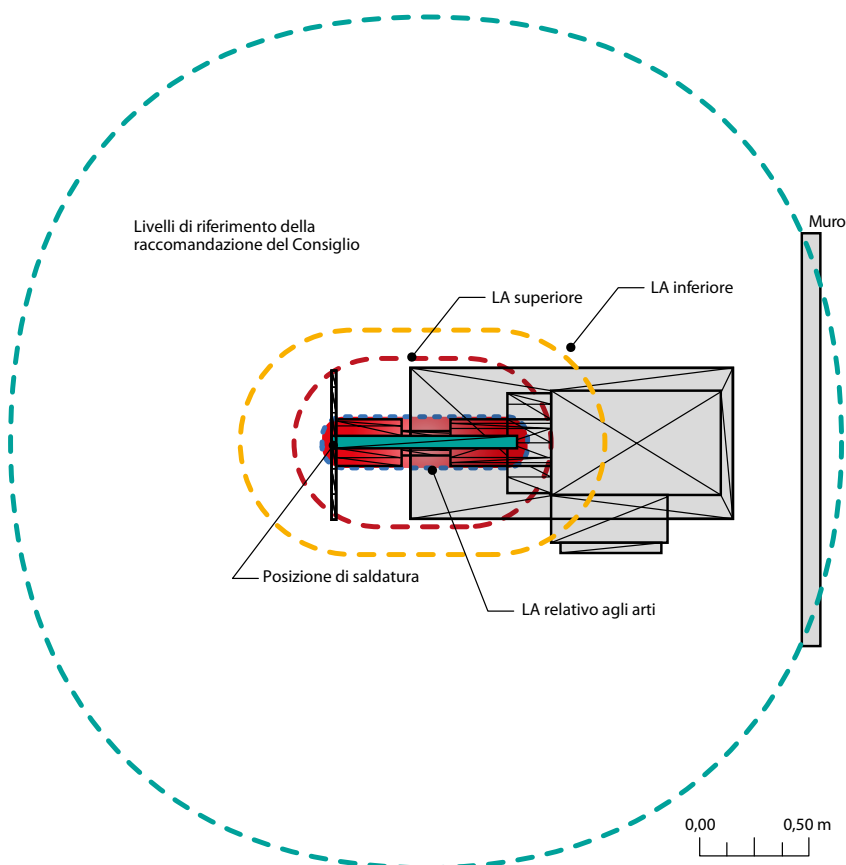
NB: L'incertezza della misurazione è stata stimata a $\pm 10\%$ e conformemente all'approccio del «rischio condiviso» (cfr. appendice D.5 del volume 1 della guida) i risultati sono stati considerati percentuali dirette dei LA.

Le misurazioni sono state effettuate presso la mano dell'operatore più vicina agli elettrodi (all'incirca a 10 cm dal punto di saldatura). In questa posizione l'induzione magnetica era inferiore al 67 % del LA relativo agli arti. Tuttavia si è riscontrato che questo LA poteva essere superato se gli arti si trovavano dietro gli elettrodi per saldatura piuttosto che sui lati.

Analogamente a quanto aveva fatto per la saldatrice a punti, il consulente ha effettuato misurazioni in diverse altre posizioni intorno all'apparecchiatura confrontando i risultati con i livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio. Si è riscontrato che è stato possibile superare i livelli di riferimento fino a 2,45 m dagli elettrodi.

La figura 7.9 mostra le aree in cui è stato possibile superare i LA relativi agli arti, i LA superiori e inferiori e i livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio.

Figura 7.9 — Vista in pianta indicante i perimetri entro i quali il livello di azione relativo agli arti (blu), il livello di azione superiore (rosso), il livello di azione inferiore (giallo) e i livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio (verde) potrebbero essere superati intorno alla saldatrice continua



7.7 Valutazione dei rischi

L'azienda ha effettuato specifiche valutazioni dei rischi derivanti dai campi elettromagnetici per la propria apparecchiatura per saldatura, sulla base dell'esame dei manuali di esercizio e delle misurazioni effettuate dal consulente (tabelle 7.1, 7.2 e 7.3). Tali valutazioni erano coerenti con la metodologia proposta da OiRA (la piattaforma interattiva online dell'EU-OSHA per la valutazione del rischio). La valutazione dei rischi ha concluso che:

- nella posizione tipica dell'operatore, il LA superiore e il LA relativo agli arti non sarebbero stati superati;
- il LA inferiore potrebbe essere superato nella posizione dell'operatore durante il funzionamento della saldatrice continua;
- i livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio potrebbero essere superati intorno a ogni saldatrice.

Sulla base della valutazione dei rischi l'azienda ha elaborato un piano d'azione che è stato documentato.

Tabella 7.1 — Specifica valutazione dei rischi derivanti dai campi elettromagnetici per la saldatrice a punti da banco a punti

| Pericoli | Misure preventive e precauzionali esistenti | Persone a rischio | Gravità | | | Probabilità | Valutazione del rischio | Nuove misure preventive e precauzionali |
|--|---|---|---------|-------|---------|---------------------------------------|-------------------------|---|
| | | | Lieve | Seria | Mortale | Improbabile Possibile Probabile | | |
| <p>Effetti diretti dei campi elettromagnetici:</p> <p>Il livello di azione inferiore poteva essere superato fino a 22 cm dal magnete</p> <p>I livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio potrebbero essere superati fino a una distanza di 1 m dagli elettrodi</p> | <p>L'operatore solitamente è una distanza superiore a 30 cm dagli elettrodi; ciò significa che il livello di azione inferiore non dev'essere superato nella posizione dell'operatore.</p> | <p>Operatori</p> <p>Lavoratori esposti a particolari rischi (lavoratrici in gravidanza)</p> | ✓ | | | ✓ | Limitato | <p>Informazione e formazione da fornire agli operatori e alle altre persone che lavorano nell'officina</p> <p>Collocare segnali di avvertimento sull'apparecchiatura</p> <p>Una linea di demarcazione da tracciare sul pavimento per identificare l'area nella quale i livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio potrebbero essere superati</p> <p>Proibire alle lavoratrici in gravidanza l'uso dell'apparecchiatura o l'attraversamento della linea di demarcazione quando l'apparecchiatura è in funzione</p> |
| <p>Effetti indiretti dei campi elettromagnetici (effetti sui dispositivi medici impiantati attivi):</p> <p>I livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio potrebbero essere superati fino a una distanza di 1 m dagli elettrodi</p> | Nessuna | Lavoratori esposti a particolari rischi | ✓ | | | ✓ | Limitato | <p>Fornire a tutti i lavoratori informazioni in merito a questo pericolo</p> <p>Collocare avvertimenti tra le informazioni sulla sicurezza presenti nel sito</p> <p>Collocare segnali di avvertimento e di divieto sull'apparecchiatura</p> <p>Proibire ai portatori di AIMD l'uso dell'apparecchiatura o l'attraversamento della linea di demarcazione quando l'apparecchiatura è in funzione</p> |

Tabella 7.2 — Specifica valutazione dei rischi derivanti dai campi elettromagnetici per la saldatrice a punti portatile sospesa

| Pericoli | Misure preventive e precauzionali esistenti | Persone a rischio | Gravità | | | Probabilità | | | Valutazione del rischio | Nuove misure preventive e precauzionali |
|--|--|---|---------|-------|---------|-------------|-----------|-----------|-------------------------|--|
| | | | Lieve | Seria | Mortale | Improbabile | Possibile | Probabile | | |
| Effetti diretti dei campi elettromagnetici: | Nessuna. Tuttavia, l'area in cui i livelli di azione superiori e inferiori vengono superati è localizzata. | Operatori Altri lavoratori | ✓ | | | | ✓ | | Limitato | Informazione e formazione da fornire agli operatori e alle altre persone che lavorano nell'officina |
| I livelli di azione superiore e inferiore potrebbero essere superati fino a 33 cm dai bracci degli elettrodi | | Lavoratori esposti a particolari rischi (lavoratrici in gravidanza) | | | | | | | | Collocare segnali di avvertimento sull'apparecchiatura |
| I livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio potrebbero essere superati fino a 1,3 m dall'apparecchiatura | | | | | | | | | | Una linea di demarcazione da tracciare sul pavimento per identificare l'area nella quale i livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio potrebbero essere superati |
| | | | | | | | | | | Proibire alle lavoratrici in gravidanza l'uso dell'apparecchiatura o l'attraversamento della linea di demarcazione quando l'apparecchiatura è in funzione |
| Effetti indiretti dei campi elettromagnetici (effetti sugli AIMD): | Nessuna | Lavoratori esposti a particolari rischi | ✓ | | | | ✓ | | Limitato | Fornire a tutti i lavoratori informazioni in merito a questo pericolo |
| I livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio potrebbero essere superati fino a una distanza di 1,3 m dagli elettrodi | | | | | | | | | | Collocare avvertimenti tra le informazioni sulla sicurezza presenti nel sito |
| | | | | | | | | | | Collocare segnali di avvertimento e di divieto sull'apparecchiatura |
| | | | | | | | | | | Proibire ai portatori di AIMD l'uso dell'apparecchiatura o l'attraversamento della linea di demarcazione quando l'apparecchiatura è in funzione |

Tabella 7.3 — Specifica valutazione dei rischi derivanti dai campi elettromagnetici per la saldatrice continua

| Pericoli | Misure preventive e precauzionali esistenti | Persone a rischio | Gravità | | | Probabilità | | | Valutazione del rischio | Nuove misure preventive e precauzionali |
|---|---|---|---------|-------|---------|-------------|-----------|-----------|-------------------------|---|
| | | | Lieve | Seria | Mortale | Improbabile | Possibile | Probabile | | |
| Effetti diretti dei campi elettromagnetici: | Nessuna | Operatori | ✓ | | | | | ✓ | Limitato | Informazione e formazione da fornire agli operatori e agli altri lavoratori, con particolare riguardo per i potenziali effetti sensoriali e la necessità di segnalare qualsiasi effetto di questo tipo. |
| Il LA inferiore viene superato nella posizione dell'operatore | | Altri lavoratori | | | | | | | | Collocare segnali di avvertimento sull'apparecchiatura |
| I livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio potrebbero essere superati fino a una distanza di 2,45 m dagli elettrodi | | Lavoratori esposti a particolari rischi (lavoratrici in gravidanza) | | | | | | | | Una linea di demarcazione da tracciare sul pavimento per identificare l'area nella quale i livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio potrebbero essere superati |
| | | | | | | | | | | Proibire alle lavoratrici in gravidanza l'uso dell'apparecchiatura o l'attraversamento della linea di demarcazione quando l'apparecchiatura è in funzione |
| Effetti indiretti dei campi elettromagnetici (effetti sugli AIMD): | Nessuna | Lavoratori esposti a particolari rischi | ✓ | | | | ✓ | | Limitato | Fornire a tutti i lavoratori informazioni in merito a questo pericolo |
| I livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio potrebbero essere superati fino a una distanza di 2,45 m dagli elettrodi | | | | | | | | | | Collocare avvertimenti tra le informazioni sulla sicurezza presenti nel sito |
| | | | | | | | | | | Collocare segnali di avvertimento e di divieto sull'apparecchiatura |
| | | | | | | | | | | Proibire ai portatori di AIMD l'uso dell'apparecchiatura o l'attraversamento della linea di demarcazione quando l'apparecchiatura è in funzione |

7.8 Precauzioni già in vigore

Prima della valutazione delle misurazioni effettuata dal consulente non erano in vigore precauzioni specifiche per limitare l'esposizione ai campi elettromagnetici.

7.9 Precauzioni supplementari adottate in seguito alla valutazione

A seguito della valutazione delle misurazioni e dopo una valutazione dei pericoli connessi all'apparecchiatura, l'azienda ha elaborato un piano d'azione e ha deciso di:

- fornire ai lavoratori informazioni concernenti i pericoli derivanti dai campi elettromagnetici e associati all'apparecchiatura per saldatura;
- tracciare linee di demarcazione sul pavimento intorno all'apparecchiatura per identificare l'area nella quale i livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio potrebbero essere superati;
- Proibire alle lavoratrici in gravidanza e ai lavoratori portatori di AIMD di utilizzare apparecchiature per saldatura o di attraversare le linee di demarcazione;
- affiggere cartelli per avvertire della presenza di forti campi magnetici e segnali di divieto per i portatori di AIMD (figura 7.10) sull'apparecchiatura per saldatura;
- garantire adeguati programmi di induzione al sito e collegamenti con gli appaltatori affinché coloro che entrano nell'officina siano a conoscenza dei rischi.

Figura 7.10 — Esempi di segnali di avvertimento per indicare la presenza di forti campi magnetici e di un'illustrazione del simbolo di divieto per i portatori di AIMD



Attenzione
L'apparecchiatura genera
forti campi magnetici
durante il funzionamento



Non attraversare la linea
gialla durante la saldatura

7.10 Riferimento a ulteriori approfondimenti

La modellizzazione informatica basata sui risultati della misurazione intorno a tutte e tre le macchine di saldatura conferma che i campi elettrici indotti erano conformi ai VLE.

7.10.1 Saldatrice a punti da banco

Per la saldatrice a punti da banco è stato riscontrato che l'esposizione dell'operatore sarebbe inferiore all'1 % del VLE (figura 7.11). Il VLE potrebbe essere superato soltanto se il corpo si trovasse nello spazio tra gli elettrodi e l'alloggiamento della saldatrice, o a meno di un centimetro dagli elettrodi stessi durante il funzionamento dell'unità (figura 7.12).

Figura 7.11 — Distribuzione del campo elettrico indotto nel modello umano con il tronco a 20 cm di distanza dagli elettrodi e le mani a una distanza di circa 8 cm. La figura mostra anche la distribuzione spaziale dei massimi campi elettrici interni indotti nell'operatore dall'esposizione alla saldatrice a punti (a) sulla superficie del corpo e (b) in varie sezioni orizzontali nel corpo

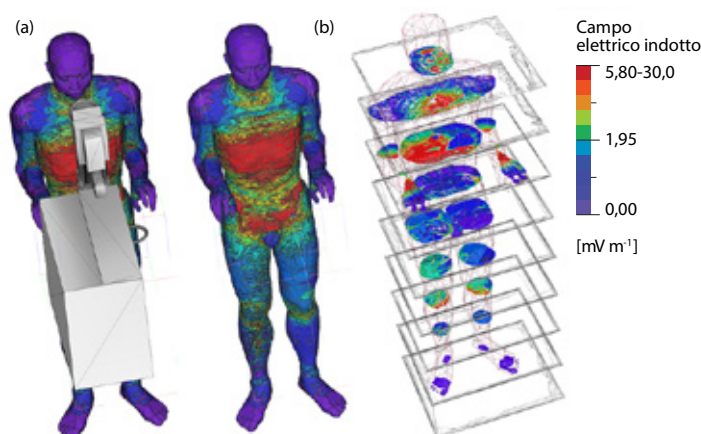
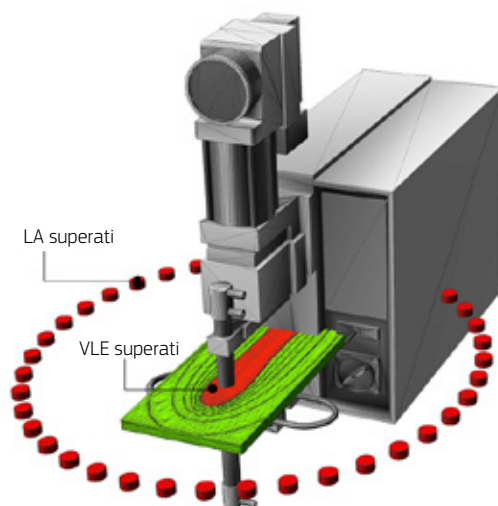


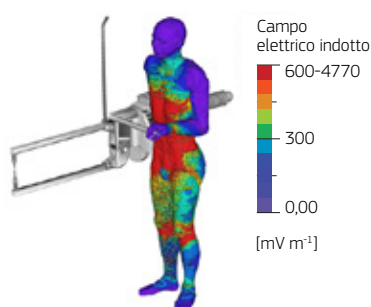
Figura 7.12 — Perimetri intorno alla saldatrice a punti da banco indicanti le regioni in cui i VLE relativi agli effetti sanitari potrebbero essere superati (area rossa). Vengono mostrate anche le regioni in cui i VLE relativi agli effetti sanitari non sono superati (area verde e oltre) e l'area in cui il livello di azione inferiore potrebbe essere superato (cerchi rossi)



7.10.2 Saldatrice a punti portatile sospesa

Per la saldatrice a punti portatile sospesa è stato riscontrato che i LA non sono stati superati nella posizione dell'operatore. Tuttavia la distribuzione del campo elettrico indotto viene mostrata nella figura 7.13.

Figura 7.13 — Distribuzione spaziale dei massimi campi elettrici indotti in un modello umano esposto alla saldatrice a punti portatile sospesa



7.10.3 Saldatrice continua

Il LA inferiore è stato superato nella posizione dell'operatore. La modellizzazione informatica tuttavia mostra che l'esposizione nella posizione dell'operatore è inferiore al 50 % del VLE. La distribuzione del campo elettrico indotto viene mostrata nella figura 7.14. È stato riscontrato che i VLE potrebbero essere superati soltanto se il corpo si trovasse nello spazio tra gli elettrodi e l'alloggiamento della saldatrice, o a meno di 5 cm dagli stessi elettrodi a rulli durante il funzionamento dell'unità. La regione è mostrata in rosso nella figura 7.15.

Figura 7.14 — Distribuzione spaziale dei massimi campi elettrici interni indotti nel modello umano derivanti dall'esposizione alla saldatrice continua

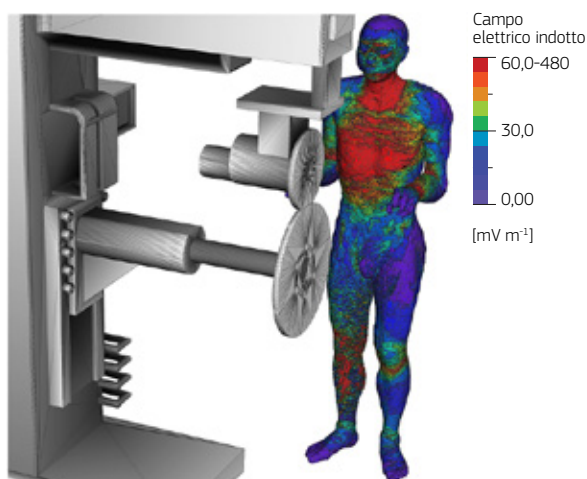
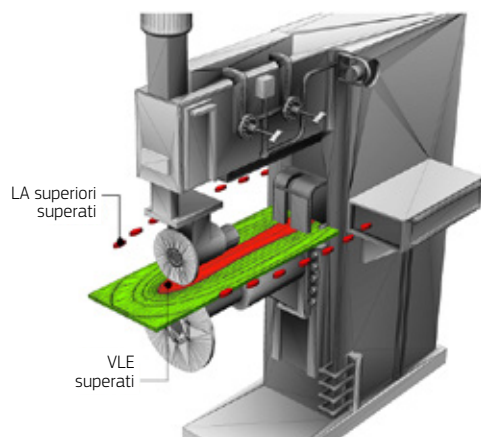


Figura 7.15 — Perimetri intorno alla saldatrice continua indicanti le regioni in cui il VLE relativo agli effetti sanitari potrebbe essere superato (area rossa). Vengono mostrate anche le regioni in cui il VLE relativo agli effetti sanitari non è superato (area verde e oltre) e l'area in cui il livello di azione superiore potrebbe essere superato (trattini rossi)



8. FABBRICAZIONE METALLURGICA

Tra le sorgenti di campi elettromagnetici esaminate in questo studio si annoverano:

- forni a induzione,
- forni ad arco,
- analizzatore di zolfo e carbonio che incorpora un piccolo forno.

8.1 Luogo di lavoro

Le sorgenti di campi elettromagnetici erano utilizzate in diversi luoghi di lavoro nella fabbrica, che produceva leghe e metalli speciali per una serie di industrie. I luoghi di lavoro interessati erano i seguenti:

- un piccolo impianto di produzione di leghe,
- un impianto di produzione ferro-titanio,
- un grande impianto di fusione elettrica,
- un forno ad arco,
- un laboratorio di servizi analitici.

8.2 Natura del lavoro

I metalli e le leghe erano fabbricati a partire da materie prime in diverse aree intorno alla fabbrica e l'azienda svolgeva anche esami analitici in un laboratorio.

La maggioranza del lavoro che è stato oggetto di questo studio comportava il carico manuale dei forni; a seconda dell'apparecchiatura, questo spesso avveniva durante il funzionamento.

Qualsiasi attività di manutenzione e riparazione sull'apparecchiatura si è svolta soltanto quando l'alimentazione veniva interrotta, per evitare rischi quali scosse elettriche, ustioni, urti da macchinari in movimento, eccetera.

8.3 Informazioni sull'apparecchiatura che genera campi elettromagnetici e sul modo di utilizzarla

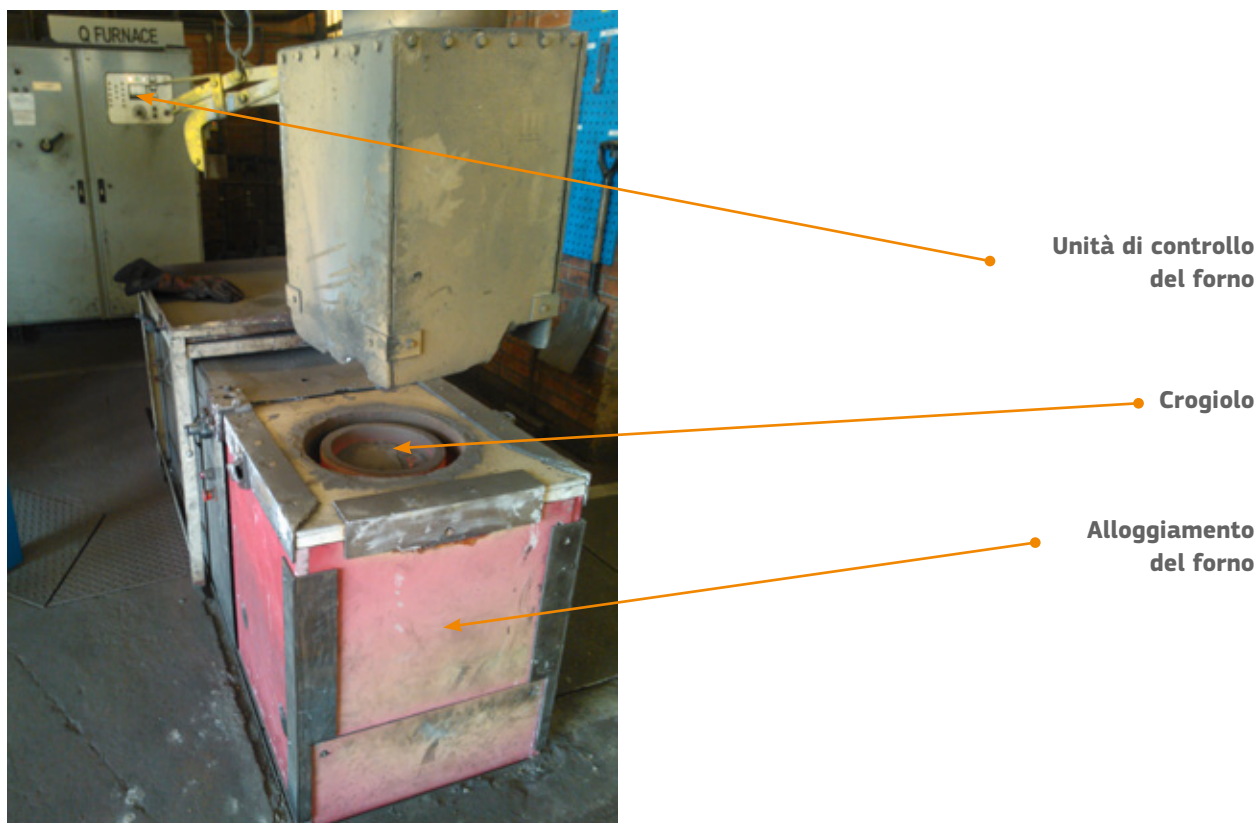
8.3.1 Piccolo impianto di produzione di leghe

Questo impianto produceva leghe in un piccolo forno a induzione (circa 30 cm di diametro). Il forno a induzione operava a frequenze tra 2,4 e 2,6 kHz e a potenze comprese tra 60 e 160 kW. Il forno è illustrato nella figura 8.1 e il metodo di funzionamento viene descritto di seguito:

- un crogiolo contenente fino a 45 kg della materia prima è stato caricato nel forno;
- l'operatore ha impostato la potenza su 60 kW e il forno è stato acceso, per operare a una frequenza di 2,42 kHz;

- la potenza aumenta automaticamente a 160 kW per un periodo di circa 25 minuti;
- nello stesso periodo di tempo anche la frequenza aumenta a 2,6 kHz;
- dopo circa 25 minuti, l'operatore riduce la potenza a 80 kW;
- dopo altri cinque minuti, l'operatore spegne il forno e rimuove il crogiolo.

Figura 8.1 — Forno a induzione nel piccolo impianto di produzione di leghe



8.3.2 Impianto di produzione ferro-titanio

In questo impianto c'erano due forni a induzione di capacità pari a 1,5 tonnellate, alimentati da un'unica unità di controllo a potenza induttiva variabile (PIV). I forni operavano a frequenze tra 217 e 232 Hz e a una potenza di 600 kW. I crogioli erano caricati manualmente, di solito mentre i forni erano in funzione.

8.3.3 Grande impianto di fusione elettrica

In quest'impianto c'erano dieci forni a induzione, ognuno dei quali con una capacità di 1,5 tonnellate, e ciascuno operante a una frequenza di 50 Hz. Le bobine di induzione erano parte integrante dei crogioli, pertanto potevano applicare potenza e tenere il metallo fuso quando veniva versato.

I crogioli erano inseriti in una piattaforma sopraelevata, con il coperchio allo stesso livello della piattaforma, e gli operatori caricavano i crogioli manualmente dalla piattaforma durante il processo di fusione. Alla fine del processo di fusione i crogioli venivano ribaltati e il metallo fuso versato.

I forni operavano a una gamma di potenze compresa tra 70 e 1 300 kW. La potenza applicata ai forni variava nel corso del processo di fusione, riducendosi verso la fine, mentre era necessaria una potenza inferiore per tenere il metallo in forma fusa dopo che si era fuso del tutto.

La potenza veniva trasmessa ai forni dai trasformatori ubicati nelle celle sotto i forni. I trasformatori e le sbarre collettrici erano ubicati in gabbie e l'accesso era limitato con un sistema a chiave Castell. Le unità di controllo PIV erano ubicate nelle centraline sulla piattaforma del forno.

8.3.4 Forno ad arco

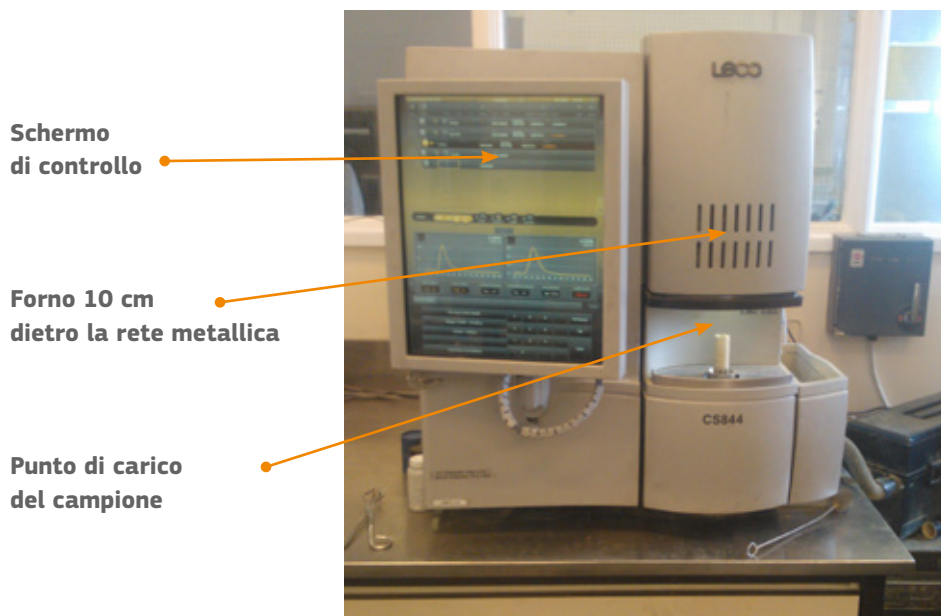
In questo impianto c'erano due forni ad arco, che producevano nichel boro e cromo boro, ciascuno operante a una frequenza di 50 Hz. Si trattava di forni a carica continua che producevano circa 1 tonnellata di prodotto per carica. I forni venivano caricati manualmente e operati dalle centraline.

I forni operavano a una gamma di potenze compresa tra 500 e 1 000 kW. I trasformatori e le sbarre collettrici che trasmettevano potenza ai forni erano ubicati in gabbie e l'accesso era limitato con un sistema a chiave Castell.

8.3.5 Laboratorio di servizi analitici

In questo laboratorio veniva usato un analizzatore da banco di zolfo e carbonio. L'analizzatore incorporava un piccolo forno da 2,2 kW che operava a una frequenza di 18 MHz. I campioni caricati nell'analizzatore dall'operatore sono stati sollevati al centro della bobina del forno, ubicata all'interno dell'analizzatore, circa 10 cm all'interno dell'alloggiamento. Il forno è stato quindi alimentato per circa un minuto durante lo svolgimento dell'analisi. Il campione è stato calato dal forno e recuperato dall'operatore. L'intero processo, dal caricamento del campione al suo recupero, è stato svolto automaticamente e l'operatore non ha dovuto stare vicino all'analizzatore mentre era in funzione. L'analizzatore è mostrato nella figura 8.2.

Figura 8.2 — Analizzatore di zolfo e carbonio nel laboratorio di servizi analitici



8.4 Risultati della valutazione dell'esposizione

Le misurazioni dell'esposizione sono state effettuate da un consulente esperto utilizzando strumenti speciali. Date le dimensioni del sito e le numerose aree di lavoro in cui si possono incontrare campi elettromagnetici, è stata effettuata un'ispezione iniziale per identificare qualsiasi area in cui potessero essere stati superati i livelli di azione (LA). Queste aree sono state rivedute e sono state effettuate altre misurazioni, più dettagliate, per preparare un piano d'azione. Tutte le misurazioni sono state effettuate in punti accessibili ai lavoratori mentre le apparecchiature erano in funzione.

Le misurazioni hanno interessato soprattutto i campi magnetici generati dall'apparecchiatura, poiché questi presumibilmente sono stati la causa principale dell'esposizione dei lavoratori.

Nel valutare l'esposizione dei lavoratori esposti a particolari rischi, è stata condotta una comparazione con i livelli di riferimento previsti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio (cfr. l'appendice E del volume 1 della presente guida).

8.4.1 Piccolo impianto di produzione di leghe

Le misurazioni sono state effettuate in vari punti intorno all'impianto durante l'intero processo di fusione. I punti di misurazione erano situati:

- vicino al forno,
- vicino all'unità di controllo,
- vicino ai cavi che alimentano l'unità di controllo,
- vicino ai cavi che vanno dall'unità di controllo al forno,
- nella cabina dell'operatore.

8.4.2 Ferro-titanium production facility

Le misurazioni sono state effettuate in vari punti intorno all'impianto durante l'intero processo di fusione. I punti di misurazione erano situati:

- vicino ai forni,
- vicino all'unità di controllo PIV,
- vicino ai cavi che alimentano l'unità di controllo,
- vicino ai cavi che vanno dall'unità di controllo al forno,
- al tavolo dell'operatore.

8.4.3 Grande impianto di fusione elettrica

Le misurazioni sono state effettuate in vari punti intorno all'impianto mentre i forni erano in funzione. I punti di misurazione erano situati:

- presso le posizioni degli operatori al momento di caricare i forni dalla piattaforma,
- presso le posizioni degli operatori al momento di operare i meccanismi di ribaltamento del crogiolo,
- vicino al crogiolo durante il ribaltamento,

- presso le centraline,
- vicino alle unità di controllo PIV,
- vicino ai cavi che alimentano le unità di controllo,
- vicino ai cavi che vanno dalle unità di controllo ai forni,
- all'esterno delle gabbie nelle celle dei trasformatori,
- sotto le sbarre colletttrici, nei punti di accesso più vicini.

8.4.4 Forno ad arco

Le misurazioni sono state effettuate in vari punti intorno all'impianto mentre i forni erano in funzione. I punti di misurazione erano situati:

- presso le posizioni degli operatori al momento di caricare i forni,
- presso le centraline,
- vicino alle unità di controllo,
- nei più vicini punti di accesso intorno alle basi dei forni,
- sotto le sbarre colletttrici, nei punti di accesso più vicini,
- intorno alle gabbie dei trasformatori,
- nei passaggi intorno ai forni.

8.4.5 Laboratorio di servizi analitici

Le misurazioni sono state effettuate intorno all'analizzatore mentre il forno era in funzione. Particolare attenzione è stata rivolta all'area intorno al forno e all'area in cui si trovava l'operatore mentre si svolgeva l'analisi.

8.5 Risultati della valutazione dell'esposizione

8.5.1 Valutazione iniziale dell'esposizione

I risultati delle misurazioni dell'esposizione sono stati confrontati con i LA superiori e inferiori e i livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio. Laddove sia stato riscontrato che i risultati hanno superato i LA in una delle aree di lavoro, sono state effettuate altre misurazioni per determinare la distanza alla quale l'induzione magnetica era pari al 100 % del LA, così da poter decidere se effettuare un'altra valutazione più dettagliata sulla base della probabilità che l'area nella quale il LA era stato superato fosse occupata. I risultati significativi della valutazione iniziale dell'esposizione sono sintetizzati nella tabella 8.1.

Tabella 8.1 — Sintesi dei risultati significativi della valutazione iniziale dell'esposizione

| Area di lavoro | Apparecchiatura | Aree di maggiore esposizione e limite del livello di azione (se pertinente) | Frazione di esposizione (percentuale) | | |
|---|---|---|---------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| | | | Livello di azione inferiore | Livello di azione superiore | Livello di riferimento 1999/519/CE |
| Piccolo impianto di produzione di leghe | Forno a induzione (da 2,42 a 2,6 kHz) | 50 cm dal bordo dell'alloggiamento del forno | 190 % ¹ | 190 % ¹ | 3 500 % ² |
| | | 80 cm dal bordo dell'alloggiamento del forno | 100 % ¹ | 100 % ¹ | 1 800 % ² |
| Impianto di produzione ferro-titanio | Due forni a induzione (da 217 a 232 Hz) | Posizione del tronco, quando il soggetto è in piedi vicino all'unità di controllo PIV | 7.8 % ³ | 6.0 % ⁴ | 360 % ⁵ |
| Grande impianto di fusione elettrica | 10 forni a induzione (50 Hz) | 30 cm dai cavi al crogiolo durante il ribaltamento | 40 % ³ | 6.7 % ⁶ | 400 % ⁷ |
| Forno ad arco | Due forni ad arco (50 Hz) | Posizione del tronco quando il soggetto è in piedi al più vicino punto di accesso alla base del forno | 70 % ³ | 12 % ⁶ | 700 % ⁷ |
| Laboratorio di servizi analitici | Analizzatore di zolfo e carbonio che incorpora un forno RF (18 MHz) | 20 cm dalla superficie dell'alloggiamento dell'analizzatore | 110 % ⁸ | | 230 % ⁹ |
| | | 22 cm dalla superficie dell'alloggiamento dell'analizzatore | 100 % ⁸ | | 220 % ⁹ |

¹ Induzione magnetica LA inferiori e superiori per la frequenza di 2,6 kHz: 115 µT

² Livello di riferimento per la frequenza di 2,6 kHz di cui alla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio: 6,25 µT

³ Induzione magnetica LA inferiore per frequenze nella gamma da 25 a 300 Hz: 1 000 µT

⁴ Induzione magnetica LA superiore per la frequenza di 230 Hz: 1 300 µT

⁵ Livello di riferimento per la frequenza di 230 Hz di cui alla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio: 21,7 µT

⁶ Induzione magnetica LA superiore per la frequenza di 50 Hz: 6000 µT

⁷ Livello di riferimento per la frequenza di 50 Hz di cui alla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio: 100 µT

⁸ Induzione magnetica LA per frequenze nella gamma da 10 a 400 MHz: 0,2 µT

⁹ Livello di riferimento per frequenze nella gamma da 10 a 400 MHz di cui alla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio: 0,092 µT

NB: L'incertezza delle misurazioni è stata stimata a $\pm 10\%$ e conformemente all'approccio del «rischio condiviso» (cfr. appendice D.5 del volume 1 della guida) i risultati sono stati considerati percentuali dirette dei LA.

I risultati della valutazione iniziale dell'esposizione hanno fornito all'azienda le seguenti informazioni:

- i LA superiori e inferiori sono stati superati fino a una distanza di 80 cm dal forno a induzione nel piccolo impianto di produzione di leghe e quest'area era facilmente accessibile ai lavoratori per tutta la durata del processo di fusione;
- il LA è stato superato fino a una distanza di 22 cm dall'analizzatore di carbonio e zolfo nel laboratorio di servizi analitici e i lavoratori non occupavano quest'area con nessuna parte del corpo mentre il forno era in funzione;
- i livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio sono stati superati nei punti accessibili di tutte le aree di lavoro valutate.

Nell'esempio dell'analizzatore del carbonio e dello zolfo, l'area in cui il LA è stato superato era di piccole dimensioni, e pertanto la modalità di funzionamento dell'analizzatore consentiva che i lavoratori tendenzialmente non fossero esposti a campi elettrici e magnetici superiori ai LA.

Sulla base dei risultati della valutazione iniziale dell'esposizione, il consulente ha effettuato una valutazione più dettagliata del forno a induzione nel piccolo impianto di produzione di leghe.

8.5.2 Valutazione dettagliata dell'esposizione del forno a induzione nel piccolo impianto di produzione di leghe

Il consulente ha effettuato una valutazione dell'esposizione, che comprendeva l'osservazione del funzionamento del forno, in modo da trovare una soluzione al problema.

Sono state effettuate varie misurazioni dell'induzione magnetica in diversi punti intorno al forno. I risultati di queste misurazioni hanno consentito di stabilire i perimetri dei LA e dei livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio. Sul pavimento sono stati tracciati alcuni segni per indicare l'estensione dell'area in cui erano stati superati i LA (figura 8.3). I risultati significativi della valutazione dettagliata dell'esposizione sono sintetizzati nella tabella 8.2. La figura 8.4 mostra un disegno in scala del forno, da cui risultano i perimetri dei LA e i livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio.

Tabella 8.2 — Sintesi dei risultati significativi della valutazione dettagliata dell'esposizione del forno a induzione nel piccolo impianto di produzione di leghe

| Punto di misurazione | Frazione di esposizione (percentuale) | | |
|---|--|---|---|
| | Livelli di azione superiori e inferiori ¹ | Livello di azione relativo agli arti ² | Livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio ³ |
| 45 cm dal bordo dell'alloggiamento del forno (distanza dal livello di azione relativo agli arti) | 300 % | 100 % | 5 500 % |
| 80 cm dal bordo dell'alloggiamento del forno (distanza dal livello di azione relativo agli arti) | 100 % | 33 % | 1 800 % |
| 300 cm dal bordo dell'alloggiamento del forno (distanza dal livello di riferimento di cui alla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio) | 5,4 % | 1,8 % | 100 % |
| Posizione del tronco, quando il soggetto è in piedi presso l'unità di controllo | 3,5 % | 1,2 % | 64 % |
| 450 cm dal bordo dell'alloggiamento del forno (posizione del tronco quando il soggetto è in piedi nella cabina dell'operatore) | 2,0 % | 0,67 % | 37 % |

¹ Induzione magnetica LA inferiori e superiori per la frequenza di 2,6 kHz: 115 µT

² Induzione magnetica LA relativo agli arti per la frequenza di 2,6 kHz: 346 µT

³ Livello di riferimento per la frequenza di 2,6 kHz di cui alla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio: 6,25 µT

NB: L'incertezza delle misurazioni è stata stimata a ±10 % e conformemente all'approccio del «rischio condiviso» (cfr. appendice D.5 del volume 1 della guida) i risultati sono stati considerati percentuali dirette dei LA.

Figura 8.3 — I segni sul pavimento indicano l'estensione dell'area in cui erano stati superati i livelli di azione superiori e inferiori

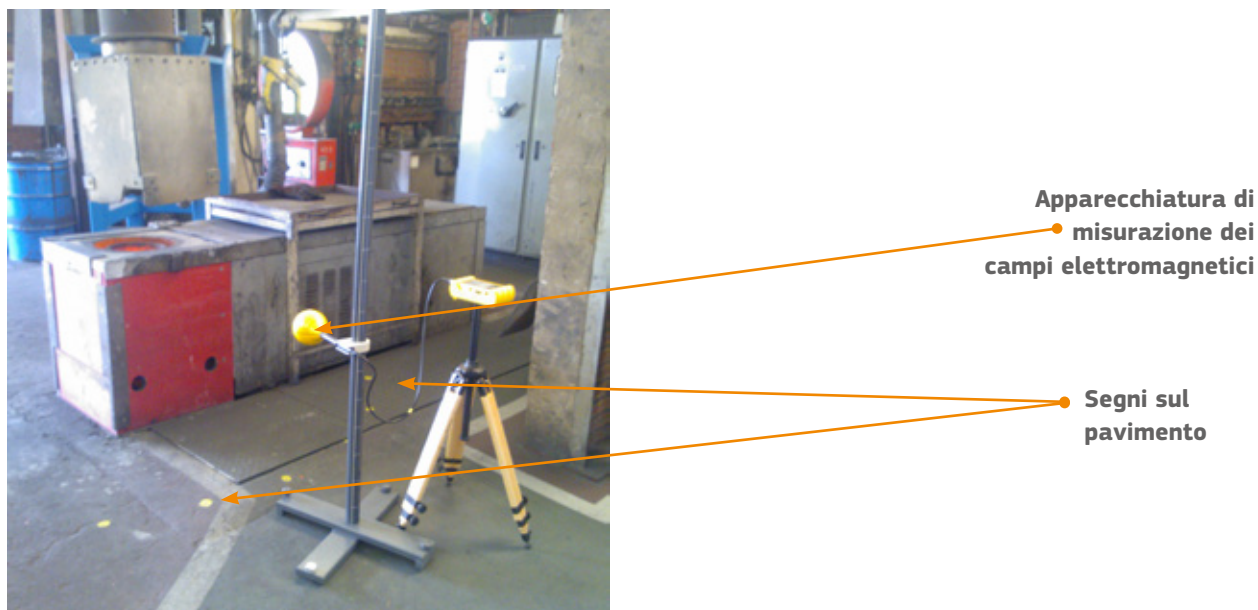
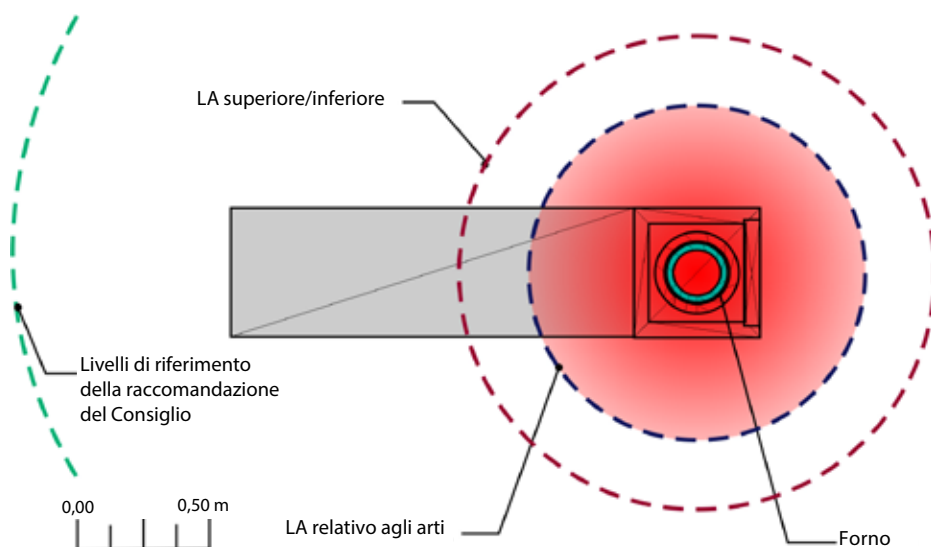


Figura 8.4 — Vista in pianta indicante i perimetri entro i quali i livelli di azione e i livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio potrebbero essere superati intorno al forno a induzione nel piccolo impianto di produzione di leghe



I perimetri mostrati nella figura 8.4 hanno la forma di cerchi collocati al centro del forno. È stato osservato che l'operatore non aveva bisogno di accedere all'area all'interno del perimetro del LA superiore e inferiore quando il forno era in funzione, poiché tutte le mansioni che comportavano l'accesso a quest'area (il carico del crogiolo nel forno prima del processo di fusione e lo scarico dopo il completamento del processo di fusione) erano effettuate a forno spento (figura 8.5). Ciò indicava che la limitazione dell'accesso all'area era la misura migliore per ridurre l'esposizione ai forti campi magnetici. È stato osservato tuttavia che l'installazione di barriere intorno al forno non era praticabile poiché questo avrebbe provocato un'ostruzione e aumentato il rischio di incidenti più gravi durante la manipolazione dei crogioli.

Figura 8.5 — Mansioni che comportano prossimità all'accesso al forno sono state svolte a forno spento



8.6 Valutazione dei rischi

Sulla base della valutazione dell'esposizione effettuata dal consulente, l'azienda ha effettuato una specifica valutazione dei rischi che il sito presentava in relazione ai campi elettromagnetici. Ciò corrisponde alla metodologia proposta da OiRA (la piattaforma interattiva online dell'EU-OSHA per la valutazione del rischio). La valutazione dei rischi ha concluso che:

- i lavoratori esposti a particolari rischi potrebbero dover affrontare un pericolo in una qualunque delle aree di lavoro del sito,
- i lavoratori, tra cui quelli esposti a particolari rischi, avevano accesso illimitato a un'area in cui i LA sono stati superati nel piccolo impianto di produzione di leghe.

Sulla base della valutazione dei rischi l'azienda ha elaborato un piano d'azione che è stato documentato.

Un esempio di specifica valutazione dei rischi derivanti dai campi elettromagnetici per il sito compare nella tabella 8.3.

Tabella 8.3 — Specifica valutazione dei rischi derivanti dai campi elettromagnetici per il sito di fabbricazione metallurgica

| Pericoli | Misure preventive e precauzionali esistenti | Persone a rischio | Gravità | | | Probabilità | | | Valutazione del rischio | Nuove misure preventive e precauzionali |
|--|---|---|---------|-------|---------|-------------|-----------|-----------|-------------------------|--|
| | | | Lieve | Seria | Mortale | Improbabile | Possibile | Probabile | | |
| Effetti diretti del campo magnetico | Nessuna | Lavoratori del piccolo impianto di produzione di leghe | ✓ | | | | | ✓ | Medio | Evitare l'accesso all'area in cui i livelli di azione sono superati |
| | | | | | | | | | | Affiggere segnali di avvertimento adeguati nelle aree di lavoro in cui i livelli di azioni sono superati |
| | | Lavoratori di altre aree valutate | ✓ | | | ✓ | | | Limitato | Dare avvertenze speciali ai lavoratori durante la formazione per la sicurezza del sito |
| | | Visitatori | ✓ | | | | ✓ | | Limitato | Affiggere segnali di avvertimento adeguati per i portatori di impianti medici nei punti di accesso ad altre aree di lavoro |
| | | Lavoratori esposti a particolari rischi (comprese le lavoratrici in gravidanza) | | ✓ | | | ✓ | | Medio | Collocare avvertimenti tra le informazioni sulla sicurezza presenti nel sito destinate a visitatori e appaltatori |
| Effetti indiretti del campo magnetico (interferenza con dispositivi medici impiantati) | Nessuna | Lavoratori esposti a particolari rischi | | ✓ | | | ✓ | | Medio | Cfr. sopra |

8.7 Precauzioni già in vigore

L'accesso ai trasformatori e alle sbarre collettrici associati con l'apparecchiatura era stato limitato a causa del rischio di scosse elettriche, e ciò avrebbe anche limitato in parte l'accesso a campi magnetici potenzialmente forti, ma non erano state adottate precauzioni specificamente correlate all'esposizione ai campi elettromagnetici prima che il consulente effettuasse la valutazione dell'esposizione.

Un'osservazione importante: i LA non sono stati superati in nessuno dei punti normalmente accessibili intorno ai grandi altiforni o alle relative unità di controllo, nonostante le potenze assai maggiori che questi comportavano. Questo probabilmente era il risultato della dimensione fisica dell'apparecchiatura, e pertanto l'accesso ai campi magnetici potenzialmente forti non era possibile. È stato riscontrato che le aree in cui i LA potrebbero essere superati sono ubicate intorno alle apparecchiature più piccole, semplicemente perché a queste è possibile avvicinarsi di più.

8.8 Precauzioni supplementari adottate in seguito alla valutazione

Sulla base dei risultati della valutazione dell'esposizione, l'azienda è stata in grado di introdurre misure di protezione e prevenzione per garantire che i lavoratori, tra cui quelli esposti a particolari rischi, non sarebbero stati esposti a campi elettromagnetici a livelli che potrebbero provocare danni. Sono state adottate ulteriori precauzioni subito dopo la valutazione iniziale dell'esposizione. Si tratta delle misure seguenti:

- ai portatori di impianti medici è stato impedito l'accesso alle aree di lavoro;
- il filmato di presentazione in materia di salute e sicurezza elaborato dall'azienda è stato aggiornato per segnalare la presenza di forti campi magnetici e includere un avvertimento ai portatori di impianti medici;
- nei punti di accesso alle aree di lavoro rilevanti sono stati affissi segnali di avvertimento che comprendevano i pittogrammi «campo magnetico» e «accesso vietato ai portatori di impianti medici», insieme alle corrispondenti descrizioni (figura 8.6).

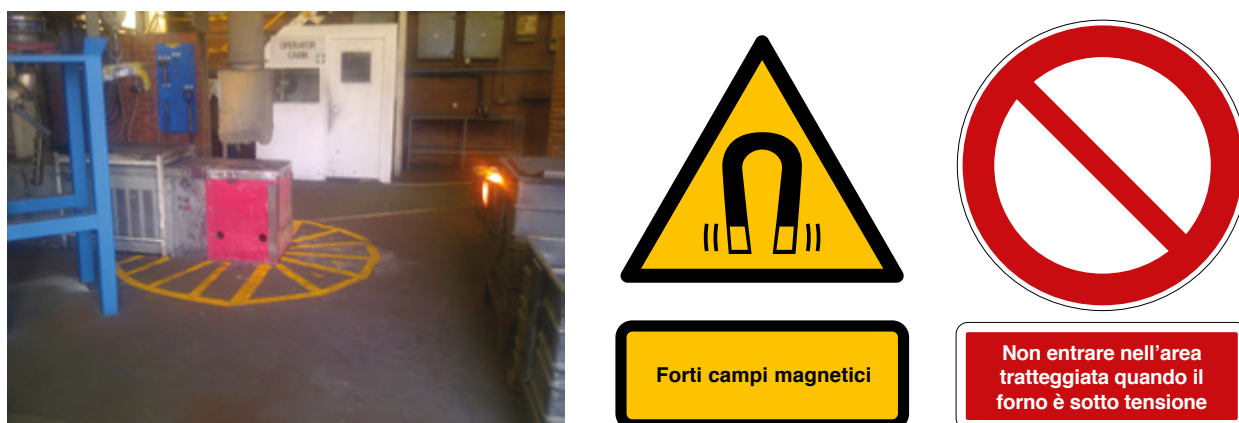
In seguito a una valutazione più dettagliata dell'esposizione sono state adottate altre misure di protezione e prevenzione:

- sul pavimento intorno al forno a induzione sono stati tracciati segni nel piccolo impianto di produzione di leghe per indicare l'area in cui sono stati superati i LA (figura 8.7) e i lavoratori sono stati istruiti a non accedere all'area mentre il forno era in funzione;
- vicino al forno a induzione sono stati affissi segnali di avvertimento che comprendevano il pittogramma «forte campo magnetico» e altri pittogrammi di divieto, nonché le corrispondenti descrizioni (figura 8.7).

Figura 8.6 — Esempio di un segnale di avvertimento affisso presso i punti di accesso alle aree di lavoro



Figura 8.7 — Segnalazione dipinta sul pavimento e connesso cartello di avvertimento per indicare l'area in cui i livelli di azione potrebbero essere superati



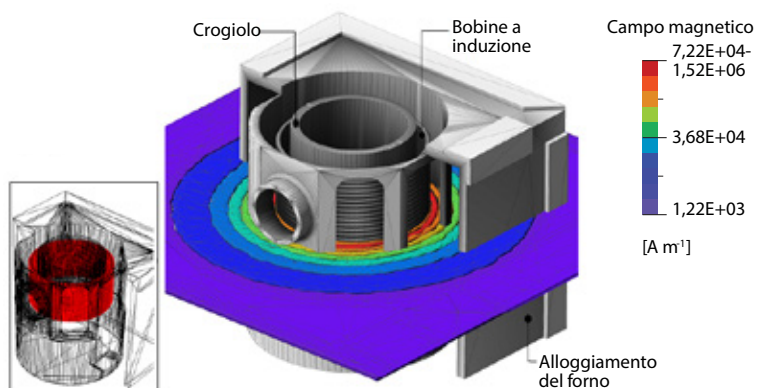
8.9 Riferimento a ulteriori approfondimenti

A fini di completezza, l'azienda ha consultato un esperto per effettuare una modellizzazione informatica dell'esposizione potenziale, in termini di VLE, di un lavoratore in piedi all'interno dell'area tratteggiata mentre l'altoforno del piccolo impianto di produzione di leghe era in funzione.

La modellizzazione informatica è stata effettuata per valutare i campi elettrici interni indotti nel corpo di un operatore in stretta prossimità al forno in funzione. I parametri della modellizzazione sono stati fissati a valori particolari tali che il modello ha prodotto valori di intensità del campo magnetico simili a quelli ottenuti nella fase di misurazione della valutazione dell'esposizione.

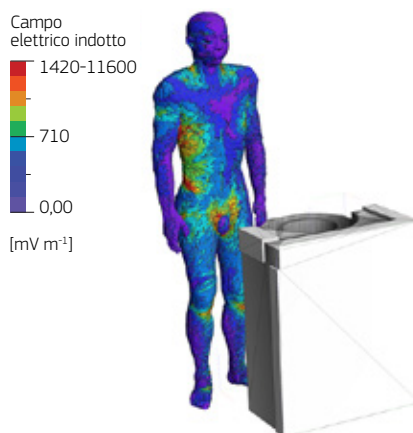
La distribuzione spaziale del campo magnetico nel piano x-y intorno al forno a induzione generato dal modello è mostrata dalla figura 8.8. Questi valori del campo calcolati ben si adattavano ai valori misurati durante la valutazione dell'esposizione e hanno dimostrato ulteriormente che, mentre le intensità del campo magnetico sono relativamente alte vicino alla bobina d'induzione del forno, tali valori si riducono rapidamente con la distanza.

Figura 8.8 — Distribuzione spaziale del campo magnetico nel piano x-y intorno a un'immagine in sezione del forno a induzione, generata dal modello. La bobina a induzione è mostrata in rosso (riquadro)



I calcoli dei campi elettrici interni indotti nel corpo sono stati effettuati per un lavoratore in piedi a 65 cm dal centro del forno a induzione. La distribuzione del campo elettrico indotto in un modello umano è illustrata nella figura 8.9. Il valore più alto del campo elettrico calcolato nel corpo per questa situazione di esposizione era pari a 916 mV m^{-1} (nel tessuto osseo). Questo rappresentava l'83 % dei VLE relativi agli effetti sanitari a 2,43 kHz.

Figura 8.9 — Distribuzione spaziale dei massimi campi elettrici interni indotti in un modello umano derivanti dall'esposizione al forno a induzione

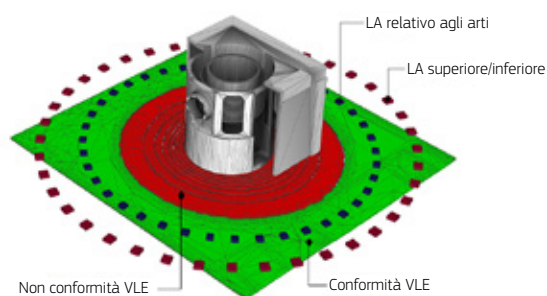


Una regione in cui il VLE relativo agli effetti sanitari potrebbe essere superato dall'esposizione al forno a induzione potrebbe essere definita mediante simulazioni di esposizione, utilizzando il modello umano a diverse distanze dal forno.

È stato riscontrato che il VLE sarebbe superato soltanto se il corpo si trovasse entro un raggio di circa 60 cm dal centro del forno in funzione. La regione è mostrata approssimata in rosso nella figura 8.10. Vengono mostrate anche le aree in cui i LA potrebbero essere superati (figura 8.4).

Dal momento che il forno è stato installato in un alloggiamento le cui misure sono circa 63 cm x 63 cm (estendendosi a una distanza di 31,5 cm dal centro del forno), un lavoratore dovrebbe stare così vicino all'alloggiamento del forno perché i VLE vengano superati, che questo è stato ritenuto uno scenario di esposizione improbabile. L'azienda pertanto si è convinta che i segni tracciati sul pavimento fossero una misura di prevenzione adeguata.

Figura 8.10 — Perimetri intorno al forno a induzione indicanti le regioni in cui il VLE relativo agli effetti sanitari potrebbe essere superato (area rossa). Vengono mostrate anche le regioni in cui il VLE relativo agli effetti sanitari non è superato (area verde e oltre) e le regioni in cui i livelli di azione potrebbero essere superati (quadrati blu e rossi)



9. DISPOSITIVI AL PLASMA A RADIOFREQUENZA (RF)

I dispositivi al plasma a radiofrequenza sono solitamente utilizzati nella fabbricazione di dispositivi a semiconduttore e nella produzione di circuiti integrati. Vengono utilizzati anche in altre industrie per la pulizia di componenti ottiche, applicazioni spettroscopiche e ricerca. Questo studio riguarda i dispositivi al plasma RF utilizzati nel processo di fabbricazione dei wafer in una camera bianca. Il datore di lavoro era preoccupato per il potenziale pericolo per il lavoratore portatore di uno stimolatore cardiaco che si stava preparando per tornare al luogo di lavoro. Il fabbricante dello stimolatore cardiaco ha fornito al datore di lavoro particolari sui limiti di sicurezza dell'esposizione dello stimolatore cardiaco ai campi elettromagnetici.

9.1 Natura del lavoro

Il ruolo del portatore di stimolatore cardiaco solitamente consiste nel caricare i wafer nei dispositivi al plasma a radiofrequenza e nel far funzionare i dispositivi (figura 9.1).

Figura 9.1 — Area di carico del wafer



Figura 9.2 — Camere di reazione nell'area di servizio



9.2 Informazioni sull'apparecchiatura che genera campi elettromagnetici

I dispositivi al plasma a radiofrequenza in questo luogo di lavoro consistono solitamente di una sorgente RF e di una camera di reazione sottovuoto (figura 9.2). Alcuni dispositivi presenti in loco incorporano diverse sorgenti RF e/o diverse camere di reazione. Il campo RF generato è utilizzato per stabilire e mantenere una scarica di plasma, utilizzata per svolgere processi quali incisione, deposizione e strippaggio del wafer all'interno della camera. Le frequenze RF generate possono variare da poche centinaia di kHz fino ad alcuni GHz. Le frequenze più comunemente utilizzate sono 400 kHz, 13,56 MHz e 2,45 GHz.

Con questo tipo di dispositivo il campo RF solitamente sarà schermato dall'alloggiamento dell'apparecchiatura e dalla camera di reazione metallica. La perdita RF è possibile quando ci sono interruzioni nell'alloggiamento dell'apparecchiatura, per esempio pannelli allineati o installati erroneamente, viti mancanti, connettori dei cavi difettosi e danni alle guide d'onda flessibili. Qualsiasi interruzione nella camera di reazione o nelle guide d'onda sarà probabilmente riscontrabile con una perdita di vuoto. Alcune delle camere incorporano sportelli d'ispezione con schermi protettivi (gabbia di Faraday); la mancanza di tali schermi o la presenza di schermi danneggiati può generare la perdita RF.

Alcuni dei dispositivi incorporano anche forti magneti, con la produzione di campi magnetici statici.

9.3 Come viene usata l'applicazione

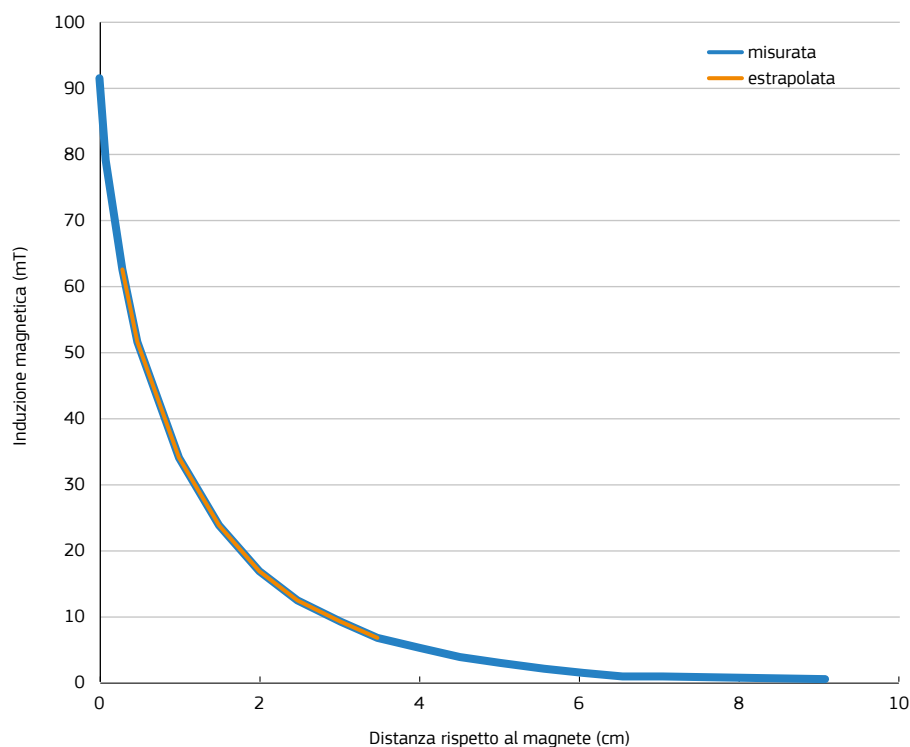
Il portatore di stimolatore cardiaco solitamente rimane nell'area di produzione della camera bianca dove funziona l'apparecchiatura e vengono caricati i wafer. Le camere di reazione e i generatori RF associati a ciascun elemento dell'apparecchiatura vengono collocati nell'area di servizio. Il lavoratore può entrare nell'area di servizio ma non sarà coinvolto nelle attività di revisione né di manutenzione dell'apparecchiatura.

9.4 Approccio alla valutazione dell'esposizione

Sarebbe possibile effettuare misurazioni dei campi elettromagnetici intorno a questa apparecchiatura. Ma questo richiederebbe i servizi di un consulente esperto che utilizza strumenti specializzati. Sarebbero necessari diversi dispositivi di misurazione data la varietà delle frequenze utilizzate. Inoltre, per i campi a frequenza intermedia (per esempio 400 kHz e 13,56 MHz) le misurazioni dovrebbero essere effettuate nel «campo prossimo». I campi elettrici e magnetici dovrebbero essere misurati separatamente. A frequenze superiori (2,45 GHz) le misurazioni generalmente saranno effettuate nel «campo estremo». In questa situazione, i campi elettrici e magnetici si propagano come un'onda elettromagnetica e pertanto è più comune misurare soltanto il campo elettrico. Il campo magnetico può essere desunto poiché i due sono correlati.

Come prima fase della valutazione dell'esposizione, il datore di lavoro ha contattato i fabbricanti dei dispositivi al plasma RF chiedendo informazioni sul potenziale di perdita dei campi RF dall'apparecchiatura, e la distanza sulla quale questo potrebbe rappresentare un pericolo.

Uno dei fabbricanti ha fornito un grafico (figura 9.3) per illustrare come il livello del campo magnetico statico si riduce con la distanza dai forti magneti installati nei dispositivi e ha informato il datore di lavoro che a una distanza di 10 cm dai magneti l'induzione magnetica si riduce al di sotto di 0,5 mT.

Figura 9.3 — Grafico indicante l'induzione magnetica che si riduce con la distanza

Il fabbricante di stimolatori cardiaci ha fornito i limiti di sicurezza per varie fonti di interferenza elettromagnetica (tabella 9.1). Il datore di lavoro ha notato che il valore per i campi magnetici statici era espresso in gauss e avrebbe dovuto essere convertito in millitesla ai sensi della direttiva relativa ai campi elettromagnetici.

Tabella 9.1 — Limiti di sicurezza forniti dal fabbricante di stimolatori cardiaci (limiti specifici del particolare stimolatore cardiaco indossato dal lavoratore)

| Sorgente di interferenza elettromagnetica | Limite di intensità del campo elettromagnetico (rms) |
|---|--|
| Frequenza industriale (50/60 Hz) | 10 000 V/m (6 000 V/m; nominale esterna) |
| Alta frequenza (150 KHz e oltre) | 141 V/m |
| Campi magnetici statici (corrente continua) | 10 gauss |
| Campi magnetici modulati | da 80 A/m fino a 10 kHz e 1 A/m per campi superiori a 10 kHz |

Il datore di lavoro non è stato in grado di ottenere informazioni dai fabbricanti sui campi RF e pertanto ha deciso di nominare un consulente per effettuare misurazioni intorno a una selezione dei dispositivi al plasma RF.

9.5 Risultati della valutazione dell'esposizione

Il datore di lavoro ha convertito i limiti rilevanti forniti dal fabbricante di stimolatori cardiaci (tabella 9.1) nelle stesse unità di grandezza utilizzate dalla direttiva relativa ai campi elettromagnetici (tabella 9.2). La comparazione dei risultati della misurazione con questi limiti dimostra che i limiti dello stimolatore cardiaco non sono stati superati intorno all'incisore al plasma RF.

Tabella 9.2 — Limiti dello stimolatore cardiaco (forniti dal fabbricante di stimolatori cardiaci)

| Frequenza | Limite |
|---|----------------------|
| Campi elettrici, 150 kHz e oltre | 141 Vm ⁻¹ |
| Campi magnetici statici (corrente continua) | 1 mT |
| Campi magnetici superiori a 10 kHz | 1,25 µT |

I risultati delle misurazioni vengono riportati nelle tabelle seguenti. La tabella 9.3 mostra i risultati delle misurazioni effettuate intorno a un incisore al plasma RF che opera a 400 kHz. Le misurazioni sono state effettuate intorno all'intero dispositivo, tuttavia i livelli massimi di campi elettrici e magnetici sono stati riscontrati intorno alle giunture nell'alloggiamento che circonda il generatore RF. I risultati delle misurazioni mostrano che i livelli di azione (LA) di cui alla direttiva relativa ai campi elettromagnetici non sono stati superati.

Tabella 9.3 — Risultati delle misurazioni effettuate intorno all'incisore al plasma RF

| Posizione | Frequenza | Induzione magnetica (µT) | Livello di azione (µT) | Intensità del campo elettrico (Vm ⁻¹) | Livello di azione (Vm ⁻¹) |
|------------------------------------|-----------|--------------------------|------------------------|---|---------------------------------------|
| Alloggiamento per il generatore RF | 400 kHz | 0,05 | 5 | 0,06 | 610 |

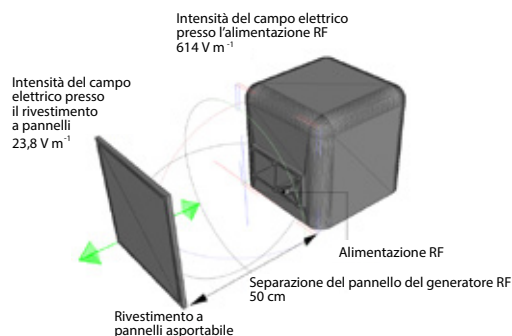
NB: L'incertezza delle misurazioni è stata stimata a ±2,7 dB e conformemente all'approccio del «rischio condiviso» (cfr. appendice D.5 del volume 1 della guida) i risultati sono stati confrontati direttamente con i LA.

La tabella 9.4 mostra i risultati delle misurazioni effettuate intorno a una deposizione fisica da vapore (PVD) che opera a 13,56 MHz. I risultati della misurazione mostrano che i LA della direttiva relativa ai campi elettromagnetici, nonché i limiti dello stimolatore cardiaco della tabella 9.2, sono stati superati in prossimità dell'alimentazione RF nella camera. Queste due ultime posizioni di misurazione sono mostrate nella figura 9.4.

Tabella 9.4 — Risultati delle misurazioni effettuate intorno all'unità PVD

| Posizione | Frequenza del generatore | Induzione magnetica (μT) | Livello di azione (μT) | Intensità del campo elettrico (V m^{-1}) | Livello di azione (V m^{-1}) |
|---|--------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---|---|
| Superficie superiore della camera | 13,56 MHz | 0,04 | 0,2 | 10 | 61 |
| Sotto la camera, in prossimità dell'alimentazione RF nella camera | 13,56 MHz | 2 | 0,2 | 614 | 61 |
| Posizione del rivestimento a pannelli asportabile, collocato a 0,5 m dall'alimentazione RF. | 13,56 MHz | 0,08 | 0,2 | 24 | 61 |

NB: L'incertezza delle misurazioni è stata stimata a $\pm 2,7$ dB e conformemente all'approccio del «rischio condiviso» (cfr. appendice D.5 del volume 1 della guida) i risultati sono stati confrontati direttamente con i LA.

Figura 9.4 — Posizione delle misurazioni effettuate in prossimità dell'alimentazione RF nell'unità PVD

9.6 Valutazione dei rischi

Per quanto riguarda i campi magnetici statici intorno ai magneti, è stato riscontrato che il LA di 0,5 mT, per l'esposizione a dispositivi medici impiantati attivi, potrebbe essere superato entro 10 cm dai magneti. Tuttavia al datore di lavoro era stato fornito un limite meno restrittivo di 1 mT (tabella 9.2) dal fabbricante di stimolatori cardiaci, che era applicabile allo stimolatore cardiaco in questione. Il datore di lavoro pertanto ha utilizzato questo limite nella valutazione dei rischi. Sulla base del grafico fornito dal fabbricante dell'apparecchiatura (figura 9.3) il limite di 1 mT dello stimolatore cardiaco potrebbe essere superato a una distanza inferiore a 10 cm dai magneti (che secondo le stime dovrebbe aggirarsi sui 6 cm).

Per quanto riguarda i campi elettromagnetici RF, è stato osservato che i limiti specificati dal fabbricante di stimolatori cardiaci, nonché i LA, potrebbero essere superati in prossimità dell'alimentazione RF nella camera dell'unità PVD. A 0,5 m dall'alimentazione RF, i livelli sono crollati al di sotto dei limiti dello stimolatore cardiaco e dei LA.

Sia per i campi RF che per i campi magnetici statici il livello del campo è crollato al di sotto dei limiti dello stimolatore cardiaco e dei LA entro una breve distanza.

Sulla base di questa informazione il datore di lavoro ha effettuato una specifica valutazione dei rischi derivanti dai campi elettromagnetici (tabella 9.5) allo scopo di determinare i rischi sia per il portatore di stimolatore cardiaco che per gli altri lavoratori, utilizzando la metodologia proposta da OIRA (la piattaforma interattiva online dell'EU-OSHA per la valutazione del rischio).

In seguito a questa valutazione dei rischi, il datore di lavoro ha deciso che non sarebbe stata necessaria alcuna variazione delle mansioni del portatore dello stimolatore cardiaco; il soggetto non era coinvolto nella manutenzione dell'apparecchiatura, e pertanto non aveva motivo di accedere alle aree (molto vicino all'apparecchiatura) in cui i limiti dello stimolatore cardiaco potrebbero essere superati. È stato deciso che non era necessario proibire l'accesso all'area di servizio poiché i campi più elevati sono molto localizzati. Tuttavia la valutazione dei rischi indica che sarebbe opportuno tener conto anche degli altri lavoratori (per esempio degli addetti alla revisione) e degli appaltatori che potrebbero essere portatori di dispositivi medici impiantati attivi.

9.7 Precauzioni già in vigore

Il datore di lavoro ha ispezionato l'apparecchiatura e ha riveduto le procedure dell'azienda, riscontrando che le seguenti precauzioni erano già in vigore:

- un riparo era stato installato intorno all'alimentazione RF nelle camere, per evitare l'accesso a queste aree (per la misurazione dell'unità PVD, il riparo veniva rimosso);
- l'azienda garantiva l'accurata progettazione di qualsiasi apparecchiatura acquistata. Per esempio, gli sportelli d'ispezione sono adeguatamente schermati per limitare l'esposizione ai campi RF.

Tabella 9.5 — Specifica valutazione dei rischi derivanti dai campi elettromagnetici per dispositivi al plasma RF

| Pericoli | Misure preventive e precauzionali esistenti | Persone a rischio | Gravità | | | Probabilità | Valutazione dei rischi | Nuove misure preventive e precauzionali |
|---|---|---|---------|-------|---------|---------------------------------------|------------------------|---|
| | | | Lieve | Seria | Mortale | Improbabile Possibile Probabile | | |
| Effetti diretti dei campi elettromagnetici: Il livello di azione potrebbe essere superato vicino all'alimentazione RF nell'area di servizio | Pannello installato nell'unità PVD, che impedisce l'accesso all'area in cui il livello di azione è superato | Operatori Addetti alla revisione | ✓ | | | ✓ | Limitato | Informazione e formazione da fornire agli addetti alla revisione e agli operatori Collocare segnali di avvertimento adeguati sull'apparecchiatura |
| Effetti indiretti dei campi elettromagnetici (effetti sui dispositivi medici impiantati attivi): I limiti dello stimolatore cardiaco potrebbero essere superati vicino ai magneti statici e all'alimentazione RF nell'area di servizio | Pannello installato nell'unità PVD, che impedisce l'accesso all'area in cui i limiti dello stimolatore cardiaco sono superati I campi che superano i limiti dello stimolatore cardiaco intorno ai magneti statici sono molto localizzati | Lavoratori esposti a particolari rischi | | ✓ | | ✓ | Limitato | Fornire a tutti i lavoratori informazioni in merito a questo pericolo Collocare avvertimenti tra le informazioni sulla sicurezza presenti nel sito Collocare adeguati segnali di avvertimento e di divieto sull'apparecchiatura |

9.8 Precauzioni supplementari adottate in seguito alla valutazione

In seguito alla valutazione dei rischi, il datore di lavoro ha deciso di attuare ulteriori misure precauzionali, tra cui:

- affiggere cartelli per avvertire della presenza di forti campi magnetici/forti campi RF (a seconda dei casi) e segnali di divieto per i portatori di dispositivi medici impiantati attivi (AIMD), sulle apparecchiature che contengano forti magneti e su pannelli asportabili da cui si acceda a livelli potenzialmente alti di campi RF (figura 9.5);

Figura 9.5 — Esempi di segnali di avvertimento per indicare la presenza di forti campi magnetici e forti campi RF e un'illustrazione del simbolo di divieto per i portatori di AIMD



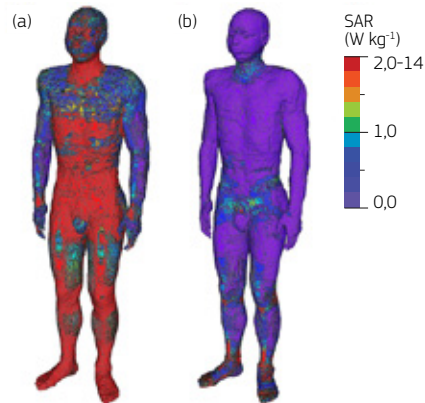
- fornire informazioni, anche sull'esito della valutazione dei rischi, al portatore dello stimolatore cardiaco e al responsabile competente per la medicina del lavoro dell'azienda;
- garantire mediante adeguati programmi di induzione e collegamenti con gli appaltatori che gli altri lavoratori e i visitatori siano a conoscenza dei rischi;
- garantire che i lavoratori siano consapevoli che l'apparecchiatura non deve funzionare se i pannelli sono stati asportati, e che qualsiasi danno all'alloggiamento, alle guide d'onda o agli sportelli schermati dev'essere segnalato a un supervisore.

9.9 Ulteriori informazioni

I risultati misurati sono stati utilizzati come base per la modellizzazione informatica dell'esposizione di un lavoratore in relazione ai valori limite di esposizione (VLE) forniti nella direttiva relativa ai campi elettromagnetici (figura 9.5). La modellizzazione dimostra che vicino all'alimentazione RF, i VLE potrebbero essere superati; il valore del SAR mediato su tutto il corpo era pari al 211 % del VLE per lo stress da calore su tutto il corpo, e il SAR di picco localizzato mediato su una massa di tessuto contiguo di 10 g negli arti era pari al 147 % del VLE per lo stress da calore degli arti. Il VLE per lo stress da calore localizzato nella testa e nel tronco non è stato superato; il SAR di picco localizzato mediato su 10 g di massa contigua nella testa e nel tronco era pari all'89 % del VLE per lo stress da calore localizzato nella testa e nel tronco.

A 0,5 m dall'alimentazione RF l'intensità del campo elettrico misurata è stata riscontrata inferiore al LA e pertanto, come previsto, la modellizzazione ha dimostrato che i valori relativi a tutto il corpo e al SAR localizzato erano assai inferiori ai VLE (meno dello 0,5 %).

Figura 9.6 — Distribuzione del SAR in un lavoratore (a) intorno all'alimentazione RF e (b) intorno al rivestimento a pannelli asportabile, a 50 cm dal generatore RF



10. ANTENNE DA TETTO

10.1 Luogo di lavoro

I tetti degli edifici sono spesso impiegati come utili strutture per installarvi una varietà di antenne per telecomunicazioni, il cui funzionamento trae vantaggio da una posizione più elevata o da una visuale più sgombra. Questo studio riguarda un edificio (figura 10.1) che di recente aveva cambiato proprietà. Il nuovo proprietario intendeva adempiere i propri obblighi giuridici e valutare tutti i rischi cui sono esposti i lavoratori sul tetto.

Figura 10.1 — Antenne settoriali della telefonia mobile e antenna parabolica a microonde sul tetto del vano ascensore



10.2 Natura del lavoro

Ai lavoratori è richiesto di accedere al tetto per svolgere varie ispezioni dell'edificio e mansioni di manutenzione. Tra i lavoratori si annoverano: gli addetti alla pulizia dei vetri, carpentieri specializzati nei lavori sul tetto, tecnici del condizionamento dell'aria, ispettori assicurativi e tecnici di antenne. Questi ultimi gruppi potrebbero aver ricevuto una formazione specializzata in materia di sicurezza per la radiazione da radiofrequenza ed essere dotati di segnali di allarme per il monitoraggio dell'esposizione personale, mentre i gruppi precedenti probabilmente non hanno ricevuto alcuna formazione e di conseguenza hanno scarsa preparazione in merito a questi problemi.

Sarebbe opportuno che gli operatori adottassero una «posizione sicura» al momento di installare le antenne. Ciò significa che le antenne devono essere collocate in modo tale che i lavoratori, stando in piedi sul tetto in una posizione normale, non possano entrare inavvertitamente in una zona di esclusione dell'antenna. La zona di esclusione dell'antenna

è l'area vicino all'antenna in cui l'esposizione potrebbe superare i livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio.

La zona di esclusione dell'antenna dovrebbe essere accessibile soltanto ai lavoratori con dispositivi di salita, come scale o impalcature. Se i lavoratori devono accedere a una zona di esclusione, potrebbe essere necessario spegnere l'antenna. Se la zona di esclusione dell'antenna deve sovrapporsi all'area del tetto in cui è possibile rimanere normalmente in piedi, allora l'area del tetto deve essere delimitata.

10.3 Informazioni sull'apparecchiatura che genera campi elettromagnetici

Le antenne installate sul tetto erano quelle solitamente associate ai sistemi di telecomunicazione mobile, comprese le stazioni base di telefonia mobile e un sistema di cercapersone. Oltre alle antenne settoriali, la stazione base di telefonia mobile includeva anche un collegamento di dati punto a punto. Il proprietario non ignorava che diversi tipi di antenne presentano diversi tipi di pericoli e, in termini generali, che:

- le antenne settoriali della telefonia mobile (800-2 600 MHz) possono presentare un pericolo nel caso di movimento in avanti di qualche metro e, in misura minore, sui lati e all'indietro (figura 10.2);
- le antenne paraboliche a microonde (10-30 GHz) associate alle stazioni base di telefonia mobile tendenzialmente non presentano un pericolo significativo;
- le antenne dipolo e le antenne collineari (a stilo) (80-400 MHz) possono presentare un pericolo un metro o due intorno all'antenna.

Quest'ultimo punto è illustrato dalla modellizzazione informatica per un'antenna dipolo di onda media che opera a 400 MHz (figura 10.3). La tabella 10.1 mostra che, all'aumentare della potenza irradiata da 25 W a 100 W e successivamente a 400 W, i VLE relativi agli effetti sanitari vengono superati a distanze crescenti dall'antenna.

Figura 10.2 — Distribuzione del tasso di assorbimento specifico di energia (SAR) in un lavoratore ubicato vicino a un'antenna settoriale trasmittente del settore della telefonia mobile

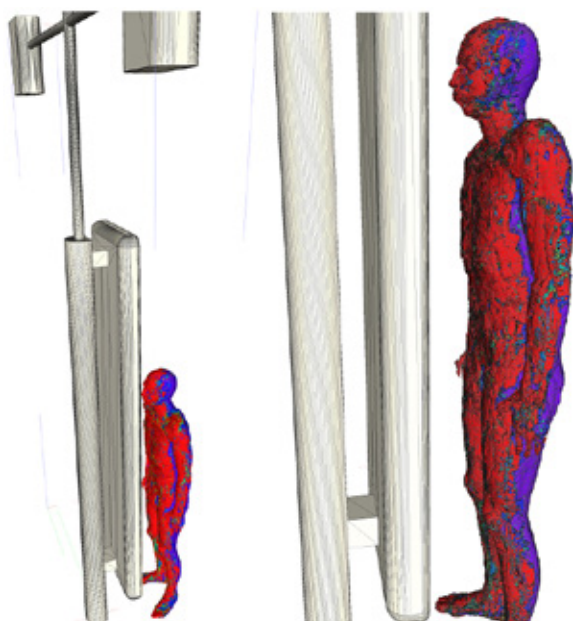


Figura 10.3 — Distribuzione del tasso di assorbimento specifico di energia (SAR) nel modello umano dall'esposizione a un'antenna dipolo di onda media a 25 W, a 20 cm dal tronco. Riquadro: 1 cm dal tronco. In entrambi i casi i valori calcolati del SAR sono inferiori ai VLE relativi agli effetti sanitari corrispondenti

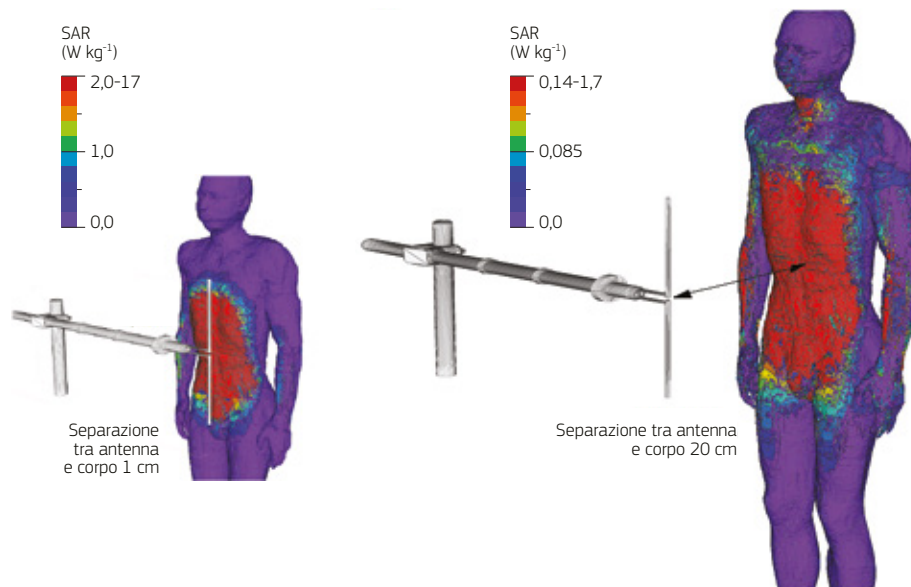


Tabella 10.1 — Valori stabiliti sulla base di modelli informatici per il tasso di assorbimento specifico di energia mediato su tutto il corpo (WBSAR) e il SAR di picco localizzato, mediato su una massa continua di 10 g (SAR 10g cont) per un'antenna dipolo di onda media a 5 W, 25 W, 100 W e 400 W. I valori SAR che superano il VLE relativo agli effetti sanitari corrispondente sono riportati in caratteri rossi

| Distanza (cm) | SAR modellato (Wkg ⁻¹) | | | | | | | |
|---------------|------------------------------------|-------------------------|----------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|
| | Antenna a 5 W | | Antenna a 25 W | | Antenna a 100 W | | Antenna a 400 W | |
| | WBSAR | SAR _{10g cont} | WBSAR | SAR _{10g cont} | WBSAR | SAR _{10g cont} | WBSAR | SAR _{10g cont} |
| 0,1 | 0,0225 | 1,61 | 0,113 | 8,05 | 0,450 | 32,2 | 1,80 | 129 |
| 1 | 0,0194 | 1,28 | 0,0968 | 6,38 | 0,387 | 25,5 | 1,55 | 102 |
| 2 | 0,0168 | 1,04 | 0,0840 | 5,18 | 0,336 | 20,7 | 1,34 | 82,8 |
| 4 | 0,0133 | 0,715 | 0,0663 | 3,58 | 0,265 | 14,3 | 1,06 | 57,2 |
| 6 | 0,0110 | 0,525 | 0,0548 | 2,63 | 0,219 | 10,5 | 0,876 | 42,0 |
| 8 | 0,00945 | 0,406 | 0,0473 | 2,03 | 0,189 | 8,12 | 0,756 | 32,5 |
| 10 | 0,00845 | 0,332 | 0,0423 | 1,66 | 0,169 | 6,63 | 0,676 | 26,5 |
| 12 | 0,00770 | 0,272 | 0,0385 | 1,36 | 0,154 | 5,44 | 0,616 | 21,8 |
| 14 | 0,00725 | 0,234 | 0,0363 | 1,17 | 0,145 | 4,68 | 0,580 | 18,7 |
| 16 | 0,00690 | 0,208 | 0,0345 | 1,04 | 0,138 | 4,16 | 0,552 | 16,6 |
| 18 | 0,00670 | 0,163 | 0,0335 | 0,815 | 0,134 | 3,26 | 0,536 | 13,0 |
| 20 | 0,00660 | 0,177 | 0,0330 | 0,883 | 0,132 | 3,53 | 0,528 | 14,1 |

VLE relativi agli effetti sanitari per le frequenze nella gamma da 100 kHz a 6 GHz per il SAR mediato su tutto il corpo: 0,4 Wkg⁻¹ e per il SAR localizzato nella testa e nel tronco mediato su 10 g di tessuto contiguo: 10 Wkg⁻¹

10.4 Come viene usata l'applicazione

L'apparecchiatura è automatizzata e controllata a distanza dagli operatori. La stazione di base della telefonia mobile adatterà la sua potenza di output a seconda del traffico telefonico trasportato, con un massimo fissato nelle condizioni di concessione delle frequenze. Ciò rende difficile per il proprietario prevedere l'effettivo output in qualunque momento. Anche le frequenze di output sono fissate nelle condizioni di concessione delle frequenze.

Le modifiche dell'installazione e la manutenzione occasionale sono effettuate da subappaltatori nominati dagli operatori.

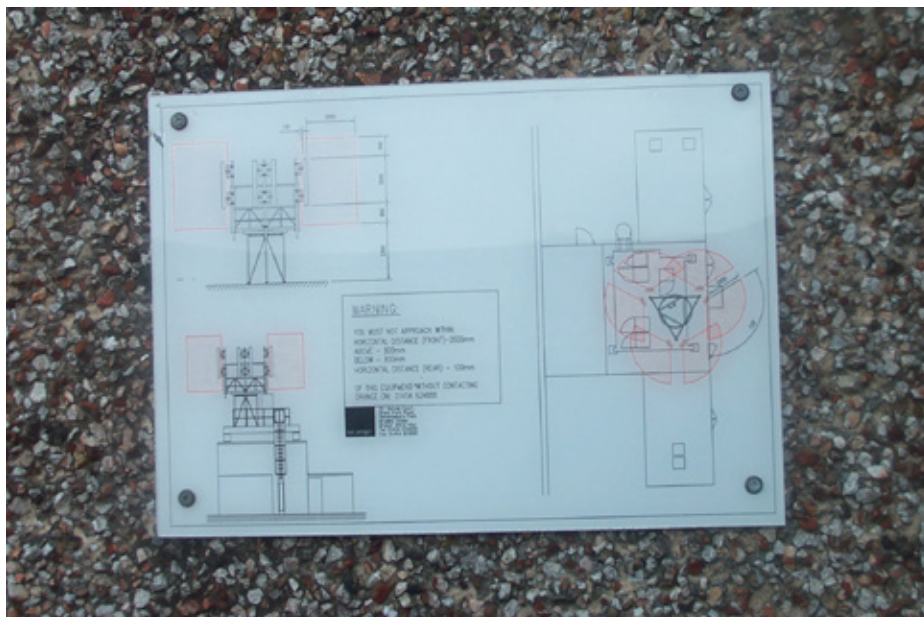
10.5 Approccio alla valutazione dell'esposizione

Una dettagliata valutazione teorica dell'esposizione richiederebbe informazioni su alcuni fattori tra cui il tipo di antenna, le caratteristiche dell'emissione (per esempio la frequenza, la potenza irradiata, i parametri del segnale, il ciclo di funzionamento, il numero dei canali trasmessi), la posizione del lavoratore nel campo di radiazione; la durata dell'esposizione; e contributi da altre fonti.

Sarebbe anche possibile effettuare le misurazioni delle esposizioni sul tetto, benché ciò richieda i servizi di un consulente esperto che utilizzi strumenti speciali. Il proprietario era consapevole che sarebbe stato possibile noleggiare o acquistare uno strumento in Internet a poco prezzo, ma questo non avrebbe dato letture attendibili e forse sarebbe stato sensibile a segnali diversi da quelli di interesse. Il proprietario era altresì consapevole che il ricorso ai servizi di un consulente sarebbe stato costoso e avrebbe fornito soltanto un'istantanea della situazione dell'esposizione al momento delle misurazioni.

Al contrario il proprietario ha svolto un'ispezione visiva di base del tetto per individuare le antenne e i relativi operatori e le ha segnate sulla pianta del tetto. Successivamente ha contattato gli operatori e ha chiesto loro di visitare il sito per identificare le proprie antenne e fornire le relative informazioni di sicurezza. Il proprietario ha poi esaminato il registro di controllo per vedere chi avesse avuto accesso al tetto e ha cercato di determinare la natura del lavoro svolto. Sulla base di queste informazioni, sono stati individuati i punti in cui i lavoratori possono accedere a regioni di campo pericolose o zone di esclusione (figura 10.4). È buona prassi per i lavoratori non avvicinarsi alle antenne irradianti e non esporsi a potenziali livelli di azione (LA) in eccesso; e soprattutto non devono rischiare di toccare antenne irradianti.

Figura 10.4 — Disegno che illustra l'estensione delle zone di esclusione sul tetto



10.6 Risultati della valutazione dell'esposizione

In seguito all'ispezione visiva e ai contatti con gli operatori il proprietario ha raccolto in un fascicolo le informazioni rilevanti sulla sicurezza, successivamente messe a disposizione dei lavoratori che operano sul tetto. Questo comprendeva un inventario dettagliato delle seguenti informazioni relative alle antenne: tipo di antenna (per esempio antenna settoriale, parabola a microonde, dipolo ripiegato), operatore, ubicazione (posizione, altezza, orientamento), parametri operativi, estensione di eventuali zone di esclusione, data di installazione (tabella 10.2).

Tabella 10.2 — Inventario delle antenne da tetto compilato dal proprietario

| Tipo di antenna | Operatore | Ubicazione sul tetto | Parametri operativi | Zona di esclusione | Data di installazione |
|---|---------------|--|---|---|-----------------------|
| Antenne settoriali della telefonia mobile (6 off) | Vodafone | Torre stub sul tetto del vano ascensore Livello 6 m 0°, 120°, 240° | Frequenza 2110-2170 MHz Potenza 56 dBm per segnale ampiezza del raggio 85° Guadagno 17 dBi | 2,5 m anteriore 0,25 m posteriore 0,3 m sopra e sotto | Giugno 2006 |
| parabola a microonde 0,3 m | Vodafone | Asta di supporto sul tetto del vano ascensore Livello 5,5 m 220° | Frequenza 26 GHz Potenza 3 mW ampiezza del raggio 1° Guadagno 44,5 dBm | Nessuna | Giugno 2006 |
| Dipolo ripiegato | Pager Telecom | Vicino al passaggio all'ingresso sul tetto Livello 2 m | Frequenza 138 MHz Potenza 100 W Onnidirezionale Guadagno 2,15 dBi | 2,5 tutto intorno all'antenna | Sconosciuta |

10.7 Valutazione dei rischi

Il proprietario era a conoscenza dell'obbligo di valutare tutti i rischi cui erano esposti i lavoratori che accedevano al tetto (per esempio il rischio generico di scivolare, inciampare e cadere; quello derivante dal fumo proveniente da camini, fumaioli e sfiatatoi; e infine quello presentato dai campi elettromagnetici). Per strutturare il processo è stata usata la metodologia proposta da OiRA (la piattaforma interattiva online dell'EU-OSHA per la valutazione del rischio); nella preparazione della valutazione sono state individuate tutte le informazioni offerte dall'operatore o dal fabbricante di ciascuna antenna. Le informazioni quantitative sull'intensità del campo elettrico generato dall'antenna, o i diagrammi schematici indicanti l'estensione di eventuali zone di esclusione, hanno consentito al proprietario di valutare il livello di rischio. Ove i campi accessibili superavano i LA è stato necessario elaborare e applicare un piano d'azione per far fronte ai relativi rischi.

Un esempio di specifica valutazione dei rischi derivanti dai campi elettromagnetici compare nella tabella 10.3.

Tabella 10.3 — Specifica valutazione dei rischi derivanti dai campi elettromagnetici per le antenne da tetto

| Pericoli | Misure preventive e precauzionali esistenti | Persone a rischio | Gravità | | | Probabilità | | | Valutazione dei rischi | Nuove misure preventive e precauzionali |
|---|---|---|---------|-------|---------|-------------|-----------|-----------|------------------------|---|
| | | | Lieve | Seria | Mortale | Improbabile | Possibile | Probabile | | |
| Effetti diretti del campo a radiofrequenza | Porta di accesso al tetto chiusa a chiave; chiave custodita | Addetti alla pulizia dei vetri | ✓ | | | | ✓ | | Limitato | Allontanare l'antenna del sistema di cercapersone (dipolo ripiegato) dal passaggio |
| | Segnali di avvertimento e divieto | Carpentieri specializzati nei lavori sul tetto | ✓ | | | | ✓ | | Limitato | Installare un fermo meccanico in modo che la piattaforma di pulizia delle finestre non possa essere sollevata di fronte alle antenne settoriali |
| | Antenne settoriali installate nella parte superiore del vano ascensore; relative zone di esclusione inaccessibili | Tecnici del condizionamento dell'aria | ✓ | | | | ✓ | | Limitato | Elaborare una procedura scritta di sicurezza che tutti i lavoratori dovranno leggere (e firmare) prima di poter accedere al tetto |
| | La scala di accesso al tetto del vano ascensore si trova al di là di una porta chiusa a chiave | Ispettori assicurativi | ✓ | | | | ✓ | | Limitato | |
| | Antenne paraboliche installate in alto su delle aste; raggi inaccessibili | Tecnici di antenne | ✓ | | | | ✓ | | Limitato | |
| | | Lavoratori esposti a particolari rischi (lavoratrici in gravidanza) | ✓ | | | | ✓ | | Limitato | |
| Effetti indiretti del campo a radiofrequenza (interferenze con attrezzature mediche elettroniche) | Cfr. sopra | Lavoratori esposti a particolari rischi | | ✓ | | ✓ | | | Limitato | Cfr. sopra La procedura scritta di sicurezza prevede un avvertimento per i portatori di attrezzature mediche elettroniche |

10.8 Precauzioni già in vigore

L'ispezione visiva del tetto compiuta dal proprietario ha rivelato quanto segue:

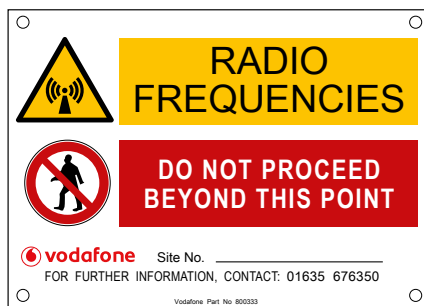
- la porta di accesso al tetto era chiusa a chiave e la chiave era custodita dal responsabile per la sicurezza dell'edificio. Un segnale di avvertimento relativo alla presenza di antenne a radiofrequenza era affisso sul lato interno della porta (figura 10.5a);
- le antenne settoriali della telefonia mobile erano installate nella parte superiore del vano ascensore, e le relative zone di esclusione erano inaccessibili. Segnali di avvertimento sono stati affissi sulle aste di supporto (figura 10.5b) e sugli alloggiamenti delle antenne (figura 10.5c);
- la scala di accesso al tetto del vano ascensore si trovava al di là di una porta chiusa a chiave ed era stato predisposto un segnale di avvertimento (figura 10.5d);
- le antenne paraboliche a microonde sono state installate in alto su delle aste; i loro raggi erano inaccessibili (in ogni caso l'operatore ha dichiarato per iscritto al proprietario che non esistono zone di esclusione).

Figura 10.5 — Segnali di avvertimento

a) sulla porta di accesso al tetto



b) sull'asta di supporto dell'antenna



c) sull'alloggiamento dell'antenna



d) sulla scala di accesso al tetto del vano ascensore



10.9 Precauzioni supplementari adottate in seguito alla valutazione

Il proprietario non era soddisfatto di alcuni aspetti delle modalità di gestione delle installazioni sul tetto, e ha deciso di applicare alcune misure precauzionali supplementari, tra cui:

- l'invito all'operatore del sistema di cercapersone di allontanare la relativa antenna (dipolo ripiegato) dal passaggio (figura 10.6a) e di affiggere un segnale di avvertimento (figura 10.6b);
- l'installazione di un fermo meccanico in modo che la piattaforma di pulizia delle finestre non possa essere sollevata di fronte alle antenne settoriali (figura 10.6c);
- l'elaborazione di una procedura scritta di sicurezza che tutti i lavoratori dovranno leggere (e firmare) prima di poter accedere al tetto. Essa comprende piani di emergenza per gli incidenti ragionevolmente prevedibili.

Figura 10.6

a) antenna del sistema di cercapersone troppo vicina al passaggio



b) il nuovo segnale di avvertimento



c) la piattaforma di pulizia delle finestre non può più essere sollevata di fronte alle antenne



11. RICETRASMETTITORI

11.1 Luogo di lavoro

Questo studio riguarda una piccola impresa di costruzioni i cui lavoratori operano nei cantieri edili. Il capocantiere aveva sentito parlare della nuova direttiva relativa ai campi elettromagnetici e si chiedeva se i lavoratori dovessero adottare precauzioni particolari per utilizzare i ricetrasmittitori.

11.2 Natura del lavoro

I lavoratori si contattano tra loro sul sito utilizzando i ricetrasmittitori che funzionano mediante il servizio 446 (radiomobile privato) PMR non autorizzato (figura 11.1). I dispositivi possono essere utilizzati sul sito da tutti i lavoratori.

Figura 11.1 — Lavoratore che utilizza un ricetrasmittitore sul sito



Dopo aver esaminato le istruzioni del fabbricante, il capocantiere ha stabilito che i dispositivi portatili operano a circa 446 MHz. Tuttavia non ci sono informazioni nelle istruzioni né nella dichiarazione di conformità CE (figura 11.2) sulla potenza effettiva irradiata (PAI) o sui metodi di utilizzo più adatti.

Dopo una ricerca in Internet il capocantiere ha reperito le informazioni fornite dall'autorità di regolamentazione del servizio: in esse si afferma che l'apparecchiatura radio PMR 446 dev'essere portatile, disporre di un'antenna integrale, avere una potenza effettiva irradiata massima di 500 mW ed essere conforme a ETS 300 296.

Figura 11.2 — Dichiarazione di conformità CE fornita con il dispositivo

EC Declaration of Conformity

We the manufacturer / Importer

Declare under our sole responsibility that the following product

Type of equipment: Private Mobile Radio

Model Name: _____

Country of Origin: _____

Brand: _____

complies with the essential protection requirements of R&TTE Directive 1999/5/EC on the approximation of the laws of the Council Directive 2004/108/EC on the approximation of the laws of the Member States relating to *electromagnetic compatibility (EMC)* and the European Community Directive 2006/95/EC relating to *Electrical Safety*.

Assessment of compliance of the product with the requirements relating to the essential requirements according to Article 3 R&TTE was based on Annex III of the Directive 1999/105/EC and the following standards:


EMC&RF:

EN 301-489-5 V1.3.1:(2002-08)
EN 301-489-1 V1.8.1:(2008-04)

EN 300-296-1 V1.1.1:(2001-03)
EN 300-296-2 V1.1.1:(2001-03)
EN 300-341-1 V1.3.1(200012)
EN 300-341-2 V1.1.1(200012)

Electrical Safety:


EN 60950-1:2006



Waste electrical products must not be disposed of with household waste. This equipment should be taken to your local recycling centre for safe treatment.

The product is labelled with the European Approval Marking CE as show. Any Unauthorized modification of the product voids this Declaration.

Manufacturer / Importer
(signature of authorized person)



Signature: (_____)

London,

Signature: _____

Place & Date: 8th Aug, 2010

11.3 Come viene usata l'applicazione

I lavoratori non avevano ricevuto alcuna formazione per l'uso dell'apparecchiatura. Il capocantiere ha svolto un'indagine informale sulla posizione di utilizzo, da cui è emerso che i ricetrasmittitori venivano tenuti di fronte al volto oppure di lato. Inoltre è stato segnalato che le comunicazioni tra i lavoratori erano brevi, e di solito non duravano più di qualche decina di secondi ognuna.

11.4 Approccio alla valutazione dell'esposizione

Nel valutare l'esposizione derivante dai trasmettitori posti vicino al corpo, la conformità ai VLE dev'essere determinata mediante modellizzazione informatica. Idealmente questo compito spetta al fabbricante. Se però tali dati non sono disponibili, si può effettuare una valutazione basandosi sulle informazioni già pubblicate, relative a dispositivi simili. (Può essere utile anche controllare, nella tabella 3.2, capitolo 3, volume 1, della guida, se l'apparecchiatura viene ritenuta conforme a priori alla direttiva relativa ai campi elettromagnetici).

11.5 Risultati della valutazione dell'esposizione

Dopo alcune telefonate ad agenzie governative, al capocantiere sono stati segnalati i dati, già pubblicati, della modellizzazione informatica compiuta per un dispositivo simile che operava a frequenze analoghe (Dimbylow e al.). Ne risultava, per qualsiasi possibile posizione operativa vicino al volto, un tasso massimo di assorbimento specifico di energia (SAR), su 10 g di tessuto contiguo, pari a $3,9 \text{ Wkg}^{-1}$ per potenza di output in watt.

Per valutare questo dato sulla base del VLE relativo agli effetti sanitari per l'esposizione localizzata nella testa a questa frequenza (10 Wkg^{-1}), l'esposizione dev'essere mediata su 6 minuti. Dal momento che le conversazioni si svolgono nei due sensi, il capocantiere ha ipotizzato un ciclo di funzionamento massimo per la trasmissione del 50 %. In base ai dati della modellizzazione il capocantiere è stato in grado di concludere che per superare il VLE sarebbe stato necessario un dispositivo dotato di potenza effettiva irradiata superiore a 5 W.

Il fabbricante non aveva fornito informazioni sulla potenza effettiva irradiata dei ricetrasmittitori, ma l'autorità di regolamentazione aveva già specificato che i dispositivi non avrebbero dovuto superare un output di 0,5 W. Il capocantiere è stato quindi in grado di concludere che l'esposizione derivante dai dispositivi non avrebbe superato i VLE relativi agli effetti sanitari di cui alla direttiva relativa ai campi elettromagnetici.

11.6 Valutazione dei rischi

I risultati della valutazione dell'esposizione indicano che l'uso dei ricetrasmittitori non supera i pertinenti VLE relativi agli effetti sanitari di cui alla direttiva relativa ai campi elettromagnetici. C'è però la possibilità che si producano interferenze con dispositivi medici portati o indossati dai lavoratori. Qualsiasi lavoratore portatore di dispositivi medici dev'essere sottoposto a una valutazione dei rischi individuale nel cui ambito sia possibile identificare e applicare le eventuali precauzioni raccomandate dal medico curante del lavoratore stesso.

11.7 Precauzioni già in vigore

Non erano in vigore precauzioni di sorta.

11.8 Precauzioni supplementari adottate in seguito alla valutazione

Il capocantiere ha deciso di adottare alcune semplici misure:

- con i lavoratori è stata effettuata un'analisi dei rischi informale, comprendente tra l'altro suggerimenti su modi e tempi di uso del ricetrasmittitore, nonché sulle posizioni raccomandate per il suo utilizzo;
- i lavoratori già in servizio sono stati invitati a segnalare se erano esposti a particolari rischi, ad esempio se erano portatori di stimolatori cardiaci;
- tutti i nuovi lavoratori adesso vengono esaminati per verificare se siano esposti a particolari rischi.

12. AEROPORTI

Tra le sorgenti di campi elettromagnetici in questo studio si annoverano:

- il radar di sorveglianza aeroportuale,
- il radiofaro non direzionale,
- l'apparato misuratore di distanza.

12.1 Luogo di lavoro

Il radar, il radiofaro non direzionale (NDB) e l'apparato misuratore di distanza (DME) venivano utilizzati in un aeroporto internazionale che operava aeromobili passeggeri e per il trasporto merci. I luoghi di lavoro interessati presso l'aeroporto erano i seguenti:

- la cabina dell'apparecchiatura radar, che alloggiava il generatore a radiofrequenza (RF),
- la torre in traliccio d'acciaio su cui era installata l'antenna radar,
- la torre di controllo del traffico aereo,
- la cabina dell'apparecchiatura NDB, che alloggiava il generatore RF,
- l'area recintata in cui si trovava l'antenna NDB,
- la caserma dei vigili del fuoco dell'aeroporto, situata vicino all'NDB,
- la cabina del DME, che alloggiava il generatore RF,
- l'area circostante la cabina del DME, su cui era installata l'antenna.

12.2 Natura del lavoro

12.2.1 Radar

La maggior parte del lavoro sul radar veniva svolto dai tecnici del traffico aereo nella cabina dell'apparecchiatura. Occasionalmente questi lavoratori dovevano anche svolgere una parte del loro lavoro sull'antenna. Era possibile che anche altri lavoratori aeroportuali, nella torre di controllo del traffico aereo, che si trovava a circa 80 m di distanza dal radar e ad altezza analoga, fossero esposti alle radiazioni RF provenienti dall'antenna; essi avevano anche espresso preoccupazioni in merito.

12.2.2 Radiofaro non direzionale

La maggior parte del lavoro sull'NDB veniva svolto dai tecnici nella cabina dell'apparecchiatura. Occasionalmente questi lavoratori dovevano anche entrare nell'area recintata dell'NDB per sintonizzare l'NDB affinché esso rispettasse le corrette specifiche di output; questa sintonizzazione veniva effettuata in un alloggiamento ubicato a pochi metri dall'antenna. La prossimità dell'NDB alla caserma dei vigili del fuoco dell'aeroporto suscitava preoccupazione anche nei vigili in servizio all'aeroporto.

12.2.3 Apparato misuratore di distanza

La maggior parte del lavoro sul DME veniva svolto dai tecnici nella cabina dell'apparecchiatura. Solo raramente questi lavoratori dovevano operare sull'antenna, ma altri lavoratori aeroportuali si erano detti preoccupati perché l'antenna si trovava ad appena 2,5 m d'altezza dal suolo, senza limitazioni d'accesso.

12.3 Informazioni sull'apparecchiatura che genera campi elettromagnetici

12.3.1 Radar

Il radar consisteva di un generatore RF, che produce impulsi di radiazione RF, e di un'antenna rotante. Il generatore RF era installato nella cabina dell'apparecchiatura, mentre l'antenna era montata in cima alla torre in traliccio d'acciaio. Il segnale emesso dal generatore RF veniva trasmesso all'antenna da una guida d'onda rettangolare. Un esempio di radar di sorveglianza aeroportuale appare nella figura 12.1; le specifiche tecniche del radar sono indicate nella tabella 12.1.

Figura 12.1 — Esempio di un radar di sorveglianza aeroportuale



Tabella 12.1 — Specifiche tecniche del radar di sorveglianza aeroportuale

| Parametro operativo | Valore o descrizione |
|--|-----------------------|
| Frequenza nominale di trasmissione | 3 GHz |
| Picco nominale della potenza di output | da 480 a 580 kW |
| Potenza nominale media di output | 430 W |
| Durata dell'impulso | da 0,75 a 0,9 μ s |
| Frequenza di ripetizione degli impulsi | 995 Hz |
| Velocità di rotazione dell'antenna | 15 giri/min |

12.3.2 Radiofaro non direzionale

L'NDB consisteva di un generatore RF che produce un segnale RF modulato in ampiezza a 343 kHz, con una potenza massima di 100 W, e di un trasmettitore autoportante formato da un palo a traliccio di 15 m di altezza. L'antenna era installata in un'area recintata, in cui si trovava anche l'alloggiamento dell'apparecchiatura di sintonizzazione. Il generatore RF era installato in una cabina al di fuori dell'area recintata dell'antenna.

12.3.3 Apparato misuratore di distanza

Il DME consisteva di un generatore RF e di un'antenna montata sulla cabina dell'apparecchiatura. Il DME trasmette impulsi di radiazioni RF in risposta ai segnali ricevuti dagli aeromobili che si avvicinano all'aeroporto. I segnali RF vengono trasmessi su una gamma di frequenze da 978 a 1213 MHz con una durata di impulso di 3,5 μ s. L'intervallo tra gli impulsi si colloca tra 12 e 36 μ s.

12.4 Come vengono usate le applicazioni

Il radar, l'NDB e il DME sono automatizzati e controllati a distanza. Le modifiche all'apparecchiatura e gli occasionali lavori di manutenzione vengono svolti da tecnici, che talvolta devono accedere alle antenne. In questi casi il generatore RF viene spento ogni volta che è necessario accedere all'antenna.

12.5 Approccio alla valutazione dell'esposizione

Le misurazioni delle esposizioni sono state effettuate da un consulente esperto che utilizzava strumenti speciali (un'antenna ricevente con guida a cresta collegata a un analizzatore spettrale per fornire una valutazione dettagliata dell'esposizione derivante dal segnale a impulsi in punti specifici, e una sonda triassiale RF per la rilevazione dei pericoli). Le misurazioni sono state effettuate in punti accessibili ai lavoratori mentre l'apparecchiatura stava trasmettendo.

12.5.1 Radar

Data la natura della trasmissione dei segnali radar (il segnale RF è composto da brevi impulsi e l'antenna ruota), in qualsiasi punto dato l'esposizione non è continua; è stato quindi necessario svolgere una valutazione dettagliata dell'esposizione, tenendo conto di due grandezze:

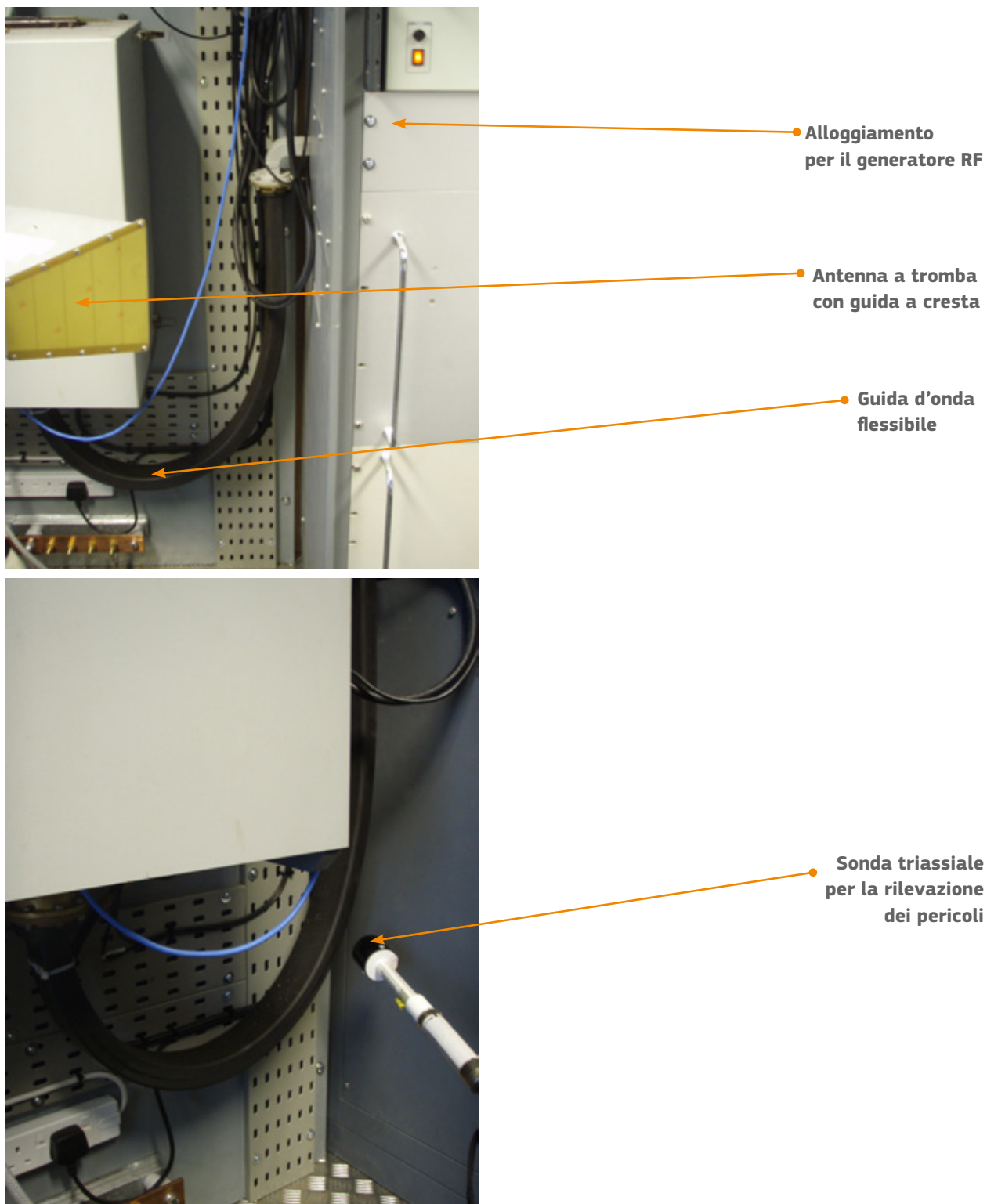
- la densità di potenza di picco, ossia la misura dell'esposizione che un lavoratore potrebbe ricevere da ciascun singolo impulso del segnale RF;
- la densità di potenza media, che viene calcolata a partire dalla densità di potenza di picco ed è la misura dell'esposizione mediata su parecchi minuti, tenendo conto della natura a impulsi del segnale radar e del periodo di rotazione dell'antenna.

Le misurazioni della densità di potenza sono state effettuate in quattro punti della torre di controllo del traffico aereo, utilizzando l'antenna con guida a cresta e l'analizzatore spettrale.

È stata misurata anche l'intensità del campo elettrico in diversi punti utilizzando la sonda RF per la rilevazione dei pericoli.

Le misurazioni sono state effettuate nella cabina dell'apparecchiatura, sulla torre dell'antenna, presso la guida d'onda — con particolare attenzione alle flange di raccordo e alle sezioni della guida d'onda flessibile (figura 12.2) —, la torre di controllo del traffico aereo, e in altre zone circostanti il radar che erano accessibili ai lavoratori, compresi quelli esposti a particolari rischi.

Figura 12.2 — Misurazioni effettuate intorno a una guida d'onda flessibile nella cabina di un'apparecchiatura radar



12.5.2 Radiofaro non direzionale

L'intensità del campo elettrico è stata misurata utilizzando la sonda RF per la rilevazione dei pericoli in punti accessibili ai lavoratori intorno all'NDB, con particolare attenzione alle aree occupate dai tecnici del traffico aereo e dai vigili del fuoco dell'aeroporto.

12.5.3 Apparato misuratore di distanza

L'intensità del campo elettrico è stata misurata utilizzando la sonda RF per la rilevazione dei pericoli all'interno della cabina dell'apparecchiatura e nel punto di accesso all'antenna più vicino all'esterno della cabina; punto che era rappresentativo della posizione di un lavoratore che, in piedi a livello del suolo, levasse la mano verso l'antenna.

12.6 Risultati della valutazione dell'esposizione

I risultati delle misurazioni sono stati comparati con i pertinenti livelli di azione (LA); i risultati significativi della valutazione dell'esposizione sono presentati nelle tabelle 12.2, 12.3 e 12.4. Nel valutare l'esposizione dei lavoratori esposti a particolari rischi, è stata condotta una comparazione con i livelli di riferimento previsti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio (cfr. l'appendice E del volume 1 della presente Guida).

Tabella 12.2 — Sintesi dei risultati della valutazione dell'esposizione al radar

| Punto | Grandezza misurata | Risultato | Frazione di esposizione (percentuale) | |
|--|---------------------------------------|-------------------------|--|---|
| | | | Livello di azione pertinente ^{1, 2} | Livello di riferimento 1999/519/CE ³ |
| Tetto della torre di controllo del traffico aereo | Densità di potenza di picco | 33 000 Wm ⁻² | 66 % | 330 % |
| | Densità di potenza media | 0,012 Wm ⁻² | 0,024 % | 0,12 % |
| Cabina dell'apparecchiatura | Intensità dei massimi campi elettrici | < 0,1 Vm ⁻¹ | < 0,1 % | < 0,2 % |
| 10 cm dalla guida d'onda flessibile all'esterno della cabina dell'apparecchiatura | | 29 Vm ⁻¹ | 21 % | 48 % |
| Posizione del tronco al più vicino punto di accesso all'antenna sulla torre dell'antenna | | 31 Vm ⁻¹ | 22 % | 51 % |

¹ È stato notato che la direttiva relativa ai campi elettromagnetici non fornisce livelli di azione per la densità di potenza delle radiazioni RF a frequenze inferiori a 6 GHz, dato di particolare importanza per i segnali RF a impulsi; pertanto, conformandosi al considerando 15 della direttiva relativa ai campi elettromagnetici, il consulente ha fatto riferimento agli orientamenti della Commissione internazionale per la protezione dalle radiazioni non ionizzanti (ICNIRP) per la valutazione dell'esposizione a radiazione RF a impulsi proveniente da radar, nel modo seguente:

300 GHz: Livello di riferimento professionale per la densità di potenza di picco per radiazioni RF a impulsi per la gamma di frequenze da 2 a 300 GHz: 50 000 Wm⁻²
Livello di riferimento professionale per la densità di potenza media per la gamma di frequenza da 2 a 300 GHz: 50 Wm⁻²

² Livello di azione dell'intensità del campo elettrico per frequenze nella gamma da 2 a 6 GHz: 140 Vm⁻¹

³ Livelli di riferimento della raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio

Densità di potenza di picco per radiazioni RF a impulsi per la gamma di frequenze da 2 a 300 GHz: 10 000 Wm⁻²

Densità di potenza media per la gamma di frequenze da 2 a 300 GHz: 10 Wm⁻²

Intensità del campo elettrico per frequenze nella gamma da 2 a 300 GHz: 61 Vm⁻¹

NB: L'incertezza della misurazione è stata stimata a $\pm 2,7$ dB e conformemente all'approccio del «rischio condiviso» (cfr. appendice D.5 del volume 1 della guida) i risultati sono stati confrontati direttamente con i livelli di riferimento/livelli di azione.

Tabella 12.3 — Sintesi dei risultati della valutazione dell'esposizione all'NDB

| Punto | Intensità dei massimi campi elettrici (Vm^{-1}) | Frazione di esposizione (percentuale) | | |
|--------------------------------------|---|--|--|---|
| | | Livello di azione inferiore ¹ | Livello di azione superiore ² | Livello di riferimento 1999/519/CE ³ |
| Cabina dell'apparecchiatura | 100 | 59 % | 17 % | 120 % |
| Sala personale dei vigili del fuoco | < 0,1 | < 0,1 % | < 0,1 % | < 0,2 % |
| Barriera di recinzione dell'area NDB | 270 | 160 % | 45 % | 310 % |

¹ Livello di azione inferiore dell'intensità del campo elettrico per frequenze nella gamma da 3 kHz a 10 MHz: $170 Vm^{-1}$

² Livello di azione superiore dell'intensità del campo elettrico per frequenze nella gamma da 3 kHz a 10 MHz: $610 Vm^{-1}$

³ Livello di riferimento dell'intensità dei campi elettrici per frequenze nella gamma da 150 kHz a 1 MHz fornito dalla raccomandazione del Consiglio (1999/519/CE): $87 Vm^{-1}$

NB: L'incertezza della misurazione è stata stimata a $\pm 2,7$ dB e conformemente all'approccio del «rischio condiviso» (cfr. appendice D.5 del volume 1 della guida) i risultati sono stati confrontati direttamente con i livelli di riferimento/livelli di azione.

Tabella 12.4 — Sintesi dei risultati della valutazione dell'esposizione al DME

| Punto | Intensità dei massimi campi elettrici (Vm^{-1}) | Frazione di esposizione (percentuale) | |
|---|---|---------------------------------------|---|
| | | Livello di azione ¹ | Livello di riferimento 1999/519/CE ² |
| Cabina dell'apparecchiatura | < 0,1 | < 0,2 % | < 0,3 % |
| 2,5 m al di sopra del livello del suolo, 0,6 m dall'antenna | 14 | 15 % | 33 % |

¹ Livello di azione più restrittivo dell'intensità del campo elettrico per frequenze nella gamma di trasmissione del DME da 978 a 1213 MHz: $94 Vm^{-1}$

² Livello di riferimento più restrittivo dell'intensità dei campi elettrici per frequenze nella gamma di trasmissione del DME da 978 a 1213 MHz fornito dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio: $43 Vm^{-1}$

NB: L'incertezza della misurazione è stata stimata a $\pm 2,7$ dB e conformemente all'approccio del «rischio condiviso» (cfr. appendice D.5 del volume 1 della guida) i risultati sono stati confrontati direttamente con i livelli di riferimento/livelli di azione.

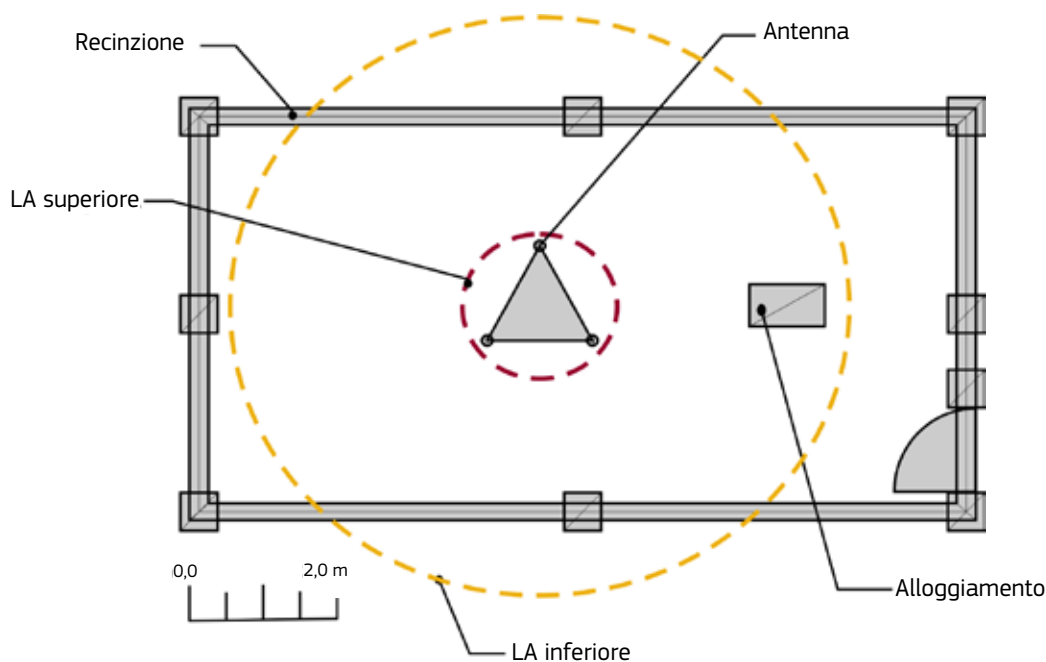
12.6.1 Radar

I risultati della valutazione dell'esposizione indicano che l'esposizione alle radiazioni RF provenienti dal radar era inferiore ai LA previsti dalla direttiva relativa ai campi elettromagnetici. La valutazione ha però rilevato alcune aree in cui i livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio venivano superati, anche se difficilmente tali aree sarebbero state occupate da lavoratori esposti a particolari rischi.

12.6.2 Radiofaro non direzionale

I risultati della valutazione dell'esposizione indicano che l'esposizione alle radiazioni RF provenienti dall'NDB era superiore al LA inferiore per i campi elettrici (figura 12.3) e superiore ai livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio nelle aree esterne alla recinzione che circonda l'NDB. Queste aree potrebbero essere occupate da lavoratori, compresi quelli esposti a particolari rischi.

Figura 12.3 — Vista in pianta indicante i perimetri entro i quali i livelli di azione potrebbero essere superati intorno al radiofaro non direzionale



12.6.3 Apparato misuratore di distanza

I risultati della valutazione dell'esposizione indicano che l'esposizione alle radiazioni RF provenienti dal DME era inferiore al LA e inferiore ai livelli di riferimento forniti nella raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio in tutte le aree accessibili che circondano il DME.

12.7 Valutazione dei rischi

L'operatore aeroportuale ha effettuato valutazioni dei rischi per il radar, l'NDB e il DME sulla base della valutazione dell'esposizione compiuta dal consulente. Ciò corrisponde alla metodologia proposta da OiRA (la piattaforma interattiva online dell'EU-OSHA per la valutazione del rischio). La valutazione dei rischi ha concluso che:

- i lavoratori esposti a particolari rischi potrebbero dover affrontare un pericolo derivante dal radar sul tetto della torre di controllo aereo;
- i lavoratori, compresi quelli esposti a particolari rischi, avevano accesso illimitato alle aree circostanti l'NDB nelle quali il LA inferiore per gli effetti sensoriali veniva superato, poiché la barriera di recinzione era stata collocata troppo vicina al trasmettitore;
- era improbabile che i lavoratori dovessero affrontare un pericolo in relazione al DME.

Sulla base della valutazione dei rischi l'operatore aeroportuale ha elaborato un piano d'azione che è stato documentato.

Esempi di specifiche valutazioni dei rischi derivanti dai campi elettromagnetici per il radar, l'NDB e il DME compaiono nelle tabelle 12.5, 12.6 e 12.7.

Tabella 12.6 — Specifica valutazione dei rischi derivanti dai campi elettromagnetici per radiofaro non direzionale

| Pericoli | Misure preventive e precauzionali esistenti | Persone a rischio | Gravità | | | Probabilità | | | Valutazione dei rischi | Nuove misure preventive e precauzionali |
|---|--|---|---------|-------|---------|-------------|-----------|-----------|------------------------|--|
| | | | Lieve | Seria | Mortale | Improbabile | Possibile | Probabile | | |
| Effetti diretti della radiofrequenza | Limitazione fisica dell'accesso di persone non autorizzate all'area recintata del trasmettitore | Tecnici | ✓ | | | | ✓ | | Limitato | Ricollocare la barriera di recinzione per contenere l'intera aera in cui l'intensità di campo elettrico supera il livello di azione inferiore |
| | Semplice procedura per garantire che il trasmettitore si spenga ogni volta che è necessario avvicinarsi all'antenna | Lavoratori aeroportuali | ✓ | | | | ✓ | | Limitato | Collocare avvertimenti specifici tra le informazioni sulla sicurezza presenti nel sito |
| | Segnali di avvertimento esclusivamente per il rischio di scosse elettriche | Lavoratori esposti a particolari rischi (comprese le lavoratrici in gravidanza) | ✓ | | | | ✓ | | Limitato | Affiggere segnali di avvertimento relativi al pericolo rappresentato dalla radiofrequenza nei punti di accesso all'aera recintata dell'NDB Preparare una procedura per lo svolgimento della sintonizzazione dell'NDB Offrire attività di formazione di sensibilizzazione in materia di sicurezza RF ai tecnici che svolgono la sintonizzazione del segnale NDB |
| Effetti indiretti della radiofrequenza (interferenza con dispositivi medici impiantati) | Segnali di avvertimento esclusivamente per il rischio di scosse elettriche Tutti i lavoratori sono invitati a informare l'operatore aeroportuale qualora siano portatori di impianto medico | Lavoratori esposti a particolari rischi | ✓ | | | ✓ | | | Medio | Cfr. sopra |

Tabella 12.7 — Specifica valutazione dei rischi derivanti dai campi elettromagnetici per l'apparato misuratore di distanza

| Pericoli | Misure preventive e precauzionali esistenti | Persone a rischio | Gravità | | | Probabilità | | | Valutazione dei rischi | Nuove misure preventive e precauzionali |
|---|---|---|---------|-------|---------|-------------|-----------|-----------|------------------------|---|
| | | | Lieve | Seria | Mortale | Improbabile | Possibile | Probabile | | |
| Effetti diretti della radiofrequenza | Semplice procedura per garantire che il trasmettitore si spenga ogni volta che è necessario avvicinarsi all'antenna | Tecnici | ✓ | | | ✓ | | | Limitato | Nessuna |
| | | Lavoratori aeroportuali | ✓ | | | ✓ | | | Limitato | |
| | | Lavoratori esposti a particolari rischi (comprese le lavoratrici in gravidanza) | ✓ | | | ✓ | | | Limitato | |
| Effetti indiretti della radiofrequenza (interferenza con dispositivi medici impiantati) | Tutti i lavoratori sono invitati a informare l'operatore aeroportuale qualora siano portatori di impianto medico | Lavoratori esposti a particolari rischi | | ✓ | | ✓ | | | Limitato | Nessuna |

12.8 Precauzioni già in vigore

12.8.1 Radar

Al radar si associano varie misure di protezione e prevenzione:

- la cabina dell'apparecchiatura e la torre dell'antenna si trovavano in un'area circondata da una recinzione perimetrale sicura;
- la porta della cabina dell'apparecchiatura e il cancello dell'area recintata venivano chiusi a chiave quando non erano custoditi, e l'accesso alle chiavi era limitato al solo personale autorizzato;
- la scala della torre dell'antenna si trovava al di là di un cancello separato, chiuso a chiave, all'interno dell'area recintata;
- segnali di avvertimento (figura 12.4) erano affissi al cancello dell'area recintata del radar e al cancello della scala della torre dell'antenna;
- interblocchi sull'alloggiamento del generatore RF nella cabina dell'apparecchiatura;
- semplice procedura per garantire che il generatore RF si spenga ogni volta che è necessario accedere alla torre dell'antenna;
- salvaguardia per garantire che il generatore RF si spenga se il radar cessa la rotazione;
- tutti i lavoratori aeroportuali sono invitati a informare l'operatore aeroportuale qualora siano portatori di impianto medico.

Figura 12.4 — Segnali di avvertimento sul cancello dell'area recintata del radar (a sinistra) e sul cancello della torre dell'antenna (a destra)



12.8.2 Radiofaro non direzionale

Prima della valutazione dell'esposizione effettuata dal consulente erano in vigore pochissime misure di protezione e prevenzione, limitate ai punti seguenti:

- barriera di recinzione intorno al trasmettitore;
- segnali di avvertimento relativi al rischio di scosse elettriche sono stati affissi alla recinzione che circondava l'NDB;
- semplice procedura per garantire che il generatore RF si spenga ogni volta che è necessario accedere alla torre dell'antenna;
- tutti i lavoratori aeroportuali sono invitati a informare l'operatore aeroportuale qualora siano portatori di impianto medico.

12.8.3 Apparato misuratore di distanza

Una semplice procedura per garantire che il generatore RF si spenga ogni volta che è necessario avvicinarsi all'antenna era già in vigore prima della valutazione dell'esposizione.

12.9 Precauzioni supplementari adottate in seguito alla valutazione

12.9.1 Radar

Le misure di protezione e prevenzione esistenti garantivano che le esposizioni dei lavoratori aeroportuali fossero generalmente inferiori ai LA pertinenti e ai livelli di riferimento forniti dalla raccomandazione (1999/519/CE) del Consiglio per le aree nelle quali sono state effettuate le misurazioni. L'unica eccezione era il tetto della torre di controllo del traffico aereo, dove i lavoratori esposti a particolari rischi potrebbero trovarsi ad affrontare un pericolo derivante dalle radiazioni RF emesse dal radar, benché si ritenga improbabile che tali lavoratori debbano accedere a quell'area.

In seguito alla valutazione dell'esposizione l'operatore aeroportuale ha attuato alcune raccomandazioni minori seguendo le indicazioni del consulente:

- sulla porta di accesso al tetto della torre di controllo del traffico aereo sono stati affissi segnali di avvertimento comprendenti il pittogramma di un'antenna che emette radiazioni e le parole «Attenzione: radiazioni non ionizzanti»;

- ai lavoratori aeroportuali è stata ribadita l'importanza di informare l'operatore aeroportuale, qualora siano portatori di un dispositivo medico impiantato;
- avvertimenti specifici relativi ai pericoli derivanti dalle radiazioni non ionizzanti associate ai radar sono stati inseriti nelle informazioni sulla sicurezza presenti nel sito.

Anche se non è stata attuata in questo caso, un'ulteriore misura di protezione nota come «oscuramento di settore» in cui la trasmissione radar viene effettuata a potenza ridotta per una regione di rotazione predeterminata, potrebbe essere presa in considerazione qualora la valutazione dell'esposizione individui un rischio significativo di esposizione a una radiazione RF emessa da un radar. Si tratta di programmare il radar per ridurre o annullare la potenza della radiazione RF per il periodo della rotazione durante il quale l'antenna è diretta verso l'area interessata. L'uso dell'oscuramento di settore va però soppesato con estrema attenzione e i suoi vantaggi devono essere comparati agli eventuali rischi collegati alla mancanza di dati di sorveglianza che risulterebbe dal fatto che il radar trasmette a potenza ridotta.

12.9.2 Radiofaro non direzionale

Le misure di protezione e prevenzione esistenti sono state giudicate inadeguate e sono state introdotte numerose nuove misure.

In seguito alla valutazione dell'esposizione l'operatore aeroportuale ha attuato molte raccomandazioni seguendo le indicazioni del consulente:

- la barriera di recinzione che circonda l'NDB è stata allontanata dal trasmettitore per inglobarvi l'area in cui l'intensità di campo elettrico superava il LA inferiore. È stato rilevato che una soluzione alternativa allo spostamento della barriera di recinzione sarebbe stata un'attività di formazione dei lavoratori che potrebbero dover accedere all'area, ma lo spostamento della barriera di recinzione ha costituito una soluzione più semplice ed efficace;
- sul cancello dell'area recintata NDB sono stati affissi segnali di avvertimento comprendenti il pittogramma di un'antenna che emette radiazioni e le parole «Attenzione: radiazioni non ionizzanti»;
- è stata elaborata una procedura per lo svolgimento della sintonizzazione del segnale NDB;
- i tecnici a cui potrebbe essere richiesto di svolgere la sintonizzazione dell'NDB all'interno dell'area recintata hanno ricevuto una formazione di sensibilizzazione in materia di radiazioni RF;
- ai lavoratori aeroportuali è stata ribadita l'importanza di informare l'operatore aeroportuale, qualora siano portatori di un dispositivo medico impiantato;
- avvertimenti specifici relativi ai pericoli derivanti dalle radiazioni non ionizzanti associate all'NDB sono stati inseriti nelle informazioni sulla sicurezza presenti nel sito.

12.9.3 Apparato misuratore di distanza

- Non sono state attuate ulteriori misure di protezione e prevenzione dal momento che quelle esistenti sono state giudicate adeguate.

La direttiva 2013/35/UE stabilisce le disposizioni minime di sicurezza relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dai campi elettromagnetici. La presente guida pratica è stata elaborata per aiutare i datori di lavoro, in particolare nelle piccole e medie imprese (PMI), a capire che cosa sia necessario fare per conformarsi alla direttiva, ma può essere utile anche per i lavoratori, i rappresentanti dei lavoratori e le autorità di regolamentazione degli Stati membri. Essa è costituita da due volumi e da una guida specifica per le PMI.

Il volume 1 della guida pratica fornisce consigli per l'esecuzione della valutazione del rischio ed altre informazioni sulle opzioni disponibili nel caso in cui i datori di lavoro debbano adottare ulteriori misure di protezione o di prevenzione.

Il volume 2 presenta dodici studi di casi che spiegano ai datori di lavoro come effettuare le valutazioni ed illustrano alcune delle misure di prevenzione e di protezione che potrebbero scegliere ed applicare. Gli studi di casi sono presentati nel contesto di luoghi di lavoro comuni, ma sono stati svolti sulla base di situazioni di lavoro reali.

La Guida per le PMI offre assistenza per una valutazione iniziale dei rischi derivanti dai campi elettromagnetici sul luogo di lavoro. In base ai suoi risultati, la valutazione aiuta a decidere se è necessario adottare ulteriori misure in conformità alla direttiva relativa ai campi elettromagnetici.

La presente pubblicazione è disponibile in formato elettronico in tutte le lingue ufficiali dell'UE.

È possibile scaricare le pubblicazioni o abbonarsi gratuitamente sul sito

<http://ec.europa.eu/social/publications>

Per ricevere aggiornamenti periodici sulla direzione generale per l'Occupazione, gli affari sociali e l'inclusione è necessario iscriversi per ricevere gratuitamente la newsletter *Social Europe e-newsletter* ai seguenti indirizzi:

<http://ec.europa.eu/social/e-newsletter>



<https://www.facebook.com/socialeurope>



https://twitter.com/EU_Social



Ufficio delle pubblicazioni

doi:10.2767/81062
ISBN 978-92-79-45942-9