

*07 maggio 2019 - ing. Alessandro Rosa*

***LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA INQUINAMENTO  
ELETTROMAGNETICO SUL LUOGO DI LAVORO***

## Argomenti

- *Presentazione*
- *Aggiornamento del D. Lgs. 81/2008: la direttiva 2013/35/UE*
- *Aspetti generali dell'esposizione CEM*
- *Le sorgenti elettromagnetiche nel luogo di lavoro: bassa frequenza*
- *Le sorgenti elettromagnetiche nel luogo di lavoro: alta frequenza*
- *Dettagli della valutazione dell'esposizione*

## *Presentazione del docente*

Ing. Alessandro Rosa (339.4370478, rosa.alessandro@tiscali.it)

- *1989: Laurea in ingegneria Elettronica / Elettromagnetismo*
- *1990-1992: Collaudi sistemi elettroottici/radar*
- *1992-1996: Progetto sviluppo misure sistemi TLC per applicazioni militari*
- *1996-2005: Progetto sviluppo misure sistemi TLC per applicazioni spaziali*
- *1999-oggi: Certificazioni esposizione umana a campi elettromagnetici*

*Clienti: Guardia di Finanza, Carabinieri, Polizia di Stato, Poste Italiane, Capitaneria di Porto, Comune di Roma (Radio Vaticana), Elettronica, Selex, MBDA, Telecom, Rohde&Schwarz, ENAV, Thales, Vitrociset, WASS, ecc.*

- *Oltre 2000 documenti di Certificazione redatti.*
- *Docenze: Master post-laurea TLC Spaziali Univ. Tor Vergata*  
*Corso Base Antenne a personale Ministero Difesa, Corsi*
- *Presentazioni lavori e Articoli a International Conference*

*Aggiornamento D.Lgs. 81/2008*

*La Direttiva 2013/35/UE*

## *Aggiornamento D.Lgs. 81/2008 – Direttiva 2013/35/UE*

### *Successione delle Direttive applicabili:*

*Entrata in vigore Titolo VIII Capo IV (Rischi da esposizione a campi elettromagnetici) del D. Lgs. 81/2008: Art. 306 indica la data dell'entrata in vigore della 2004/40/CE: inizialmente essa entrava in vigore il 30 aprile 2008.*

*La successiva Direttiva 2008/45/CE modificò questa data al 30 aprile 2012 (scopo: evitare il fuori norma di dispositivi elettromedicali essenziali).*

*La Direttiva 2012/11/UE spostò la data al 31 ottobre 2013.*

*La Direttiva 2013/35/UE ha abrogato la 2004/40 e ne dichiara la completa sostituibilità: sarebbe stata già applicabile la valutazione del rischio.*

*2013/35/UE adottata a settembre del 2016. I limiti di esposizione della 2013/35 sono entrati in vigore il 1 luglio 2016.*

## *Aggiornamento D.Lgs. 81/2008 – Direttiva 2013/35/UE*

### *Cenno preliminare al fenomeno fisico:*

- *I campi elettromagnetici sono presenti ovunque ci siano correnti elettriche variabili. Diversamente da altri fenomeni fisici l'esposizione non dipende da dimensione o posizione delle sorgenti, ed è inconsapevole se non evidenziata.*

### *Generalmente si possono distinguere:*

- *bassa frequenza (distribuzione ed uso energia elettrica)*
- *alta frequenza (onde radio ed altri circuiti a radiofrequenza)*

*Distinti in campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici: a seconda di molti parametri (frequenza, distanza dalle correnti di generazione, ecc.) possono essere correlati (campo vicino, campi reattivi...)*

*Successivamente caratteristiche dettagliate ed esempi...*

## Aggiornamento D.Lgs. 81/2008 – Direttiva 2013/35/UE

### Aspetti di aggiornamento della Direttiva 2013/35:

- *la Direttiva considera i risultati di diversi studi ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) ed esperienze di esposizione, i quali hanno dimostrato l'assenza di conseguenze in determinate condizioni*
- *Conseguentemente sono considerate possibili esposizioni a livelli maggiori rispetto alla 2004/40 (basata su iniziali principi di cautela)*
- *In determinati casi sono possibili esposizioni con effetti riscontrabili ma in nessun modo dannosi e completamente annullati all'esaurimento dell'esposizione*
- *Questo nuovo equilibrio consente anche l'utilizzo di apparecchiature elettromedicali di particolare importanza sanitaria*
- *Entro i limiti previsti non sono prevedibili effetti a lungo termine, esclusi da appositi studi ICNIRP*

## *Aggiornamento D.Lgs. 81/2008 – Direttiva 2013/35/UE*

*La Direttiva individua una distinzione più dettagliata degli effetti sanitari, e sono stabiliti limiti per diversi possibili effetti:*

- Valori Limite di Esposizione per effetti sanitari*
- Valori Limite di Esposizione per effetti sensoriali*

*I valori limite di Esposizione derivano dagli studi ICNIRP e sono tali da garantire, una volta cessata l'esposizione:*

- l'eliminazione dell'effetto percepito e*
- l'assenza di conseguenze a breve e lungo termine.*

## *Aggiornamento D.Lgs. 81/2008 – Direttiva 2013/35/UE*

### *Obblighi del Datore di Lavoro: valutazioni (Art. 4)*

*Come per tutti gli agenti fisici, non è necessaria sempre una misura diretta: il Datore di Lavoro valuta e se del caso misura o calcola (con appositi modelli matematici).*

*Nel caso di campi elettromagnetici (invisibili e non intuitivi) è impegnativa una generica valutazione preventiva (per es. riferita ad una stazione MT/BT o a una macchina elettrica, ecc.) senza misurazione diretta.*

*Per la valutazione rischi il Datore di Lavoro può anche basarsi solo sui dati forniti dal costruttore delle diverse apparecchiature. Questo se non vi sono effetti multipli (di sovrapposizione) e se l'installazione non ha modificato le condizioni esterne di emissione della macchina (geometrie, carichi elettrici, ecc.).*

*Misurazioni o calcoli devono essere eseguiti da personale di provata competenza. La competenza deve essere specifica del settore, provata da curriculum (non esiste elenco di esperti)*

## *Aggiornamento D.Lgs. 81/2008 – Direttiva 2013/35/UE*

### *Obblighi del Datore di Lavoro: azioni sul personale esposto*

*Evitare esposizioni inutili: nel caso di valutazione di livelli importanti (anche entro i limiti) è necessario considerare l'aggiornamento dello scenario di lavoro: processi produttivi alternativi, attrezzature, avvisi, ecc.*

*Devono essere sempre considerati con particolare attenzioni lavoratori particolarmente sensibili (utilizzanti stimolatori, in gravidanza, ecc.)*

*I lavoratori potenzialmente esposti a livelli importanti, prossimi ai limiti, devono essere informati (Art.6) su: possibili sintomi, procedure di minimizzazione dell'esposizione, diritto alla sorveglianza sanitaria mirata.*

*Nota: è pratica opportuna individuare le aree dove sono rispettati anche i limiti di esposizione della popolazione (molto più restrittivi per inconsapevolezza), in modo da non vincolare in nessun modo l'area e il Datore di Lavoro.*

## *Aggiornamento D.Lgs. 81/2008 – Direttiva 2013/35/UE*

### *Limiti definiti dalla nuova direttiva*

*VLE: valori limite di esposizione, al di sopra dei quali si possono percepire*

- effetti sanitari (effetti dannosi di riscaldamento o stimolazione)*
- effetti sensoriali (disturbi temporanei delle percezioni o funzioni)*

*LA: livelli di azione. Se rispettati sono rispettati i pertinenti VLE. Utili per correlare i VLE a grandezze rilevabili o determinabili tramite misura o calcolo sui campi elettromagnetici incidenti. Si distinguono ulteriormente in:*

*LA inferiori: limitazione degli effetti sensoriali*

*LA superiori: limitazione degli effetti sanitari*

*LA sono cautelativi e potrebbero essere superati se dimostrato che non sono superati i VLE.*

## Aggiornamento D.Lgs. 81/2008 – Direttiva 2013/35/UE

**LA per esposizione a campi elettrici compresi tra 1 Hz e 10 MHz**

**Limiti definiti dalla  
nuova direttiva  
effetti non termici  
(basse frequenze)**

Gamma di frequenza	Intensità di campo elettrico LA(E) inferiori [Vm <sup>-1</sup> ] (RMS)	Intensità di campo elettrico LA(E) superiori [Vm <sup>-1</sup> ] (RMS)
$1 \leq f < 25 \text{ Hz}$	$2,0 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$
$25 \leq f < 50 \text{ Hz}$	$5,0 \times 10^5/f$	$2,0 \times 10^4$
$50 \text{ Hz} \leq f < 1,64 \text{ kHz}$	$5,0 \times 10^5/f$	$1,0 \times 10^6/f$
$1,64 \leq f < 3 \text{ kHz}$	$5,0 \times 10^5/f$	$6,1 \times 10^2$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$	$1,7 \times 10^2$	$6,1 \times 10^2$

**LA per esposizione a campi magnetici compresi tra 1 Hz e 10 MHz**

Gamma di frequenza	Induzione magnetica LA (B) inferiori [μT] (RMS)	Induzione magnetica LA (B) superiori [μT] (RMS)	Induzione magnetica LA per esposizione arti a campo magnetico localizzato [μT] (RMS)
$1 \leq f < 8 \text{ Hz}$	$2,0 \times 10^5/f^2$	$3,0 \times 10^5/f$	$9,0 \times 10^5/f$
$8 \leq f < 25 \text{ Hz}$	$2,5 \times 10^4/f$	$3,0 \times 10^5/f$	$9,0 \times 10^5/f$
$25 \leq f < 300 \text{ Hz}$	$1,0 \times 10^3$	$3,0 \times 10^5/f$	$9,0 \times 10^5/f$
$300 \text{ Hz} \leq f < 3 \text{ kHz}$	$3,0 \times 10^5/f$	$3,0 \times 10^5/f$	$9,0 \times 10^5/f$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$

Nota B2-1: f è la frequenza espressa in Hertz (Hz).

## Aggiornamento D.Lgs. 81/2008 – Direttiva 2013/35/UE

### Limiti definiti dalla nuova direttiva effetti termici (alte frequenze)

LA per esposizione a campi elettrici e magnetici compresi tra 100 kHz e 300 GHz

Gamma di frequenza	Intensità di campo elettrico LA(E) [ $\text{Vm}^{-1}$ ] (RMS)	Induzione magnetica LA (B) [ $\mu\text{T}$ ] (RMS)	Densità di potenza LA(S) [ $\text{Wm}^{-2}$ ]
$100 \text{ kHz} \leq f < 1 \text{ MHz}$	$6,1 \times 10^2$	$2,0 \times 10^6/f$	—
$1 \leq f < 10 \text{ MHz}$	$6,1 \times 10^8/f$	$2,0 \times 10^6/f$	—
$10 \leq f < 400 \text{ MHz}$	61	0,2	—
$400 \text{ MHz} \leq f < 2 \text{ GHz}$	$3 \times 10^{-3} f^{3/2}$	$1,0 \times 10^{-5} f^{3/2}$	—
$2 \leq f < 6 \text{ GHz}$	$1,4 \times 10^2$	$4,5 \times 10^{-1}$	—
$6 \leq f \leq 300 \text{ GHz}$	$1,4 \times 10^2$	$4,5 \times 10^{-1}$	50

Nota B1-1: f è la frequenza espressa in Hertz (Hz).

## *Aggiornamento D.Lgs. 81/2008 – Direttiva 2013/35/UE*

### *Limiti definiti dalla direttiva*

*Tutti i valori sono molto superiori rispetto ai limiti associati alla popolazione.*

*Esposti per motivi di lavoro: coloro per i quali il processo produttivo implica esposizione:  
saldatori, addetti a sistemi TLC, vigilanza, addetti a macchine elettriche, ecc.*

*Tutti gli altri lavoratori NON sono esposti per motivi di lavoro (per es. uffici...)*

*In generale, allo scopo di limitare il personale elencato come esposto al particolare agente fisico e per non generare timori con segnalazioni e avvisi, è utile individuare le aree dove sono rispettati anche i limiti applicabili alla popolazione, quindi di libero accesso a chiunque (distinzione in zone, tipo Direttiva SMD)*

*Successivamente esempi pratici e confronto con la popolazione*

## *Aggiornamento D.Lgs. 81/2008 – Direttiva 2013/35/UE*

### *Obblighi del Datore di Lavoro: deroghe*

*La segnalazione di possibile esposizione a campi elettromagnetici è sempre opportuna (per invisibilità dell'agente fisico) tuttavia non è necessaria se l'area non è liberamente accessibile ed accessibile solo da personale addetto.*

*In modo del tutto innovativo la Direttiva 2013/35, Art. 10 introduce la possibilità di superamento del limite stabilito, in determinate condizioni:*

- per particolari apparecchiature elettromedicali,*
- in impianti militari operativi (previsto anche dalle direttive SMD)*
- per “circostanze debitamente giustificate” avendo applicato tutte le misure possibili e verificando tramite appositi riferimenti l'assenza di effetti nocivi.*

## *Aggiornamento D.Lgs. 81/2008 – Direttiva 2013/35/UE*

### *Categorie a rischio: lavoratori esposti a rischi particolari*

- *Persone con dispositivi medici attivi impiantati (stimolatori)*
- *Persone con dispositivi medici continui (pompe insuliniche)*
- *Persone in stato di gravidanza*

*Per essi può non essere sufficiente il rispetto dei limiti 81/2008, ma è opportuno mantenere il rispetto dei limiti della popolazione, maggiormente restrittivi.*

*Diviene necessario individuare le aree dove sono rispettati anche i limiti applicabili alla popolazione, quindi di libero accesso a chiunque (distinzione in zone, tipo Direttiva SMD)*

*Aspetti generali dell'esposizione  
a campi elettromagnetici*

## *Esposizione a campi elettromagnetici*

### *Caratteristiche fisiche del fenomeno elettromagnetico*

*Il campo elettromagnetico è un fenomeno naturale, generato dal movimento di cariche elettriche. Nelle forme e livelli utilizzati comunemente dall'uomo per la telecomunicazione o per il trasporto di energia elettrica non è presente in natura.*

*E' un agente fisico invisibile, i cui aspetti non sono intuitivi: sorgenti, propagazione, controllo, protezione, interazione...*

*E' comune (effetti, metodi e normative) distinguere i fenomeni elettromagnetici in:*

- bassa frequenza (distribuzione ed uso energia elettrica)*
- alta frequenza (onde radio ed altri circuiti a radiofrequenza)*

*Per esempio le normative della popolazione distinguono i due aspetti, 81/2008 non li distingue, ma sono due estremi dello stesso fenomeno.*

## *Esposizione a campi elettromagnetici*

### *Caratteristiche fisiche tipiche dei campi a Bassa Frequenza*

*Esempi: elettrodotti e linee di distribuzione dell'energia elettrica; motori elettrici, trasformatori, quadri elettrici, cabine MTBT, UPS, lampade...*

- *Sono sempre distinti il campo elettrico ed il campo magnetico*
- *Sono generati ovunque vi sia un percorso articolato di corrente elettrica*
- *I mezzi percorsi non sono risonanti quindi non vi è emissione propagativa: il campo decade rapidamente (generalmente in modo proporzionale all'inverso del cubo della distanza)*
- *I campi magnetici sono poco schermabili (non esistono correnti equivalenti)*

## *Esposizione a campi elettromagnetici*

### *Caratteristiche fisiche tipiche dei campi a Bassa Frequenza*

*Sono presenti sempre nei luoghi di lavoro e nelle abitazioni. Dato che il decadimento del campo è rapidissimo rispetto alla distanza sono molto localizzati, quindi usualmente trascurabili, tranne due situazioni:*

- *dispositivi con elevata potenza assorbita (quadri elettrici e controller di motori elettrici di alta potenza, oltre 3/5 KW)*
- *alte concentrazioni localizzate di campo magnetico: DC-DC converter poco filtrati, dispositivi di scarica (lampade)...*

## *Esposizione a campi elettromagnetici*

### *Caratteristiche fisiche tipiche dei campi ad Alta Frequenza*

*Esempi: sistemi di telecomunicazione e telerilevamento e residui dei dispositivi a bassa frequenza. Radio trasmettitori, wifi, telefonia, sorveglianza, ecc*

- *Non sempre campo elettrico e campo magnetico sono correlati: è competenza del tecnico esperto valutare la necessità di rilevamento delle due grandezze (sulla base della presenza di campi reattivi, anche da correnti indotte).*
- *Si possono propagare nello spazio con limitata attenuazione (decadimento proporzionale alla distanza) attraverso antenne trasmettenti localizzabili.*
- *Non viene generato involontariamente, ma servono appositi trasmettitori ed antenne. Eventuale generazione incontrollabile è possibile ma non propagativa.*

## *Esposizione a campi elettromagnetici*

*Effetti sanitari conseguenti all'esposizione a campi elettromagnetici, come individuati dagli studi ICNIRP e ripresi dalla Direttiva 2013/35:*

*Effetti non termici: tipicamente dovuti a correnti indotte a bassa frequenza:*

- *interferenza con alcuni processi fisiologici,*
- *effetti presenti durante il periodo di esposizione*
- *completamente annullati senza residui alla cessazione dell'esposizione.*

*Effetti termici: vibrazione di molecole per risonanza:*

- *riscaldamento dei tessuti per attrito (tipicamente molecole di acqua)*
- *l'eventuale danno è immediato (non ritardato)*

## *Esposizione a campi elettromagnetici*

*Effetti sanitari particolari conseguenti all'esposizione a campi elettromagnetici.*

*Studi ormai protratti negli anni hanno dimostrato l'assenza di correlazione fra forme tumorali ed esposizione a campi elettromagnetici.*

*La IARC (International Agency for Research on Cancer) ha classificato i campi elettromagnetici (alta frequenza e bassa frequenza) in Classe 2B: come "possibili cancerogeni" come altre sostanze di usuali lavorazioni (bitume, benzina, fumi di saldatura...) o di uso comune (caffè...)*

*Nota: Criteri IARC basati su risultanze consolidate: Classe 1: sicuramente cancerogeno, 2A Probabilmente cancerogeno*

## *Esposizione a campi elettromagnetici*

*Confronti rispetto all'esposizione della popolazione:*

*Limiti (DPCM 8 luglio 2003 G.U. 199) per l'alta frequenza:*

<i>Banda</i>	<i>Limite di esposizione Campo Elettrico E</i>	<i>Limite di esposizione Campo Magnetico H</i>	<i>Limite di esposizione Densità di Potenza D</i>
0.1 MHz – 3 MHz	60 V/m	0.2 A/m	-
3 MHz – 3 GHz	20 V/m	0.05 A/m	1 W/mq
3 GHz – 300 GHz	40 V/m	0.10 A/m	4 W/mq

<i>Banda</i>	<i>Limite di esposizione Campo Elettrico E</i>	<i>Limite di esposizione Campo Magnetico H</i>	<i>Limite di esposizione Densità di Potenza D</i>
0.1 MHz – 300 GHz	6 V/m	0.016 A/m	0.10 W/mq (da 3 MHz)

*seconda tabella per aree destinate a permanenza prolungata.*

## *Esposizione a campi elettromagnetici*

*Confronti rispetto all'esposizione della popolazione:*

*Limiti (DPCM 8 luglio 2003 G.U. 200) per la bassa frequenza:*

Tipo di esposizione	Campo elettrico	Induzione magnetica
Limite massimo di esposizione.	5000 V/m Da intendersi come valori efficaci.	100 $\mu$ T Da intendersi come valori efficaci.
Valori di attenzione. Aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere.	5000 V/m Da intendersi come valori efficaci.	10 $\mu$ T Da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.
Obiettivi di qualita' Progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere. Progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimita' di linee ed installazioni elettriche gia' presenti nel territorio.	5000 V/m Da intendersi come valori efficaci.	3 $\mu$ T Da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

## *Esposizione a campi elettromagnetici*

### *Confronti rispetto all'esposizione della popolazione*

- *L'esposizione della popolazione è inconsapevole*
- *è spesso non riconoscibile (sorgenti non conosciute, non intuitive)*
- *è relativa anche a soggetti particolarmente sensibili*

### *L'esposizione dei lavoratori, da D.Lgs. 81/2008*

- *è valutata e circostanziata dal Datore di Lavoro*
- *i lavoratori esposti sono noti, formati ed informati*
- *qualsiasi circostanza di avvicinamento ai limiti è esaminata*
- *è controllata rigorosamente l'esposizione di lavoratori particolarmente sensibili*

*Quindi i limiti applicabili alla popolazione sono molto più restrittivi.*

## *Esposizione a campi elettromagnetici*

*Confronti rispetto all'esposizione della popolazione*

*Bassa frequenza: esempio alla frequenza di 50 Hz*

<i>POPOLAZIONE: Frequenza</i>	<i>Limite di esposizione Campo Elettrico</i>	<i>Limite di esposizione Induzione Magnetica</i>
50 Hz	5 KV/m	10 $\mu$ T

<i>LUOGO DI LAVORO: Frequenza</i>	<i>Limite di esposizione Campo Elettrico E</i>	<i>Limite di esposizione Induzione Magnetica</i>
50 Hz	10-20 KV/m	1000-6000 $\mu$ T

## *Esposizione a campi elettromagnetici*

*Confronti rispetto all'esposizione della popolazione*

*Alta frequenza: esempi alle frequenze di 30 MHz, 900 MHz e 2 GHz*

<i>POPOLAZIONE: Frequenza</i>	<i>Limite di esposizione Campo Elettrico</i>	<i>Limite di esposizione Campo Magnetico</i>
30 MHz	20 (6) V/m	0.05 (0.016) A/m
900 MHz	20 (6) V/m	0.05 (0.016) A/m
2 GHz	20 (6) V/m	0.05 (0.016) A/m

<i>LUOGO DI LAVORO: Frequenza</i>	<i>Limite di esposizione Campo Elettrico E</i>	<i>Limite di esposizione Campo Magnetico</i>
30 MHz	61 V/m	0.16 A/m
900 MHz	90 V/m	0.24 A/m
2 GHz	140 V/m	0.37 A/m

## *Esposizione a campi elettromagnetici*

### *Casi particolari comuni:*

- *Alta frequenza: segnali impulsivi (non costanti): limite su valor medio e valore di picco:  
Limite non esistente per la popolazione (Racc. 1999-519-CE – obbligo?)  
Limite esistente per 81/2008  
Es: radar, DME, segnali UMTS, LTE, ecc.*
- *Bassa frequenza: segnali non puri: 81/2008 prevede il metodo del picco ponderato  
Es: alimentatori con carico variabile, DC-DC converter*

*Sorgenti elettromagnetiche*

*nel luogo di lavoro: bassa frequenza*

## *Sorgenti elettromagnetiche – Bassa frequenza*

*Misura delle aree circostanti una pompa ad alta pressione*

- *Bassa frequenza*

*Livelli non significativi (ottima schermatura)  
Passaggio a distanza adeguata dalle linee  
di alimentazione.*



Strisce di delimitazione del passaggio.

## *Sorgenti elettromagnetiche – Bassa frequenza*

*Misura delle aree circostanti un banco di una saldatrice elettrica*

- *Bassa frequenza*

*Cavi avvolti in prossimità della postazione  
operatore: moltiplicazione del campo*

*Livelli di campo magnetico estremamente  
elevati: prescrizioni d'uso e raccomandazioni.*



## *Sorgenti elettromagnetiche – Bassa frequenza*

*Misura delle aree circostanti un tornio: area del motore*

- *Bassa frequenza*

*Carter di copertura del motore non presente:*

*Livelli di campo magnetico elevati (entro i limiti)*

*Raccomandazioni di interdizione dell'accesso*

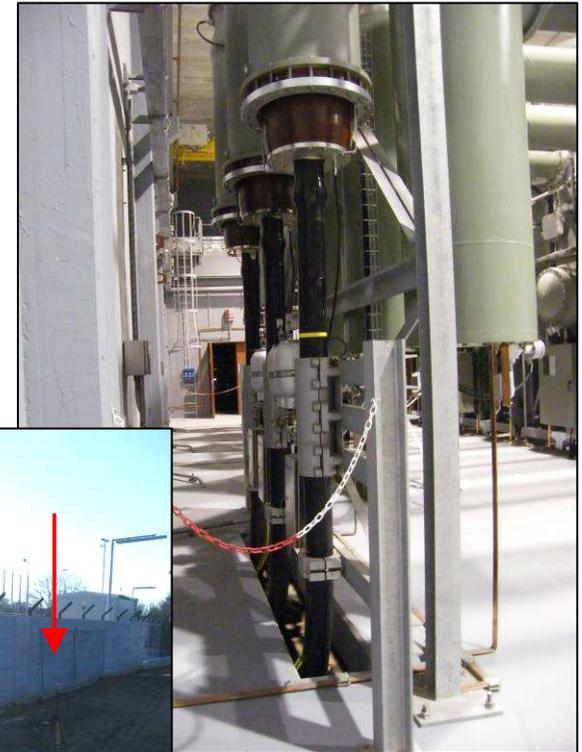


## *Sorgenti elettromagnetiche – Bassa frequenza*

*Misura delle aree circostanti linee alta tensione interrate*

- *Bassa frequenza (limiti della schermatura)*

*Campo elettrico conforme. Campo magnetico non conforme all'esposizione della popolazione.*



## *Sorgenti elettromagnetiche – Bassa frequenza*

*Misura delle aree prossime ad un quadro elettrico*

- *Bassa frequenza*

*Prossimità di inverter e DC-DC converter*

*Livelli di campo magnetico superiori al limite per la popolazione, ma non propagativo e localizzato.*



## *Sorgenti elettromagnetiche – Bassa frequenza*

*Misura delle aree esterne prossime a linea di elettrodotto*

- *Bassa frequenza*

*Situazioni pregresse all'emissione delle normative (Legge 36/2001 e successivi Decreti): anomalie di installazione: livelli superiori ai limiti oggi applicabili alle aree ufficio, assimilabili a popolazione.*



## *Sorgenti elettromagnetiche – Bassa frequenza*

### *Bassa frequenza: Protezione e risanamento*

*L'esposizione a campi elettromagnetici a bassa frequenza può essere gestita e limitata sfruttando le caratteristiche di propagazione limitata ed esposizione localizzata.*

*Salvo casi particolari l'emissione a bassa frequenza in campo magnetico non è schermabile quindi il risanamento prevede l'allontanamento della postazione di lavoro dalla sorgente.*

- Delocalizzazione delle sorgenti (posizionamento degli apparecchi, percorso dei cavi liberi,...)*
- Prescrizioni di avvicinamento ed accesso (recinzioni visive o fisiche)*
- Monitoraggio prolungato e dettagliato*

*Sorgenti elettromagnetiche*

*nel luogo di lavoro: alta frequenza*

## *Sorgenti elettromagnetiche – Alta frequenza*

*Misura delle aree circostanti un inverter al servizio di pannelli fotovoltaici*

- *Alta frequenza*

*Livelli significativi in prossimità dei dispositivi di trasformazione (superiori ai limiti per non addetti).*



## *Sorgenti elettromagnetiche – Alta frequenza*

*Misura delle aree circostanti le antenne del servizio WiFi*

- *Alta frequenza*

*Livelli significativi in prossimità delle antenne.  
Esposizione della popolazione (tutti i lavoratori)  
entro i limiti se correttamente installata. Standard  
normativo.*



## *Sorgenti elettromagnetiche – Alta frequenza*

*Misura della postazione operatore apparecchio elettromedicale*

- *Alta (e bassa) frequenza*

*Livelli significativi in prossimità dei dispositivi attivi.  
Prescrizioni e raccomandazioni d'uso e procedure di  
attivazione delle macchine.*



## *Sorgenti elettromagnetiche – Alta frequenza*

*Misura delle aree circostanti antenne satellitari:*

- *Alta (e bassa) frequenza*

*Livelli significativi in prossimità delle aree strettamente circostanti.*

*Prescrizioni di accesso, recinzioni, avvisatori.*

*Misura delle aree circostanti antenne di telefonia mobile.*

- *Alta frequenza*

*Livelli significativi nelle coperture circostanti e in condizioni urbanistiche vincolate o multigestore*



## *Sorgenti elettromagnetiche – Alta frequenza*

### *Alta frequenza: Protezione e risanamento*

*L'esposizione a campi elettromagnetici ad alta frequenza può essere gestita e limitata sfruttando le caratteristiche di schermabilità, tranne casi evidenti di diffusi e intensi campi reattivi, propagati anche tramite strutture metalliche.*

*E' sempre opportuno valutare interventi in successione: sorgenti, percorso, recettori*

- Maggiore direzionalità delle sorgenti, quote diverse di irradiazione*
- Eventuali schermature fisiche (limitate)*
- Prescrizioni di avvicinamento ed accesso (recinzioni visive o fisiche)*
- Monitoraggio dettagliato e prolungato*

*Dettagli della  
valutazione dell'esposizione*

## *Dettagli della valutazione dell'esposizione*

*Valutazione del rischio da campi elettromagnetici*

*Situazioni ben circostanziate e documentate:*

*1 – valutazione qualitativa: presenza o meno di sorgenti significative*

*2 – quantificazione documentale: dati disponibili per le sorgenti esistenti*

*per sorgenti non note o combinazione di sorgenti complesse:*

*3 – analisi di un accurato modello elettromagnetico*

*4 – in alternativa: misura diretta*

## *Dettagli della valutazione dell'esposizione*

### *Valutazione qualitativa*

*La valutazione si può concludere con la dichiarazione di assenza di esposizioni:*

- per assenza di sorgenti significative nel processo produttivo*
- per verifica dell'assenza di sorgenti esterne al processo produttivo*
- per posizione delle postazioni di lavoro rispetto ad eventuali sorgenti ipotizzabili*

## *Dettagli della valutazione dell'esposizione*

### Quantificazione documentale delle sorgenti esistenti

*La valutazione si può concludere con la definizione della possibile esposizione:*

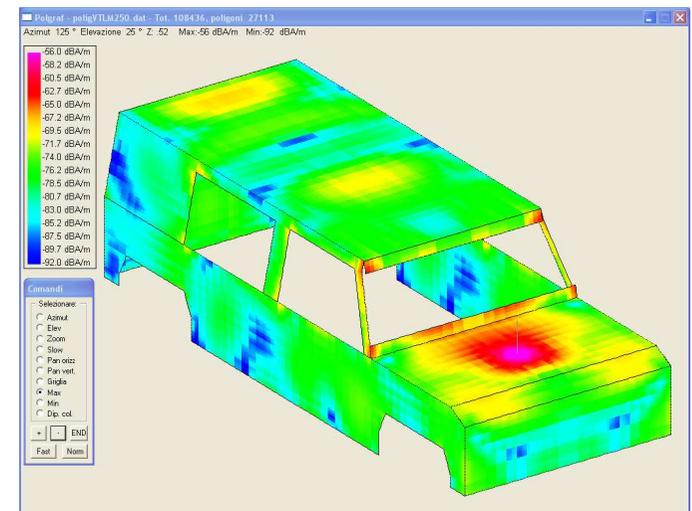
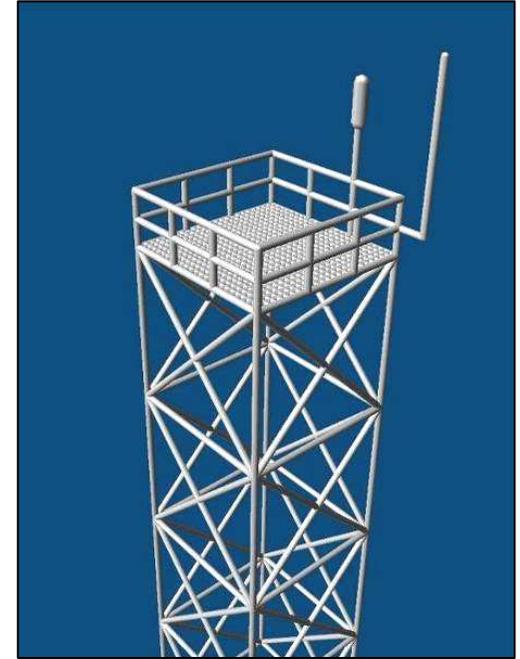
- *individuando le sorgenti elettromagnetiche presenti,*
- *studiando la documentazione disponibile per le sorgenti presenti*
- *confermando la completezza e idoneità allo scopo della documentazione*
- *accertando che l'installazione rispetta le condizioni di validità della documentazione*
- *accertando l'assenza di altre sorgenti in sovrapposizione.*

## Dettagli della valutazione dell'esposizione

### Analisi di un accurato modello elettromagnetico

*La valutazione è svolta tramite simulazione matematica. Viene creato un modello elettromagnetico della sorgente e sono analizzate le caratteristiche di impatto elettromagnetico nelle aree circostanti.*

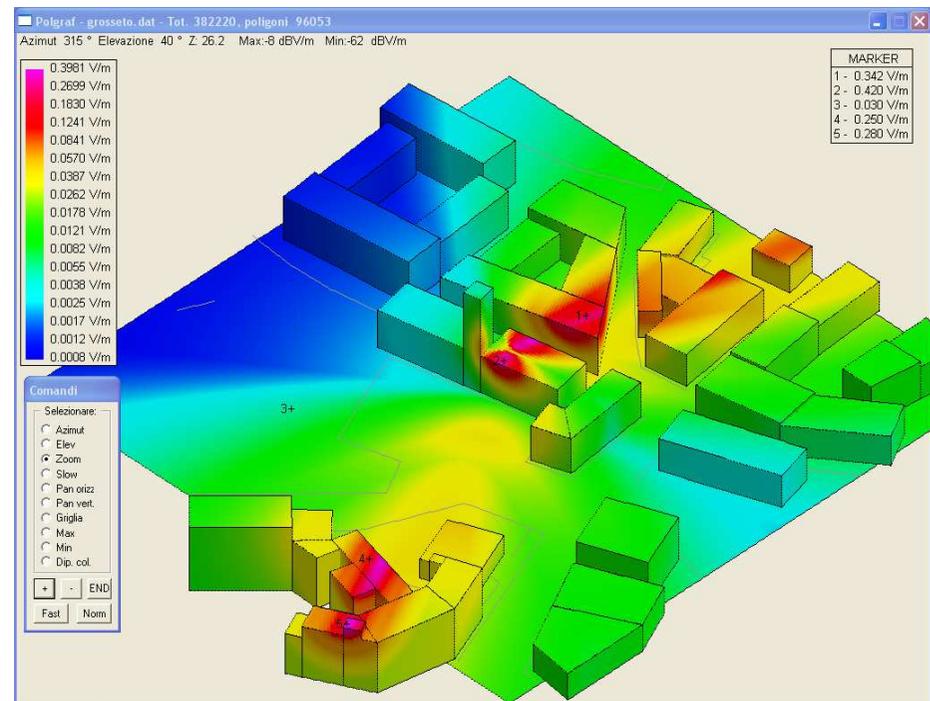
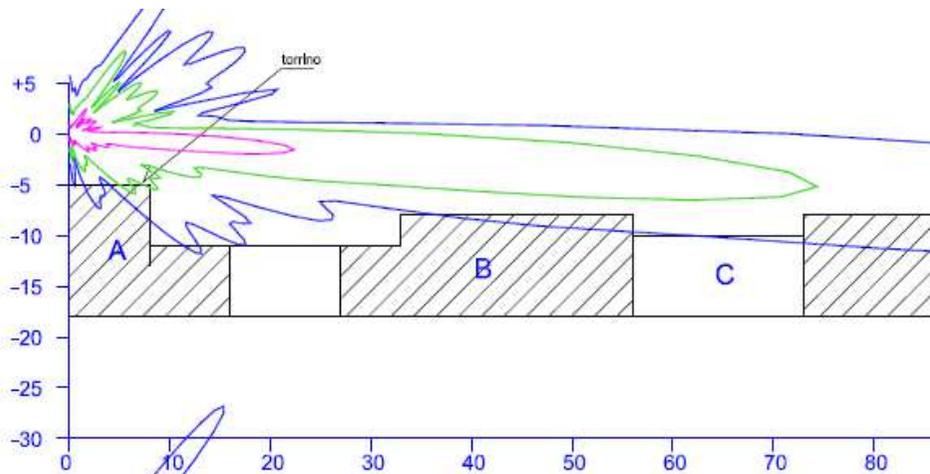
*Vantaggi: permette di valutare tutte le condizioni possibili di funzionamento. Consente la minimizzazione preventiva ed assoluta dell'esposizione: ottimizzazione. Può ottenere immediatamente risultati per qualsiasi area circostante le sorgenti. Non richiede procedure di attivazione delle combinazioni delle sorgenti al massimo impatto per rilevamenti diretti.*



## Dettagli della valutazione dell'esposizione

### Analisi di un accurato modello elettromagnetico

*Svantaggi: può essere molto complessa o non realizzabile. L'accuratezza dipende dai dati di ingresso del modello: geometrie delle strutture, composizione dei materiali, continuità elettriche, ecc. raramente note.*



## *Dettagli della valutazione dell'esposizione*

### *Rilevamento diretto* *tramite campagna di misure*

*Vantaggi: è accurato e diretto. Rapido se le sorgenti sono controllabili e disponibili.*

*Svantaggi: non sempre è possibile verificare tutte le aree interessate (misure a campione). Non sempre è possibile gestire completamente le sorgenti (per il rilevamento del massimo impatto), soprattutto quando è presente un fondo elettromagnetico dovuto a sorgenti esterne o non controllabili (es. impossibilità: radar impulsivo con agilità)*

*Esempi di rilevamenti diretti: tutte le immagini delle sorgenti riportate.*

## *Dettagli della valutazione dell'esposizione*

### *Elenco normative di riferimento:*

- Legge n° 36 del 22 febbraio 2001, 'Legge Quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici'.
- Decreto Legislativo 81/2008 "Tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro"
- Decreto Legislativo n. 259 del 1 agosto 2003, 'Codice delle Comunicazioni Elettroniche'.
- DPCM 8 luglio 2003 (in G.U. n. 199 del 28 agosto 2003) - Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz.
- DPCM 8 luglio 2003 (in G.U. n. 200 del 29 agosto 2003) - Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete generati dagli elettrodotti.
- Raccomandazione 1999-519-CE "Raccomandazione del Consiglio del 12 luglio 1999 relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz".
- Norma Italiana CEI 211/7, del Gennaio 2001 - "Guida per la misura e la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz – 300 GHz con riferimento all'esposizione umana".
- Norma Italiana CEI 211/6, del Gennaio 2001 - "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0Hz – 10 KHz, con riferimento all'esposizione umana".
- STANAG 2345 Edition 3 "Evaluation and control of personnel exposure to radio frequency fields 3 KHz to 300 GHz"
- Disciplinare Tecnico Interforze per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti – SMD-L-020 del 2005
- ANPA Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente RTN CTN\_AGF 1/2001 'Rassegna dei modelli per il rumore, i campi elettromagnetici e la radioattività ambientale'.