

Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana

(pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana serie generale, n.257, 3 novembre 1998)

Linee guida applicative

Roma, luglio/settembre 1999

Documento elaborato al fine di favorire una uniforme applicazione del [decreto 381/98](#) "Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana" dal Gruppo di Lavoro Interministeriale di cui al Decreto del Ministero dell'Ambiente 2 giugno 1997.

Il Gruppo di Lavoro è composto dai tre Sottosegretari delegati (firmatari del DM 381/98) e da rappresentanti indicati dai ministeri e dagli istituti/agenzie ad essi collegati: per il Ministero dell'Ambiente (Monticelli, Clini, Damiani, Silvestrini, Tomaselli, Urbani); per il Ministero della Sanità (Oleari, Grandolfo, Giuliani, Comba, Crescimanno, Dottarelli); per il Ministero delle Comunicazioni (Guidarelli Mattioli, Artemisio, Micciarelli); per il Ministero dell'Industria (Rossoni, Cavanna, Focà, Minghetti).

INDICE

Introduzione

Il testo del Decreto

1. Campo di applicazione (art. 1)
 2. Definizioni ed unità di misura (art.2 e Allegato A)
 3. Limiti di esposizione (art. 3)
 4. Misure di cautela ed obiettivi di qualità (art.4, commi 1 e 2)
 5. Competenze e controlli (art.4, comma 3)
 6. Risanamenti (art.5)
 7. Allegato B - Modalità di esecuzione delle misure e delle valutazioni
 8. Allegato C - Riduzione a conformità
 9. Esempi di calcolo per la riduzione a conformità:
 - 9.1 - Caso 1: Sorgenti che emettono nell'intervallo di frequenze 3 MHz - 3 GHz
 - 9.2 - Caso 2: Sorgenti che emettono nei tre intervalli di frequenze 100 kHz - 3 MHz, 3 MHz - 3 GHz, 3 GHz - 300 GHz
 - 9.3 - Caso 3: Sorgenti identiche a quelle considerate nel caso 2 che insistono in aree residenziali
 10. Conclusioni
- Allegato 1 - Elenco dati per impianti per teleradiocomunicazioni
-

Introduzione

L'opuscolo illustra la normativa italiana sui campi elettromagnetici provocati dai sistemi operanti in alcuni intervalli di frequenza.

Viviamo ormai "immersi" in un invisibile, inodore, intoccabile ambiente elettromagnetico, in parte minore naturale (emissioni del sole, magnetismo terrestre, scariche atmosferiche) e in parte crescente artificiale (tralicci, antenne, ripetitori, apparecchi domestici, telefoni cellulari).

La normativa in vigore regola alcuni campi "artificiali": antenne e ripetitori. L'enorme sviluppo dei dispositivi elettrici e, più recentemente, di quelli elettronici ha posto una serie di quesiti sull'inquinamento ambientale e sui riflessi sulla salute umana. Va infatti considerata sia la diffusione dei campi elettrici (più facilmente schermabili, ma prodotti dalla rete anche se gli apparecchi sono spenti), sia la diffusione dei campi magnetici (più difficilmente schermabili, correlati alle correnti circolanti). Sono inoltre fortemente aumentati i livelli di esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici prodotti in particolare dagli impianti per le telecomunicazioni.

Già molte indagini hanno mostrato effetti nocivi per la salute dei lavoratori e della popolazione, in particolare per le frequenze basse (elettrodotti), soprattutto a medio-lungo termine. Dobbiamo evitare di cercare rimedi *dopo* che gli effetti si siano verificati e siano stati documentati in modo incontrovertibile. Occorre intensificare le ricerche sulla tipologia e l'entità dei rischi e, nel frattempo, "cautelarsi" valutando benefici e costi.

Per quanto riguarda le radiofrequenze sono noti gli effetti nocivi basati sul riscaldamento dei tessuti (*effetti termici*) e sugli effetti *indiretti*, come le ustioni. Il Governo italiano da almeno due anni ha promosso un'intensa politica di prevenzione e riduzione dell'inquinamento elettromagnetico, anticipando altri paesi. Nel luglio 1997 è stato costituito un gruppo di lavoro interministeriale che ha predisposto un disegno di legge organico sull'intera materia. La proposta di legge è stata oramai approvata dalla Camera; entro il 1999 può essere la novità normativa ambientale più importante di questa legislatura e la prima precisa regolamentazione nei paesi industrializzati.

Nella recente legge sulle comunicazioni il Parlamento ha chiesto poi al Governo di emanare subito uno specifico decreto relativo alle radiofrequenze. *Questo provvedimento è entrato in vigore il 2 gennaio 1999 e l'opuscolo ne spiega obiettivi e contenuti.* Il decreto ministeriale fissa limiti massimi di esposizione ai campi elettromagnetici generati da apparecchi per le telecomunicazioni molto più restrittivi di quelli internazionalmente riconosciuti da comunità scientifiche e da amministrazioni centrali di altri paesi. Lo spirito informativo del Decreto è di "...riservare misure più cautelative nei casi in cui si possono verificare esposizioni a campi elettromagnetici per tempi prolungati, da parte di ricettori sensibili, non esposti per ragioni professionali". Il rischio implicito cui si fa riferimento è rappresentato da eventuali malattie in qualche modo connesse con una esposizione prolungata nel tempo anche a livelli molto bassi, per cui sono stati adottati anche valori inferiori ai limiti sanitari fissati dallo stesso decreto, che peraltro erano già cautelativi rispetto alla protezione dai soli effetti termici e dalla normativa sinora vigente nel contesto internazionale.

Valerio Calzolaio
Sottosegretario di Stato all'Ambiente

Il testo del Decreto

Il Decreto n. 381 del 10 settembre 1998 trova le sue origini nella [legge n. 249 del 31.7.97](#) che dispone all'art. 1, comma 6, lettera a), n. 15, tra l'altro, l'emanazione da parte del Ministero dell'Ambiente, d'intesa con quello della Sanità e delle Comunicazioni, di un decreto che fissi "i tetti" delle radiofrequenze compatibili con la salute umana. Il decreto si compone di 6 articoli e tre allegati tecnici, che ne sono parte integrante.

1. Campo di applicazione (art. 1)

L'art. 1 definisce il campo di applicazione, che è limitato all'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici connessi al funzionamento ed all'esercizio dei sistemi fissi delle telecomunicazioni e radiotelevisivi operanti nell'intervallo di frequenza compreso tra 100 kHz e 300 GHz. Vengono così regolamentati gli impianti fissi per la telefonia mobile (*Stazioni Radio Base*), quelli per la generazione e trasmissione dei segnali radio e televisivi, inclusi i *ponti radio*, *gli impianti di comunicazione satellitari*, *gli impianti fissi utilizzati dai radioamatori*, ecc., con esclusione, quindi, dei sistemi mobili quali, ad esempio i telefoni cellulari, gli scanner, gli apparecchi CB portatili e tutte le altre apparecchiature (fisse o mobili) che utilizzano radiazione elettromagnetica nell'intervallo di frequenza considerato, ma che non operano nel settore delle telecomunicazioni o delle trasmissioni radiotelevisive, quali ad esempio i radar.

Inoltre, è precisato che *i limiti di esposizione indicati non si applicano ai lavoratori professionalmente esposti*, ovvero a coloro che, operando nel settore della costruzione, esercizio, manutenzione, ecc. degli impianti, devono essere a conoscenza dei rischi legati all'esposizione ai campi elettromagnetici e sono periodicamente sottoposti a controlli sanitari in ottemperanza al D.Lgs. 626/94. Va sottolineato che dipendenti di società del settore non adibiti alle mansioni connesse con l'esposizione a radiazioni non ionizzanti non sono professionalmente esposti e quindi vanno assimilati alla popolazione.

2. Definizioni ed unità di misura (art. 2 e Allegato A)

L'art. 2 rimanda all'[Allegato A del Decreto](#), che definisce le unità di misura e la terminologia tecnica utilizzata. Viene introdotta *la definizione di obiettivi di qualità*, cioè di valori entro cui contenere il campo elettromagnetico per tutelare la popolazione da eventuali rischi legati all'esposizione nel breve, medio e lungo periodo, valori che possono essere raggiunti utilizzando innovazioni tecnologiche. E' fondamentale sottolineare l'importanza di tale definizione, che può comportare l'introduzione di misure che portano a

ridurre ulteriormente l'esposizione della popolazione anche nel caso in cui siano già rispettati i limiti e le misure di cautela definite nel decreto. L'obiettivo di qualità è, in altri termini, uno strumento che concorre all'attuazione del principio di minimizzazione delle esposizioni indebite della popolazione ed in generale di ottimizzazione dell'inserimento dell'opera nell'ambiente, tenuta sempre presente la necessità di garantire la funzionalità dei servizi di radiocomunicazione.

Allegato A

Campo elettrico E: si definisce campo elettrico una quantità vettoriale che, in ogni punto di una data regione di spazio, rappresenta il rapporto fra la forza esercitata su una carica elettrica di prova *q* ed il valore della carica medesima.

L 'unità di misura del campo elettrico nel sistema S.I. è il volt/metro (V/m)

Campo magnetico H: si definisce campo magnetico una quantità vettoriale-assiale definita in ogni punto di una data regione di spazio in modo tale che il suo rotore sia eguale alla densità di corrente elettrica totale, compresa la corrente di spostamento.

L 'unità di misura del campo magnetico nel sistema S.I. è l'ampere/metro (A/m)

DEFINIZIONI ED UNITÀ DI MISURA

Densità di potenza elettromagnetica S: è la potenza elettromagnetica che fluisce attraverso l'unità di superficie, normale alla direzione di propagazione. Nella regione di campo lontano *S* è legata al valore efficace del campo elettrico *E_{eff}* ed al valore efficace del campo magnetico *H_{eff}* dalle relazioni

$$S = \frac{E_{eff}^2}{\eta} = \eta \cdot H_{eff}^2$$

essendo $\eta = 377 \text{ W}$ l'impedenza dello spazio libero

L 'unità di misura della densità di potenza elettromagnetica nel sistema S.I. è il watt/metro-quadro (W/m²).

Frequenza f: numero di cicli o periodi nell'unità di tempo.

L 'unità di misura della frequenza nel sistema S.I. è l'hertz (Hz): sono di uso frequente i multipli kilohertz (1 kHz=10³ Hz); megahertz (1 MHz=10⁶ Hz); gigahertz (1 GHz=10⁹ Hz)

Media sull'intervallo temporale (t₁, t₂): per una grandezza *p(t)* variabile nel tempo è data dalla espressione:

$$P = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} p(t) dt$$

Va/ore efficace: di una grandezza periodica *a(t)* si definisce valore efficace l'espressione

$$A_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt}$$

Onda piana: è una distribuzione di campo elettromagnetico propagativo, in cui in ogni punto i vettori campo elettrico e campo magnetico sono perpendicolari fra loro e giacciono su piani perpendicolari alla direzione di propagazione

Regione di campo lontano: regione di spazio, sufficientemente lontano dalla sorgente, nella quale il campo elettromagnetico ha una distribuzione con le caratteristiche dell'onda piana. L'estensione di questa regione dipende dalle dimensioni massime lineari *D* dell'elemento radiante e dalla lunghezza d'onda λ del campo emesso. Si assume che la regione di campo lontano inizia ad una distanza dalla sorgente maggiore della quantità *r* eguale alla maggiore fra le quantità λ e D^2/λ

Obiettivi di qualità: sono valori di campo elettromagnetico da conseguire nel breve, medio e lungo periodo, usando tecnologie e metodiche di risanamento disponibili, al fine di realizzare obiettivi di tutela.

3. Limiti di esposizione (art. 3)

L'art. 3, al comma 1, fissa i limiti di esposizione al campo elettromagnetico presente in ambiente libero (Tabella 1). Tali limiti sono definiti per il campo elettrico, il campo magnetico e la densità di potenza, in base alla frequenza della radiazione considerata. Nella zona di campo lontano, che inizia ad una distanza dalla sorgente superiore alla quantità *r* eguale alla maggiore fra le quantità λ e D^2/λ , dove le intensità di campo elettrico *E* (espressa in V/m), magnetico *H* (espressa in A/m) e la densità di potenza *S* (espressa in W/m²) sono correlate in ogni punto dello spazio tramite le relazioni:

$$E = H \times 377$$

$$S = E^2/377 = 377 \times H^2$$

la verifica del rispetto del valore limite per una qualsiasi delle tre grandezze è sufficiente ad assicurare il rispetto dei limiti di esposizione. Nella regione di campo vicino è necessario verificare il rispetto contemporaneo dei limiti di esposizione al campo elettrico ed a quello magnetico mentre perde di significato la misura della densità di potenza.

I livelli del campo elettrico, magnetico e della densità di potenza devono essere mediati su un'area equivalente alla sezione verticale del corpo umano e su qualsiasi intervallo temporale di sei minuti. Per quanto riguarda le misure, il requisito della media spaziale richiede che vengano effettuate più misure nel punto d'indagine, almeno due corrispondenti alla testa e al tronco, quindi ad una altezza di 1.90 m e 1.10 m. Ognuna di queste dovrà essere a sua volta il risultato della media temporale su sei minuti. Se la differenza tra le due misure è maggiore del 25% del valore più elevato tra le due (maggiore quindi dell'incertezza di quella misura) è opportuno effettuare una terza a 1.50 m da terra, per poi effettuare una media dei tre risultati. Il punto di indagine viene individuato attraverso una prima serie di misure nell'area in esame al fine di rilevare il punto di massima esposizione (e non, come nella prassi generale dell'igiene ambientale, nel punto dove il soggetto trascorre la maggior parte del tempo, ovvero in un qualche punto definito "rappresentativo" sulla base di altre considerazioni a priori).

Tutte le medie sopra riportate devono essere considerate come medie aritmetiche sulla densità di potenza ovvero come medie quadratiche delle intensità del campo elettrico o magnetico.

Tabella 1: LIMITI DI ESPOSIZIONE PER LA POPOLAZIONE AI CAMPI ELETTROMAGNETICI

Frequenza <i>f</i> [MHz]	Valore efficace di intensità di campo elettrico <i>E</i> [V/m]	Valore efficace di intensità di campo magnetico <i>H</i> [A/m]	Densità di potenza dell'onda piana equivalente <i>S</i> [W/m ²]
0.1 ÷ 3	60	0.2	-
> 3 ÷ 3000	20	0.05	1
> 3000 ÷ 300000	40	0.1	4

Questi valori limite devono essere rispettati in qualunque punto accessibile agli individui della popolazione. Nel proseguo del documento sono fornite alcune indicazioni da seguire per la verifica di tali limiti.

Al comma 2 dello stesso articolo viene presa in considerazione anche la situazione, ormai sempre più frequente, della presenza contemporanea di segnali dovuti a più sorgenti, nel qual caso viene imposto che la somma dei contributi di ognuno di essi soggiaccia a particolari restrizioni, come precisato nell'Allegato B del decreto stesso.

4. Misure di cautela ed obiettivi di qualità (art.4, commi 1 e 2)

In base a considerazioni protezionistiche sono state adottate misure più restrittive, al fine di tutelare eventuali recettori sensibili (non esposti per ragioni professionali) da possibili effetti a lungo termine, conseguenti ad esposizione prolungata a bassi livelli di campo. Inoltre, al fine di evitare le cosiddette "esposizioni indebite", rispetto alla qualità del servizio che si vuole assicurare, viene prescritto che la progettazione e la realizzazione dei nuovi apparati, nonché l'adeguamento di quelli preesistenti, deve avvenire in maniera da minimizzare l'esposizione della popolazione al campo elettromagnetico.

Per tali motivi, "in corrispondenza di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore" i limiti di cui all'art. 3 sono stati ulteriormente ridotti: indipendentemente dalla frequenza, a 6 V/m per il campo elettrico, a 0.016 A/m per il campo magnetico e, solo per le frequenze comprese tra 3 MHz e 300 GHz, a 0.1 W/m² per la densità di potenza (art.4, comma 2). Tali valori di cautela sono verificati secondo quanto descritto nel 2° capoverso del paragrafo 2.3.

Il decreto quindi aggiunge ai limiti basati su effetti sanitari certi e definiti, fissati all'art. 3, *valori di cautela* da rispettare nel caso di situazioni in cui è ragionevole prevedere un'esposizione continua della popolazione per più di quattro ore.

Nello specifico, la frase "in corrispondenza di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore", nello spirito del decreto va interpretata come relativa a tutte le aree interne di edifici (quali ad esempio *abitazioni, sedi di attività lavorative, scuole, ospedali, ambienti destinati all'infanzia*) e loro pertinenze esterne, qualora sia ragionevole pensare che vi possa essere permanenza prolungata nel tempo (cioè non inferiore a quattro ore nell'arco della giornata), e comunque ricorrente. Ai fini delle verifiche dei valori di cautela sono pertanto da considerare ad esempio anche aree esterne quali: *balconi, terrazzi, giardini e cortili*.

La definizione di un valore di 6 V/m deriva dalla scelta di applicare un ulteriore fattore 10 di riduzione alla grandezza fisica significativa dal punto di vista dosimetrico, cioè la densità di potenza, considerata l'assenza di dati sperimentali sufficienti. Si passa così da un valore di 1 W/m², corrispondente a circa 20 V/m per il

valore limite del campo elettrico nel caso di onda piana equivalente, a 0.1 W/m^2 , corrispondenti invece a 6 V/m. Tale valore risulta superiore al livello ambientale rilevabile attualmente in una grande città dove sono presenti numerosi impianti, tipicamente compreso tra 0.1 e 2 V/m. Confrontarsi con valori di fondo già presenti in ambito urbano è opportuno per valutare, indipendentemente da un valore limite di riferimento, la significatività dell'esposizione ad una determinata sorgente, come segnalato anche dall'autorevole documento svedese "Low frequency electrical and magnetic fields: the precautionary principle for national authorities - Guidance for Decision Makers", con riferimento ai campi elettrici e magnetici a frequenza industriale.

Tali limiti possono essere facilmente rispettati con una corretta pianificazione ed installazione sia degli impianti per la telefonia cellulare che di quelli utilizzati per le comunicazioni radiotelevisive.

I Comuni possono adottare un provvedimento (regolamento) formalizzato per garantire la tutela della salute, dell'ambiente e del paesaggio e la minimizzazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici. Il valore di cautela rappresenta quindi lo strumento per assicurare che l'introduzione di tecnologie di radiodiffusione e di radiocomunicazione non peggiori le condizioni ambientali, mentre gli obiettivi di qualità tendono a contenere ulteriormente nel medio e lungo termine il livello di inquinamento, che senza il decreto sarebbe altrimenti in rapida crescita.

5. Competenze e controlli (art.4, comma 3)

Sempre all'art.4 (comma 3) viene assegnato a Regioni e Province autonome il compito di disciplinare:

- l'installazione e la modifica degli impianti di radiocomunicazione al fine di garantire il rispetto dei limiti di cui all'art. 3 e dei valori di cautela precedenti;
- modalità e tempi di esecuzione dei risanamenti;
- il conseguimento di eventuali obiettivi di qualità;
- le attività di controllo e di vigilanza.

Questo implica una *riconsiderazione dell'attuale distribuzione degli impianti sul territorio*, sia per quanto attiene alla posizione geografica, che per quanto riguarda la potenza irradiata, anche in considerazione del Piano di Assegnazione delle Frequenze determinato dall'Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni. Inoltre, le Regioni e le Province autonome potranno fissare tempi e modalità per il raggiungimento degli obiettivi di qualità individuati a livello centrale, a cui i gestori degli impianti dovranno necessariamente adeguarsi nel breve o nel medio periodo.

Nelle more dell'adeguamento della specifica normativa regionale e locale, ai fini della minimizzazione dell'esposizione della popolazione, si può eseguire una *valutazione preventiva all'installazione di nuovi impianti* basandosi sull'effettiva potenza degli stessi, sulle loro caratteristiche radioelettriche e su quelle geometriche e architettoniche del sito prescelto, per poi eventualmente prescrivere soluzioni migliorative. La valutazione preventiva deve tener conto del numero degli impianti e dei valori di campo elettromagnetico già presenti nel sito.

Appare inoltre opportuno puntare sullo sviluppo di soluzioni tecnologicamente innovative che consentano anche un contenimento dell'impatto paesaggistico.

Le attività di controllo e vigilanza sono svolte:

- dalle Regioni e dalle Province tramite le Agenzie Regionali (o Provinciali) per la Protezione dell'Ambiente (ARPA e APPA) o, dove non sono operative, dai Presidi Multizonali di Prevenzione (PMP) delle Aziende Sanitarie Locali (ASL);
- dall'Autorità Sanitaria e dalle Asl-Dipartimenti di prevenzione per quanto attiene in particolare agli interventi di natura epidemiologica e sanitaria a tutela e promozione della salute umana nei luoghi di vita e di lavoro;
- dall'ISPESL, in ordine alle specifiche competenze in materia di sicurezza sul lavoro, per la verifica di conformità degli impianti e degli insediamenti produttivi, in termini di consulenza e supporto all'Autorità Sanitaria;
- dall'Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni, anche per il tramite degli Ispettorati territoriali del Ministero delle Comunicazioni, relativamente all'assegnazione delle frequenze e alle caratteristiche degli impianti in conformità con le previste concessioni.

L'installazione o la modifica degli impianti (di cui all'articolo 1 del decreto ministeriale) collocati sopra edifici o in prossimità di aree urbane o rurali è soggetto ad autorizzazione motivata o, ricorrendo le condizioni secondo la specifica normativa, a concessione edilizia dal Sindaco del Comune nel quale è situato l'impianto. In tali situazioni non può essere seguita la procedura di dichiarazione di inizio attività (DIA). Le

Regioni e gli Enti locali competenti, con propri atti, adeguano, ove ritenuto necessario, le loro strumentazioni legislative e regolamentari in materia edilizia e urbanistica.

La valutazione preventiva, anche ai fini della mitigazione dell'impatto paesaggistico, dovrebbe fondarsi su alcune azioni preliminari da parte dell'autorità competente:

- l'effettuazione di rilevamenti tecnici, comprese le misurazioni simulate o il confronto con situazioni preesistenti, tramite le ARPA ove funzionanti e i PMP in loro assenza;
- la valutazione, d'intesa con le Autorità Sanitarie (Dipartimenti di Prevenzione-ASL) e i loro organi di consulenza tecnica (ISPESL) in relazione all'esistenza di ricettori particolarmente sensibili;
- l'individuazione di soluzioni alternative di localizzazione.

Al fine della valutazione dovrebbero essere richiesti al gestore i dati sulle caratteristiche tecniche dell'impianto (in [Allegato 1](#) si fornisce uno schema indicativo). Possono essere inoltre considerate previsioni o richieste di altre installazioni nell'ambito della medesima area urbana o del medesimo territorio al fine di una valutazione integrata degli impatti complessivi.

Tale informazione può consentire anche l'istituzione di un catasto regionale delle sorgenti.

6. Risanamenti (art.5)

Qualora i limiti di cui all'art. 3, e/o i valori di cui all'art. 4, comma 2 risultino superati in zone accessibili alla popolazione o in zone abitative, nelle sedi di attività lavorative per operatori non professionalmente esposti, devono essere attuate *azioni di risanamento a carico dei titolari degli impianti*. Per quanto attiene alla riduzione a conformità vale la procedura illustrata nell'Allegato C, che è stata definita sulla base anche dell'esperienza pluriennale delle strutture che oggi costituiscono le ARPA.

Nulla vieta che nelle situazioni di non conformità i titolari degli impianti possano determinare una riduzione consensuale dei livelli di campo elettromagnetico mediante altri criteri, quali ad esempio quello della riduzione iterativa, motivando opportunamente tale scelta e comunicandola all'organo di controllo.

7. Allegato B - Modalità di esecuzione delle misure e delle valutazioni

Nell'Allegato B, che come gli altri è parte integrante del decreto, sono fissati i criteri per le valutazioni e le misure dei livelli di campo. In particolare, la verifica del rispetto dei limiti e dei valori di cautela potrà essere effettuata sia attraverso misure che calcoli previsionali; tuttavia, nel caso in cui questi ultimi facciano prevedere livelli superiori al 50% dei valori massimi previsti dal decreto, sarà necessario provvedere alle misure dirette del campo elettrico e magnetico, o della densità di potenza nella regione di campo lontano.

A tale proposito si farà riferimento al valore di 3 V/m per il campo elettrico ed a 0.08 A/m per il campo magnetico, come discriminante tra valutazioni previsionali e misure, secondo quanto stabilito dal secondo capoverso dell'allegato che fa esplicito riferimento "ai valori di campo elettrico o magnetico".

L'obbligatorietà delle misure è stata inserita non a causa della scarsa affidabilità dei programmi di calcolo previsionale, ma piuttosto in considerazione della difficoltà di conoscere in maniera sufficientemente precisa tutti i parametri di ingresso, quali, ad esempio, le varie caratteristiche tecniche degli impianti. Poiché può accadere che i siti siano oltremodo complessi con un assai elevato numero di impianti e che i parametri di progetto o quelli dichiarati dai produttori degli impianti o dai loro gestori, possano differire da quanto riscontrabile nella realtà, nell'ottica della massima cautela possibile, si è privilegiato il momento della misura, almeno nei casi in cui gli errori nei parametri di ingresso possono essere significativi.

Per quanto riguarda le misure vanno effettuate ordinariamente in banda larga e nel caso in cui venga superato il 50% del valore del limite o misura di cautela è consigliabile effettuare un'analisi in banda stretta dei segnali presenti, oltre il 75% dei suddetti limiti tale analisi diventa assolutamente necessaria. A causa delle dimensioni non trascurabili delle antenne (ad esempio 1.2 m x 0.4 m per le biconiche, dai 10 ai 40 cm per i dipoli in mezz'onda e circa 0.4 m x 0.5 m per le log periodiche) è sufficiente un solo punto di misura a 1,5 m di altezza.

In ogni caso è necessario che siano precisate le condizioni di funzionamento degli impianti esistenti, al momento delle rilevazioni: tali condizioni dovrebbero rispecchiare la massima potenzialità degli impianti stessi o consentire di valutare il valore di campo presente in quelle condizioni per estrapolazione. Qualora ciò non fosse possibile sarà necessario effettuare misure in banda stretta sulla base delle quali ricostruire i valori massimi di esposizione attesi su qualunque intervallo di 6 minuti.

Per la verifica dei limiti di Tab.1 le misure andranno effettuate nei luoghi accessibili alla popolazione ritenuti a maggior rischio, mentre per la verifica dei valori di cautela di cui all'art. 4 andranno effettuate in primo luogo in corrispondenza degli edifici di maggiore altezza e in prossimità delle direzioni di massimo irraggiamento delle antenne considerate ed in corrispondenza di ricettori particolarmente sensibili quali ad esempio edifici destinati all'infanzia, scuole, ospedali.

Al fine di valutare l'adeguatezza degli strumenti di misura si ritiene utile citare, tra le altre, le norme tecniche ANSI che richiedono che gli strumenti utilizzati siano isotropi entro 1 dB ed abbiano un fattore di calibrazione noto con un'incertezza massima di 2 dB, e le norme ISO 45000 e ISO 9000, che raccomandano che gli strumenti utilizzati siano tarati e riferibili. Si ricorda a tale proposito che con la legge 273/91 è stato istituito il Servizio Italiano di Taratura (SIT), il quale pertanto costituisce il riferimento nazionale.

8. Allegato C - Riduzione a conformità

Le sorgenti che concorrono al superamento del livello limite possono essere diverse. I criteri di riduzione a conformità dovranno tenere conto di quanto ogni sorgente contribuisce al livello globale di campo elettrico, *penalizzando maggiormente le sorgenti che producono un maggiore inquinamento elettromagnetico.*

Per questo scopo il processo di riduzione a conformità previsto dal D.M. si articola in due fasi:

1. riduzione dei contributi E_i al campo elettrico globale che singolarmente superano il valore limite;
2. nel caso in cui, dopo avere attuato la riduzione di cui al punto 1), il livello globale di campo elettrico fosse ancora maggiore del limite, si riducono tutti i contributi, ad esclusione dei contributi inferiori ad 1/100 del livello limite ai quali, pertanto, non verrà applicato alcun coefficiente di riduzione, di un eguale fattore in modo tale che il livello globale si riduca a 0,8 volte il valore limite.

La scelta di ridurre ad un valore inferiore al valore limite è dettata da un principio di cautela che tiene conto della tipica incertezza associata alle misure strumentali.

La prima fase non sarà necessaria nel caso, assai frequente, in cui vi sia un superamento del valore limite senza che alcun contributo superi singolarmente il limite stesso.

I fattori di riduzione da applicare ai diversi contributi sono determinati in modo tale che il livello globale di campo elettrico risultante sia ridotto ad un valore inferiore a $0,8 @ 0,9$ volte il limite (il coefficiente 0,8 è riferito al quadrato del campo elettrico), invece che ad un valore inferiore strettamente al limite. In questo modo si tiene conto del fatto che le misure ambientali, sulla base delle quali si è rilevato il superamento del limite, sono affette da un errore che potrebbe comportare una sottostima del livello reale di campo. Ridurre il livello di campo misurato ad un valore inferiore a circa 0,9 volte il limite, rappresenta quindi una maggiore forma di tutela sull'effettivo rispetto del limite del livello reale di campo elettrico.

L'errore nella rilevazione sperimentale del campo elettrico è inevitabile perché connesso alle indeterminazioni intrinseche al metodo di misura e risulta particolarmente significativo nelle rilevazioni ambientali, dove le condizioni meno controllate della misura comportano un aumento delle incertezze associate al dato rilevato.

Nel caso in cui si riscontri un livello di campo elettrico globale E , in un determinato intervallo di frequenze, superiore al valore limite corrispondente a quell'intervallo oppure superiore ai valori di cautela di cui all'articolo 4 comma 2 qualora trattasi di ambienti adibiti a permanenza prolungata, occorrerà attuare azioni di risanamento su tutte le sorgenti che operano con frequenze comprese nell'intervallo stesso o che contribuiscono al superamento del valore di cautela. A tal proposito, è opportuno specificare che il valore L_i di cui all'Allegato C, va inteso oltre che come il limite desunto dalla tabella 1 anche come il valore di cautela di cui all'articolo 4 comma 2, laddove applicabile.

Vengono di seguito illustrati alcuni *esempi applicativi* con lo scopo di chiarire le modalità da seguire previste dal decreto.

9. Esempi di calcolo per la riduzione a conformità

9.1 - Caso 1: Sorgenti che emettono nell'intervallo di frequenze 3 MHz - 3 GHz

In un punto di misura si rilevano segnali provenienti da due trasmettitori radiofonici, un trasmettitore televisivo ed una stazione radiobase per telefonia mobile. I trasmettitori radiofonici emettono segnali alle frequenze di 89 MHz e 95 MHz, quello televisivo alla frequenza di 599.25 MHz (frequenza del segnale video - canale 38) e la stazione radiobase presenta due portanti con frequenze di 944 MHz e 948 MHz. I livelli di campo elettrico misurati sono i seguenti:

Sorgente	Frequenza [MHz]	Campo Elettrico E_i [V/m]	Limite corrispondente [V/m]
Radio FM 1	89	14	20
Radio FM 2	95	23	20
Televisione	599.25	6	20

SRB	Portante 1	944	0.18	0.25	20
	Portante 2	948	0.18		20

La somma dei contributi relativi, definiti come: $C_i = E_i^2/L_i^2$, è uguale a 1.9 e, quindi, maggiore di 1. Con E_i si intende il contributo della singola (i-esima) sorgente, pertanto se una stessa sorgente emette su più frequenze, come nel caso della stazione radio base, per individuare il contributo della sorgente occorrerà sommare quadraticamente i contributi delle singole frequenze di emissione.

Inizialmente occorrerà ridurre la sorgente radio 2 la quale, singolarmente, produce un contributo superiore al limite (23 V/m). Il coefficiente di riduzione b si ricaverà sulla base della relazione: $b = (0.8L_i^2)/E_i^2 = 0.6$. In seguito all'applicazione del coefficiente di riduzione così calcolato per il contributo relativo, la sorgente radio 2 ridurrà il livello di campo elettrico, di un coefficiente pari a $\alpha = 0.78$, passando da 23 V/m a 17.8 V/m.

Si avrà quindi la seguente situazione globale:

Sorgente		Frequenza [MHz]	Campo Elettrico E_i [V/m]		Limite corrispondente [V/m]
Radio FM 1		89	14		20
Radio FM 2		95	17.8		20
Televisione		599.25	6		20
SRB	Portante 1	944	0.18	0.25	20
	Portante 2	948	0.18		20

Ripetendo la somma dei contributi relativi essa risulta ancora maggiore di 1, per cui occorrerà applicare il coefficiente di riduzione a tutte le sorgenti che contribuiscono per più di 1/100. Nel nostro caso la stazione radio base fornisce un contributo relativo pari a 0.000156, per cui non verrà coinvolta nell'ulteriore procedura di riduzione. Il nuovo coefficiente di riduzione a sarà dato da:

$$\alpha = \frac{0.8 - 0.000156}{\sum C_i}$$

dove C_i sono i contributi relativi dei segnali, ricalcolati dopo la prima fase di riduzione, e superiori ad 1/100 del limite. Seguendo questa procedura si ricaverà un valore $a = 0.58$ che darà luogo ai seguenti valori di campo, ridotti a conformità:

Sorgente		Frequenza [MHz]	Campo Elettrico E_i [V/m]		Limite corrispondente [V/m]
Radio FM 1		89	10.7		20
Radio FM 2		95	13.6		20
Televisione		599.25	4.6		20
SRB	Portante 1	944	0.18	0.25	20
	Portante 2	948	0.18		20

9.2 - Caso 2: Sorgenti che emettono nei tre intervalli di frequenze 100 kHz - 3 MHz, 3 MHz - 3 GHz, 3 GHz - 300 GHz

Consideriamo il caso in cui l'esposizione sia dovuta ad una stazione radio ad onde medie con frequenza di trasmissione pari a 999 kHz, due stazioni radiofoniche FM emittenti alle frequenze di 94 MHz e di 105.5 MHz, rispettivamente, ed un ponte radio con frequenza di trasmissione pari a 17.5 GHz. I livelli di campo elettrico misurati sono i seguenti:

Sorgente	Frequenza [MHz]	Campo Elettrico E_i [V/m]	Limite corrispondente [V/m]
Radio onde medie	0.999	28	60
Radio FM 1	94	17.8	20

Radio FM 2	105.5	3.5	20
Ponte Radio	17500	6.2	40

In questo caso nessuna delle sorgenti singolarmente supera il limite relativo all'intervallo di frequenza di appartenenza, ma la somma dei contributi relativi è:

$$C = \sum \frac{E_i^2}{L_i^2} = 1.06$$

$$\alpha = \frac{0.8}{C} = 0.75$$

pertanto occorrerà applicare un coefficiente di riduzione in modo da riportarsi nella condizione $C \leq 0.8$. Tale coefficiente di riduzione calcolato per i contributi relativi darà luogo ad un coefficiente di riduzione sul livello di campo pari a $\alpha = 0.87$, per cui i valori del campo elettrico ridotti a conformità saranno quelli riportati in tabella:

Sorgente	Frequenza [MHz]	Campo Elettrico E_i [V/m]	Limite corrispondente [V/m]
Radio onde medie	0.999	24.3	60
Radio FM 1	94	15.4	20
Radio FM 2	105.5	3.0	20
Ponte Radio	17500	5.4	40

9.3 - Caso 3: Sorgenti identiche a quelle considerate nel caso 2 che insistono in aree residenziali

Consideriamo il caso in cui si abbiano le stesse sorgenti e valori di campo del precedente caso 2 ma in aree residenziali, "in corrispondenza di edifici adibiti a permanenza non inferiore a quattro ore". Essendo in questo caso il valore limite pari a 6 V/m, indipendentemente dalla frequenza, la situazione espositiva sarà rappresentata dalla tabella seguente.

Sorgente	Frequenza [MHz]	Campo Elettrico E_i [V/m]	Limite corrispondente [V/m]
Radio onde medie	0.999	28	6
Radio FM 1	94	17.8	6
Radio FM 2	105.5	3.5	6
Ponte Radio	17500	6.2	6

Poiché la radio ad onde medie, la radio FM 1 ed il ponte radio superano singolarmente il limite previsto per le esposizioni residenziali, in una prima fase occorrerà ridurre i valori di campo emessi da tali sorgenti. I rispettivi coefficienti di riduzione saranno $b_1 = 0.037$, $b_2 = 0.091$, $b_3 = 0.75$ per cui i valori ridotti di campo elettrico saranno:

Sorgente	Frequenza [MHz]	Campo Elettrico E_i [V/m]	Limite corrispondente [V/m]
Radio onde medie	0.999	5.37	6
Radio FM 1	94	5.37	6
Radio FM 2	105.5	3.5	6
Ponte Radio	17500	5.37	6

I valori così ricalcolati devono essere ulteriormente ridotti in quanto la somma dei loro contributi relativi, pari a 2.74, comporta un livello globale di campo elettrico superiore a 6 V/m.

Applicando il coefficiente di riduzione a , che risulta pari a 0.29, si otterranno infine i seguenti valori di campo ridotti a conformità:

Sorgente	Frequenza [MHz]	Campo Elettrico E_i [V/m]	Limite corrispondente [V/m]
Radio onde medie	0.999	2.9	6
Radio FM 1	94	2.9	6
Radio FM 2	105.5	1.9	6
Ponte Radio	17500	2.9	6

10. Conclusioni

Il [Decreto 10 settembre 1998 n. 381](#) introduce, per la prima volta, una regolamentazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici generati da impianti fissi per telecomunicazioni nell'intervallo di frequenza compreso tra 100 kHz e 300 GHz. I limiti ed i valori di cautela introdotti costituiscono i tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana e appaiono finalizzati a tutelare la salute umana dalla esposizione ai campi elettromagnetici e a contenere i livelli ambientali di inquinamento elettromagnetico, specialmente quando l'esposizione assume carattere di continuità. Le Regioni e le Province autonome assumono un ruolo di primaria importanza in questo contesto, in quanto responsabili dell'emanazione dei regolamenti e delle linee guida che fissano modalità e tempi per effettuare il risanamento degli impianti non in regola, della previsione di eventuali obiettivi di qualità, nonché dell'attribuzione dei compiti di controllo e vigilanza sul territorio che, in ultima analisi, assicurano il rispetto delle norme introdotte.

Allegato 1

ELENCO DATI PER IMPIANTI PER TELERADIOCOMUNICAZIONE

- Scheda tecnica dell'impianto, con indicato tipo di antenna installata, altezza del centro elettrico, guadagno ed eventuale tilt (elettrico e/o meccanico).
- Diagrammi angolari di irradiazione orizzontale e verticale del sistema irradiante. In tali diagrammi deve essere riportata, per ogni grado, l'attenuazione in dB del campo (o deve essere indicato il campo relativo E/E_0).
- Specificare se il nuovo impianto utilizza un sistema di antenne già in esercizio per altre emittenti (n-plexing). In questo caso il parere sanitario sarà soggetto alla valutazione complessiva di tutto il sistema irradiante.
- Dichiarazione della potenza fornita al sistema irradiante.
- In caso di più frequenze di emissione tali dati vanno rilasciati per ogni frequenza.
- Mappa del territorio circostante all'impianto:
 - in scala 1:1500;
 - con indicazione del punto di installazione e riportante la zona circostante con un raggio di almeno 300 metri intorno all'impianto;
 - con indicazione delle curve di livello altimetriche;
 - con indicazione delle abitazioni presenti o in costruzione al momento della domanda, nonché dei luoghi di pubblico accesso, specificando i numeri di piani fuori terra di ognuno;
 - con indicazione del Nord geografico.

