

Capitolo 10

*Normative di protezione dai campi
elettromagnetici
(alta frequenza)*

Impatto ambientale dei campi elettromagnetici

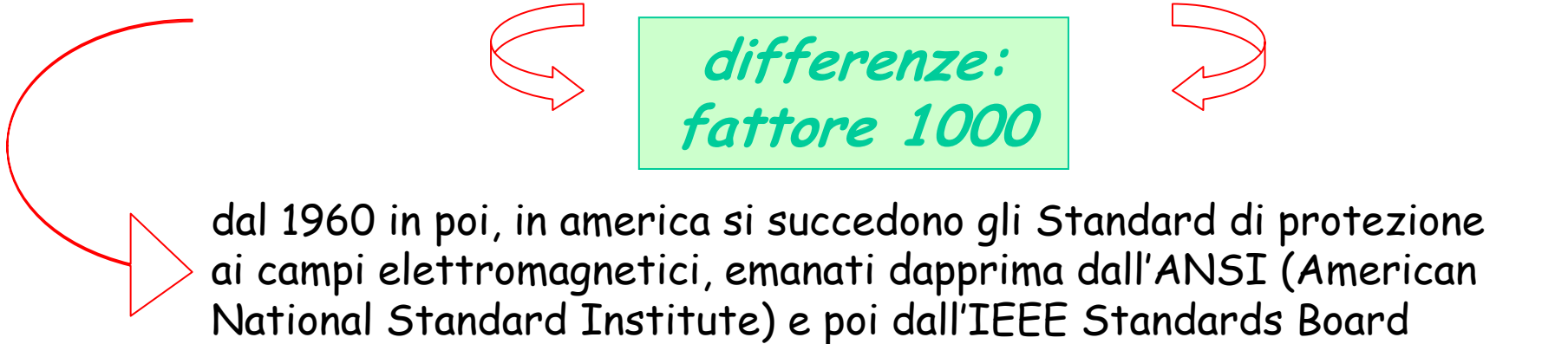
Storia...

USA

1953 Maryland - Primo Meeting per definire limiti di sicurezza: approccio tecnico - scientifico

Russia

Approccio epidemiologico



*differenze:
fattore 1000*

dal 1960 in poi, in america si succedono gli Standard di protezione ai campi elettromagnetici, emanati dapprima dall'ANSI (American National Standard Institute) e poi dall'IEEE Standards Board

Dal 1992 l'ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection - a body of independent scientific experts consisting of a main Commission of 14 members, 4 Scientific Standing Committees covering Epidemiology, Biology, Dosimetry and Optical Radiation and a number of consulting experts.) disseminate information and advice on the potential health hazards of exposure to non-ionizing radiation to everyone. (già dagli anni '80 con altro nome - INIRC...)

Procedura di definizione degli standard



e.g. : ICNIRP 1998, ANSI

Procedura di definizione degli standard

- Linee guida
- Determinazione di livelli di sicurezza



ICNIRP 1998

L'ICNIRP è un gruppo indipendente di esperti il cui compito è quello di valutare lo stato delle conoscenze relative agli effetti delle radiazioni non ionizzanti (compresi i CEM) sulla salute e sullo stato di benessere e di fornire pareri scientificamente fondati per proteggere la popolazione e i lavoratori da questo agente fisico. La Commissione è formalmente riconosciuta dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) e dall'Ufficio Internazionale del Lavoro (ILO); essa collabora inoltre attivamente con diverse organizzazioni internazionali, tra le quali la Commissione dell'Unione Europea.

Nel 1998 ha pubblicato delle linee guida per la protezione dell'uomo dai campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz – 300 GHz.

Nel 2010 ha confermato le linee guida del 1998 per la banda di frequenze 100 kHz – 300 GHz
E ha emesso delle nuove linee per 1 Hz – 100 kHz

Purpose and scope

*“ The main objective of this publication is to establish guidelines for limiting EMF exposure that will provide protection against known adverse health effects. An **adverse health effect** causes detectable impairment of the health of the exposed individual or of his or her offspring; **a biological effect**, on the other hand, may or may not result in an adverse health effect. ”*

QUANTITIES AND UNITS

Exposure to time-varying EMF results in internal body currents and energy absorption in tissues that depend on the coupling mechanisms and the frequency involved. [.....].

The dosimetric quantities used in these guidelines, taking into account different frequency ranges and waveforms, are as follows:

- (Current density, **J**) **Internal Electric field (2010)**, in the frequency range up to 10 MHz;
- Current, I , in the frequency range up to 110 MHz;
- Specific energy absorption rate, SAR, in the frequency range 100 kHz–10 GHz;
- Specific energy absorption, SA, for pulsed fields in the frequency range 300 MHz–10 GHz;
- Power density, S , in the frequency range 10–300 GHz.

Meccanismi di accoppiamento (sopra 100 kHz)

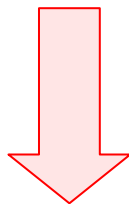
- Exposure to electromagnetic fields at frequencies above about 100 kHz can lead to significant absorption of energy and **temperature increases**.
- In general, exposure to a uniform (plane-wave) electromagnetic field results in a highly non-uniform deposition and distribution of energy within the body, which must be assessed by dosimetric measurement and calculation.

L'assorbimento varia in funzione della frequenza e può essere diviso in 4 regioni:

- **100 kHz < f < 20 MHz**: l'assorbimento cresce con f ed è significativo nelle zone del collo e delle gambe;
- **20 MHz < f < 300 MHz**: elevati valori di assorbimento possono presentarsi in tutto il corpo; ci possono essere anche risonanze parziali;
- **300 MHz < f < diversi GHz**: significativo assorbimento locale e non uniforme
- **f > 10 GHz**: assorbimento superficiale

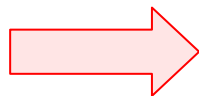
Meccanismi di accoppiamento

- **Whole body average SAR and local SAR** are convenient quantities for comparing effects observed under various exposure conditions. A detailed discussion of SAR can be found elsewhere (UNEP/WHO/IRPA 1993).
- At frequencies greater than about 10 GHz, the depth of penetration of the field into tissues is small, and SAR is not a good measure for assessing absorbed energy....



PARAMETRO DI BASE
Specific Absorption Rate, SAR (W/kg)
in the frequency range of about 1 MHz - few GHz

**Meccanismi indiretti di
accoppiamento**



PARAMETRO DI BASE
Densità di corrente (A/m^2)
up to 10 MHz

Razionale Basi biologiche per limitare l'esposizione

100 kHz - 300 GHz

- Effetti diretti:
 - non dimostrati effetti riproduttivi;
 - non dimostrato sviluppo del cancro (nè iniziatore, nè co-produttore)
 - da studi su volontari:
 - a 100 kHz si è dimostrata eccitazione tessuti,
 - >100 kHz si può avere un significativo assorbimento di energia con conseguente innalzamento termico.
 - si suggerisce (da studi...) un limite per la corrente negli arti di 100 mA per evitare eccessivo riscaldamento
 - studi sul sistema termoregolatorio hanno in genere mostrato che esposizioni fino a 30 minuti con SAR minori di 4 W/kg causano un incremento di temperatura nella parte interna del corpo $< 1^{\circ}\text{C}$
-

At frequencies
from 10 MHz to 300 GHz, heating is the major effect of
absorption of electromagnetic energy, and temperature
rises of more than 1-2 °C can have adverse health effects
such as heat exhaustion and heat stroke

Razionale

Riassumendo:

- Available experimental evidence indicates that the exposure of resting humans for approximately 30 min to EMF producing a whole-body SAR between 1 and 4 W/kg results in a body temperature increase of less than 1 °C.
- Exposure to more intense fields, producing SAR values in excess of 4 W/kg, can overwhelm the thermoregulatory capacity of the body and produce harmful levels of tissue heating.
-the **threshold** for irreversible effects in even the most sensitive tissues is **greater than 4 W/kg** under normal environmental conditions. These data form the basis for an occupational exposure restriction of 0.4 W/kg, which provides a large margin of safety for other limiting conditions such as high ambient temperature, humidity, or level of physical activity.

Limiti di esposizione - definizioni

- Basic restrictions

Restrictions on the effects of exposure are based on established health effects and are termed basic restrictions. Depending on frequency, the physical quantities used to specify the basic restrictions on exposure to EMF are ~~current density~~, internal electric field, SAR, and power density. Protection against adverse health effects requires that these basic restrictions are not exceeded.

→ (~~J~~, E_{interno} , SAR)

- Reference levels

Reference levels of exposure are provided for comparison with measured values of physical quantities; compliance with all reference levels given in these guidelines will ensure compliance with basic restrictions. If measured values are higher than reference levels, it does not necessarily follow that the basic restrictions have been exceeded, but a more detailed analysis is necessary to assess compliance with the basic restrictions.

→ (E, H, B, S_{eq})

Limiti di esposizione - definizioni

Vengono poi messi dei fattori di sicurezza che tengano conto di tutte le incertezze dell'analisi. Tengono conto di maggiore sensibilità bambini, diverse dimensioni persone, effetti focalizzazione campo. Non si sa comunque bene su cosa basarli.

Occupational and general public

The occupationally exposed population consists of adults who are generally exposed under known conditions and are trained to be aware of potential risk and to take appropriate precautions.

By contrast, the general public comprises individuals of all ages and of varying health status, and may include particularly susceptible groups or individuals. In many cases, members of the public are unaware of their exposure to EMF. Moreover, individual members of the public cannot reasonably be expected to take precautions to minimize or avoid exposure.

It is these considerations that underlie the adoption of more stringent exposure restrictions for the public than for the occupationally exposed population.

Limiti di base

Table 4. Basic restrictions for time varying electric and magnetic fields for frequencies up to 10 GHz.^a

Exposure characteristics	Frequency range	Current density for head and trunk (mA m ⁻²) (rms)	Whole-body average SAR (W kg ⁻¹)	Localized SAR (head and trunk) (W kg ⁻¹)	Localized SAR (limbs) (W kg ⁻¹)
Occupational exposure	up to 1 Hz	40	—	—	—
	1–4 Hz	40/f	—	—	—
	4 Hz–1 kHz	10	—	—	—
	1–100 kHz	f/100	—	—	—
	100 kHz–10 MHz	f/100	0.4	10	20
	10 MHz–10 GHz	—	0.4	10	20
General public exposure	up to 1 Hz	8	—	—	—
	1–4 Hz	8/f	—	—	—
	4 Hz–1 kHz	2	—	—	—
	1–100 kHz	f/500	—	—	—
	100 kHz–10 MHz	f/500	0.08	2	4
	10 MHz–10 GHz	—	0.08	2	4

Tra lavoratori e popolazione c'è un ulteriore fattore 5

I limiti sul SAR locale sono stati ottenuti applicando un fattore tra 20 e 25 (ICNIRP) ai valori ottenuti per corpo intero. Negli arti, tale fattore risulta pari a 50 nell'ICNIRP. Il razionale, alla base di questa scelta non è chiarissimo....ma più che altro basato sull'osservazione che nell'esposizione a onda piana del corpo intero il rapporto tra il SAR mediato su tutto il corpo e il SAR massimo locale è circa 20:1 (Riu,Foster, T-BME 1999)

Limiti di base - 2

^a Note:

1. f is the frequency in hertz.
2. Because of electrical inhomogeneity of the body, current densities should be averaged over a cross-section of 1 cm^2 perpendicular to the current direction.
3. For frequencies up to 100 kHz, peak current density values can be obtained by multiplying the rms value by $\sqrt{2}$ (~ 1.414). For pulses of duration t_p the equivalent frequency to apply in the basic restrictions should be calculated as $f = 1/(2t_p)$.
4. For frequencies up to 100 kHz and for pulsed magnetic fields, the maximum current density associated with the pulses can be calculated from the rise/fall times and the maximum rate of change of magnetic flux density. The induced current density can then be compared with the appropriate basic restriction.
5. All SAR values are to be averaged over any 6-min period.
6. Localized SAR averaging mass is any 10 g of contiguous tissue; the maximum SAR so obtained should be the value used for the estimation of exposure.
7. For pulses of duration t_p the equivalent frequency to apply in the basic restrictions should be calculated as $f = 1/(2t_p)$. Additionally, for pulsed exposures in the frequency range 0.3 to 10 GHz and for localized exposure of the head, in order to limit or avoid auditory effects caused by thermoelastic expansion, an additional basic restriction is recommended. This is that the SA should not exceed 10 mJ kg^{-1} for workers and 2 mJ kg^{-1} for the general public, averaged over 10 g tissue.

il SAR è mediato su 6 minuti

La massa per il SAR locale è considerata 'contigua'

Limiti derivati - laboratori

Table 6. Reference levels for occupational exposure to time-varying electric and magnetic fields (unperturbed rms values).^a

Frequency range	E-field strength (V m ⁻¹)	H-field strength (A m ⁻¹)	B-field (μT)	Equivalent plane wave power density S_{eq} (W m ⁻²)
up to 1 Hz	—	1.63×10^5	2×10^5	—
1–8 Hz	20,000	$1.63 \times 10^5/f^2$	$2 \times 10^5/f^2$	—
8–25 Hz	20,000	$2 \times 10^4/f$	$2.5 \times 10^4/f$	—
0.025–0.82 kHz	$500/f$	$20/f$	$25/f$	—
0.82–65 kHz	610	24.4	30.7	—
0.065–1 MHz	610	$1.6/f$	$2.0/f$	—
1–10 MHz	$610/f$	$1.6/f$	$2.0/f$	—
10–400 MHz	61	0.16	0.2	10
400–2,000 MHz	$3f^{1/2}$	$0.008f^{1/2}$	$0.01f^{1/2}$	$f/40$
2–300 GHz	137	0.36	0.45	50

Qualcosa è cambiato
come numeri nel 2010



- Sono ottenuti dai limiti di base attraverso modelli matematici o estrapolazioni.
- Sono ottenuti considerando la situazione di massimo accoppiamento del campo con l'individuo (Campo E parallelo all'asse del corpo....).
- Sono valori mediati spazialmente sull'intero volume occupato dal corpo umano.
- Tra 100 kHz e 10 GHz devono essere valori mediati su un qualunque periodo di 6 minuti.
- Il rispetto di questi limiti derivati assicura il rispetto dei valori di SAR mediati sull'intero corpo, ma non dei valori locali, che devono quindi essere verificati indipendentemente.

Limiti derivati - popolazione

Table 7. Reference levels for general public exposure to time-varying electric and magnetic fields (unperturbed rms values).^a

Frequency range	E-field strength (V m ⁻¹)	H-field strength (A m ⁻¹)	B-field (μT)	Equivalent plane wave power density S_{eq} (W m ⁻²)
up to 1 Hz	—	3.2×10^4	4×10^4	—
1–8 Hz	10,000	$3.2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	—
8–25 Hz	10,000	$4,000/f$	$5,000/f$	—
0.025–0.8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	—
0.8–3 kHz	$250/f$	5	6.25	—
3–150 kHz	87	5	6.25	—
0.15–1 MHz	87	$0.73/f$	$0.92/f$	—
1–10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0.73/f$	$0.92/f$	—
10–400 MHz	28	0.073	0.092	2
400–2,000 MHz	$1.375f^{1/2}$	$0.0037f^{1/2}$	$0.0046f^{1/2}$	$f/200$
2–300 GHz	61	0.16	0.20	10

Qualcosa è cambiato
come numeri nel 2010

Nel campo c'è una differenza tra i valori per la popolazione e quelli per i lavoratori pari a 2.2, che corrisponde a $\sqrt{5}$, ovvero al fattore di sicurezza ulteriore usato per il SAR.

Ad esempio, a 900 MHz, il limite sul campo elettrico, magnetico e sulla densità di potenza diviene:

$$E_{rms} = 1.375 \cdot f^{0.5} = \underline{41.25} \quad \text{V / m}$$

$$H_{rms} = 0.0037 \cdot f^{0.5} = \underline{0.11} \quad \text{A / m}$$

$$S_{eq} = f / 200 = \underline{4.5} \text{ W / m}^2$$

Esposizioni da sorgenti multiple

Basic

For thermal effects, relevant above 100 kHz, SAR and power density values should be added according to:

$$\sum_{i=100 \text{ kHz}}^{10 \text{ GHz}} \frac{SAR_i}{SAR_L} + \sum_{i>10 \text{ GHz}}^{300 \text{ GHz}} \frac{S_i}{S_L} \leq 1, \quad (6)$$

- La somma pesata al corrispondente limite dei diversi contributi deve essere al massimo pari a 1.

Reference

For thermal considerations, relevant above 100 kHz, the following two requirements should be applied to the field levels:

$$\sum_{i=100 \text{ kHz}}^{1 \text{ MHz}} \left(\frac{E_i}{c} \right)^2 + \sum_{i>1 \text{ MHz}}^{300 \text{ GHz}} \left(\frac{E_i}{E_{L,i}} \right)^2 \leq 1, \quad (9)$$

ICNIRP STATEMENT ON THE "GUIDELINES FOR LIMITING EXPOSURE TO TIME-VARYING ELECTRIC, MAGNETIC, AND ELECTROMAGNETIC FIELDS (UP TO 300 GHz)" - luglio 2009

SINCE THE publication of the ICNIRP "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)" (ICNIRP 1998) many scientific studies of the effects of such fields have been published.....

For frequencies above 100 kHz, including frequencies used for modern wireless communications, several major national and international research programs have been completed recently.....

However, it is the opinion of ICNIRP that the scientific literature published since the 1998 guidelines has provided no evidence of any adverse effects below the basic restrictions.....

With regard to non-thermal interactions, it is in principle impossible to disprove their possible existence but the plausibility of the various non-thermal mechanisms that have been proposed is very low. In addition, the recent in vitro and animal genotoxicity and carcinogenicity studies are rather consistent overall and indicate that such effects are unlikely at low levels of exposure. Therefore, ICNIRP reconfirms the 1998 basic restrictions in the frequency range 100 kHz–300 GHz until further notice.

Raccomandazione Europea 1999

Direttiva del P.E. e del Consiglio 2004/40/CE

Direttiva del P.E. e del Consiglio 2008/46/CE

Raccomandazione

RACCOMANDAZIONE DEL CONSIGLIO

del 12 luglio 1999

relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz

Limiti di base per i campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici
(0 Hz-300 GHz)

Gamma di frequenza	Densità di flusso magnetico (mT)	Densità di corrente (mA/m^2) (rms)	SAR mediato sul corpo intero (W/kg)	SAR localizzato (capo e tronco) (W/kg)	SAR localizzato (arti) (W/kg)	Densità di potenza S (W/m^2)
0 Hz	40	—	—	—	—	—
>0-1 Hz	—	8	—	—	—	—
1-4 Hz	—	$8/f$	—	—	—	—
4-1 000 Hz	—	2	—	—	—	—
1 000 Hz-100 kHz	—	$f/500$	—	—	—	—
100 kHz-10 MHz	—	$f/500$	0,08	2	4	—
10 MHz-10 GHz	—	—	0,08	2	4	—
10-300 GHz	—	—	—	—	—	10

Raccomandazione

- E' una Raccomandazione: gli Stati membri sono tenuti a seguirla, a meno che non definiscano dei limiti più restrittivi;
- i valori limite in campo e in SAR sono esattamente quelli dell'ICNIRP '98 riferiti alla popolazione.
- La Commissione viene poi invitata ad elaborare ogni 5 anni una relazione sui progressi dell'attività di ricerca, integrata anche con le esperienze degli Stati membri.

Direttiva 2004/40/CE

DIRETTIVA 2004/40/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO

del 29 aprile 2004

sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) (diciottesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE)

Tabella 1:

Valori limite di esposizione (articolo 3, paragrafo 1). Tutte le condizioni devono essere rispettate.

Intervallo di frequenza	Densità di corrente per capo e tronco I (mA/m ²) (rms)	SAR mediato sul corpo intero (W/kg)	SAR localizzato (capo e tronco) (W/kg)	SAR localizzato (arti) (W/kg)	Densità di potenza (W/m ²)
fino a 1 Hz	40	-	-	-	-
1 — 4 Hz	$40/f$	-	-	-	-
4 — 1 000 Hz	10	-	-	-	-
1 000 Hz-100 kHz	$f/100$	-	-	-	-
100 kHz — 10 MHz	$f/100$	0,4	10	20	-
10 MHz — 10 GHz	-	0,4	10	20	-
10 — 300 GHz	-	-	-	-	50

Direttiva

- ...stabilisce le prescrizioni minime di protezione dei lavoratori dall'esposizione ai campi elettromagnetici (da 0 Hz a 300 GHz) **durante il lavoro.**
- definisce dei **valori limite di esposizione** basati direttamente sugli effetti sulla salute accertati → *sono i limiti ICNIRP di base (SAR..)*
- definisce dei **valori di azione**, su parametri direttamente misurabili (E, H...) che determinano l'obbligo di adottare una o più misure specificate nella direttiva → *sono i limiti ICNIRP di riferimento (E....).*
 - Se rispettati, allora sono rispettati anche i valori limite di esposizione,
 - se superati, si deve valutare se i valori limite di esposizione sono rispettati; nel caso quest'ultimi siano superati, allora si deve avviare un'azione di risanamento.
- Gli Stati Membri devono conformarsi alla direttiva entro il **30 Aprile 2008.**

Direttiva 2008/46/CE

DIRETTIVA 2008/46/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO

del 23 aprile 2008

che modifica la direttiva 2000/40/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) (diciottesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE)

considerando quanto segue:

- L'articolo 13, paragrafo 1, della direttiva 2004/40/CE stabilisce che gli Stati membri mettano in vigore entro il 30 aprile 2008
- Nuovi studi scientifici dell'ICNIRP sono stati presentati al P.E.
- La Commissione ha avviato uno studio volto a valutare in modo diretto e quantitativo la situazione per quanto riguarda la risonanza magnetica per immagini. I risultati di tale studio, [...] dovrebbero essere presi in considerazione al fine di garantire un equilibrio tra la prevenzione dei rischi potenziali per la salute dei lavoratori e l'accesso ai vantaggi offerti da un impiego efficace delle tecnologie mediche in questione.

Direttiva 2008/46/CE

HANNO ADOTTATO LA PRESENTE DIRETTIVA:

Articolo 1

All'articolo 13, paragrafo 1, della direttiva 2004/40/CE, il primo comma è sostituito dal seguente:

«1. Gli Stati membri mettono in vigore le disposizioni legislative, regolamentari e amministrative necessarie per conformarsi alla presente direttiva entro il 30 aprile 2012. Essi ne informano immediatamente la Commissione.»

IEEE 2005

IEEE Std C95.1™-2005

Struttura della normativa

Nell'aprile 2006 l' IEEE ha pubblicato una revisione del suo standard (IEEE-1999). Ne ha cambiato la struttura, poiché mentre prima i limiti erano sul campo e si potevano "rilassare" valutando il SAR, ora i limiti sono sulle basic restriction e i valori di campo sono considerati derivati.

- definisce livelli limite per frequenze comprese tra 3 kHz e 300 GHz;
- raccomanda valori massimi (di campo MPE= maximum permissible exposure; di SAR BR=basic restrictions) dividendo tra ambiente controllato e popolazione generica;
- giustificazione: i limiti sono basati sul materiale migliore tra quelli disponibili (di tutta la letteratura scientifica fanno una revisione periodica, mantenendo solo il risultato di studi riproducibili, con esposizioni controllate....secondo rigidi criteri);
- razionale: i valori MPE sono derivati da valori di SAR (limite primario) che non devono essere mai superati. Sono derivati considerando la ben nota dipendenza dell'assorbimento dalla frequenza.

Scopo e introduzione

1.1 Scope

Recommendations are made to protect against established adverse health effects in human beings associated with exposure to electric, magnetic and electromagnetic fields in the frequency range of **3 kHz to 300 GHz**. The recommendations are expressed in terms of **basic restrictions (BRs)** and **maximum permissible exposure (MPE) values**. The BRs are limits on internal fields, specific absorption rate (SAR), and current density; the MPEs, which are derived from the BRs, are limits on external fields and induced and contact current. The recommendations, which protect against effects associated with electrostimulation and tissue and wholebody heating, are intended to apply to all human exposures except for exposure of patients by, or under the direction of, physicians and medical professionals. **These recommendations are not intended for the purpose of preventing interference with medical and other devices that may exhibit susceptibility to radio frequency (RF) fields.**

While the weight of scientific evidence supports the conclusion that there is no measurable risk associated with RF exposures below the upper tier of this standard, it is scientifically impossible to prove absolute safety (the null hypothesis) of any physical agent. Thus the lower tier, with an additional safety factor, recognizes public concerns and also supports the process of harmonization with other standards, e.g., the NCRP recommendations [B95] and the ICNIRP guidelines [B62]. The lower tier also defines the action level above which implementation of an RF safety program is recommended. The BRs and MPEs of the lower tier may also be used for the general public to address concerns of continuous, long-term exposure of all individuals.

BRs and MPEs for freq. betw. 100 kHz and 3 GHz

Table 6—BRs for frequencies between 100 kHz and 3 GHz

		Action level ^a SAR ^b (W/kg)	Persons in controlled environments SAR ^c (W/kg)
Whole-body exposure	Whole-Body Average (WBA)	0.08	0.4
Localized exposure	Localized (peak spatial-average)	2 ^c	10 ^c
Localized exposure	Extremities ^d and pinnae	4 ^c	20 ^c
^a BR for the general public when an RF safety program is unavailable.			
^b SAR is averaged over the appropriate averaging times as shown in Table 8 and Table 9.			
^c Averaged over any 10 g of tissue (defined as a tissue volume in the shape of a cube). [*]			
^d The extremities are the arms and legs distal from the elbows and knees, respectively.			

^{*}The volume of the cube is approximately 10 cm³.

Correnti di contatto

Table 7—RMS induced and contact current limits for continuous sinusoidal waveforms,
 $f = 100\text{ kHz to }110\text{ MHz}$

Condition	Action level ^a (mA)	Persons in controlled environments (mA)
Both feet	90	200
Each foot	45	100
Contact, grasp ^b	—	100
Contact, touch	16.7	50
NOTE 1—Limits apply to current flowing between the body and a grounded object that may be contacted by the person.		
NOTE 2—The averaging time for determination of compliance is 6 minutes.		
^a MPE for the general public in absence of an RF safety program.		
^b The grasping contact limit pertains to controlled environments where personnel are trained to make grasping contact and to avoid touch contacts with conductive objects that present the possibility of painful contact.		

MPEs for frequencies between 100 kHz and 300 GHz

Because of the difficulty in determining whether an exposure complies with the BRs, derived limits (MPEs) to protect against adverse effects associated with heating are provided below for convenience in exposure assessment. For human exposure to electromagnetic energy at radio frequencies from 100 kHz to 300 GHz, the MPEs, in terms of rms electric (E) and magnetic (H) field strengths and the equivalent plane-wave freespace power densities (S) are presented as a function of frequency

Compliance with the MPE of Table 8 (upper tier) is determined from spatial averages of power density or the mean squared electric and magnetic field strengths over an area equivalent to the vertical cross section of the human body (projected area) at a distance no closer than 0.2 m from the field source.

Compliance with Table 8 and Table 9 ensures compliance with the BRs on whole-body average SAR. However, lack of compliance with Table 8 and Table 9 does not necessarily imply lack of compliance with the BRs, but rather that it may be necessary to perform additional evaluations to determine whether the BRs have been met

MPEs Ambiente controllato

Table 8—MPE for the upper tier (people in controlled environments)
(see Figure 3 for graphical representation)

Frequency range (MHz)	RMS electric field strength (E) ^a (V/m)	RMS magnetic field strength (H) ^a (A/m)	RMS power density (S) E-field, H-field (W/m ²)	Averaging time $ E ^2$, $ H ^2$ or S (min)
0.1–1.0	1842	$16.3/f_M$	$(9000, 100\,000/f_M^2)^b$	6
1.0–30	$1842/f_M$	$16.3/f_M$	$(9000/f_M^2, 100\,000/f_M^2)$	6
30–100	61.4	$16.3/f_M$	$(10, 100\,000/f_M^2)$	6
100–300	61.4	0.163	10	6
300–3000	—	—	$f_M/30$	6
3000–30 000	—	—	100	$19.63/f_G^{1.079}$
30 000–300 000	—	—	100	$2.524/f_G^{0.476}$

NOTE— f_M is the frequency in MHz, f_G is the frequency in GHz.

^aFor exposures that are uniform over the dimensions of the body, such as certain far-field plane-wave exposures, the exposure field strengths and power densities are compared with the MPEs in the Table. For non-uniform exposures, the mean values of the exposure fields, as obtained by spatially averaging the squares of the field strengths or averaging the power densities over an area equivalent to the vertical cross section of the human body (projected area), or a smaller area depending on the frequency (see NOTES to Table 8 and Table 9 below), are compared with the MPEs in the Table.

^bThese plane-wave equivalent power density values are commonly used as a convenient comparison with MPEs at higher frequencies and are displayed on some instruments in use.

MPEs Popolazione generica

Table 9—Action level (MPE for the general public when an RF safety program is unavailable)
(see Figure 4 for graphical representation)

Frequency range (MHz)	RMS electric field strength (E) ^a (V/m)	RMS magnetic field strength (H) ^a (A/m)	RMS power density (S) E-field, H-field (W/m ²)	Averaging time ^b $ E ^2$, $ H ^2$ or S (min)	
0.1–1.34	614	$16.3/f_M$	$(1000, 100\,000/f_M^2)^c$	6	6
1.34–3	$823.8/f_M$	$16.3/f_M$	$(1800/f_M^2, 100\,000/f_M^2)$	$f_M^2/0.3$	6
3–30	$823.8/f_M$	$16.3/f_M$	$(1800/f_M^2, 100\,000/f_M^2)$	30	6
30–100	27.5	$158.3/f_M^{1.668}$	$(2, 9\,400\,000/f_M^{3.336})$	30	$0.0636 f_M^{1.337}$
100–400	27.5	0.0729	2	30	30
400–2000	–	–	$f_M/200$	30	30
2000–5000	–	–	10	30	30
5000–30 000	–	–	10	$150/f_G$	
30 000–100 000	–	–	10	$25.24/f_G^{0.476}$	
100 000–300 000	–	–	$(90f_G-7000)/200$	$5048/[(9f_G-700)f_G^{0.476}]$	

NOTE— f_M is the frequency in MHz, f_G is the frequency in GHz.

^aFor exposures that are uniform over the dimensions of the body, such as certain far-field plane-wave exposures, the exposure field strengths and power densities are compared with the MPEs in the Table. For non-uniform exposures, the mean values of the exposure fields, as obtained by spatially averaging the squares of the field strengths or averaging the power densities over an area equivalent to the vertical cross section of the human body (projected area) or a smaller area depending on the frequency (see NOTES to Table 8 and Table 9 below), are compared with the MPEs in the Table.

^bThe left column is the averaging time for $|E|^2$, the right column is the averaging time for $|H|^2$. For frequencies greater than 400 MHz, the averaging time is for power density S

^cThese plane-wave equivalent power density values are commonly used as a convenient comparison with MPEs at higher frequencies and are displayed on some instruments in use.

Valori MPEs a 900 MHz

Ad esempio, a 900 MHz, i limiti sul campo elettrico, magnetico e sulla densità di potenza divengono:

$$S_{eq} = f_M / 200 = 4.5 \text{ W} / \text{m}^2$$

$$E_{rms} = \sqrt{377 \cdot S_{eq}} = 41.19 \text{ V} / \text{m} \quad (\text{N.B.: ICNIRP era } 41.25 \text{ V/m})$$

$$H_{rms} = \sqrt{\frac{S_{eq}}{377}} = 0.11 \text{ A} / \text{m}$$

Andamento in frequenza MPE

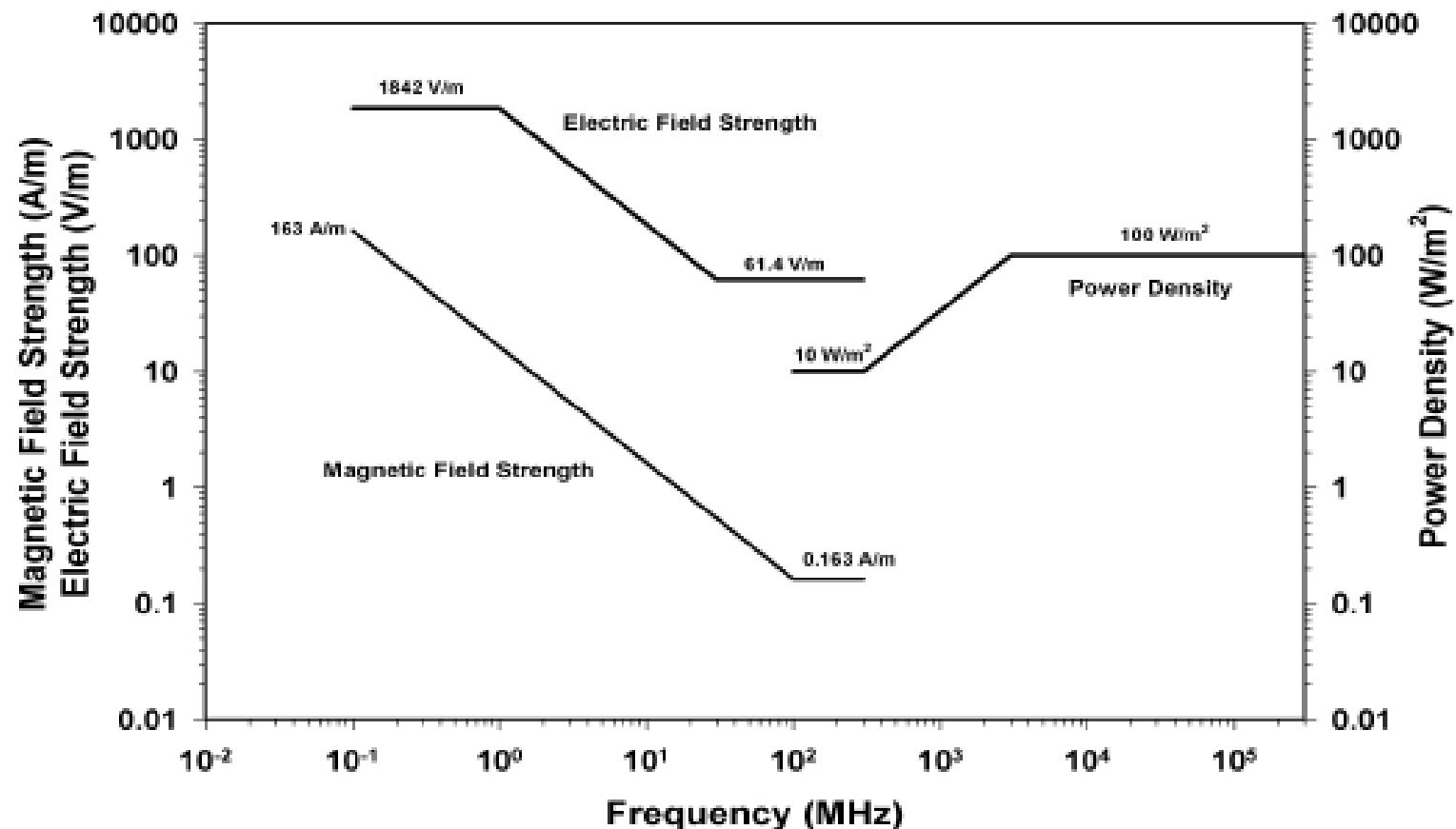


Figure 3—Graphic representation of the MPEs in Table 8
(exposures in controlled environments)

FCC

*Federal Communications Commission
Office of Engineering & Technology*

WHY HAS THE FCC ADOPTED GUIDELINES FOR RF EXPOSURE?

The FCC authorizes and licenses devices, transmitters and facilities that generate RF and microwave radiation. It has jurisdiction over all transmitting services in the U.S. except those specifically operated by the Federal Government. *However, the FCC's primary jurisdiction does not lie in the health and safety area, and it must rely on other agencies and organizations for guidance in these matters.*

In 1993, the FCC proposed to update its rules and adopt the new ANSI/IEEE guidelines. After a lengthy period to allow for the filing of comments and for deliberation the FCC decided, in 1996, to adopt a modified version of its original proposal.

Italia

(DL 381/98)

Legge quadro 22.2.01+DPCM 8.7.2003

(Decreto Legislativo n. 257 del 19/11/2007)

Legge delega 123/07 + DLgs 81/08

DL 381/98

- In Italia, la prima regolamentazione nazionale è stata il Decreto del 10 settembre 1998 n. 381 con le Linee guida applicative G.U. n. 257 del 3 11 98.
- **APPLICAZIONE:**
 - sistemi fissi di telecomunicazione, radio e TV (no telefoni cellulari, no RADAR);
 - popolazione (no applicazioni mediche)
 - frequenza compresa tra 100 kHz e 300 GHz.
- **LIMITI**
 - vengono posti **limiti** uguali in tutto l'intervallo di frequenza tra 3 MHz e 3 GHz
- **CAUTELA, QUALITA'**
 - vengono introdotti dei **valori di cautela** che devono essere obbligatoriamente rispettati nei luoghi in cui la permanenza delle persone prevista sia > 4 ore
 - vengono inoltre introdotti degli **eventuali obiettivi di qualità** a cui tendere con i nuovi impianti su cui possono intervenire Regioni e Comuni

381/98 - limiti

	Limiti di esposizione			Misure di cautela		
Frequenza (MHz)	E_{rms} (V/m)	H_{rms} (A/m)	S_{eq} (W/m ²)	E_{rms} (V/m)	H_{rms} (A/m)	S_{eq} (W/m ²)
0.1 - 3	60	0.2	-	6	0.016	
>3 - 3000	20	0.05	1	6	0.016	0.1
>3000 - 300000	40	0.1	4	6	0.016	0.1

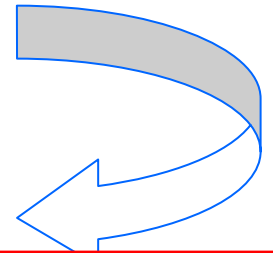
Valori di campo mediati su 6 minuti e su un'area equivalente al corpo umano

Sviluppo....

- La possibilità lasciata a Regioni e Comuni di intervenire sugli obiettivi di qualità ha portato all'emissione di norme locali ognuna con valori limite diversi, così che passando da Umbria a Toscana (per esempio..) i valori di campo ammessi erano diversi.
- Ad esempio:
 - Toscana: limite di 0.5 V/m nelle aree sensibili;
 - Trento: 2 V/m
 - Marche: max 1 V/m per gestore, obiettivi di qualità a 3 V/m
 -

Legge quadro 22.2.01

- La legge quadro del 22 febbraio 2001 definisce i principi fondamentali per la protezione della popolazione. I valori limite sono rimandati ai decreti attuativi pubblicati l'8 luglio 2003
- Applicazione:
 - frequenze 0 Hz - 300 GHz
 - non esposizioni per motivi medici
 - si applica in particolare ad elettrodotti, impianti radio diffusione, radar
- Lo Stato fissa i limiti.... e le regioni si adeguano
- si definisce un catasto nazionale per gli impianti



Art. 2.

(Ambito di applicazione)

1. La presente legge ha per oggetto gli impianti, i sistemi e le apparecchiature per usi civili, militari e delle forze di polizia, che possano comportare l'esposizione dei lavoratori, delle lavoratrici e della popolazione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici con frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz. In particolare, la presente legge si applica agli elettrodotti ed agli impianti radioelettrici compresi gli impianti per telefonia mobile, i radar e gli impianti per radiodiffusione.

2. Le disposizioni della presente legge non si applicano nei casi di esposizione intenzionale per scopi diagnostici o

DPCM 8.7.2003

- Decreto attuativo per le frequenze 100 kHz - 300 GHz
 - Rimanda alla raccomandazione europea, e quindi all'ICNIRP per tutto ciò che non rientra nell'applicabilità della legge. E quindi in particolare per i telefoni cellulari...
- Per come effettuare valutazioni di campo si rimanda alla normativa tecnica CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) 211 - 7
- In particolare, si possono usare conti fintanto che i valori trovati non superano la metà del limite. Altrimenti sono necessarie le misure.
- In presenza di diverse sorgenti e di un valore di campo che superi i limiti previsti dal DPCM, si deve adottare un'opportuna **procedura di riduzione a conformità** (allegato C DPCM 8 luglio 2003)

Limiti di esposizione

	Limiti di esposizione			Valori di attenzione Obiettivi di qualità		
Frequenza (MHz)	E_{rms} (V/m)	H_{rms} (A/m)	S_{eq} (W/m ²)	E_{rms} (V/m)	H_{rms} (A/m)	S_{eq} (W/m ²)
0.1 - 3	60	0.2	-	6	0.016	
>3 - 3000	20	0.05	1	6	0.016	0.1
>3000 - 300000	40	0.01	4	6	0.016	0.1

2. A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine eventualmente connessi con le esposizioni ai campi generati alle suddette frequenze all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, e loro pertinenze esterne, che siano fruibili come ambienti abitativi quali balconi, terrazzi e cortili esclusi i lastrici solari, si assumono i valori di attenzione indicati nella tabella 2 all'allegato

Legge 3.8.2007 n. 123

Misure in tema della salute e della sicurezza sul lavoro e delega al Governo per il riassetto e la riforma della normativa in materia

1. Il Governo è delegato ad adottare, entro nove mesi dalla data di entrata in vigore della presente legge, uno o più decreti legislativi per il riassetto e la riforma delle disposizioni vigenti in materia di salute e sicurezza dei lavoratori nei luoghi di lavoro...
2. I decreti di cui al comma 1 sono adottati [...] nel rispetto dei seguenti principi e criteri direttivi generali:
[...] applicazione..... a tutte le tipologie di rischio...

Decreto Legislativo n. 257 del 19/11/2007

Attuazione della direttiva 2004/40/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici)

In pratica si aggiunge alla 626 un Titolo relativo ai campi elettromagnetici con entrata in vigore delle disposizioni il 30 aprile 2008.

Ma...

Decreto Legislativo n. 81 del 9 aprile 2008

DECRETO LEGISLATIVO 9 aprile 2008 , n. 81

Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

Art. 3.

Campo di applicazione

1. Il presente decreto legislativo si applica a tutti i settori di attività, privati e pubblici, e a tutte le tipologie di rischio.

Titolo VIII

AGENTI FISICI

Capo I

Disposizioni generali

1. Ai fini del presente decreto legislativo per agenti fisici si intendono il rumore, gli ultrasuoni, gli infrasuoni, le vibrazioni meccaniche, i campi elettromagnetici, le radiazioni ottiche, di origine artificiale, il microclima e le atmosfere iperbariche che possono comportare rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori.

DLgs 81/08 - Titolo VIII - Capo IV

Capo IV

Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici

1. Il presente capo determina i requisiti minimi per la protezione dei lavoratori contro i rischi per la salute e la sicurezza derivanti dall'esposizione ai campi elettromagnetici (da 0 Hz a 300 GHz), come definiti dall'articolo 207, durante il lavoro. Le disposizioni riguardano la protezione dai rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori dovuti agli effetti nocivi a breve termine conosciuti nel corpo umano derivanti dalla circolazione di correnti indotte e dall'assorbimento di energia, e da correnti di contatto.
2. Il presente capo **non riguarda la protezione da eventuali effetti a lungo termine** e i rischi risultanti dal contatto con i conduttori in tensione.

DLgs 81/08 - Titolo VIII - Capo IV

Art. 207. Definizioni

1. Agli effetti delle disposizioni del presente capo si intendono per:
 - a) campi elettromagnetici: campi magnetici statici e campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici variabili nel tempo di frequenza inferiore o pari a 300 GHz;
 - b) valori limite di esposizione: limiti all'esposizione a campi elettromagnetici che sono basati direttamente sugli effetti sulla salute accertati e su considerazioni biologiche. Il rispetto di questi limiti garantisce che i lavoratori esposti ai campi elettromagnetici sono protetti contro tutti gli effetti nocivi a breve termine per la salute conosciuti;
 - c) valori di azione: l'entità dei parametri direttamente misurabili, espressi in termini di intensità di campo elettrico (E), intensità di campo magnetico (H), induzione magnetica (B) e densità di potenza (S), che determina l'obbligo di adottare una o più delle misure specificate nel presente capo. Il rispetto di questi valori assicura il rispetto dei pertinenti valori limite di esposizione.

DLgs 81/08 - Titolo VIII - Capo IV

Art. 209.

Identificazione dell'esposizione e valutazione dei rischi

1. Nell'ambito della valutazione dei rischi di cui all'articolo 181, il datore di lavoro valuta e, quando necessario, misura o calcola i livelli dei campi elettromagnetici ai quali sono esposti i lavoratori. La valutazione, la misurazione e il calcolo devono essere effettuati in conformità alle norme europee standardizzate.....
 2. A seguito della valutazione dei livelli dei campi elettromagnetici effettuata in conformità al comma 1, qualora risulti che siano superati i valori di azione di cui all'articolo 208, il datore di lavoro valuta e, quando necessario, calcola se i valori limite di esposizione sono stati superati.
- elabora ed applica un programma d'azione che comprenda misure tecniche e organizzative intese a prevenire esposizioni superiori ai valori limite di esposizione,

DLgs 81/08 - Titolo VIII - Capo IV

Art. 306.
Disposizioni finali

3. Le disposizioni di cui al titolo VIII, capo IV entrano in vigore alla data fissata dal primo comma dell'articolo 13, paragrafo 1, della direttiva 2004/40/CE;

DLgs 81/08 - Titolo VIII - Capo IV

TABELLA 1

Valori limite di esposizione (articolo 188, comma 1).

Tutte le condizioni devono essere rispettate.

Intervallo di frequenza	Densità di corrente per corpo e tronco J (mA/m ²) (rms)	SAR mediato sul corpo intero (W/kg)	SAR localizzato (capo e tronco) (W/kg)	SAR localizzato (arti) (W/kg)	Densità di potenza (W/m ²)
Fino a 1 Hz	40	/	/	/	/
1 – 4 Hz	40/f	/	/	/	/
4 – 1000 Hz	10	/	/	/	/
1000 Hz – 100 kHz	f/100	/	/	/	/
100 kHz – 10 MHz	f/100	0,4	10	20	/
10 MHz – 10 GHz	/	0,4	10	20	/
10 – 300 GHz	/	/	/	/	50

DLgs 81/08 - Titolo VIII - Capo IV

TABELLA 2

Valori di azione (art. 188, comma 2)

[valori efficaci (rms) imperturbati]

Intervallo di frequenza	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Induzione magnetica B (μ T)	Densità di potenza di onda piana S_{eq} (W/m ²)	Corrente di contatto, I _c (mA)	Corrente indotta attraverso gli arti I _L (mA)
0 – 1 Hz	/	$1,63 \times 10^5$	2×10^5	/	1,0	/
1 – 8 Hz	20000	$1,63 \times 10^5 / f^2$	$2 \times 10^5 / f^2$	/	1,0	/
8 – 25 Hz	20000	$2 \times 10^4 / f$	$2,5 \times 10^4 / f$	/	1,0	/
0,025 – 0,82 kHz	500/f	20/f	25/f	/	1,0	/

.....

1 – 10 MHz	610/f	1,6/f	2/f	/	40	/
10 – 110 MHz	61	0,16	0,2	10	40	100
110 – 400 MHz	61	0,16	0,2	10	/	/
400 – 2000 MHz	$3f^{1/2}$	$0,008f^{1/2}$	$0,01f^{1/2}$	$f/40$	/	/
2 – 300 GHz	137	0,36	0,45	50	/	/