

Caratteristiche, proprietà e applicazioni dei campi elettromagnetici. Aspetti sanitari e quadro normativo

Prof. Ing. Salvatore Casale

già Ordinario di Sistemi di Telecomunicazioni

DIEEI – Università di Catania

Sommario

- Proprietà e caratteristiche delle onde elettromagnetiche; cenni sulle equazioni di Maxwell e sulla teoria quantistica. Spettro elettromagnetico; radiazioni ionizzanti e non ionizzanti.
- Vari tipi di sorgenti di campi elettromagnetici; le antenne e loro proprietà.
- Propagazione delle onde elettromagnetiche. Gamme di frequenza e relativi servizi per le radiocomunicazioni. Principali applicazioni delle radiazioni elettromagnetiche.
- Effetti biologici e sanitari delle radiazioni elettromagnetiche.
- Studi sui campi elettromagnetici dell'Organizzazione Mondiale della Sanità e dell'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro.
- Linee guida sulla protezione dai c.e.m. ; raccomandazione Europea e normativa Italiana sui limiti di esposizione alle radiazioni non ionizzanti.

Proprietà e caratteristiche delle onde elettromagnetiche

James Clerk Maxwell

(Edimburgo 13 giugno 1831 –
Cambridge, 5 novembre 1879)

- Elaborò la prima teoria dell'elettromagnetismo. Con la teoria di Maxwell la forza elettrica e quella magnetica sono state unificate ottenendo la *forza elettromagnetica*.
- Pubblicò nel 1865 il lavoro dal titolo "*A Dynamical Theory of Electromagnetic Field*", che contiene completamente sviluppata la teoria della luce e del campo elettromagnetico.



"A Dynamical Theory of Electromagnetic Field" [459] presentato l'8 Dicembre 1864 alla Royal Society of London e pubblicato nel 1865

PROFESSOR CLERK MAXWELL ON THE ELECTROMAGNETIC FIELD. 497

a quantity essentially positive; so that, when the primary electrification is in one direction, the secondary discharge is always in the same direction as the primary discharge*.

PART VI.—ELECTROMAGNETIC THEORY OF LIGHT.

(91) At the commencement of this paper we made use of the optical hypothesis of an elastic medium through which the vibrations of light are propagated, in order to show that we have warrantable grounds for seeking, in the same medium, the cause of other phenomena as well as those of light. We then examined electromagnetic phenomena, seeking for their explanation in the properties of the field which surrounds the electrified or magnetic bodies. In this way we arrived at certain equations expressing certain properties of the electromagnetic field. We now proceed to investigate whether these properties of that which constitutes the electromagnetic field, deduced from electromagnetic phenomena alone, are sufficient to explain the propagation of light through the same substance.

(92) Let us suppose that a plane wave whose direction cosines are l, m, n is propagated through the field with a velocity V . Then all the electromagnetic functions will be functions of

$$w = lx + my + nz - Vt.$$

The equations of Magnetic Force (B), p. 482, will become

$$\begin{aligned} \mu\alpha &= m \frac{dH}{dw} - n \frac{dG}{dw}, \\ \mu\beta &= n \frac{dF}{dw} - l \frac{dH}{dw}, \\ \mu\gamma &= l \frac{dG}{dw} - m \frac{dF}{dw}. \end{aligned}$$

If we multiply these equations respectively by l, m, n , and add, we find

$$l\mu\alpha + m\mu\beta + n\mu\gamma = 0, \dots \dots \dots (62)$$

which shows that the direction of the magnetization must be in the plane of the wave.

(93) If we combine the equations of Magnetic Force (B) with those of Electric Currents (C), and put for brevity

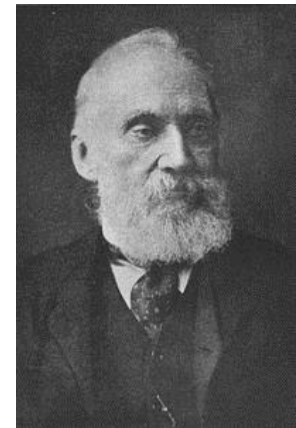
$$\frac{dF}{dx} + \frac{dG}{dy} + \frac{dH}{dz} = J, \text{ and } \frac{d^2}{dx^2} + \frac{d^2}{dy^2} + \frac{d^2}{dz^2} = \nabla^2, \dots \dots \dots (63)$$

$$\left. \begin{aligned} 4\pi\mu p' &= \frac{dJ}{dx} - \nabla^2 F, \\ 4\pi\mu q' &= \frac{dJ}{dy} - \nabla^2 G, \\ 4\pi\mu r' &= \frac{dJ}{dz} - \nabla^2 H. \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (64)$$

* Since this paper was communicated to the Royal Society, I have seen a paper by M. GAUZE in the *Annales de Chimie* for 1864, in which he has deduced the phenomena of electric absorption and secondary discharge from the theory of compound condensers.

Scetticismo del mondo scientifico

- La teoria di Maxwell fu accolta con estremo scetticismo dagli scienziati di allora, che misero anche in dubbio l'esistenza delle onde elettromagnetiche.
- Uno dei maggiori scettici fu *sir William Thomson (Lord Kelvin)* che criticò nella teoria di Maxwell l'esistenza della corrente di spostamento, la mancanza di un modello meccanico e la possibilità che le onde elettromagnetiche si potessero propagare nel vuoto.



Scetticismo del mondo scientifico

- La originale formulazione della teoria elettromagnetica di Maxwell conteneva 20 equazioni con 20 incognite.
- Anche per la sua complessità, furono pochi i fisici contemporanei che prestarono attenzione alla sua teoria.
- Solo nel 1885 Oliver Heaviside pubblicò una versione condensata delle equazioni di Maxwell, riducendo il numero di equazioni da 20 a 4.

Equazioni di Maxwell

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \\ \vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \\ \vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \\ \vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j} + \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \end{array} \right.$$

E = Intensità del campo elettrico [V/m]

ρ = densità di carica [C/m^3]

B = Induzione magnetica [T]

J = Densità di corrente [A/m^2]

H = Intensità del campo magnetico [A/m]

$B = \mu H$

$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} F/m$

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} H/m$

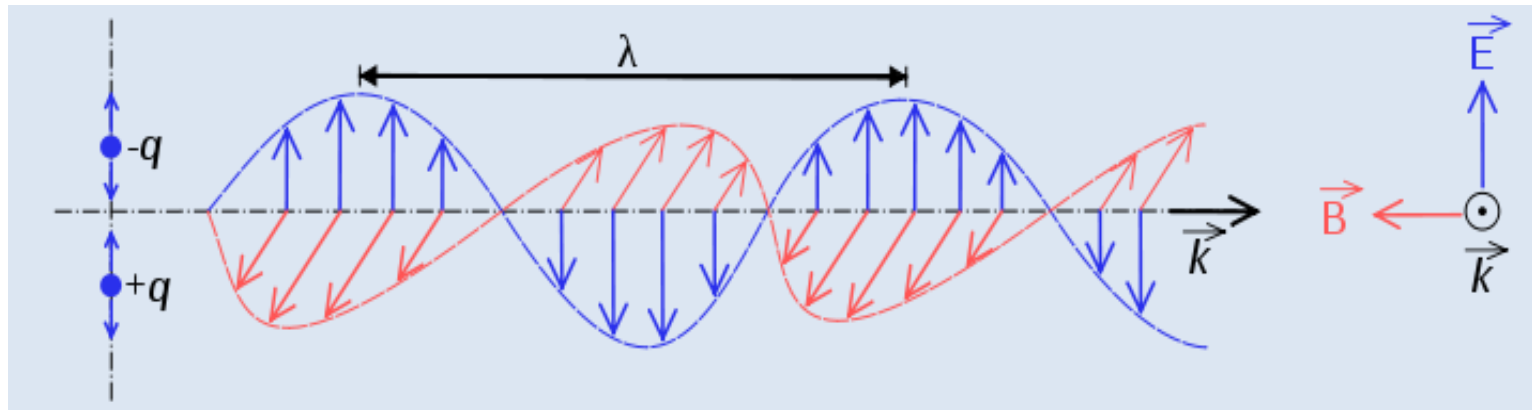
$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\delta E_x}{\delta x} + \frac{\delta E_y}{\delta y} + \frac{\delta E_z}{\delta z}$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 3 \cdot 10^8 m/s$$

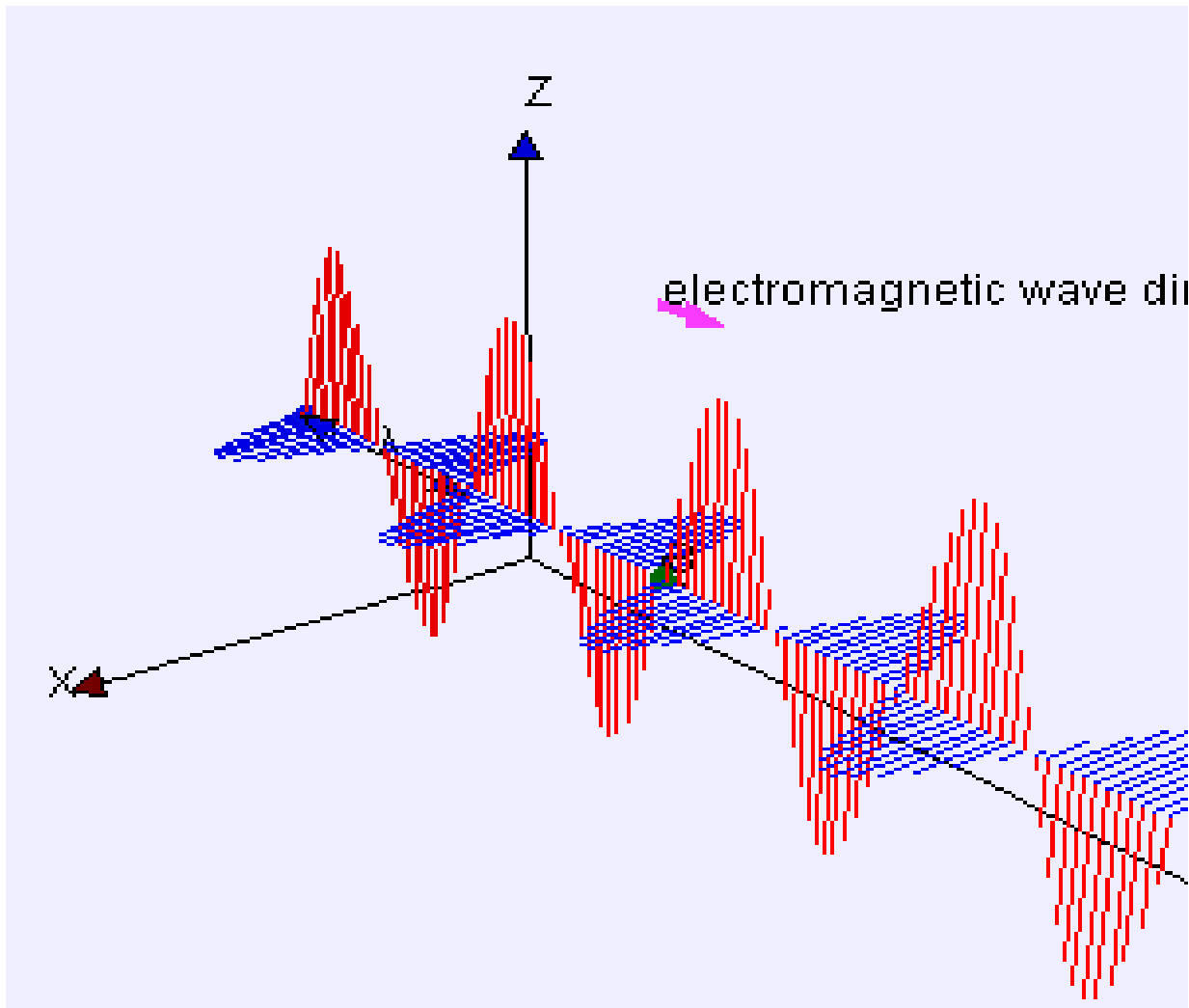
$$\nabla \times \vec{E} = \vec{a}_x \left[\frac{\delta E_z}{\delta y} - \frac{\delta E_y}{\delta z} \right] + \vec{a}_y \left[\frac{\delta E_x}{\delta z} - \frac{\delta E_z}{\delta x} \right] + \vec{a}_z \left[\frac{\delta E_y}{\delta x} - \frac{\delta E_x}{\delta y} \right]$$

Onde elettromagnetiche

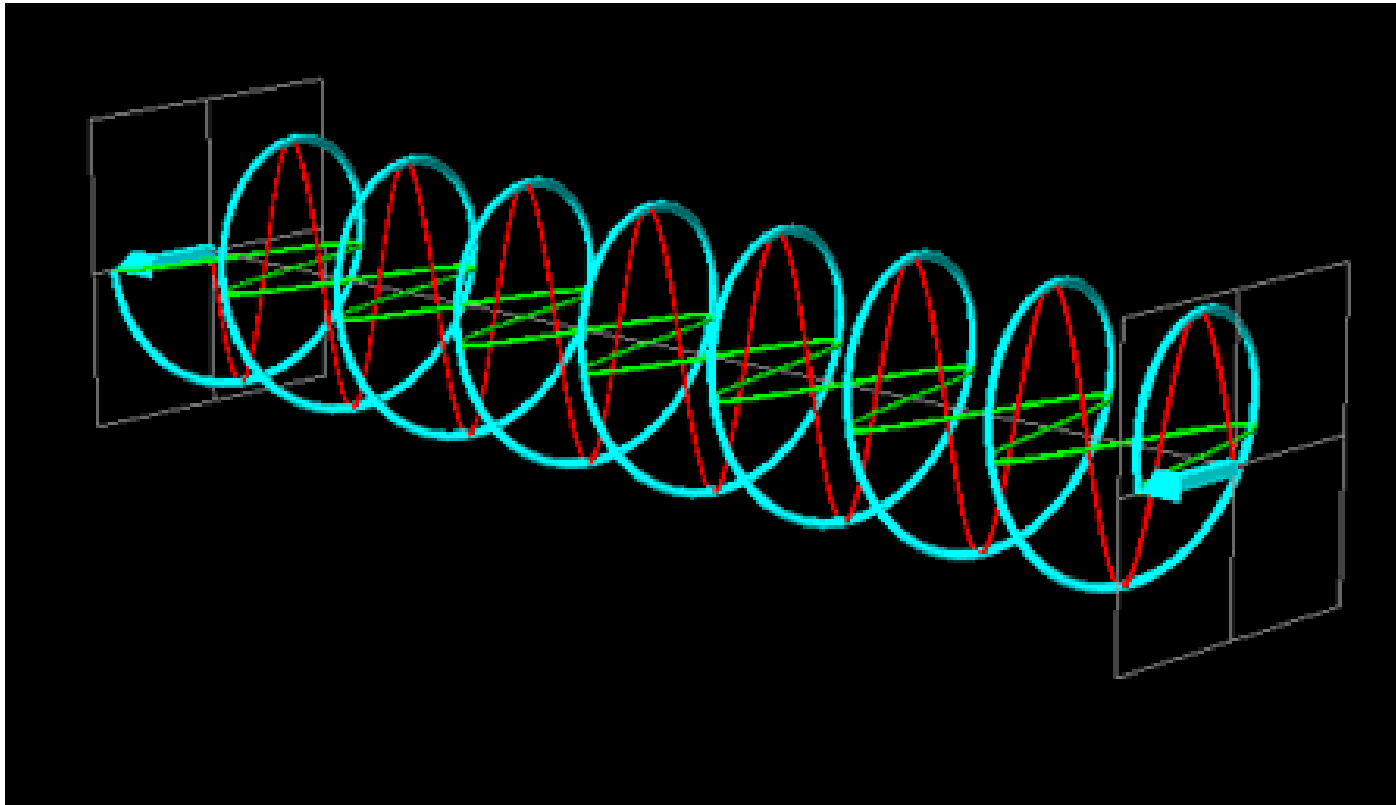
- Sono perturbazioni elettromagnetiche (variazioni del campo elettrico e del campo magnetico correlate tra loro nel tempo e nello spazio), originate da accelerazioni di cariche elettriche, che si propagano dalla regione in cui le cariche elettriche vengono accelerate viaggiando alla velocità della luce.



$$f = \frac{c}{\lambda} \quad [Hz] \quad c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$



Polarizzazione lineare e circolare



Vettore di Poynting

- Le onde elettromagnetiche trasferiscono energia da un punto ad un altro dello spazio.
- Dalle equazioni di Maxwell si deduce che il flusso di energia che fluisce attraverso una superficie chiusa nell'unità di tempo è:

$$W = \oint_S (\vec{E} \times \vec{H}) \cdot d\vec{S}$$

dove

$$\vec{P} = \vec{E} \times \vec{H}$$

è detto **vettore di Poynting**.

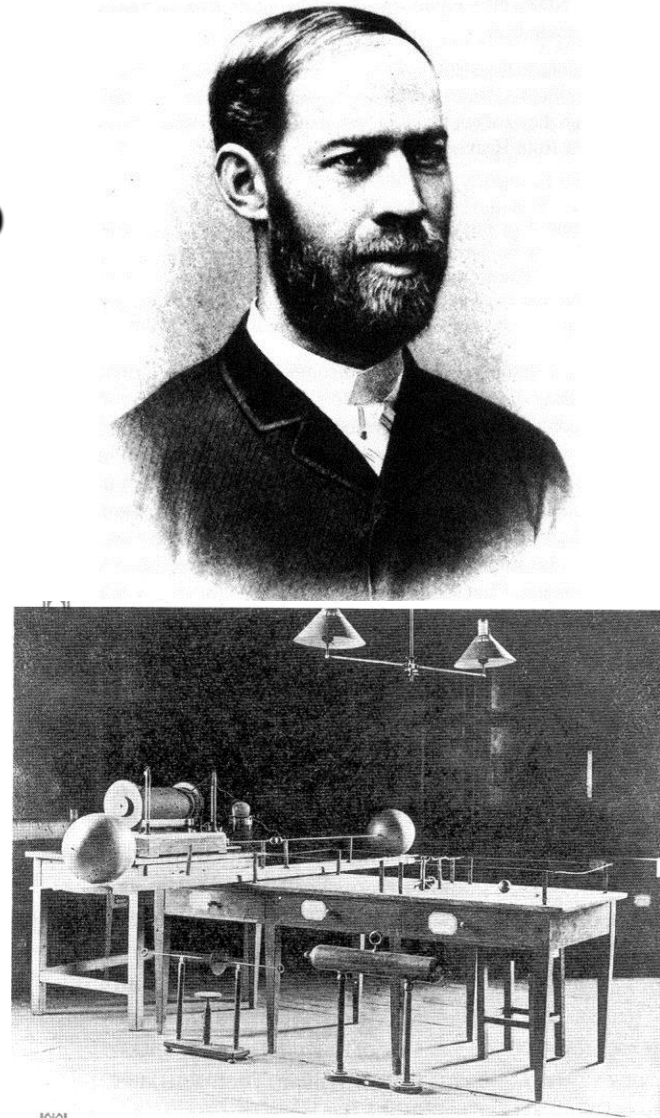
Esso dà la direzione e la intensità del flusso di energia in ogni punto dello spazio.

Heinrich Rudolf Hertz

(22 febbraio 1857- 1 gennaio 1894),

è stato il fisico che nel 1888 per primo dimostrò l'esistenza delle onde elettromagnetiche con un apparato di sua costruzione in grado di emettere onde radio a breve distanza, dimostrando che le onde generate dal suo "oscillatore" erano della stessa natura delle onde luminose.

Le onde di Hertz, dunque, potevano essere riflesse, rifratte, polarizzate.



Guglielmo Marconi

Il padre delle radiocomunicazioni.

25 aprile 1874 - 20 luglio 1937

A lui si deve il primo sviluppo di un efficace sistema di comunicazione con telegrafia senza fili via onde radio, la cui evoluzione portò allo sviluppo dei moderni sistemi e metodi di radiocomunicazione come la radio, la televisione e in generale tutti i sistemi di comunicazione wireless.

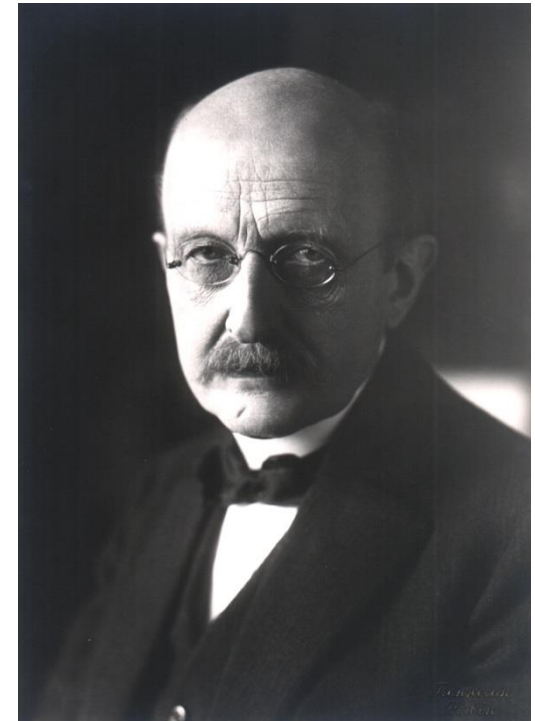
Ricevette il premio Nobel per la fisica nel 1909.



Max Planck

(Kiel, 23 aprile 1858 – Göttingen, 4 ottobre 1947)
premio Nobel per la fisica nel 1918

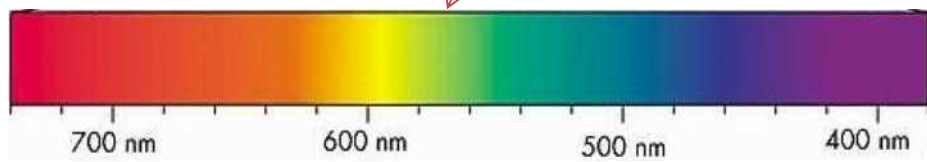
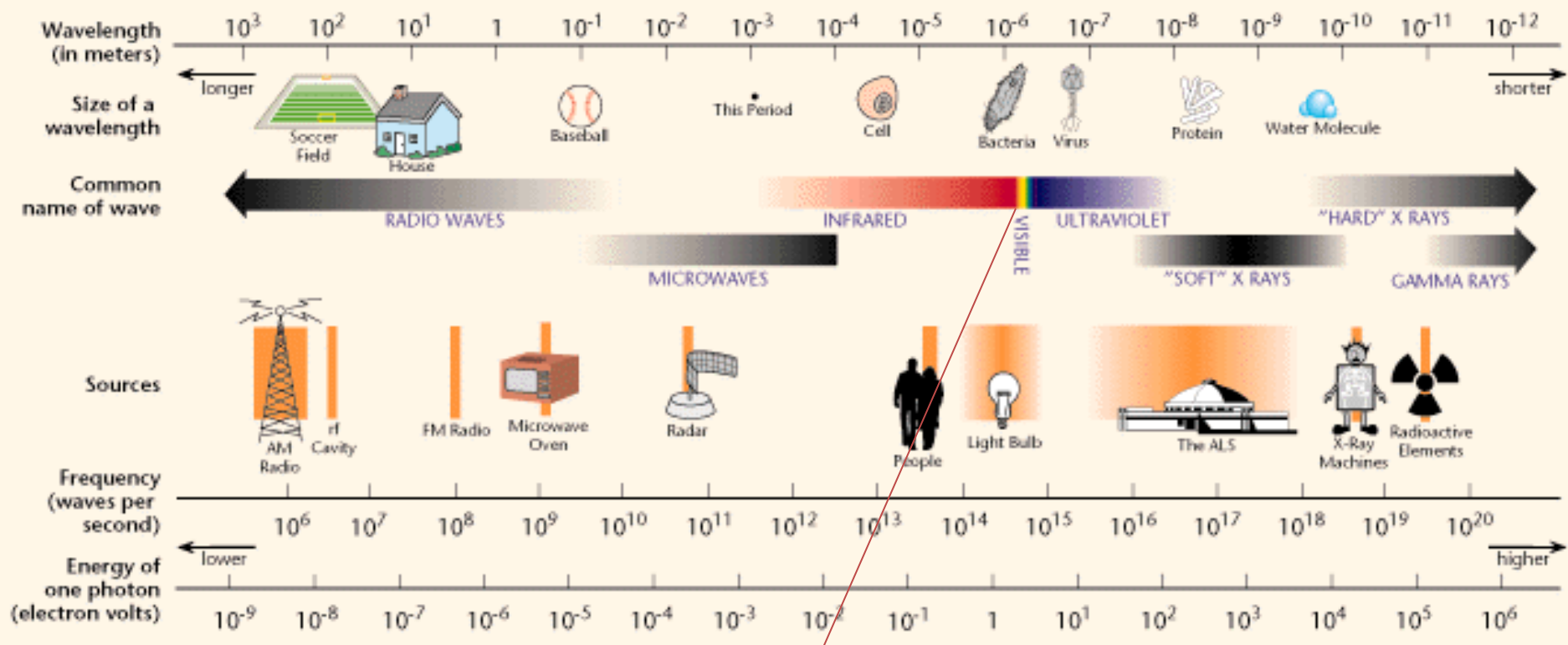
- **Ha ideato la teoria dei quanti e la meccanica quantistica che, insieme con la teoria della relatività di Albert Einstein, è uno dei pilastri della fisica moderna.**
- *gli scambi di energia nei fenomeni di emissione e di assorbimento delle radiazioni elettromagnetiche avvengono **in forma discreta***
- *Secondo la teoria dei quanti, l'energia può essere concettualmente rappresentata sotto forma granulare: i **quanti** sono appunto come granuli di energia indivisibili.*



Energia quantica

- L'energia associata a una radiazione elettromagnetica è trasmessa in pacchetti indivisibili chiamati **quanti**, ciascuno dei quali è associato a un singolo **fotone**.
- Secondo la teoria di Planck, **l'energia** di un fotone è:
$$E = h \cdot f$$
dove h costante di Planck $\cong 6,582 \cdot 10^{-16} eV \cdot s$ ed f frequenza dell'onda.
- I quanti di frequenza più elevata trasportano più energia di quelli di frequenza più bassa

THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM



Energia quantica associata ai campi elettromagnetici

Regione	Lunghezza d'onda (centimetri)	Frequenza (GHz)	Energia quantica (eV)
Onde Radio	> 10	< 3	$< 10^{-5}$
Microonde	$10 - 0.01$	$3 - 300$	$10^{-5} - 0.01$
Infrarossi	$0.01 - 70 \times 10^{-6}$	$300 - 430 \times 10^3$	$0.01 - 2$
Visibile	$70 \times 10^{-6} - 40 \times 10^{-6}$	$430 \times 10^3 - 750 \times 10^3$	$2 - 3$
Ultravioletti	$40 \times 10^{-6} - 10^{-7}$	$750 \times 10^3 - 300 \times 10^6$	$3 - 10^3$
Raggi X	$10^{-7} - 10^{-9}$	$300 \times 10^6 - 30 \times 10^9$	$10^3 - 10^5$
Raggi Gamma	$< 10^{-9}$	$> 30 \times 10^9$	$> 10^5$

Radiazioni ionizzanti

- Le **radiazioni ionizzanti** sono quelle radiazioni dotate di sufficiente energia da poter **ionizzare gli atomi o le molecole** con i quali vengono a interagire;
- l'energia di **soglia** dei processi di ionizzazione è dell'ordine di **una decina di eV**.
- La caratteristica di una radiazione di poter ionizzare un atomo o di penetrare più o meno in profondità all'interno della materia, dipende oltre che dalla sua *energia* anche dal tipo di radiazione e dal materiale con il quale avviene l'interazione.

Radiazioni non ionizzanti

- Le radiazioni non ionizzanti, anche in presenza d'intensità di campo assai elevate, **non sono in grado di ionizzare** le molecole.
- Il principale effetto che riescono a produrre sulle molecole è quello di farle oscillare producendo attrito e di conseguenza calore.
- il **riscaldamento** è proprio l'effetto principale delle radiazioni non ionizzanti.

SORGENTI DI EMISSIONE DI RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE

SORGENTI NATURALI DI EMISSIONE DI RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE

Il sole emette radiazioni sia ionizzanti che non ionizzanti, ma l'ozono e l'ossigeno dell'atmosfera terrestre assorbono gran parte delle radiazioni ionizzanti.

Il radon è un gas radioattivo che emette particelle α , pericolose per la salute se inalate.



La terra è investita anche dai raggi cosmici galattici ed estragalattici ad alta energia

Sorgenti artificiali di emissione di radiazioni elettromagnetiche

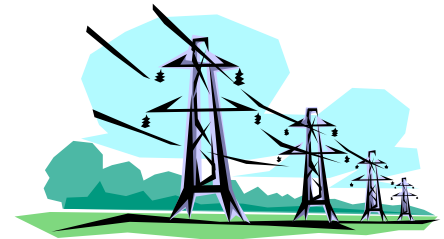
❖ Ripetitori radiofonici, televisivi e telefonici



❖ Telefoni cellulari



❖ Linee aeree in alta tensione



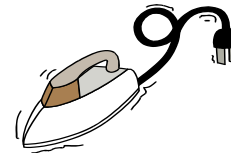
Sorgenti artificiali di emissione di radiazioni elettromagnetiche

Esempi di sorgenti e.m. da elettrodomestici:

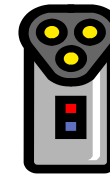
TOSTAPANE



FERRO DA STIRO



RASOIO ELETTRICO



LAVATRICE



PHON



Valori tipici di apparecchiature elettriche a 30 cm di distanza

Apparecchiatura elettrica	Intensità del campo elettrico (V/m)
Ricevitore stereo	180
Ferro da stiro	120
Frigorifero	120
Frullatore	100
Tostpane	80
Asciugacapelli	80
Televisore a colori	60
Forno elettrico	8
Caffettiera elettrica	60
Lampada a incandescenza	5
Valore limite delle linee guida	5000

Antenne: sorgenti e ricevitori di onde e.m.

- Un'**antenna** è un dispositivo atto a **irradiare** e/o a **ricevere** onde elettromagnetiche.
- Le antenne convertono il campo elettromagnetico che ricevono in un segnale elettrico, oppure viceversa irradiano, sotto forma di campo elettromagnetico, il segnale elettrico con il quale vengono alimentate.
- Esse sono quindi quei dispositivi o sottosistemi che **rendono possibili le radiocomunicazioni**.



Guadagno dell'antenna

- Un'antenna è detta *isotropa* se la densità di potenza emessa è uguale in tutte le direzioni. (antenna ipotetica)
- Si definisce guadagno di un'antenna lungo la direzione α il rapporto tra la densità di potenza misurata in tale direzione e quella del radiatore isotropo che emette la stessa potenza

$$g_{\alpha} = \frac{P_{\alpha}}{P_{is}}$$

- In generale si definisce **guadagno G** dell'antenna quello in corrispondenza della direzione di massima P_{α} .

$$G = \frac{P_{\alpha}^{MAX}}{P_{is}}$$

- Il guadagno è quindi un indice dalla capacità dell'antenna di concentrare il campo elettromagnetico in una certa direzione

Il diagramma di radiazione è la rappresentazione tridimensionale del guadagno dell'antenna

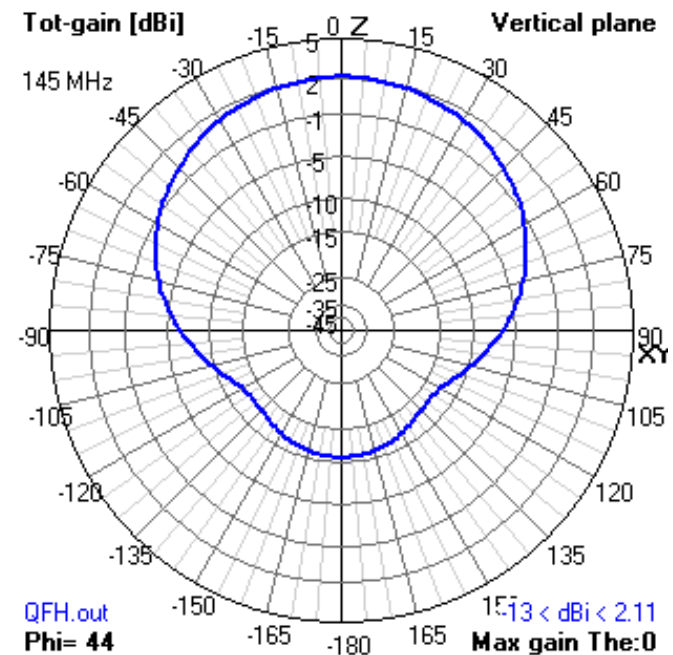
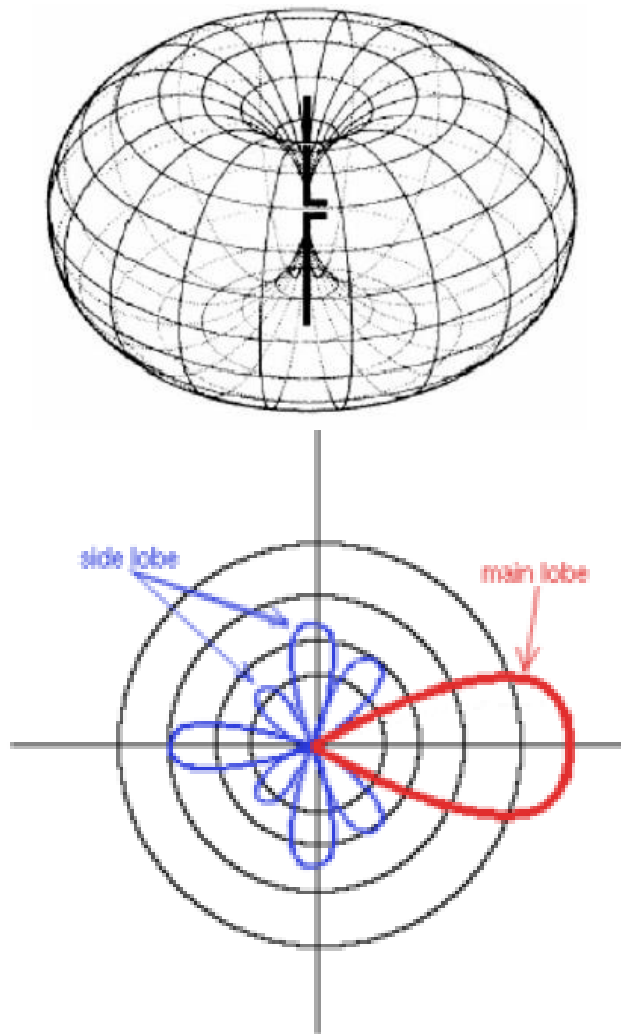
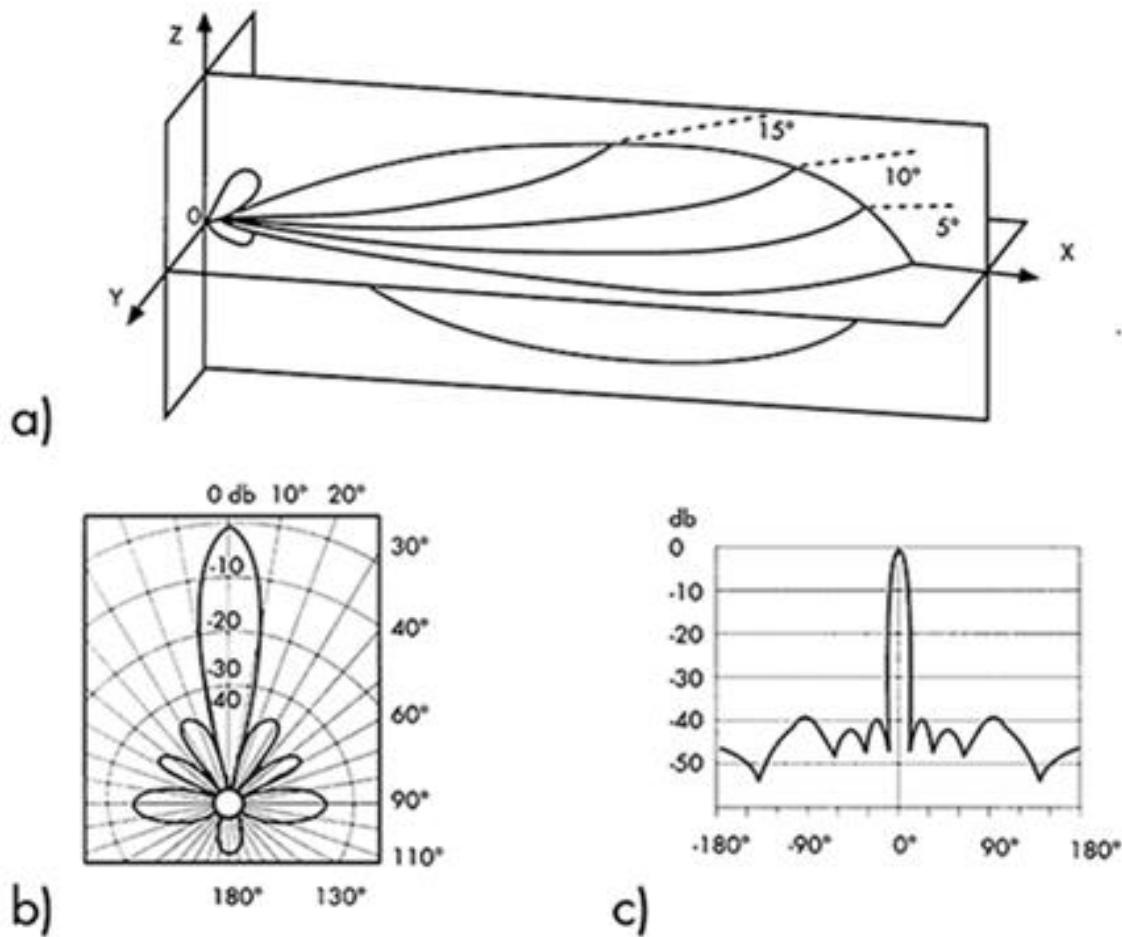


Diagramma di radiazione per VHF e UHF

Rappresentazione grafica dei diagrammi di radiazione di antenne a paraboloide
a) solido di radiazione nello spazio, b) coordinate polari, c) coordinate cartesiane



Area efficace dell'antenna

- Per un'antenna in ricezione si definisce **apertura (o area) efficace A_R** l'area attraverso la quale il fronte d'onda incidente fa passare una potenza pari a quella raccolta dall'antenna.
- La potenza ricevuta P_R è quindi il prodotto dell'area efficace per la densità media di potenza nel punto in cui è posta l'antenna:

$$P_r = p \cdot A_R \quad W$$

- La relazione che lega G con A_R è:

$$A_R = G \lambda^2 / 4\pi \quad \text{dove } \lambda \text{ è la lunghezza d'onda}$$

Antenne a grande superficie

- Quando la superficie geometrica dell'antenna è molto grande rispetto a λ^2 , la sua area efficace è legata alla sua superficie geometrica piana perpendicolare alla direzione di radiazione A mediante la relazione:

$$A_R = rA$$

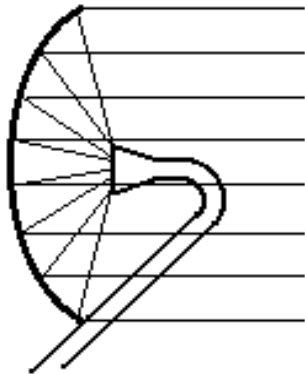
- dove r (*efficienza d'antenna*) tiene conto degli effetti dei bordi, delle perdite dell'antenna e della radiazione non uniforme sulla superficie (valore prossimo a 0,5).
- Un esempio di antenna a grande superficie è l'antenna a riflettore parabolico.
- Nel caso di un riflettore con apertura circolare di diametro D , il guadagno è espresso dalla formula:

$$G = \frac{4\pi}{\lambda^2} \cdot A_R = r \cdot \frac{4\pi}{\lambda^2} \cdot \frac{\pi D^2}{4} = r \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2$$

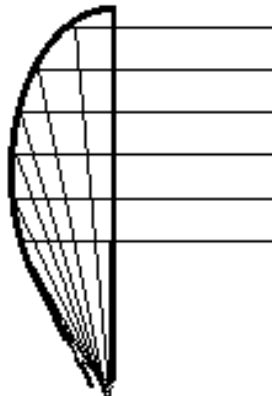
Antenne a grande superficie

Nel caso di riflettore parabolico con apertura circolare di diametro D , il guadagno dell'antenna aumenta con il quadrato del diametro e con il quadrato della frequenza

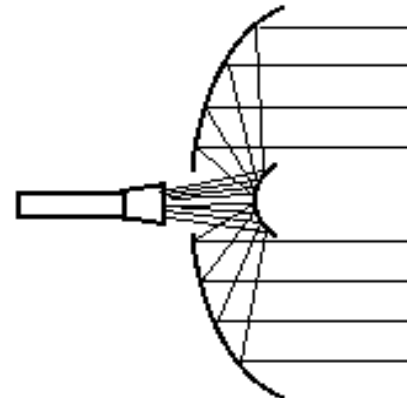
Quindi per compensare elevate attenuazioni occorrono antenne di grandi dimensioni



ANTENNA PARABOLICA CON
ILLUMINATORE AL CENTRO



ANTENNA
HORN REFLECTOR



ANTENNA
CASSEGRAIN

PROPAGAZIONE DELLE ONDE ELETTROMAGNETICHE

La propagazione delle onde e.m. nello spazio libero

La propagazione delle onde elettromagnetiche nello spazio libero presuppone le seguenti assunzioni:

1. Il mezzo è isotropo. Questo comporta che per il teorema di reciprocità le proprietà direttive di un'antenna sono le stesse sia in trasmissione che in ricezione;
2. Il mezzo è senza perdita; ad esempio, non esistono perdite dovute all'assorbimento del vapore acqueo;
3. La trasmissione avviene senza ostacoli e senza riflessioni (visibilità diretta).

Propagazione delle onde e.m. nello spazio libero

A grande distanza dall'antenna trasmittente (fronte di propagazione piano) la **densità media di potenza** p nella direzione di propagazione è:

$$p = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\varepsilon}{\mu}} E_0^2 \quad W / m^2$$

dove: E_0 = ampiezza del campo elettrico in V/m

nel vuoto: $\varepsilon_0 \approx 8,854 \cdot 10^{-12} F / m$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} H / m$

Si definisce **impedenza caratteristica dell'onda nel vuoto**:

$$Z_0 = \frac{E}{H} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} \approx 377 \Omega$$

e quindi nello spazio vuoto:

$$p = \frac{1}{2} \frac{E_0^2}{Z_0} \quad W / m^2$$

Densità di potenza e campo elettrico a distanza

- Data una sorgente di onde e.m. costituita da un'antenna ideale **isotropa** (ossia perfettamente omnidirezionale) di potenza media P_T , la *densità media di potenza a distanza d* vale:

$$p(d) = \frac{P_T}{4\pi d^2} \quad W / m^2$$

- Dalle due precedenti relazioni si ottiene quindi il *campo elettrico dell'onda piana a distanza d* :

$$E_0 = \frac{1}{d} \cdot \sqrt[4]{\frac{\mu}{\varepsilon}} \cdot \sqrt{\frac{P_T}{2\pi}} \quad V / m$$

Attenuazione di spazio libero

- La potenza ricevuta da un'antenna isotropa, generata da un'antenna isotropa che trasmette una potenza totale P_T a distanza d è quindi:

$$P_R = p \cdot A_{Riso} = \frac{P_T}{4\pi d^2} \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi} = P_T \cdot \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \quad W$$

- Si definisce attenuazione di spazio libero A_{lib} il rapporto di potenza P_T/P_R tra due antenne isotrope, una in trasmissione e l'altra in ricezione

$$A_{lib} = \frac{P_T}{P_R} = \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2$$

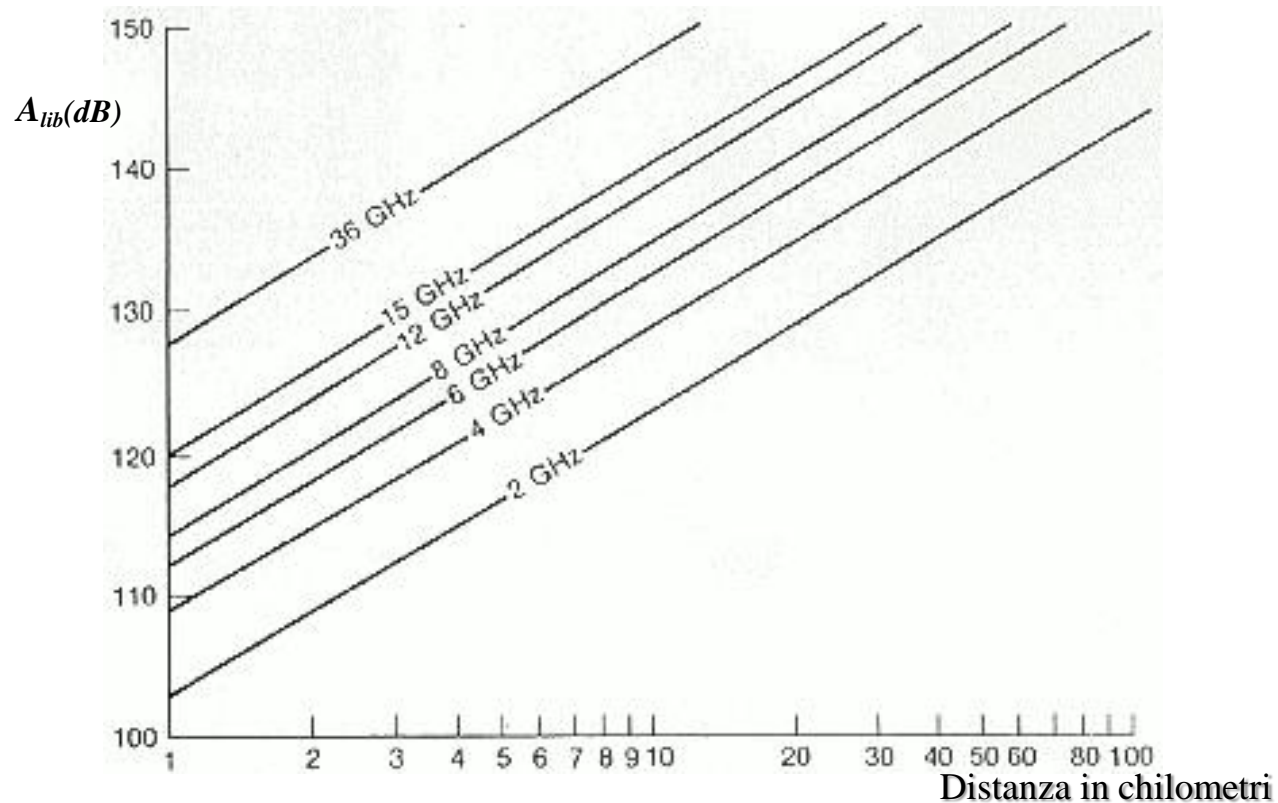
- e quindi:

$$A_{lib} (dB) = 10 \lg \frac{P_T}{P_R} = 20 \lg 4\pi + 20 \lg \frac{d}{\lambda}$$

- Ricordando che $\lambda=c/f$ ed esprimendo d in km ed f in GHz, si ha:

$$A_{lib} = 92,44 + 20 \lg d + 20 \lg f \quad dB$$

Attenuazione di spazio libero



Le onde elettromagnetiche si attenuano nello spazio libero con il quadrato della distanza d dalla sorgente e con il quadrato della frequenza.

Attenuazione complessiva

L'attenuazione complessiva è quella tra l'ingresso dell'antenna trasmittente e l'uscita di quella ricevente.

Considerando le antenne direttive con guadagni G_T per l'antenna trasmittente e G_R per quella ricevente, essendo:

$$A_R = G_R \lambda^2 / 4\pi$$

si ha:

$$P_R = G_T \cdot G_R \cdot P_T \cdot \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \quad W$$

- L'attenuazione complessiva A assume quindi la forma:

$$A = \frac{P_T}{P_R} = \frac{1}{G_T \cdot G_R} \cdot \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 = \frac{A_{lib}}{G_T \cdot G_R}$$

- Ed espressa in dB:

$$A(dB) = A_{lib}(dB) - G_T(dB) - G_R(dB)$$

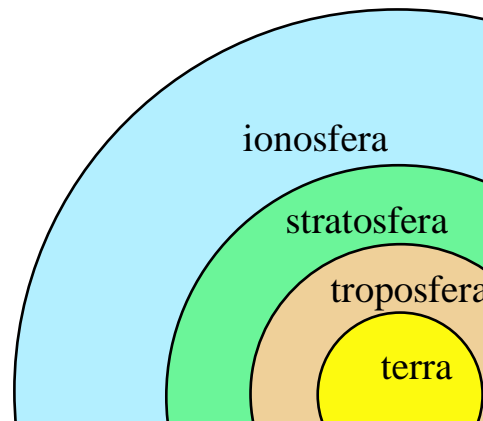
Propagazione attraverso l'atmosfera

- In realtà la propagazione delle onde elettromagnetiche avviene attraverso l'atmosfera terrestre che costituisce un mezzo complesso, che non può essere ottimizzato.
- L'atmosfera influenza profondamente sia le caratteristiche di propagazione dei collegamenti terrestri sia quelle dei collegamenti terra-satellite-terra.
- Occorre quindi analizzare la costituzione dell'atmosfera terrestre e vedere in che modo vengono alterate le ipotesi di propagazione di spazio libero.

Atmosfera terrestre

È composta di tre regioni principali:

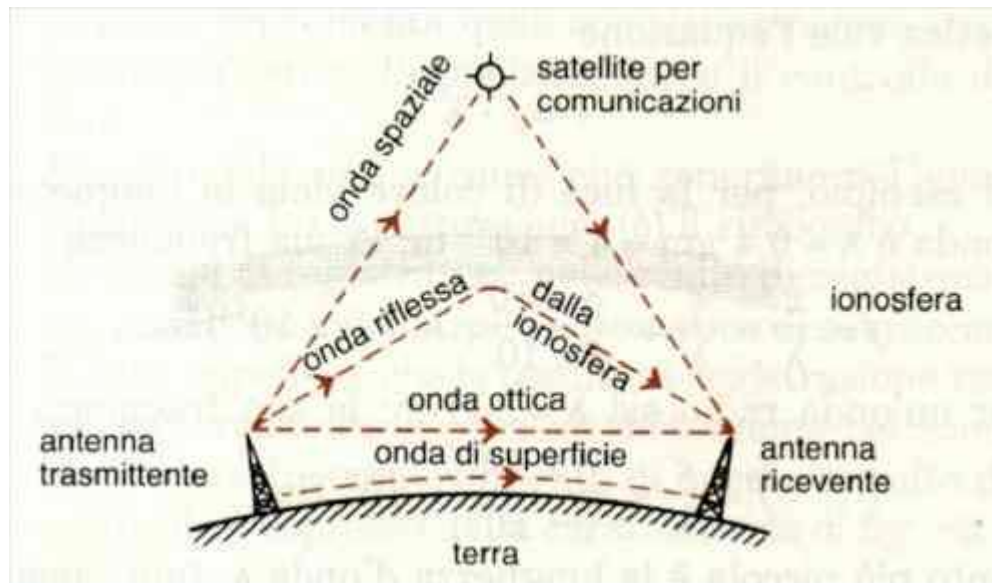
1. La **Troposfera** ($h_{\text{media}} < 15 \text{ km}$), caratterizzata da turbolenze, presenza di vapore d'acqua e da temperatura che decresce con l'altezza.
2. La **Stratosfera** ($15 \text{ km} < h_{\text{media}} < 40 \text{ km}$), priva di vapore d'acqua e con temperatura che aumenta con l'altezza prima di stabilizzarsi.
3. La **Ionosfera** ($40 \text{ km} < h_{\text{media}} < 500 \text{ km}$), composta da strati ionizzati la cui densità di ionizzazione dipende dall'ora del giorno, dalle stagioni, dall'attività delle macchie solari



Modi di propagazione delle onde e.m. nell'atmosfera

La propagazione delle onde radio in atmosfera terrestre può essere ricondotta ai seguenti tipi fondamentali:

- a) **Propagazione per onda superficiale terrestre** (10 kHz - 10 MHz);
- b) **Propagazione per onda ionosferica** (1 MHz - 50 MHz);
- c) **Propagazione per visibilità diretta**, per frequenze superiori ai 30 MHz.



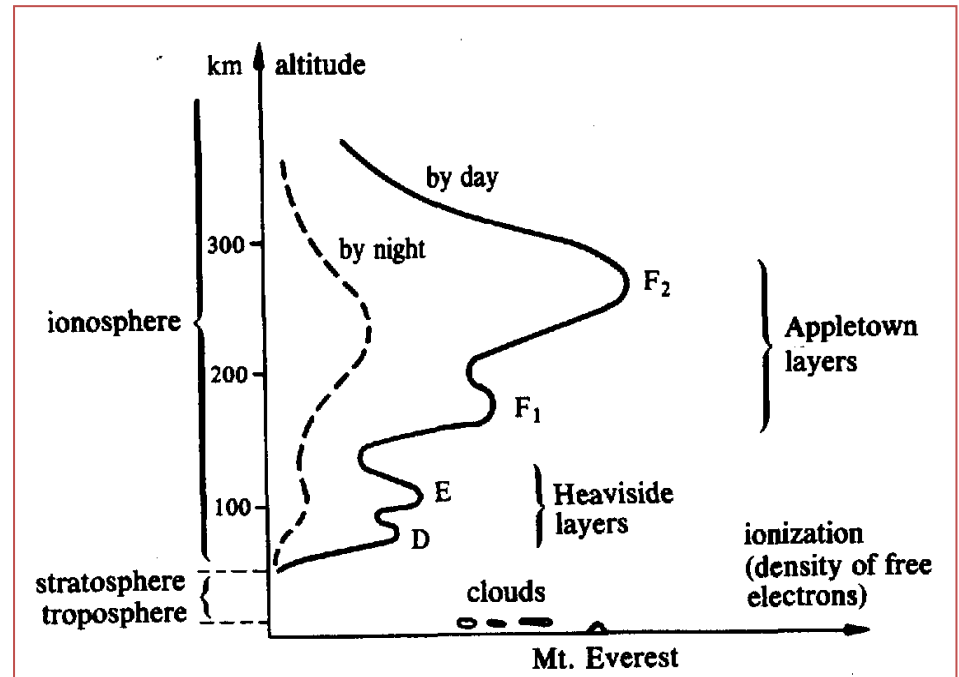
Propagazione per onde superficiali terrestri

(tra 10 kHz e 10 MHz)

- Le onde superficiali terrestri si generano quando le frequenze sono di valore piuttosto basso, le antenne trasmittenti irradiano soprattutto lungo il piano orizzontale e le quote delle antenne di trasmissione e di ricezione sono inferiori alla lunghezza d'onda.
- Le onde elettromagnetiche, pur propagandosi principalmente lungo gli strati più bassi dell'atmosfera, penetrano anche nel terreno e ne vengono riflesse con maggiore o minore intensità.

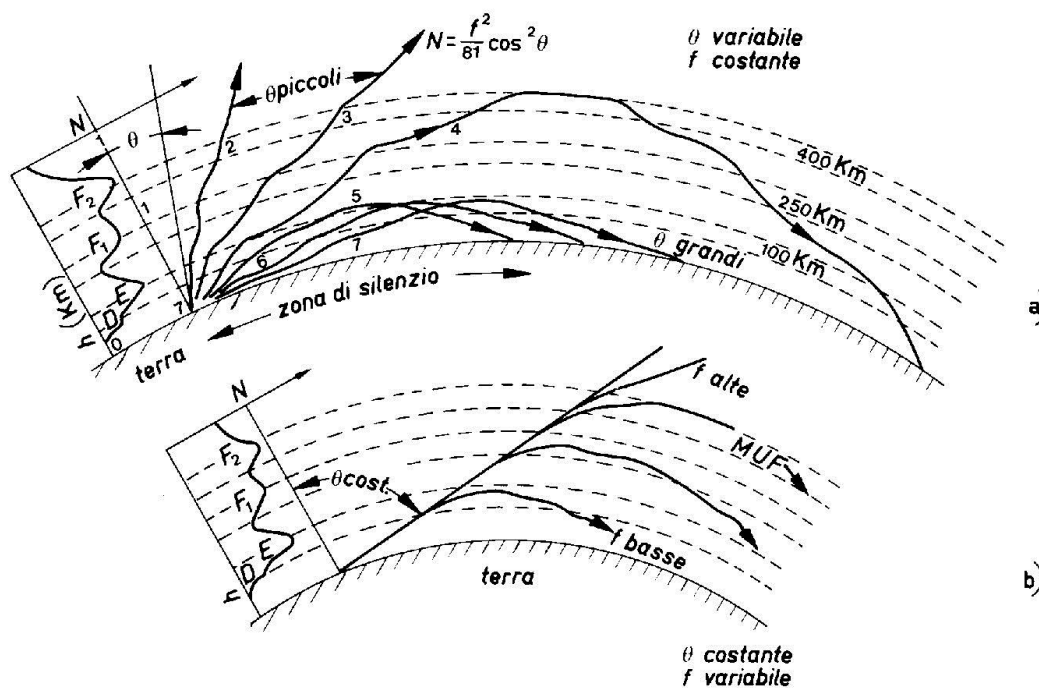
Propagazione per onde ionosferiche (1 MHz-50 MHz)

- La ionosfera è quella regione dell'alta atmosfera nella quale a causa della rarefazione dell'aria e dell'effetto fotoelettrico della radiazione solare (specialmente dei raggi ultravioletti), si verifica la formazione di strati di gas ionizzati, comprendenti sia elettroni liberi che ioni positivi e negativi, i quali a causa della loro elevata conducibilità riflettono le onde elettromagnetiche.



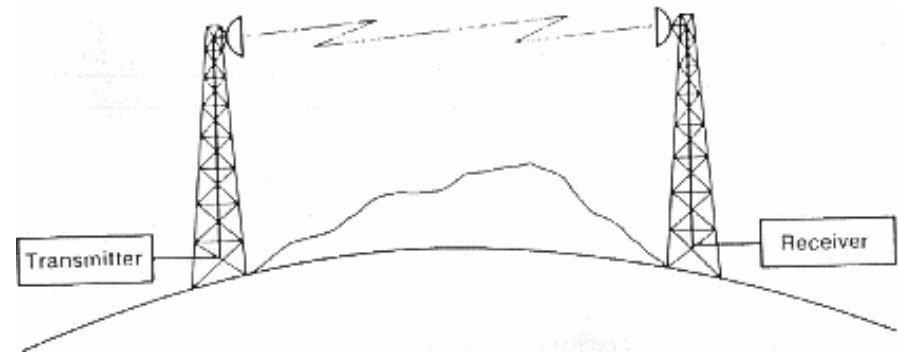
Propagazione per onde ionosferiche

L'onda elettromagnetica, penetrando negli strati conduttori della ionosfera, subisce per rifrazione un graduale incurvamento verso il basso in quanto, all'aumentare della quota la crescente densità di ionizzazione comporta una progressiva diminuzione dell'indice di rifrazione.



Propagazione troposferica in visibilità

- Si utilizza estesamente tra punti in visibilità sulla superficie terrestre. Le frequenze usate vanno da 30 MHz fino a circa 30 GHz.
- È affetta sensibilmente dai fenomeni di rifrazione, di riflessione e di diffrazione atmosferiche.
- La propagazione dell'onda elettromagnetica è soggetta ad attenuazioni supplementari originate dall'atmosfera.



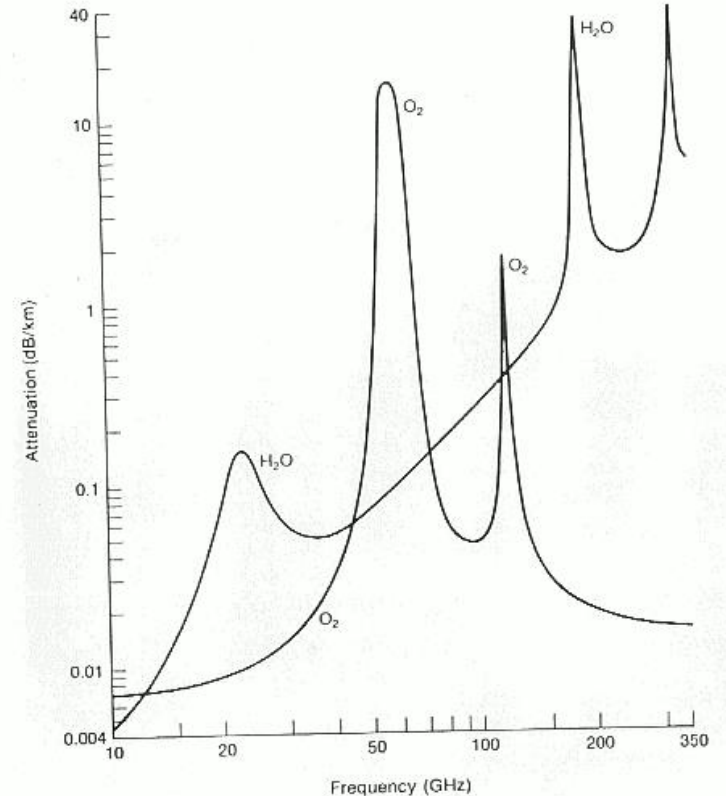
Attenuazione supplementare

- Variabile aleatoria dipendente dalle condizioni atmosferiche e dalla lunghezza della tratta.
- Causa:
 - Assorbimento di potenza da parte dell'ossigeno e del vapore d'acqua
 - Assorbimento e diffusione per precipitazioni atmosferiche (pioggia, neve, nebbia, grandine)
 - Fading (per cammini multipli o per condizioni atmosferiche)

$$A_s = A_a \cdot D + A_p \cdot D + A_f$$

Assorbimento da parte dell'ossigeno e del vapore d'acqua

- Alle frequenze superiori ai 10 GHz l'attenuazione dovuta all'assorbimento atmosferico diventa un fattore importante.
- I due gas che maggiormente contribuiscono sono il vapore d'acqua e l'ossigeno.
- Picchi di assorbimento dovuti al vapore d'acqua si hanno a 22,3 e 187 GHz
- Picchi di assorbimento dovuti all'ossigeno si hanno a 60 e 120 GHz.

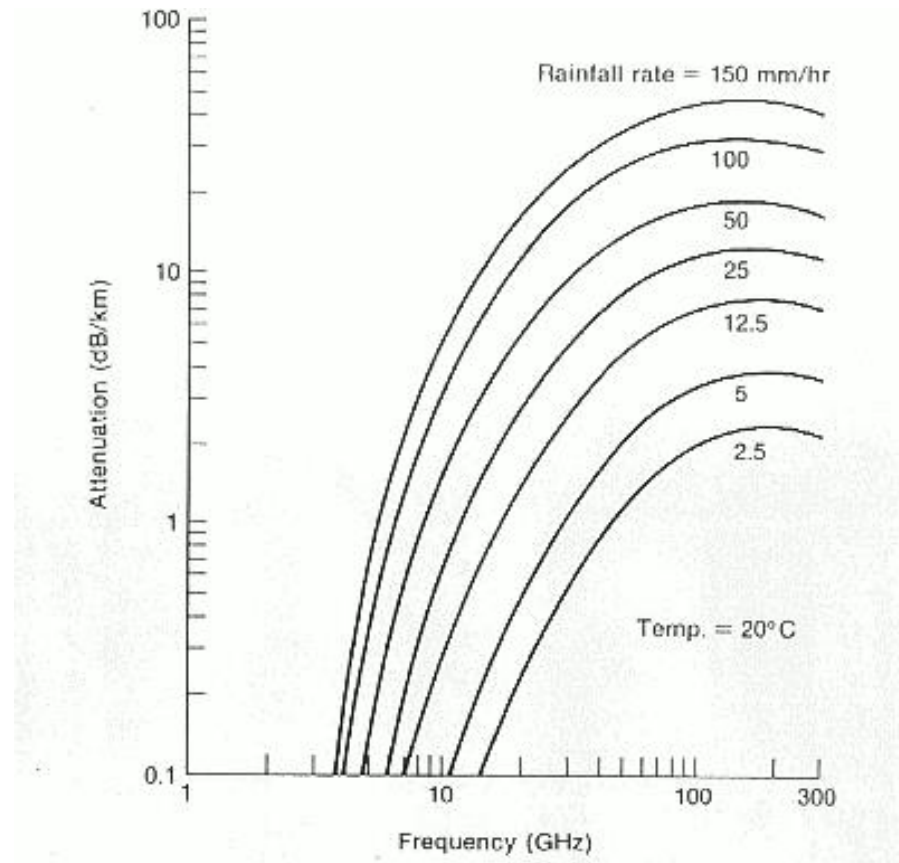


Attenuazione per pioggia

- L'attenuazione dovuta alla pioggia può essere la principale causa di perdita del segnale per frequenze superiori ai 10 GHz.
- Nel caso di onde millimetriche in cui la dimensione della goccia di pioggia è comparabile con la lunghezza d'onda, l'assorbimento aumenta l'attenuazione.
- L'assorbimento chilometrico è:

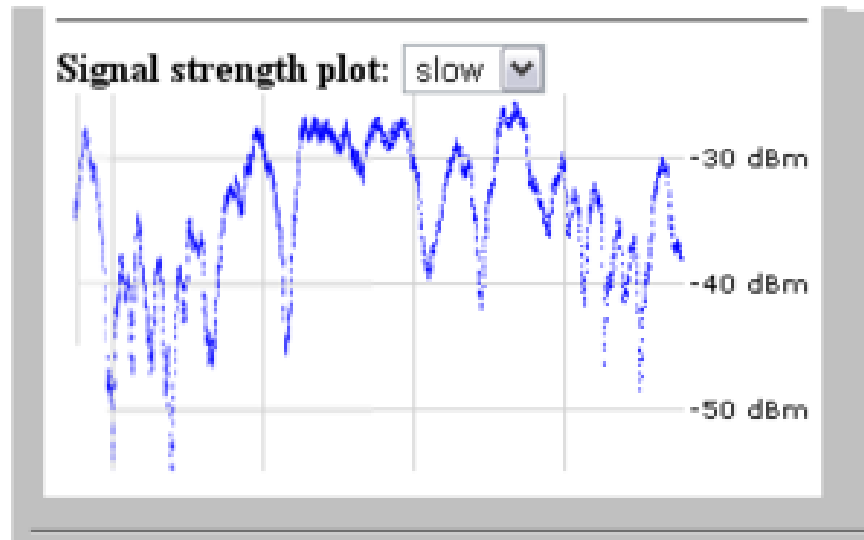
$$A_p = kR^\gamma$$

dove R=intensità di precipitazione, K è funzione della frequenza, $\gamma \cong 1$



Fading (Affievolimenti)

- Il fading è definito come la variazione nel tempo del livello del segnale ricevuto dovuto al cambiamento delle condizioni atmosferiche e alla presenza di cammini multipli.
- I meccanismi di propagazione che causano fading sono rifrazione, riflessione e diffrazione causati dall'atmosfera, dal terreno o dalla presenza di ostacoli lungo il collegamento.



Radiocomunicazioni

Gamme di frequenza e relativi servizi

Nome della banda	Sigla	Banda ITU	Range di frequenza	Lunghezza d'onda	Tipo di propagazione	Servizi
Extremely low freq.	ELF	1	3–30 Hz	100,000 – 10,000 km		
Super low freq.	SLF	2	30–300 Hz	10,000 – 1000 km		
Ultra low freq.	ULF	3	0,3–3 kHz	1000 – 100 km		
Very low freq.	VLF	4	3–30 kHz	100 – 10 km	Superficiale	Poco usate
Low freq.	LF	5	30–300 kHz	10 – 1 km	Superficiale	Onde lunghe
Medium freq.	MF	6	0,3–3 MHz	1000 – 100 m	Superf.-ionosf.	O. medie-AM
High freq.	HF	7	3–30 MHz	100 – 10 m	Superf.-ionosf	Reg. di silenzio
Very high freq.	VHF	8	30–300 MHz	10 – 1 m	Diretta	TV, FM
Ultra high freq.	UHF	9	0,3–3 GHz	1000 – 100 mm	Diretta	Ponti radio, TV, radiomobili
Super high freq.	SHF	10	3–30 GHz	100 – 10 mm	Diretta	Satelliti, ponti radio
Extremely high freq	EHF	11	30–300 GHz	10 – 1 mm		

Frequenze comunemente utilizzate

VHF

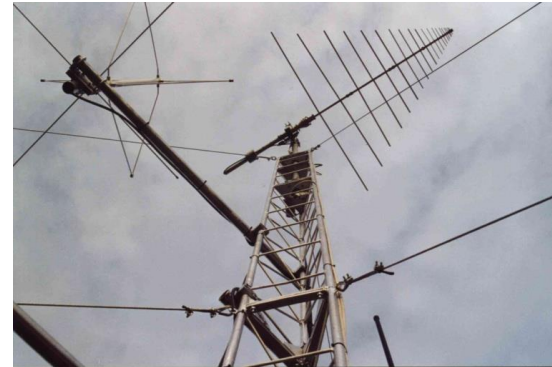
- ✓ 87.0 – 108 MHz (banda FM)
- ✓ 177,5 – 219,5 MHz (Banda III DVB)
- ✓ 223 – 240 MHz (Banda III DAB)

UHF

- ✓ 474 – 786 MHz (bande IV-V DVB)
- ✓ 790 – 862 MHz (banda LTE)
- ✓ 900 – 1000 MHz (banda GSM)
- ✓ 1800 – 1900 MHz (Banda DCS)
- ✓ 2100 – 2200 MHz (Banda UMTS)
- ✓ banda 2600 MHz (LTE)

PRINCIPALI APPLICAZIONI DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

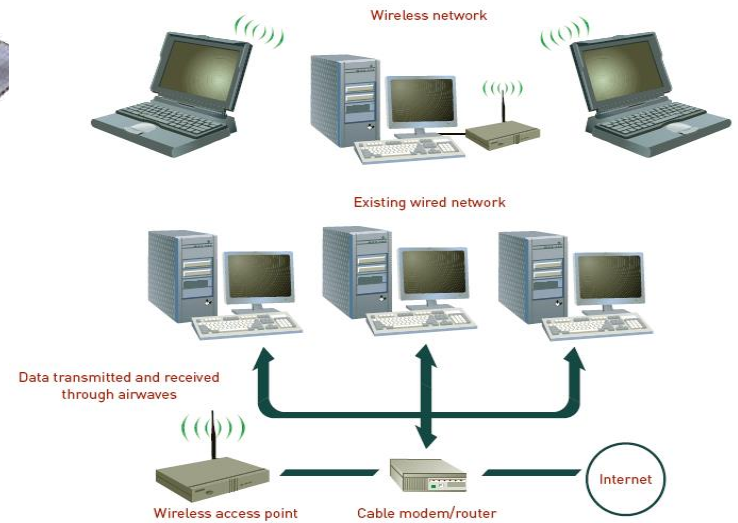
Radiocomunicazioni



Reti radiomobili e sistemi wireless



comunicazione universale da persona a persona

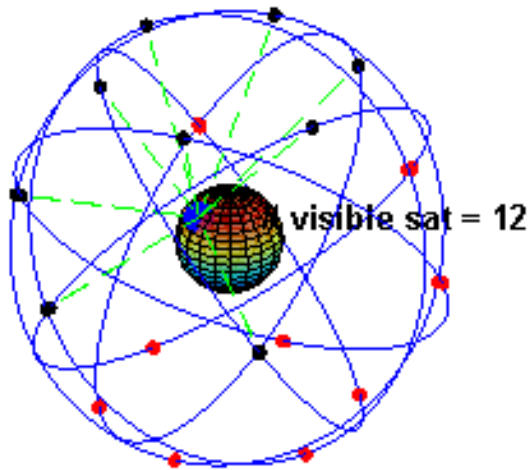


Comunicazioni spaziali

- Missione spaziale Cassini-Huygens alla scoperta di Saturno e del suo satellite Titano. Frutto della collaborazione tra NASA, Agenzia Spaziale Europea (ESA) e Agenzia Spaziale Italiana (ASI).
- Lanciata nel 1997, ha raggiunto Saturno nel 2004 dopo un viaggio di 3 miliardi e mezzo di km.
- La sonda comunica a Terra grazie ad un'antenna di 4 m. di diametro fornita dall'ASI.



Sistemi posizionamento e navigazione satellitare



Comunicazione satellitare

Centro spaziale di Telespazio al Fucino



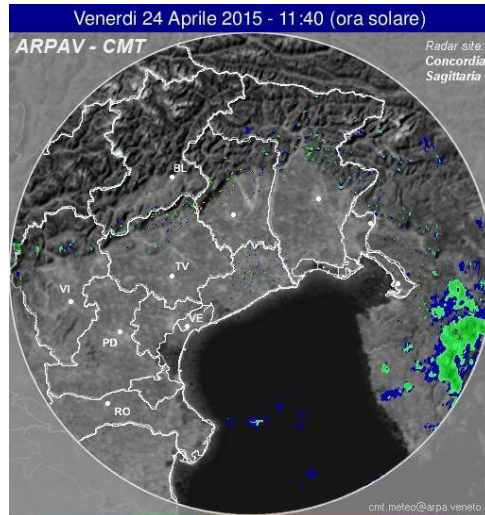
Panoramic view of the Telespazio Fucino Space Centre.



The Telespazio's Fucino Space Centre, antennas

Una delle più grandi stazioni di comunicazione satellitare del mondo. Aperta nel 1963, ospita più di 90 antenne dislocate su un terreno di 370.000 metri quadrati ed è utilizzata da vari operatori commerciali di servizi satellitari. Il Fucino è inoltre utilizzato da numerose missioni spaziali ESA.

radar

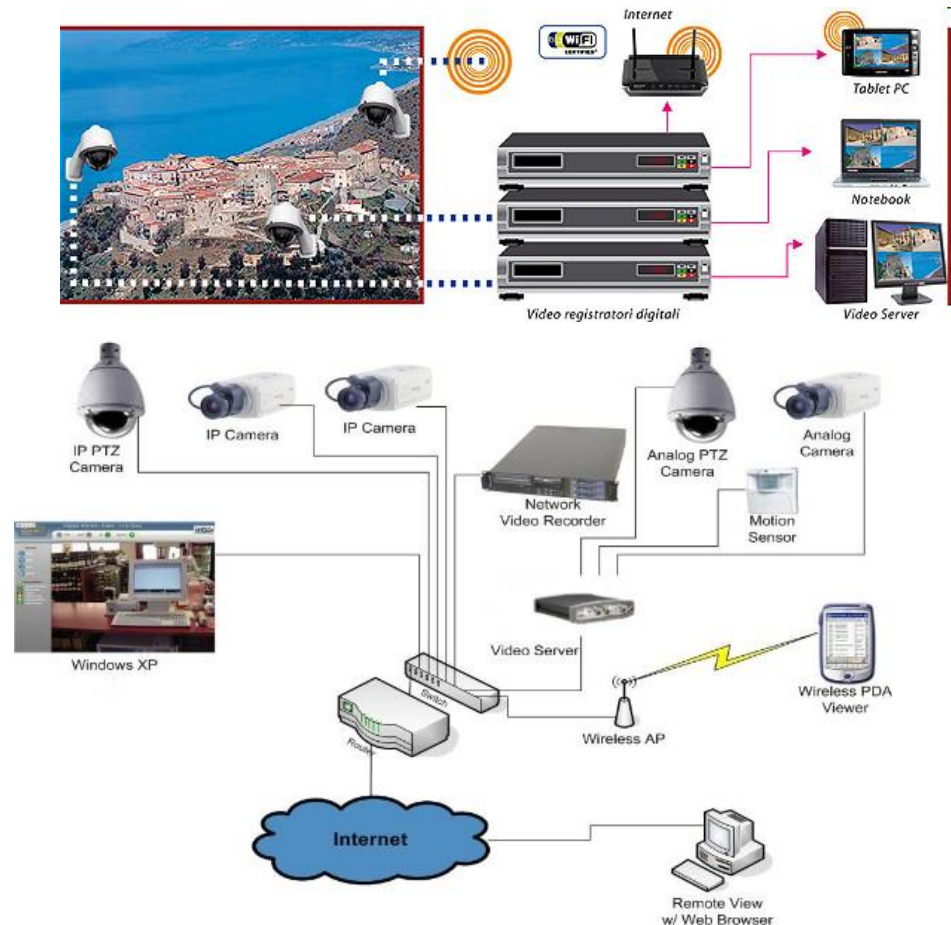


debole moderata forte molto forte



Telecontrollo del territorio e video sorveglianza su IP

- I flussi video composti da **immagini digitalizzate** e trasferiti a **pacchetti**, permettono di visualizzare le immagini a distanza, ovunque ci si possa collegare alla rete tramite Internet.
- La video sorveglianza su IP **non ha limite geografico** e può essere anche utilizzata su reti wireless e su reti mobili.
- Accesso a distanza tramite PC, PDA, IPHONE, netbook, ecc.



La tecnologia satellitare al servizio della telemedicina

L'analisi e la comunicazione a distanza di dati clinici sono possibili grazie ad un sistema aperto di *telecomunicazione satellitare* che hanno reso disponibili strumenti diagnostici, servizi Ict di supporto alla pratica medica e le competenze professionali.

- Alcuni problemi legati alla sanità trovano soluzione grazie a questa tecnologia, soprattutto nei casi di emergenza, nelle operazioni di peace keeping, in situazioni di *digital divide* o impossibilità a muoversi del paziente a causa dell'anzianità e della cronicità della patologia.



Le radiazioni ionizzanti in medicina



- La **radioterapia**

utilizzata soprattutto nel trattamento di forme di tumore.

- La **tomografia a emissione di positroni (o PET)**

usata per avere rappresentazioni dei tumori e per la ricerca di metastasi;

- **TAC o Tomografia assiale computerizzata**

sfrutta le radiazioni ionizzanti per ottenere immagini dettagliate di aree specifiche dell'organismo.



Utilizzo delle radiazioni non ionizzanti in medicina

- **La marconiterapia** è utilizzata soprattutto in fisioterapia per il trattamento di forme morbose a carico delle ossa e dei muscoli, del tipo artropatie, miositi, nevralgie, ecc.
- **La radarterapia** è anch'essa utilizzata in fisioterapia per riscaldare i tessuti biologici esposti ad un campo elettromagnetico con frequenze del tipo microonde
- **la risonanza magnetica nucleare**
consente di ottenere informazioni
bi e tridimensionali di varie sezioni del corpo
attraverso l'impiego di radiazioni non ionizzanti.



Raggi ultravioletti e lampade abbronzanti

L'Organizzazione mondiale della sanità nel 2009 ha stabilito che i lettini solari sono cancerogeni, insieme al fumo, all'amianto e all'arsenico, precisando che, soprattutto se l'abitudine inizia da giovanissimi, aumentano notevolmente i rischi di tumore cutaneo.

Nel 2011 in Italia i lettini solari sono stati vietati a minorenni e donne incinte



EFFETTI BIOLOGICI E SANITARI DELLE RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE

Effetto biologico delle radiazioni elettromagnetiche

- Gli **effetti** che un'esposizione a campi elettromagnetici provoca nel corpo umano e nelle sue cellule dipendono soprattutto dalla frequenza e dalla intensità del campo elettromagnetico.
- Campi elettromagnetici di frequenza diversa interagiscono con il corpo umano in modi diversi
- Gli effetti biologici sono molto diversi a seconda se si tratta di radiazioni ionizzanti o non ionizzanti

Effetto biologico delle radiazioni elettromagnetiche ionizzanti

- Le radiazioni ionizzanti sulla base delle loro caratteristiche di ionizzare (staccare dalla loro struttura singoli elettroni), possono rompere dei legami chimici di molecole del nostro corpo e possono causare danni rilevanti al sistema biologico;

Effetto biologico delle radiazioni elettromagnetiche non ionizzanti

- L'esposizione a campi elettromagnetici non ionizzanti può causare *riscaldamento e indurre correnti elettriche nei tessuti corporei*.
- Il riscaldamento è la principale interazione a frequenze al di sopra di circa 1 MHz, mentre alle basse frequenze l'azione dominante è l'induzione di correnti elettriche nel corpo dovuta ai campi magnetici.

Effetto biologico delle radiazioni elettromagnetiche a RF

- A seguito di più di 60 anni di studi sugli effetti termici dovuti ai campi e.m. a radiofrequenza è stato messo in evidenza come questi effetti si manifestino soltanto **al di sopra di determinati livelli di esposizione**, i cui valori dipendono dalla frequenza del campo elettromagnetico.
- Ciò ha consentito la definizione di **limiti di esposizione** molto cautelativi che garantiscono pienamente sotto questo aspetto la salute della popolazione.

Effetti a lungo termine delle radiazioni elettromagnetiche a RF

- Possibili effetti a lungo termine di un'esposizione cronica a campi anche di bassa intensità non possono essere definitivamente esclusi per principio; tuttavia per quanto riguarda i campi e.m. a radio frequenza i dati attuali della ricerca biologica indicano concordemente che questi non sono né mutageni (non producono mutazione genetica) né teratogeni (non hanno effetto sul feto).

Progetto Internazionale CEM


- L'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO) ha lanciato nel 1996 il *Progetto Internazionale CEM*.
- L'OMS coopera con 8 agenzie internazionali, oltre 50 enti nazionali e 7 centri di collaborazione nel campo della protezione dalle radiazioni non ionizzanti.
- Tutte le valutazioni di rischio sanitario sono state completate nel 2006 anche se gli studi proseguono.

Welcome to The NEW International EMF Project Home Page - Microsoft Internet Explorer provided by WHO

File Edit View Favorites Tools Help

Back Forward Stop Refresh Home Search Favorites History Mail Size Print Edit

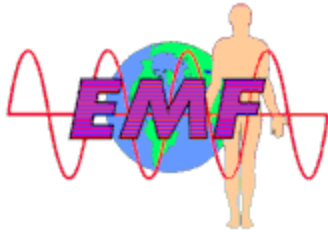
Address <http://www.who.int/peh-emf/en/> Links >>




World Health Organization

English | Español | Français

Search

Home	The International EMF Project		
Countries	Location: WHO > WHO Sites > EMF Home		
Health Topics	Welcome to The NEW International EMF Project Home Page	WHATS NEW	
Publications	<p>The World Health Organization (WHO) takes seriously the concerns raised by reports about possible health effects from exposure to electromagnetic fields (EMF). Everyone in the world is now exposed to a complex mix of EMF frequencies in the range 0-300 GHz. EMF has become one of the most pervasive environmental influences and exposure levels at many frequencies are increasing significantly as the technological revolution continues unabated and new applications using different parts of the spectrum are found.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>In collaboration with international agencies and organizations, WHO, through its International EMF Project, is pooling resources and knowledge concerning health effects of exposure to EMF and making a concerted effort to identify areas in knowledge, assessment, and research.</p>	<p>This web site!! Any feedback please email : emfproject@who.int.</p> <p>The EMF Standards Worldwide Database displays every country's current status on EMF protection. More information...</p>	
Research Tools			QUICK LINKS IN EMF SITE...
WHO Sites			FAQ More Information...
EMF Home			EMF Fact Sheets and Press Releases
EMF Project			
Research			
Standards			
About Electro Magnetic Fields			
EMF Publications & Information resources			
Meetings			

<http://www.who.int/en/> Internet

Start |  | 13:28

Effetti sanitari dei campi a radiofrequenza

Nel 1998 una revisione dei dati scientifici svolta dall'OMS nell'ambito del Progetto Internazionale CEM ha concluso che:

"sulla base della letteratura attuale, non c'è nessuna evidenza convincente che l'esposizione a campi elettromagnetici a radiofrequenza abbrevi la durata della vita umana, né che induca o favorisca il cancro" [OMS (1998). *Campi elettromagnetici e salute pubblica. Effetti sanitari dei campi a radiofrequenza. Promemoria n. 183*]

Effetti sanitari dei campi a radiofrequenza

“Per i campi ad alta frequenza, il complesso di dati disponibili fino ad oggi suggerisce che l'esposizione di campi di bassa intensità non provochi effetti dannosi per la salute”

(Organizzazione Mondiale della Sanità: Campi elettromagnetici e salute pubblica, EMF Risk, 27/03/2003)

IARC

International Agency for Research on Cancer

Classificazione IARC (Monografia Vol. 81, 2002)

- Gruppo 1** L'agente è cancerogeno per l'uomo
- Gruppo 2A** L'agente è probabilmente cancerogeno per l'uomo
- Gruppo 2B** L'agente è possibilmente cancerogeno per l'uomo
- Gruppo 3** L'agente non è classificabile per quanto riguarda la cancerogenesi nell'uomo
- Gruppo 4** L'agente è probabilmente non cancerogeno

Gruppo 1	Amianto, tabacco, benzene, gas di mostarda, raggi γ , polvere di legno ...
Gruppo 2A	Gas di scappamento auto diesel, lampade solari, formaldeide, raggi UV ...
Gruppo 2B	Caffè, sottaceti, benzina, liquido per pulitura a secco, fumi di saldatura, ELF
Gruppo 3	Lane minerali, caffeina, saccarina, tè ...
Gruppo 4	Caprolattame.

IARC

International Agency for Research on Cancer

- Comunicato n. 136 del 27 giugno 2001: "IARC finds limited evidence that residential magnetic fields increase risk of childhood leukaemia"
- Una metanalisi condotta su un gruppo di ricerche selezionate ha mostrato una correlazione statistica tra leucemie infantili e campi magnetici superiori a 0,4 μ Tesla prodotti da linee elettriche a 50-60 Hz (ELF).
- Nessuna correlazione statistica è stata invece evidenziata per altri tipi di tumori sia per adulti che per bambini.

Classificazione IARC dei c.e.m. a R.F.

- Dal 24 al 31 maggio 2011 presso l'Agencia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) a Lione 31 esperti di 14 Paesi si sono riuniti per valutare la cancerogenicità dei campi elettromagnetici a radio frequenza (da 30kHz a 300Ghz).
- Il giorno 31 maggio 2011 la IARC (International Agency on Research on Cancer) ha classificato i campi elettromagnetici a radiofrequenza come possibilmente cancerogeni per l'uomo (Gruppo 2B).

Classificazione IARC dei c.e.m. a R.F.

- L'analisi del gruppo di lavoro IARC ha comportato la revisione di centinaia di studi, tra i quali in particolare **INTERPHONE**, il più vasto studio epidemiologico sulla relazione tra uso del cellulare e rischio di tumori cerebrali condotto sino ad oggi.
- **INTERPHONE** è stato realizzato nel periodo 2000-2004 in 13 nazioni, tra cui l'Italia, distribuite su 4 continenti.

- La IARC ha giudicato la cancerogenicità dei campi elettromagnetici RF di “**evidenza limitata**” negli studi sull'uomo, sulla base di una correlazione fra esposizione a RF da telefoni senza fili e aumento di insorgenza di glioma e di neurinoma acustico.
- Mentre la totalità delle analisi effettuate in relazione a diversi indicatori d'uso non indicava alcuna associazione tra esposizione e tumori, un apparente incremento del rischio di glioma (e in misura minore di meningioma) è stato osservato tra gli utilizzatori classificati nel decile più elevato di ore cumulative d'uso del telefonino.

Diversità di valutazione dell'ICNIRP

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection

- La ICNIRP in una pubblicazione del luglio 2011 relativa agli studi epidemiologici su telefoni cellulari e rischio di tumori cerebrali concludeva che, “la tendenza nelle evidenze che continuano ad accumularsi è sempre più contraria all’ipotesi che l’utilizzo del telefono cellulare causi tumori del cervello”.
- *Tale opinione si basa anche sul fatto che la ricerca scientifica non ha identificato alcun meccanismo biologico attraverso il quale i campi a radiofrequenza potrebbero causare il cancro, né esistono evidenze sperimentali replicabili sullo sviluppo del cancro negli animali.*

NORMATIVA DI PROTEZIONE DAI CAMPI ELETTROMAGNETICI



Normativa Internazionale

- La normativa di protezione dai campi elettromagnetici ha le sue basi nei lavori dell'**ICNIRP** (**International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection**)
- ICNIRP, nata nel 1982, è un gruppo di lavoro indipendente, formato da esperti internazionali, che valuta i risultati scientifici che provengono da tutto il mondo e collabora con l'Organizzazione Mondiale della Sanità.

Linee guida sui campi elettromagnetici

- Nel 1998 l'ICNIRP ha emesso le linee guida sui c.e.m., prendendo in considerazione esclusivamente gli effetti sulla salute umana documentati scientificamente.
- Sono stati definiti:
- *limiti di base* in termini di grandezze collegate all'effetto biologico da cui ci si vuol difendere;
- *limiti di riferimento*, in termini di grandezze relative all'esposizione, direttamente misurabili.

Criteri per la determinazione dei massimi livelli di esposizione

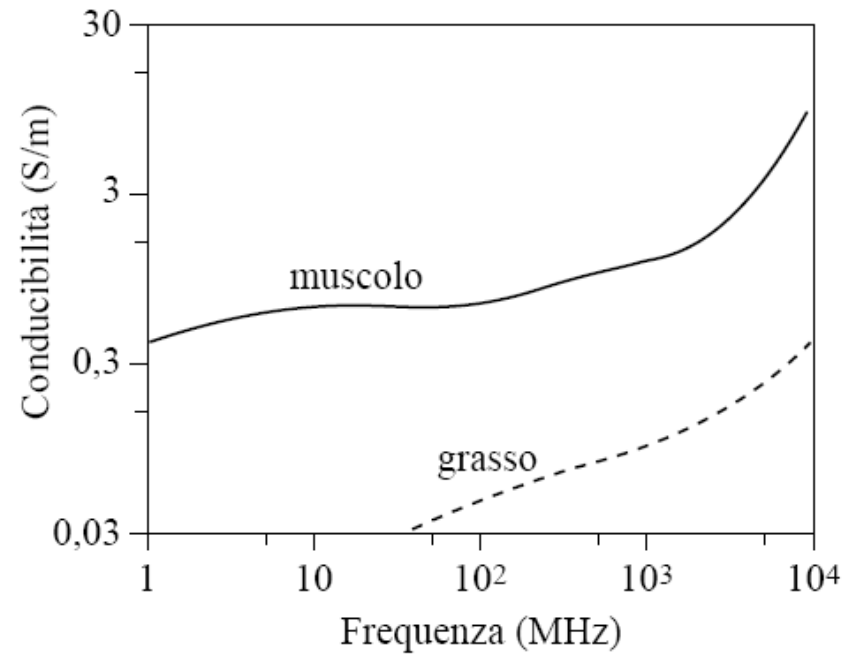
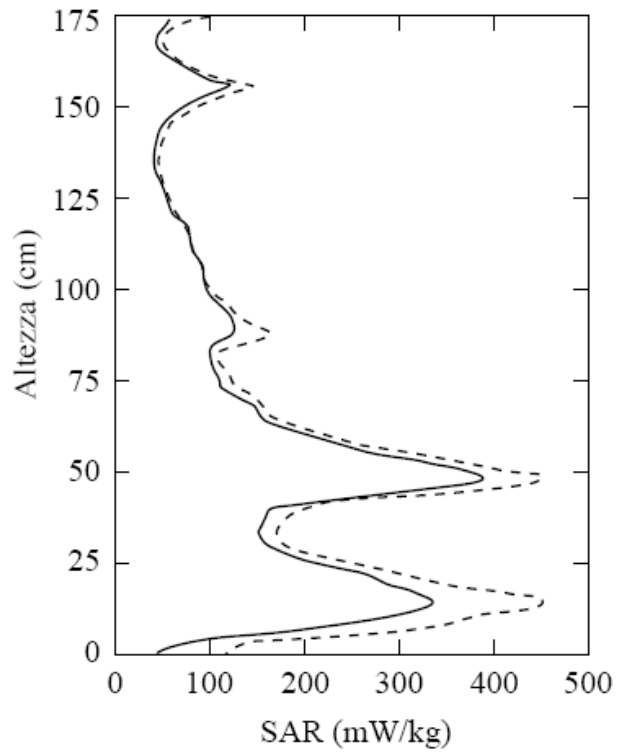
Per misurare l'energia radiante assorbita dal corpo umano nell'unità di tempo si utilizza il cosiddetto

SAR = Specific Absorption Rate (W/kg)

(potenza di irradiazione per chilogrammo di peso corporeo assorbita dall'organismo sotto esame)

Il SAR dipende da:

- *i parametri del campo incidente* (intensità, frequenza, polarizzazione e configurazione del soggetto irradiato rispetto al campo - condizioni di campo vicino o lontano);
- *le caratteristiche del corpo esposto* (dimensioni, geometria interna ed esterna, proprietà dielettriche dei vari spessori di tessuto attraversati);
- *gli effetti di terra e di riflessione* di altri oggetti presenti nel campo di irradiazione, come superfici metalliche vicino al corpo esposto.



$$SAR = \left(\frac{\sigma E^2}{\rho} \right)$$

I livelli di esposizione fissati dalle norme ICNIRP sono basati sul valore di SAR, pari a 4 W/kg, associato all'innalzamento termico di 1°C del tessuto biologico dopo 30 minuti di esposizione

Allo stato attuale delle conoscenze si ritiene che esposizioni che comportino un SAR < 4 W/kg sono da considerarsi sicure.

Un SAR per l'intero corpo di 0.4 W/kg dunque è stato scelto come la restrizione che offre protezione adeguata per esposizione professionale.

Un fattore di sicurezza aggiuntivo di 5 è introdotto per l'esposizione del pubblico, dando così **un valore medio per il limite del SAR per l'intero corpo di 0.08 W/kg.**

ICNIRP(1998) - Raccomandazione Europea (12 luglio 1999)

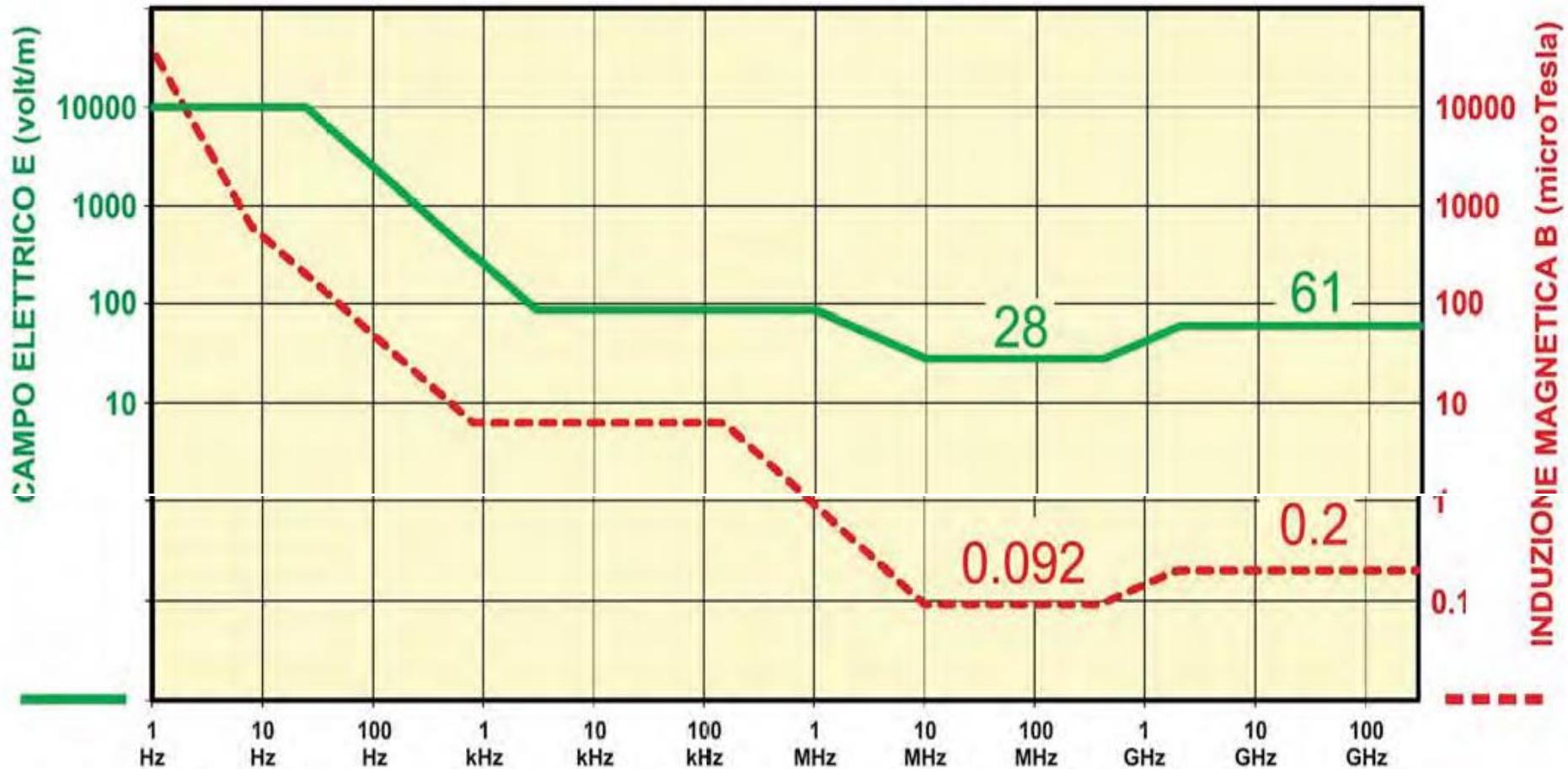
Limiti di base per campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici

Intervallo di frequenza	Densità di flusso magnetico (mT)	Densità di corrente (mA/m ²)	SAR mediato sull'intero corpo (W/kg)	Densità di potenza S (W/m ²)
0 Hz	40	-	-	-
>0-1Hz	-	8	-	-
1-4 Hz	8/f	-	-	-
4-1000 Hz	-	2	-	-
1-100 kHz	-	f/500	-	-
100 kHz-10 MHz	-	f/500	0,08	-
10 Mz-10 GHz	-	-	0,08	-
10-300 GHZ				10

**Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni non Ionizzanti
(ICNIRP) 1998 – Raccomandazione Europea 12-07-1999**
Livelli di riferimento per l'esposizione della popolazione

Intervallo di frequenza	Intensità del campo elettrico (V/m)	Intensità del campo magnetico (A/m)	Induzione magnetica (μT)	Densità di potenza (W/m²)
Fino a 1 Hz	-	$3,2 \times 10^4$	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	$4000 / f$	$5000 / f$	-
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
400-2000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$	$f / 200$
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

Livelli di riferimento dell'ICNIRP



Limiti di esposizione per la popolazione previsti dal Decreto del Ministero dell'Ambiente n. 381/98

Intervallo di frequenza	Intensità del campo elettrico (V/m)	Intensità del campo magnetico (A/m)	Densità di potenza dell'onda piana (W/m²)
0,1-3 MHz	60	0,2	
>3-3000 MHz	20	0,05	1
>3- 300 GHz	40	0,1	4

Limiti di esposizione per la popolazione previsti dal Decreto del Ministero dell' Ambiente n. 381/98.

“...In corrispondenza di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore non devono essere superati i seguenti valori, indipendentemente dalla frequenza, mediati su qualsiasi intervallo di 6 minuti :

- 6 V/m per il campo elettrico
- 0,016 A/m per il campo magnetico
- 0,10 W/m² per la densità di potenza dell'onda piana (tra 3 MHz e 300 GHz)

(Art.4, c.2 del decreto 10-09-98 n.381)

Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (Legge 22 febbraio 2001, n. 36)

- Scopo principale della legge-quadro n.36 del 22 febbraio 2001 pubblicata sulla G.U.R.I. del 07/03/2001 è la tutela della salute dei lavoratori e della popolazione dagli effetti delle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici prodotti da tutti gli impianti, i sistemi e le apparecchiature per usi civili, militari e di polizia con frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz

Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici

(Legge 22 febbraio 2001, n. 36)

La legge definisce tre livelli:

- 1. *limite di esposizione*, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcun caso.
- 2. *valore di attenzione*, che costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine. Esso non deve essere superato negli ambienti abitativi.
- 3. *obiettivi di qualità* intesi come valori di campo definiti dallo Stato ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione.

Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (Legge 22 febbraio 2001, n. 36)

Conferma i valori fissati nel decreto 381/98

Tabella 1 – Limiti di esposizione

Frequenza (MHz)	Intensità di campo Elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Densità di potenza dell'onda piana equivalente (W/m ²)
0.1 – 3	60	0.2	---
3 – 3000	20	0.05	1
3000 – 300000	40	0.01	4

Tabella 2 - Valori di attenzione

Frequenza	Intensità di campo Elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Densità di potenza D (W/m ²)
0.1MHz – 300 GHz	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici

(Legge 22 febbraio 2001, n. 36)

- La legge stabilisce che è competenza dello Stato fissare i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità, insieme all'individuazione delle tecniche di misurazione e di rilevamento dell'inquinamento elettromagnetico.
- I criteri localizzativi e gli standard urbanistici, come anche le modalità di rilascio delle autorizzazioni, sono di competenza delle Regioni.

Decreto attuativo Dpcm 8 luglio 2003 (G.U.R.I. n. 199 del 28-08-2003)

- *Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai c.e.m. generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz.*
- Conferma i valori fissati nel decreto 381/98 e nella legge n.36 del 2001.
- Estende il limite di 6 volt/m anche alle aree aperte intensamente frequentate (parchi pubblici, centri commerciali, aeroporti, cortili, terrazze e simili)

Decreto attuativo Dpcm 8 luglio 2003 (G.U.R.I. n. 199 del 28-08-2003)

Stabilisce inoltre che:

- *“le tecniche di misurazione e di rilevamento da adottare sono quelle indicate nella **norma CEI 211-7** e specifiche norme emanate successivamente dal CEI”*
- *“Il sistema agenziale APAT-ARPA contribuisce alla stesura delle norme CEI con l’approvazione del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio”*

Legge 17 dicembre 2012, n. 221: conversione, con modificazioni,
del decreto-legge 18 ottobre 2012, n. 179, recante ulteriori
misure urgenti per la crescita del Paese
(G.U. n. 294 del 18 dicembre 2012, s.o. n. 208)

- Definisce le soglie del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità come valori **mediati sulle 24 ore** e non su qualsiasi intervallo di 6 minuti.
- *“ Ai fini della verifica attraverso stima previsionale del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità, le istanze previste dal decreto legislativo n. 259 del 2003 saranno basate su valori mediati nell'arco delle 24 ore, valutati in base alla riduzione della potenza massima al connettore d'antenna con appositi fattori che tengano conto della variabilità temporale dell'emissione degli impianti nell'arco delle 24 ore.”*

**Livelli di riferimento indiretti per il campo elettrico in V/m per la telefonia mobile
per le frequenze da 900 MHz e 1800 MHz**

Paese	900 MHz	1800 MHz	Osservazioni
ICNIRP	41	58	
Australia	41	58	
Austria	48	61	
Bulgaria	6	6	
Canada	47	61	
Cina	12*	12*	* per breve tempo
Raccomandazione UE (su base ICNIRP)	41	58	
Francia	41	58	
Germania	41	58	
Ungheria	6	6	
Italia	20 (6*)	20 (6*)	* ambienti abitati
Giappone	47	61	
N. Zelanda	41	58	
Polonia	6	6	
Russia	20*	dato non riportato	* telefonia mobile
Sud Africa	41	58	
Svezia	41	58	
Svizzera	41 (4*)	59 (6*)	* per impianto
Turchia	41	58	

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!

Bibliografia sui c.e.m.

1. World Health Organization - *International EMF Project* www.who.int/emf
2. *Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni non Ionizzanti (ICNIRP)*: <http://www.icnirp.org>
3. *Consorzio Elettra 2000*: <http://www.elettra2000.it>
4. *European Action COST 288* : www.cost281.org
5. *International Agency for Research on Cancer (IARC)*: www.iarc.fr
6. *Commission of the European Union - Precautionary Principle*: www.europa.eu.int/comm/off/com/health_consumer/precaution
7. *Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici*: <http://apat.it>
8. Paolo Vecchia, Umberto Tirelli, Ugo Spezia: “*Campi elettromagnetici e salute –Dai miti alla realtà*” 21° secolo
9. *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields(up to 300 GHz)*, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, Health Physics, April 1998, Volume 74, Number 4.

Bibliografia sui c.e.m.

10. S. Ramo, J. R. Whinnery, T. Van Duzen: *Fields and Waves in Communication Electronics*, ed. Wiley
11. G. Franceschetti: *Campi elettromagnetici*, ed. Boringhieri
12. G. Conciauro: *Introduzione alle onde elettromagnetiche*, Mc Graw-Hill Italia
13. Campi elettromagnetici e salute, a cura del Prof. Giovanni Carboni, Dipartimento di Fisica, Università degli studi di Roma "Tor Vergata"
<http://people.roma2.infn.it/~carboni/campi-EM/index.html>
14. L Kheifets, G Hester, G Banerjee (2001): *The Precautionary Principle and EMF: Implementation and Evaluation*. Journal of Risk Research 4(2): 113-125
15. M H Repacholi (2002). *Assessment of the Health Effects of EMF Exposure*. The Radio Science Bulletin 301: 14-24.
16. M H Repacholi (2001): *Health risks from the use of mobile phones*. Toxicology Letters 120:323-331.
17. Istituto Superiore di Sanità - Radiazioni e radioprotezione:
<http://www.iss.it/tesa/index.php?lang=1&anno=2015&tipo=26>

Guida CEI 211-7 , Appendice E settembre 2013

- Descrive le metodologie di valutazione dei c.e.m. generate dalle stazioni radio base per le varie tecnologie delle comunicazioni mobili oggi esistenti.
- In particolare definisce **il fattore di riduzione della potenza massima α_{24h}** come rapporto tra la potenza media trasmessa dall'impianto nelle 24 ore e la sua potenza massima.
- Il valore medio di α_{24h} ottenuto a seguito di campagne di misura è circa del 25% .

Uso della radiofrequenza per motivi estetici

Radiofrequenza Viso con Consulenza Estetica



- Ringiovanisci il tuo viso e sentiti sempre bella e affascinante!
- **Prova la Radiofrequenza viso che attenua le rughe e distende i tratti con un effetto lifting del tutto naturale!**
- In più per te una consulenza per trattamenti estetici come anticellulite, antimacchie...e interessanti promozioni sull'acquisto di successivi trattamenti estetici.

Lo spettro elettromagnetico e alcune applicazioni

