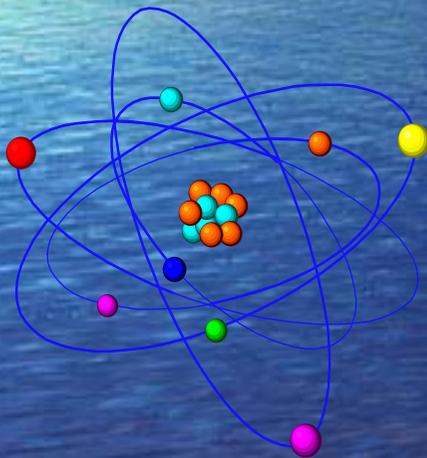


CORSO DI FORMAZIONE ASL AL 2010

Studio associato ECORAD



ECOLOGIA, RADIOPROTEZIONE,
PROGETTAZIONE INDUSTRIALE,
SICUREZZA SUL LAVORO,
IGIENE AMBIENTALE

Dott. Carlo Bergamaschi

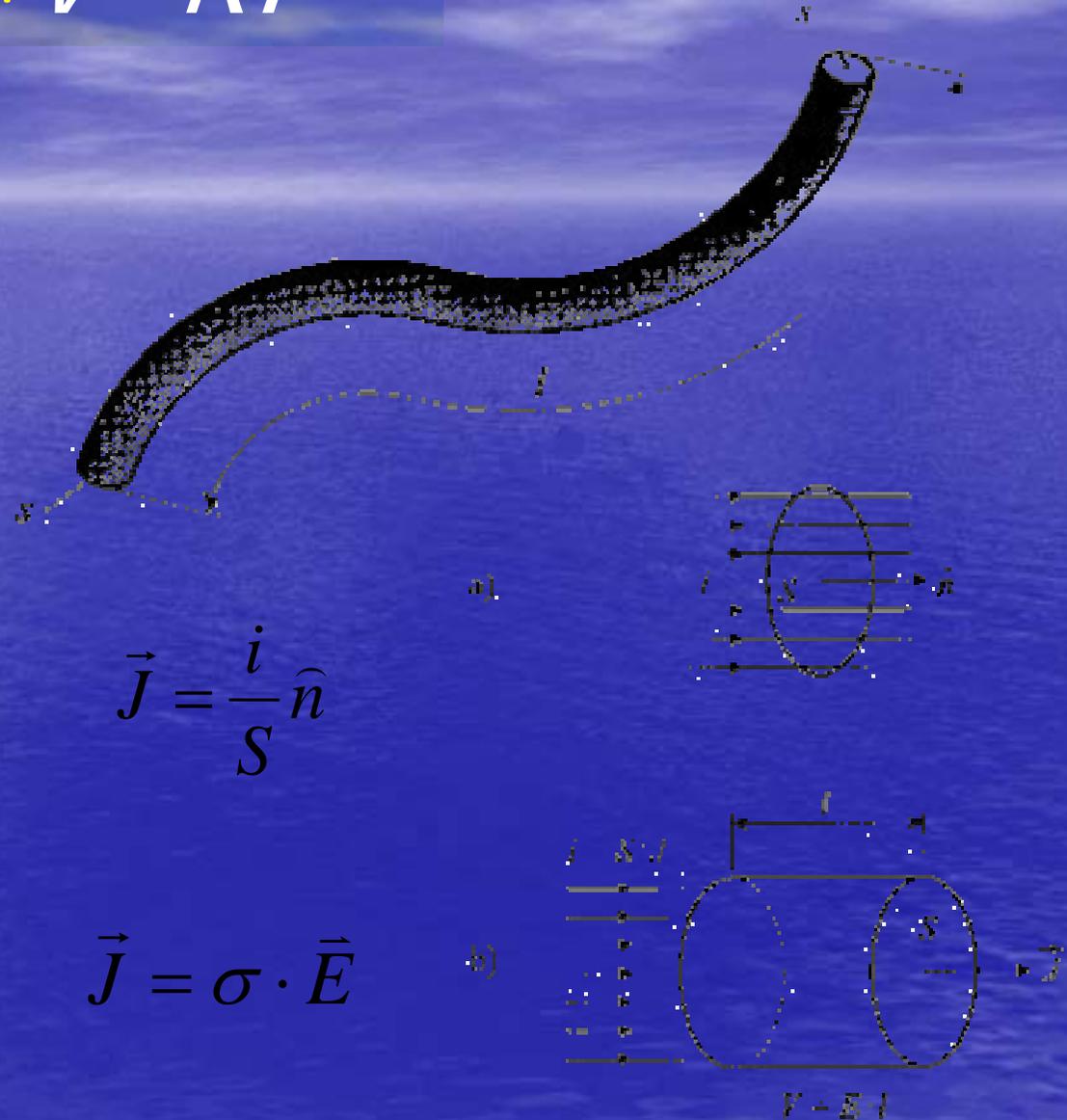
Legge di Ohm : $V=RI$

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (\Omega)$$

Densità di corrente :

$$\vec{J} = \frac{i}{S} \hat{n}$$

$$\vec{J} = \sigma \cdot \vec{E}$$



Effetto Joule : conversione dell'energia elettrica in calore in un conduttore

Potenza : quantità di energia trasferita nell'unità di tempo dal campo elettrico alle cariche in movimento

$$P = i^2 \cdot R = \frac{V^2}{R} \quad (\text{W})$$

Campo magnetico $\vec{H} \left(\frac{\text{A}}{\text{m}} \right)$: regione dello spazio dove si manifestano forze sui dipoli magnetici e sui conduttori percorsi da correnti elettriche

Induzione magnetica: $\vec{B} = \mu \vec{H} \quad (\text{T})$

Onde elettromagnetiche :

$$\nabla^2 \vec{E} - \varepsilon \mu \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0$$

$$\nabla^2 \vec{B} - \varepsilon \mu \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} = 0$$

1. La frequenza condiziona la struttura del campo elettromagnetico nell'intorno della sorgente, che si modifica notevolmente in funzione della distanza da essa, rapportata alla lunghezza d'onda del campo, passando - come vedremo - dalla zona dei *campi reattivi* a quella dei *campi radiativi*.
2. Il meccanismo di accoppiamento fisico tra campi ed oggetti biologici dipende in modo critico dal rapporto tra la dimensione dell'organismo esposto e la lunghezza d'onda del campo.

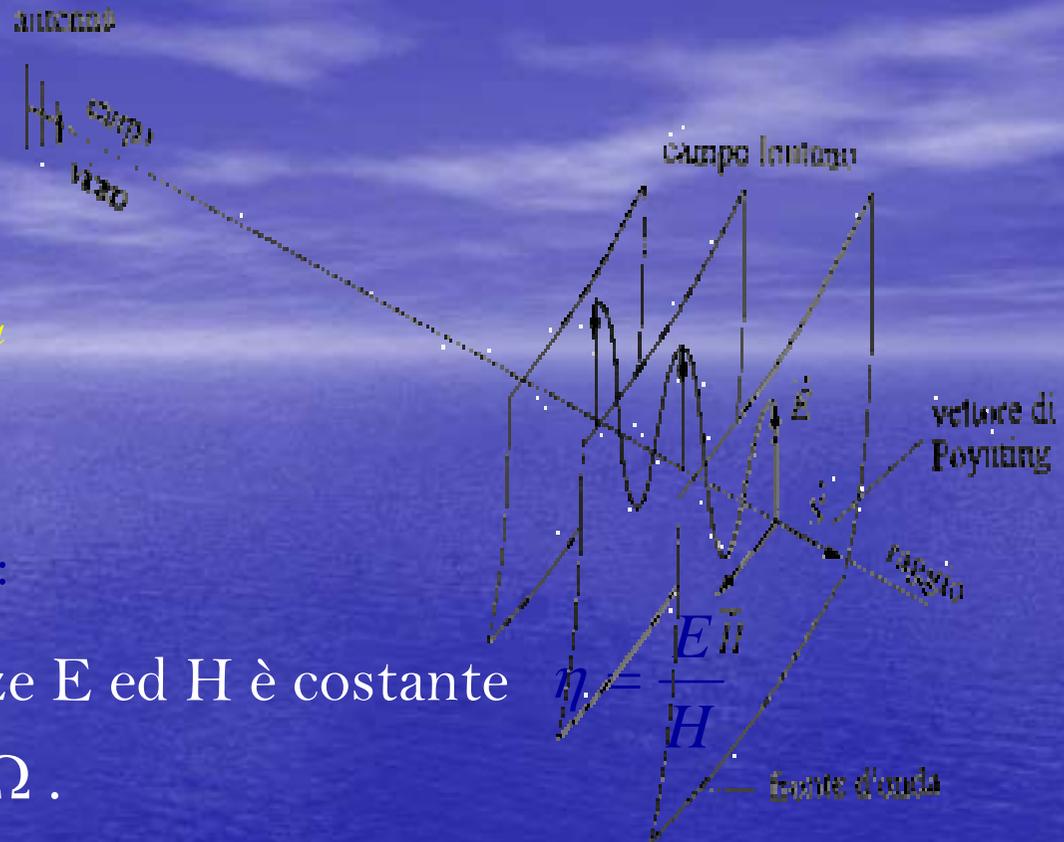
Campo reattivo e campo radiativo



Campo reattivo: campo presente vicino la sorgente; dipende dalla distribuzione di cariche e di correnti sulla sorgente, che a loro volta dipendono dalla geometria della stessa e dalle proprietà elettriche dei suoi componenti

Il campo reattivo è confinato nei pressi della sorgente in un volume che si estende fino a distanze dell'ordine di frazioni di λ usualmente $\frac{\lambda}{10}$

Poter dire di essere nella zona di campo vicino o lontano dipende oltre che dalla distanza r dalla sorgente (o meglio, dal rapporto fra distanza e lunghezza d'onda) anche dalle dimensioni di questa, sempre in rapporto alla lunghezza d'onda.



Nella zona di campo lontano:

1. il rapporto tra le ampiezze E ed H è costante nel vuoto η è circa 377Ω .
2. E, H e la direzione di propagazione costituiscono una terna destrorsa
3. L'intensità di un'onda sferica decresce come $\frac{1}{r^2}$ all'aumentare di r
4. E ed H decrescono come $\frac{1}{r}$

Interazione dei campi EM con la materia vivente

Meccanismi di interazione

Gli organismi viventi esposti ai campi EM interagiscono con essi assorbendone energia.

σ (conducibilità): parametro che caratterizza un materiale come conduttore di elettricità.

Materiale	Conducibilità [S/m]	Materiale	Conducibilità [S/m]
Argento	6.1×10^7	Acqua di mare	4
Rame	5.8×10^7	Acqua dolce	10^{-1}
Alluminio	3.5×10^7	Acqua distillata	2×10^{-4}
Ottone	1.5×10^7	Vetro	$10^{-10}; 10^{-14}$
Piombo	4.8×10^6	Mica	$10^{-11}; 10^{-15}$

Campo incidente: campo che sarebbe presente nella zona di spazio di interesse in assenza del corpo materiale

Campo interno: campo realmente presente all'interno del corpo ed è la somma del campo incidente e di quello dovuto all'insieme delle correnti e alla redistribuzione di cariche elettriche prodotte dal campo incidente all'interno del corpo e della sua superficie

Campo interno \propto Campo incidente

Il fattore di proporzionalità cambia da punto a punto dipendendo dalle proprietà elettriche del corpo e dalla sua geometria

Radiazioni non ionizzanti

Per frequenze ≤ 300 GHz l'interazione dei campi EM con i sistemi materiali non può produrre variazioni permanenti di struttura atomica o molecolare perché il valore del salto energetico ΔE_s necessario è di gran lunga superiore all'energia del fotone ($hf = 1.2 \times 10^{-3} eV$). Per quello che si può ottenere è l'eccitazione degli stati traslazionali, rotazionali e al limite, vibrazionali delle particelle.

Fenomeno	Energia di attivazione (eV)	Frequenza corrispondente (HZ)
Rottura del legame idrogeno	0.08-0.2	23×10^{13} - 4.8×10^{13} IR
Cambio reversibile di conformazione delle proteine	0.4	10^{14} IR
Rottura del legame covalente	5	1.2×10^{15} UV
ionizzazione	10	2.4×10^{15} UV

Proprietà dielettriche dei tessuti umani

La definizione di costante dielettrica relativa complessa può essere fatta discendere dall'equazione di Ampere-Maxwell:

$$\vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

dove \vec{J} è la densità di corrente di cariche libere e \vec{D} la densità di flusso elettrico. Sotto le seguenti ipotesi:

1. Il materiale con cui si ha a che fare deve essere un dielettrico (eventualmente) con perdite, condizione verificata da tutti i tessuti biologici.
2. Non devono essere presenti correnti elettriche impresse
3. Si deve essere in regime armonico sinusoidale

L'equazione precedente può essere scritta nella forma

$$\vec{\nabla} \times \vec{H} = j\omega\epsilon_0\hat{\epsilon}\vec{E}$$

Caratteristiche elettriche dei tessuti biologici

Al posto della conducibilità elettrica vengono usate due quantità ad essa proporzionali

$$\varepsilon'' = \frac{\sigma}{\omega \varepsilon_0}$$

fattore di perdita

$$\tan \alpha = \frac{\varepsilon''}{\varepsilon_r} = \frac{\sigma}{\omega \varepsilon_0 \varepsilon_r}$$

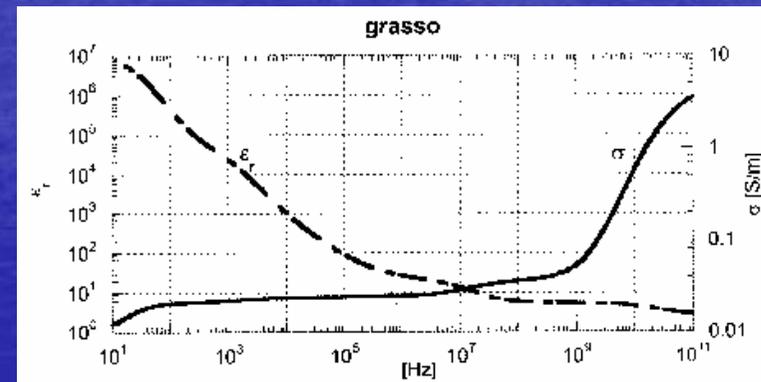
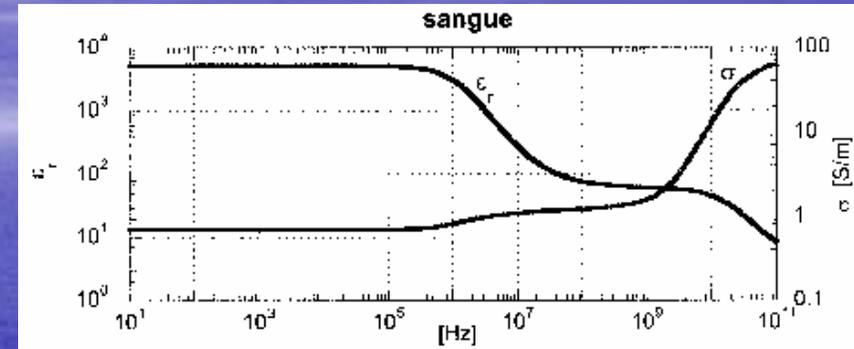
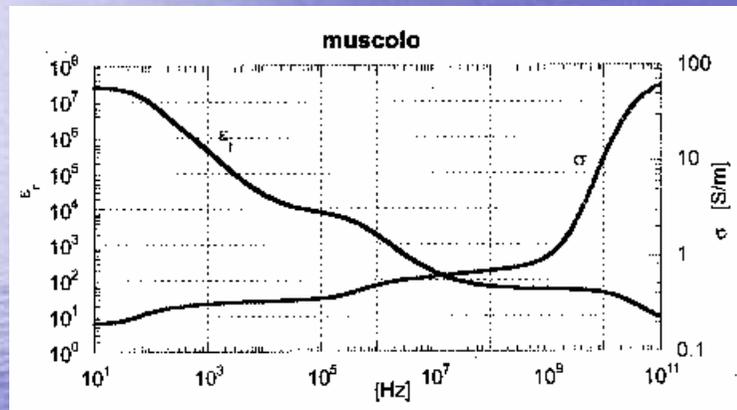
tangente di perdita

Nei tessuti biologici, l'elemento di maggior significato per le loro proprietà elettriche è l'acqua che costituisce il 70% del peso del corpo umano. È logico quindi che le caratteristiche elettriche dei vari tessuti biologici siano perfettamente correlate con la percentuale di acqua in essi contenuta.

Possiamo classificare i tessuti biologici in:

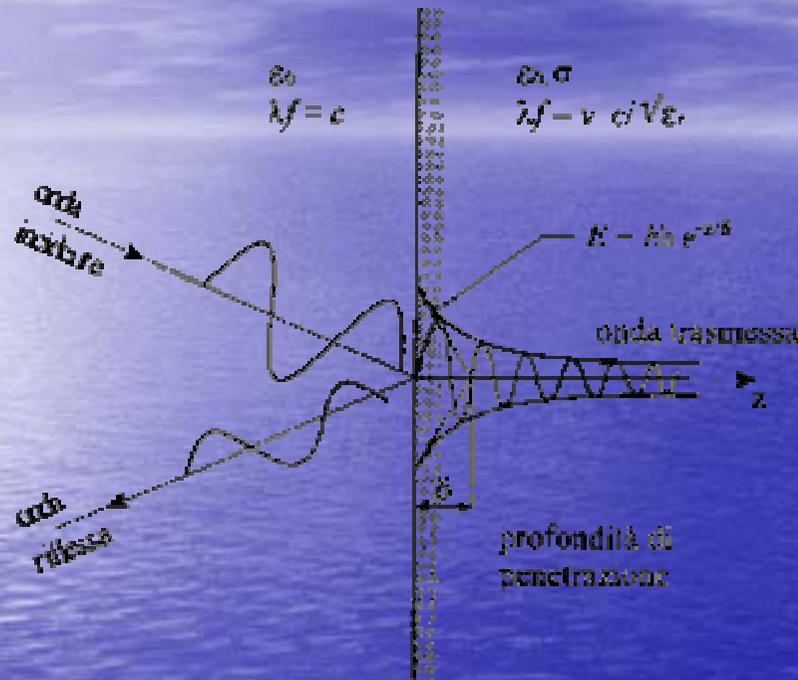
1. Tessuti ad altissimo contenuto di acqua (**90% o più di acqua**): sangue , liquido cerebrospinale e altri liquidi organici.
2. Tessuti ad alto contenuto di acqua (**circa l'80% di acqua**) : pelle, muscolo, cervello, e organi interni, quali reni fegato milza ecc.
3. Tessuti a basso contenuto di acqua (**acqua circa 50% e meno**): grasso, tendini e ossa.

L'andamento di ϵ_r e di σ del tessuto muscolare sono, a pari frequenza, più elevate di circa un ordine di grandezza rispetto a quelle del tessuto adiposo.



Questo comportamento è conseguenza del fatto che, i fenomeni di polarizzazione e di conduzione sono fortemente determinati dal contenuto di acqua e che il tessuto muscolare ha una percentuale di acqua molto maggiore di quella presente nel tessuto adiposo.

Propagazione e assorbimento dei campi EM nei tessuti



Quando un'onda EM incide sull'interfaccia fra due mezzi materiali di caratteristiche elettromagnetiche diverse, una parte dell'energia viene riflessa mentre l'altra trasmessa. Se il mezzo è un materiale con perdite, l'onda, mentre si propaga, cede una parte della sua energia e si attenua.

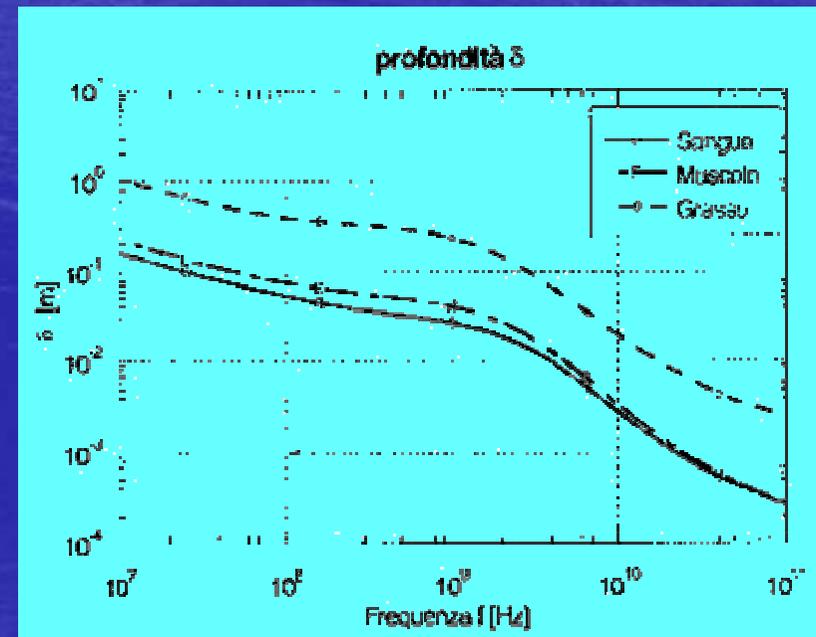
La potenza trasportata dall'onda decresce esponenzialmente secondo la legge:

$$S(z) = S_0 e^{-\left(2\frac{z}{\delta}\right)}$$

in cui S_0 rappresenta la densità di potenza iniziale (cioè, alla coordinata) dell'onda che penetra nel mezzo materiale

A parte le altissime frequenze (intorno e sopra i 10 GHz), per le quali la penetrazione è scarsissima, l'onda propagandosi nel mezzo materiale, può arrivare alla superficie di separazione fra i tessuti di natura diversa e venire riflessa. Arrivando dall'esterno l'onda incontra vari tipi di tessuto, tipicamente si ha: pelle, grasso, muscolo ed eventualmente tessuto osseo. Possono verificarsi variazioni di intensità alle varie interfacce. Le onde incidente e riflessa, sovrapponendosi possono dar luogo a fenomeni complessi di interferenza ai quali possono accompagnarsi assorbimenti concentrati in corrispondenza ad alcune interfacce. Alcuni strati possono risultare di spessore tale da provocare fenomeni di risonanza a frequenze particolari.

$$\delta = \frac{c}{\omega \sqrt{\frac{\epsilon}{2} \left[1 + \frac{\sigma_1^2}{\omega^2 \epsilon_0^2 \epsilon^2} - 1 \right]}}$$



Dosimetria nei campi elettromagnetici

La dosimetria quantifica l'interazione tra un campo elettromagnetico e un corpo biologico ad esso esposto.

Il problema della dosimetria dei campi EM non ionizzanti consiste nella:

- quantificazione della potenza assorbita da un organismo biologico immerso in un campo EM;*
- determinazione della distribuzione di tale potenza nell'organismo esposto.*

Il problema della dosimetria può essere ricondotto al calcolo di un parametro riassuntivo denominato SAR (specific absorption rate), che esprime la potenza per unità di massa ed è dato dalla seguente espressione:

$$SAR = \frac{1}{2\rho} \sigma E^2 \quad \frac{W}{Kg}$$

Poiché la densità e il campo elettrico dipendono dal tipo di tessuto e l'uomo non è costituito da un corpo omogeneo, il SAR medio deve essere calcolato integrando la relazione sopra scritta:

$$SAR_m = \frac{1}{V} \int \frac{\sigma(x, y, z)}{2\rho(x, y, z)} E^2(x, y, z) dV$$

IL SAR medio è un parametro di particolare importanza, in quanto è ciò che viene misurato sperimentalmente. Esso fornisce la quantità di calore rilasciata dal corpo e dà quindi un'idea della sollecitazione termica a cui l'organismo è sottoposto.

La crescita della temperatura risultante da un dato termico non è legata soltanto alla potenza assorbita :essa dipende dai meccanismi fisiologici di termoregolazione e dalle condizioni psicometriche (temperatura ambiente ecc.) e quindi non è semplicemente proporzionale al SAR medio

Purtroppo, a differenza delle radiazioni ionizzanti non esiste un legame semplice tra densità di potenza incidente e potenza assorbita : la conoscenza dell'intensità e della polarizzazione del campo esterno non danno informazione diretta sugli stessi parametri relativi al campo interno.

I risultati della sperimentazione animale non sono direttamente utilizzabili per l'uomo in quanto, la configurazione di campo interno dipende fortemente dalla forma e dalle dimensioni dell'oggetto assorbitore.

In tal caso sono stati sviluppati materiali sintetici che simulano i tessuti biologici per quanto concerne l'assorbimento di energia EM.

Appare evidente quindi, la necessità di realizzare modelli teorici che consentano di legare il campo generato all'interno di un oggetto biologico al campo EM incidente e alle caratteristiche fisico-geometriche dell'oggetto stesso , così da poter effettuare previsioni di assorbimento ed estrapolazioni di dati raccolti nella sperimentazione sugli animali.

Effetto biologico, danno

Effetto biologico : variazione fisiologica notevole o rilevabile in un sistema biologico in seguito all'esposizione alle onde elettromagnetiche

Effetto di danno : si verifica quando l'effetto biologico è al di fuori dell'intervallo in cui l'organismo può naturalmente compensarlo ; ciò porta a qualche condizione di detrimento della salute

Alcuni effetti biologici possono essere innocui, altri conducono a danni per la salute

Effetti biologici dei campi elettromagnetici

Rispetto al campo elettrico i tessuti biologici possono comportarsi come conduttori o come dielettrici, a seconda della frequenza dei campi, della conducibilità e della costante dielettrica che li caratterizza;

fino a 100KHz i tessuti possono essere considerati come buoni conduttori ;

fino a tali frequenze il campo elettrico non penetra significativamente all'interno dei tessuti e l'organismo esposto si comporta come un oggetto omogeneo perfettamente conduttore sulla superficie del quale viene indotta una distribuzione di carica elettrica;

La variazione nel tempo di tale distribuzione genera la presenza di correnti elettriche all'interno del corpo umano la cui densità è proporzionale alla frequenza e all'ampiezza del campo elettrico

La quantità e la distribuzione di energia elettromagnetica assorbita da un organismo dipendono da numerosi fattori quali:

1. Caratteristiche del campo di radiazioni (intensità, potenza, polarizzazione);
2. Orientamento e dimensioni geometriche del corpo;
3. Proprietà dei tessuti investiti dall'onda.

Per quanto riguarda l'interazione dei campi RF e MF, i materiali biologici possono essere considerati come materiali dielettrici omogenei con perdite

Sotto l'azione del campo E.M le molecole dotate di un momento di dipolo elettrico tendono ad orientarsi nella direzione del campo elettrico, mentre quelle dotate di un momento magnetico tendono ad orientarsi come il campo magnetico

Essendo il campo EM oscillante i dipoli elettrici e magnetici sono sottoposti a vibrazioni forzate .

Il massimo assorbimento di energia nel tessuto si ha quando il campo oscilla con la stessa frequenza naturale dei dipoli.

L'energia di rotazione e vibrazione acquistata dalle molecole si converte in energia termica riscaldando il tessuto irradiato.

La descrizione quantitativa delle modalità di deposito dell'energia EM risulta molto complessa

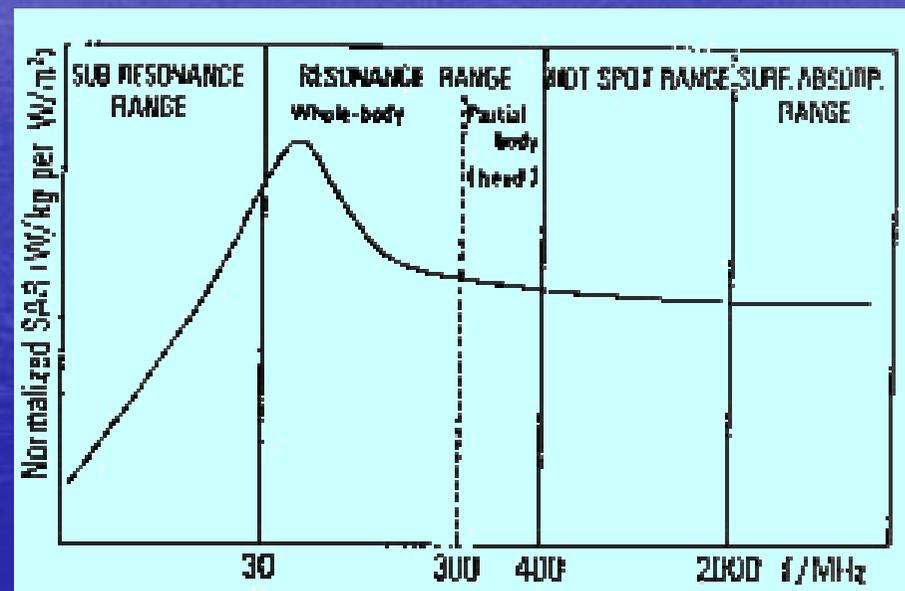
Da un punto di vista qualitativo l'assorbimento riferito al corpo umano può essere diviso in quattro zone, in funzione della frequenza caratteristica dell'onda elettromagnetica

1. **subrisonanza**: <30MHz; si ha un assorbimento superficiale lungo il tronco con dipendenza di tipo quadratico

2. **risonanza** : 30MHz-300MHz: sono possibili assorbimenti per corpo intero e fino a 400MHz per parti di esso come la testa (in questa zona si ha il massimo assorbimento)

3. **zona dei punti caldi** : 400MHz-2GHz; si ha un assorbimento localizzato per densità di $100 \frac{W}{m^2}$; l'assorbimento diminuisce all'aumentare della frequenza con dipendenza di tipo $1/f$;

4. **zona di assorbimento superficiale** : >2GHz; si ha assorbimento con aumento di temperatura solo superficiale



La quantità di energia assorbita dall'organismo è legata alla taglia della persona esposta e all'orientamento del corpo. Ad es. per un uomo di altezza di 1.74 m l'assorbimento più elevato si ha quando la direzione del campo elettrico è parallela all'asse maggiore del corpo umano e ad una frequenza pari a 70MHz

Jurgen Bernhart ha dimostrato che per i campi ELF la totalità degli effetti acuti (semplici fastidi o paralisi cardiaca) è dovuta all'intensità di corrente J indotta dai campi EM nei tessuti degli organismi esposti. Secondo il ricercatore i campi ELF producono una stimolazione delle cellule nervose e muscolari

Gli effetti acuti che si verificano a livelli bassi di esposizione sono:

1. interferenze nella percezione sensoriale a livello oculare (percezioni di lampi luminosi e colorati detti fosfeni)
2. Sensazione di pizzicore

A livelli di esposizione elevati le correnti indotte possono causare :

1. Extrasistole cardiache
2. Contrazioni muscolari
3. Fibrillazione ventricolare
4. Sensazione di calore

Un intenso campo magnetico statico (frequenza prossima a zero) può causare vertigini o nausea ad una persona che si muova in esso

C
A
M
P
I

E
L
F

Da studi sperimentali fatti mediante l'uso di fantocci che simulavano gli organismi umani e mediante calcoli numerici si è trovato che le correnti indotte da **E** e da **H** risultano proporzionali alla frequenza e alla intensità dei campi stessi. Le costanti di proporzionalità dipendono dalle condizioni di esposizione, dalla localizzazione dell'organo interessato e dalle sue caratteristiche elettriche

$$J = kfE$$

f=frequenza Hz

E = campo elettrico $\frac{V}{m}$

$$J = \pi f B r \sigma$$

K = fattore di forma tiene conto dell'orientamento del corpo e della zona del corpo all'interno della quale viene valutata la densità di corrente

r il raggio della sfera usata per la simulazione

B induzione magnetica

Le principali sorgenti di campi EM di tipo ELF sono:

1. Campo elettrico terrestre $f= 0.001\text{Hz}$, $E= 130 \left(\frac{\text{V}}{\text{m}} \right)$, $B = 40 - 70 \mu\text{T}$
2. Trazione elettrica ferroviaria
3. Trasporto energia elettrica in alta tensione $f=50 \text{ Hz}$
4. Elettrodomestici per la casa
5. Computer

*Studi sperimentali hanno verificato l'influenza del campo magnetico sulla produzione di **melatonina**, ormone che sembrerebbe avere un effetto antitumorale*

Dall'analisi dei risultati sperimentali per campi EM variabili ($4\text{Hz} < f < 1\text{KHz}$) risulta che nessun effetto acuto si manifesta con valore di soglia $< 10 \frac{\text{mA}}{\text{m}^2}$. Tale valore è stato assunto dall'INIRC come base per i limiti di sicurezza, mentre per le persone professionalmente esposte il valore di sicurezza è: $1 \frac{\text{mA}}{\text{m}^2}$

Per quanto riguarda il campo magnetico statico si è trovato che non ci sono effetti nocivi fino a 2T ; L'INIRP ritiene che il limite per esposizioni professionali possa essere fissato a 200mT , ma per esposizioni >8 ore si può raggiungere un massimo di 2T

Campi elettromagnetici ad alta frequenza

Per quanto riguarda l'interazione del corpo umano dei campi $1\text{MHz} < f < 10\text{GHz}$ essa consiste nell'assorbimento dell'energia elettromagnetica. Tale energia viene dissipata sotto forma di calore. Questo riscaldamento indotto nei tessuti può provocare effetti legati alla termoregolazione:

Riduzione delle capacità mentali o fisiche

Influenzare lo sviluppo fetale e la fertilità maschile

Indurre cataratta

Per campi $f > 10\text{GHz}$ i campi EM vengono assorbiti dalla superficie della pelle; perché si verificano danni occorre una densità di potenza $> 1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ valori presenti nelle immediate vicinanze dei radar dove però è vietata la presenza di persone

I principali fattori che influiscono sull'assorbimento dell'energia e sulle risposte biologiche sono per quanto riguardano i parametri della sorgente elettromagnetica :

Frequenza

Polarizzazione

Densità di potenza

Situazione di campo (vicino o lontano)

Potenza

Per quanto riguarda i parametri biologici:

Età e sesso

Condizioni di salute

Proprietà dielettriche del tessuto

dimensioni

Per quanto riguarda i parametri ambientali:

Durata di esposizione

Esposizione parziale o a corpo intero

Superfici riflettenti circostanti

Le principali sorgenti di campi EM ad alta frequenza sono:

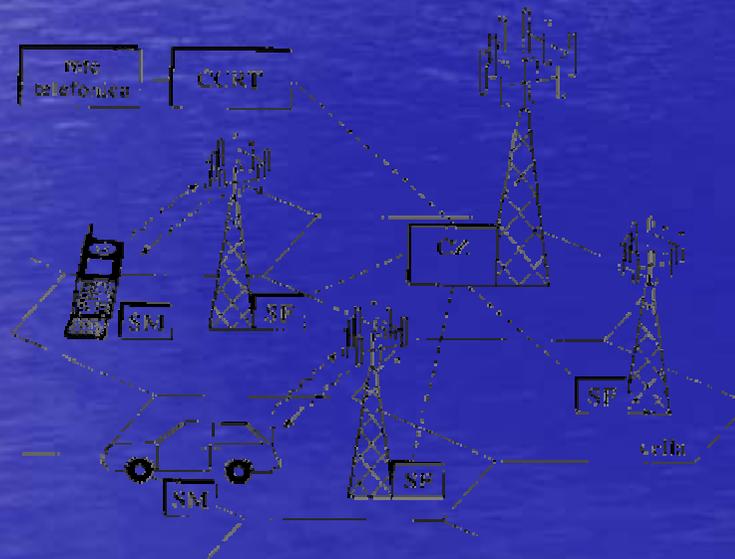
Macchine per riscaldamento industriale (trasformazione in calore dell'energia elettrica)

Apparati per telecomunicazioni (ponti radio, radio, televisione)

Sistemi radiomobili: ricetrasmittenti veicolari, telefoni cellulari

Sorgenti domestiche: forni a microonde, televisori, telefoni mobili (cordless), sistemi di allarme;

applicazioni biomedicali (diagnostiche, terapeutiche)



I CAMPI ELETTROMAGNETICI E IL TESTO UNICO

Articolo 206 - Campo di applicazione

1. Determina i requisiti per la protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti dall'esposizione ai campi elettromagnetici (da 0 Hz a 300 GHz),.
2. Non riguarda la protezione da eventuali effetti a lungo termine e i rischi risultanti dal contatto con i conduttori in tensione.

I CAMPI ELETTROMAGNETICI E IL TESTO UNICO

Articolo 207 - Definizioni

1. Si intendono per:

a) campi elettromagnetici: campi magnetici statici o campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici variabili nel tempo di frequenza inferiore o pari a 300 GHz;

b) valori limite di esposizione : sono basati sugli effetti sulla salute accertati. Il rispetto dei limiti garantisce lavoratori esposti dagli effetti nocivi a breve termine;

c) valori di azione: sono parametri direttamente misurabili, quali intensità di campo elettrico (E), intensità di campo magnetico (H), induzione magnetica (B) e densità di potenza (S).

Il rispetto di questi valori assicura il rispetto dei pertinenti valori limite di esposizione.

I CAMPI ELETTROMAGNETICI E IL TESTO UNICO

Articolo 208 - Valori limite e valori d'azione

1. I valori limite di esposizione sono:

Intervallo di frequenza	Densità di corrente J (mA/m ²)	SAR al corpo intero (W/kg)	SAR a capo e tronco (W/kg)	SAR agli 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

I CAMPI ELETTROMAGNETICI E IL TESTO UNICO

Articolo 208 - Valori limite e valori d'azione

2. I valori di azione sono:

Intervallo di frequenza	Campo elettrico E (V/m)	Campo magnetico H (A/m)	Induzione magnetica B (μ T)	Densità di potenza (W/m ²)	Corrente di contatto IC (mA)	Corrente indotta negli arti IL (mA)
0 – 1 Hz	/	1,63 x 105	2 x 105	/	1,0	/
1 – 8 Hz	20000	1,63 x 105/f ²	2 x 105 /f ²	/	1,0	/
8 – 25 Hz	20000	2 x 104/f	2,5 x 104 /f	/	1,0	/
0,025 – 0,82 kHz	500/f	20/f	25/f	/	1,0	/
0,82 – 2,5 kHz	610	24,4	30,7	/	1,0	/
2,5 – 65 kHz	610	24,4	30,7	/	0,4f	/
65 – 100 kHz	610	1600/f	2000/f	/	0,4f	/
0,1 – 1 MHz	610	1,6/f	2/f	/	40	/
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}	0,008 f ^{1/2}	0,01 f ^{1/2}	f/40	/	/
2 – 300 GHz	137	0,36	0,45	50	/	/

I CAMPI ELETTROMAGNETICI E IL TESTO UNICO

Articolo 209 - Valutazione dei rischi

1. Il DDL valuta e, se necessario, misura i CEM ai quali sono esposti i lavoratori in conformità alle norme (CENELEC) o, in alternativa, alle norme (CEI).

(arresto da tre a sei mesi o ammenda da 2.500 a 6.400 euro il datore di lavoro)

2. Se sono superati i valori di azione, il DDL calcola se i valori limite di esposizione sono stati superati.

(arresto da tre a sei mesi o ammenda da 2.000 a 4.000 euro il datore di lavoro)

3. La valutazione, la misurazione e il calcolo possono non essere effettuati purché si sia già proceduto alla valutazione per i luoghi pubblici di cui al DPCM del 8/7/03.

I CAMPI ELETTROMAGNETICI E IL TESTO UNICO

Articolo 209 - Valutazione dei rischi

4. Il DDL deve considerare:
 - a) il livello, la frequenza, la durata e il tipo di esposizione;
 - b) i valori limite di esposizione e i valori di azione;
 - c) gli effetti sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori;
 - d) qualsiasi effetto indiretto quale:
 - 1) interferenza con attrezzature e dispositivi medici,
 - 2) rischio propulsivo (campi magnetici statici > 3 mT),
 - 3) innesco di dispositivi detonatori,
 - 4) incendi ed esplosioni dovuti a scariche elettriche;
 - e) attrezzature di lavoro con minori livelli di esposizione;
 - f) la possibilità di minimizzare i livelli di esposizione;

I CAMPI ELETTROMAGNETICI E IL TESTO UNICO

Articolo 209 - Valutazione dei rischi

4. Il DDL deve considerare:

g) informazioni reperibili in pubblicazioni scientifiche o raccolte nel corso della sorveglianza sanitaria;

h) sorgenti multiple di esposizione;

i) esposizione simultanea a campi di frequenze diverse.

(arresto da tre a sei mesi o ammenda da 2.000 a 4.000 euro il datore di lavoro)

5. Il DDL nel DVR precisa le misure adottate.

(arresto da tre a sei mesi o ammenda da 2.500 a 6.400 euro il datore di lavoro)

I CAMPI ELETTROMAGNETICI E IL TESTO UNICO

Articolo 210 - Misure di prevenzione e protezione

1. A seguito della valutazione dei rischi, se sono superati i VA il DDL deve elaborare delle misure tecniche e organizzative tenendo conto (se non dimostra che i VLE non sono superati e possono dunque essere esclusi ulteriori rischi):

- a) di metodi di lavoro con minore esposizione ai CEM;
- b) di attrezzature con minore emissione di CEM;
- c) l'uso di dispositivi di sicurezza o schermature;
- d) della manutenzione di attrezzature e luoghi di lavoro;
- e) della progettazione delle postazioni di lavoro;
- f) della limitazione della durata o intensità dell'esposizione; g) della disponibilità di adeguati DPI.

(arresto da tre a sei mesi o ammenda da 2.000 a 4.000 euro)

I CAMPI ELETTROMAGNETICI E IL TESTO UNICO

Articolo 210 - Misure di prevenzione e protezione

2. I luoghi di lavoro dove i lavoratori possono essere esposti a campi elettromagnetici che superano i VA devono essere indicati con un'apposita segnaletica.

(arresto da due a quattro mesi o ammenda da 750 a 4.000 euro il datore di lavoro e il dirigente)

3. In nessun caso i lavoratori devono essere esposti a valori superiori ai VLE..

(arresto da due a quattro mesi o ammenda da 750 a 4.000 euro il datore di lavoro e il dirigente)

4. Il DDL adatta le misure alle esigenze dei lavoratori esposti particolarmente sensibili al rischio.

I CAMPI ELETTROMAGNETICI E IL TESTO UNICO

Articolo 211 - Sorveglianza sanitaria

1. La sorveglianza sanitaria viene effettuata una volta l'anno. L'organo di vigilanza può disporre periodicità diverse.
2. Sono tempestivamente sottoposti a controllo medico i lavoratori per i quali è stata rilevata un'esposizione superiore ai VA a meno che una valutazione dimostri che i VLE non sono superati e che possono essere esclusi rischi relativi alla sicurezza.

I campi elettromagnetici in ambito industriale



I campi elettromagnetici in ambito medico - RMN



- Campo magnetico statico molto intenso; anche maggiore di 2 T
- Campi elettromagnetici oscillanti tra 1 e 100 MHz

I campi elettromagnetici in ambito medico – Magnetoterapia



- Solenoidi da 60-70 cm di diametro
- Campi elettromagnetici da 16 a 100 Hz
- Applicazioni per cure di varie sintomatologie muscolo-scheletriche o per terapia antalgica
- Campi fino a $100 \mu\text{T}$ al paziente e $20 \mu\text{T}$ all'operatore

I campi elettromagnetici in ambito medico – Diatermia



- Campi elettromagnetici a 27.12 MHz
- Potenze da 300 a 500 W
- Applicazioni per cure di varie sintomatologie muscolo-scheletriche o per terapia antalgica
- Limite all'operatore di 61 V/m

I campi elettromagnetici in ambito medico – Radarterapia



- Campi elettromagnetici a 2,45 GHz
- Potenze sino a 300 W
- Applicatori con antenne di varie fogge e dimensioni
- Limite all'operatore di 137 V/m

