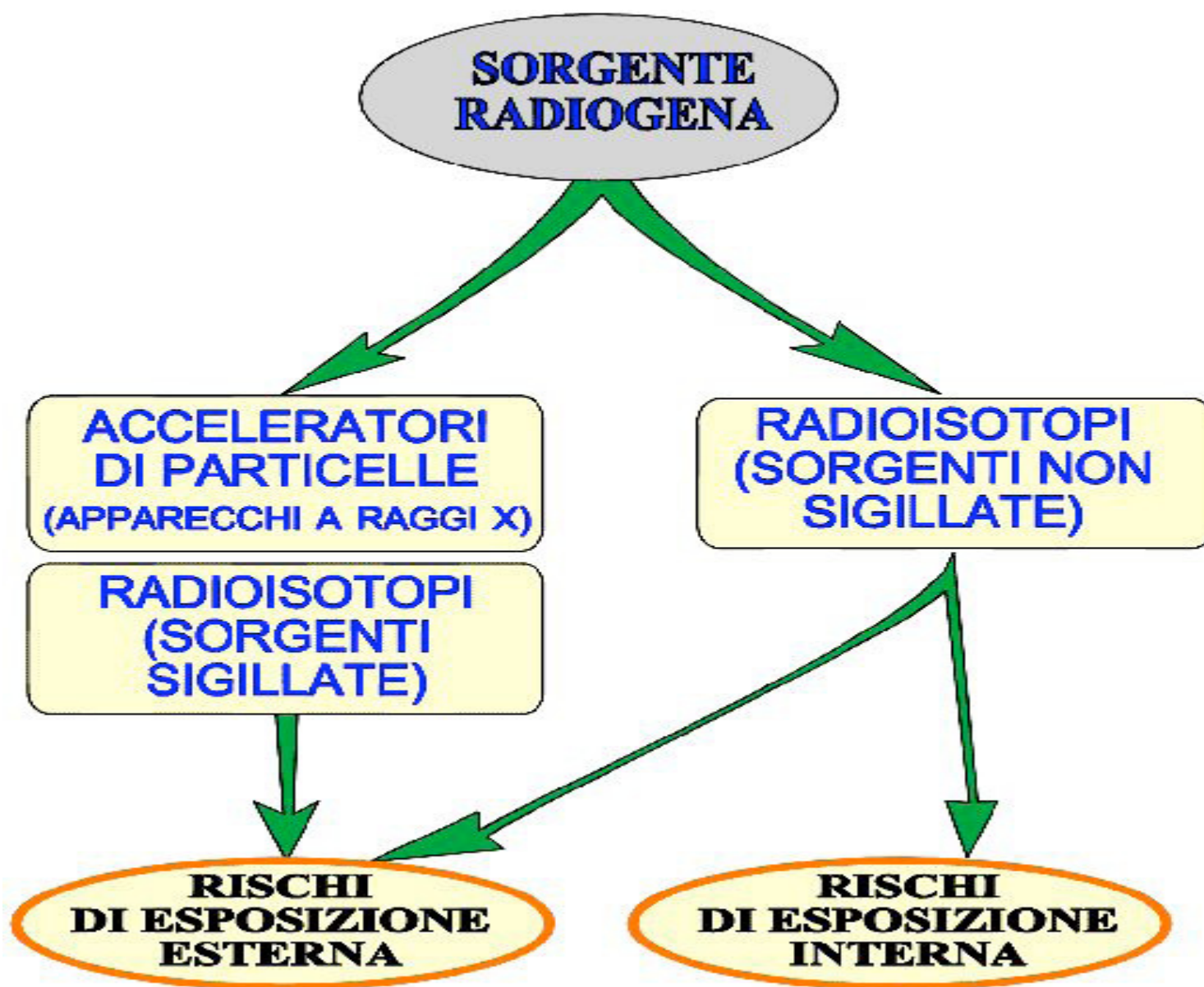


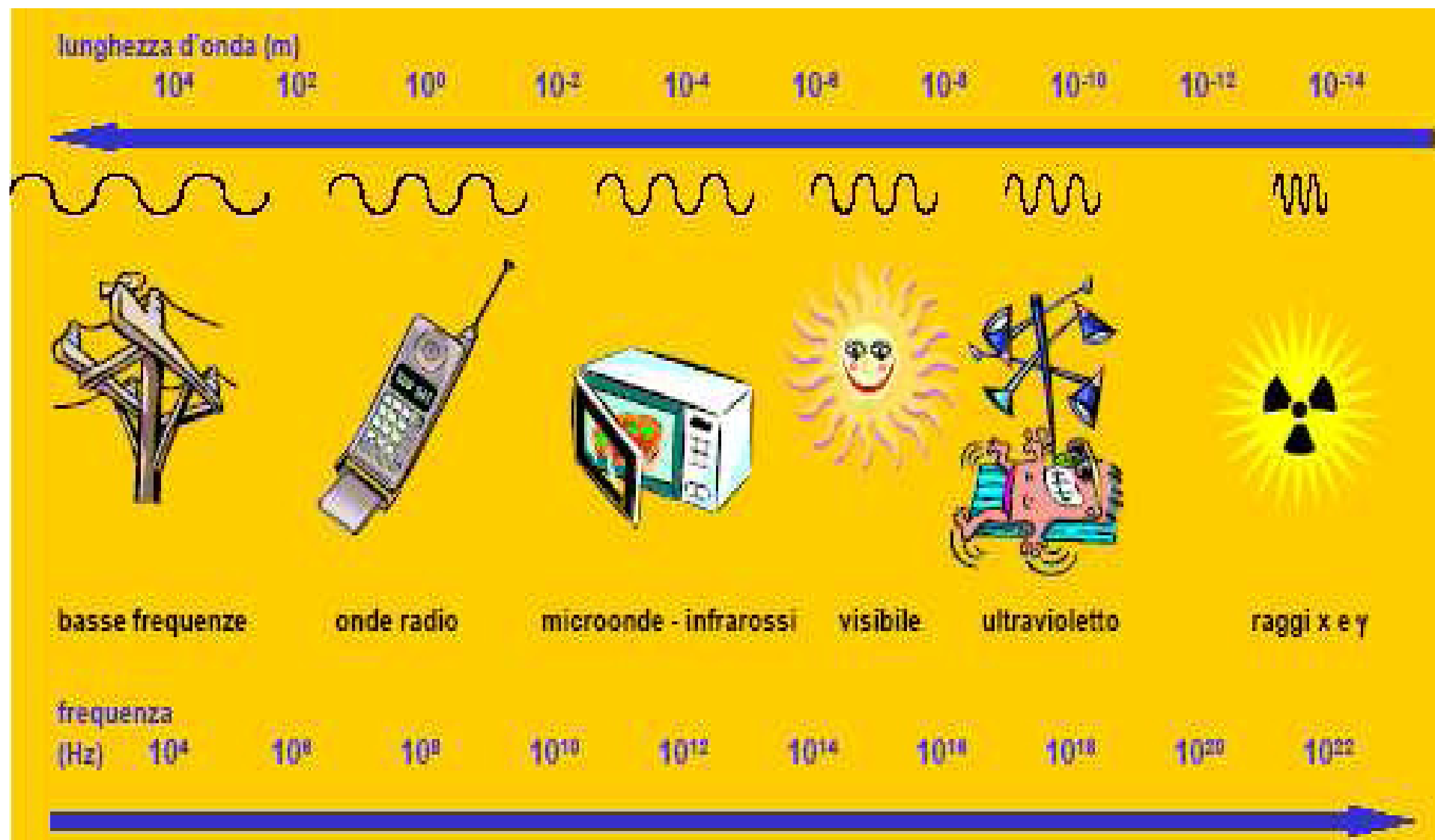
Le radiazioni ionizzanti sono onde elettromagnetiche o particelle subatomiche capaci di ionizzare la materia.

Le più comuni radiazioni ionizzanti non corpuscolate sono rappresentate dai raggi X usati da molti anni nella diagnostica radiologica e oggi soprattutto nella tomografia assiale computerizzata.

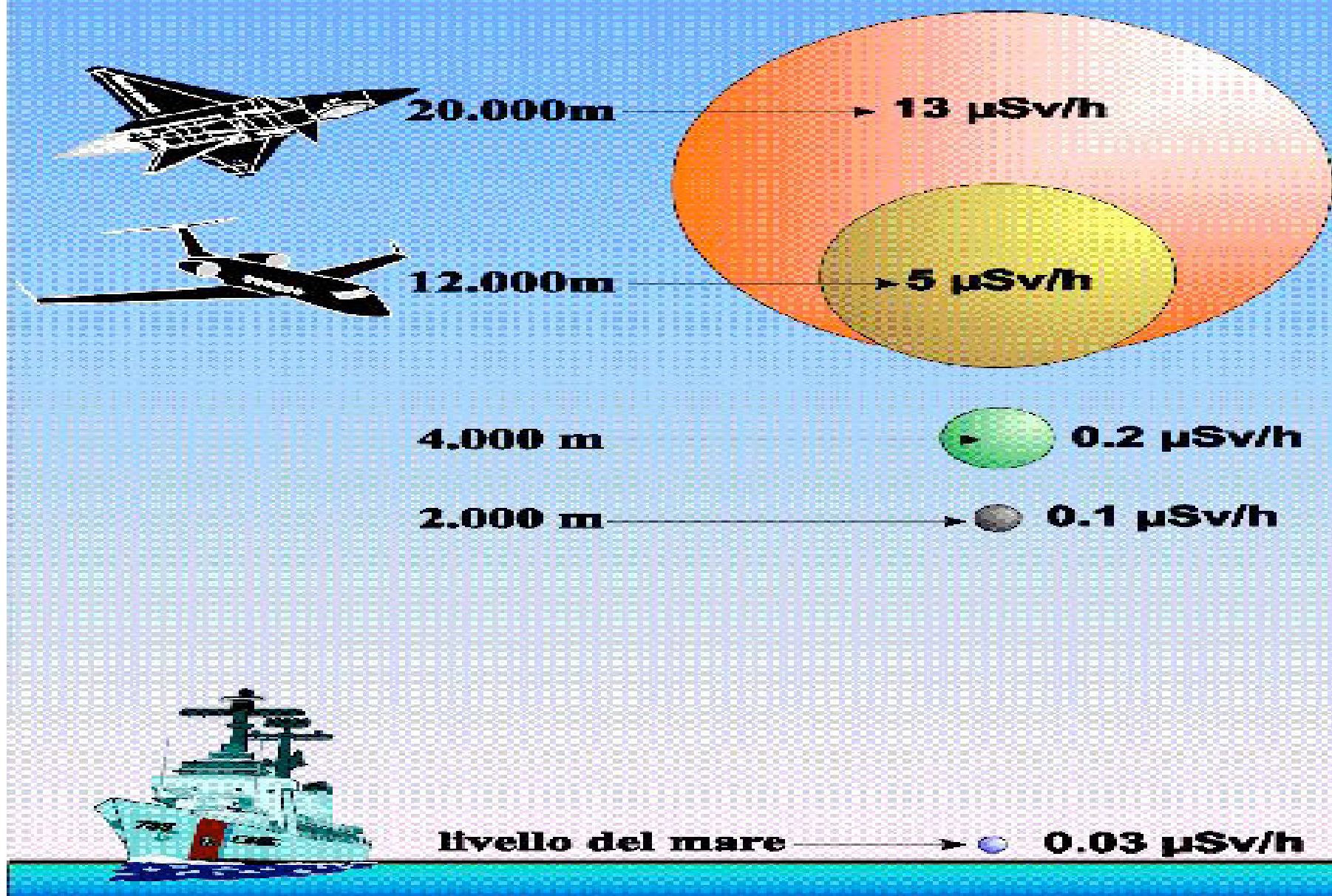
- Le radiazioni corpuscolate nel settore sanitario sono rappresentate essenzialmente dalle radiazioni beta e gamma generate dall'impiego di radionuclidi quali il tecnezio e lo iodio 131 per procedure diagnostiche e terapeutiche. Esse comportano il rischio di esposizione esterna e/o di contaminazione interna legata quest'ultima all'assorbimento ed incorporamento di radionuclidi.



# Tipi di radiazione: elettromagnetiche

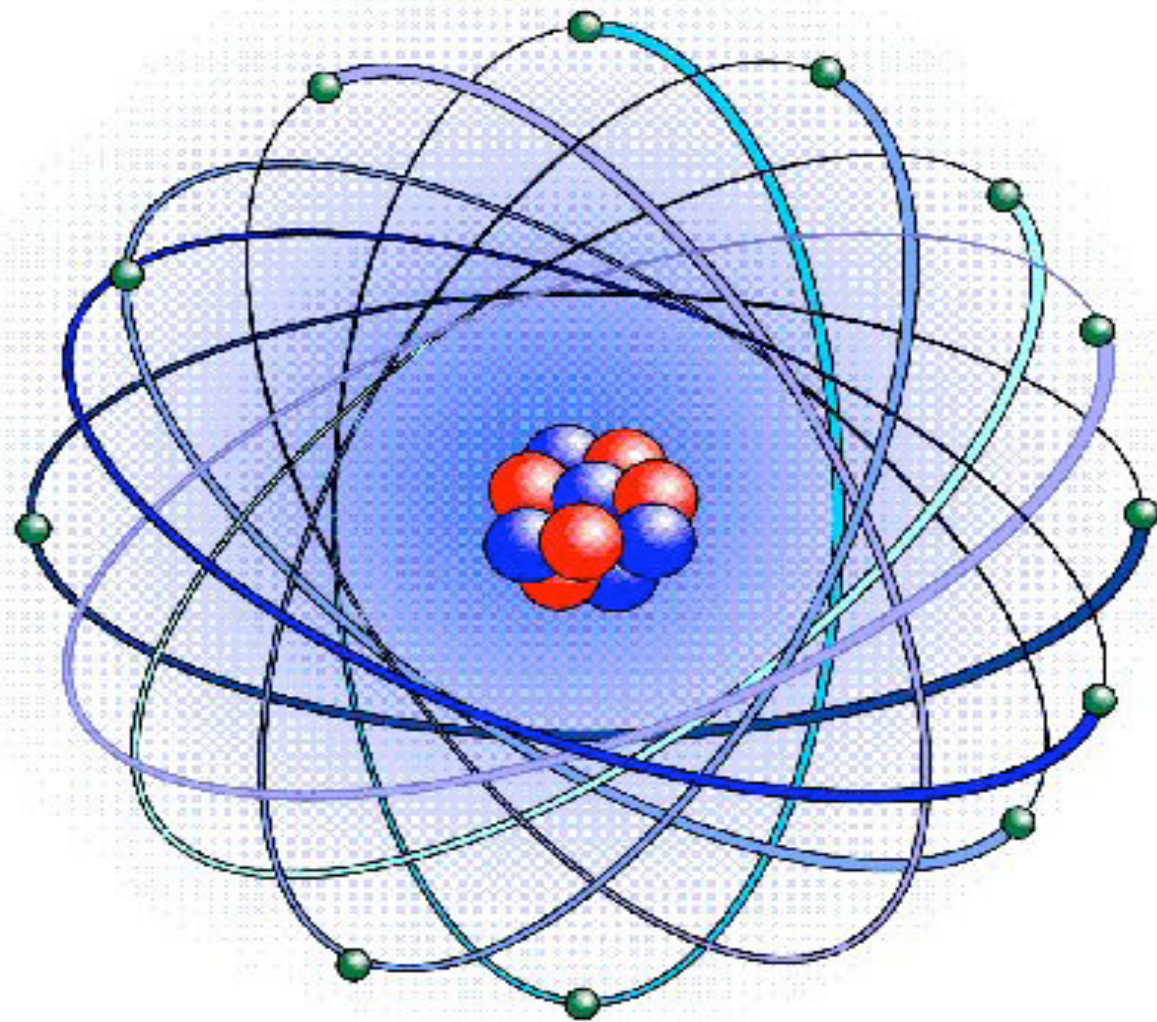


# RAGGI COSMICI



# L'ATOMO

● NEUTRONE ● PROTONE ● ELETTRONE



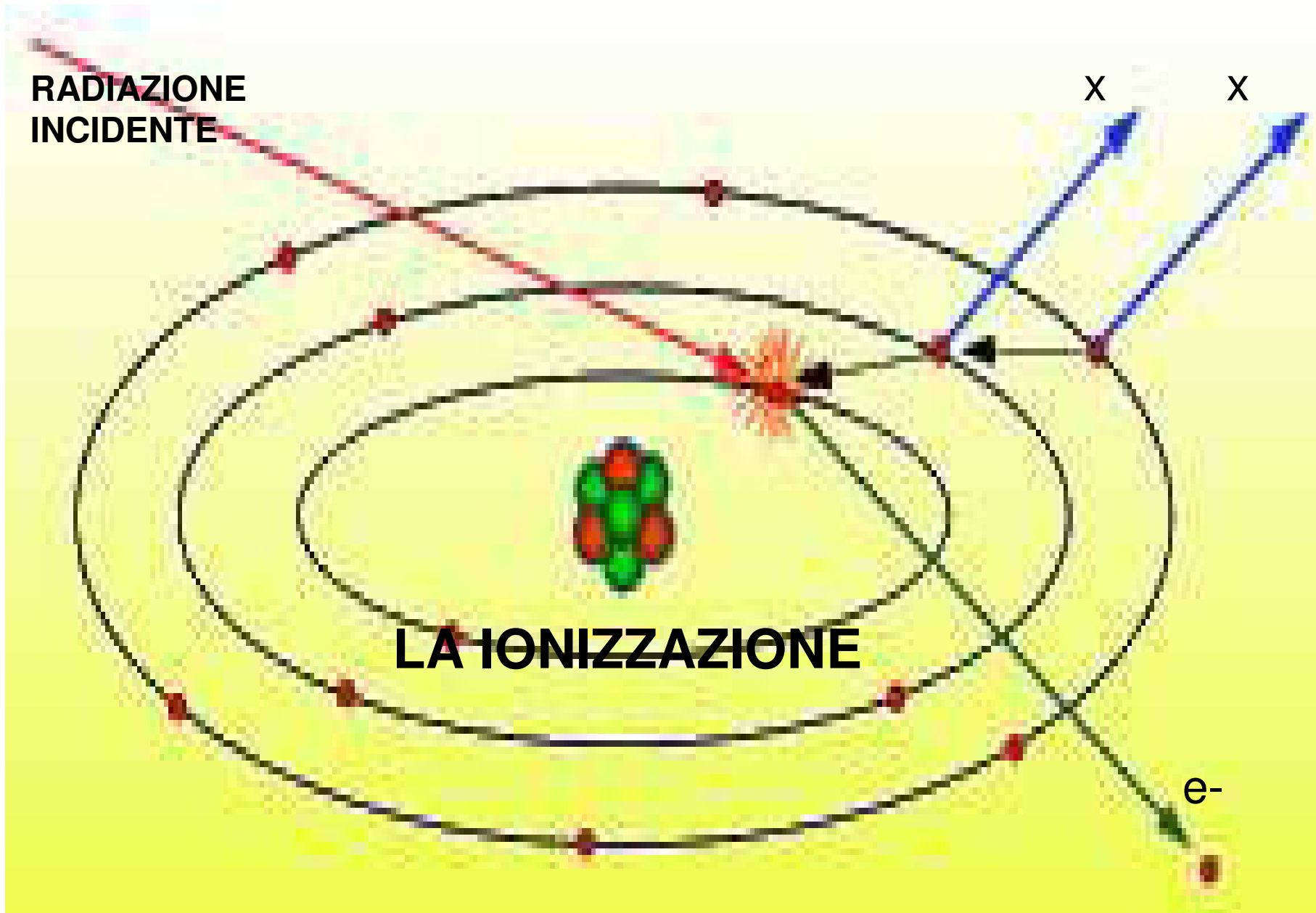
**RADIAZIONE  
INCIDENTE**

X

X

**LA IONIZZAZIONE**

e<sup>-</sup>



*“Ionizzare” un atomo significa strappare uno o più elettroni dalla loro orbita intorno al nucleo: l’atomo non è più “neutro” ma diventa carico positivamente e si chiama “ione”. Il comportamento chimico dello ione è diverso da quello di un atomo neutro e questo altera il materiale (ad es. una cellula) di cui lo ione fa parte.*

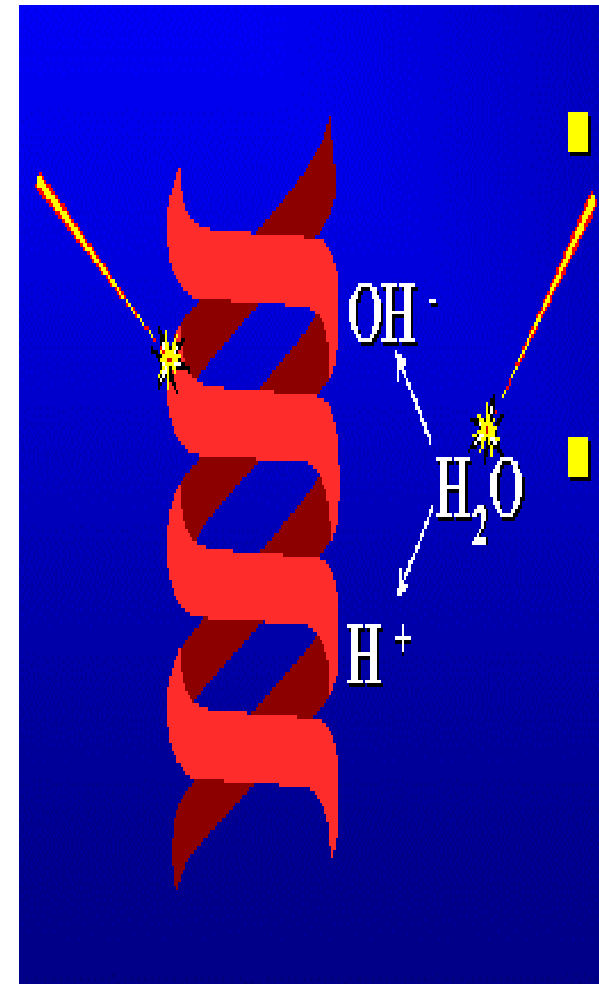


# Interazione delle radiazioni ionizzanti con i tessuti biologici

*Meccanismi d'azione del danno cellulare:*

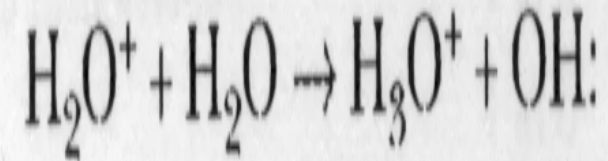
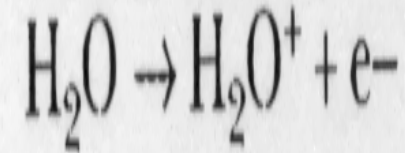
**INDIRETTO:** Il danno cellulare più probabile è quello riconducibile all'effetto dei radicali liberi prodotti dalla radiolisi dell'acqua, che costituisce circa l'85% della cellula (*danno chimico*).

**DIRETTO:** Molto più raro è il danno da interazione diretta delle radiazioni con il DNA (*danno fisico*)



# Gi effetti biologici delle radiazioni ionizzanti

Gli effetti biologici delle radiazioni ionizzanti derivano essenzialmente dai processi legati alla radiochimica dell'acqua (*il 85% del corpo umano è composto da acqua*) e dalle conseguenti reazioni chimiche che interessano il nucleo cellulare con particolare riferimento al DNA cromosomico



*radicale libero  
molto ossidante*

Le cellule di un organismo umano, mostrano una diversa sensibilità alle RI; ciò è stato dimostrato attraverso una serie di ricerche che hanno portato alla legge di Bergonie e Tribondeau: “ la radiosensibilità di un tessuto è direttamente proporzionale all’attività mitotica ed inversamente proporzionale al grado di differenziazione delle sue cellule”. Da questo si evince quanto segue:

1. le cellule giovani o immature sono maggiormente radiosensibili; le cellule mature sono meno radiosensibili
2. Le cellule in rapida divisione sono maggiormente radiosensibili
3. Le cellule in rapida crescita sono maggiormente radiosensibili

<b>Massima sensibilità</b>	Linfociti
	Gonadi
	Spermatogoni
	Ovogoni
	Tessuti emopoietici/eritroblasti
<b>Media sensibilità</b>	Intestino/cellule delle cripte intestinali
	Osso/osteoblasti
	Cute/cellule epiteliali
	Cristallino/cornea
	Tiroide
<b>Minima sensibilità</b>	Cellule muscolari
	Cellule nervose
	Midollo spinale
	Encefalo

# Principi fondamentali della radioprotezione

## **GIUSTIFICAZIONE : Qualunque attività umana**

che comporti l'uso di radiazioni ionizzanti deve apportare un beneficio sociale netto e accertato

## **OTTIMIZZAZIONE : Tutte le esposizioni devono**

essere tenute tanto basse quanto è ragionevolmente ottenibile (ALARA)

## **LIMITAZIONE DELLE DOSI : I limiti di dose**

devono essere scelti in modo che i rischi stocastici siano minimi e che quelli deterministici siano nulli

# EFFETTI DELLE RADIAZIONI IONIZZANTI SULL'UOMO

## Fonti di studio

- Cellule in coltura
- Sperimentazione su animali
- Pazienti sottoposti a radioterapia
- Sopravvissuti di Hiroshima e Nagasaki
- Incidenti nucleari (Chernobyl, Sellafield,)
- Studi epidemiologici (lavoratori esposti, residenti vicino centrali, residenti in elevato fondo naturale)

# EFFETTI DELLE RADIAZIONI IONIZZANTI SULL'UOMO

## Tipo di effetti

- Alterazioni cellulari
- Effetti immediati ( somatici deterministici)
- Effetti tardivi (somatici stocastici)
- Effetti ereditari (genetici stocastici)
- Effetti su embrione o feto

# EFFETTI DELLE RADIAZIONI IONIZZANTI SULL'UOMO

## Alterazioni cellulari

- Morte
- Alterazioni cromosomiche
- Ritardo mitotico
- Depressione velocità di sintesi del DNA



# EFFETTI DETERMINISTICI (non stocastici) DEFINIZIONE

*Definizione di I.C.R.P. (International  
Commission on Radiological Protection)*

**Danni in cui frequenza e gravità variano  
con la dose e per i quali è individuabile  
una dose soglia.**

# EFFETTI DETERMINISTICI CARATTERISTICHE

- Relazione diretta con la dose
- Dose-Soglia per ogni effetto
- Maggiore gravità se maggiori dosi
- Insorgenza in ogni individuo
- Tempo latenza breve (giorni o settimane; solo in alcuni casi l'insorgenza è tardiva)

EFFETTI DELLE RADIAZIONI  
IONIZZANTI SULL'UOMO  
Danni somatici deterministici  
LOCALIZZATI

- Cute
- Occhio
- Testicoli ed ovaie
- Altri organi

## CUTE DOSE-SOGLIA

ERITEMA (in 10cm<sup>2</sup>) 6-8 Gy di raggi X o gamma per esp. acuta; 30 Gy per esp. frazionata o protratta

EPILAZIONE: Temporanea 3-5 Gy di radiaz a basso LET per esp. acuta; Permanente 7 Gy per esp. acuta  
50-60 Gy frazionati in alcune settimane

- EPIDERMITE SECCA: 5 Gy
- EPIDERMITE ESSUDATIVA: 12-20 Gy
- ULCERAZIONE CUTANEA: 18 Gy
- NECROSI: 25 Gy

## **EPITELITE ESSUDATIVA**

**ERITEMA PRECOCE, ERITEMA TARDIVO, EDEMA, FLITTENA (COMPARSA AL 21° GIORNO), ULCERAZIONE:**

### **EVOLUZIONE**

**1) NECROSI**

**2) RIPARAZIONE**

- Senza sequele trofiche apparenti
- Con sequele trofiche (atrofia, fibrosi, epitelomi)
- Vasculite con conseguente ulcerazione profonda e necrosi.

EFFETTI DELLE RADIAZIONI  
IONIZZANTI SULL'UOMO

Danni somatici deterministici

SINDROME DA IRRADIAZIONE  
TOTAL BODY

Alterazioni ematologiche, sintomatologia  
generale, sintomatologia apparato  
gastrointestinale, respiratorio, reni, encefalo

# EFFETTI STOCASTICI

## DEFINIZIONE

Definizione di I.C.R.P. (International Commission on Radiological Protection)

Danni in cui solo la probabilità di accadimento e non la gravità è in funzione della dose ed è cautelativamente esclusa l'esistenza di una dose soglia.

## EFFETTI STOCASTICI CARATTERISTICHE

- No Dose-Soglia
- Carattere probabilistico
- Distribuzione casuale nella popolazione
- Maggiore frequenza se maggiori dosi
- Tempo latenza anni o decenni
- No gradualità (tutto o niente)
- Non differenziabili da patologie spontanee



# EFFETTI DELLE RADIAZIONI IONIZZANTI SULL'UOMO

Danni somatici stocastici

- LEUCEMIE
- TUMORI SOLIDI
- ACCORCIAMENTO ASPECIFICO  
DELLA VITA

# SCALA QUALITATIVA DI RADIOSENSIBILITA' DEI VARI TIPI CELLULARI O TESSUTI

- Linfociti
- Cellule germinale
- Cellule basali dell'epidermide e mucose
- Connettivo
- Fegato
- Muscolo
- Sistema nervoso

# SCALA DI PRIORITA' NELLA RADIOINDUZIONE DEI TUMORI

UNSCEAR (1988)

Mod. additivo

midollo osseo

Stomaco

Polmone

Mammella

Colon

Ovaio

Vescica

Esofago

Mieloma

mod.multiplicativo

polmone

stomaco

midollo osseo

colon

mammella

vescica

esofago

ovaio

mieloma

ICRP 60 (1990)

stomaco

colon, polmone

-

midollo osseo

esofago, vescica

-

mammella

fegato

tiroide

# EFFETTI DELLE RADIAZIONI IONIZZANTI SULL'UOMO

## Danni genetici stocastici

Per piccole dosi le cellule germinali maschili sono più sensibili delle femminili. Si possono avere:

### MUTAZIONI GENICHE

dominanti o recessive

### ABERRAZIONI CROMOSOMICHE

(più spesso traslocazioni) che vengono eliminate in poche generazioni

# Irradiazione in utero

Prima dell'impianto dell'embrione:

(da fecondazione al 9° giorno)

Effetti tipo tutto o nulla (morte o nessun effetto)

Nel periodo di morfogenesi:

(dal 9° giorno alla fine del 2° mese)

I tessuti sono molto radiosensibili:

**MALFORMAZIONI (DOSE SOGLIA 0,1 Gy)**

# Irradiazione in utero

Fase fetale:

(dall'inizio del 3° mese al termine della gravidanza)

Diminuiscono frequenza e gravità malformazioni ma è rilevante il rischio di sviluppo difettoso del SNC.

La massima sensibilità del cervello fetale è tra 8a e 15a settimana.

Il danno principale è il RITARDO MENTALE

(DOSE SOGLIA 0,1 Sv)

# Irradiazione in utero

Nel periodo tra 3a settimana dal concepimento e fine gestazione:

E' probabile che esposizione possa determinare effetti stocastici che si esprimono in epoca postnatale (leucemie).

Fonte: Studi su madri sottoposte ad indagini radiodiagnostici in gravidanza. INCERTEZZE INTERPRETATIVE.

## DOSI: Definizioni

DOSE ASSORBITA (D) : energia assorbita per unità di massa. E' la dose media in un tessuto o in un organo =  $dE / dM$ . L'unità è il GRAY

DOSE EQUIVALENTE (Ht): dose assorbita media in un tessuto o in organo T, ponderata in base al tipo e alla qualità della radiazione.

L'unità è il SIEVERT

DOSE EFFICACE (E): somma delle dosi equivalenti nei diversi organi o tessuti .

L'unità è il SIEVERT



# DOSI

## Definizioni

La dose assorbita e la dose equivalente per l'esposizione a radiazioni ionizzanti hanno lo stesso valore perché il fattore di ponderazione delle radiazioni ionizzanti è pari a 1

# DOSI: SISTEMA DEI LIMITI

## LAVORATORI ESPOSTI

- *Limite* di dose **efficace** :  
*20mSv* in un anno solare
- *Limiti* di dose **equivalente** per particolari organi o tessuti in un anno solare:  
*150 mSv* cristallino  
*500 mSv* pelle  
*500 mSv* mani, avambracci, piedi, caviglie

DOSI: SISTEMA DEI LIMITI

APPRENDISTI

DI ETA' NON INFERIORE A 18 ANNI

- Limite di dose efficace  
e
- Limiti di dose equivalente per particolari  
organi o tessuti

UGUALI A QUELLI DEI LAVORATORI

## DOSI: SISTEMA DEI LIMITI POPOLAZIONE

- Limite di dose efficace :  
1mSv in un anno solare
- Limiti di dose equivalente per particolari  
organi o tessuti in un anno solare:  
15 mSv cristallino  
50 mSv pelle

# DOSI

Confronto dei limiti annuali  
per i lavoratori e per il pubblico

LAVORATORI

PUBBLICO

Limite di dose efficace

20mSv

1mSv

Limite di dose equivalenti

Cristallino	150 mSv	15 mSv
Pelle	500 mSv	50 mSv
Estremità	500 mSv	non definita

# CLASSIFICAZIONE DEI LAVORATORI

All.III D.Lgs. 241/2000

## CATEGORIA A

Lavoratori esposti suscettibili di una esposizione, in un anno solare, superiore ad uno dei seguenti

Limiti: 6 mSv di dose efficace

3 decimi di uno qualsiasi dei limiti fissati per il

Cristallino(45mSv),

pelle, mani avambracci piedi e caviglie (150mSv).

## CATEGORIA B

Lavoratori esposti non classificati in categoria A

**Nel D.Lgs. 230/95 si parla di *zone classificate* per gli ambienti di lavoro. Le zone classificate possono essere:**

***-zone controllate***

***-zone sorvegliate.***

**E' classificata *zona controllata* ogni area di lavoro ove sussiste per i lavoratori ivi operanti il rischio di superamento di uno qualsiasi dei seguenti valori:**

- 6 mSv/anno per esposizione globale o di equivalente di dose efficace;**
- 45 mSv/anno per il cristallino;**
- 150 mSv/anno per la pelle, mani, avambracci, piedi, caviglie.**



**E' classificata *zona sorvegliata* ogni area di lavoro, che non debba essere classificata zona controllata, ove sussiste per i lavoratori ivi operanti il rischio di superamento di uno qualsiasi dei seguenti valori:**

- 1 mSv/anno per esposizione globale o di equivalente di dose efficace;**
- 15 mSv/anno per il cristallino;**
- 50 mSv/anno per la pelle, mani, avambracci, piedi, caviglie.**

**Nell'accertamento delle condizioni di cui sopra, l'esperto qualificato deve tener conto anche delle esposizioni conseguenti a eventi anomali e a malfunzionamenti che siano suscettibili di aumentare le dosi derivanti dalla normale attività lavorativa programmata, ma non delle esposizioni accidentali o di emergenza.**

## SORVEGLIANZA SANITARIA

Medico autorizzato e Medico competente

*Medico Competente:* Sorveglianza sanitaria rischi lavorativi ed esposti Cat.B

Requisiti: D.Lgs. 81/08

*Medico Autorizzato:* Sorv. sanitaria rischi lavorativi ed esposti Cat. A e B

Requisiti: Medico Competente iscritto in Elenco nominativo a seguito di esame presso Ministero del Lavoro Direzione Generale Rapporti di Lavoro.

# COMPITI DEL MEDICO AUTORIZZATO E DEL MEDICO COMPETENTE

- Visite Mediche: prevent., period., straord., concl. (Cat. B)
- Analisi dei rischi individuali
- Programmazione accertamenti complementari
- Istituzione, aggiornamento e conservazione DOSP
- Consulenza al Datore di Lavoro (formazione, incidenti, ...)
- Visite luoghi di lavoro
- Informazione al lavoratore
- Formulazione e invio del Giudizio di Idoneità
- Segnalazione e diagnosi di M.P.
- Invio DOSP per cessato rapporto (ISPESL e Lavoratore)
- Consegnna DOSP a medico subentrante

## COMPITI ESCLUSIVI

### DEL MEDICO AUTORIZZATO

Visite Mediche: prevent., period., straord., concl.

(Cat. A)

Indicazione dei lavoratori idonei a esposizione eccezionale concordata

Sorveglianza medica eccezionale e gestione del lavoratore (terapia, esami, decisioni su successive esposizioni, denunce e consulenze al Datore di Lavoro)

## TIPI DI VISITE PREVISTE

- PREVENTIVE (art. 84 D. Lgs. 230/85)

Prima dell'inizio dell'attività a rischio

- PERIODICHE (art. 85 D. Lgs. 230/85)

Annuali per Cat. B

Semestrali per Cat. A

Maggiore frequenza

(disposta da organismi di controllo o da medico addetto a sorveglianza sanitaria)

## TIPI DI VISITE PREVISTE

- STRAORDINARIE (art. 85 D. Lgs. 230/85)

Variazione di destinazione lavorativa (preventiva)

Aumento dei rischi connessi a tale destinazione

Alla cessazione del rapporto di lavoro

Dopo cessazione rapporto di lavoro (a giudizio medico )

- ECCEZIONALI (art. 91 D. Lgs. 230/85)

Contaminazione

Esposizione che comporta il superamento dei valori limite

# VISITA PREVENTIVA

## Obbiettivo

VALUTARE LO STATO GENERALE DI SALUTE DEL LAVORATORE AL FINE DI EMETTERE IL GIUDIZIO DI IDONEITA'.

Importante valutare l'eventuale appartenenza del soggetto ad un gruppo a rischio per una determinata patologia oncogena per personalizzare la sorveglianza sanitaria



# VISITA PERIODICA

## Obbiettivo

- VERIFICARE LA PERMANENZA DELLO STATO DI SALUTE DEL LAVORATORE  
e quindi la permanenza degli elementi sui quali il medico ha basato il giudizio di idoneità'
- IDENTIFICARE EVENTUALI PATOLOGIE PROFESSIONALI  
e quindi procedere agli atti dovuti (referto, DMP, segnalazione ISPESL)

# VISITA CONCLUSIVA

## Obiettivo

- VERIFICARE LO STATO DI SALUTE DEL LAVORATORE
- IDENTIFICARE EVENTUALI PATOLOGIE PROFESSIONALI
- VALUTARE L'OPPORTUNITA' DI PROSEGUIRE LA SORVEGLIANZA SANITARIA
- FORNIRE AL LAVORATORE EVENTUALI INDICAZIONI SU PRESCRIZIONI MEDICHE DA OSSERVARE

## CONTINUAZIONE DELLA SORVEGLIANZA SANITARIA

Il datore di lavoro ha l'obbligo di disporre la prosecuzione della sorveglianza medica per il tempo ritenuto opportuno, a giudizio del medico, nei confronti dei lavoratori allontanati dal rischio perché non idonei o trasferiti ad attività che non espongono ai rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti.

Anche per questi lavoratori deve essere formulato il giudizio di idoneità anche al fine di un loro eventuale reinserimento in attività con radiazioni

## VISITE OCCASIONALI / A RICHIESTA DEL LAVORATORE

NON SONO PREVISTE DALLA NORMATIVA IN MATERIA  
DI RISCHIO DA RADIAZIONI IONIZZANTI

- COMUNQUE IN QUESTA AZIENDA IL LAVORATORE PUO' CHIEDERE DI ESSERE SOTTOPOSTO A VISITA MEDICA OGNI VOLTA CHE RITIENE CHE IL SUO STATO DI SALUTE ABBIAM EVOLUZIONE PEGGIORATIVA PER MOTIVI DI LAVORO

# TUTELA DELLA MATERNITA'

\* D.Lgs. 151 26/5/2001

Testo unico delle disposizioni legislative  
in materia di tutela della maternità e della  
paternità

## ARTICOLO 8 D.Lgs. 151/2001

### ESPOSIZIONE A RADIAZIONI IONIZZANTI

- 1. Le donne durante la gravidanza non possono svolgere attività in zone classificate, essere adibite ad attività che potrebbero esporre il nascituro ad una dose che ecceda 1mSv durante il periodo di gravidanza.
- 2. E' fatto obbligo alle lavoratrici di comunicare al datore di lavoro il proprio stato di gravidanza, non appena accertato.
- 3. E' altresì vietato adibire le donne che allattano ad attività comportanti un rischio di contaminazione

## PROCEDURE PER GRAVIDANZA

- 1) La lavoratrice segnalare al direttore di U.O. lo stato di gravidanza, allegando certificato
- 2) Il Direttore di U.O., se la lavoratrice è esposta a rischi per la gravidanza,
  - modifica l'organizzazione del lavoro (ordine di servizio)
  - la sposta ad altra attività o in altra U.O. (comunicazione Direzione Provinciale del Lavoro)
  - chiede il congedo di maternità anticipata per motivi di rischio e impossibilità di ricollocazione (invio interessata alla Direzione Provinciale del Lavoro con lettera di richiesta)

ALLEGATO A D.Lgs. 151/2001  
ELENCO DEI LAVORI FATICOSI,  
PERICOLOSI E INSALUBRI

- Lettera D):
- vietati i lavori che comportano esposizione a radiazioni ionizzanti:
  - durante la gestazione e
  - 7 mesi dopo il parto