

D. Lgs. n. 101/2020 e s.m.i.  
Art. 110 (dirigenti e preposti)  
Art. 111 (lavoratori)

## **LA RADIOPROTEZIONE NELL'AMBULATORIO RADIOLOGICO " DOTT. FOCO"**

Corso di formazione informazione dei preposti e lavoratori  
sui rischi derivanti dalle attività con radiazioni ionizzanti

**Ambulatorio Radiologico DOTT. FOCO s.r.l.**  
**Direttore Sanitario:**  
**Dott.ssa Maria Teresa Foco**  
**Specialista in Radiologia**  
**Via E. Raggio, 67 - 15067 NOVI Ligure (AL)**

**Docente Formatore:**  
**prof. Roberto CALVARA**  
**Fisico Nucleare – Fisico Sanitario**  
**Esperto Radioprotezione**  
**Esperto Fisica Medica**



ANPEQ in collaborazione con il dipartimento di Fisica dell'Università di Milano  
e l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare – sezione di Milano

Si attesta che

**CALVARA ROBERTO**

*Codice fiscale CLVRR45E29A182Z*

ha frequentato e superato le prove finali di apprendimento del corso di formazione e aggiornamento di 24 ore tenuto in modalità on-line i giorni 1-2-3 dicembre 2020 per la qualificazione professionale di:

**Docente Formatore Qualificato per la Salute e Sicurezza  
sul Lavoro ai sensi del D.I. 6 marzo 2013**

secondo il criterio 5 "percorso formativo in didattica, con esame finale, della durata minima di 24 ore (es. corso formazione-formatori)" che va integrato con l'esperienza lavorativa o professionale almeno triennale nel campo della sicurezza e salute nei luoghi di lavoro coerente con l'area tematica oggetto della docenza (Aree tematiche di docenza 1, 2, 3).

Il corso rientra nel percorso di formazione dell'Esperto di Radioprotezione sia come docente-formatore sia per l'aggiornamento previsto dal D.lgs. 31 luglio 2020 n. 101 (Qualificazione dell'Esperto di Radioprotezione come Docente-Formatore di corsi di radioprotezione (D.I. 6.3.2013 D.lgs.101/2020)).

**Il corso ha assegnato n. 8 ore di formazione professionale per gli Esperti di Radioprotezione.**

*La validità della presente attestazione è subordinata alla verifica di controllo  
dei requisiti professionali previsti dalla legislazione, da norme e regolamenti associativi.  
Ai fini dell'aggiornamento professionale, il formatore-docente  
è tenuto a quanto previsto dai decreti citati.*

Data 31/12/2020

*Luiza Biazzi*

DIRETTRICE DEL CORSO

*U. Gioppi*

TUTOR DEL CORSO

*F. Finazzi*

PRESIDENTE ANPEQ

Sede legale: Piazza Velasca, 6 - 20122 MILANO - Tel. 0883.95.73.60 - Fax. 0883.19.21.036 - C.F. 80434650588 - P.IVA 09964710967  
Segreteria operativa: Via Barletta, 367 - 76123 ANDRIA (BT) - Mail. [info@anpeq.it](mailto:info@anpeq.it) - Pec. [anpeq@pec.it](mailto:anpeq@pec.it)

CALVARA ROBERTO

Firmato digitalmente da  
CALVARA ROBERTO  
DN: c=IT, sn=CALVARA,  
serialNumber=TIT-  
CLVRR45E29A182Z,  
cn=CALVARA ROBERTO,  
dnQualifier=SIG0000000  
2582737,  
givenName=ROBERTO  
Data: 2021.01.29  
12:23:17 +01'00'

Consiglio Direttivo ANPEQ

Fino Finazzi - Presidente, Alessandro Sarandrea - Vicepresidente,  
Samantha Comacchia - Segretario, Michela Gaggiano - Tesoriere  
Consiglieri: Luiza Biazzi, Ugo Gioppi, Daniele Wucci, Past President - Luiza Biazzi

## INTRODUZIONE

Obiettivo di questo corso è fornire ai lavoratori, ai dirigenti e ai preposti, alcune conoscenze di base sul tema della radioprotezione, toccando vari aspetti in modo più o meno approfondito.

Tutte le attività che prevedono l'utilizzo di radiazioni ionizzanti (naturali o artificiali), sono normate dal D. Lgs. n. 101/2020 in vigore dal 17 agosto 2020 e successivamente modificato dal D. Lgs. 203/2022

Il decreto prevede che il **Datore di Lavoro** nomini un «Esperto di Radioprotezione (ERP)» che, in relazione all'erogazione obbligatoria della formazione, deve essere in possesso dei requisiti concernenti la figura del docente-formatore in materia di salute e sicurezza (Decreto Interministeriale 6 marzo 2013) e che formi e informi i lavoratori soggetti al rischio, i dirigenti e i preposti, nell'ambito delle rispettive competenze e responsabilità, sui rischi derivanti dalle attività con radiazioni ionizzanti, con frequenza almeno quinquennale i cui contenuti minimi sono indicati all'art. 110 per dirigenti e preposti e all'art. 111 per i lavoratori.

La formazione deve comunque avvenire:

- alla costituzione del rapporto di lavoro;
- in caso di trasferimento o cambio mansioni;
- all'introduzione di nuove tecnologie che modifichino il rischio.

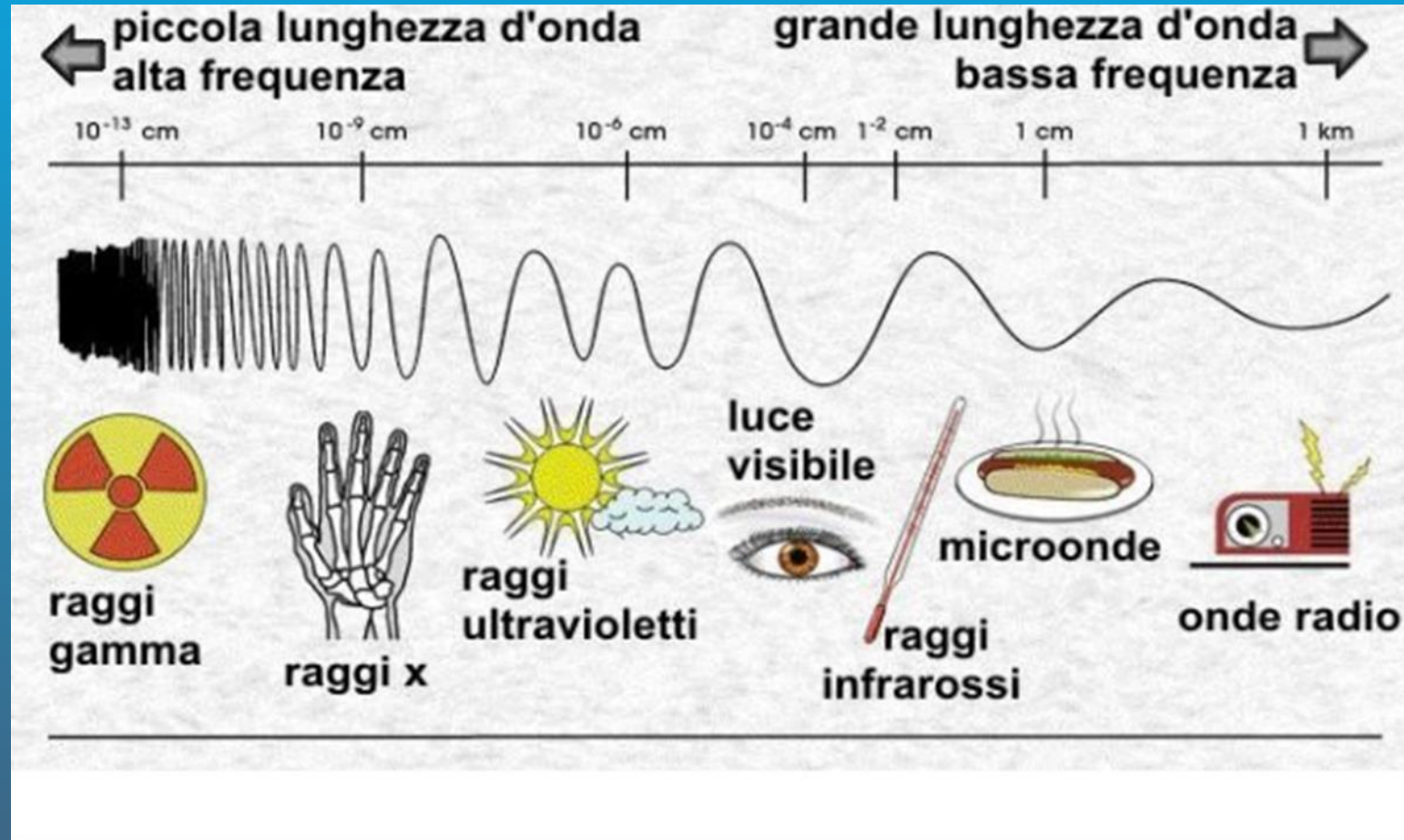
## 1 - RADIAZIONI

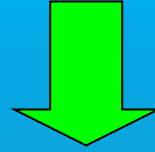
Il termine radiazione è usato in fisica per descrivere fenomeni apparentemente assai diversi tra loro, come l'emissione di luce visibile da una lampada, di calore da una fiamma, di raggi infrarossi da un corpo incandescente, di radioonde da un circuito elettrico, di raggi X da una macchina radiogena, di particelle elementari da una sorgente radioattiva e così via.

La caratteristica peculiare comune a tutti questi fenomeni è il trasferimento di energia da un punto ad un altro dello spazio senza che vi sia trasferimento di materia e senza il supporto di un mezzo materiale (il trasferimento avviene anche nello spazio vuoto).

Quando la propagazione di energia avviene secondo queste modalità si dice che si è in presenza di radiazione.

# SPETTRO DELLE ONDE ELETTROMAGNETICHE

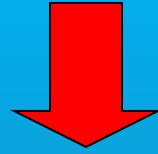




## 2 - RADIAZIONI NON IONIZZANTI

Non hanno sufficiente energia per ionizzare gli atomi (rompere i legami atomici producendo ioni), ma riescono comunque ad eccitarli con possibili conseguenti danni biologici.

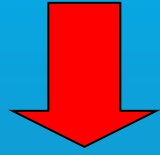
Es: microonde, raggi IR, raggi UV, altre .....



### 3 - RADIAZIONI IONIZZANTI

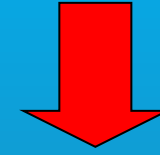
Dotate di sufficiente energia per ionizzare (rimovendo uno o più elettroni) gli atomi e le molecole con i quali vengono a contatto.

Es.: raggi X, raggi  $\gamma$  (gamma), disintegrazione radioattiva (particelle  $\alpha$  (alfa), particelle  $\beta$  (beta), .....)



## **CORPUSCOLARI**

**Costituite da particelle dotate o meno di carica elettrica emesse dai nuclei degli atomi di alcune sostanze a seguito di processi di particelle alfa e beta)**



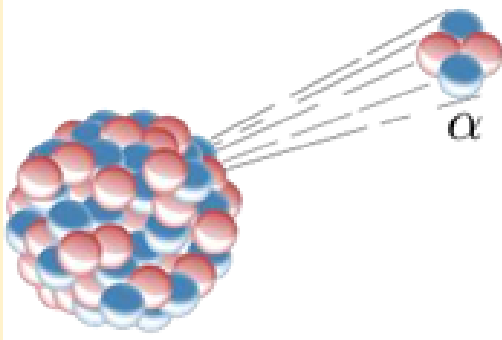
## **ELETTROMAGNETICHE**

**Costituite da FOTONI, sono di natura ondulatoria come le radiazioni luminose o ultraviolette, ma con una frequenza maggiore e quindi più energetiche, tali da provocare ionizzazione.**

**Sono molto penetranti e possono essere schermate da grandi spessori di materiali pesanti**



## 4 - PARTICELLE ALFA



Le particelle alfa o raggi alfa sono una forma di radiazione corpuscolare altamente ionizzante e con un basso potere di penetrazione dovuto all'elevata sezione d'urto.

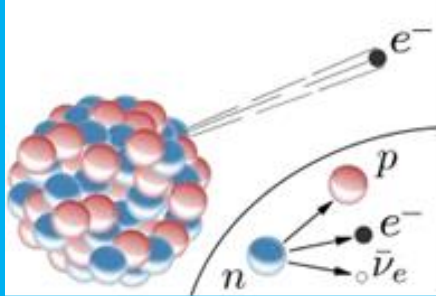
Consistono di due protoni e due neutroni.

Le particelle alfa sono tipicamente emesse da nuclidi degli elementi pesanti, per esempio dagli isotopi dell'uranio, del torio, del radio, ecc., in un processo denominato decadimento alfa.

I raggi alfa, a causa della loro carica elettrica, **interagiscono fortemente con la materia e quindi vengono facilmente assorbiti dai materiali e possono viaggiare solo per pochi centimetri nell'aria.**

Possono essere assorbiti dagli strati più esterni della pelle umana e così generalmente non sono pericolosi per la vita a meno che la sorgente non venga inalata o ingerita (es. gas radon).

## 5 - PARTICELLE BETA

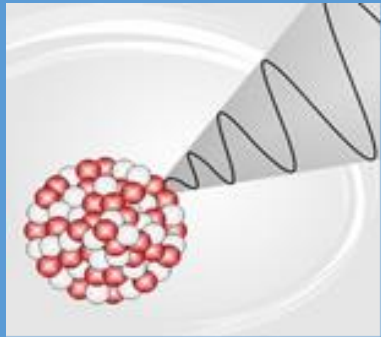


Le particelle beta ( $\beta$ ), elettroni o positroni ad alta energia, sono espulsi da un nucleo atomico in un processo conosciuto come decadimento beta.

**Esistono due forme di decadimento beta,  $\beta^-$  e  $\beta^+$ , che emettono rispettivamente un elettrone o un positrone.**

L'interazione delle particelle beta con la materia ha generalmente un raggio d'azione dieci volte superiore, e un potere ionizzante pari a un decimo rispetto all'interazione delle particelle alfa. Vengono bloccate completamente da pochi millimetri di alluminio

## 6 - RAGGI GAMMA



I raggi gamma ( $\gamma$ ) sono una forma di radiazione appartenente allo spettro elettromagnetico, prodotta dal cosiddetto decadimento gamma o da processi nucleari o subatomici consistenti dunque nell'emissione di fotoni ad alta energia

I raggi gamma sono **più penetranti** delle particelle prodotta dalle altre forme di decadimento, ovvero alfa e beta, a causa della minor tendenza ad interagire con la materia essendo essi fotoni, ma meno ionizzanti.

I raggi gamma si distinguono dai raggi X per la loro origine: **i gamma sono prodotti da transizioni nucleari o comunque subatomiche, mentre gli X sono prodotti da transizioni energetiche dovute ad elettroni in rapido spostamento sui loro livelli energetici quantizzati.**

Uno schermo per raggi X o  $\gamma$  richiede spessori elevati di materiali ad alta densità, in funzione dell'energia dei raggi X o  $\gamma$  possono essere necessari decine di centimetri di cemento armato.

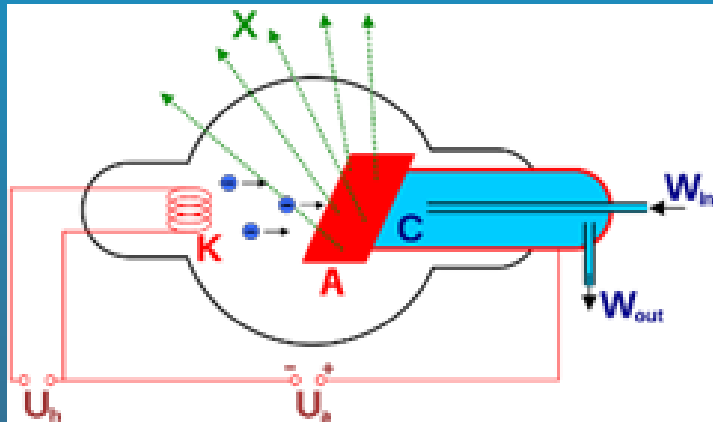
## **7 - SORGENTI DI RADIAZIONI IONIZZANTI**

**Le *sorgenti di radiazioni ionizzanti* si possono distinguere in:**

- ❖ 7.1 - MACCHINE o SORGENTI RADIOGENE**
- ❖ 7.2 - SOSTANZE o SORGENTI RADIOATTIVE**

## 7.1 - MACCHINE o SORGENTI RADIOGENE

### Tubo di Roentgen

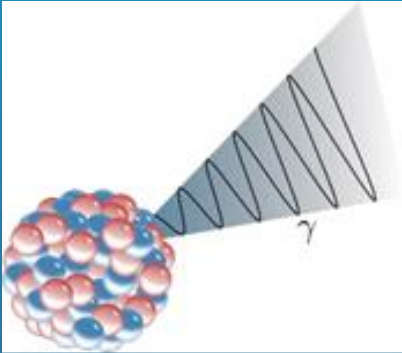


Le macchine radiogene sono apparecchiature che sfruttano l'accelerazione delle particelle cariche (elettroni, protoni, ecc.) al fine di produrre fasci molto intensi di queste particelle ionizzanti.

Un fascio di elettroni accelerati, quando interagisce con materiale ad alto numero atomico (es. tungsteno) genera un fascio di onde elettromagnetiche molto intenso (raggi X).

## 7.2 - SOSTANZE o SORGENTI RADIOATTIVE

### Decadimento gamma di un nucleo atomico instabile



Le sorgenti radioattive, naturali od artificiali, sono dovute ad elementi di natura instabile (nuclei atomici) che tendono a stabilizzarsi, emettendo in tal modo energia sotto forma "di radiazione (alfa, beta, gamma, etc....)"

## 8 - MACCHINE RADIOGENE

Apparecchiature nelle quali sono accelerate particelle elementari cariche (elettroni) che, interagendo su opportuni bersagli (target), producono dei fasci di radiazioni ionizzanti.

- Tubi a raggi X (es. diagnostica radiologica, odontoiatrica, controlli non distruttivi)
- PET (Positron Emission Tomography)
- Acceleratori lineari
- Ciclotroni
- Microscopi elettronici
- Spettrometri
- .....

## 9 - SCOPERTA DEI RAGGI X



8 novembre 1895

**Wilhelm Conrad ROENTGEN** studiava le caratteristiche dei **RAGGI CATODICI**, prodotti in un tubo a cui era stata applicata una **ALTA DIFFERENZA DI POTENZIALE** e nel quale era generato il **VUOTO**.



Oscurando con cartone nero la luminescenza indotta dai raggi catodici sul vetro del tubo, notò una debole emissione luminosa provenire da uno schermo fluorescente di carta, spalmato di platinocianuro di bario, che si trovava ad una certa distanza dal tubo.

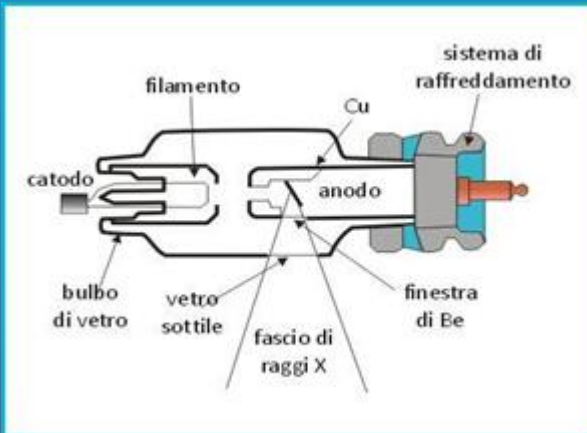
Notò, inoltre, che interponendo la propria mano tra il tubo e lo schermo fluorescente appariva su questo l'ombra delle proprie ossa.

Sul momento, Röntgen chiamò questa emissione “raggi X”, dove X stava a significare “non ho idea di che roba sia”.



## 10 - TUBO A RAGGI X

Un tubo a raggi X è costituito da un'ampolla di vetro, all'interno della quale viene fatto il vuoto, posta dentro un involucro metallico rivestito di piombo. L'emissione dei raggi X avviene solo attraverso una piccola zona non schermata detta "finestra".

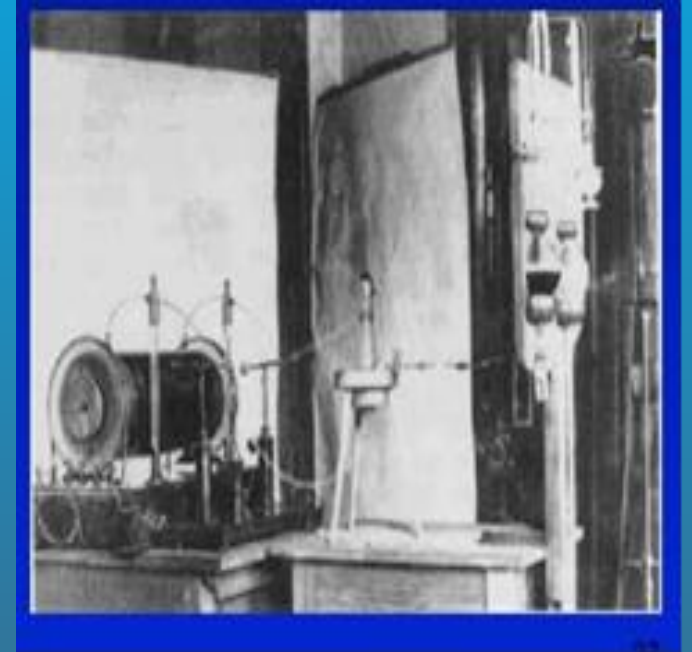


All'interno dell'ampolla si trovano l'anodo ed il catodo.

Il catodo è costituito da un filamento, tipicamente di tungsteno. Il filamento (ad alto punto di fusione) viene percorso da una alta intensità di corrente a bassa tensione, che lo riscalda al di sopra al suo punto di fusione e determina la fuoriuscita degli elettroni per emissione termoionica.

## 11 - CARATTERISTICHE DEI RAGGI X

- capacità di impressionare lastre fotografiche
- capacità di produrre ionizzazione in aria/gas
- capacità di attraversare, senza apprezzabile attenuazione, molti materiali a basso n° atomico e bassa densità
- significativo assorbimento durante il passaggio attraverso materiali ad alto n° atomico e ad alta densità



## 12 - LA RADIOATTIVITÀ

La radioattività, o decadimento radioattivo, è un insieme di processi fisico-nucleari attraverso i quali alcuni nuclei atomici instabili radioattivi (radionuclidi) decadono (trasmutano), in un certo lasso di tempo detto tempo di decadimento, in nuclei di energia inferiore raggiungendo uno stato di maggiore stabilità con emissione di radiazioni ionizzanti in accordo ai principi di conservazione della massa/energia e della quantità di moto.

- ▶ Il processo continua più o meno velocemente nel tempo fintantoché gli elementi via via prodotti, eventualmente a loro volta radioattivi, non raggiungono una condizione di stabilità attraverso la cosiddetta catena di decadimento.
- ▶ La radioattività è un fenomeno naturale: per questo motivo qualsiasi cosa sulla Terra, inclusi i nostri corpi, contiene una certa percentuale di elementi radioattivi.

**La radioattività nell'aria e nel suolo è dovuta alla presenza del Radon (Rn) gas nobile.**

- ▶ **Questo elemento viene prodotto dal decadimento dell'uranio e del torio, che si trovano in moltissimi materiali, soprattutto nelle rocce.**
- ▶ **Un altro protagonista della radioattività naturale è il Potassio-40, che è presente nel nostro corpo e, in generale, nella materia biologica, nei cibi, sulla crosta terrestre e nell'acqua di mare.**
- ▶ **L'unità di misura della radioattività è il BECQUEREL (Bq).**
- ▶ **1 Bq corrisponde a 1 disintegrazione al secondo.**
- ▶ **Poiché questa unità di misura è assai piccola, la radioattività si esprime molto spesso in multipli di Bq: il kilo-becquerel (kBq) = 1.000 Bq, il Megabecquerel (MBq) = 1 milione di Bq e il Gigabecquerel (GBq) = 1.000 milioni di Bq.**
- ▶ **L'unità di misura usata in precedenza era il Curie (Ci) definita come la quantità di radioattività presente in un grammo di radio.  
Questa unità è immensamente più grande del Bq, perché in un grammo di radio avvengono 37 miliardi di disintegrazioni al secondo.**
- ▶ **Perciò: 1 Ci = 37 GBq = 37 miliardi di Bq.**

## 13 - LEGGE DI DECADIMENTO

L'attività di una sostanza radioattiva diminuisce nel tempo sulla base delle caratteristiche proprie della sostanza.

La legge che regola il decadimento radioattivo è la seguente:

$$A(t) = A(0) e^{-\lambda t}$$

$\lambda$  = costante di decadimento

$\tau$  = tempo di decadimento =  $1/\lambda$

$T(1/2)$  = tempo di dimezzamento =  $0,693 \tau$

Il valore di  $\lambda$  indica la probabilità che un nucleo radioattivo ha di decadere; graficamente rappresenta la pendenza della curva, la ripidità di discesa.

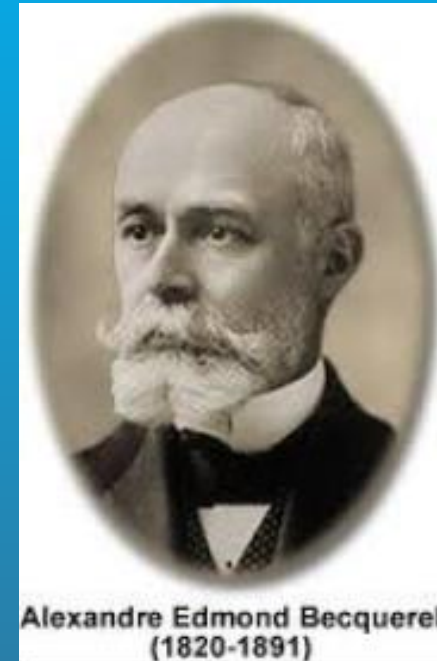
$T(1/2)$  indica il tempo necessario perché l'attività si riduca alla metà dell'attività iniziale.

## 14 - SCOPERTA DELLA RADIOATTIVITÀ

Il fenomeno della radioattività fu scoperto una sera del 1896 dal fisico francese Becquerel, figlio e nipote di scienziati. Egli lasciò per caso alcune lastre fotografiche in fondo ad un cassetto: questa dimenticanza segnò la nascita dell'era atomica.

Nonostante l'oscurità e il foglio metallico che le ricopriva, le lastre si annerirono; chiunque le avrebbe buttate via ma Becquerel, meravigliato dallo strano fenomeno, cercò di trovarne le cause e finì per scoprire nel cassetto la presenza dei Sali di Uranio che lui stesso vi aveva riposto alcuni giorni prima.

Becquerel riuscì a risolvere il problema supponendo che dall'uranio dovevano essersi sprigionati raggi molto penetranti che erano riusciti a impressionare le lastre fotografiche dopo aver attraversato il foglio metallico di protezione.



Alexandre Edmond Becquerel  
(1820-1891)

Tra il 1898 e il 1902 Pierre e Marie CURIE scoprirono altri elementi (tra i quali il RADIO) in grado di presentare il fenomeno della radioattività, dimostrando quindi che questo non è solo caratteristico dell'uranio.

Nel 1932 Irene CURIE e il marito Frederic JOLIOT scoprirono il fenomeno della RADIOATTIVITÀ ARTIFICIALE, cioè la possibilità di produrre artificialmente elementi radioattivi non presenti in natura.

Marie e Irene morirono rispettivamente di Anemia aplastica e di Leucemia, malattie sicuramente provocate dalla lunga esposizioni

In seguito sarebbe nata una nuova disciplina che tratta della protezione dalle radiazioni.



*I coniugi Curie*



**RADIOPROTEZIONE**

## 15 - TIPOLOGIA DI SORGENTI DI RADIAZIONI IONIZZANTI

### SIGILLATE

Sono formate da sostanze radioattive solidamente incorporate in materie solide e di fatto inerti, o sigillate in un involucro inerte che presenti una resistenza sufficiente per evitare, in condizioni normali d'impiego, dispersione di materiale radioattivo.

Le sorgenti sigillate sono ad esempio utilizzate in campo industriale per misure di livello e di spessore o per l'esecuzione di gammagrafie ed in campo sanitario per brachiterapia e in passato per misure di densitometria ossea.

### NON SIGILLATE

Sono costituite da qualsiasi sorgente che non corrisponde alle caratteristiche o ai requisiti della sorgente sigillata.

Le sorgenti non sigillate sono impiegate in genere come traccianti radioattivi o per analisi radiochimiche di laboratorio o quando la struttura sigillante assorbirebbe le radiazioni di interesse (in particolare per le sostanze alfa-emittenti);

In ambito sanitario le principali applicazioni delle sorgenti non sigillate afferiscono alla medicina nucleare e alla radioimmunologia ossia analisi "in vivo" ed "in vitro".



## 16 - RISCHI DA RADIAZIONI IONIZZANTI

Possono essere distinti in:

### ESPOSIZIONE ESTERNA

Prodotta da sorgenti radioattive situate all'esterno del corpo, può essere parziale se interessa solo una parte del corpo (per esempio le mani) o totale se interessa tutto il corpo.

Presentano questa tipologia di rischio le macchine radiogene e le sostanze radioattive sotto forma di sorgenti sigillate e non sigillate.

### ESPOSIZIONE INTERNA

Prodotta da sorgenti radioattive introdotte nell'organismo. Presentano questo rischio esclusivamente le sostanze radioattive sotto forma di sorgenti non sigillate in forma liquida/solida o gassosa, impiegate nell'industria, nella ricerca, in medicina nucleare e in radioimmunologia.

## **17 - IMPIEGO DI MACCHINE RADIOGENE**

**Nel caso specifico di attività comportante l'uso esclusivo di macchine radiogene non si ha nessun tipo di rischio da esposizione interna ma solo rischio di esposizione dovuta ad irraggiamento esterno per il solo periodo di tempo dell'emissione radiante.**

**Per tale ragione, fatto salvo il contributo della radioattività naturale, negli argomenti che seguono non verrà più menzionato il rischio da esposizione interna .**

## 18 - EFFETTI BIOLOGICI DELLE RADIAZIONI

### DETERMINISTICI:

*Si presentano, nell'individuo irraggiato, con certezza quasi assoluta dopo aver superato una «determinata» “dose soglia \* ”. Possono essere precoci o tardivi.*

*Es: radiodermiti, sterilità temporanea o infertilità, cataratta, anemia,.....*

*\* VALORI SOGLIA:  
sono dell'ordine del Sievert o anche più (riguardano  
Importanti eventi incidentali)*

### STOCASTICI:

*L'esposizione alle radiazioni ne fa aumentare la probabilità di insorgenza. Non c'è una dose soglia*

#### SOMATICI:

*interessano le cellule dell'individuo irraggiato (effetti acuti o tardivi).*

*Es: sindromi intestinali, atrofia cutanea, neoplasie,.....*

#### GENETICI:

*interessano i discendenti degli individui irraggiati.*

*Es: aborti, nati morti, malformazioni,....*

## 19 - EFFETTI DETERMINISTICI








**effetti IMMEDIATI** si manifestano entro qualche giorno o qualche settimana

**effetti TARDIVI** si manifestano dopo mesi o anni

	Settimane dopo l'esposizione	Dose (Sv)		
		1 - 3 (subletale)	4 (letale)	> 6 (sopraletale)
Sintomatologia a seguito di esposizione globale acuta di un individuo a dosi elevate (eventi incidentali importanti)	1	Fase latente	Nausea e vomito (1 giorno)	Nausea e vomito, malessere, diarrea, febbre
	2		Depilazione, malessere generale	Bocca e gola infiammati, ulcerazioni, deperimento, morte
	3	Perdita appetito, depilazione, infiammazione gola, emorragie	Perdita appetito, emorragia, diarrea, febbre, deperimento, morte mentale	
	4	Diarrea, guarigione		
	SOPRAVVIVENZA	Certa, salvo complicazioni (2,5 Sv sono mortali nel 5% dei casi)	Possibile nel 50% dei casi	impossibile
	A			

## 20 - DANNI EMBRIONALI E FETALI

A seguito dell'azione delle radiazioni sul prodotto di concepimento si possono osservare sia la morte fetale, sia alterazioni dello sviluppo con rischi di malformazioni.

1° mese di gravidanza		Dosi all'embrione dell'ordine di 0,05 - 0,1 Sv possono provocare l'aborto ( <i>valori non raggiungibili nella maggior parte delle indagini di radiodiagnostica</i> )
dal 1° al 3° mese		Si possono produrre diversi tipi di malformazioni.
dalla 8° alla 15° settimana		Si può indurre un ritardo mentale grave.
dalla 16° alla 25° settimana		Con minore intensità si può indurre un ritardo mentale grave.
dopo il 3° mese		Si possono indurre effetti tardivi, a carattere probabilistico, che si manifestano nei primi anni di vita del bambino.
Aborto e malformazioni fetali		Effetti deterministici Con valore <i>soglia</i> di 50 mSv
Effetti ereditari		Effetti stocastici Almeno a livello delle dosi considerate

## 21 - RADIAZIONI DI ORIGINE NATURALE

*Le radiazioni ionizzanti esistono da sempre sul nostro pianeta.*

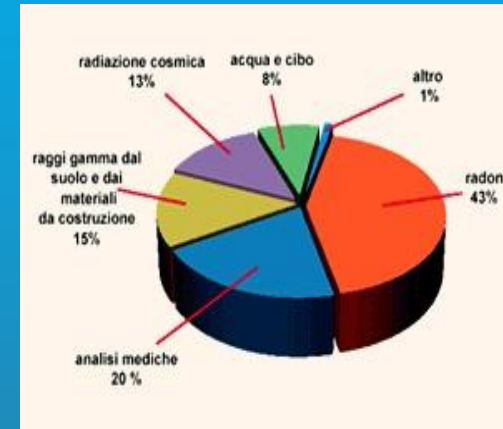
*Hanno origine in parte dal sole e dallo spazio e in parte dalla crosta terrestre; inoltre, isotopi radioattivi naturali sono normalmente presenti nel nostro organismo e in tutti gli esseri viventi.*

### INTENSITÀ DEL FONDO NATURALE:

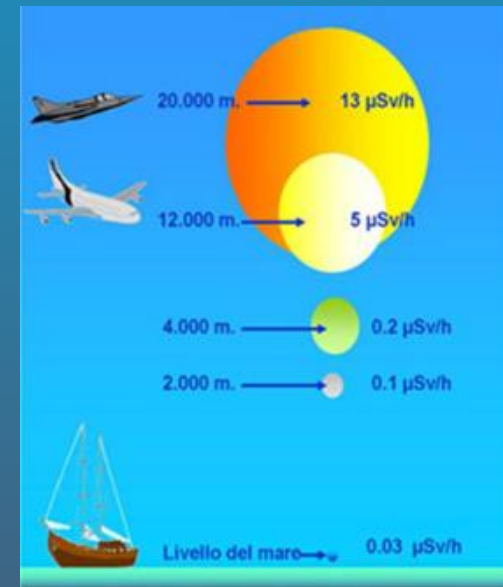
- varia molto a seconda del luogo,
- è diversa all'aperto e dentro gli edifici, all'interno degli edifici può cambiare in funzione di differenti materiali da costruzione e della presenza di radon.

La fonte principale d'esposizione della popolazione alle radiazioni ionizzanti è quella derivante dal fondo naturale.

Un contributo importante è dato dal gas Radon



Variazione del rateo di dose in funzione della quota



## 22 - LE GRANDEZZE RADIOPROTEZIONISTICHE (CENNI)

Le grandezze radioprotezionistiche hanno lo scopo di convertire i valori fisici delle grandezze misurate in stima di dose assorbita e quindi in stima del rischio di danno associato.

Per effettuare tale operazione vengono utilizzati fattori moltiplicativi (chiamati fattori di peso riferiti a organi e fattori dovuto al tipo di radiazione) che dipendono dalla tipologia di radiazione e dalla zona del corpo interessata all'esposizione (gli organi del corpo umano presentano radiosensibilità di tipo diverso).

**DOSE ASSORBITA:** energia assorbita per unità di massa (dE/dm).  
Unità di misura: gray (1 Gy = 1 J/kg)

**DOSE EQUIVALENTE:** grandezza protezionistica che quantifica il rischio associato all'irradiazione di un singolo organo o tessuto, tenendo conto del tipo di radiazione. Si ottiene moltiplicando la dose assorbita per un fattore di ponderazione dipendente dal tipo di radiazione.  
Unità di misura: sievert (1 Sv = 1 J/kg)

**DOSE EFFICACE:** grandezza protezionistica che quantifica il rischio complessivo per l'individuo combinando gli effetti di diverse dosi in diversi organi o tessuti a seconda della loro radiosensibilità.  
Unità di misura: sievert (1 Sv = 1 J/kg)



## 23 - FATTORI DI “PESO” PER LE RADIAZIONI

	<b>w<sub>R</sub></b>
<b>Fotoni, elettroni, muoni</b>	<b>1</b>
<b>Protoni e pioni carichi</b>	<b>2</b>
<b>Neutroni</b>	<b>Allegato XXIV</b>
<b>Particelle <math>\alpha</math>, frammenti fissione, nuclei pesanti</b>	<b>20</b>

**Fattori di peso  $w_R$  per la radiazione dipendono da tipo ed energia della radiazione.**

## 24 - FATTORI DI “PESO” PER I TESSUTI

Tessuto o organo	$W_{\tau}$
Gonadi	0,08
Midollo osseo (rosso)	0,12
Polmone, Colon, Stomaco	0,12
Mammelle	0,12
Tiroide, Vescica	0,04
Esofago, Fegato	0,04
Superficie ossea, cervello, pelle	0,01
Ghiandole salivari	0,01
Rimanenti organi e tessuti	0,12
<b>Fattori di peso, <math>W_{\tau}</math>, per tessuti e organi.</b>	

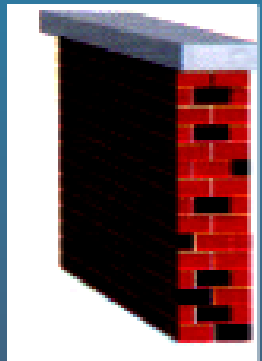
## 25 - FATTORI CHE DETERMINANO L'ENTITÀ DEL RISCHIO DA ESPOSIZIONE ESTERNA



**TEMPO**



**DISTANZA**



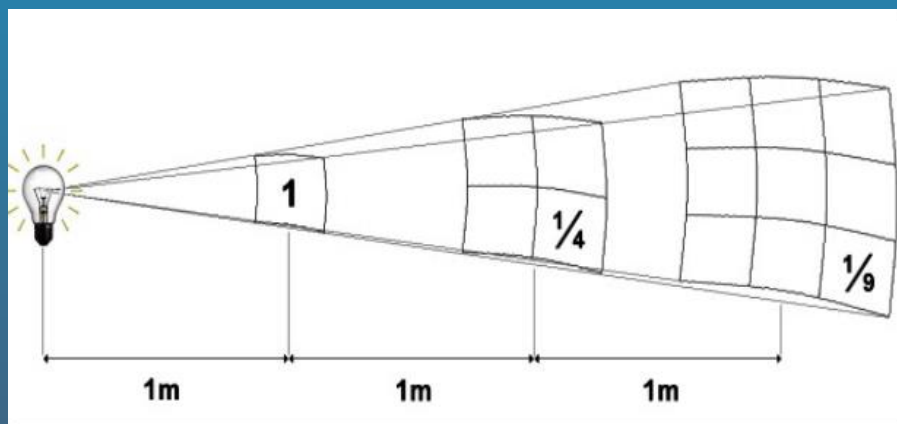
**SCHERMATURE**

## 25.1 - TEMPO DI ESPOSIZIONE



Deve essere quanto più possibile ridotto, poiché la dose assorbita è direttamente proporzionale al tempo durante il quale si è stati esposti.

## 25.2 - DISTANZA DALLA SORGENTE



Il rateo di dose nei dintorni di una sorgente puntiforme varia in maniera inversamente proporzionale al quadrato della distanza (cioè se la distanza si dimezza, il rateo di dose quadruplica; se la distanza aumenta di tre volte, il rateo di dose si riduce ad  $1/9$ ).

## 25.3 - SCHERMATURA DELLE SORGENTE

Il materiale interposto attenua il fascio di radiazioni in rapporto alla sua densità e al suo numero atomico



## 26 - SCOPI DELLA RADIOPROTEZIONE

- prevenzione totale degli effetti dannosi **deterministici**
- *limitazione a livelli considerati accettabili* della probabilità di accadimento degli effetti **stocastici**

## 27 - PRINCIPI DELLA RADIOPROTEZIONE

- principio di **GIUSTIFICAZIONE**: nessuna attività umana che esponga alle radiazioni deve essere accolta o perseguita, a meno che la sua introduzione o persecuzione produca un beneficio netto e dimostrabile.
- principio di **OTTIMIZZAZIONE**: ogni esposizione umana alle radiazioni deve essere tenuta tanto bassa quanto è ragionevolmente ottenibile, facendo luogo a considerazioni economiche e sociali (principio **ALARA**, dalle iniziali della frase inglese “**A**s **L**ow **A**s **R**easonably **A**chievable”: «tanto bassa quanto è ragionevolmente ottenibile»).
- principio di **LIMITAZIONE delle dosi individuali**: l'equivalente di dose ai singoli individui non deve superare determinati limiti appropriatamente sicuri, stabiliti per le varie circostanze.

## 28 - NORMATIVA NAZIONALE



Entrata in vigore della nuova direttiva Euratom 59/2013 che è stata recepita il 31 luglio 2020 e pubblicata in Gazzetta Ufficiale il 12 agosto 2020

D. LGS. n. 101/2020..... PUNTI ESSENZIALI

Campo di  
applicazione



Qualsiasi situazione di esposizione pianificata, esistente o di emergenza che comporti rischio dovuto a radiazioni ionizzanti.....

Decreto  
Legislativo  
31 Luglio 2020  
n. 101



Modificato da  
Decreto Legislativo  
D. Lgs. 203/2022



**L'esercente la «pratica radiologica» si avvale di**



**un Esperto in Radioprotezione per la «Sorveglianza Fisica della Radioprotezione»**



**Un Medico Autorizzato per la «Sorveglianza Sanitaria dei Lavoratori»**



**Persona fisica o giuridica che ha la responsabilità giuridica dell'espletamento di una pratica o di una sorgente di radiazioni**

## Art . 108.

### Obblighi del Datore di lavoro non delegabili (decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 8, articolo 16)

I datori di lavoro per i quali trovano applicazione le disposizioni del presente decreto non possono delegare le seguenti attività:

- a)** valutazione preventiva di cui all'articolo 109 (ma non la documentazione tecnica relativa che è a cura dell'ERP);
- b)** nomina dell'esperto di radioprotezione;
- c)** nomina del medico autorizzato.

#### Sorveglianza fisica

L'Esperto di Radioprotezione incaricato  
dal Datore di Lavoro

Persona che possiede le cognizioni e l'esperienza  
necessarie per gli adempimenti di cui all'art. 130

Effettua una valutazione preventiva del rischio	✓
Classifica le aree di lavoro	✓
Classifica i lavoratori	✓
Effettua la verifica delle attrezzature e dei dispositivi di protezione e delle procedure (controllo di prima verifica e periodici) ed esprime il relativo benessere	✓
Effettua la valutazione delle dosi ambientali e personali	✓
Redige, con il DDL, le norme operative di radioprotezione	✓
Svolge, su richiesta del DDL, la formazione/informazione dei lavoratori, inerente il rischio radiologico	✓

## 29 - CRITERI DI CLASSIFICAZIONE DEI LAVORATORI

Sulla base della valutazione del rischio - funzione del carico di lavoro, della tipologia di installazione e delle modalità di lavoro - l'Esperto di radioprotezione classifica i lavoratori in base alla «dose efficace» che essi sono suscettibili di assorbire in un anno solare, a causa della loro attività lavorativa.



## 30 – CLASSIFICAZIONE E LIMITI DI DOSE EFFICACE ED EQUIVALENTE

	<b>Lavoratori ESPOSTI</b> Soggetti suscettibili di superare in un anno solare uno o più dei seguenti valori	<b>Lavoratori di cat. A</b> Lavoratori Autonomi e dipendenti da terzi Apprendisti e Studenti età 16 – 18 Soggetti suscettibili di superare in un anno solare uno o più dei seguenti valori	<b>Limiti di dose di esposizione</b> Lavoratori di cat. A Lavoratori Autonomi e dipendenti da terzi Apprendisti e Studenti età ≥ 18 anni	<b>Lavoratori di cat. B</b> Lavoratori Autonomi e dipendenti da terzi Apprendisti e Studenti età 16 – 18 Soggetti non classificati in cat. A
<b>Equivalente di dose efficace</b>	1 mSv/anno	6 mSv/anno	20 mSv/anno	
<b>Equivalente di dose al:</b>				
<b>Cristallino</b>	15 mSv /anno	15 mSv/anno	20 mSv/anno	
<b>Pelle</b>	50 mSv/anno	150 mSv/anno	500 mSv/anno	
<b>Mani</b>	50 mSv/anno	150 mSv/anno	500 mSv/anno	
<b>Avambracci</b>	50 mSv/anno	150 mSv/anno	500 mSv/anno	
<b>Piedi</b>	50 mSv/anno	150 mSv/anno	500 mSv/anno	
<b>Caviglie</b>	50 mSv/anno	150 mSv/anno	500 mSv/anno	

## 31 - CRITERI DI CLASSIFICAZIONE DELLE ZONE

Per quanto riguarda la **classificazione degli ambienti di lavoro**, la normativa prescrive al datore di lavoro di *classificare e segnalare gli ambienti in cui è presente il rischio di esposizione alle radiazioni ionizzanti e regolamentarne l'accesso.*

**Ambiente di lavoro con rischio radiologico in cui si è «suscettibili» di assorbire una radiazione annua:**

**< 1 mSv**



**Zona NON  
Classificata**

**1 mSv ÷ 6 mSv**



**Zona  
SORVEGLIATA**

**> 6 mSv**



**Zona  
CONTROLLATA**

## 32 - SORVEGLIANZA MEDICA

**Datori di lavoro**, esercenti attività comportanti la classificazione degli addetti interessati come “lavoratori esposti”...

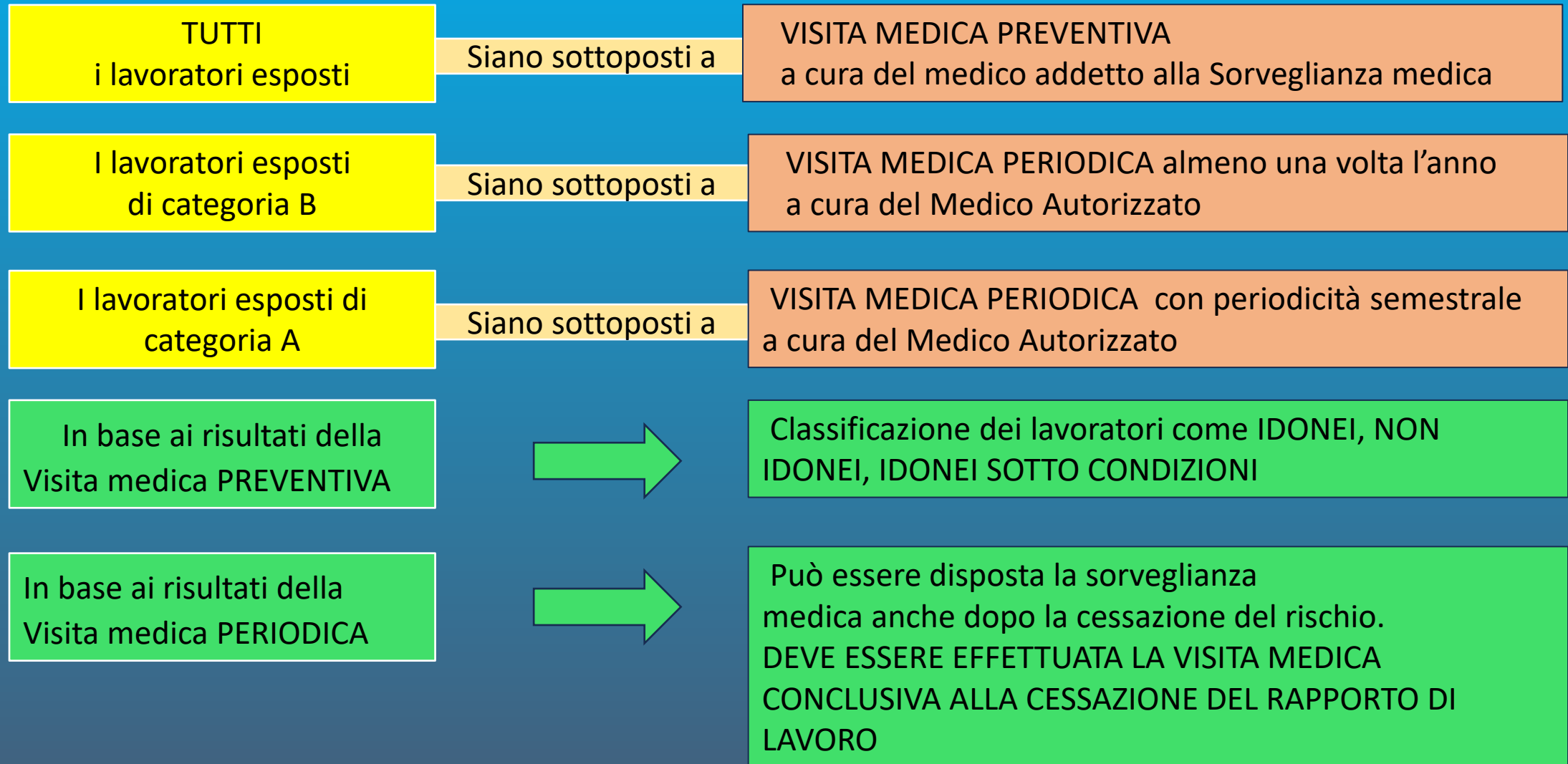
devono assicurare la...

SORVEGLIANZA MEDICA

..... per mezzo di .....

MEDICI AUTORIZZATI

## Il datore di lavoro deve provvedere a che:



### **33 – Apparecchiature radiogene installate nell’Ambulatorio Radiologico “Dott. FOCO”**

Nell’ Ambulatorio Radiologico sono installate apparecchiature radiogene per radiografie digitale costituite da:

- n. 1 Apparecchiatura radiogena TAC (Tomografia Assiale Computerizzata)
- n. 2 Apparecchiature radiogene Telecomandate per esecuzione di esami RX tradizionali
- n. 1 Apparecchiatura radiologica «Stativo» per esecuzione di esami RX del torace e della colonna vertebrale
- n. 1 Apparecchiatura Cone Beam CT per esami delle arcate dentarie e dei profili orali
- n. 1 Apparecchiatura per esami di Mammografia con Tomosintesi digitale
- n. 1 Apparecchiature MOC Dexa per esecuzione di esami di Mineralometria ossea

Le apparecchiature elencate forniscono un notevole contributo dosimetrico all’interno dell’Ambulatorio Radiologico per cui è stata posta molta attenzione nella progettazione delle barriere protettive



## **34 - NOTIFICA DI PRATICA (art. 46 D. Lgs. 101/2020 e s.m.i.)**

Indipendentemente dalla tipologia di apparecchiatura che si intende installare, l'Esercente deve effettuare, 30 gg. prima dell'installazione delle apparecchiature (i 30 gg. si contano dell'arrivo dell'apparecchio anche se ancora da montare), una comunicazione ai sensi dell'art. 46 alle seguenti autorità territorialmente competenti:

- ASL Servizio Igiene Pubblica;
- ARPA;
- Direzione Provinciale del Lavoro;
- Comando Provinciale Vigili del Fuoco;

A tale comunicazione deve essere allegata una Relazione Preventiva di Valutazione del rischio redatta dall'Esperto di Radioprotezione incaricato della sorveglianza fisica, contenente gli elementi atti a dimostrare l'idoneità dei locali dal punto di vista della radioprotezione

## 35 - IDENTIFICAZIONE DEL RISCHIO

Il simbolo delle radiazioni deve essere presente su tutte le sorgenti di radiazioni ionizzanti.

Inoltre su tutti i vani di accesso ai locali nei quali sono impiegati gli impianti RX deve essere presente il simbolo delle radiazioni accompagnato dalla scritta

**«Zona Controllata»**

oppure

**«Zona Sorvegliata»**



a seconda di quanto valutato dall'Esperto di Radioprotezione incaricato.

La classificazione degli ambienti di lavoro e del personale è una delle attribuzioni dell'Esperto di radioprotezione, che, fatte le sue valutazioni, ne dà comunicazione al Datore di Lavoro/Esercente.

A seguire le definizioni delle zone classificate che sono strettamente correlate alla presenza in esse di lavoratori operanti.

Pertanto il concetto di zona classificata è svincolato dalla classificazione del lavoratore: in una zona classificata posso trovare lavoratori non esposti ovvero classificati in categoria A o B.

## **Zona Sorvegliata:**

zona sottoposta a regolamentazione e sorveglianza ai fini della protezione contro le radiazioni.

Ogni area di lavoro in cui, sulla base degli accertamenti e delle valutazioni compiuti dall'esperto di radioprotezione ai sensi del paragrafo 5 dell'Allegato XXII, sussiste per i lavoratori in essa operanti il rischio di superamento di uno dei limiti di dose fissati per gli individui della popolazione dall'articolo 146 comma 7, ma che non debba essere classificata Zona Controllata ai sensi del comma 7, è classificata Zona Sorvegliata.

## **Zona Controllata:**

zona sottoposta a regolamentazione speciale ai fini della radioprotezione e della prevenzione della diffusione della contaminazione radioattiva e il cui accesso è controllato.

Ogni area di lavoro in cui, sulla base degli accertamenti e delle valutazioni compiuti dall'esperto di radioprotezione ai sensi del paragrafo 5 dell'Allegato XXII, sussiste per i lavoratori in essa operanti il rischio di superamento di:

- a) 6 mSv di dose efficace;
- b) 15 mSv di dose equivalente per il cristallino;
- c) 150 mSv di dose equivalente per la pelle nonché per mani, avambracci, piedi e caviglie, con le modalità di valutazione stabilite al predetto paragrafo.

## 36 - ESEMPI DI CARTELLONISTICA



**ATTENZIONE PERICOLO RADIAZIONI**  
ALL'INTERNO DI QUESTO LOCALE È PRESENTE  
UN'APPARECCHIATURA A RAGGI X

**ZONA SORVEGLIATA**  
DURANTE L'EMISSIONE RAGGI  
DIVIETO DI ACCESSO

**ZONA CONTROLLATA**  
durante l'emissione raggi  
**PERICOLO DI IRRADIAZIONE**  
**DIVIETO DI ACCESSO**

L'accesso al locale è consentito solo al personale autorizzato

Solo in caso di assoluta necessità è permesso l'ingresso di un solo accompagnatore maggiorenne e non in stato di gravidanza certa o presunta, munito di indumenti protettivi

Il personale che svolge attività di pulizia e manutenzione può accedere al locale solo ad impianto RX non funzionante

Tutto il personale è tenuto al rispetto delle norme di radioprotezione

# 37 - NORME DI RADIOPROTEZIONE

Fra gli obblighi dei Datori di lavoro/Esercente c'è quello di rendere consultabili sul luogo di lavoro le norme di radioprotezione che vengono redatte sulla base delle indicazioni fornite dall'Esperto di radioprotezione, per cui normalmente presso i locali classificati è esposta una copia delle norme di radioprotezione:

## NORME DI PROTEZIONE E SICUREZZA PER APPARECCHIO RADIOLOGICO (D. Lgs. 101/2020 e s.m.i.)

Apparecchio Radiologico .....

1. L'uso dell'impianto è riservato ai soli Medici Radiologi Specialisti e TSRM che devono:
    - Ridurre al minimo compatibile con una corretta tecnica di diagnostica il tempo di esposizione e il numero delle esposizioni;
    - Curare che i pazienti siano protetti con idonei dispositivi anti-X e che le donne in stato di gravidanza, o presunto tale, non siano sottoposte ad esame RX.
  2. Durante l'esecuzione di esami radiografici, le porte di accesso al locale devono essere sempre chiuse.
  3. I Medici Radiologi Specialisti e TSRM non devono mai esporre, al fascio diretto, il corpo intero o parti di esso.
  4. Durante l'emissione di radiazioni, i Medici Radiologi Specialisti e TSRM devono sostare all'esterno del locale, nella zona comandi creata allo scopo.
  5. Usare con cura e in modo corretto i dispositivi di protezione – sia personale, sia del paziente – messi a disposizione.
  6. Nessuna persona, oltre a quelle strettamente necessarie, dovrà sostare nella Sala Radiologica durante l'esecuzione delle indagini.
  7. Usare dispositivi di contenzione quando il paziente non è in grado di mantenere la posizione prestabilita.
  8. Nell'esecuzione degli esami radiografici, le gonadi e la tiroide dei pazienti devono essere convenientemente protette, compatibilmente con le necessità dell'esame.
  9. Limitare l'ampiezza del campo di irradiazione alla sola parte del corpo in esame controllando, prima di eseguire ciascuna indagine, che il diaframma limitatore sia predisposto con la minima apertura che consente l'esame e che la tecnica di esposizione impostata sia corretta.
  10. Il personale Medico Radiologo e/o TSRM di sesso femminile deve notificare al datore di lavoro il proprio stato di gravidanza, non appena lo stesso è stato accertato.
  11. Non abbandonare l'impianto radiologico senza aver disinserito dalla rete la consolle di comando.
  12. Informare immediatamente il Medico Responsabile e l'Esperto di Radioprotezione in ogni circostanza che comporti fondatamente un pericolo immediato e grave.
- L'impianto radiologico installato in questo locale genera, solo durante il passaggio dei raggi X, una ZONA CONTROLLATA avente una estensione pari a tutto il locale.  
L'accesso a tale ZONA CONTROLLATA è precluso a chiunque, come sopra riportato, tranne che per eventuali accompagnatori strettamente necessari. (D. Lgs. 101/2020 e s.m.i.)

**Dott.sa Maria Teresa FOCO**  
Medico Radiologo Specialista  
Medico Responsabile Impianti Radiologici

**prof. Roberto CALVARA**  
Fisico Nucleare – Esperto di Radioprotezione n. 20218  
Esperto Fisica Medica – Fisico Sanitario

Novi Ligure (AL),

Le Firme del Personale Collaboratore sono presenti nella copia da esporre nella Sala Radiologica

## 38 - INDUMENTI PROTETTIVI PERSONALI

La diagnostica radiologica per immagini comporta un contributo di dose per il singolo individuo. La diffusione di queste tecniche e l'elevato numero degli esami effettuati, rendono necessaria un'elevata attenzione alla radioprotezione del paziente, anche mediante l'impiego di indumenti protettivi personali.

Ove è possibile senza compromettere la qualità dell'immagine rischiando la creazione di artefatti (dovuti per esempio l'uso del collare anti - X per panoramiche e CBCT) è sempre utile l'impiego di indumenti protettivi per il paziente quali protezioni per gonadi e organi ematopoietici (camici, gonnellini, camice anti X senza collare per panoramiche e CBCT).

Nei casi (da evitare il più possibile) in cui sia indispensabile l'assistenza al paziente da parte di collaboratori non appartenenti all'Ambulatorio Radiologico e/o del Medico Radiologo, con presenza dello stesso all'interno del locale durante l'emissione raggi, è opportuno siano indossati camici e guanti anti X.

Grazie per l'attenzione prestata !!!!!

