

---

# RADIOPROTEZIONE



PIER LUIGI ESPOSITO

26/11/2022

---

# RADIOPROTEZIONE

---

Branca della radiologia che si occupa dello sviluppo di dispositivi, procedure e tecniche per ridurre al massimo l'esposizione dei pazienti e degli operatori.



# INTERAZIONI TRA RADIAZIONI IONIZZANTI E SISTEMI BIOLOGICI

Interazione con i sistemi biologici (elettronuclei)

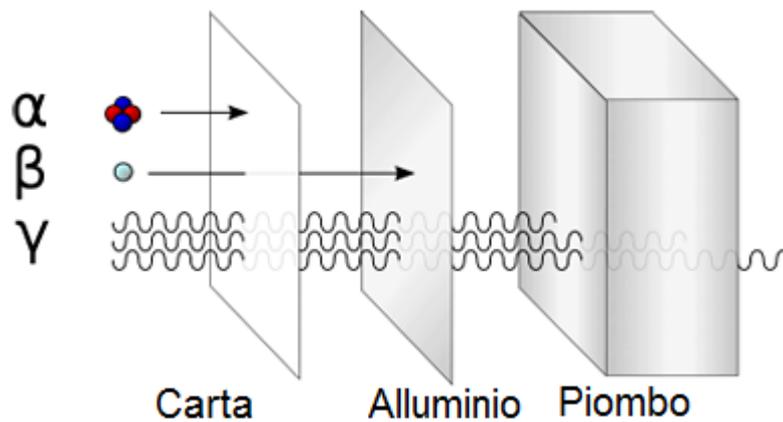
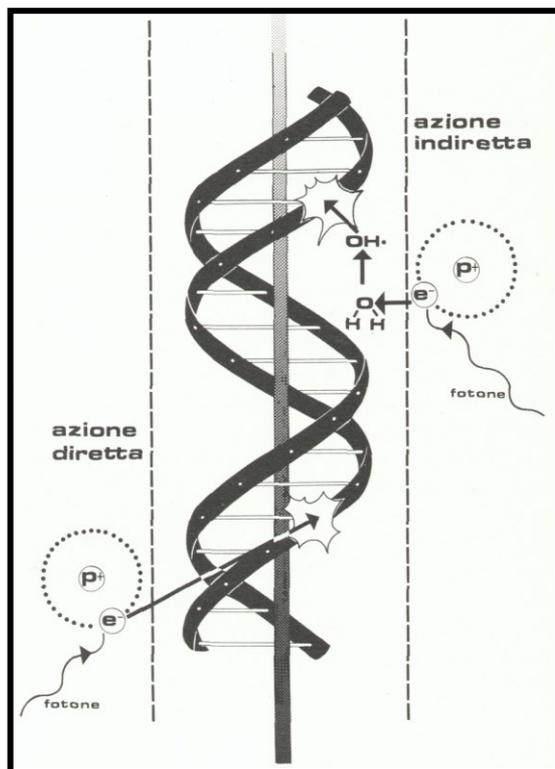
Eccitazioni-ionizzazioni

Modificazioni molecolari e cellulari

Effetti biologici macroscopici



# RADIAZIONI IONIZZANTI



# EFFETTI DANNOSI DELLE RADIAZIONI



Effetti somatici - effetti  
genetici



Effetti non stocastici o  
deterministici - effetti  
stocastici o casuali



Effetti precoci o immediati  
- effetti tardivi



# RADIOPROTEZIONE - PRINCIPI FONDAMENTALI



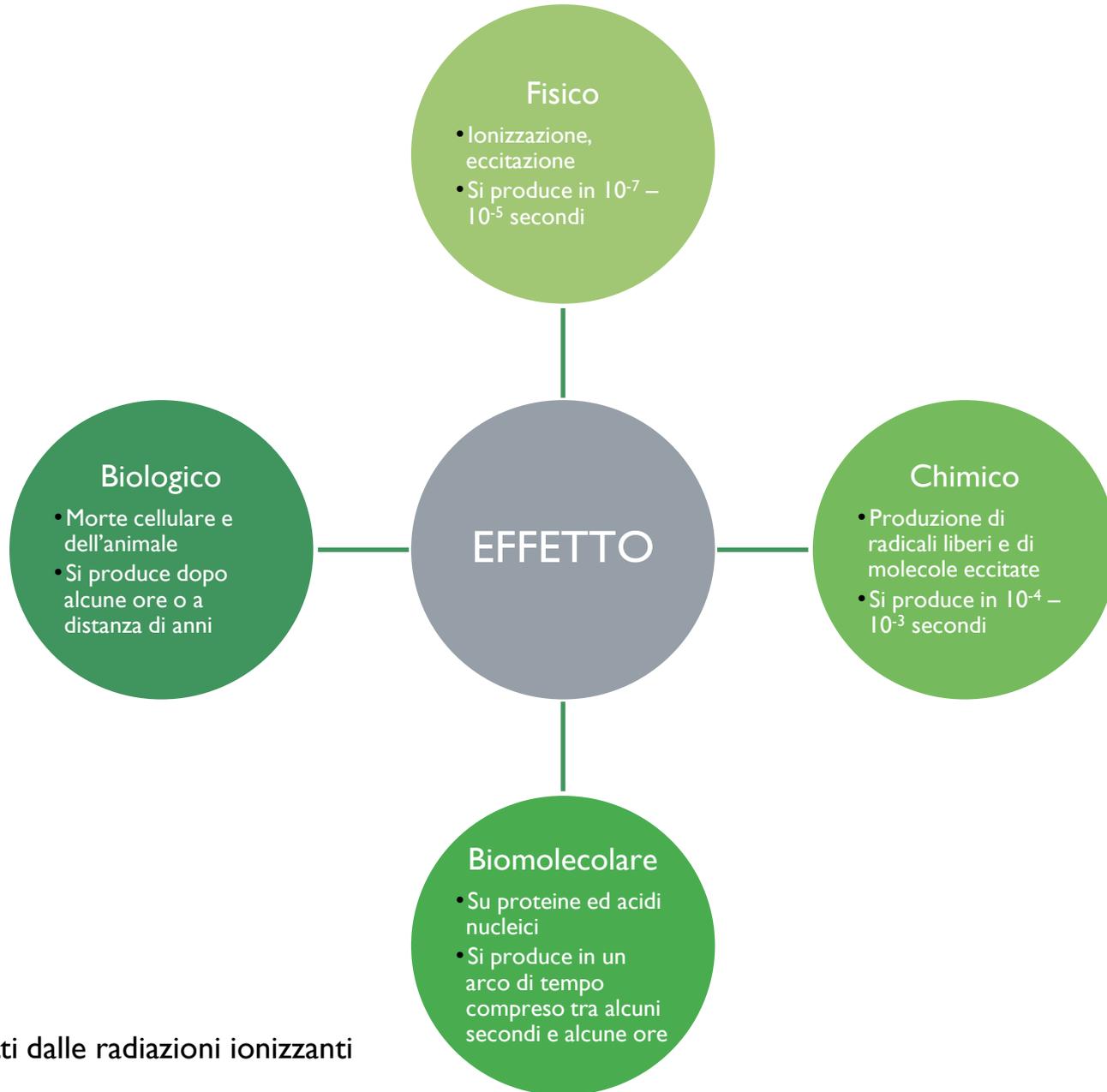
Esemplificazione di calcolo delle dosi equivalenti e della dose efficace.



Scintigrafie	Dose E	Esami Rx	Dose E
Renale sequenziale ( <sup>99m</sup> Tc-DTPA) ( <sup>99m</sup> Tc MAG3)	0,98 1,12	- Torace (p.a.)	- 0,04
Tiroidea ( <sup>99m</sup> Tc pertechnetato) ( <sup>123</sup> I ioduro)	1,9 4,4	Cranio (2p) Clisma opaco	0,1 8,7
Epatobiliare ( <sup>99m</sup> Tc-IDA)	3,1	Rachide dorsale	1,1
Osteoarticolare ( <sup>99</sup> Tc-difosfonati)	4,4	Diretta addome	1,4
PET ( <sup>18</sup> F-FDG)	7,0	Rachide lombare	2,2
Miocardica ( <sup>99m</sup> Tc-MIBI) ( <sup>201</sup> Tl)	12 24,2	TC addome superiore TC addome inferiore	3,7 7,1
Immunoscintigrafia ( <sup>99</sup> Tc-MoAb)	17	Urografia	4,6
Surrenale ( <sup>75</sup> Se-colesterolo)	20	Pasto baritato (G.I. super.)	4,6
Cerebrale ( <sup>99m</sup> TcHMPAO)	6,9	TC torace	6,9
Indicatori "positivi": - <sup>67</sup> Ga citrato - <sup>111</sup> In-Octreotide - <sup>123</sup> I MIBG - <sup>201</sup> Tallio	18,5 10 2,4 40,7		
Polmonare perfusionale ( <sup>99m</sup> Tc MMA)	1,8		

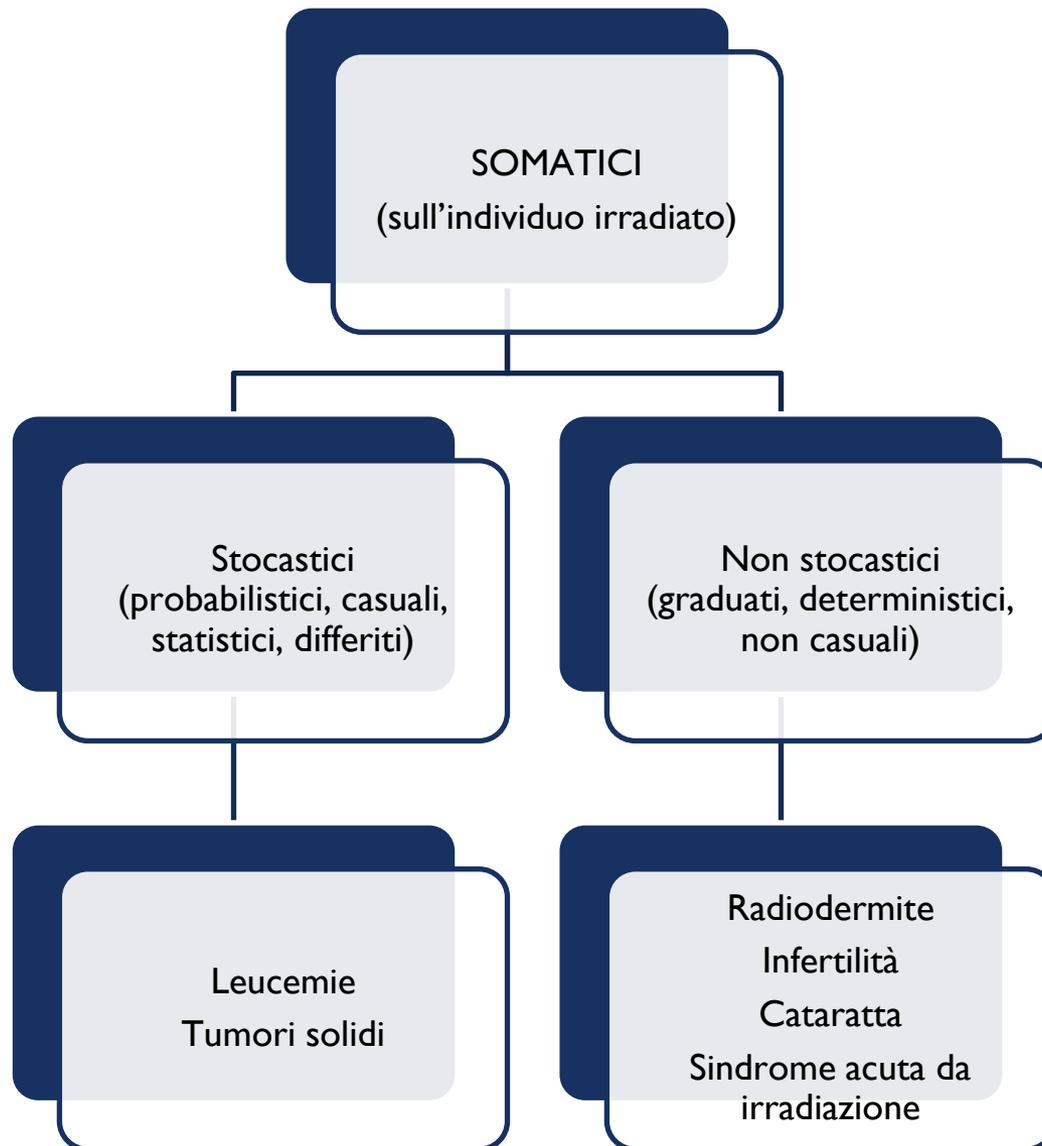
Dose efficace (mSv) al paziente in procedure radiodiagnostiche e medico-nucleari





Effetti indotti dalle radiazioni ionizzanti





# RADIOPROTEZIONE - PRINCIPI FONDAMENTALI

## Dosi di comparsa delle radiolesioni cutanee

- Eritema:
  - Esposizione acuta 6 - 8 Gy
  - Esposizione cronica 30 Gy
- Epilazione:
  - Temporanea 3 - 4 Gy (esposizione acuta)
  - Permanente:
    - 7 Gy (esposizione acuta)
    - 50 - 60 Gy (esposizione frazionata in alcune settimane)
- Epidermite secca 5 Gy
- Epidermite essudativa 12 - 20 Gy
- Ulcerazioni cutanee 18 Gy
- Necrosi 25 Gy
- Esposizione acuta

## Dosi di comparsa e valutazioni prognostiche delle tre forme di sindrome acuta da irradiazione

### Forma ematologica

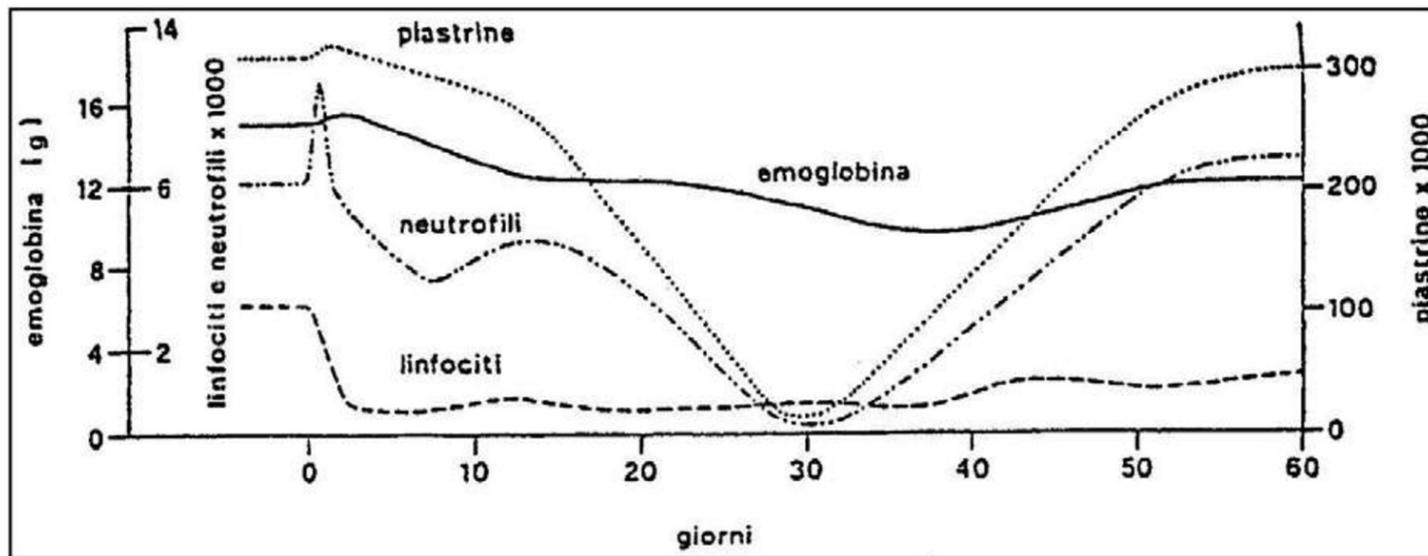
- 0,25 Gy Sopravvivenza virtualmente certa
- 1 Gy Soglia della sindrome ematologica (ospedalizzazione)
- 2 Gy Sopravvivenza probabile
- 2,5 - 5 Gy Sopravvivenza possibile (4,5 Gy DL<sub>50%</sub>)
- >6 Gy Sopravvivenza virtualmente impossibile

Forma gastrointestinale 6 - 7 Gy (DL<sub>100%</sub>)

Forma neurologica >10 Gy

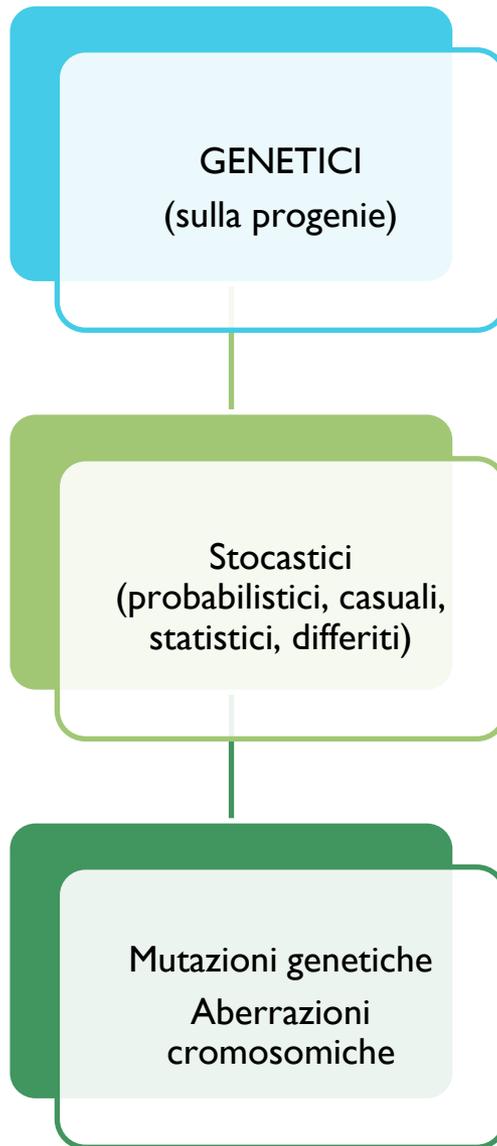


# RADIAZIONI IONIZZANTI

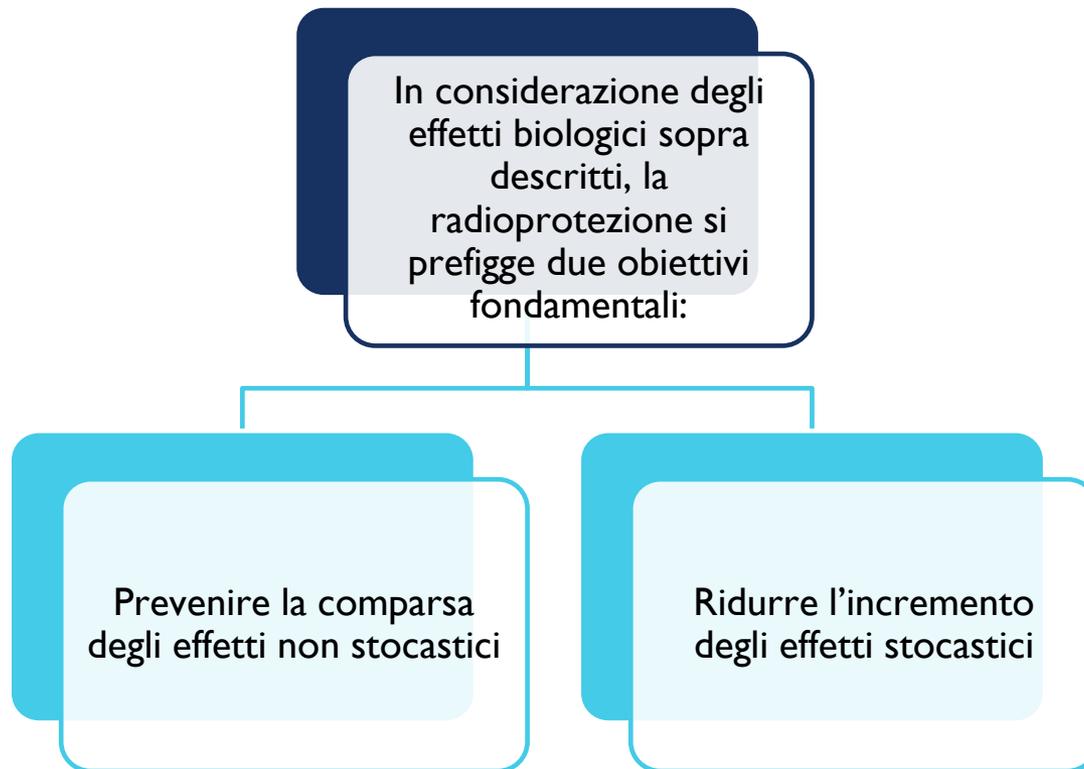


Andamento temporale degli elementi figurati del sangue nella forma ematologica della sindrome acuta da radiazione





# RADIOPROTEZIONE - PRINCIPI FONDAMENTALI



---

# RADIOPROTEZIONE - DIRETTIVE

La normativa nazionale, quella comunitaria e le raccomandazioni ICRP sono arrivate a proporre e a determinare un programma di radioprotezione che si basa sui seguenti principi:

- 1. Principio della giustificazione.**
- 2. Principio dell'ottimizzazione.**
- 3. Principio della limitazione della dose.**

Questi erano impliciti nella normativa del 1964, ora diventano espliciti.



# RADIOPROTEZIONE - DIRETTIVE

- *Principio della giustificazione:* sulla base di questo principio è necessario porsi la domanda se l'utilizzo delle radiazioni ionizzanti (in campo medico, industriale, di ricerca) sia supportato da adeguate motivazioni, valutate sulla base di un'analisi dei benefici e dei costi totali a carico della Società. Nella valutazione dei costi un aspetto fondamentale è quello dei danni provocati dalle radiazioni.
- *Principio dell'ottimizzazione:* una volta stabilito che l'attività è giustificata è necessario che sia realizzata in condizione di ottimizzazione della protezione.
- *Principio della limitazione della dose:* i limiti sono fissati dalla Commissione tecnica per la sicurezza e la protezione, istituita presso l'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ANPA) per qualsiasi lavoratore e per qualsiasi individuo della popolazione.





Obblighi dei  
datori di lavoro



Obblighi dei  
lavoratori

DIRETTIVE



# I LAVORATORI ESPOSTI

- Persone sottoposte, per l'attività che svolgono, ad un'esposizione che può comportare dosi superiori ai pertinenti limiti fissati per le persone del pubblico.
- Sono lavoratori di categoria A quelli che sono suscettibili di ricevere in un anno solare una dose superiore ai valori stabiliti all'art. 82; gli altri lavoratori sono classificati di categoria B.



# I LAVORATORI ESPOSTI

## Categoria A

- 6 mSv di dose efficace
- 15 mSv di dose equivalente al cristallino
- 150 mSv di dose equivalente alla pelle

→ Medici autorizzati

## Categoria B

- $1 < de < 6$  mSv (dose equivalente = dose assorbita per fattore di qualità)

→ Medici autorizzati o competenti (DL 230/95, DL 626/94, DL 81/08)



# I LAVORATORI ESPOSTI

La novità introdotta dal DL 101/20 sancisce che i medici competenti possono continuare a svolgere tale attività, anche senza l'abilitazione (art. 138), per ulteriori 24 mesi.

Passato questo periodo di tempo (Dir. EURATOM 59/2013) solo il medico autorizzato potrà svolgere tale attività.

Per diventare medico autorizzato si dovrà sostenere un esame di abilitazione presso il Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali.



# ZONA CLASSIFICATA

- Ambiente di lavoro sottoposto a regolamentazione per motivi di protezione contro le radiazioni ionizzanti.
- Si distinguono in zone controllate o zone sorvegliate.
  - È *zona controllata* un ambiente di lavoro, sottoposto a regolamentazione per motivi di protezione dalle radiazioni ionizzanti, in cui si verificano le condizioni stabilite con il decreto di cui all'art. 133 (già art. 82), ed in cui l'accesso è segnalato e regolamentato.
  - È *zona sorvegliata* un ambiente di lavoro in cui può essere superato in un anno solare uno dei pertinenti limiti fissati per le persone del pubblico e che non è zona controllata.



# SORVEGLIANZA MEDICA

Può essere di due tipi:

- L'insieme delle visite mediche, delle indagini specialistiche e di laboratorio, dei provvedimenti sanitari adottati dal medico, al fine di garantire la protezione sanitaria dei lavoratori esposti.
- L'insieme dei dispositivi adottati, delle valutazioni, delle misure e degli esami effettuati, delle indicazioni fornite dall'esperto qualificato al fine di garantire la protezione sanitaria dei lavoratori e della popolazione.



# SORVEGLIANZA MEDICA

Il medico addetto alla sorveglianza è tenuto a:

- analizzare i rischi individuali connessi alla destinazione lavorativa;
- istituire ed aggiornare documenti sanitari e consegnarli all'INAIL alla cessazione del lavoro entro 9 mesi;
- consegnare al medico subentrante detti documenti alla cessazione dell'incarico;
- prestare consulenza al datore di lavoro per la messa in atto di infrastrutture e procedure idonee alla sorveglianza medica dei lavoratori, sia in condizioni normali che in caso di esposizioni accidentali o di emergenza.



# SORVEGLIANZA MEDICA

## DOCUMENTO SANITARIO PERSONALE (art. 140 DL 101/20)

Per ogni lavoratore il medico addetto alla sorveglianza deve istituire, aggiornare e consegnare un documento sanitario in cui sono compresi:

- i dati raccolti dalle visite preventive, periodiche e straordinarie;
- la destinazione lavorativa ed i rischi connessi e successivi mutamenti;
- le dosi ricevute in ogni circostanza (esposizione normali, accidentali o di emergenza), utilizzando i dati trasmessi dall'esperto qualificato.

I lavoratori hanno diritto ad accedere ai risultati delle valutazioni di dose, dell'introduzione di radionuclidi e degli esami medici e radiotossicologici che li riguardano, dietro richiesta.

Il documento sanitario personale è conservato sino alla data in cui il lavoratore compie e/o avrebbe compiuto il 75esimo anno di età e, in ogni caso, per almeno 30 anni dopo la cessazione del lavoro.



# SORVEGLIANZA MEDICA

- VISITE MEDICHE: preventive, periodiche e straordinarie (art. 136)

In base alle risultanze delle visite mediche il medico autorizzato esprime i seguenti giudizi (anche in modalità telematica):

- a. Idoneo
- b. Idoneo a determinate condizioni
- c. Non idoneo
- d. Lavoratore sottoposto a sorveglianza dopo la cessazione del lavoro (di esposizione alle radiazioni ionizzanti)

Avverso il giudizio in materia di idoneità medica alle radiazioni ionizzanti è ammesso ricorso entro il termine di 30 giorni dalla data di comunicazione del giudizio stesso al Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali (art. 145).



# SORVEGLIANZA MEDICA

SEGNALAZIONI DI INCIDENTI, ESPOSIZIONI, MALATTIE PROFESSIONALI (art. 142)

Il medico comunica all'ispettorato territoriale del lavoro e agli organi dell'SSN competenti per territorio i casi di malattia professionale entro 3 giorni dal momento in cui ne abbia effettuato la diagnosi.

I medici che refertano casi di neoplasie da loro ritenute causate dall'esposizione professionale alle RI trasmettono all'INAIL copia della relativa documentazione clinica, ovvero anatomopatologica, e quella inerente l'anamnesi lavorativa.



## Art. 162 - Formazione

1. Le università assicurano l'inserimento di adeguate attività didattiche in materia di radioprotezione del paziente nell'esposizione medica all'interno dei corsi di laurea di medicina e chirurgia, di odontoiatria, di tecniche di radiologia medica per immagini e radioterapia, dei diplomi di specializzazione in radiodiagnostica, radioterapia, medicina nucleare.
2. I professionisti sanitari che operano in ambiti direttamente connessi con l'esposizione medica e, limitatamente alle tematiche connesse ai criteri di giustificazione e appropriatezza, i medici di medicina generale e i pediatri di famiglia, devono seguire corsi di formazione in materia di radioprotezione del paziente nell'ambito della formazione continua.
4. I crediti specifici in materia di radioprotezione devono rappresentare almeno il 10% dei crediti complessivi previsti nel triennio per i medici specialisti, medici di medicina generale, pediatri di famiglia, tecnici sanitari di radiologia medica, infermieri e infermieri pediatrici, e almeno il 15% nel triennio per gli specialisti in fisica medica e per i medici specialisti e odontoiatri che svolgono attività complementare.

# DIRETTIVE



## Art. 143 - Provvedimenti

In caso di accertata inosservanza dei rispettivi compiti o dell'aggiornamento professionale periodico può essere disposta la sospensione non superiore ai 6 mesi dall'esercizio delle funzioni dell'esperto di radioprotezione o del medico autorizzato.

DIRETTIVE



# I LIMITI DI DOSE

## LAVORATORI ESPOSTI

- 20 mSv di dose efficace per anno solare
  - 20 mSv di dose equivalente al cristallino
  - 500 mSv di dose equivalente alla pelle
  - 500 mSv di dose equivalente per le estremità

## APPRENDISTI/STUDENTI

- > 18 anni allora come lavoratori esposti
- tra 16 e 18 anni allora 6 mSv di dose efficace per anno solare
  - 15 mSv di dose equivalente al cristallino
  - 150 mSv di dose equivalente alla pelle
  - 150 mSv di dose equivalente per le estremità
- < 18 anni allora i limiti di dose efficace e dose equivalente sono uguali alla metà di quelli stabiliti al comma 7 (“limiti di dose di esposizione per individui della popolazione”):
  - 1 mSv di dose efficace per anno solare
  - 15 mSv di dose equivalente al cristallino
  - 50 mSv di dose equivalente alla pelle su 1 cm<sup>2</sup>



# RADIOPROTEZIONE - PRINCIPI FONDAMENTALI

Livello sanitario	Popolazione (milioni)	Dose efficace annua per persona da diagnostica (mSv)		Dose efficace collettiva annua da diagnostica ( $10^3$ Sv-uomo)	
		Medica	Dentale	Medica	Dentale
I	1350	I	0,01	1300	14
II	2630	0,1	0,001	290	3
III	850	0,04	0,0003	40	0,3
IV	460	0,04	0,0003	20	0,1
Totale	5290	-	-	1650	17,4
Media	-	0,3	0,003	-	-

Dosi efficaci stimate per la popolazione mondiale a seguito di esami diagnostici medici e dentali.



Esame	Numero esami per 1000 persone	Dose efficace per esame (mSv)	Dose efficace collettiva annua (Sv-uomo)	Contributo alla dose collettiva totale (%)
Addome	32	1,1	44700	4
Anca/femore	12	0,92	15300	1
Angiografia	6	6,8	57300	5
Colecistografia	9	1,5	18100	1
Colonna lombo-sacrale	54	1,7	122000	10
Cranio	40	0,16	8560	0,7
Estremità	121	0,06	10600	0,8
Fluoroscopia del torace	33	0,98	43100	3
Mammografia	12	1,0	17000	1
Pelvi	21	1,2	32800	3
Radiografie del torace	171	0,14	31500	2
Schermografia torace	260	0,52	182000	14
Tomografia comput.	39	4,3	224000	18
Tratto digerente inf.	11	7,2	112000	9
Tratto digerente sup.	52	4,1	285000	23
Urografia	14	3,1	58200	5
<b>Totale</b>	<b>887</b>	<b>-</b>	<b>1265000</b>	
Media per esame	-	1,05	-	
Dose efficace media per persona	-	0,93	-	

Dose efficace collettiva mondiale da esami diagnostici a raggi X nei paesi più sviluppati (livello sanitario I).



# RADIOPROTEZIONE - PRINCIPI FONDAMENTALI

Fonte energetica	Dose efficace collettiva normalizzata (Sv-uomo/Gwa)
Carbone	20
Petrolio	0,5
Gas naturale	0,03
Energia geotermica	2
Torba	2

Gwa = energia totale prodotta da un impianto da 1 GW funzionante ininterrottamente per un anno (1 Gwa = 8,76 miliardi di kWh).

Dose efficace collettiva per unità di energia non nucleare.



# OBBLIGHI DEL DATORE DI LAVORO

- Il datore di lavoro deve provvedere alla sorveglianza dei lavoratori mediante esperti qualificati e medici autorizzati.
- Esperto qualificato = è colui che svolge la sorveglianza fisico-tecnica della radioprotezione, azione mirata alla realizzazione della protezione sanitaria dei lavoratori e della popolazione contro le radiazioni.
- Medico autorizzato = è responsabile della sorveglianza medica dei lavoratori.

