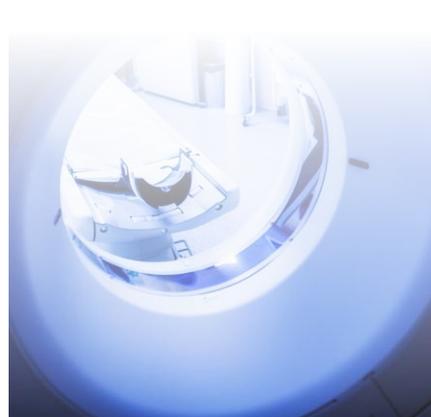
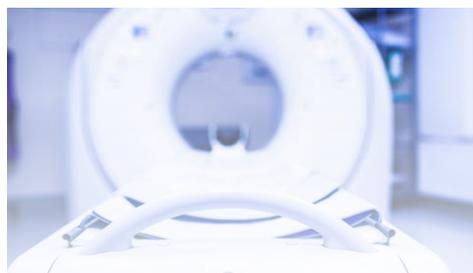




SERVIZIO SANITARIO REGIONALE  
EMILIA-ROMAGNA  
Azienda Unità Sanitaria Locale di Piacenza

Direttore Generale  
Dott. Luca Baldino

# LA RADIOPROTEZIONE DELL'OPERATORE



# E

# LE NORME

# DI SICUREZZA



[secondo il

D.Lgs.

101/2020]



# A Cura di:

---

**Dott. C. Giordano**

(Direttore ff U.O.C. Fisica Sanitaria AUSL Piacenza, specialista in Fisica Medica, esperto di Radioprotezione)

**Dott. F. Pugliese**

(Direttore U.O.C. Servizio di Prevenzione e Protezione AUSL Piacenza)

**Dott. ssa J. Camatti**

(Dirigente Medico SPP, AUSL Piacenza)

**Dott. ssa S. Vitali**

(Dirigente Fisico U.O.C. Fisica Sanitaria AUSL Piacenza)

**Dott. E. Michieletti**

(Direttore U.O.C. Radiologia Piacenza AUSL Piacenza)

**Dott. G. Scaglione**

(Dirigente Medico, Responsabile U.O.S. Medicina del Lavoro e Radioprotezione, AUSL Piacenza)

## **e con la supervisione di:**

**Dott. F. Maserati**

(Direzione Assistenziale AUSL Piacenza )

**Dott. P. Anselmi**

(Dirigente Professioni Sanitarie, Area Tecnico Diagnostica, AUSL Piacenza)

**Dott. E. Carella**

(Direttore U.O.C. Radiologia Val d'Arda AUSL Piacenza)

**Dott. G. Marchesi**

(Direttore U.O.C. Radiologia Val Tidone AUSL Piacenza)

**Dott. G. Pedrazzini**

(Direttore Sanitario Aziendale AUSL Piacenza)

realizzazione grafica: F. Summo

# Presentazione

---

L'Azienda USL di Piacenza ha avuto sempre come priorità l'adeguamento allo stato dell'arte del parco tecnologico, nel campo della produzione di immagini e, in generale, dell'impiego clinico delle radiazioni.

Recenti acquisizioni importanti sono state il nuovo acceleratore lineare per la radioterapia, una seconda risonanza magnetica per il presidio di Piacenza e, prossimamente, la PET per la medicina nucleare.

I raggi x e le sorgenti di radiazioni sono impiegati sempre più in ambito sanitario e questo richiede particolare cura nelle procedure di utilizzo e nelle verifiche. La gestione complessiva comporta una stretta collaborazione tra unità operative con competenze diverse, appartenenti ad ambiti clinici, tecnici, informatici e dedicati alla sicurezza, sia del paziente che dei lavoratori. La nuova normativa sulla radioprotezione costituisce un'innovazione anche in questo senso, richiedendo una multidisciplinarietà nell'applicazione del decreto. Il presente manuale, oltre ad essere un adempimento di legge, vuole fornire informazioni di carattere generale ed essere un ausilio pratico per chi quotidianamente utilizza fonti di radiazioni.

Il Direttore Generale AUSL Piacenza  
(Ing. Luca Baldino)

# Prefazione

---

Il recepimento della direttiva europea n. 59 del 2013, avvenuto nel 2020 attraverso il Dlgs 101, ha comportato l'abrogazione dei Dlgs 230/95 (radioprotezione lavoratori), 241/00 (decreti applicativi), 187/00 (protezione del paziente) e 52/07 (sorgenti ad alta attività). Il decreto è scritto in modo da ben interfacciarsi con l'esistente legislazione sulla sicurezza sul lavoro (Dlgs 81/08). In particolare, sono mutate da quel decreto la definizione di lavoratore, la delegabilità o la non delegabilità di alcune funzioni da parte del datore di lavoro, una maggiore responsabilizzazione da parte di dirigenti e preposti, che diventano oggetto anche di formazione ad hoc.

Il nuovo decreto introduce diverse novità rispetto alla legislazione precedente. In particolare vi sono il nuovo limite di dose al cristallino di 20 mSv, norme più precise relative alla formazione, sia per dirigenti e preposti, che per i lavoratori, e un approccio interdisciplinare e più moderno nella radioprotezione del paziente, dove diviene essenziale la collaborazione tra Specialista in Fisica Medica, Esperto di radioprotezione e medico specialista. Il processo di giustificazione dell'esposizione medica ha inizio dal medico prescrivente, che può essere il Medico di Medicina Generale, e termina con la responsabilità del medico specialista. La refertazione rimane sotto la responsabilità esclusiva dello specialista in radiologia o medicina nucleare. Peculiari attribuzioni sono assegnate ai tecnici sanitari di radiologia, mentre è previsto il coinvolgimento dello specialista in fisica medica in maniera proporzionale al rischio radiologico associato alle varie pratiche. Quest'ultimo partecipa al processo di ottimizzazione, insieme al medico specialista e ai professionisti sanitari direttamente coinvolti nelle procedure mediche radiologiche. La sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti, fin a ora oggetto del medico competente e del medico autorizzato, è affidata completamente alla figura del medico autorizzato, indipendentemente dalla classificazione dei lavoratori. L'esercizio di questa professione è subordinato al superamento di un esame di carattere ministeriale.

Infine vi è un'attenzione particolare ai programmi di screening, alle procedure non standardizzate di medicina nucleare, alle procedure ad alte dosi di radiologia interventistica, agli esami pediatrici e ai trattamenti radioterapeutici.

Il presente manuale comprende alcune parti della normativa relativa alla radioesposizione dei lavoratori e alle esposizioni mediche, accompagnate da elementi di effetti biologici delle radiazioni e di sorveglianza medica dei lavoratori. Infine vi è una raccolta delle norme interne di radioprotezione inerenti alle varie tipologie di apparecchiature.

Dott. Carlo Giordano  
(Direttore ff Fisica Sanitaria)

Dott. Franco Pugliese  
(Direttore Dipartimento Sicurezza)

# Sezione Generale



Le radiazioni elettromagnetiche si propagano alla velocità della luce. In relazione alla loro frequenza (e quindi alla loro energia) vengono classificate in:

- Onde radio
- Onde radar
- Microonde
- Raggi infrarossi
- Luce visibile
- Raggi ultravioletti
- Raggi X
- Raggi  $\gamma$

## Perché ionizzanti?

L'energia viene ceduta dalle radiazioni agli elettroni e ciò determina la formazione di uno ione. L'elettrone libero produce successive ionizzazioni negli atomi che incontra.

Per convenzione si ritengono ionizzanti le radiazioni con energia pari almeno a 12eV

## Capacità di penetrazione

La radiazione corpuscolare  $\alpha$  è fermata completamente dalla cute, poiché rilascia tutta la sua energia in breve spazio; è quindi pericolosa per contaminazioni interne, circa allo stesso modo si comporta la radiazione  $\beta$ . I fotoni X e  $\gamma$  rilasciano la loro energia lungo un percorso maggiore e quindi sono fermati da spessori di materia più consistenti; la loro pericolosità è dunque rilevante anche per irraggiamenti esterni.

## Dose di radiazioni

La dose è la quantità di energia assorbita per unità di massa di tessuto e la sua unità di misura è il Gray (Gy). L'unità di misura della dose, relativamente al corpo umano, è la **Dose Equivalente** che è dato dal prodotto della dose per un fattore che tiene conto della pericolosità della radiazione presa in esame; la sua unità di misura è il Sievert (Sv).

Nella tabella sotto riportata sono indicati i fattori per il calcolo della Dose Equivalente.

Tipo e intervallo di energia		Fattori di peso (ICRP 103)
Fotoni, tutte le energie		1
Elettroni e muoni, tutte le energie		1
Neutroni, energia (En)	< 1 MeV	$2.5+18.2e^{-[\ln(En)]^2/6}$
	1 MeV – 50 MeV	$5.0+17.0e^{-[\ln(2En)]^2/6}$
	> 50 MeV	$2.5+3.25e^{-[\ln(0.04En)]^2/6}$
Protoni e pioni carichi		2
Particelle alfa, frammenti di fissione, nuclei pesanti		20

Esiste inoltre un altro tipo di grandezza che riveste particolare importanza ed è la Dose Efficace che tiene conto della diversa sensibilità degli organi del corpo prodotto della Dose Equivalente per un fattore legato alla radiosensibilità specifica dell'organo preso in esame.

Nella prossima tabella sono riportati i fattori di radiosensibilità di alcuni organi.

Tessuto o organo	Fattori di peso (D.Lgs n° 101/2020)
Gonadi	0,08
Midollo osseo (rosso)	0,12
Colon	0,12
Polmone (vie respiratorie toraciche)	0,12
Stomaco	0,12
Vescica	0,04
Mammella	0,12
Fegato	0,04
Esofago	0,04
Tiroide	0,04
Cute	0,01
Superfici ossee	0,01
Cervello	0,01
Ghiandole salivari	0,01
Rimanenti organi o tessuti	0,12

## Strumenti di misura della dose

Gli strumenti di misura delle radiazioni ionizzanti consentono di valutare l'entità dell'irradiazione.

### Essi si distinguono in:

- Strumenti per dosimetria ambientale
- Strumenti per dosimetria individuale
- Strumenti per valutazioni contaminazioni

## Questi strumenti possono altresì essere distinti in:

- Pellicole fotografiche o termoluminescenti impiegati per dosimetria personale
- Camere a ionizzazione impiegate per dosimetria clinica e ambientale
- Rivelatori allo stato solido impiegati per dosimetria clinica e spettrometria
- Rivelatori a scintillazione impiegati per dosimetria personale, diagnostica e valutazione di contaminazioni.



dosimetro personale



contatore Geiger



camera a ionizzazione

**Sorgenti di radiazioni:** in ambito sanitario le sorgenti di radiazione sono rappresentate dalle macchine radiogene impiegate in radiodiagnostica e radioterapia e dalle sostanze radioattive impiegate in medicina nucleare come traccianti. Nelle apparecchiature radiogene l'energia dei raggi X è funzione della differenza di potenziale anodo-catodo e l'intensità del fascio X dipende dal numero di elettroni che collide contro l'anodo nell'unità di tempo, è quindi regolata dalla corrente impostata (mA).

**Radioattività:** processo di trasformazione spontanea del nucleo atomico, con emissioni corpuscolari e/o elettromagnetiche. L'attività delle sorgenti radioattive decresce progressivamente col tempo. Il periodo di dimezzamento  $T_{1/2}$  è il tempo che deve trascorrere affinché l'attività della sorgente sia ridotta alla metà del suo valore iniziale. L'unità di misura della radioattività è il Becquerel (Bq), che corrisponde a una disintegrazione nucleare al secondo.

### Modalità d'irraggiamento

Si distinguono in:

- Irraggiamento esterno
- Contaminazione interna ed esterna.

### Irraggiamento esterno

Per irradiazione esterna s'intende l'esposizione del corpo intero o di parte di esso alle radiazioni emesse da una sorgente di radiazioni ( $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\beta$ ) presente nell'ambiente esterno. Si possono distinguere due componenti di radiazione: la radiazione diretta emessa dalla sorgente radiante e la **radiazione diffusa** emessa dal corpo colpito dalla **radiazione diretta**.

I fattori che agiscono sul livello d'irradiazione esterna sono:

- **la distanza dalla sorgente:** la dose da radiazioni ricevuta da un individuo è inversamente proporzionale al quadrato della distanza dell'individuo dalla sorgente;
- **il tempo:** la dose di esposizione è direttamente proporzionale al tempo;
- **le schermature:** tutti i materiali attenuano l'intensità del fascio di radiazioni assorbendone una parte; qualsiasi schermo riduce sempre nella stessa misura l'intensità delle radiazioni, qualunque sia la sua distanza dalla sorgente di radiazioni.

Nella tabella sono riportati i fattori di attenuazione dei diversi spessori equivalenti di piombo dei camici in dotazione al personale radioesposto, in funzione dei kV impiegati.

Spessore in mm Pb	kV di picco		
	50	75	100
0,25 mm	250	20	10
0,50 mm	10000	200	50
1 mm	>10000	3000	300
2 mm	>>10000	>>10000	5000

### Contaminazione interna ed esterna

Per **contaminazione** s'intende l'inquinamento dell'organismo con sostanze radioattive non sigillate.

Si distinguono la contaminazione esterna (cutanea) e interna (dovuta a inalazione o ingestione).

Il tipo di contaminazione più frequente è quella dell'ambiente: aria, acqua, cibo, superfici di banchi di lavoro, ecc.

Le macchine radiogene e le sorgenti sigillate non producono contaminazione

# Sorveglianza fisica: normativa

## Principi fondamentali della radioprotezione

- **Giustificazione:** l'esposizione alle radiazioni deve essere giustificata dal beneficio che ne deriva.
- **Ottimizzazione:** l'esposizione alle radiazioni deve essere ridotta al livello più basso ragionevolmente possibile (compatibilmente con i costi che ciò comporta).
- **Limitazione:** le dosi non debbono superare i limiti previsti dalla normativa.

## Obblighi del datore di lavoro, dirigenti e preposti

I datori di lavoro, i dirigenti e i preposti devono attuare le misure di protezione e di sicurezza previste dal D.Lgs.101/20 e dai provvedimenti emanati in applicazione di esso.

Prima dell'inizio delle pratiche disciplinate dal decreto, il datore di lavoro acquisisce e sottoscrive una relazione redatta e firmata dall'esperto di radioprotezione una relazione scritta contenente:

- a) la descrizione della natura e la valutazione dell'entità dell'esposizione anche al fine della classificazione di radioprotezione dei lavoratori nonché la valutazione dell'impatto radiologico sugli individui della popolazione a seguito dell'esercizio della pratica;
- b) le indicazioni di radioprotezione incluse quelle necessarie a ridurre le esposizioni dei lavoratori in tutte le condizioni di lavoro e degli individui della popolazione conformemente al principio di ottimizzazione.

La relazione costituisce il documento di cui all'art. 28, comma 2, lettera a), del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, per gli aspetti relativi ai rischi di esposizione alle radiazioni ionizzanti ed è munita di data certa, in qualsiasi modo attestata, nel rispetto dell'articolo 28, comma 2, del decreto legislativo n. 81 del 2008.

- Provvedono affinché gli ambienti di lavoro in cui sussiste il rischio da radiazioni vengano individuati, delimitati, segnalati, classificati in zone e che l'accesso a esse sia adeguatamente regolamentato.
- Provvedono affinché i lavoratori interessati siano classificati ai fini della radioprotezione dall'esperto di radioprotezione, informano i lavoratori stessi in merito alla loro classificazione.
- Predispongono norme interne di protezione e sicurezza adeguate al rischio di radiazioni e curano che copia di dette norme sia consultabile nei luoghi frequentati dai lavoratori, e in particolare nelle zone classificate.
- Forniscono ai lavoratori, ove necessari, i mezzi di sorveglianza dosimetrica e i dispositivi di protezione individuale in relazione ai rischi cui sono esposti e ne garantiscono lo stato di efficienza e manutenzione.
- Provvedono affinché ciascun lavoratore soggetto ai rischi derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti riceva un'adeguata informazione:
  - a) sui rischi per la salute e la sicurezza sul lavoro connessi all'attività svolta;

- b) sui nominativi del medico autorizzato e dell'esperto di radioprotezione;
  - c) sui rischi specifici cui è esposto in relazione all'attività svolta, sulle norme interne di protezione e sicurezza, sulle disposizioni aziendali in materia e sulle conseguenze legate al loro mancato rispetto;
  - d) sulle misure e sulle attività di protezione e prevenzione adottate;
  - e) sull'importanza dell'obbligo, per le lavoratrici esposte di comunicare tempestivamente il proprio stato di gravidanza;
  - f) sull'importanza per le lavoratrici esposte di comunicare l'intenzione di allattare al seno un neonato.
- Assicurano che ciascun lavoratore soggetto ai rischi derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, in relazione alle mansioni cui è addetto, riceva una formazione sufficiente e adeguata in materia di radioprotezione anche con eventuale addestramento specifico. La formazione e, ove previsto, l'addestramento specifico, sono effettuati, ove possibile, sul luogo di lavoro e devono avvenire con periodicità almeno triennale, e comunque in occasione:
    - a) della costituzione del rapporto di lavoro o dell'inizio dell'utilizzazione qualora si tratti di somministrazione di lavoro;
    - b) del trasferimento o cambiamento di mansioni;
    - c) dell'introduzione di nuove attrezzature di lavoro o di nuove tecnologie che modifichino il rischio di esposizione alle radiazioni ionizzanti

### **Obblighi dei lavoratori**

- Contribuiscono, insieme al datore di lavoro, ai dirigenti e ai preposti, all'adempimento degli obblighi previsti a tutela della salute e della sicurezza sui luoghi di lavoro.
- Osservano le disposizioni e le istruzioni impartite dal datore di lavoro, dai dirigenti o dai preposti, ai fini della protezione collettiva e individuale, secondo le mansioni quali sono addetti.
- Usano secondo le specifiche istruzioni ricevute i dispositivi di sicurezza, di protezione e di sorveglianza dosimetrica predisposti o forniti dal datore di lavoro.
- Segnalano immediatamente al datore di lavoro, al dirigente o al preposto la mancanza, l'insufficienza o il mancato funzionamento dei dispositivi e dei mezzi di sicurezza, di protezione e di sorveglianza dosimetrica, nonché le eventuali condizioni di pericolo cui vengono a conoscenza.
- Si astengono dal compiere, di propria iniziativa, operazioni o manovre che non sono di loro competenza o che possono compromettere la protezione e la sicurezza propria o di altri lavoratori.
- Si sottopongono alla sorveglianza sanitaria.
- Partecipano ai programmi di formazione e di addestramento organizzati dal datore di lavoro.
- Segnalano immediatamente al datore di lavoro, al dirigente o al preposto la mancanza, l'insufficienza o il mancato funzionamento dei dispositivi e dei mezzi di sicurezza, di protezione e di sorveglianza dosimetrica, nonché le eventuali condizioni di pericolo cui vengono a conoscenza.

- Si astengono dal compiere, di propria iniziativa, operazioni o manovre che non sono di loro competenza o che possono compromettere la protezione e la sicurezza propria o di altri lavoratori.
- Si sottopongono alla sorveglianza sanitaria.
- Partecipano ai programmi di formazione e di addestramento organizzati dal datore di lavoro.
- I lavoratori esposti che svolgono per più datori di lavoro attività che li espongono al rischio da radiazioni ionizzanti, informano ciascun datore di lavoro delle attività che svolgono o hanno svolto in passato presso gli altri datori di lavoro.
- I lavoratori esterni di categoria A esibiscono il libretto personale di radioprotezione all' esercente le zone controllate prima di effettuare le prestazioni per le quali sono stati chiamati.

### **Compiti dell'esperto di radioprotezione**

**L'esperto di radioprotezione**, nell'esercizio della sorveglianza fisica per conto del datore di lavoro:

- effettua la valutazione preventiva dei rischi di cui all'articolo 109.
- Effettua l'esame e la verifica delle attrezzature, dei dispositivi di protezione e dei mezzi di misura, e in particolare:
  - procede all'esame preventivo e rilascia il relativo benestare sui progetti di nuove installazioni e di modifiche rilevanti dal punto di vista protezionistico;
  - effettua la prima verifica, dal punto di vista della sorveglianza fisica, di nuove installazioni e delle eventuali modifiche apportate alle stesse;
  - esegue la verifica periodica delle buone condizioni di funzionamento degli strumenti di misura e dell'efficacia dei dispositivi e delle procedure di radioprotezione;
  - effettua la verifica di conformità degli strumenti ai requisiti di legge.
- Effettua una sorveglianza ambientale di radioprotezione nelle zone controllate e sorvegliate, e, ove appropriato, nelle zone confinanti.
- Procede alla valutazione delle dosi e delle introduzioni di radionuclidi relativamente ai lavoratori esposti.
- Verifica che il personale delegato impieghi in maniera corretta gli strumenti e i mezzi di misura e svolga le attività delegate secondo le procedure definite.
- Svolge l'attività di sorveglianza sullo smaltimento dei materiali che soddisfano le condizioni di allontanamento.
- Assiste, nell'ambito delle proprie competenze, il datore di lavoro:
  - nella predisposizione dei programmi di sorveglianza individuale nonché nell'individuazione delle tecniche di dosimetria personale appropriate;
  - nella predisposizione del programma di garanzia della qualità finalizzato alla radioprotezione dei lavoratori e degli individui della popolazione;
  - nella predisposizione del programma di monitoraggio ambientale;
  - nella predisposizione delle procedure per la gestione di rifiuti radioattivi;
  - nella predisposizione delle procedure di prevenzione d'inconvenienti e d'incidenti, e di risposta nelle situazioni di emergenza;

- nella definizione dei programmi di formazione e aggiornamento dei lavoratori;
  - nell'esame e nell'analisi degli infortuni, delle situazioni incidentali e nell'adozione delle azioni di rimedio appropriate;
  - nell'individuazione delle condizioni di lavoro delle lavoratrici in stato di gravidanza e in periodo di allattamento.
- Per pratiche che comportano esposizioni a scopo medico, coordinandosi con lo specialista in fisica medica:
    - effettua la sorveglianza fisica di radioprotezione dei lavoratori e degli individui della popolazione;
    - fornisce indicazioni al datore di lavoro in merito all'ottimizzazione della protezione dei lavoratori.

La valutazione delle dosi individuali da esposizioni esterne per i lavoratori esposti deve essere eseguita mediante uno o più apparecchi di misura individuali nonché in base ai risultati della sorveglianza ambientale, mentre quelli derivanti da esposizione interna deve essere eseguita in base a idonei metodi fisici e/o radiotossicologici.

La valutazione della dose equivalente al cristallino, alle estremità e alla cute deve essere effettuata mediante uno o più apparecchi di misura individuali.

L'esperto di radioprotezione comunica per iscritto al medico autorizzato, almeno ogni sei mesi, le valutazioni delle dosi ricevute o impegnate dai lavoratori di categoria A e, con periodicità almeno annuale, quelle relative agli altri lavoratori esposti. In caso di esposizione accidentale o di emergenza la comunicazione deve essere immediata.

L'esperto di radioprotezione deve inoltre procedere alle analisi e valutazioni necessarie ai fini della sorveglianza fisica della protezione degli individui della popolazione e in particolare effettuare la valutazione preventiva dell'impegno di dose derivante dall'attività e, in corso di esercizio, delle dosi ricevute o impegnate dall'individuo rappresentativo della popolazione in condizioni normali, con frequenza almeno annuale, nonché la valutazione delle esposizioni in caso di eventi anomali o incidentali.

In base alle valutazioni relative all'entità del rischio, l'esperto di radioprotezione indica con apposita relazione scritta al datore di lavoro:

- l'individuazione e la classificazione delle zone;
- la classificazione dei lavoratori, previa definizione da parte del datore di lavoro delle attività che questi debbono svolgere;
- la frequenza delle valutazioni, che deve essere almeno annuale;
- tutti i provvedimenti di cui ritenga necessaria l'adozione al fine di assicurare la sorveglianza fisica dei lavoratori e sposti e della popolazione;
- la valutazione delle dosi ricevute e impegnate per tutti i lavoratori esposti e per gli individui dei gruppi di riferimento.

## Limiti di Dose



- **Persone del Pubblico e Lavoratori non esposti**

Limite di dose → Rischio massimo accettabile

Persone del pubblico → Individui della popolazione  
Lavoratori non esposti

◇ **Dose efficace** ——— 1 mSv/anno

◇ **Dose equivalente per organo**  
Cristallino: ——— 15 mSv/anno  
Pelle: ——— 50 mSv/anno

- **Lavoratori esposti**

Lavoratori esposti → persone sottoposte a un'esposizione che può comportare dosi superiori ai limiti fissati per le persone del pubblico.

Lavoratori esposti di Categoria A → suscettibili di ricevere dosi maggiori del valore fissato.

La **I.C.R.P.** (International Commission on Radiological Protection) ha proposto come rischio lavorativo massimo accettabile, da radiazioni ionizzanti, uno pari a quello che si ritrova in professioni considerate sicure (rischio annuale di morte inferiore a  $10^{-4}$ ).

Secondo l'**I.C.R.P.** si può ipotizzare che irradiando un milione di persone con 10 mSv sono attesi circa 100 casi di tumore.

◇ **Dose efficace** 20 mSv/anno

◇ **Dose equivalente per organo**  
Cristallino: 20 mSv/anno  
Pelle e arti: 500 mSv/anno



- **Lavoratori Esposti di Categoria A**

◇ **Dose efficace** > 6 mSv/anno

◇ **Dose equivalente per organo**  
Cristallino: >15 mSv/anno  
Pelle ed estremità: > 3/10 dei limiti

- **Lavoratori Esposti di Categoria B**

◇ **Dose efficace** > 1 mSv/anno; < 6 mSv/anno

### **Limiti per la classificazione delle aree**

- Zona Controllata: possibile esposizione superiore ai 6 mSv/anno
- Zona Sorvegliata: possibile esposizione compresa tra 1 e 6 mSv/anno

Le zone classificate vengono contrassegnate con la relativa segnaletica internazionale.

# Sorveglianza fisica: aspetti operativi

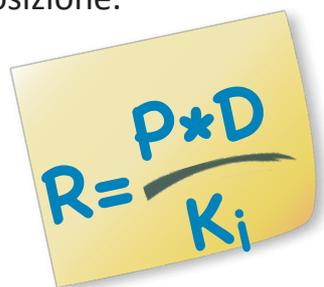
La **sorveglianza fisica** della radioprotezione dei lavoratori e della popolazione deve essere effettuata ove le attività svolte comportino la classificazione degli ambienti di lavoro o degli operatori come lavoratori esposti.

Essa si articola nelle seguenti voci:

- Valutazione dei Rischi
- Controlli periodici
- Gestione dei Dispositivi di Protezione
- Dosimetria individuale
- Norme di Comportamento

## Valutazione del rischio

L'**indice di rischio** viene tradizionalmente determinato mediante una formula che tiene conto della probabilità di accadimento **P**, del danno **D** (inteso come magnitudo) e del fattore **K<sub>i</sub>**, rappresentato da qualità e quantità di formazione, informazione e addestramento. L'elemento discriminante su cui si basa la distinzione tra pericolo e rischio è rappresentato dall'esposizione.


$$R = \frac{P * D}{K_i}$$

## Controlli periodici

- Dosimetrici: sono effettuati sulle apparecchiature radiologiche di scopia e grafia.
- Ambientali: sono effettuati negli ambienti in cui vengono impiegate le apparecchiature radiologiche e contemplano anche verifiche su:
  - Cartellonistica e norme interne
  - Microswitch e interruttori di emergenza
  - Luci di segnalazione
  - Barriere protettive
  - Sistemi di diaframmazione per radioscopia
  - Radiazioni indesiderate
  - Distanza paziente-interruttore di posa
  - Sistemi di limitazione di campo RX

## Gestione dei Dispositivi di Protezione

I **dispositivi di protezione** devono essere utilizzati in modo appropriato al fine di ridurre il rischio residuo. Di detti dispositivi anti-X fanno parte accessori come gli occhiali, i guanti,

i camici, le barriere fisse e mobili e le barriere visive.

### **Dosimetria individuale**

La **dosimetria individuale** viene effettuata mediante l'impiego di badge a film o TLD oppure mediante dosimetri a lettura diretta come penne dosimetriche.

Essi sono utilizzati per:

- Valutazione della dose assorbita
- Monitoraggio dell'attività a rischio di esposizione
- Protezione indiretta dell'operatore

I dosimetri personali devono possedere le seguenti caratteristiche:

- Alta sensibilità e risoluzione
- Ampio range e bassa soglia di rivelazione
- Risposta lineare con la dose
- Indipendenza dalla qualità del fascio
- Omogeneità, riproducibilità, fading ridotto

Per un'attenta valutazione della dose assorbita, è fondamentale il loro corretto utilizzo da parte del lavoratore, a tal fine occorre porre particolare attenzione a:

- Posizionamento
- Periodo di utilizzo
- Esposizione alla luce
- Esposizione a fonti di calore
- Sterilizzazione

Assicurarsi che, durante l'esecuzione dell'esame, all'interno del locale rimangano solo le persone che sono strettamente necessarie. Coloro che non possono allontanarsi dal fascio radiogeno devono sempre indossare il camice protettivo in materiale piombo equivalente.

Assicurarsi che quanti permangono nella sala durante l'erogazione raggi siano stati preventivamente classificati dall'esperto di radioprotezione dell'Azienda.

Nel caso in cui sia necessario assistere il paziente durante l'esecuzione dell'indagine tale funzione dovrà essere assolta dai lavoratori classificati esposti, solo nel caso in cui non sia possibile richiedere l'intervento di un volontario di cui va raccolto preventivamente il consenso esplicito all'esposizione volontaria. In ogni caso, il fascio diretto non deve essere rivolto verso chi collabora all'esecuzione dell'esame.

Durante l'esecuzione di esami radiografici devono essere necessariamente attivi i segnalatori luminosi posti all'esterno delle porte di accesso alla diagnostica (non si applica per le sale di degenza) e i microinterruttori delle porte, ove prescritti dall'esperto di radioprotezione.

E' vietato l'accesso al locale quando siano attivati i segnalatori luminosi citati al punto precedente.

Nel caso di esami su apparecchi mobili effettuare l'erogazione raggi ponendosi a una distanza di almeno 2 metri dall'asse del fascio utilizzando il comando a distanza. Far allontanare, quando è possibile, i pazienti dai letti più vicini.

Diaframmare in modo che il fascio di raggi X sia completamente compreso nella superficie del rivelatore d'immagini. Utilizzare lo stativo porta lastre in tutti i casi in cui ciò sia possibile.

Chi esegue gli esami radiografici deve verificare il perfetto funzionamento dell'apparecchio radiologico e comunque segnalare tempestivamente all'esperto di radioprotezione o alla U.O. di Fisica Sanitaria ogni difetto di funzionamento che implichi possibilità di sovraesposizione.

Tali segnalazioni vanno inoltrate a:



SERVIZIO SANITARIO REGIONALE  
EMILIA ROMAGNA  
Azienda Unità Sanitaria Locale di Piacenza

U.O. Fisica Sanitaria Azienda USL di Piacenza; Via Taverna, 49 29100 Piacenza  
Tel.0523-302695 e Fax 0523/302680

Alla UO Fisica Sanitaria

Con la presente si segnala che:

DATA \_\_\_\_\_

LUOGO \_\_\_\_\_

EDIFICIO \_\_\_\_\_

SALA \_\_\_\_\_

FATTO

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

In fede

**FAC SIMILE**

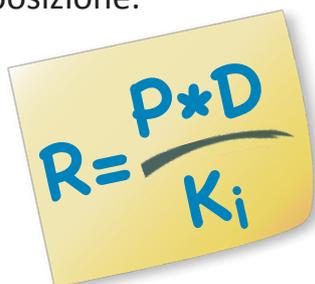
# Sorveglianza medica della radioprotezione

- Eliminare i rischi
- Ridurre i rischi alla fonte
- Programmazione e prevenzione
- Sostituire pericoloso con meno pericoloso
- Rispetto dell'ergonomia
- Priorità misure di protezione collettiva rispetto a quelle individuali
- Limitare il numero di lavoratori esposti al rischio
- Limitare l'uso di agenti
- Controllo sanitario
- Allontanamento dei lavoratori
- Misure igieniche
- Misure di protezione
- Misure di emergenza
- Segnali di sicurezza e avvertimento
- Manutenzione regolare
- Informazione – formazione

## Concetto di rischio in generale

Preliminarmente si precisa che per «pericolo» s'intende la proprietà o qualità intrinseca di un determinato agente avente il potenziale di causare danni per la salute; si parla pertanto di una proprietà intrinseca / potenziale. Per «rischio» s'intende la probabilità che sia raggiunto il livello potenziale di danno nelle condizioni di impiego o di esposizione di un determinato agente; il concetto si riferisce quindi a un concetto probabilistico / di stima.

L'indice di rischio viene tradizionalmente determinato mediante una formula che tiene conto della probabilità di accadimento P, del danno D (inteso come magnitudo) e del fattore  $K_i$ , rappresentato da qualità e quantità di formazione, informazione e addestramento. L'elemento discriminante su cui si basa la distinzione tra pericolo e rischio è rappresentato dall'esposizione.


$$R = \frac{P * D}{K_i}$$

Occorre premettere che per esposizione s'intende il prodotto del livello (espresso come quantità ovvero concentrazione ovvero intensità) per tempo (espresso come durata ovvero come frequenza).

La stratificazione tiene conto del fatto che l'esposizione ecceda o no il livello limite e il livello di azione. Ciò consente di definire quattro intervalli di rischio in riferimento all'esposizione.



**Colore bianco = non applicabile**

La **probabilità** di un evento è il rapporto fra numero dei casi favorevoli all'evento e il numero dei casi possibili, purché tutti i casi considerati siano egualmente possibili. Per quanto attiene alla graduazione del rischio in funzione della probabilità, si distinguono quattro possibili outcomes (1 – improbabile, 2 – poco probabile, 3 – probabile, 4 – altamente probabile).

## SCALA DELLA PROBABILITA' (P)

### 1 Improbabile

La carenza rilevata può provocare un danno solo per la concomitanza di più eventi poco probabili indipendenti.

Non sono noti episodi già verificatisi.

### 2 Poco probabile

La carenza rilevata può provocare un danno solo in circostanze fortuite di eventi.

Sono noti rarissimi episodi già verificatisi.

### 3 probabile

La carenza rilevata può provocare un danno, anche se non in modo automatico diretto.

E' noto qualche episodio in cui alla carenza ha fatto seguito un danno.

## 4 Altamente Probabile

Esiste una correlazione diretta tra la carenza rilevata e il verificarsi del danno ipotizzato per i lavoratori.

Si sono già verificati danni per la stessa carenza rilevata in Azienda o in organizzazioni simili o in situazioni operative simili.

Per quanto di pertinenza della graduazione del rischio in funzione della magnitudo, anche in questo caso si distinguono quattro possibili outcomes (1 – lieve, 2 – medio, 3 – grave, 4 – gravissimo).

## SCALA DELLA MAGNITUDO (D)

### 1 Lieve

Infortunio o episodio di esposizione acuta con una inabilità rapidamente reversibile.

Esposizione cronica con effetti reversibili.

### 2 Medio

Infortunio o episodio di esposizione acuta con inabilità reversibile.

Esposizione cronica con effetti reversibili.

### 3 Grave

Infortunio o episodio di esposizione acuta con effetti di invalidità parziale.

Esposizione cronica con effetti irreversibili e/o parzialmente invalidanti.

### 4 Gravissimo

Infortunio o episodio di esposizione acuta con effetti letali o di invalidità totale

Esposizione cronica con effetti letali e/o totalmente invalidanti.

Ki costituisce un fattore di modulazione dell'intensità del rischio, infatti esso determina l'appropriatezza e la consapevolezza del comportamento a fronte del rischio da parte del lavoratore che presta servizio singolarmente ovvero in equipe. Per quanto attiene alla graduazione del rischio in funzione di Ki, si rilevano cinque possibili diversi outcomes.

## SCALA di Ki

**1,0** – mancanza o insufficienza di informazione o solo informazione non assistita (cartellonistica, opuscoli....)

**1,2** – informazione assistita a meno del 50% degli addetti

**1,4** – informazione assistita a + del 50% degli addetti

**1,6** – formazione e addestramento ad almeno il 50% degli addetti nell'unità operativa

**1,8** – Massimo di informazione, formazione e addestramento

Il rischio viene pertanto espresso numericamente; valori pari o eccedenti il 9 corrispondono a rischio elevato; valori ricompresi tra 4 e 9 a rischio medio; valori pari o inferiori a 4 a rischio basso.

$$R = \frac{P * D}{K_i}$$

$$R \geq 9$$

$$4 \leq R < 9$$

$$R < 4$$

## Colore bianco = non applicabile

Sotto il profilo delle ricadute operative, è possibile segnalare quanto di seguito riportato:

- **R > 8:** Azioni correttive indilazionabili.
- **4 ≤ R ≤ 8:** Azioni correttive necessarie da programmare con urgenza.
- **2 ≤ R ≤ 3:** Azioni correttive e/o migliorative da programmare nel breve-medio termine.
- **R = 1:** Azioni migliorative da valutare in fase di programmazione.

### Normativa

La sorveglianza sanitaria della radioprotezione è 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.

Il datore di lavoro deve provvedere ad assicurare mediante uno o più medici autorizzati detta sorveglianza medica dei lavoratori esposti e degli apprendisti e studenti.

La sorveglianza medica di tutti i lavoratori esposti, siano essi classificati in categoria A o in categoria B, è assicurata tramite medici autorizzati.

## **Definizione di Medico autorizzato e di Sorveglianza Sanitaria**

I profili di tutela legislativamente previsti in favore del lavoratore radio-esposto ed attualmente vigenti risultano normati dal D. Lgs. 101/2020, che all'art. 7 prevede che per "Medico Autorizzato" si intenda il "medico responsabile della sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti" e che la "Sorveglianza Sanitaria" debba essere intesa come "insieme degli atti medici adottati dal medico autorizzato finalizzati a garantire la protezione sanitaria dei lavoratori esposti". A norma dell'art. 108, la nomina del Medico Autorizzato rientra nel novero degli obblighi "non delegabili" del Datore di Lavoro. Questa disposizione va pertanto a tracciare una linea di demarcazione sotto il profilo della delegabilità tra nomina del Medico Autorizzato e nomina del Medico Competente (oggetto di trattazione dell'art. 18 D. Lgs. 81/08 e rientrante nell'ambito degli obblighi delegabili gravanti sul Datore di Lavoro; ex art. 25 D. Lgs. 81/08, i lavoratori non radio-esposti sono affidati al Medico Competente in termini di sorveglianza sanitaria).

## **Sorveglianza sanitaria**

Il comma 1 dell'art. 134 D. Lgs. 101/2020 introduce una significativa novità, laddove definisce che la Sorveglianza Sanitaria dei lavoratori radio-esposti venga affidata in via esclusiva alla figura del Medico Autorizzato, indipendentemente dalla classificazione degli stessi. Si ritiene opportuno precisare che, sino all'entrata in vigore del D. Lgs. 101/2020, la sola Sorveglianza Sanitaria dei lavoratori radio-esposti classificati in Categoria A era appannaggio specifico del Medico Autorizzato, mentre la Sorveglianza Sanitaria dei lavoratori di Categoria B poteva essere effettuata anche dal Medico Competente. Sul piano definitorio, i riferimenti normativi che attengono alla distinzione tra lavoratore radio-esposto e lavoratore non radio-esposto, nonché alla classificazione tra lavoratori di Categoria A e lavoratori di Categoria B nell'ambito della coorte dei radio-esposti risultano oggetto di trattazione degli artt. 146 e 133. Sono infatti ivi contenuti i limiti di dose che consentono di operare le opportune discriminazioni. Le modifiche introdotte in materia di compiti propri del Medico Autorizzato trovano un razionale logico secondo più ordini di considerazioni: 1] in primo luogo, il Medico Autorizzato presenta un profilo professionale la cui specifica preparazione, in accordo ai dettami Europei ("whose capacity to act in that respect is recognized by the competent authorities" – Dir. EURATOM 59/2013), viene sottoposta a debita verifica, come peraltro ribadito dal D. Lgs. 101/2020 stesso, mediante un Esame di Abilitazione presso il Ministero del Lavoro; 2] a ciò si aggiunga che posto che l'intervallo di dose efficace cui sono suscettibili di essere esposti i lavoratori di Categoria A oscilla tra i 6 mSv e i 20 mSv, mentre quello relativo ai lavoratori di Categoria B risulta ricompreso tra 1 e 6 mSv, occorre precisare che è assai arduo definire, nell'ambito del più ampio intervallo di dose ricompreso tra 1 e 20 mSv, differenze apprezzabili in termini di detrimento sanitario (ossia di rischio), posto che si sta gestendo un rischio dottrinalmente individuato come stocastico; Si ricorda brevemente che per detrimento sanitario si intende, a norma del D. Lgs. 101/2020, "la riduzione della durata e della qualità della vita che si verifica in una popolazione in seguito a esposizione, incluse le riduzioni derivanti da radiazioni sui

tessuti, cancro e gravi disfunzioni genetiche”; le raccomandazioni IRCP 103/2007 ne forniscono una definizione in extenso (“danno complessivo arrecato alla salute di un gruppo esposto e dei rispettivi discendenti in conseguenza dell’esposizione del gruppo a una sorgente di radiazione. Il detrimento è un concetto multidimensionale. I suoi componenti principali sono le quantità stocastiche: probabilità di tumore fatale attribuibile, probabilità ponderata di tumore non fatale attribuibile, probabilità ponderata di gravi malattie ereditarie e anni di vita persi qualora abbia luogo il danno”). Al comma 1 dell’art. 134 D. Lgs. 101/2020 è altresì previsto che gravi sul Datore di Lavoro un obbligo di conservazione della Lettera di incarico al Medico Autorizzato con relativa dichiarazione di accettazione da parte dell’incaricato. Il comma 2 definisce l’istituzione di un regime transitorio, tale per cui è prevista una proroga temporale pari a mesi 24 in favore di tutti quei Medici Competenti che alla data di entrata in vigore del D. Lgs. 101/2020 si trovavano a svolgere la funzione di medico incaricato della radioprotezione per lavoratori di categoria B. Si assume pertanto che i ventiquattro mesi rappresentino un intervallo temporale sufficiente a consentire a detti Medici di acquisire il titolo di Medico Autorizzato mediante l’esame di abilitazione.

### **Sorveglianza sanitaria**

Il comma 1 prevede che il lavoratore radio-esposto venga sottoposto a visita medica da parte del Medico Autorizzato; tale visita appare finalizzata alla valutazione dell’idoneità del soggetto alla mansione specifica, in riferimento al rischio da esposizione a radiazioni ionizzanti. I contenuti della visita sono esplicitati al comma 3, ove vengono previsti una raccolta anamnestica completa, tale da ricomprendere altresì i dati relativi ad esposizioni lavorative pregresse (diagnostiche ovvero terapeutiche), corredata da un esame obiettivo e da opportune indagini specialistiche e laboratoristiche, con ulteriore eventuale collaborazione di medici specialisti. In esito agli accertamenti esperiti, il Medico Autorizzato formula un giudizio secondo un modello tripartito previsto dal comma 4, che distingue tre possibili scenari (soggetto idoneo ovvero soggetto idoneo a determinate condizioni ovvero soggetto non idoneo). Più precisamente, un lavoratore radioesposto viene definito idoneo qualora non sussistano rischi per lo stato di salute legati allo svolgimento della specifica mansione, sulla base di quanto è noto al medico addetto alla sorveglianza medica. Al contrario, il lavoratore radioesposto viene definito non idoneo qualora sussistano condizioni di carattere fisiopatologico (caratterizzate o meno da estrinsecazione clinica) tali da rappresentare un grave pregiudizio per lo svolgimento della specifica mansione con rischio da radiazioni ionizzanti; in tale ipotesi risulta necessario definire la durata temporale del giudizio. Il lavoratore radioesposto può infine essere giudicato “idoneo a determinate condizioni” allorché il Medico Autorizzato intenda modulare il giudizio sulla base di esigenze specifiche del lavoratore al fine di adattare quanto più possibile l’attività lavorativa alle particolari caratteristiche personali e fisiopatologiche del lavoratore. Tale tipologia di giudizio può rappresentare un utile strumento che spesso permette di superare un giudizio di inidoneità (si pensi ad esempio alla formula “idoneo purché non venga superato il limite di dose equivalente o efficace stabilito per la popolazione generale”).

Giova rammentare che il giudizio di idoneità al rischio da radiazioni ionizzanti è gravato da plurimi profili di complessità, che correlano: 1] alla natura stessa del rischio radiologico, dei cui potenziali effetti dannosi sulla salute dei lavoratori è universalmente riconosciuta pericolosità e gravità; 2] alla necessità, da parte del Medico Autorizzato, di una conoscenza approfondita del rischio, quali la natura fisica, il tipo di esposizione, le modalità e le misure di protezione; 3] alle connotazioni del rischio, che è: 3a] strettamente individuale, riferito a mansione ben definita con esposizione a radiazioni ionizzanti; 3b] temporaneo, imponendo periodiche verifiche; 3c] finalizzato al contempo ad aspetti sia preventivi sia predittivi, dacché deve tutelare dal rischio di infortunio e malattia professionale; 3d] formulato in relazione ad un rischio potenziale, non quantificabile come per i rischi normati dal D. Lgs. 81/08 (è solo stimabile preventivamente), ma determinato e misurato a posteriori sulla base dei dati dosimetrici. A norma del comma 5, corre obbligo per il Medico Autorizzato di comunicare il giudizio di idoneità sia al lavoratore sia al Datore di lavoro. Quanto alla trasmissione del giudizio di idoneità al lavoratore, il comma 6 precisa che la medesima debba avvenire per iscritto (ovvero mediante apposizione di firma da parte del lavoratore sul documento sanitario), prevedendo altresì l'opzione alternativa del canale telematico (ovvero tramite invio in formato elettronico di copia del certificato di idoneità al lavoratore stesso). In riferimento al Datore di Lavoro, il comma 5 prevede l'introduzione dell'opzione della comunicazione per iscritto del giudizio di idoneità anche per via telematica al Datore di Lavoro o al suo delegato. La comunicazione tempestiva del giudizio di idoneità (e soprattutto di idoneità con condizioni / inidoneità) al Datore di Lavoro consente in tempo reale di prendere tutti i provvedimenti preventivi necessari, compreso l'allontanamento dal lavoro. Al comma 7 è introdotto un riferimento al Sistema Nazionale delle Linee Guida così come normate dalla Legge nr. 24 dell'8 marzo 2017 (cosiddetta Legge "Gelli-Bianco"), laddove viene previsto che il Medico Autorizzato tenga in debita considerazione tale Sistema ai fini dell'espressione del giudizio di idoneità alla mansione.

#### **ART. 136 – visite mediche periodiche e straordinarie**

Il comma 1 concerne le visite di sorveglianza sanitaria periodiche cui viene sottoposto il lavoratore esposto alle radiazioni ionizzanti, prevedendo in particolare una periodicità perlomeno annuale per l'intera popolazione dei radio-esposti, nonché una visita ogniqualvolta sia variata la destinazione lavorativa ovvero i rischi connessi a tale destinazione appaiano incrementati. In riferimento ai lavoratori di Categoria A, la periodicità prevista è semestrale, ma il Medico Autorizzato può definire una frequenza maggiore a fronte comunque del mantenimento dell'obbligo di rispetto dell'annualità (resta inteso che il Medico Autorizzato dovrà fornire adeguate motivazioni a supporto, qualora intendesse ampliare l'intervallo temporale previsto). La visita medica straordinaria è oggetto di trattazione del comma 3, secondo cui viene data facoltà al lavoratore di richiedere una visita qualora la

motivazione della stessa venga ritenuta dal medico autorizzato correlabile ai rischi professionali e, pertanto, suscettibile di modificare il giudizio di idoneità alla mansione specifica. Tale visita risulta quindi del tutto speculare alla visita cosiddetta “su richiesta del lavoratore” ex art. 41 D. Lgs. 81/08.

Il comma 7 attiene alla visita medica alla cessazione del rapporto di lavoro, intesa ad informare il lavoratore, se ritenuto necessario dal medico autorizzato, circa controlli sanitari periodici in relazione a condizioni di salute correlabili all'esposizione e che necessitano di controllo nel tempo; in riferimento a tali indicazioni, si prevede che esse siano commisurate allo stato di salute e che al contempo il medico si mantenga in continuo aggiornamento riguardo alle relative conoscenze scientifiche.

#### **Art. 140 – Documento sanitario personale**

Il comma 1 prevede che siano in capo al Medico Autorizzato l'istituzione, l'aggiornamento e la conservazione del documento sanitario personale (DoSP), tra i cui contenuti vengano ricompresi: 1] gli elementi emersi in sede di visita medica preventiva, nonché di visite mediche periodiche, straordinarie e di sorveglianza sanitaria eccezionale (cfr. infra); 2] la destinazione lavorativa, i rischi ad essa connessi, i successivi mutamenti; 3] le dosi ricevute dal lavoratore, siano esse derivanti da esposizioni normali ovvero da esposizioni accidentali o di emergenza.

Il termine di consegna ad INAIL della documentazione dosimetrica e sanitaria viene esteso da mesi sei precedentemente previsti a mesi nove, ex comma 4, a fronte di estensione a mesi sei per la trasmissione della documentazione dosimetrica da parte dell'Esperto di Radioprotezione al Medico Autorizzato.

#### **ART. 141 – Sorveglianza sanitaria eccezionale**

L'art. 141 D. Lgs. 101/2020 si occupa di Sorveglianza Sanitaria Eccezionale, precisando che grava sul Datore di Lavoro l'obbligo di far sottoporre a visita medica eccezionale tutti quei lavoratori che abbiano subito una esposizione di entità tale da eccedere quantomeno uno dei cut-off definiti ex art. 146.

#### **ART. 145 – Ricorso avverso il giudizio di idoneità medica**

È data facoltà al lavoratore radio-esposto di opporre ricorso avverso il giudizio di idoneità medica formulato dal Medico Autorizzato, entro il termine di giorni trenta dalla data di comunicazione del giudizio stesso. Tale previsione di Legge appare del tutto analoga a quanto definito ai sensi dell'art. 41 comma 9 D. Lgs. 81/2008 in riferimento alla popolazione lavoratrice non radio-esposta .

#### **Disposizioni particolari per le lavoratrici**

Le lavoratrici esposte devono comunicare tempestivamente al datore di lavoro il proprio stato di gravidanza e l'intenzione di allattare al seno un neonato.

#### **Rischi all'embrione per esposizione occupazionale**

La normativa italiana è cautelativa rispetto alle indicazioni della Commissione Internazionale per la Protezione Radiologica (ICRP).

Una volta che la gravidanza sia stata dichiarata, dovrebbe essere evitata un'esposizione alla superficie dell'addome della donna superiore a 2 mSv.

I rischi all'embrione derivanti dalla esposizione occupazionale alle radiazioni (con dosi

comprese fra 0,02 e 5 mSv) sono minimi se confrontati con quelli naturali. Il massimo rischio teorico per l'embrione umano esposto a dosi di 50 mSv o meno è estremamente piccolo.

### **Rischi associati alla irradiazione durante lo sviluppo del feto**

L'UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) ha stimato che una dose all'embrione di 10 mSv somministrata durante tutta la gravidanza aggiungerebbe una probabilità di effetti negativi per la salute inferiore a 0.002, mentre il normale rischio che un soggetto non irradiato vada incontro alle stesse condizioni è circa 0.06.

### **Irraggiamento delle gonadi prima del concepimento**

Negli anni tra il 1920 e il 1940 vennero effettuati trattamenti con radiazioni su donne affette da infertilità (dosi da 500 a 750 mSv in 3 settimane) dando luogo a gravidanze normali e a bambini sani.

Non sembra esserci alcuna evidente probabilità di incremento di malformazioni nei neonati provenienti dal concepimento dopo irradiazione delle ovaie della madre a questi valori di dose.

# Effetti biologici delle radiazioni

**Gli effetti biologici delle radiazioni si articolano e sviluppano in quattro fasi:**

- Fisica (ionizzazione)
- Fisico - chimica (radicali liberi)
- Chimica (interazione radicali)
- Biologica (trasferimento delle modifiche chimiche ai sistemi biologici)

**Gli effetti possono essere di due tipi:**

- temporanei (intervento dei meccanismi di riparazione)
- permanenti:
  - ◊ **somatici** (confinamento dell'effetto)
  - ◊ **genetici** (conseguenze sulla prole)

**Danni somatici (confinati all'individuo irradiato)**

- ◊ **Stocastici: Tumori solidi, Leucemie**
- ◊ **Deterministici: Radiodermiti, Cataratta, Infertilità, Sindrome acuta da irradiazione, Aplasia midollare**

**Danno genetico (trasferimento alle progenie)**

- ◊ **Stocastici: Mutazioni genetiche, Aberrazioni cromosomiche**

**Caratteristiche generali del danno deterministico (c.d. 'reazioni tissutali')**

- Dose soglia
- Relazione non lineare
- Reversibilità (entro certi limiti)
- Insorgenza generalmente precoce
- Prevedibilità della comparsa
- Funzione del volume di tessuto irradiato

**Caratteristiche generali del danno stocastico**

- Dose soglia
- Relazione non lineare
- Reversibilità (entro certi limiti)
- Insorgenza generalmente precoce
- Prevedibilità della comparsa
- Funzione del volume di tessuto irradiato

## Danno al DNA

- **Danno diretto:** La radiazione, attraversando la cellula, ionizza ed eccita gli atomi e le molecole della struttura cellulare, dando luogo a frammenti dotati di carica elettrica chimicamente instabili.  
Formazione di radicali liberi per rottura dei legami covalenti.
- **Danno indiretto:** Il danno chimico che si determina in seguito all'assorbimento delle radiazioni da parte della cellula è rappresentato da radicali liberi, atomi o molecole molto reattivi (presentano un elettrone spaiato nell'orbita esterna che tende a ossidare o a ridurre), che trasferiscono energia di radiazione alle molecole biologiche. E' la modalità di danno più frequente poiché il materiale biologico è composto per il 70-80 % da acqua.

Il danno può essere amplificato dalla maggiore o minore presenza di ossigeno all'interno dei tessuti irradiati. Questo fenomeno prende il nome di effetto ossigeno e indica la maggiore sensibilità delle cellule dei tessuti irradiati al danno in presenza di ossigeno rispetto alle condizioni di anossia. OER (Oxygen Enhancement Ratio) è il rapporto tra la radiosensibilità in presenza e in assenza di ossigeno.

## Stima nell'individuo adulto della soglia di dose per effetti non stocastici (ICRP 41 modificata)

TESSUTO ED EFFETTO	Soglia di dose			Limiti annuali di equivalente di dose attualmente raccomandati (Sv)*	
	Dose in singola esposizione (Sv)	Dose x espos. fortemente frazionate o protratte (Sv)	Dose x espos. fortemente frazionate x molti anni (Sv)	tessuto considerato	corpo intero
<b>Testicoli</b>					
Sterilità temporanea	0.15	* *	0.4	0.2	0.05
Sterilità permanente	3.5	* *	2.0	0.2	0.05
<b>Ovaie</b>					
Sterilità	2.5 - 6.0	6.0	> 2.0	0.2	0.05
<b>Cristallino</b>					
Opacità osservabili	0.5 - 2.0	5	0.1	(0.15)	0.05
Cataratta	5.0	> 8	> 0.15	(0.15)	0.05
<b>Midollo Osseo</b>					
Depress. emopoietica	0.5	* *	> 0.4	0.4	0.05
Aplasia mortale	1,5	* *	> 1	0.4	0.05

\* = I valori indicati, eccetto quelli tra parentesi, indicano i limiti annuali dell'equivalente di dose per gli effetti stocastici e si riferiscono ai tessuti in questione.

\*\* = Non applicabile

## Rapporto Dose-Effetto

Ad alte dosi esiste un rapporto tra dose ed effetto. A basse dosi non vi sono dati sperimentali. Ai fini della radioprotezione i dati relativi alle alte dosi sono stati estrapolati e trasferiti alle basse dosi.

## Stima del rischio

Secondo l'ICRP si può ipotizzare che irradiando un milione di persone con 10 mSv sono attesi circa 100 casi di tumore.

**Suscettibilità alla radioinduzione dei tumori (Tab.1)**

<i>Tumori radioindotti "maggiori"</i>		
<b>SEDE O TIPO DI TUMORE</b>	<b>INC. SPONTANEA</b>	<b>SUSCETTIBILITA' RADIOIN.</b>
Mammella Femminile	Molto alta	Alta
Tiroide	Bassa	Molto alta (specie nelle donne)
Polmone (bronco)	Molto alta	Moderata
Leucemia	Moderata	Molto alta
Tratto digerente	Alta	Da moderata a bassa
<i>Tumori radioindotti "minori"</i>		
<b>SEDE O TIPO DI TUMORE</b>	<b>INC. SPONTANEA</b>	<b>SUSCETTIBILITA' RADIOIN.</b>
Fegato e vie biliari	Bassa	Moderata
Pancreas	Moderata	Moderata
Linfomi	Moderata	Moderata
Reni e vescica	Moderata	Bassa
Ossa	Molto bassa	Bassa
Cute	Alta	Bassa
Faringe	Bassa	Moderata

**Suscettibilità alla radioinduzione dei tumori (Tab.2)**

<i>Sedi o tessuti in cui la incidenza dei tumori radioindotti è incerta</i>		
<u>SEDE O TIPO DI TUMORE</u>	<u>INC. SPONTANEA</u>	<u>SUSCETTIBILITA' RADIOIN.</u>
Tessuto connettivo	Molto bassa	Bassa
Laringe	Moderata	Bassa
Seni nasali	Molto bassa	Bassa
Paratiroide	Molto bassa	Bassa
Ovaio	Moderata	Bassa
<i>Tumori radioindotti "minori"</i>		
<u>SEDE O TIPO DI TUMORE</u>	<u>INC. SPONTANEA</u>	<u>SUSCETTIBILITA' RADIOIN.</u>
Prostata	Molto alta	Assente (*)
Utero e collo dell'utero	Molto alta	Assente (*)
Testicolo	Bassa	Assente (*)
Mesentere e mesotelio	Molto bassa	Assente (*)
Leucemia linfatica cronica	Bassa	Assente (*)

\* = La suscettibilità alla radioinduzione di questi tumori è assente o eccessivamente bassa

**Agenti cancerogeni e tumori (Tab.1)**

AGENTI	ESPOSIZIONE			SEDE/I DEL TUMORE
	Lav.	Med.	Soc.	
Aflatosina			X	Fegato
Melfalan*		X		Midollo osseo
Ciclofosfamide*		X		Vescica
Alfa2 Aminodifenile**	X			Vescica
Benzidina**	X	X		Vescica
Arsenico	X			Pelle e Polmoni
Asbesto	X			Polmone, Pleura, Peritoneo
Benzene	X			Midollo osseo
Busulfan		X		Midollo osseo
Cadmio	X			Prostata
Cloruro di Vinile	X			Fegato (angiosarcoma)
Cromo	X			Polmone

\*=Agenti alchilanti

\*\*=amine aromatiche

**Agenti cancerogeni e tumori (Tab.2)**

AGENTI	Lav.	Med.	Soc.	SEDE/I DEL TUMORE
Età avanzata prima Gravidanza			X	Mammella
Estrogeni		X		Utero
Farmaci Immunodepressivi		X		Sistema reticoloendoteliale
Fumo di tabacco			X	Bocca, Faringe, Esofago, etc
Idrocarburi policiclici			X	Polmoni, Bocca Faringe, etc
Manifatture del cuoio	X			Pelle, Scroto, Polmoni
Radiazioni ionizzanti	X			Seni paranasali
Raggi ultravioletti	X			Midollo osseo, prob. Altre
Schistosoma Haematohium*	X	X	X	Pelle, Labbro
Epatite B**			X	Vescica
			X	Fegato (epatoma)

\* = Parassiti

\*\* = Virus



# Radioprotezione del paziente

## Principi generali

- **Giustificazione:** i tipi di attività che comportano esposizione alle radiazioni ionizzanti debbono essere preventivamente giustificati e periodicamente riconsiderati alla luce dei benefici che da essi derivano.
- **Ottimizzazione:** le esposizioni alle radiazioni ionizzanti debbono essere mantenute al livello più basso ragionevolmente ottenibile, tenuto conto dei fattori economici e sociali; Principio **ALARA** (“as low as reasonably achievable”).
- **Limitazione:** la somma delle dosi ricevute e impiegate non deve superare i limiti prescritti, in accordo con le disposizioni del Decreto Legislativo 31 luglio 2020, n. 101 e dei relativi provvedimenti applicativi.

DECRETO LEGISLATIVO n° 101 del 31/07/2020

Con l’emanazione di questo decreto la normativa italiana ha recepito e dato attuazione della direttiva Euratom 2013/59 in materia di radiazioni ionizzanti.

CAMPO DI APPLICAZIONE (Art.156 comma 2)

Comma 2 ...omissis....

- esposizione di pazienti nell’ambito della rispettiva diagnosi o trattamento medico;
- esposizione di persone nell’ambito della sorveglianza sanitaria professionale;
- esposizione di persone nell’ambito di programmi di screening sanitario;
- individui asintomatici e pazienti che partecipano volontariamente a programmi di ricerca medica o biomedica, in campo diagnostico o terapeutico;
- persone nell’ambito di procedure a scopo non medico condotte con attrezzature medico-radiologiche.

Comma 3.... omissis.... Esposizione di coloro che consciamente e volontariamente, al di fuori della loro occupazione, assistono e confortano persone sottoposte a esposizioni mediche

PRINCIPIO DI GIUSTIFICAZIONE (Art. 157)

## Principi di carattere generale

- giustificazione di tutti i nuovi tipi di pratiche che comportano esposizioni mediche;
- verifica dell’efficacia delle esposizioni mediche in riferimento ai vantaggi diagnostici complessivi da esse prodotte, incluso il bilancio rischio beneficio;

- confronto con tecniche diagnostiche alternative

### **Principi di carattere individuale:**

- ogni pratica che comporta un'esposizione medica deve essere giustificata per il singolo individuo e caso per caso (comma 4);
- al fine di evitare esposizioni non necessarie ci si deve assicurare di non essere in grado di procurarsi precedenti informazioni diagnostiche pertinenti (comma 5);
- per quanto riguarda la fluoroscopia, gli esami senza intensificazione dell'immagine o tecniche analoghe non sono giustificati e sono pertanto vietati (Art. 163 comma 13);
- gli esami fluoroscopici senza dispositivo per controllare il rateo di dose sono limitati a casi giustificati da esigenze diagnostiche o terapeutiche (Art. 163 comma 13);
- il principio di giustificazione si applica anche in riferimento all'esposizione di persone che accompagnano il paziente sottoposto a pratiche mediche comportanti l'esposizione a radiazioni ionizzanti.  
Tale esposizione é, comunque, vietata nei confronti dei minori e delle donne in stato di gravidanza. Le relative giustificazioni e i relativi vincoli di dose sono indicati nell'allegato XXV, parte I (commi 3 e 4).

### **PRINCIPIO DI OTTIMIZZAZIONE (Art. 158))**

Le disposizioni normative sono rivolte allo specialista e al responsabile dell'impianto radiologico, per certi aspetti anche all' esercente

RIGUARDA:

- la scelta delle attrezzature;
- la produzione adeguata di un'informazione diagnostica appropriata o del risultato terapeutico;
- la delega degli aspetti pratici;
- i programmi di garanzia di qualità, inclusi i controlli di qualità;
- l'esame e la valutazione delle dosi o delle attività somministrate al paziente;
- livelli diagnostici di riferimento (LDR) secondo le linee guida indicate nell'allegato XXVI (comma 5);
- vincoli di dose per le persone che accompagnano il paziente;
- informazioni al paziente per medicina nucleare e radioterapia metabolica in merito alla riduzione di dose per le persone in diretto contatto con il medesimo

### **LDR**

I LDR vanno intesi come strumenti di lavoro per ottimizzare le prestazioni. Sono grandezze (tempi, attività, ecc.) facilmente misurabili e tipiche per ogni procedura diagnostica. I LDR, avendo valore standard, non si riferiscono a misure di dose assorbita dal singolo paziente e non devono essere utilizzati al di fuori di programmi di miglioramento della qualità in radiodiagnostica.

### **LIMITAZIONE**

#### **Principi generali**

- DISTANZA:  
sorgente piccola: dose  $1/\text{distanza}^2$   
sorgente estesa: dose  $1/\text{distanza}$
- TEMPO dose tempo esposizione
- SCHERMATURA
- TECNICHE DI RIDUZIONE DELLA DOSE (paziente)
- SOSTITUZIONE CON ALTRE METODICHE

Soggetto	Definizione	Compiti principali
Esercente	Responsabile dell'azienda ospedaliera	<p>Identifica il responsabile dell'impianto radiologico</p> <p>Assicura il coinvolgimento dello specialista in fisica medica nelle attività e secondo le graduazioni di competenza</p> <p>Tiene un inventario aggiornato delle attrezzature</p> <p>Provvede a che gli esami siano registrati singolarmente e che i referti contengano informazione relativa all'esposizione</p> <p>Stabilisce il vincolo di dose</p> <p>Adotta gli opportuni interventi correttivi</p> <p>Applica i principi di giustificazione e ottimizzazione sulle pratiche speciali</p> <p>Garantisce la partecipazione agli audit clinici</p>
Prescrivente	Medico curante che invia il paziente a un medico specialista per procedure medico radiologiche	<p>Applica i principi di giustificazione</p> <p>Fornisce al paziente informazioni adeguate in merito ai benefici e ai rischi associati alla dose di radiazione dovuta all'esposizione medica.</p> <p>Effettua un'anamnesi per indagare un eventuale stato di gravidanza della paziente, e si informano, nel caso di somministrazione di radiofarmaci, se la donna interessata allatta al seno.</p>
Medico specialista	Medico chirurgo o odontoiatra che ha titolo per effettuare una pratica	<p>Applica i principi di giustificazione e ottimizzazione</p> <p>Fornisce al paziente informazioni adeguate in merito ai benefici e ai rischi associati alla dose di radiazione dovuta all'esposizione medica.</p>

Soggetto	Definizione	Compiti principali
		<p>Sceglie le tecniche idonee attua i protocolli di riferimento per ogni attrezzatura</p> <p>Valuta la qualità diagnostica dell'immagine e la tecnica radiologica</p> <p>Se specialista in radiodiagnostica o in medicina nucleare è responsabile della refertazione</p> <p>Provvede a che gli esami siano registrati singolarmente e che i referti contengano informazione relativa all'esposizione</p> <p>Effettua un'anamnesi per indagare un eventuale stato di gravidanza della paziente, e si informano, nel caso di somministrazione di radiofarmaci, se la donna interessata allatta al seno.</p> <p>Fornisce informazioni relativi alla paziente in gravidanza</p>
<p>Responsabile di Impianto Radiologico</p>	<p>Medico specialista in radiodiagnostica, radioterapia o medicina nucleare individuato dall'esercente</p>	<p>Provvede la redazione e l'adozione dei protocolli di riferimento per attrezzatura assicura il coinvolgimento dello specialista in fisica medica nelle attività e secondo le graduazioni di competenza</p> <p>Verifica ogni 4 anni le dosi impartite ai pazienti rispetto ai livelli diagnostici di riferimento (LDR) anche per i pazienti pediatrici</p> <p>Adotta programmi di garanzia della qualità fa eseguire prove di accettazione e prove periodiche sugli apparecchi RX esprime l'idoneità all'impiego delle attrezzature.</p>

Soggetto	Definizione	Compiti principali
		<p>Provvede a che gli esami siano registrati singolarmente e che i referti contengano informazione relativa all'esposizione</p> <p>Provvede ad aggiornare il manuale di qualità secondo la normativa</p> <p>Applica i principi di giustificazione e ottimizzazione sulle pratiche speciali</p> <p>Provvede a esporre avvisi per le donne in età fertile o in gravidanza</p>
Responsabile di Impianto Radiologico	Medico specialista in radiodiagnostica, radioterapia o medicina nucleare individuato dall'esercente	<p>Provvede la redazione e l'adozione dei protocolli di riferimento per attrezzatura assicura il coinvolgimento dello specialista in fisica medica nelle attività e secondo le graduazioni di competenza</p> <p>Verifica ogni 4 anni le dosi impartite ai pazienti rispetto ai livelli diagnostici di riferimento (LDR) anche per i pazienti pediatrici</p> <p>Adotta programmi di garanzia della qualità fa eseguire prove di accettazione e prove periodiche sugli apparecchi RX esprime l'idoneità all'impiego delle attrezzature.</p> <p>Segnala all'esercente la necessità di interventi correttivi</p>
Specialista in Fisica Medica	Laureato in fisica specializzato in fisica sanitaria o fisica medica	<p>Viene coinvolto nelle attività che prevedono esposizioni di carattere medico, in maniera proporzionale al rischio radiologico associato alla pratica</p> <p>Partecipa al processo di ottimizzazione collabora nella</p>

Soggetto	Definizione	Compiti principali
		<p>predisposizione del sistema di garanzia della qualità</p> <p>Definisce i protocolli di effettuazione delle prove di funzionamento delle apparecchiature</p> <p>Valuta le dosi al paziente e le verifica in confronto con i livelli diagnostici di riferimento (LDR) anche per i bambini</p> <p>Effettua valutazioni di dose per la donna in gravidanza</p> <p>Effettua prove di accettazione e prove periodiche sulle apparecchiature (medico radiologiche) RX</p> <p>Effettua pianificazione e verifica dosimetrica in radioterapia a fasci esterni e in terapia radiometabolica</p> <p>Contribuisce alla formazione del personale esposto per quanto riguarda la protezione dei pazienti</p> <p>Contribuisce alla registrazione su supporto informatico dei parametri tecnici delle indagini radiologiche</p>
TSRM	Tecnico sanitario di radiologia medica	<p>Effettua controlli di qualità</p> <p>Effettua gli aspetti pratici per l'esecuzione della procedura</p> <p>Valuta la tecnica radiologica</p> <p>Attua il processo di ottimizzazione</p> <p>Provvede a che gli esami siano registrati singolarmente e che i referti contengano informazione relativa all'esposizione</p>

## **RADIOPROTEZIONE DEL PAZIENTE: aspetti operativi**

### **RADIOLOGIA**

#### **Radiodiagnostica tradizionale**

Le tecniche di riduzione della dose prevedono vari tipi di controlli e interventi, tipicamente essi riguardano:

- Tensione: l'aumento della tensione diminuisce molto l'esposizione ma una tensione troppo alta appiattisce l'immagine.
- Filtrazione: deve essere adeguata perché i filtri assorbono prevalentemente le basse energie diminuendo l'intensità del fascio.
- Strato emivalente (SEV) esprime la qualità della radiazione (spettro del raggio). Il valore del SEV dipende dalla tensione del tubo e dalla filtrazione.
- Distanza fuoco-pelle: la distanza cui può essere impiegata l'apparecchiatura è funzione della potenza del generatore. Maggiore è la distanza, minore è la dose somministrata al paziente.
- Ampiezza del campo: tanto maggiore sono le dimensioni del campo tanto più importante è la radiazione diffusa con relativo aumento della dose somministrata.
- Tecnologia delle apparecchiature: scopia pulsata e tecniche digitali sono, ad esempio, in grado di ridurre la dose.

Vale la pena ricordare la possibile sostituzione delle tradizionali tecniche radiologiche con altre metodiche diagnostiche quali ecografia e risonanza magnetica nucleare.

#### **Radiodiagnostica interventistica**

Le Procedure di Radiologia Interventistica, che sono per la gran parte effettuate utilizzando una Catena Televisiva che trasmette immagini fluoroscopiche generate da un sistema Sorgente Radiogena - Amplificatore di Brillanza- flat panel, necessitano di tempi anche molto lunghi di scopia, non paragonabili con quelli delle altre metodiche di tipo diagnostico.

La costante crescita della domanda di tali metodiche ha reso di estrema attualità il problema del controllo della dose sia al paziente sia all'operatore.

La dose e la qualità dell'immagine sono strettamente connesse; appare pertanto evidente la necessità di disporre di ogni possibile accorgimento atto a rendere le procedure interventistiche più sicure in termini di una drastica riduzione della dose al paziente e all'operatore, mantenendo tuttavia una qualità di immagine senza compromessi.

Va da sé che l'impiego di una dose troppo bassa, con qualità di immagine scadente, comporta facilmente un prolungamento del tempo di procedura, mentre una qualità di immagine sproporzionata ha come conseguenza una dose più alta del necessario sia per il paziente sia per l'equipe interventistica.

## **Sistemi atti alla riduzione della dose**

(Apparecchiatura e Operatore dipendenti)

- Dimensioni del Campo: la scelta dipende dal potere di risoluzione necessario alla effettuazione della procedura; un aumento dell'ingrandimento comporta un miglioramento della risoluzione ma anche un concomitante aumento della dose.
- Posizione dell'operatore rispetto al tubo radiologico in caso di procedure interventistiche, più distanti si è, più bassa è la dose.
- Dipendenza dalla radiazione diffusa. Se il fascio è orizzontale, è opportuno che l'operatore stia dal lato del rivelatore per evitare la retrodiffusa del paziente.
- Collimazione: molto importante è l'uso costante dei collimatori per limitare il campo di visione allo stretto necessario. Su alcune apparecchiature la posizione dei collimatori e di filtri semitrasparenti viene rappresentata graficamente sovrapposta all'ultima immagine di scopia selezionata sul monitor (Last Image Hold); è possibile variarne la posizione agendo semplicemente sul joystick, senza la necessità di eseguire ulteriori esposizioni.
- Scopia Pulsata Digitale: l'immagine fluoroscopica deriva dalla emissione di radiazioni a impulso e non in modo continuo; sono generalmente disponibili varie frequenze di impulso, ad es. 3, 7.5, 15 e 30 impulsi/sec.; inoltre occorre utilizzare la fluoroscopy mode che comporta la dose minore compatibilmente con la qualità dell'immagine.
- Occorre ridurre al minimo le acquisizioni in cinematografia.
- Ridurre al minimo le esposizioni oblique ed evitare di intercettare il braccio del paziente
- Indispensabile utilizzo DPI collettivi e individuali.

## **Sistemi atti alla riduzione della dose**

(Apparecchiatura e Operatore dipendenti)

- Sistemi di controllo automatico della dose: sulla base dell'assorbimento ovvero della trasparenza del paziente rilevata durante la fluoroscopia, consentono di utilizzare automaticamente i valori ottimali di esposizione, senza necessità di esposizioni test né di interruzioni.
- Prefiltrazione del fascio radiante: consiste nell'inserimento automatico di filtri di dose, fino a 0,2 mmCu; l'obiettivo è di eliminare la componente a bassa energia della radiazione-X che non è utile per la qualità dell'immagine ma che, al contrario, può essere assorbita dal paziente e dall'operatore. L'inserimento automatico dei filtri avviene, durante l'acquisizione, in funzione della trasparenza della regione anatomica esaminata.

## **RADIOTERAPIA ONCOLOGICA**

Terapia medica basata sull'utilizzo di radiazioni ionizzanti per il trattamento dei tumori maligni.

I trattamenti radioterapici possono avere i seguenti intendimenti (sono indicati i livelli di dose normalmente impiegati):

- RADICALE ESCLUSIVA 60/80 Gy
- PRE-OPERATORIA 40/50 Gy
- POST-OPERATORIA 50/60 Gy
- PALLIATIVA circa 40 Gy
- SINTOMATICA 30/40 Gy
- IN VARIE COMBINAZIONI CON LA CHEMIOTERAPIA

Per effettuare un Rx torace la dose ingresso è di circa  $0.4 \text{ mGy} = 0.0004 \text{ Gy}$ . Se si effettua una Radioterapia con 50 Gy, per ottenere una dose equivalente sarebbe necessario effettuare 125.000 Rx del torace.

Dosi tanto elevate e campi solitamente grandi, obbligano a proteggere le aree non interessate dal tumore, così da ridurre l'irradiazione ai tessuti sani circostanti.

La salvaguardia dei tessuti sani si ottiene con l'utilizzo delle apparecchiature che hanno la caratteristica di abbattere le radiazioni al di fuori del campo da irradiare, mediante i collimatori.

Nella stessa regione da sottoporre a trattamento possono trovarsi organi o parenchimi nobili, estremamente sensibili alle radiazioni, che devono essere schermati in maniera da non superare la dose di tolleranza intrinseca per ogni organo.

### **Giustificazione**

Prima di sottoporre qualsiasi paziente a radioterapia è necessario seguire delle linee guida che possano giustificare il trattamento.

A questo scopo sono necessarie:

- Diagnosi istologica di malignità
- Anamnesi ed esame obiettivo generale e locale
- Patologie associate
- Eventuali trattamenti precedenti e/o concomitanti
- Estensione della malattia (TC, RNM, PET)
- Stadiazione (classi TNM)
- Performance status
- Consenso informato per le reazioni acute e tardive

### **Ottimizzazione**

Consiste nella ricerca della tecnica migliore di trattamento al fine di ottenere con precisione una distribuzione di dose conforme alla prescrizione.

L'obiettivo è di dare al paziente il massimo della probabilità di ottenere il controllo locale mantenendo la comparsa di complicanze entro livelli accettabili.

Per raggiungere l'ottimizzazione è necessario che il paziente collabori e per tale scopo si utilizzano sistemi contenitivi e sistemi di bloccaggio specie per i trattamenti rivolti al capo-collo.

Per valutare con accuratezza se un trattamento risponde alle caratteristiche dell'ottimizzazione è utile ricorrere sia a tecniche tradizionali (trattamenti 3D conformazionali con multileaf) e tecniche speciali a intensità modulata (IMRT, VMAT) sia alla valutazione degli istogrammi dose-volume.

## **MEDICINA NUCLEARE**

### **Giustificazione**

Il medico prescrivente e il medico specialista, per evitare esposizioni non necessarie, si avvalgono delle informazioni acquisite o si assicurano di non essere in grado di procurarsi precedenti informazioni diagnostiche o documentazione medica pertinenti alla prevista esposizione.

Al medico specialista compete la scelta delle metodologie e tecniche idonee a ottenere il maggior beneficio clinico con il minimo detrimento individuale e la valutazione della possibilità di utilizzare tecniche alternative che si propongono lo stesso obiettivo, ma che non comportano un'esposizione ovvero comportano una minore esposizione alle radiazioni ionizzanti.

## **Ottimizzazione**

Procedimento connesso con le scelte di fondo di indirizzo clinico (indicazione clinica all'esecuzione dell'esame). Dipende solo in misura modesta dall'uso di accorgimenti tecnici o di varianti nella conduzione dell'esame.

La scelta del radiofarmaco da somministrare deve tener conto delle caratteristiche fisiche del radionuclide impiegato tipicamente:

- Tempo di dimezzamento fisico
- Tipo ed energia delle radiazioni emesse
- Percentuale di emissione

Sono importanti nella scelta anche:

- Cinetica del radiofarmaco
- Quantità di radiofarmaco da somministrare (attività)

E' molto importante la riduzione di dose nei pazienti pediatrici in quanto le dosi assorbite dal corpo intero e dagli organi critici dipendono notevolmente dalla loro massa.

La dose assorbita nel bambino è di 1-2 ordini di grandezza superiore rispetto all'adulto. Risulta quindi indispensabile una riduzione dell'attività da somministrare (Paediatric Task Group dell'EANM).

### **La riduzione della dose ai familiari dei pazienti**

Per coloro che assistono persone sottoposte ad esposizioni mediche i vincoli di dose efficace per prestazione diagnostica o trattamento terapeutico sono stabiliti in:

- 3 mSv per adulti di età < 60 anni
- 15 mSv per adulti di età > 60 anni

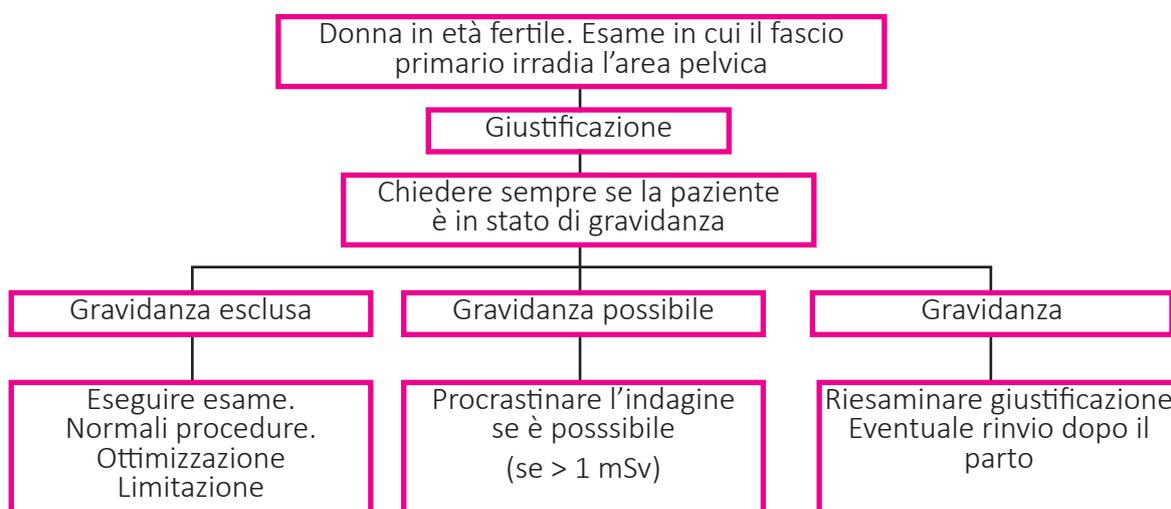
Devono essere fornite al paziente istruzioni per limitare al massimo l'esposizione dei bambini (distanza, tempo). Per i pazienti che effettuano la radioterapia metabolica ambulatoriale sono redatte istruzioni scritte per il contenimento della dose ai familiari e al pubblico con particolare attenzione per l'uso dei servizi igienici, di stoviglie, di letti.

# LA RADIOPROTEZIONE DELLA DONNA IN ETÀ FERTILE, IN GRAVIDANZA E DEL PAZIENTE IN ETÀ PEDIATRICA

## DONNA IN ETÀ FERTILE E IN GRAVIDANZA

### Art. 166 Decreto Legislativo 31 luglio 2020, n. 101 (Riassunto)

1. Accurata anamnesi per stabilire lo stato di gravidanza.
2. Per dosi > 1 mSv all'utero, attenzione alla giustificazione, necessità o urgenza, considerando la possibilità di procrastinare l'indagine, se la gravidanza non può essere esclusa; informazione sui rischi se l'esposizione non può essere procrastinata.
3. Se la gravidanza risulta dopo un'indagine radiologica, valutazione dose da parte dello specialista in fisica medica
4. Nel caso di somministrazione di radiofarmaci a donne che allattano, attenzione alla giustificazione, tenendo conto della necessità e dell'urgenza, e all'ottimizzazione; possibilità di sospensione temporanea o definitiva dell'allattamento.
5. Esposizione di avvisi atti a segnalare il potenziale pericolo.



### Modalità e tipi di danno

- Effetti deterministici

I principali effetti deterministici di una irradiazione esterna sull'embrione e sul feto sono la morte, la malformazione ed il ritardo mentale.

I dati giapponesi sui sopravvissuti alla bomba atomica esposti in utero ad età comprese fra le 8 e le 15 settimane (fra le 10 e le 17 settimane dall'ultima mestruazione) suggeriscono la possibilità di una risposta senza soglia per l'induzione di grave ritardo mentale rappresentata come perdita di 30 punti di Q.I. per ogni Gray di raggi X o  $\gamma$ .

Per l'induzione di ritardo mentale, anche si assume una risposta senza soglia nel periodo compreso tra l'8<sup>a</sup> e la 15<sup>a</sup> settimana dal concepimento, non ci dovrebbero essere

importanti implicazioni perché una perdita di 3 punti di Q.I., che corrisponderebbe all'esposizione ad una dose di 100 milligray, non sarebbe rilevabile sul singolo individuo. Dopo la 15<sup>a</sup> sett. il rischio si riduce e la relazione fra GRM e dose non è più lineare. In generale quindi è improbabile che le dosi ricevute dal feto per esami radiologici causino effetti deterministici in una singola gravidanza.

**Stima delle dosi soglia per effetti deterministici  
conseguenti ad irradiazione del feto con raggi X e  $\gamma$ . Dose minima (mSv)**

<i>Età gestazionale (settimane)</i>	<i>Morte</i>	<i>Principali malformazioni</i>	<i>Ritardo mentale (dati giapponesi)</i>
0 – 1	100		
2 – 5	250 – 500	200	Nessun effetto fino a 8 settimane
5 – 7	500	500	
7 – 21	> 500	Scarse osservazioni	8 – 15 settimane niente soglia?
22 – termine	> 1000	<b>Scarse osservazioni</b>	16 – 25 settimane soglia; dalla 25 <sup>a</sup> nessun effetto osservato

- Effetti stocastici

Sono quelli che hanno la loro origine nella probabilità di induzione di un danno alle singole cellule dei tessuti (causa di tumori e di malattie ereditarie), per i quali si stima che non esista una soglia di dose.

Il rischio di tali effetti deve essere analizzato confrontandolo con la loro incidenza naturale.

Per la maggior parte delle procedure diagnostiche che somministrano dosi fino a qualche mSv i rischi stocastici associati sono considerati accettabili se paragonati con il rischio naturale.

**Induzione di cancro**

Dopo un'età gestazionale di 3 o 4 settimane fonti UK ritengono che, fino all'età di 15 anni, il n° di casi di cancro (leucemie e tumori solidi) eccedenti il rischio naturale conseguenti a irradiazione in utero sia circa di 1 su 17.000 per mGy (100 mrad).

Questi rischi fetali sono dati come probabilità di malattia in eccesso e variano da 1 su 30.000 per procedura nel caso di una radiografia pelvica fino a circa 1 su 1.300 per procedura nel caso di una TAC pelvica.

La maggior parte delle procedure radiologiche e di medicina nucleare comporta rischi inferiori a circa 1 su 5.000, ma un rischio di cancro fatale nell'infanzia di circa 1 su 1.300 deve essere considerato significativo perché, sebbene piccolo, è circa la metà del rischio naturale cumulativo di cancro fatale dell'infanzia (1 su 650 secondo fonti UK).

Nel caso di una gravidanza non riconosciuta, nella quale l'età gestazionale varia normalmente tra le 3 e le 4 settimane, il rischio di cancro, sebbene non uguale a zero, viene considerato più basso che nelle successive fasi dello sviluppo fetale.

## **Effetti ereditari**

Il rischio di effetti ereditari conseguenti all'irradiazione fetale è stimato essere lo stesso di quello conseguente all'irradiazione dopo la nascita, cioè circa 1 su 42.000 per mGy per raggi X e  $\gamma$ .

La frequenza naturale di malattie ereditarie che si manifesta alla nascita nelle popolazioni umane è stata stimata tra l'1% ed il 3%, aumentando a circa 5% - 6% se si includono alcune anomalie minori.

Così anche l'aumento di rischio ereditario per la progenie di un singolo feto sottoposto a procedure diagnostiche ad alta dose è piccolo se paragonato col rischio naturale.

## **EFFETTI PRECONCEZIONALI DELLE GONADI**

### **Effetti ereditari**

Quando si considera una possibile esposizione delle gonadi del paziente la minimizzazione della dose attraverso un corretto allineamento, una corretta collimazione e l'uso di protezioni quando possibile, ridurrà al minimo i possibili effetti ereditari.

Questa raccomandazione si applica ai pazienti sia maschi sia femmine prima e durante il periodo riproduttivo delle loro vite.

Il rischio di nuove mutazioni che si esprimano come malattie ereditarie nei discendenti è considerato piccolo se paragonato con il rischio di nuove mutazioni dovute a cause naturali.

### **Cancro nella discendenza**

Non ci sono dati umani che suggeriscano simili effetti preconcezionali delle radiazioni ionizzanti.

La minimizzazione della dose alle gonadi viene raccomandata come semplice argomento di prudenza.

## **PAZIENTI IN ETÀ PEDIATRICA**

- Maggiore aspettativa di vita.
- Alcuni organi sono più radiosensibili di quelli degli adulti. Maggiori possibilità che si manifestino effetti dannosi delle radiazioni.
- I bambini sono meno collaboranti. Possibilità di non avere le informazioni diagnostiche o ripetizione dell'indagine.

### **Criteri generali per ottimizzare la dose per il paziente pediatrico**

(European guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images in pediatrics)

- Costante controllo di qualità delle attrezzature
- Uso di materiale per cassette, griglie, ecc. a bassa attenuazione, idoneo a ridurre la dose al paziente.
- Immobilizzazione del paziente:
  - centrature corretta;
  - protezione degli organi critici;
  - fascio collimato col campo da esplorare
- Fattori tecnici ottimali per l'esposizione:

- macchia focale compresa fra 0.6 e 1.5 mm;
- filtri adeguati (1 mm Al + 0.1/0.2 mm Cu);
- griglia antidiffusione (no < 6 mesi);
- DFF adeguata (100 cm – 150 cm);
- tensione: 65 – 85 kV;
- esposimetro automatico (no < 6 mesi);
- tempo esposizione: < 20 ms addome, < 10 ms torace.

# NORME DI SICUREZZA

## Raccomandazioni relative all'uso dei dosimetri personali

### NON SI DEVE DIMENTICARE

1. Che dovete portare sempre i vostri DOSIMETRI PERSONALI durante lo svolgimento della vostra attività lavorativa quando essa comporti l'impiego di sorgenti radiogene e/o radioattive
2. Che il vostro DOSIMETRO PERSONALE a badge va sempre portato in corrispondenza dell'emitore sinistro (taschino del camice), avendo cura che non venga schermato da alcun oggetto metallico (penne, spille, monete, ecc.). Dovendo indossare un grembiule protettivo in gomma piombifera, ricordarsi che il dosimetro deve trovarsi SOPRA lo stesso grembiule protettivo. Se per ulteriori informazioni dosimetriche si desidera conoscere il valore di esposizione di altre parti del corpo (cristallino, mani, ecc.), si devono impiegare altri dosimetri individuali che dovranno essere portati in corrispondenza dell'organo interessato. Per il controllo della dose assorbita alle mani solitamente si impiegano anelli e/o bracciali contenenti un rivelatore termoluminescente. Tale dosimetro dovrà sempre essere portato ogni qualvolta l'operatore lavori con le mani nelle immediate vicinanze del fascio radiante e/o di una sorgente radioattiva. Nel caso si richieda la sterilità del dosimetro, questo può essere sterilizzato con mezzo liquido. Nel caso di utilizzo di doppi dosimetri (attività interventistiche), occorre evitare di scambiarli.
3. Che i vostri DOSIMETRI PERSONALI non possono essere utilizzati fuori dall'Ente di appartenenza, né prestati e/o scambiati con altre persone
4. Che i DOSIMETRI PERSONALI non devono essere esposti di proposito alle radiazioni. Infatti i DOSIMETRI PERSONALI hanno lo scopo di registrare l'esposizione professionale e quindi non vanno usati durante esami personali di medicina nucleare, indagini radiologiche e/o radioterapie.
5. Che non dovete lasciare i vostri DOSIMETRI PERSONALI vicino a sorgenti di radiazioni ionizzanti, a fonti di calore e/o in luoghi umidi (stufe, termosifoni, sterilizzatrici, lavelli, banchi da laboratorio, ecc.) negli intervalli di pausa.
6. Che non dovete manomettere i vostri DOSIMETRI PERSONALI. Ogni deterioramento accidentale e/o smarrimento deve essere immediatamente segnalato al Responsabile della vostra U.O. e alla U.O. di Fisica Sanitaria.
7. Che attraverso i risultati dosimetrici personali, il Responsabile della sorveglianza fisica può giudicare se vengono osservate le norme di protezione fisica e di uso del dosimetro.

8. Che i DOSIMETRI PERSONALI devono essere consegnati al Responsabile della vostra U.O. nel giorno del mese prefissato, ritirando contemporaneamente quelli nuovi.
9. Che assentandovi per un periodo prolungato dovete consegnare i vostri DOSIMETRI PERSONALI al Responsabile della vostra U.O. che provvederà alla loro custodia.
10. Che l'inosservanza delle sopracitate norme comporta la diretta responsabilità anche penale del lavoratore per quanto tiene a sicurezza del lavoro (art. 118 e art. 211 del D.Lgs del 31/07/2020 n° 101).

### **Norme di sicurezza generali per rischi derivanti dall'impiego di apparecchi radiologici**

#### **NON SI DEVE**

1. Dimenticare che l'intensità della radiazione elettromagnetica diminuisce fortemente con l'aumentare della distanza. Con l'aumentare della distanza aumenta la sezione del fascio radiante. L'equivalente di dose ambientale di un fascio diffuso da un paziente tipico è di 1 mSv/h a 1 m, e cambia con la distanza, come riportato in tabella:

DISTANZA (cm)	EQUIVALENTE DI DOSE AMBIENTALE (mSv/h)
100	1
50	4
150	0.44
200	0.25

2. Dimenticare che una indagine fluoroscopica dà un impegno di dose per il paziente di gran lunga superiore ad un esame radiografico.
3. Dimenticare che la cute ed i tessuti imbevuti di medicinali sono più sensibili all'azione delle radiazioni e perciò suscettibili di riportare danni.
4. Manomettere gli indumenti protettivi e le attrezzature protezionistiche.

#### **SI DEVE**

1. Segnalare tempestivamente alla Fisica Sanitaria e/o al responsabile della sorveglianza fisica ogni deficienza nel sistema protezionistico (insufficienza di guanti, grembiuli, barriere anti - radiazione, ecc.) che si manifestassero durante lo svolgimento della normale attività lavorativa.
2. Fare sempre uso dei mezzi di protezione anti - radiazioni messi a disposizione del personale (guanti, grembiuli, ecc.).
3. Prima di eseguire qualsiasi indagine e/o terapia radiologica, accertarsi di eventuali gravidanze in pazienti in età fertile. Nel caso di accertata gravidanza, le indagini e/o le terapie radiologiche devono essere autorizzate caso per caso dal medico specialista, dopo attenta valutazione

4. Evitare di far assistere i pazienti sottoposti ad indagini e/o terapie radiologiche da persone in età fertile. Dovendo un accompagnatore assistere un paziente, occorre fargli prima indossare un adeguato grembiule.
5. Utilizzare sempre le metodiche che riducano il più possibile le irradiazioni alle persone sia a scopo diagnostico sia terapeutico
6. Portare durante il servizio il proprio dosimetro personale e tenere conto dei risultati, al fine di poter eventualmente migliorare le tecniche usate, concordemente alla U.O. di Fisica Sanitaria e/o al responsabile della sorveglianza fisica.

La Fisica Sanitaria e/o il responsabile della sorveglianza fisica è/sono a disposizione per qualsiasi chiarimento relativo alle norme di radioprotezione e per collaborare nel miglioramento dei presidi protezionistici.

### **Norme di sicurezza per rischi derivanti dall'impiego di apparecchi radiologici mobili in sala gessi e sale operatorie**

(art.109 comma 6 lett. c)

#### **PROTEZIONE DEL PERSONALE**

##### **NON SI DEVE**

1. Tenere il rivelatore di immagini con le mani durante l'esecuzione di radiografie. Per detta operazione è prescritto l'impiego dello stativo portacassette radiografiche.
2. Porre le mani nel fascio primario. Qualora ciò fosse eccezionalmente indispensabile calzare gli opportuni guanti anti-X.
3. Sostenere i pazienti durante le indagini radiografiche e /o radioscopiche poiché essi creano lateralmente un intenso campo diffuso. Se per ragioni cliniche ciò non fosse possibile, il paziente deve essere assistito preferibilmente da una persona anziana, protetta da grembiule anti-X ed eventuali salvagonadi. Tale persona non deve mai trovarsi in corrispondenza del fascio primario. La direzione del fascio è bene individuabile dalla posizione del tubo a raggi X. **In ogni caso non deve mai essere assistito da donna in stato di gravidanza**

##### **SI DEVE**

1. Indossare sempre il grembiule anti-X in gomma piombifera, e, se necessari, i copritiroide e gli occhiali anti x.
2. Eseguire le radiografie e/o le radioscopie operando con il telecomando alla massima distanza possibile ed essere sempre all'esterno del fascio utile. La distanza tenuta deve essere la massima sia rispetto alla sorgente radiogena e sia rispetto al paziente. Quando è tecnicamente possibile, sostare dietro le barriere anti-X.

3. Allontanare dalla sala il personale non necessario durante l'impiego dell'apparecchio mobile.
4. Controllare l'efficienza degli indicatori luminosi di emissione di radiazioni sul tavolo di comando.
5. Portare durante il servizio il proprio dosimetro personale.

## **PROTEZIONE DEL PAZIENTE**

### **NON SI DEVE**

1. Eseguire indagini radiologiche con la guaina del tubo a contatto con la cute del paziente.
2. Eseguire esami radiologici a diaframma tutto aperto.
3. Effettuare sovra esposizioni.

### **SI DEVE**

1. Mantenere durante gli esami una distanza fuoco-cute non inferiore a 50 cm.
2. Durante le indagini radioscopiche utilizzare le alimentazioni più basse possibili, compatibilmente con la buona produzione di immagini.
3. Limitare il campo di irradiazione alla superficie del settore che interessa mediante l'impiego del diaframma di campo.
4. Evitare la ripetizione di radiografie. Un radiogramma anche non perfetto dal punto di vista tecnico, ma ben interpretabile, non deve essere ripetuto.
5. Evitare di prolungare l'indagine radioscopica oltre il tempo strettamente necessario.
6. Predisporre i dati tecnici. Se possibile utilizzare il controllo automatico dell'esposizione
7. Evitare ogni esposizione superflua.
8. Interrompere l'irradiazione durante le manovre di posizionamento del paziente.
9. Fare attenzione che, per guasti meccanici e/o per dimenticanze, la emissione dei raggi X non continui oltre la durata della radiografia e/o radioscopia.
10. Usare durante la radioscopia il dispositivo di comando del tipo UOMO MORTO.

# Norme di sicurezza per rischi derivanti dall'impiego di apparecchi radiologici mobili per radiografia e/o radioscopia (art.109 comma 6 lett. c)

## PROTEZIONE DEL PERSONALE

### NON SI DEVE

1. Tenere il rivelatore di immagini con le mani durante l'esecuzione di radiografie. Per detta operazione è prescritto l'impiego dello stativo portacassette radiografiche.
2. Porre le mani nel fascio primario. Qualora ciò fosse eccezionalmente indispensabile calzare gli opportuni guanti anti-X.
3. Sostenere i pazienti durante le indagini radiografiche e radioscopiche poiché essi creano lateralmente un intenso campo diffuso. Se per ragioni cliniche ciò non fosse possibile, il paziente deve essere assistito preferibilmente da una persona anziana, protetta da grembiule anti-X ed eventuali salvagonadi. Tale persona non deve mai trovarsi in corrispondenza del fascio primario. La direzione del fascio è bene individuabile dalla posizione del tubo a raggi X. **In ogni caso non deve mai essere assistito da donna in stato di gravidanza.**

### SI DEVE

1. Indossare sempre il grembiule anti-X in gomma piombifera, il collare copri tiroide e gli occhiali anti-X, quest'ultimo nel caso di prescrizione da parte dell'esperto di radioprotezione.
2. Eseguire le radiografie e/o le radioscopie operando con il telecomando alla massima distanza possibile ed essere sempre all'esterno del fascio utile. La distanza tenuta deve essere la massima sia rispetto alla sorgente radiogena e sia rispetto al paziente. Quando è tecnicamente possibile, sostare dietro le barriere anti-X.
3. Allontanare dalla sala il personale non necessario durante l'impiego dell'apparecchio mobile.
4. Controllare l'efficienza degli indicatori luminosi di emissione di radiazioni sul tavolo di comando.

## PROTEZIONE DEL PAZIENTE

### NON SI DEVE

1. Eseguire indagini radiologiche con la guaina del tubo a contatto con la cute del paziente.
2. Eseguire esami radiologici a diaframma tutto aperto.

3. Effettuare sovra esposizioni.

### SI DEVE

1. Mantenere durante gli esami una distanza fuoco-cute non inferiore a 50 cm.
2. Durante le indagini radioscopiche utilizzare le alimentazioni più basse possibili.
3. Limitare il campo di irradiazione alla superficie del settore che interessa mediante l'impiego del diaframma di campo
4. Evitare la ripetizione di radiografie. Un radiogramma anche non perfetto dal punto di vista tecnico, ma ben interpretabile, non deve essere ripetuto.
5. Evitare di prolungare l'indagine radioscopica oltre il tempo strettamente necessario.
6. Predisporre i dati tecnici. Se possibile utilizzare il controllo automatico dell'esposizione
7. Evitare ogni esposizione superflua.
8. Interrompere l'irradiazione durante le manovre di posizionamento del paziente.
9. Fare attenzione che, per guasti meccanici e/o per dimenticanze, la emissione dei raggi X non continui oltre la durata della radiografia e/o radioscopia.
10. Usare durante la radioscopia il dispositivo di comando del tipo UOMO MORTO.

### Norme di sicurezza per rischi derivanti dall'impiego di apparecchi radiologici nelle U.O. di Radiodiagnostica

(art.109 comma 6 lett. c)

#### PROTEZIONE DEL PERSONALE

### NON SI DEVE

1. Sostenere i pazienti durante gli esami poiché essi creano lateralmente un intenso campo diffuso. Se per ragioni cliniche ciò non fosse possibile, il paziente deve essere assistito preferibilmente da una persona anziana, protetta da grembiule anti-X in gomma piombifera di spessore equivalente 0.25 mm Pb, da guanti anti-X ed eventuali salvagonadi. Tale persona non deve mai trovarsi nel fascio primario. La direzione del fascio è bene individuabile dalla posizione del tubo a raggi X. **In ogni caso il paziente non deve mai essere assistito da una donna in stato di gravidanza.**

2. Tenere il rivelatore di immagini con le mani durante l'esecuzione di radiografie. Qualora fosse eccezionalmente necessario per detta operazione è prescritto l'impiego dello stativo portacassette radiografiche o sostegni sostitutivi (sacchetti di sabbia, ecc.).
3. Porre le mani nel fascio primario. Qualora fosse eccezionalmente necessario calzare gli opportuni guanti anti-X.
4. Rimanere nella sala radiologica al di fuori della barriera protettiva anti-X durante l'esecuzione delle radiografie e/o radioscopie. Qualora ciò non fosse possibile ci si deve attenere scrupolosamente alle norme di protezione personale impartite dalla Fisica Sanitaria e/o dal Responsabile della sorveglianza fisica.
5. Lavorare senza il grembiule anti-X all'interno della sala radiologica durante l'esecuzione delle radiografie e/o radioscopie poiché esiste sia un campo di radiazione di fuga del complesso tubo-guaina, sia un campo di radiazione diffusa e secondaria.
6. Sostare nella sala radiologica durante l'esecuzione di radiografie e/o radioscopie. Possono essere autorizzati, dal Responsabile della U.O., solo gli operatori addetti ad esecuzioni di indagini radiologiche speciali.

## **SI DEVE**

1. Indossare, nel caso in cui si debba stare in sala, il grembiule anti-X in gomma piombifera e il collare copritiroide.
2. Eliminare dalle sale radiologiche tutti gli oggetti inutili e/o non indispensabili perché possono essere una potenziale fonte di radiazioni secondarie.
3. Allontanare dalla sala radiologica il personale non necessario durante l'impiego dell'apparecchio radiologico. Gli operatori devono sostare dietro la barriera anti-X.
4. Controllare l'efficienza degli indicatori luminosi di emissione raggi X sul tavolo di comando.
5. Far tenere i contenitori dei mezzi di contrasto agli stessi pazienti. In casi eccezionali il paziente può essere assistito da una persona anziana che dovrà indossare un grembiule anti-X in gomma piombifera di spessore equivalente 0.5 mm Pb e guanti anti-X. Tale accompagnatore non deve mai trovarsi in corrispondenza del fascio primario. La direzione del fascio è bene individuabile dalla posizione del tubo a raggi X. In ogni caso il paziente non deve essere mai assistito da donna in gravidanza.
6. Portare durante il servizio il proprio dosimetro personale.

## PROTEZIONE DEL DEL PAZIENTE

### NON SI DEVE

1. Eseguire radiografie con la guaina del tubo a contatto della cute del paziente.
2. Eseguire radiografie e/o radioscopie che comprendano la regione pelvico-addominale senza prima delimitato il più possibile il campo dal lato delle gonadi del paziente. Attenzione però a non schermare parti anatomiche di interesse
3. Eseguire radiografie a diaframma tutto aperto
4. Effettuare sovra esposizioni.

### SI DEVE

1. Mantenere durante gli esami una distanza fuoco-cute non inferiore a 50 cm.
2. Fare coincidere per radiografie del torace, il limite inferiore del campo con il limite inferiore del seno-costodiaframmatico.
3. Limitare il campo di irradiazione alla superficie del settore che interessa, mediante l'impiego del diaframma di campo.
4. Evitare la ripetizione di radiografie. Un radiogramma anche non perfetto dal punto di vista tecnico, ma ben interpretabile, non deve essere ripetuto.
5. Predisporre i dati tecnici.
6. Evitare ogni esposizione superflua.
7. Fare attenzione che per guasti meccanici la emissione di raggi non continui oltre il tempo necessario per la radiografia.

## Norme di sicurezza per rischi derivanti dall'impiego di apparecchi radiologici dentali (art.109 comma 6 lett. c)

### PROTEZIONE DEL PERSONALE E DEI PAZIENTI

#### NON SI DEVE

1. Tenere in posizione la pellicola dentale durante l'esposizione perché ciò significherebbe esporre le dita e la mano dell'operatore (medico o assistente) al fascio primario ed il suo corpo al fascio diffuso. La pellicola dentale va fatta tenere al paziente. Qualora ciò non fosse possibile lo può fare un accompagnatore, escludendo in ogni caso le donne in gravidanza
2. Tenere con le mani la guaina del tubo radiogeno durante le esposizioni.

#### SI DEVE

1. Proteggere sempre, durante l'esposizione, il corpo del paziente con un grembiule o con un telo di gomma piombifera (spessore equivalente almeno 0.25 mm Pb).
2. Proteggere sempre, durante l'esposizione, anche il corpo della persona, che eventualmente deve tenere in posizione la pellicola dentale, con un grembiule anti-X (spessore equivalente almeno 0.25 mm Pb).
3. Azionare l'apparecchio con il telecomando stando almeno alla distanza di 1.5 m. dal tubo radiogeno e dal paziente (per apparecchiature funzionanti fino a 70 kV) e dalla parte opposta rispetto dove è diretto il fascio. In caso di impossibilità indossare sempre il grembiule anti-X di 0.25 mm Pb spessore eq. o proteggersi al riparo di barriere protettive mobili o fisse di almeno 0.25 mm Pb eq. poste nelle vicinanze dell'apparecchiatura radiogena.
4. Mantenere sempre in perfetto stato di funzionamento l'orologio-interruttore che regola automaticamente la durata dell'esposizione e il dispositivo di comando, del tipo "uomo morto", che inserisce l'orologio interruttore.

## **Norme di sicurezza per rischi derivanti dall'impiego di apparecchi per osteodensitometria**

(art.109 comma 6 lett. c)

### **NON SI DEVE**

1. Durante l'esposizione ammettere alla sala dell'esame altre persone oltre il paziente.

### **SI DEVE**

1. Nel caso fosse strettamente necessario far assistere il paziente da un'altra persona. Escludere in ogni caso le donne in gravidanza e comunque dotare questa persona di un camice di piombo.
2. Allontanarsi il più possibile dall'apparecchiatura durante il funzionamento.
3. Limitare il tempo di esposizione al minimo indispensabile per ottenere un esame corretto.
4. Prima di eseguire un esame a una donna chiedere se è in stato interessante. In caso affermativo, eseguire l'esame solo se è indispensabile.

## **Norme di sicurezza per rischi derivanti dall'impiego di apparecchi per radioterapia (Acceleratori Lineari)**

(art.109 comma 6 lett. c)

### **NON SI DEVE**

1. Rimanere nella SALA DI IRRADIAZIONE ad assistere il paziente durante una seduta terapeutica.
2. Lasciare per alcun motivo il posto di lavoro durante le sedute terapeutiche poiché il personale addetto al tavolo di comando, oltre a controllare il regolare funzionamento degli indicatori dosimetrici, deve assicurarsi, attraverso lo schermo televisivo, che il paziente rimanga nella posizione prestabilita.
3. Escludere alcun sistema di sicurezza durante l'esecuzione delle terapie. Tale divieto è rimosso in situazioni particolari e comunque sotto responsabilità del medico radioterapista o dello specialista in fisica medica.

## **SI DEVE**

- 1.** Effettuare ogni comunicazione al paziente, durante le sedute terapeutiche, mediante l'apposito sistema interfonico.
- 2.** Controllare sistematicamente che tutti i dispositivi di sicurezza funzionino regolarmente
- 3.** Informare immediatamente il responsabile di Radioterapia e di Fisica Sanitaria o il responsabile della sorveglianza fisica, qualora si notasse qualche anomalia, anche sospetta, nei sistemi di sicurezza, nei sistemi di controllo e nei servomeccanismi della attrezzatura di radioterapia.
- 4.** Interrompere l'irradiazione agendo sull'interruttore generale installato sul tavolo di comando nel caso che, raggiunta la dose assegnata o scaduto il tempo d'irradiazione, non scattasse il dispositivo d'arresto ed apertura del circuito di accelerazione degli elettroni ed emissione del fascio X.
- 5.** Portare sempre il proprio dosimetro personale durante le ore di lavoro.

La Fisica Sanitaria o il responsabile della sorveglianza fisica tengono apposito registro su cui vengono sistematicamente registrate tutte le operazioni di dosimetria clinica ed ambientale, nonché quelle di controllo dei dispositivi di sicurezza e servomeccanismi delle attrezzature di radioterapia.

### **Norme di sicurezza generali per rischi derivanti dall'impiego di sorgenti radioattive non sigillate** (art.109 comma 6 lett. c)

#### **MEDICINA NUCLEARE**

In Medicina Nucleare si impiegano a scopo diagnostico/terapeutico in vitro e in vivo sorgenti radioattive non sigillate.

In queste condizioni di lavoro il rischio di irradiazione si associa al rischio di contaminazione.

Dopo la somministrazione di isotopi radioattivi, il paziente stesso diviene una sorgente di radiazioni e, attraverso le varie forme di eliminazione, secrezione ed escrezione, diviene a sua volta una fonte di possibile contaminazione.

In Medicina Nucleare sono evidenziate da apposita segnaletica le "zone controllate e sorvegliate".

La sorveglianza fisica della radioprotezione e le raccomandazioni alle quali ci si deve attenere con scrupolo e diligenza in ogni momento della attività lavorativa hanno come scopo evitare e/o ridurre al minimo sia il rischio di irradiazione che quello di contaminazione.

## RACCOMANDAZIONI GENERALI

### SI DEVE

1. Indossare sempre la divisa di lavoro e non trattenersi in reparto con abiti civili: ciò vale per motivi igienici e protezionistici.
2. Controllare di essere muniti dei dosimetri in dotazione: dosimetro a badge allo sterno e, se assegnato, dosimetro a bracciale/anello. In caso di mancanza dei dosimetri per qualsiasi motivo richiedere subito un duplicato alla Fisica Sanitaria.
3. Prima del lavoro in zona controllata e sorvegliata calzare sempre i guanti/calzari/camici monouso.
4. Al termine del lavoro in zona controllata o sorvegliata, sfilare i guanti avendo cura di non toccare con le mani guantate i polsini delle maniche e la pelle, lavarsi le mani e controllare l'eventuale contaminazione individuale al monitor mani, piedi e vesti. Se risultate contaminati avvertire subito il Responsabile di Medicina Nucleare e l'esperto di radioprotezione che procederà ai controlli e agli accertamenti.

### NON SI DEVE

1. Introdurre nelle aree controllate e sorvegliate effetti e altri oggetti personali suscettibili di essere contaminati con sostanze radioattive.

## NORME OPERATIVE

1. Ricoprire le superfici di lavoro con **carta bibula**; utilizzare i **telini plastificati** per proteggere da eventuali contaminazioni le superfici più esposte al fenomeno (pavimento cyclette, poltrona somministrazione, ecc.).
2. Effettuare le manipolazioni, quando è possibile, con pinze, onde interporre una distanza fra la mano e la boccetta della soluzione.
3. Usare etichette autoadesive.
4. Manovrare maniglie, rubinetti ed interruttori mediante fazzoletti di cellulosa.
5. Segnalare sempre nel laboratorio eventuali sorgenti non riponibili negli appositi contenitori schermati, ponendole dietro protezione in piombo (contenitori o mattoni componibili).

6. Limitare al minimo gli spostamenti dei materiali attivi: durante i necessari spostamenti le sorgenti dovranno essere sempre poste in idonei contenitori schermati.
7. Per tutte le ricerche che comportino l'impiego di materiale attivo, pianificare in accordo con la Fisica Sanitaria, la procedura da seguire al fine di predisporre i mezzi e i modi capaci di garantire gli operatori da eventuali inutili esposizioni.
8. Segnalare subito, nel caso di spargimento di sostanze radioattive, l'area contaminata dopo averla ricoperta con carta bibula e avvertire immediatamente i Responsabili di Medicina Nucleare e Fisica Sanitaria.
9. Qualora si verificassero schizzi di liquido attivo:
  - indossare i guanti protettivi;
  - delimitare rapidamente la zona contaminata;
  - tamponare la zona con materiale assorbente (carta bibula, stracci, segatura, sabbia, ecc.);
  - trattandosi di una zona di passaggio obbligato, quando la superficie contaminata è secca, sovrapporvi fogli di carta bibula;
  - ricoprire se possibile con fogli di plastica;
  - tenere l'area sotto controllo di monitoraggio.
10. Avvisare immediatamente i Responsabili di Medicina Nucleare e Fisica Sanitaria in caso di sospetta o sicura contaminazione personale. La U.O. di Fisica Sanitaria accerterà l'avvenuta contaminazione e prenderà le opportune misure di sicurezza, suggerendo le modalità per ogni ulteriore operazione.
11. In caso di incidente con ferita cutanea con possibilità di introduzione nell'organismo di materiale radioattivo:
  - lavare il più presto possibile la ferita con abbondante acqua corrente per almeno dieci minuti, avendo cura di distendere i bordi della lesione;
  - se la ferita presenta tracce di grasso o sudiciume occorre lavare la parte con detergente liquido neutro massaggiandola delicatamente con garza sterile o cotone, se possibile applicare un laccio emostatico onde arrestare il flusso venoso e non quello arterioso;
  - procedere alla medicazione della ferita;

## **Norme di sicurezza per rischi derivanti dall'impiego di sorgenti radioattive non sigillate nel laboratorio caldo**

(art.109 comma 6 lett. c)

### **SI DEVE**

- 1.** Prima di iniziare manipolazioni nel laboratorio caldo, indossare gli appositi indumenti, i guanti chirurgici allo scopo di prevenire contaminazioni corporee.
- 2.** Controllare prima di iniziare una manipolazione che:
  - l'impianto di ventilazione funzioni,
  - l'impianto di monitoraggio ambientale sia in funzione. In caso contrario avvertire immediatamente i Responsabili di Medicina Nucleare e di Fisica Sanitaria.
- 3.** Eseguire ogni manipolazione sugli appositi tavoli di lavoro.
- 4.** Trattenersi nel laboratorio caldo solo il tempo necessario per effettuare le manipolazioni programmate.
- 5.** Prima di lasciare il laboratorio caldo, togliere i guanti, lavarsi le mani, controllare con l'apposito monitor l'eventuale contaminazione di mani, camice e scarpe.
- 6.** Mantenere il laboratorio in perfette condizioni di pulizia e ordine. Provvedere affinché tutte le persone addette alle operazioni di pulizia siano sottoposte a misure di controllo dell'eventuale contaminazione.

### **NON SI DEVE**

- 1.** Fumare, assumere cibi o bevande ed applicarsi cosmetici nelle aree controllate e sorvegliate. Fare uso di fazzoletti da naso (usare fazzoletti di carta).
- 2.** Pipettare sostanze liquide con la bocca.
- 3.** Quando si indossano i guanti di lavoro, fare uso del telefono, dei manuali di consultazione, toccare pareti e strumenti.
- 4.** In caso di sospetta o accertata contaminazione personale toccare, per alcuna ragione, qualsiasi oggetto, superficie o strumento di monitoraggio.

## **Norme di sicurezza per rischi derivanti dall'impiego di sorgenti radioattive non sigillate (smaltimento rifiuti)**

(art.109 comma 6 lett. c)

### **A TUTTO IL PERSONALE**

Va utilizzata attenzione e cura particolare nella separazione e destinazione dei rifiuti, in quanto tutti i materiali venuti a contatto con minime tracce di soluzioni radioattive sono passibili di essere contaminati.

I rifiuti non contaminati verranno trattati secondo le disposizioni impartite dalla Direzione Sanitaria, mentre quelli contaminati verranno raccolti negli appositi fusti e pattumiere schermate. I punti di raccolta dei rifiuti radioattivi sono ben individuati, segnalati e noti.

Le siringhe e gli aghi utilizzati per la somministrazione delle dosi diagnostiche verranno raccolti in halibox e questo riposto nel fusto dei rifiuti radioattivi.

Le pattumiere schermate conterranno sempre un sacchetto, onde evitare di contaminare la superficie interna della pattumiera schermata stessa e permettere di recuperare il materiale contaminato estraendo il sacchetto, che verrà periodicamente riposto nel fusto per i rifiuti radioattivi.

I rifiuti radioattivi saranno ritirati dal personale addetto di Medicina Nucleare e riposti nel bunker, allo scopo predisposto, in seguito verranno alienati tramite ditta autorizzata.

Ogni fusto sarà corredato da una scheda per annotare data, isotopo e attività scaricata. Il materiale che abbia subito una dubbia contaminazione deve essere monitorato prima di destinarlo a rifiuti urbani o speciali ospedalieri.

## **Norme di sicurezza per rischi derivanti dall'impiego di apparecchi per radioterapia (Roentgenterapia)**

(art.109 comma 6 lett. c)

### **NON SI DEVE**

- 1.** Rimanere nella SALA DI IRRADIAZIONE ad assistere il paziente durante una seduta terapeutica.
- 2.** Controllare sistematicamente che tutti i dispositivi di sicurezza funzionino

## SI DEVE

1. Effettuare ogni comunicazione al paziente, durante le sedute terapeutiche, mediante l'apposito sistema interfonico.
2. Controllare sistematicamente che tutti i dispositivi di sicurezza funzionino regolarmente.
3. Informare immediatamente il responsabile di Radioterapia e di Fisica Sanitaria o il responsabile della sorveglianza fisica, qualora si notasse qualche anomalia, anche sospetta, nei sistemi di sicurezza, nei sistemi di controllo e nei servomeccanismi della attrezzatura di radioterapia.
4. Interrompere l'irradiazione agendo sull'interruttore generale installato sul tavolo di comando nel caso che, raggiunta la dose assegnata o scaduto il tempo d'irradiazione, non scattasse il dispositivo d'arresto ed apertura del circuito di accelerazione degli elettroni ed emissione del fascio X.
5. Portare sempre il proprio dosimetro personale durante le ore di lavoro.

La Fisica Sanitaria o il responsabile della sorveglianza fisica tengono apposito registro su cui vengono sistematicamente registrate tutte le operazioni di dosimetria clinica ed ambientale, nonché quelle di controllo dei dispositivi di sicurezza e servomeccanismi delle attrezzature di radioterapia.

## Sezione speciale

## **SEZIONE SPECIALE: GLI APPARECCHI RADIOLOGICI IN AUSL PC**

### **La mappatura geodistrettuale delle apparecchiature connesse all'impiego delle radiazioni ionizzanti attualmente in uso presso la AUSL di Piacenza**

#### **Introduzione alla Sezione Speciale**

##### **Perché prevedere una Sezione Speciale del Manuale di Radioprotezione?**

L'esposizione professionale alle radiazioni ionizzanti correla all'impiego di specifiche apparecchiature nell'ambito di attività di radiodiagnostica e di attività radiodiagnostiche complementari. Si è deciso di dedicare una sezione del Manuale ad una puntuale mappatura dei luoghi ove le radiazioni ionizzanti vengono utilizzate a fini diagnostici e/o terapeutici mediante il ricorso a strumenti planimetrici e a rilievi fotografici; ciò riconosce quale principale finalità una agile individuazione delle sedi ove occorre l'esposizione al rischio.

##### **In sintesi, cosa è stato fatto?**

La stesura della Sezione Speciale ha giustificato operazioni di ricostruzione geodistrettuale inerenti alla dislocazione capillare dei dispositivi connessi all'impiego di radiazioni ionizzanti presso la AUSL di Piacenza.

##### **Come è stato perseguito l'obiettivo prefissato?**

Preliminarmente si è provveduto ad una individuazione ed elencazione delle sedi ove le radiazioni ionizzanti vengono comunemente impiegate, cui ha fatto seguito il reperimento delle planimetrie relative alle Unità Operative coinvolte. Sono state quindi espletate attività di sopralluogo presso le sedi indicate, a cura di Personale afferente al Dipartimento della Sicurezza della AUSL di Piacenza.

##### **Chi se ne è fatto carico?**

La stesura della Sezione Speciale e le operazioni ad essa connesse sono state compiute da personale afferente alla U.O. Servizio di Prevenzione e Protezione e alla U.O. Fisica Sanitaria - Dipartimento della Sicurezza della AUSL di Piacenza.

##### **Come va mantenuta la Sezione Speciale?**

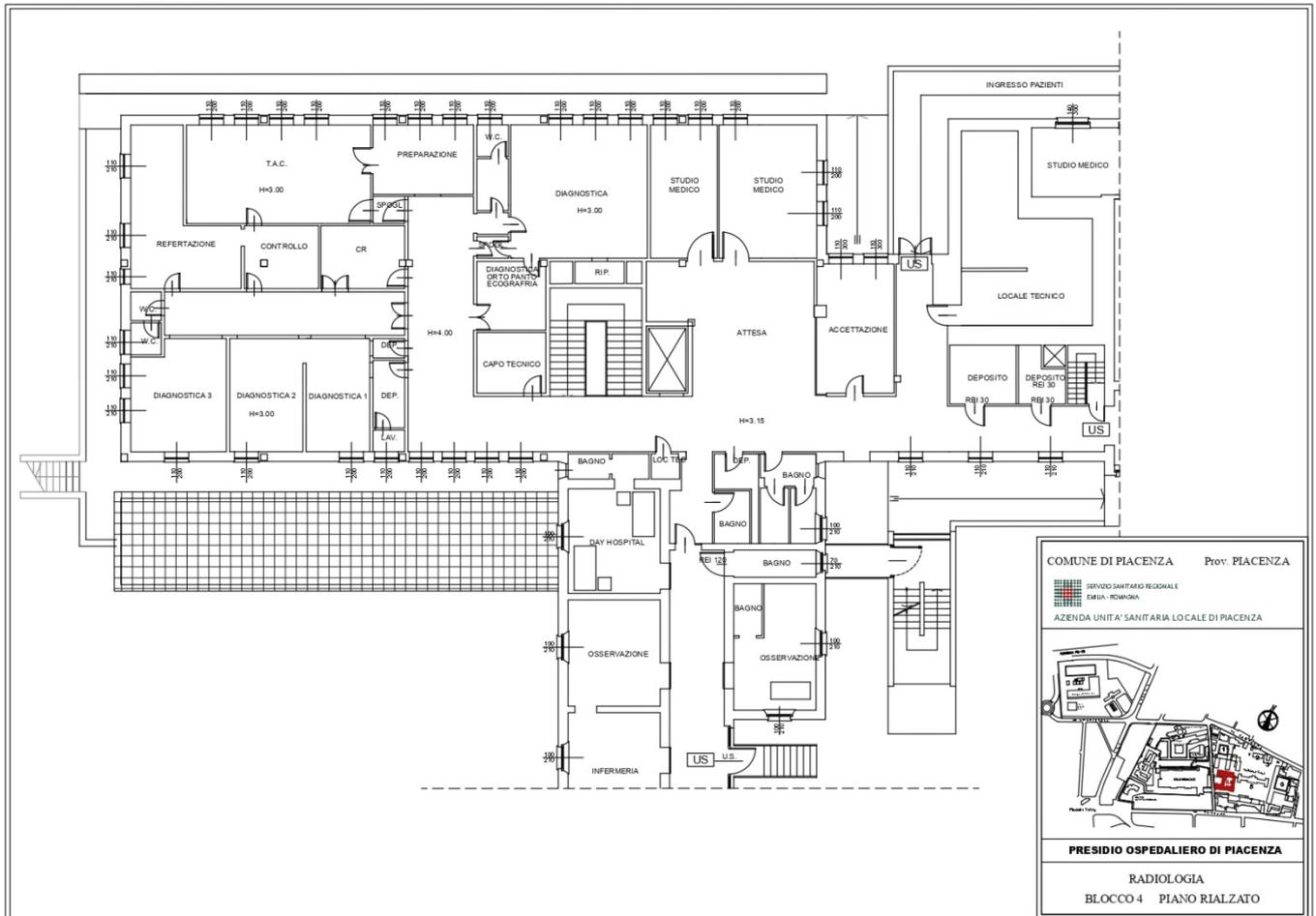
La Sezione Speciale deve essere oggetto di periodiche verifiche che consentano il monitoraggio dei luoghi indicati; ciò a permettere un costante monitoraggio di intercorsi cambiamenti tali da imporre aggiornamenti dei contenuti della sezione stessa. Si prevede pertanto che la versione della sezione temporalmente più recente vada a sostituire la più datata, che verrà archiviata a testimonianza dello "stato dell'arte" relativo ad uno specifico pregresso intervallo temporale.

# APPARECCHI RADIOLOGICI IN AUSL PC

La mappatura geodistrettuale delle apparecchiature connesse all'impiego di radiazioni ionizzanti attualmente in uso presso la AUSL di Piacenza

**OSPEDALE "GUGLIELMO DA SALICETO" PIACENZA**

**U.O. RADIOLOGIA – UBICAZIONE PRESSO BLOCCO 4**



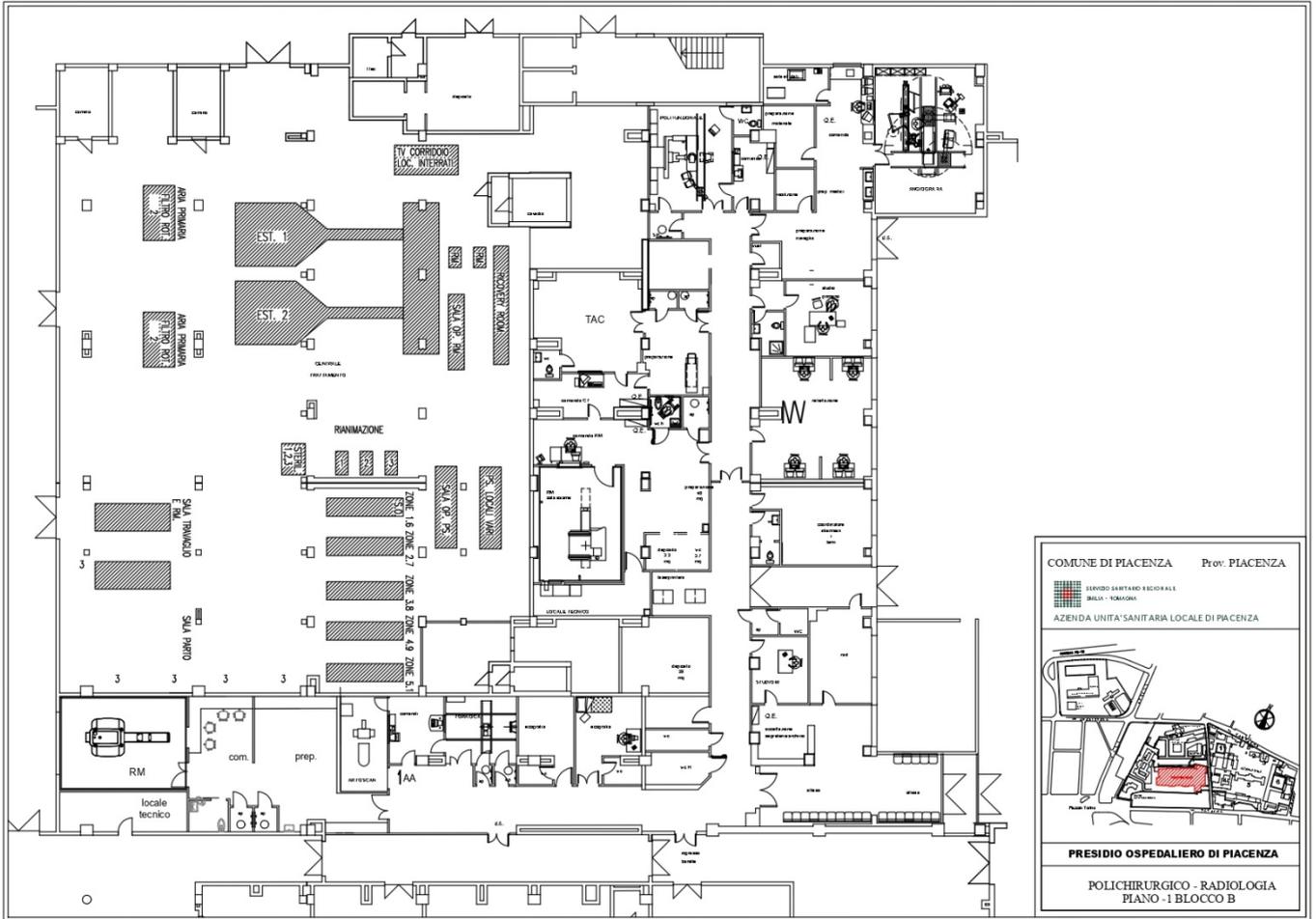


TOMOGRFO ASSIALE COMPUTERIZZATO



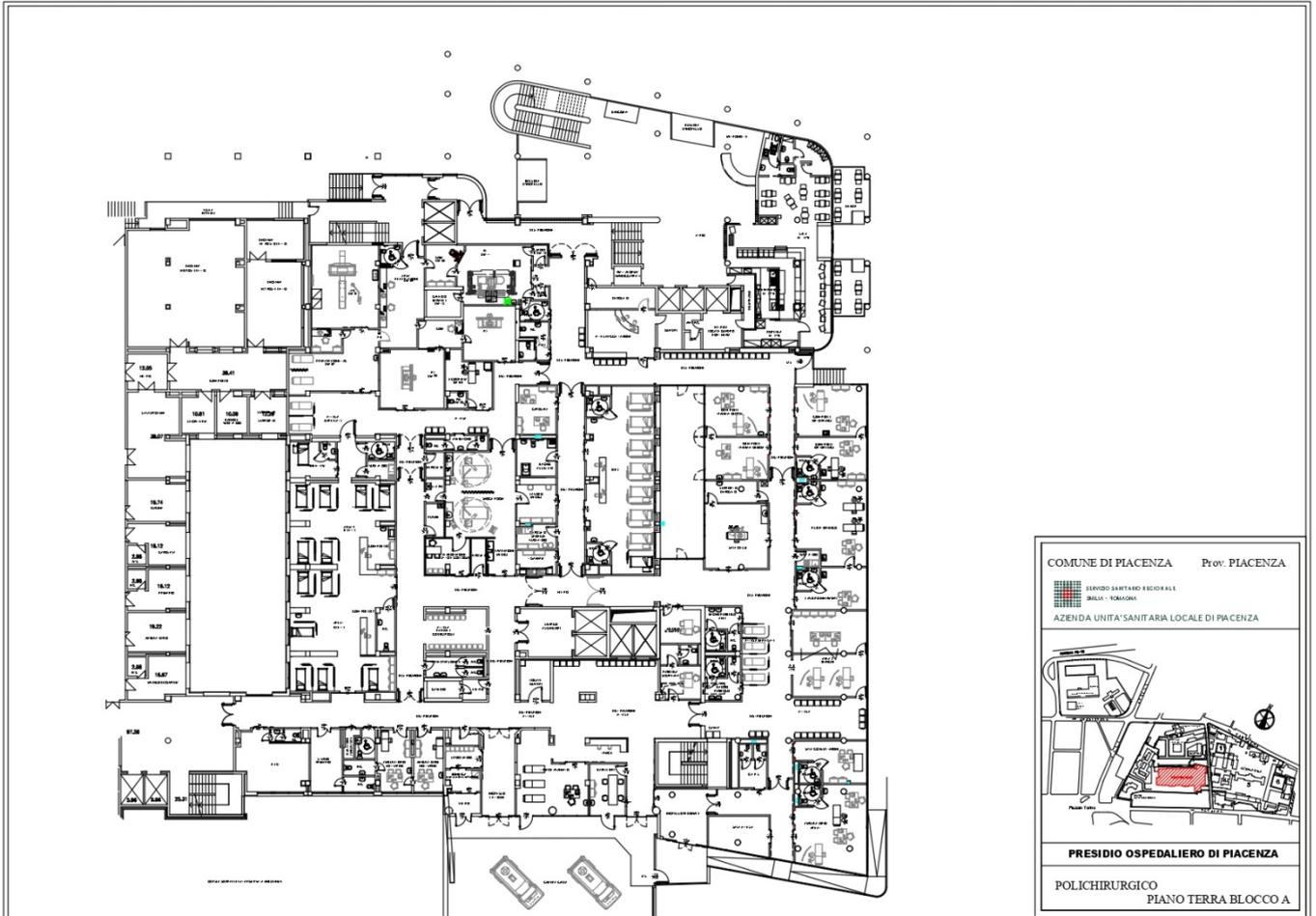
APPARECCHIO DIGITALE

## U.O. RADIOLOGIA – UBICAZIONE PRESSO BLOCCO B (PIANO -1)



ANGIOGRAFO

## U.O. RADIOLOGIA – UBICAZIONE PRESSO BLOCCO A (PIANO TERRA – P.S.)

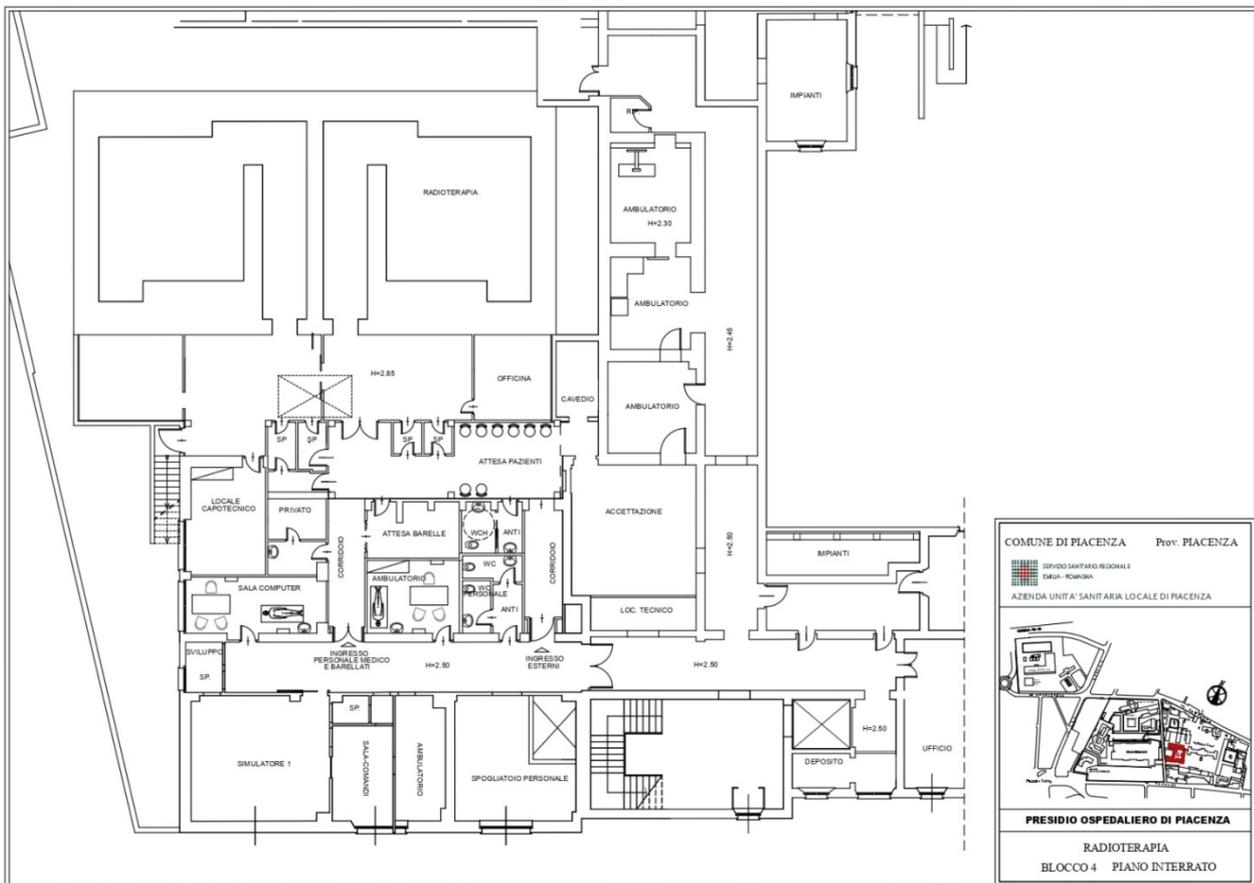


SALA DI ACCESSO



RILEVATORE DIGITALE

## U.O. RADIOTERAPIA





TOMOGRAFO ASSIALE COMPUTERIZZATO



ACCELERATORE LINEARE





GAMMA CAMERA



GAMMA CAMERA CON TC

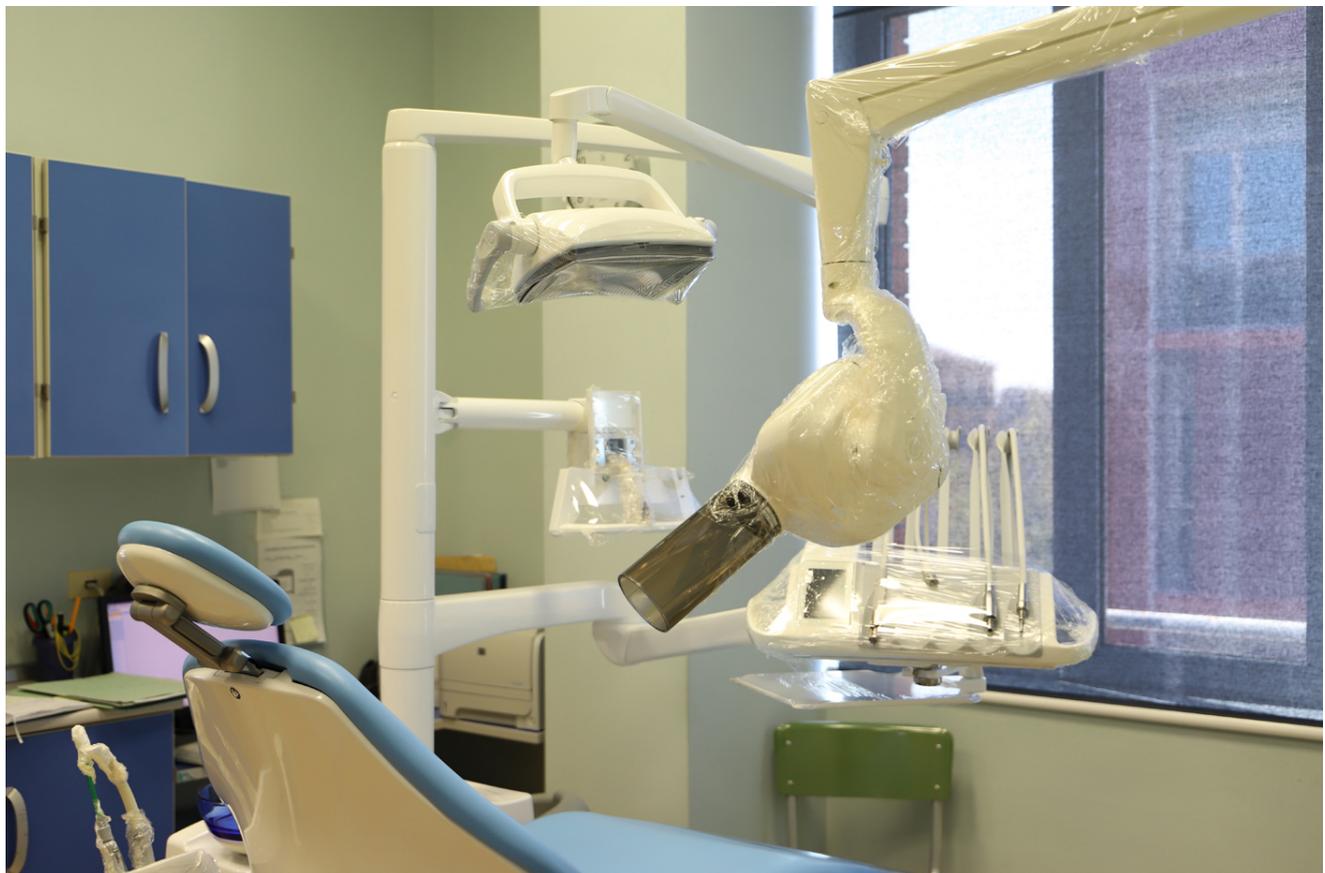
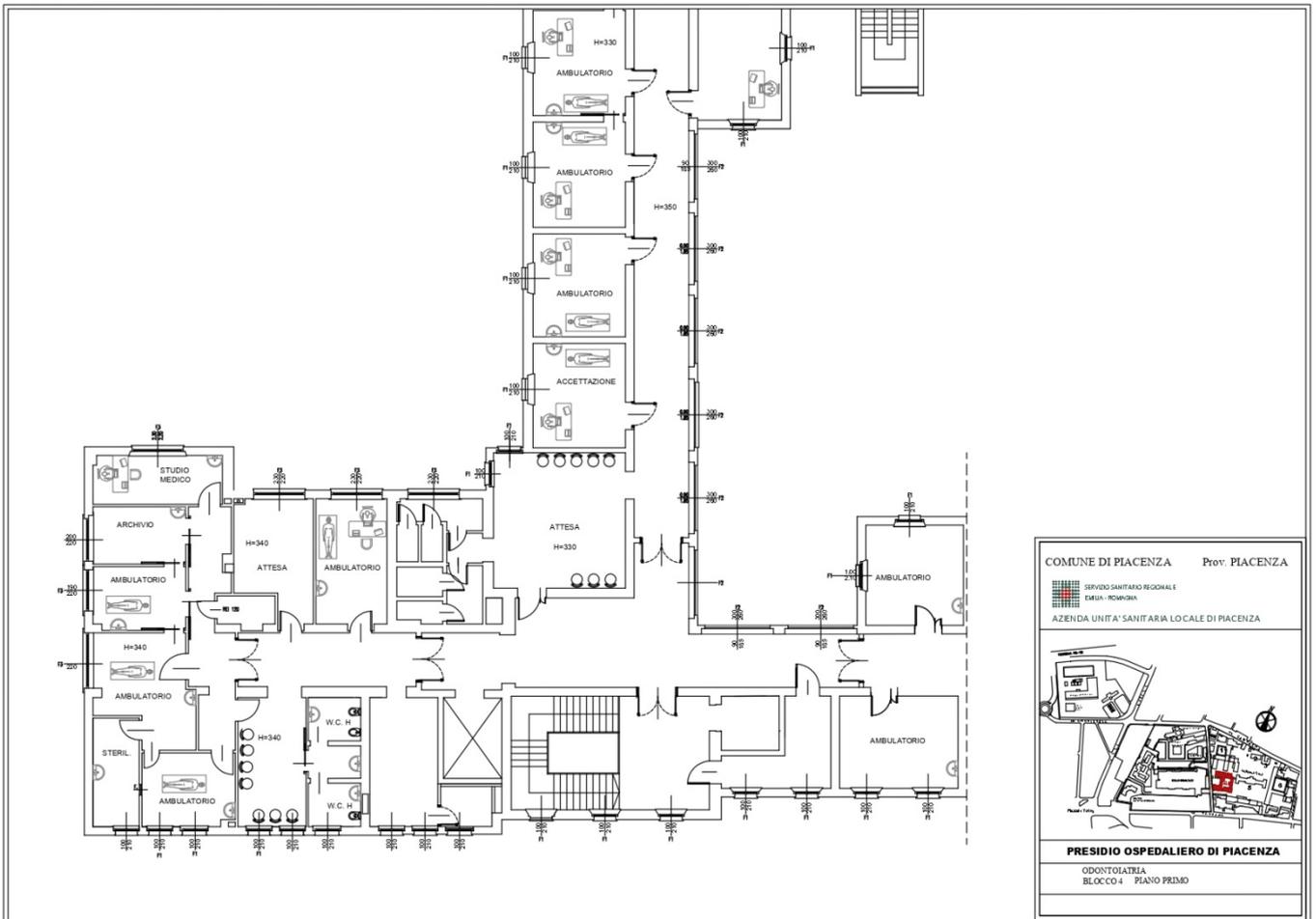


CELLA DI MANIPOLAZIONE



SONDA PER LA RICERCA DEL LINFONODO SENTINELLA

## U.O. ODONTOIATRIA



APPARECCHIO RADIOLOGICO ENDORALE





APPARECCHIO RADIOLOGICO PER EMODINAMICA





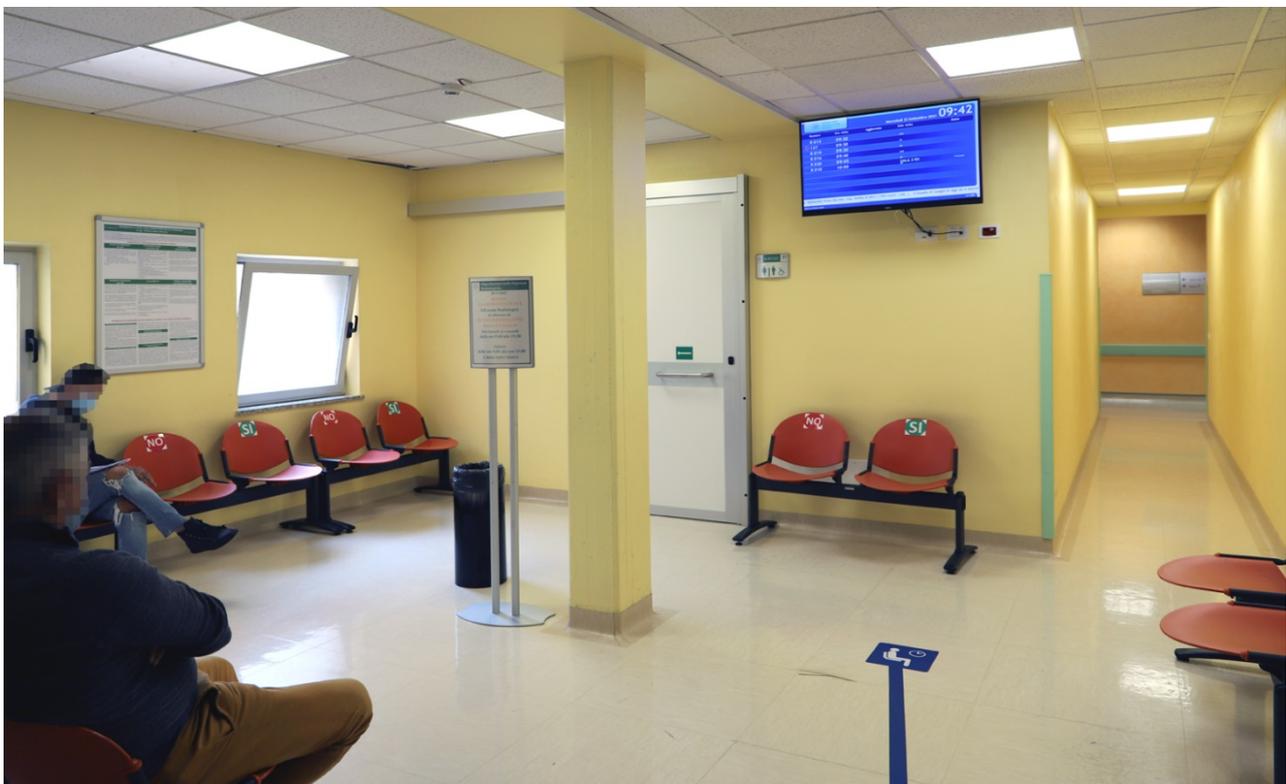
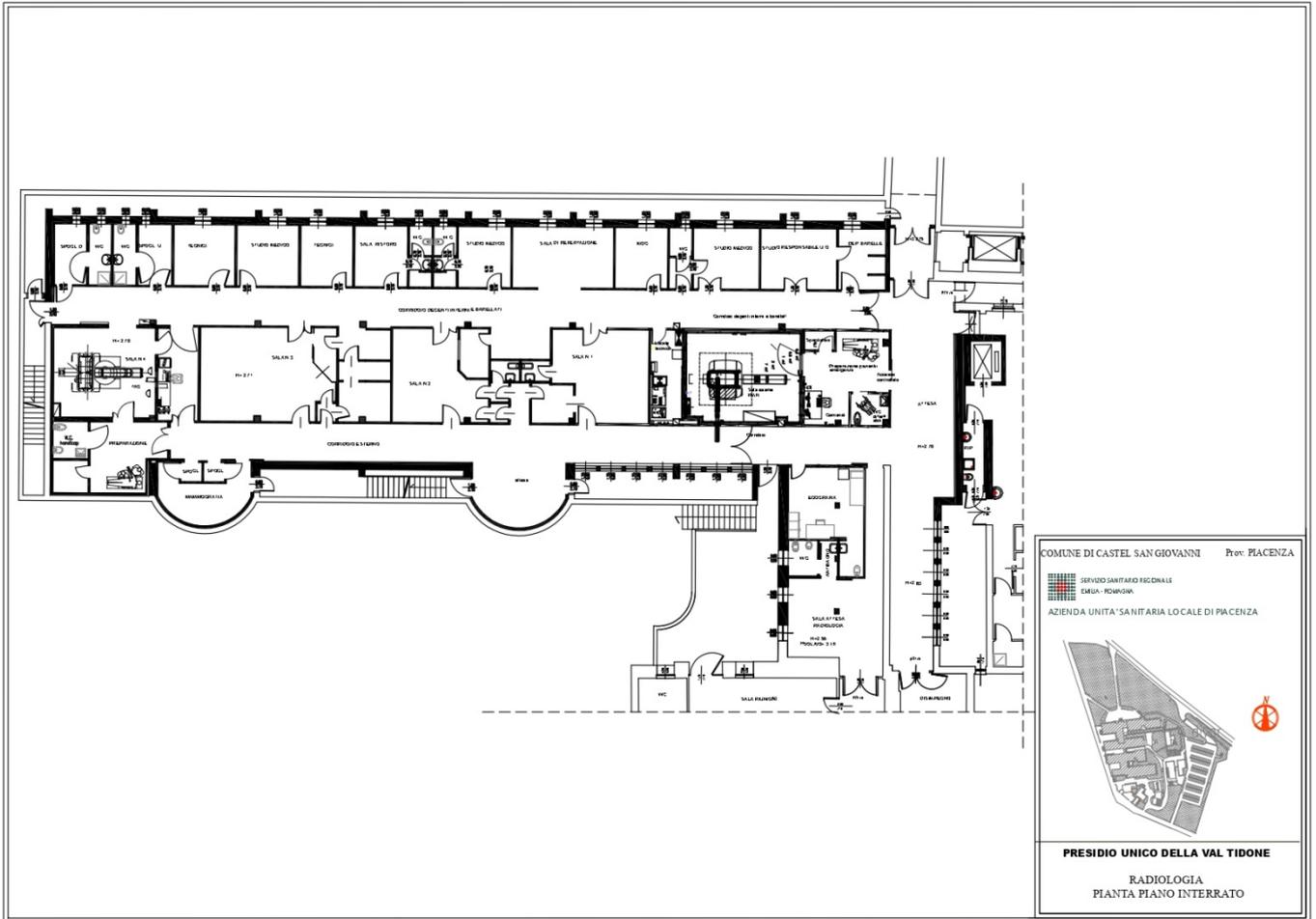
MAMMOGRAFO



APPARECCHIO PER MINERALOMETRIA OSSEA COMPUTERIZZATA

# OSPEDALE CIVILE DI CASTEL SAN GIOVANNI

## U.O. RADIOLOGIA



SALA D'ATTESA



MAMMOGRAFO



TOMOGRAFO ASSIALE COMPUTERIZZATO



STATIVO PENSILE UBICATO PRESSO SALA 3



ORTOPANTOMOGRFO



APPARECCHIO DIGITALE UBICATO IN SALA 2



PORTATILE DIGITALE



**TELECOMANDATO**  
**COMPARTO OPERATORIO**



**AMPLIFICATORE ARCADIS DESTINATO ALL'IMPIEGO IN SALA OPERATORIA**





MAMMOGRAFO



APPARECCHIO PENSILE



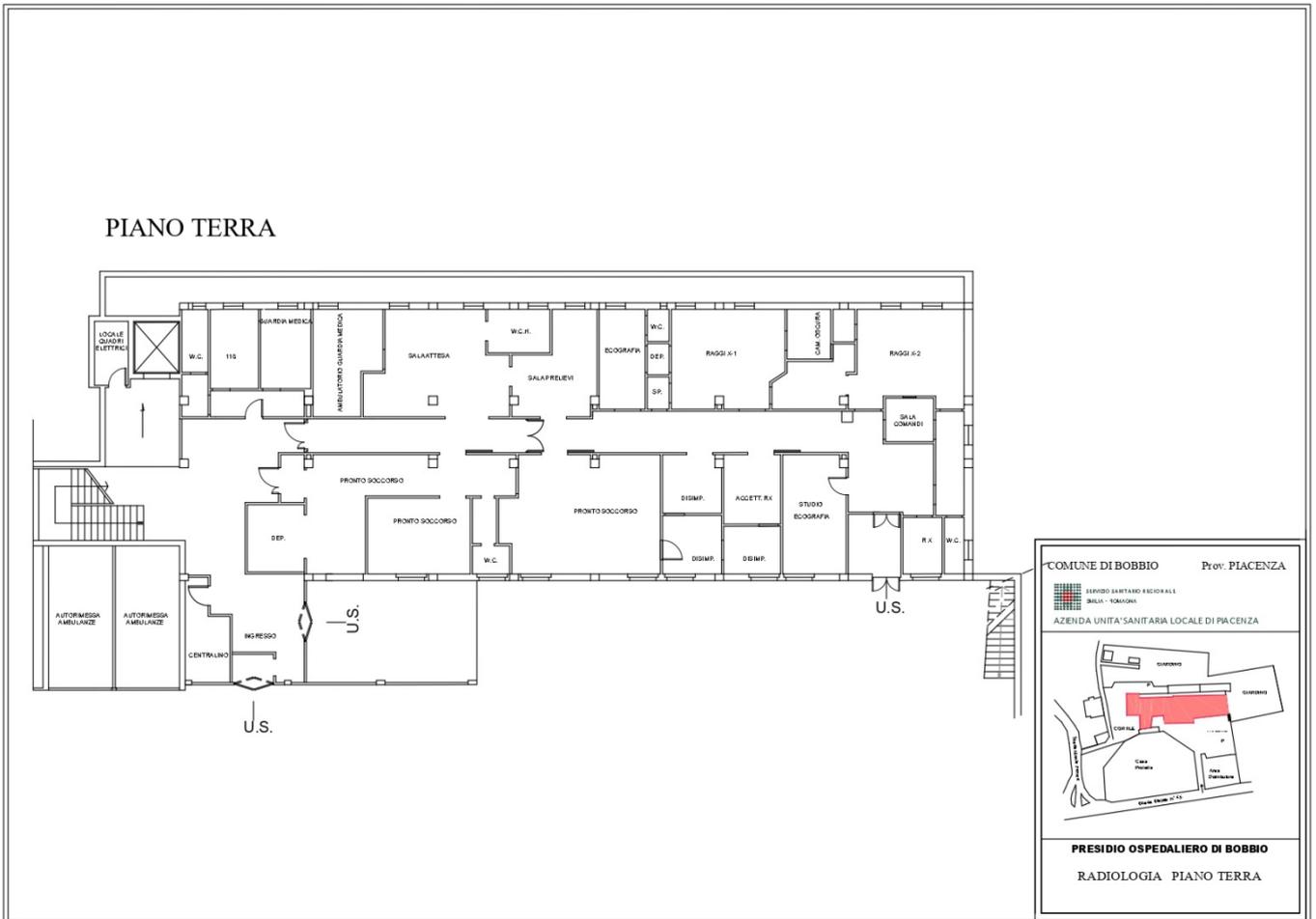
TELECOMANDATO



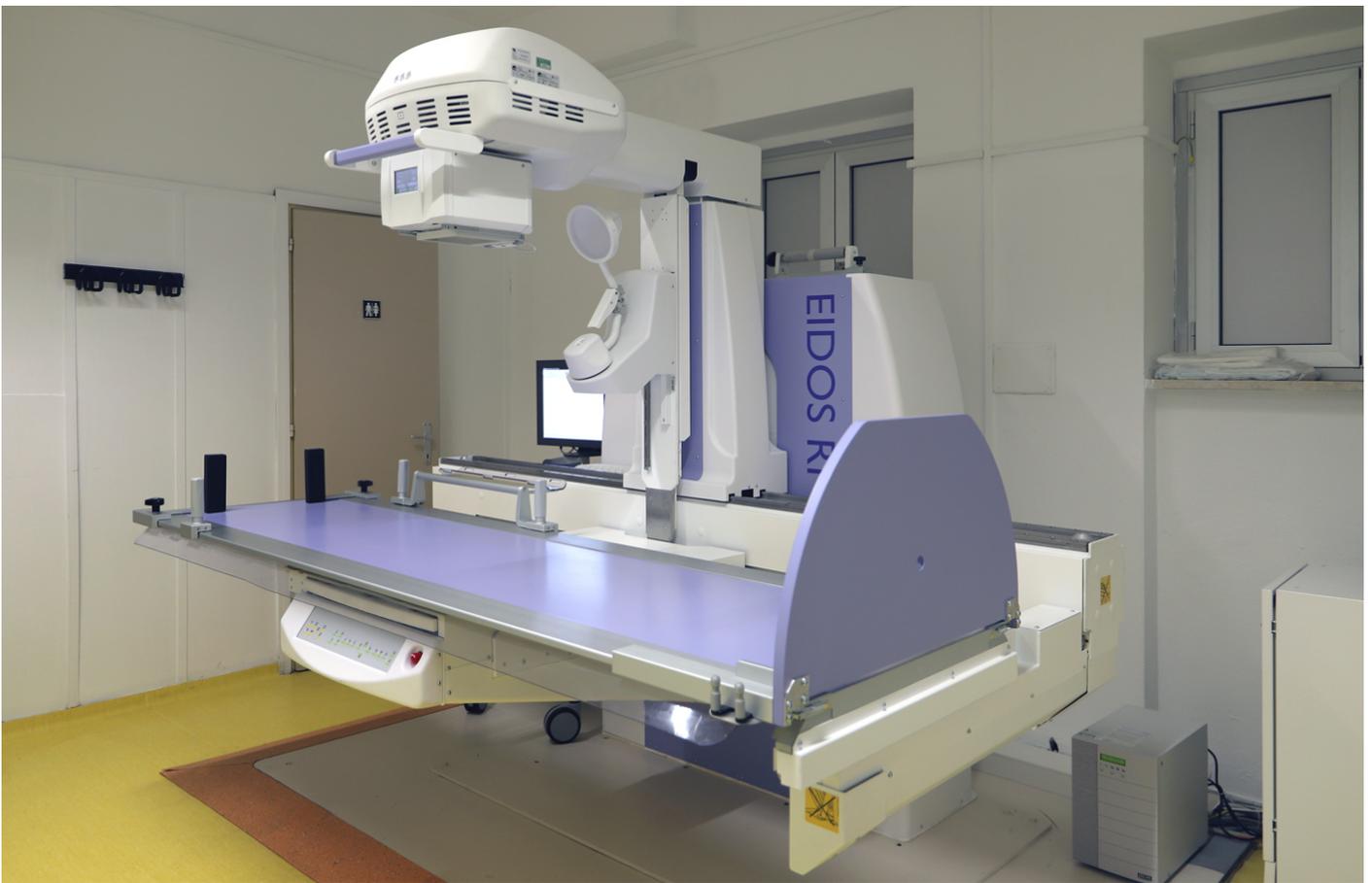
TOMOGRAFO ASSIALE COMPUTERIZZATO



ORTOPANTOMOGRFO



APPARECCHIO PENSILE UBICATO PRESSO SALA 1



TELECOMANDATO



APPARECCHIATURA PER MINERALOMETRIA OSSEA COMPUTERIZZATA



APPARECCHIO PORTATILE



ORTOPANTOMOGRFO

## **BIBIOGRAFIA**

---

1. D. Lgs. 101/20
2. D. Lgs. 230/95
3. D. Lgs. 81/08
4. Linee guida per la protezione del nascituro e del bambino irradiati a seguito dell'esposizione a scopo medico del genitore, Commissione europea 100
5. Linee Guida AIRM "Sorveglianza medica dei lavoratori esposti a radiazioni ionizzanti", 2014

## **SITOGRAFIA**

---

1. [www.normattiva.it](http://www.normattiva.it)
2. [www.icrp.org](http://www.icrp.org)
3. [www.iaea.org/publications](http://www.iaea.org/publications)
4. [www.eanm.org](http://www.eanm.org)

## INDICE

A cura di	<i><b>pagina 1</b></i>
Presentazione	<i><b>pagina 2</b></i>
Prefazione	<i><b>pagina 3</b></i>
SEZIONE GENERALE	<i><b>pagina 4</b></i>
Radiazioni elettromagnetiche	<i><b>pagina 5</b></i>
Sorveglianza fisica normativa	<i><b>pagina 9</b></i>
Sorveglianza fisica aspetti operativi	<i><b>pagina 15</b></i>
Sorveglianza medica della radioprotezione	<i><b>pagina 18</b></i>
Effetti biologici delle radiazioni	<i><b>pagina 27</b></i>
Radioprotezione del paziente	<i><b>pagina 31</b></i>
La radioprotezione della donna in età fertile in gravidanza e del paziente in età pediatrica	<i><b>pagina 41</b></i>
Norme di sicurezza	<i><b>pagina 45</b></i>
SEZIONE SPECIALE:	<i><b>pagina 61</b></i>
- introduzione	
- apparecchi radiologici in AUSL PC	
- ospedale "Guglielmo da Saliceto" Piacenza	
- ospedale civile di Castel San Giovanni	
- ospedale di Fiorenzuola d'Arda	
- ospedale di Bobbio	







