

Dosi elevate: effetti deterministici

ICRP 103 2007

Tabella A.3.3. Intervalli di dosi associate con sindromi specifiche radio-indotte e con la morte in persone esposte a radiazioni acute, uniformi, a basso LET.

Dose assorbita ^a al corpo intero (Gy)	Effetto principale causa di morte	Intervallo trascorso tra l'esposizione e il decesso (giorni)
3-5	Danni al midollo osseo (LD _{50/60})	30 -60
5 – 15	Danni al tratto gastrointestinale	7 -20
5 – 15	Danni al polmone e ai reni	60 - 150
> 15	Danni al sistema nervoso	< 5 dipendenza dalla dose

a) Qualche valore degli intervalli di dose comprende valutazioni da risultati di irradiazioni parziali del corpo.

Dosi elevate: effetti deterministici

Tabella A.3.4. Stime proiettate della soglia di dose assorbita acuta per incidenze dell'1% di morbidità e di mortalità relative ad organi e tessuti di individui adulti per esposizioni di tutto il corpo a radiazioni gamma.

Effetto	Organo/tessuto	Tempo per lo sviluppo dell'effetto	Dose assorbita (Gy) ^e
<i>Morbidità:</i>			<i>Incidenza dell'1%</i>
Sterilità temporanea	Testicoli	3 –9 settimane	~0,1 ^{a,b}
Sterilità permanente	Testicoli	3 settimane	~ 6 ^{a,b}
Sterilità permanente	Ovaie	< 1 settimana	~ 3 ^{a,b}
Depressione dell'ematopoiesi	Midollo osseo	3 –7 giorni	~0,5 ^{ä,b}
Fase principale dell'eritema	Pelle (aree estese)	1 –4 settimane	< 3-6 ^b
Ustioni della pelle	Pelle (aree estese)	2 –3 settimane	5-10 ^b
Alopecia temporanea	Pelle	2 –3 settimane	~4 ^b
Cataratta (riduzione del visus)	Occhio	Diversi anni	~1,5 ^{a,c}
<i>Mortalità:</i>			
Sindrome emopoietica			
– senza trattamento medico	Midollo osseo	30 –60 giorni	~ 1 ^b
– con buon trattamento medico	Midollo osseo	30 –60 giorni	2-3 ^{b,d}
Sindrome gastroenterica			
– senza trattamento medico	Intestino tenue	6 –9 giorni	~6 ^d
– con buon trattamento medico	Intestino tenue	6 –9 giorni	> 6 ^{b,c,d}
Polmonite	Polmone	1 –7 mesi	6 ^{b,c,d}

^a ICRP (1984).

^b UNSCEAR (1988).

^c Edwards e Lloyd (1996).

^d Scott ed Hahn (1989), Scott (1993).

^e la maggior parte dei valori sono arrotondati al Gy più vicino; gli intervalli di dose indicano la dipendenza dall'estensione per la pelle e dalla varietà dei trattamenti medici per il midollo osseo.

Dosi elevate: effetti deterministici

RADIATION AND YOUR PATIENT: A GUIDE FOR MEDICAL PRACTITIONERS

*A web module produced by Committee 3 of the
International Commission on Radiological Protection (ICRP)*

Table 1.

Deterministic effects after whole-body and localised irradiation by X and gamma rays; approximate absorbed threshold doses for single (short-term) and fractionated or low dose-rate (long-term) exposures [5,6].

		Threshold absorbed dose Gy	
Organ/tissue	Effect	Short-term exposure (single doses)	Long-term exposure (Yearly - repeated for many years)
Testicles	Temporal sterility permanent sterility	0.15 3.5 - 6.0	0.4 2.0
Ovaries	Sterility	2.5 - 6.0	> 0.2
Ocular lens	Detectable opacities Visual impairment (cataract)	0.5 - 2.0	> 0.1
		5.0	> 0.15
Bone marrow	Haemopoiesis impairment	0.5	> 0.4
Skin	1. Erythema (dry desquamation).	2	-
	2. Moist desquamation.	18	-
	3. Epidermal and deep skin necrosis	25	-
	4. Skin atrophy with complications and telangiectasia	10-12	1.0
Whole body	Acute radiation sickness (mild)	1.0	-

**RADIATION AND YOUR PATIENT:
A GUIDE FOR MEDICAL PRACTITIONERS**

*A web module produced by Committee 3 of the
International Commission on Radiological Protection (ICRP)*

Dosi in radiodiagnostica

Broad levels of risk for common x-ray examinations and isotope scans			
X-ray examination (or nuclear medicine isotope scan)	Effective doses (mSv) clustering around a value of:	Equivalent period of natural background radiation	Lifetime additional risk of cancer per examination*
Chest Teeth Arms and legs Hands and feet	0.01	A few days	Negligible risk
Skull Head Neck	0.1	A few weeks	Minimal risk 1 in 1 000 000 to 1 in 100 000
Breast (mammography) Hip Spine Abdomen Pelvis CT scan of head (Lung isotope scan) (Kidney isotope scan)	1.0	A few months to a year	Very low risk 1 in 100 000 to 1 in 10 000
Kidneys and bladder (IVU) Stomach - barium meal Colon - barium enema CT scan of abdomen (Bone isotope scan)	10	A few years	Low risk 1 in 10 000 to 1 in 1 000

* These risk levels represent very small additions to the 1 in 3 chance we all have of getting cancer.

Dose Efficace in procedure di Radiologia diagnostica

Examination	Average Effective Dose (mSv)	Values Reported in Literature (mSv)
Skull	0.1	0.03–0.22
Cervical spine	0.2	0.07–0.3
Thoracic spine	1.0	0.6–1.4
Lumbar spine	1.5	0.5–1.8
Posteroanterior and lateral study of chest	0.1	0.05–0.24
Posteroanterior study of chest	0.02	0.007–0.050
Mammography	0.4	0.10–0.60
Abdomen	0.7	0.04–1.1
Pelvis	0.6	0.2–1.2
Hip	0.7	0.18–2.71
Shoulder	0.01	...
Knee	0.005	...
Other extremities	0.001	0.0002–0.1
Dual x-ray absorptiometry (without CT)	0.001	0.001–0.035
Dual x-ray absorptiometry (with CT)	0.04	0.003–0.06
Intravenous urography	3	0.7–3.7
Upper gastrointestinal series	6*	1.5–12
Small-bowel series	5	3.0–7.8
Barium enema	8*	2.0–18.0
Endoscopic retrograde cholangiopancreatography	4.0	...

Dose Efficace in procedure di Radiologia Interventistica

Examination	Average Effective Dose (mSv)*	Values Reported in Literature (mSv)
Head and/or neck angiography	5	0.8–19.6
Coronary angiography (diagnostic)	7	2.0–15.8
Coronary percutaneous transluminal angioplasty, stent placement, or radiofrequency ablation	15	6.9–57
Thoracic angiography of pulmonary artery or aorta	5	4.1–9.0
Abdominal angiography or aortography	12	4.0–48.0
Transjugular intrahepatic portosystemic shunt placement	70	20–180
Pelvic vein embolization	60	44–78

Dose Efficace in procedure di Medicina Nucleare

Examination*	Effective Dose (mSv)	Administered Activity (MBq) [†]	Effective Dose (mSv/MBq) [‡]
Brain (^{99m} Tc-HMPAO–exametazime)	6.9	740	0.0093
Brain (^{99m} Tc-ECD–Neurolite)	5.7	740	0.0077
Brain (¹⁸ F-FDG)	14.1	740	0.019
Thyroid scan (sodium iodine 123)	1.9	25	0.075 (15% uptake)
Thyroid scan (^{99m} Tc-pertechnetate)	4.8	370	0.013
Parathyroid scan (^{99m} Tc-sestamibi)	6.7	740	0.009
Cardiac stress-rest test (thallium 201 chloride)	40.7	185	0.22
Cardiac rest-stress test (^{99m} Tc-sestamibi 1-day protocol)	9.4	1100	0.0085 (0.0079 stress, 0.0090 rest)
Cardiac rest-stress test (^{99m} Tc-sestamibi 2-day protocol)	12.8	1500	0.0085 (0.0079 stress, 0.0090 rest)
Cardiac rest-stress test (Tc-tetrofosmin)	11.4	1500	0.0076
Cardiac ventriculography (^{99m} Tc-labeled red blood cells)	7.8	1110	0.007
Cardiac (¹⁸ F-FDG)	14.1	740	0.019
Lung perfusion (^{99m} Tc-MAA)	2.0	185	0.011
Lung ventilation (xenon 133)	0.5	740	0.00074
Lung ventilation (^{99m} Tc-DTPA)	0.2	1300 (40 actually inhaled)	0.0049
Liver-spleen (^{99m} Tc–sulfur colloid)	2.1	222	0.0094
Biliary tract (^{99m} Tc-disofenin)	3.1	185	0.017
Gastrointestinal bleeding (^{99m} Tc-labeled red blood cells)	7.8	1110	0.007
Gastrointestinal emptying (^{99m} Tc-labeled solids)	0.4	14.8	0.024
Renal (^{99m} Tc-DTPA)	1.8	370	0.0049
Renal (^{99m} Tc-MAG3)	2.6	370	0.007
Renal (^{99m} Tc-DMSA)	3.3	370	0.0088
Renal (^{99m} Tc-glucoheptonate)	2.0	370	0.0054
Bone (^{99m} Tc-MDP)	6.3	1110	0.0057
Gallium 67 citrate	15	150	0.100
Pentretotide (¹¹¹ In)	12	222	0.054
White blood cells (^{99m} Tc)	8.1	740	0.011
White blood cells (¹¹¹ In)	6.7	18.5	0.360
Tumor (¹⁸ F-FDG)	14.1	740	0.019

Dose Efficace in Tomografia Computerizzata

Examination	Average Effective Dose (mSv)	Values Reported in Literature (mSv)
Head	2	0.9–4.0
Neck	3	...
Chest	7	4.0–18.0
Chest for pulmonary embolism	15	13–40
Abdomen	8	3.5–25
Pelvis	6	3.3–10
Three-phase liver study	15	...
Spine	6	1.5–10
Coronary angiography	16	5.0–32
Calcium scoring	3	1.0–12
Virtual colonoscopy	10	4.0–13.2

DOSI IN RADIOLOGIA CONVENZIONALE

		Equivalente
Tipo di esame	Dose Efficace (mSv)	Numero Rx Torace
Rx Torace (postero anteriore)	0.02	1
Cranio	0.07	3.5
Colonna Toracica	0.7	35
Addome	1	50
Colonna Lombare	1.3	65
Urografia	3	150
Clisma Opaco	7	350

DOSI IN MEDICINA NUCLEARE

		Equivalente
Tipo di esame	Dose Efficace (mSv)	Numero Rx Torace
Perfusione Polmonare (^{99m}Tc)	1	50
Renale (^{99m}Tc)	1	50
Tiroidea (^{99m}Tc)	1	50
Ossea (^{99m}Tc)	4	200
PET total body ($^{18}\text{F-FDG}$)	5-10	250-500
Cardiaca (^{99m}Tc) stress-rest	12	600
Cardiaca (^{201}Tl)	25	1.500

DOSI IN RADIOLOGIA INTERVENTISTICA

Tipo di esame	Dose Efficace (mSv)	Equivalente
		Numero Rx Torace
Angiografia cerebrale	1.6-10.6	80-530
Angiografia coronarica	3.1-10.6	155-530
Angiografia addominale	6-23	300-1.150
Angiografia periferica	2.7-14	135-700
Angioplastica coronarica	6.8-28.9	340-1.445
Angioplastica periferica	10-12	500-600
Ablazione a Radiofrequenza	17-25	850-1250
Valvuloplastica	29	1.450
Angiografia cerebrale	63	3.150

DOSI IN TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA

Tipo di esame	Dose Efficace (mSv)	Equivalente
		Numero Rx Torace
Colonna Cervicale	1.7	85
Cranio	2.3	115
Colonna Dorsale	4.4	220
Colonna Lombare	5	250
Torace	7	350
Addome	8	400
Pelvi	6	300
Torace addome Pelvi	21	1.050
Torace addome pelvi trifasica	63	3.150

A.4. Tomografia computerizzata (*Pubblicazione 87*)

(A21) Gli esami CT possono implicare dosi relativamente elevate ai pazienti. Le dosi assorbite dai tessuti in procedure multiple di CT (10-100 mGy/procedura) possono spesso avvicinarsi o superare i livelli noti di aumento della probabilità di cancro derivati dagli studi epidemiologici. La frequenza di esami CT cresce in tutto il mondo e i tipi d'esame che utilizzano la CT diventano più numerosi. Tuttavia, in contrasto con la tendenza in radiodiagnostica, i rapidi sviluppi nella CT non hanno portato in generale a una riduzione della dose al paziente per un determinato tipo d'applicazione.

(A22) Pertanto, la gestione della dose al paziente è determinante. Il medico prescrivente dovrebbe valutare se il risultato di ogni esame influirà sulla gestione clinica del paziente. Il radiologo dovrebbe concordare sul fatto che la procedura è giustificata. Il radiologo e l'operatore del sistema della CT dovrebbero essere consapevoli delle possibilità di ridurre le dosi al paziente adattando i parametri tecnici e gli esami a disposizione a ogni paziente, prestando particolare attenzione ai pazienti pediatrici e giovani. E' possibile una riduzione della dose al paziente di più del 50% mediante una scelta appropriata dei parametri tecnici, l'attenzione al controllo di qualità e l'applicazione dei livelli diagnostici di riferimento in collaborazione con un fisico medico. Ulteriori miglioramenti nell'attrezzatura della CT potrebbero aiutare l'operatore a ridurre in modo sostanziale le dosi non necessarie ai pazienti. La più importante di queste caratteristiche sarà l'adeguamento *on-line* dei fattori di esposizione su base anatomica e i nuovi metodi di ricostruzione dell'immagine associati con la CT *multislice*.

Effetto di esposizione a piccole dosi

Tabella A.4.1. Riassunto dei rischi nominali e del detrimento mediati sui sessi.

Tessuto	Coefficiente nominale di rischio (casi per 10 000 persone per Sv)	Frazione di Mortalità	Rischio nominale modificato per mortalità e qualità della vita *	Perdita relativa di vita libera da cancro	Detrimento (riferito alla colonna 1)	Detrimento relativo +
a) Intera popolazione						
Esofago	15	0,93	15,1	0,87	13,1	0,023
Stomaco	79	0,83	77,0	0,88	67,7	0,118
Colon	65	0,48	49,4	0,97	47,9	0,083
Fegato	30	0,95	30,2	0,88	26,6	0,046
Polmone	114	0,89	112,9	0,80	90,3	0,157
Osso	7	0,45	5,1	1,00	5,1	0,009
Pelle	1000	0,002	4,0	1,00	4,0	0,007
Mammella	112	0,29	61,9	1,29	79,8	0,139
Ovaio	11	0,57	8,8	1,12	9,9	0,017
Vescica	43	0,29	23,5	0,71	16,7	0,029
Tiroide	33	0,07	9,8	1,29	12,7	0,022
Midollo osseo	42	0,67	37,7	1,63	61,5	0,107
Altri solidi	144	0,49	110,2	1,03	113,5	0,198
Gonadi (ereditabili)	20	0,80	19,3	1,32	25,4	0,044
Totale	1715		565		574	1,000
b) Popolazione in età lavorativa (18 –64 anni)						
Esofago	16	0,93	16	0,91	14,2	0,034
Stomaco	60	0,83	58	0,89	51,8	0,123
Colon	50	0,48	38	1,13	43,0	0,102
Fegato	21	0,95	21	0,93	19,7	0,047
Polmone	127	0,89	126	0,96	120,7	0,286
Osso	5	0,45	3	1,00	3,4	0,008
Pelle	670	0,002	3	1,00	2,7	0,006
Mammella	49	0,29	27	1,20	32,6	0,077
Ovaio	7	0,57	6	1,16	6,6	0,016
Vescica	42	0,29	23	0,85	19,3	0,046
Tiroide	9	0,07	3	1,19	3,4	0,008
Midollo osseo	23	0,67	20	1,17	23,9	0,057
Altri solidi	88	0,49	67	0,97	65,4	0,155
Gonadi (ereditabili)	12	0,80	12	1,32	15,3	0,036
Totale	1179		423		422	1,000

*Definito come: $R \cdot q + R \cdot (1 - q) \cdot ((1 - q_{\min}) q + q_{\min})$, dove R è il coefficiente nominale di rischio, q è la mortalità, e $(1 - q_{\min}) q + q_{\min}$ è il peso dato ai tumori non letali. Qui q_{\min} è il peso minimo per i tumori non letali. La correzione del q_{\min} non è stata applicata per il cancro della cute (si veda il testo).

+ I valori dati sono presentati a 3 cifre significative, questo non si dovrebbe assumere come indicativo della corrispondente precisione, ma ai fini della rintracciabilità dei calcoli effettuati.

ICRP 103 2007

ICRP 103 2007

Detrimento

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.

Detrimento da radiazioni

Concetto usato per quantificare gli effetti nocivi prodotti sulla salute dall'esposizione alle radiazioni di diverse parti del corpo. La Commissione lo definisce come una funzione di molteplici fattori, inclusi l'incidenza di tumore o malattie ereditarie correlate alle radiazioni, la mortalità di tali condizioni, la qualità di vita, e gli anni di vita persa a causa di queste condizioni.

- **I coefficienti di rischio nominale corretti per il detrimento riferito al cancro, basati sui dati di incidenza del cancro, sono $5,5 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ per l'intera popolazione e $4,1 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ per i lavoratori adulti; i rispettivi valori nella *Pubblicazione 60* sono $6,0 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ e $4,8 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$**
- **I coefficienti di rischio nominale corretti per il detrimento riferito alle malattie ereditarie fino alla seconda generazione sono $0,2 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ per l'intera popolazione e $0,1 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ per i lavoratori adulti; i rispettivi valori nella *Pubblicazione 60* sono $1,3 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ e $0,8 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ ma questi si riferiscono ai rischi all'equilibrio teorico e non sembrano più giustificati.**

Coefficiente nominale di rischio

Coefficiente nominale di rischio

Stime di rischio estese alla durata della vita mediate sui sessi e sulle età all' esposizione per una popolazione rappresentativa.

Detrimento

Detrimento G: è definito come l'attesa matematica di ogni danno subito da una certa popolazione a causa della esposizione alle radiazioni, tenuto conto di tutti i possibili effetti dannosi e della gravità di ciascuno di essi. Per un gruppo di N individui:

$$G = N \sum p_i \cdot x \cdot g_i$$

Dove p_i è la probabilità che un certo individuo della popolazione sia colpito dall'effetto i avente una certa gravità g_i (considerando tumori ed effetti ereditari gravi si pone $g_i=1$)

Riassunto

- L'esposizione medica (3.1 mSv) rappresenta la maggiore sorgente di esposizione alle radiazioni degli individui ed è superiore al fondo naturale di radiazioni (2.4 mSv)
- Fra tutte le procedure mediche la CT fornisce il maggiore contributo alla dose collettiva. Circa il 50% della dose da esposizioni mediche è dovuta a procedure CT
- Fra le procedure CT quelle che forniscono il maggior contributo alla dose collettiva sono quelle addomino-pelviche che rendono conto di circa il 60% della esposizione dovuta a CT
- L'ottimizzazione delle procedure CT addomino-pelviche è la più suscettibile di produrre risultati significativi nella diminuzione delle dosi collettive da esposizioni mediche.

Evoluzione del Regime di Sicurezza

- **1928 – 1950s (x-rays & radio estratto)**
- **IXRPC: International X ray and Radium Protection Committee**
 - Indirizzato alla protezione della professione medica
 - Evitare I rischi deterministici
- **ICRP, 1950s (sviluppo degli usi nucleari, medici e industriali)**
 - Evidenze epidemiologiche di cancro; preoccupazioni per gli effetti genetici
- **ICRP 1 (1959), ICRP 6 (1964), ICRP 9 (1966) – ICRP 26 (1977)**
 - L'attenzione predominante sull'uso dei Raggi X e di materiale radioattivo
 - Rischi quantificati per la prima volta, Somma di esposizioni – Equivalente di dose efficace
 - Sviluppo del principio ALARA

Nota sul quadro normativo

- Raccomandazioni 1990 ICRP, pubblicazione 60, recepite da Euratom e dalla Legislazione italiana
- Raccomandazioni 2007 ICRP, pubblicazione 103 (http://www.icrp.org/docs/P103_Italian.pdf), recepite da Euratom (gennaio 2014, direttiva 2013/59/EURATOM, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2014:013:0001:0073:IT:PDF>) i governi europei hanno tempo fino al 6 febbraio 2018 per recepirle
- Specificamente per la radioprotezione in medicina:
Pubblicazione ICRP 105 (2007) http://www.icrp.org/docs/P%20105_Italian.pdf

PRINCIPI DELLA RADIOPROTEZIONE

PRINCIPI DELLA RADIOPROTEZIONE

Nessuna esposizione alla radiazione ionizzante, per quanto piccola, può essere considerata sicura

1. Principio di giustificazione:

“No practice will be adopted unless its introduction produces a positive net benefit”

Ossia: necessaria prevalenza dei benefici sui costi – dal punto di vista globale: tecnico, sanitario, economico, sociale... (per es: vantaggio di riconoscimento precoce dei tumori vs dose alla popolazione, uso di rivelatori d'incendio che usano sostanze radioattive, uso dell'energia nucleare per la produzione di energia elettrica...)

2. Principio di ottimizzazione:

“All the exposures shall be kept as low as reasonably achievable, economic and social factors being taken into account” (“ALARA”)

Un'attività giustificata deve essere realizzata con il costo complessivo minimo per la società

3. Principio del limite di dose individuale:

La dose agli individui “shall not exceed the limits recommended for the appropriate circumstances”

Tutela l'individuo fissando limiti per qualsiasi lavoratore e ogni membro della popolazione.

Principio di giustificazione

1. E' vietata l'esposizione non giustificata
2. Le esposizioni mediche devono mostrare di essere sufficientemente efficaci mediante la valutazione dei potenziali vantaggi diagnostici o terapeutici complessivi da esse prodotti inclusi i benefici diretti per la salute della persona e della collettività, rispetto al danno alla persona che l'esposizione potrebbe causare, tenendo conto dell'efficacia, dei vantaggi e dei rischi di tecniche alternative disponibili, che si propongono lo stesso obiettivo, ma che non comportano un'esposizione, ovvero comportano una minore esposizione alle radiazioni ionizzanti. In particolare:
 - ~~a) tutti i nuovi tipi di pratiche che comportano esposizioni mediche devono essere giustificate preliminarmente prima di essere generalmente adottate;~~
 - b) tutti i tipi di pratiche esistenti che comportano esposizioni mediche possono essere riveduti ogni qualvolta vengano acquisite prove nuove e rilevanti circa la loro efficacia o le loro conseguenze;
 - c) il processo di giustificazione preliminare e di revisione delle pratiche deve svolgersi nell'ambito dell'attività professionale specialistica tenendo conto dei risultati della ricerca scientifica.
3. Il Ministero della Sanità può vietare, sentito il Consiglio superiore di sanità, tipi di esposizioni mediche non giustificati.
4. *Tutte le esposizioni mediche individuali devono essere giustificate preliminarmente, tenendo conto degli obiettivi specifici dell'esposizione e delle caratteristiche della persona interessata. Se un tipo di pratica che comporta un'esposizione medica non è giustificata in generale, può essere giustificata invece per il singolo individuo in circostanze da valutare caso per caso.*
5. *Il prescrivente e lo 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.*

6. Le esposizioni mediche per la ricerca clinica e biomedica sono valutate dal comitato etico istituito ai sensi delle norme vigenti.
7. Le esposizioni ai fini medico legali, che non presentano un beneficio diretto per la salute delle persone esposte, devono essere giustificate in modo particolare e devono essere effettuate in maniera che la dose derivante dall'esposizione sia mantenuta al livello più basso ragionevolmente ottenibile.
8. Le esposizioni di soggetti che al di fuori della propria occupazione, assistono o confortano persone sottoposte ad esposizioni mediche devono essere sottoposte ad una particolare procedura di giustificazione, devono limitarsi a casi strettamente necessari, scoraggiando esposizioni abituali. E' obbligatorio l'uso di idonei mezzi di protezione. (all.I). Tali esposizioni sono comunque vietate nei confronti dei minori di 18 anni e delle donne con gravidanza in atto.

Principio di ottimizzazione

1. Tutte le dosi dovute ad esposizioni mediche per scopi radiologici ad eccezione delle procedure radioterapeutiche, devono essere mantenute al livello più basso ragionevolmente ottenibile e compatibile con il raggiungimento dell'informazione diagnostica richiesta, tenendo conto di fattori economici e sociali; il principio di ottimizzazione riguarda la scelta delle attrezzature, la produzione adeguata di un'informazione diagnostica appropriata o del risultato terapeutico, la delega degli aspetti pratici, nonché i programmi per la garanzia di qualità, inclusi il controllo di qualità, l'esame e la valutazione delle dosi o delle attività somministrate al paziente.
2. Per tutte le esposizioni mediche a scopo terapeutico, lo specialista deve programmare individualmente l'esposizione dei volumi bersaglio tenendo conto che le dosi a volumi e tessuti non bersaglio devono essere le più basse ragionevolmente ottenibili e compatibili con il fine radioterapeutico perseguita con l'esposizione.
3. Ai fini dell'ottimizzazione dell'esecuzione degli esami radiodiagnostici si deve tenere conto dei livelli diagnostici di riferimento (LDR) secondo le linee guida indicate nell'allegato II.
4. Le procedure di giustificazione e di ottimizzazione della ricerca scientifica comportante esposizioni a radiazioni ionizzanti sono dettate dall'allegato III della normativa.

5. Particolare attenzione deve essere posta a che la dose derivante da esposizione medico-legale sia mantenuta al livello più basso ragionevolmente ottenibile.
6. Le procedure di ottimizzazione e i vincoli di dose per le esposizioni di soggetti che coscientemente e volontariamente collaborano, al di fuori della loro occupazione, all'assistenza ed al conforto dei pazienti sottoposti a diagnosi o, se del caso, a terapia, sono quelli indicati nell'allegato I, parte II.
7. Nel caso di un paziente sottoposto ad un trattamento o ad una diagnosi con radionuclidi, se del caso, il medico nucleare o il radioterapista fornisce al paziente stesso o al suo tutore legale istruzioni scritte volte a ridurre, per quanto ragionevolmente conseguibile, le dosi per le persone in diretto contatto con il paziente, nonché le informazioni sui rischi delle radiazioni ionizzanti. Tali istruzioni sono impartite prima di lasciare la struttura sanitaria.

LIMITI DI DOSE

Commenti:

- Valori di dose massima raccomandati dall' ICRP stabiliti sulla base di confronto tra rischi attesi in attività con possibile esposizione alla radiazione e altre attività lavorative considerate “ad alto livello di sicurezza” (mortalità annuale $<10^{-4}$)
- Limiti per la popolazione 10 volte inferiori a quelli dei lavoratori. Il rischio ritenuto in media “accettabile” è quello che causa un numero di eventi mortali per anno compresi tra 10^{-6} - 10^{-5} , ossia circa 5×10^{-6}
- A questo corrisponde una dose efficace di 5×10^{-4} Sv (=0.5 mSv)
- Di qui il limite di 1 mSv/anno per la popolazione

LIMITI DI DOSE

In Italia: 20 mSv/anno
In USA: 50 mSv/anno (!)

ICRP 60 1990

Table S-4. Recommended dose limits¹

Application	Dose limit	
	Occupational	Public
<u>Effective dose</u>	20 mSv per year, averaged over defined periods of 5 years ²	1 mSv in a year ³
Annual <u>equivalent dose</u> in the lens of the eye	150 mSv	15 mSv
the skin ⁴	500 mSv	50 mSv
the hands and feet	500 mSv	--

Mani, avambracci,
piedi e caviglie

¹ The limits apply to the sum of the relevant doses from external exposure in the specified period and the 50-year committed dose (to age 70 years for children) from intakes in the same period (see paragraph 143).

² With the further provision that the effective dose should not exceed 50 mSv in any single year. Additional restrictions apply to the occupational exposure of pregnant women, which is discussed in Section 5.3.3 of the Main Text.

³ In special circumstances, a higher value of effective dose could be allowed in a single year, provided that the average over 5 years does not exceed 1 mSv per year.

⁴ The limitation on the effective dose provides sufficient protection for the skin against stochastic effects. An additional limit is needed for localised exposures in order to prevent deterministic effects. (See paragraphs 173 and 194.)

Dose media, su qualsiasi superficie di 1cm², indipendentemente dalla superficie esposta

LIMITI DI DOSE

ICRP 103 2007

(n) La Commissione ora riconosce tre tipi di situazioni di esposizione che sostituiscono la suddivisione precedente in pratiche e interventi. Queste tre situazioni di esposizione sono destinate a coprire l'intera gamma di situazioni di esposizione. Le tre situazioni sono:

- *situazioni di esposizione programmata*, che sono situazioni che prevedono l'introduzione e l'utilizzo di sorgenti (questo tipo di situazione di esposizione comprende le situazioni che sono state precedentemente classificate come pratiche);
- *situazioni di esposizione di emergenza*, che sono situazioni inattese come quelle che possono verificarsi durante lo svolgimento una situazione programmata, o a seguito di un atto doloso, che richiede tempestiva attenzione;
- *situazioni di esposizione esistenti*, che sono situazioni di esposizione che già esistono quando occorre adottare una decisione in merito a misure di controllo, come per le esposizioni dovute al fondo naturale di radiazioni.

LIMITI DI DOSE

ICRP 103 2007

Tabella 6. Limiti di dose raccomandati in situazioni di esposizione programmata^a.

Tipo di limite	Esposizione lavorativa	Esposizione del pubblico
Dose efficace	20 mSv all'anno, come media su periodi definiti di 5 anni ^e	1 mSv in un anno ^f
Dose equivalente annuale		
Cristallino ^b	150 mSv	15 mSv
Pelle ^{c,d}	500 mSv	50 mSv
Mani e piedi	500 mSv	--

^a I limiti di dose efficace sono relativi alla somma delle dosi efficaci da esposizione esterna nel periodo di tempo precisato e della dose efficace impegnata conseguente all'incorporazione di radionuclidi nello stesso periodo. Per gli adulti la dose efficace impegnata è calcolata per un periodo di 50 anni dopo l'incorporazione, mentre per i bambini è calcolata per il periodo fino all'età di 70 anni.

^b Questo limite è attualmente in via di revisione da parte di un gruppo di lavoro dell'ICRP.

^c La limitazione sulla dose efficace assicura una protezione sufficiente per la pelle contro gli effetti stocastici.

^d Mediata su 1 cm² di pelle indipendentemente dall'area esposta.

^e Con l'ulteriore indicazione che la dose efficace non dovrebbe superare 50 mSv in ogni singolo anno. Restrizioni supplementari si applicano all'esposizione lavorativa di donne incinte.

^f In circostanze speciali, un valore più elevato di dose efficace in un singolo anno potrebbe essere permesso, sempre che la media in 5 anni non superi 1 mSv all'anno.

LIMITI DI DOSE

ICRP 103 2007

Tabella 8. Confronto tra i criteri di protezione delle Raccomandazioni del 1990 e del 2007 (i numeri tra parentesi si riferiscono ai numeri della pubblicazione dell'ICRP; ICRP, 1991b, c, 1992, 1993b, 1994b, 1997a, d, 1998b, 1999a, 2004b, 2005a, c).

Categorie di esposizione (Pubblicazione)	Raccomandazioni del 1990 e pubblicazioni successive	Raccomandazioni attuali
Situazioni di esposizione programmata		
Limiti di dose individuali ^a		
Esposizioni lavorative (60, 68, 75), incluse le operazioni di recupero (96)	20 mSv/anno di media per un predefinito periodo di 5 anni ^c	20 mSv/anno di media per un predefinito periodo di 5 anni ^c
- Cristallino	150 mSv/anno ^b	150 mSv/anno ^b
- Pelle	500 mSv/anno ^b	500 mSv/anno ^b
- Mani e piedi	500 mSv/anno ^b	500 mSv/anno ^b
- Donne incinte, resto della gravidanza	2 mSv alla superficie dell'addome o 1 mSv da incorporazione di radionuclidi	1 mSv all'embrione / feto
Esposizioni della popolazione (60)	1 mSv/anno	1 mSv/anno
- Cristallino	15 mSv/anno ^b	15 mSv/anno ^b
- Pelle	50 mSv/anno ^b	50 mSv/anno ^b
Vincoli di dose ^a		
Esposizioni lavorative (60)	≤ 20 mSv/anno	≤ 20 mSv/anno
Esposizioni della popolazione (77, 81, 82)	-	da scegliere al di sotto di 1 mSv/anno, a seconda della situazione
- generale	-	da scegliere al di sotto di 1 mSv/anno, a seconda della situazione
- smaltimento rifiuti radioattivi	≤ 0,3 mSv/anno	≤ 0,3 mSv/anno
- smaltimento rifiuti a lungo tempo di dimezzamento	≤ 0,3 mSv/anno	≤ 0,3 mSv/anno
- esposizione prolungata	< ~1 & < ~0,3 mSv/anno ^f	≤ 1 & < 0,3 mSv/anno ^f
- esposizione a lungo termine da radionuclidi a lungo tempo di dimezzamento	≤ 0,1 mSv/anno ^h	≤ 0,1 mSv/anno ^h
Esposizioni mediche (62, 94, 98)		
- volontari esposti nei programmi di ricerca biomedica, in funzione del beneficio per la società:		
- basso	< 0,1 mSv	< 0,1 mSv
- modesto	0,1 - 1 mSv	0,1 - 1 mSv
- moderato	1 - 10 mSv	1 - 10 mSv
- sostanziale	> 10 mSv	> 10 mSv
- persone che confortano e assistono	5 mSv per trattamento	5 mSv per trattamento

LIMITI DI DOSE

ICRP 103 2007

Tabella 8 (continua)

Categorie di esposizione (Pubblicazione)	Raccomandazioni del 1990 e pubblicazioni successive	Raccomandazioni attuali
Situazioni di esposizione di emergenza		
	Livelli di intervento ^{a, d, g}	Livelli di riferimento ^{a, g}
Esposizione lavorativa (60, 96)		
- addetti al salvataggio (volontari informati)	nessun limite di dose ⁱ	nessun limite di dose se il beneficio per le altre persone sopravanza il rischio per gli addetti all'emergenza ^k
- altre operazioni di salvataggio urgenti	~500 mSv; ~5 Sv (pelle) ⁱ	1000 o 500 mSv ^k
- altre operazioni di salvataggio	...	≤ 100 mSv ^k
Esposizioni della popolazione (63, 96)		
- alimenti	10 mSv/anno ¹	
- distribuzione di iodio stabile	50 - 500 mSv (tiroide) ^{b, 1}	
- riparo al chiuso	5 - 50 mSv in 2 giorni ¹	
- evacuazione temporanea	50 - 500 mSv in una settimana ¹	
- trasferimento permanente	100 mSv nel primo anno o 1000 mSv ¹	
- tutte le misure combinate in una strategia di protezione complessiva	...	Nella pianificazione, tipicamente 20 e 100 mSv/anno, a seconda della situazione ^e
Situazioni di esposizione di esistenti		
	Livelli di azione ^a	Livelli di riferimento ^{a, m}
Radon (65)		
- nelle abitazioni	3-10 mSv/anno (200-600 Bq/m ³)	< 10 mSv/anno (< 600 Bq/m ³)
- nei luoghi di lavoro	3-10 mSv/year (500-1500 Bq/m ³)	< 10 mSv/year (< 1500 Bq/m ³)
	Livelli di riferimento generici ^e	Livelli di riferimento ^{a, m}
NORM, fondo naturale di radiazioni, residui radioattivi nello habitat umano (82)		
Interventi:		
- con bassa probabilità di giustificazione	< ~10 mSv/anno	fra 1 e 20 mSv/anno, a seconda della situazione (vedi 5.9.2)
- che possono essere giustificati	> ~10 mSv/anno	
- con alta probabilità di giustificazione	attorno a 100 mSv/anno	

Natural Origin Radioactive Materials



NORM, fondo naturale di radiazioni, residui radioattivi nello habitat umano (82)

LIMITI DI DOSE

ICRP 103 2007

Note alla tabella 8

^a dose efficace, salvo indicazione contraria.

^b dose equivalente.

^c con l'ulteriore indicazione che la dose efficace non dovrebbe superare 50 mSv in alcun anno. Restrizioni supplementari si applicano all'esposizione lavorativa di donne incinte. Nel caso di incorporazione di radionuclidi, la grandezza dosimetrica è la dose efficace impegnata.

^d dose evitata.

^e vedi le sezioni 5.9 e 6.2.

^f il vincolo della dose dovrebbe essere meno di 1 mSv e sarebbe appropriato un valore non superiore a circa 0.3 mSv.

^g i Livelli d'Intervento si riferiscono alla dose evitata, per contromisure specifiche. I Livelli d'Intervento rimangono preziosi per l'ottimizzazione di singole contromisure nel pianificare una strategia di protezione, come complemento ai Livelli di Riferimento per la valutazione delle strategie di protezione; questi ultimi si riferiscono alla dose residua.

^h da considerare se non sono disponibili metodologie di valutazione della dose tali da assicurare il rispetto dei vincoli nell'ambito di qualsiasi situazione concepibile di combinazione di dosi.

ⁱ *Pubblicazione 60* (ICRP, 1991b).

^k *Pubblicazione 96* (ICRP, 2005a). Dosi efficaci inferiori a 1000 mSv dovrebbero evitare gli effetti deterministici gravi; inferiori a 500 mSv dovrebbero evitare gli altri effetti deterministici.

^l *Pubblicazione 63* (ICRP, 1992).

^m I Livelli di Riferimento si riferiscono alla dose residua e sono utilizzati per valutare le strategie della protezione, a differenza dei Livelli d'Intervento precedentemente raccomandati, che si riferivano alle dosi evitate dalle azioni di protezione individuale.

Livello di riferimento

In situazioni di esposizione di emergenza o situazioni controllabili esistenti, esso rappresenta il livello di dose o rischio, al di sopra del quale è ritenuta inopportuna la pianificazione di esposizioni e al di sotto del quale occorre procedere con l'ottimizzazione della protezione. Il valore del livello di riferimento scelto dipenderà dalle circostanze dell'esposizione in oggetto.

Vincolo di dose

Restrizione previsionale e correlata alla sorgente sulla dose individuale dovuta ad una sorgente, che fornisce un livello base di protezione per i soggetti più esposti a una sorgente e che funge da confine superiore della dose ai fini dell'ottimizzazione della protezione da tale sorgente. Per esposizioni lavorative, il vincolo di dose è un valore di dose individuale utilizzato per limitare le opzioni considerate nel processo di ottimizzazione. Per l'esposizione del pubblico, il vincolo di dose è un confine superiore delle dosi annue che i membri della popolazione dovrebbero ricevere a seguito di attività programmate di ogni sorgente controllata.

LIMITI DI DOSE PER I LAVORATORI ESPOSTI

Legislazione italiana

1. Limiti di dose efficace per i lavoratori esposti

1.1. Il limite di dose efficace per i lavoratori esposti è stabilito in 20 mSv in un anno solare.

2. Limiti di dose equivalente per particolari organi o tessuti per i lavoratori esposti

2.1. Per i lavoratori esposti, fermo restando il rispetto del limite di cui al paragrafo 1, devono altresì essere rispettati, in un anno solare, i seguenti limiti di dose equivalente:

a) 150 mSv per il cristallino;

b) 500 mSv per la pelle; tale limite si applica alla dose media, su qualsiasi superficie di 1 cm², indipendentemente dalla superficie esposta;

c) 500 mSv per mani, avambracci, piedi, caviglie.

LIMITI DI DOSE PER I LAVORATORI ESPOSTI

2. Apprendisti e studenti

2.1. Ai fini dell'applicazione delle disposizioni del presente decreto gli apprendisti e gli studenti esposti al rischio derivante dalle radiazioni ionizzanti, in ragione della attività di studio o di apprendistato, vengono suddivisi nelle seguenti categorie:

- a) apprendisti e studenti, di età non inferiore a 18 anni, che si avviano ad una professione nel corso della quale saranno esposti alle radiazioni ionizzanti, o i cui studi implicano necessariamente l'impiego di sorgenti di radiazioni ionizzanti;
- b) apprendisti e studenti di età compresa tra 16 e 18 anni, che si trovino nelle condizioni di cui alla precedente lettera a);
- c) apprendisti e studenti di età non inferiore a 16 anni, che non si trovino nelle condizioni di cui alla lettera a);
- d) apprendisti e studenti di età inferiore a 16 anni.

Limiti di esposizione per apprendisti e studenti

- 3.1. I limiti di dose per gli apprendisti e per gli studenti di cui al paragrafo 2 dell'Allegato III del presente decreto sono stabiliti nei paragrafi seguenti, in relazione alla suddivisione dei medesimi in ragione dell'età e del tipo di attività lavorativa o di studio.
- 3.2. Per gli apprendisti e studenti di cui al paragrafo 2.1, lettera a), dell'Allegato III i limiti di dose efficace e di dose equivalente per particolari organi o tessuti, sono uguali ai limiti fissati per i lavoratori esposti ai sensi dei paragrafi 1 e 2.
- 3.3. Per gli apprendisti e studenti di cui al paragrafo 2.1, lettera b), dell'Allegato III, il limite di dose efficace è fissato in 6 mSv per anno solare.
- 3.4. I limiti di dose equivalente per particolari organi o tessuti relativamente agli apprendisti e studenti di cui al paragrafo 2.1, lettera b), dell'Allegato III sono fissati, per anno solare, in:
 - a) 50 mSv per il cristallino;
 - b) 150 mSv per la pelle; tale limite si applica alla dose media, su qualsiasi superficie di 1 cm², indipendentemente dalla superficie esposta;
 - c) 150 mSv per mani, avambracci, piedi, caviglie.
- 3.5. Per gli apprendisti e gli studenti di cui al paragrafo 2.1, lettere c) e d), dell'Allegato III i limiti annuali di dose efficace nonché di dose equivalente per particolari organi o tessuti sono rispettivamente uguali alla metà di quelli stabiliti nei paragrafi 7 e 8 per gli individui della popolazione; per detti soggetti, inoltre, ogni singola esposizione correlata alla loro attività non può superare un ventesimo dei limiti annuali di cui agli stessi paragrafi 7 e 8.

LIMITI DI DOSE PER I LAVORATORI ESPOSTI

Legislazione italiana

4 bis. Particolari condizioni di esposizione

- 4.bis 1. Qualora per i lavoratori esposti e per gli apprendisti e gli studenti ad essi equiparati ai sensi del paragrafo 3.3 dell'Allegato III sia superato, anche a seguito di esposizioni accidentali, di emergenza o esposizioni soggette ad autorizzazione speciale di cui al paragrafo 9 dell'Allegato III stesso, il limite annuale di dose efficace di 20 mSv di cui al paragrafo 1, le successive esposizioni devono essere limitate, per anno solare, a 10 mSv sino a quando la media annuale delle esposizioni stesse per tutti gli anni solari seguenti, compreso l'anno del superamento, risulti non superiore a 20 mSv.
- 4 bis 2. Ove in epoca anteriore all'applicazione del presente paragrafo 4 bis sia stato superato il limite annuale di dose efficace di 50 mSv stabilito ai sensi delle norme previgenti, si applicano, ove necessario, le disposizioni di cui al paragrafo 4.bis 1 a partire dall'anno in cui acquistano efficacia le presenti norme".

LIMITI DI DOSE PER I LAVORATORI ESPOSTI

Legislazione italiana

Art. 8. - Esposizione a radiazioni ionizzanti (D.Lgs. 26 marzo 2001, n. 151)

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

Allegato A (D.Lgs. 26 marzo 2001, n. 151)

Elenco dei lavori faticosi, pericolosi e insalubri di cui all'art. 7

I lavori faticosi, pericolosi ed insalubri, vietati ai sensi dello stesso articolo, sono i seguenti: ...
omissis ...

D) i lavori che comportano l'esposizione alle radiazioni ionizzanti: durante la gestazione e per 7 mesi dopo il parto;

LIMITI DI DOSE PER LA POPOLAZIONE

Legislazione italiana

7. Limiti di dose efficace per gli individui della popolazione

7.1. Il limite di dose efficace per gli individui della popolazione è stabilito in 1 mSv per anno solare.

8. Limiti di dose equivalente per particolari organi o tessuti per gli individui della popolazione

8.1. Fermo restando il rispetto del limite di cui al ~~paragrafo 8~~ **paragrafo 7**, per gli individui della popolazione devono altresì essere rispettati in un anno solare i seguenti limiti di dose equivalente:

a) 15 mSv per il cristallino;

b) 50 mSv per la pelle, calcolato in media su 1 cm² di pelle, indipendentemente dalla superficie esposta.

ESPERTO QUALIFICATO

Decreto Legislativo 26 maggio 2000, n. 241

"Attuazione della direttiva 96/29/EURATOM in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti"

pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* n. 203 del 31 agosto 2000 - Supplemento Ordinario n. 140

(*Rettifica Gazzetta Ufficiale n. 68 del 22 marzo 2001*)

u) esperto qualificato: persona che possiede le cognizioni e l'addestramento necessari sia per effettuare misurazioni, esami, verifiche o valutazioni di carattere fisico, tecnico o radiotossicologico, sia per assicurare il corretto funzionamento dei dispositivi di protezione, sia per fornire tutte le altre indicazioni e formulare provvedimenti atti a garantire la sorveglianza fisica della protezione dei lavoratori e della popolazione. La sua qualificazione è riconosciuta secondo le procedure stabilite nel presente decreto;

- 1° grado: apparecchi radiologici che accelerano elettroni con tensione applicata $<400\text{keV}$;
 - 2° grado: macchine radiogene con energia degli elettroni $<10\text{ MeV}$, materie radioattive, incluse le sorgenti di neutroni con produzione media $<10^4$ neutroni/sec;
 - 3° grado: sorgenti di neutroni e impianti nucleari.
- L'abilitazione di 2° grado comprende anche quella di 1°; quella di 3° grado comprende anche quella di 2° e 1° grado.

ESPERTO QUALIFICATO

L'esperto qualificato deve fornire al datore di lavoro, prima dell'inizio di qualsiasi attività con rischio da radiazioni ionizzanti, una consulenza in merito alla valutazione dei rischi che l'attività comporta e ai relativi provvedimenti di radioprotezione da adottare, redigendo apposita relazione.

Rientrano tra le competenze dell'esperto qualificato una serie di fondamentali azioni organizzative generali della radioprotezione, le principali delle quali riguardano:

- la classificazione delle aree con rischio da radiazioni ionizzanti;
- la classificazione del personale ai fini della radioprotezione;
- la predisposizione delle norme interne di radioprotezione;
- la segnalazione mediante contrassegni delle sorgenti di radiazione;
- la predisposizione di un programma di informazione e formazione, finalizzato alla radioprotezione, allo scopo di rendere il personale edotto dei rischi specifici a cui è esposto.
- esaminare i progetti degli impianti, rilasciando il relativo benestare;
- provvedere ad effettuare il collaudo e la prima verifica degli impianti;
- verificare periodicamente l'efficacia dei dispositivi ovvero delle tecniche di radioprotezione;
- effettuare il controllo periodico del buon funzionamento della strumentazione di radioprotezione; -
effettuare la sorveglianza ambientale;
- valutare le dosi ricevute dai lavoratori e le introduzioni dei radionuclidi;
- procedere alla valutazione sia in fase di progetto che di esercizio delle dosi ricevute o impegnate dai gruppi di riferimento della popolazione, in condizioni normali di lavoro e nel caso di incidenti; -
etc.

CLASSIFICAZIONE DELLE ZONE

zona classificata: ambiente di lavoro sottoposto a regolamentazione per motivi di protezione contro le radiazioni ionizzanti. Le zone classificate possono essere zone controllate o zone sorvegliate. È zona controllata un ambiente di lavoro, sottoposto a regolamentazione per motivi di protezione dalle radiazioni ionizzanti, in cui si verificano le condizioni stabilite con il decreto di cui all'articolo 82 ed in cui l'accesso è segnalato e regolamentato. È zona sorvegliata un ambiente di lavoro in cui può essere superato in un anno solare uno dei pertinenti limiti fissati per le persone del pubblico e che non è zona controllata.

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

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

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

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

Zona interdetta: dove i tassi di dose possono raggiungere valori molto elevati (per es. fasci di acceleratori o aree in cui sono presenti importanti sorgenti radioattive)

CLASSIFICAZIONE DELLE ZONE

Article 19

Requirements for controlled areas

1. The minimum requirements for a controlled area are as follows:

- (a) the controlled area shall be delineated and access to it shall be restricted to individuals who have received appropriate instructions and shall be controlled in accordance with written procedures provided by the undertaking. Wherever there is a significant risk of the spread of radioactive contamination, specific arrangements shall be made, including access and exit of individuals and goods;
- (b) taking into account the nature and extent of radiological risks in the controlled area, radiological surveillance of the working environment shall be organized in accordance with the provisions of Article 24;
- (c) signs indicating type of area, nature of the sources and their inherent risks shall be displayed;
- (d) working instructions appropriate to the radiological risk associated with the sources and the operations involved shall be laid down.

2. The implementation of these duties will be carried out under the responsibility of the undertaking following consultations with the approved occupational health services or the qualified experts.

Article 20

Requirements for supervised areas

1. The requirements for a supervised area are as follows:

- (a) as a minimum, taking into account the nature and extent of radiological risks in the supervised area, radiological surveillance of the working environment shall be organized in accordance with the provisions of Article 24;
- (b) if appropriate, signs indicating type of area, nature of the sources and their inherent risks shall be displayed;
- (c) if appropriate, working instructions appropriate to the radiological risk associated with the sources and the operations involved shall be laid down.

2. The implementation of these duties will be carried out under the responsibility of the undertaking following consultations with the qualified experts or the approved occupational health services.

CLASSIFICAZIONE DEI LAVORATORI

Sono classificati lavoratori esposti i soggetti che, in ragione della attività lavorativa svolta per conto del datore di lavoro, sono suscettibili di superare in un anno solare uno o più dei seguenti valori:

- a. 1 mSv di dose efficace;**
- b. 15 mSv di dose equivalente per il cristallino;**
- c. 50 mSv di dose equivalente per la pelle, calcolato in media su 1 cm² qualsiasi di pelle, indipendentemente dalla superficie esposta;**
- d. 50 mSv di dose equivalente per mani, avambracci, piedi, caviglie.**

Sono considerati lavoratori non esposti i soggetti sottoposti, in ragione dell'attività lavorativa svolta per conto del datore di lavoro, ad una esposizione che non sia suscettibile di superare uno qualsiasi dei limiti fissati per le persone del pubblico dall'Allegato IV.

- 3.1. Sono classificati in Categoria A i lavoratori esposti che, sulla base degli accertamenti compiuti dall'esperto qualificato ai sensi del paragrafo 5, sono suscettibili di un'esposizione superiore, in un anno solare, ad uno dei seguenti valori:
 - a) 6 mSv di dose efficace;
 - b) i tre decimi di uno qualsiasi dei limiti di dose equivalente fissati al paragrafo 2 dell'Allegato IV, per il cristallino, per la pelle nonché per mani, avambracci, piedi e caviglie, con le modalità di valutazione stabilite al predetto paragrafo.
- 3.2. I lavoratori esposti non classificati in Categoria A ai sensi del paragrafo 3.1 sono classificati in Categoria B.

2. Limiti di dose equivalente per particolari organi o tessuti per i lavoratori esposti

2.1. Per i lavoratori esposti, fermo restando il rispetto del limite di cui al paragrafo 1, devono altresì essere rispettati, in un anno solare, i seguenti limiti di dose equivalente:

- a) 150 mSv per il cristallino;
- b) 500 mSv per la pelle; tale limite si applica alla dose media, su qualsiasi superficie di 1 cm² indipendentemente dalla superficie esposta;
- c) 500 mSv per mani, avambracci, piedi, caviglie.

3/10 x

CLASSIFICAZIONE DEI LAVORATORI

Cat. A: sorveglianza medica (semestrale) da parte del medico autorizzato

Cat B: controlli medici (medico autorizzato o competente) con frequenza annuale

SORVEGLIANZA MEDICA

Il datore di lavoro affida la “sorveglianza medica” dei lavoratori, apprendisti e studenti esposti a:

- Cat. A: “medico autorizzato”
- Cat. B: “medico autorizzato” o “medico competente”

Medico autorizzato: iscritto in elenco presso l' Ispettorato medico centrale del lavoro dopo prova d' idoneita'

Responsabilita' :

Studio dei rischi professionali connessi alla destinazione lavorativa, scelta e programmazione di indagini specialistiche e di laboratorio per valutare lo stato degli organi che possono essere maggiormente danneggiati dalle radiazioni

Visite mediche preventive; periodiche e straordinarie, eccezionali

Formulazione giudizio di idoneita'

Indicazioni al lavoratore

Documento sanitario personale

A seguito delle visite mediche preventive, il lavoratore puo' essere classificato in idoneo, non idoneo, idoneo a determinate condizioni, sottoposto a sorveglianza medica dopo la cessazione del lavoro che lo ha esposto alle radiazioni ionizzanti

DOSIMETRIA INDIVIDUALE

- La valutazione della dose individuale, nel caso dell'irradiazione esterna, avviene mediante dosimetri individuali
- Obbligatorio per personale di Cat. A
- Le norme interne di radioprotezione specificano quando è obbligatorio l'uso dei dosimetri
- Dosimetri a termoluminescenza, dosimetri individuali a lettura diretta, dosimetri individuali elettronici, dosimetri a film
- Inutili se lasciati sul tavolo...
- Non servono a proteggere dalla radiazione...
- Non si possono prestare...

ESPOSIZIONE A SORGENTI NATURALI DI RADIAZIONE

DL 241/2000 Art 5

Attività lavorative nelle quali la presenza di sorgenti di radiazioni naturali conduce ad un aumento significativo dell'esposizione dei lavoratori o di persone del pubblico che non può essere trascurato dal punto di vista della radioprotezione.

a) attività lavorative durante le quali i lavoratori e, eventualmente, persone del pubblico sono esposti a prodotti di decadimento del **radon o del toron** o a radiazioni gamma in particolari luoghi di lavoro quali tunnel, sottovie, catacombe, gallerie, cunicoli, gallerie di lavoro sotterranei;

b) attività lavorative durante le quali i lavoratori e, eventualmente, persone del pubblico sono esposti a prodotti di decadimento del **radon o del toron**, o a radiazioni gamma o a ogni altra radiazione ionizzante in luoghi di lavoro diversi da quelli di cui alla lettera a) in zone ben individuate;

c) attività lavorative implicanti l'uso o lo stoccaggio di materiali che contengono radionuclidi naturali e provocano un aumento significativo dell'esposizione dei lavoratori e, eventualmente, di persone del pubblico;

d) attività lavorative che comportano la produzione di residui abitualmente non considerati radioattivi ma che contengono radionuclidi naturali e provocano un aumento significativo dell'esposizione del pubblico e, eventualmente, dei lavoratori;

e) attività lavorative in **stabilimenti termali** o attività estrattive non disciolte;

f) attività lavorative **su aerei** per quanto riguarda il personale navigante.

Livello di azione: 500 Bq/m³
di concentrazione di attività
media di Rn all'anno

Livello di azione per i lavoratori
1 mSv/anno (dose efficace) e
per la popolazione 0.3 mSv/anno
(Rn escluso)

Livello di azione 1 mSv/anno
(Rn incluso)

Personale navigante che effettui voli a quote > 8000m
suscettibile di ricevere una dose efficace > 1 mSv/anno