

## **etica della radioprotezione: note a margine** **some notes about ethics on radiation protection**

*Ciancia Claudio<sup>@</sup>, Giroletti Elio<sup>§</sup>*

<sup>@</sup> - Biofisica della Prevenzione, Milano

<sup>§</sup> - Div. Igiene e sicurezza, Università degli Studi di Pavia

pubblicato su

**La Radiologia Medica**

Radiol Med 100: 305-309, 2000

### **RIASSUNTO**

Nel presente lavoro vengono trattati alcuni aspetti connessi alla applicazione dei tre principi che sono alla base della radioprotezione: giustificazione, ottimizzazione limitazione delle dosi individuali. Vengono evidenziati alcuni limiti, ivi compresi quelli di tipo legale, che oggi emergono dalla applicazione dei principi stessi e che richiederanno la formulazione di nuovi modelli operativi.

**Parole chiave:** radioprotezione, probabilità causale

### **ABSTRACT**

In this work we are speaking about some aspects related with the application of the tree basics principles of the radioprotection: justification, optimization and limitation of individual doses. We are evidencing some practical deficiencies that emerges from the application of the mentioned principles, including also some legal one's, and that will require the study and formulation of new operational models.

**Key words:** radiation protection, probability of causation

*...si è talora così coinvolti in dispute relative a sfumature tecniche che soltanto una persona poco competente è in qualche modo capace di prendere una qualsivoglia decisione.*

*Il rischio tecnologico, H.W.Lewis, 1995*

## LE ORIGINI

*“Mia nonna Claudia, nata nel 1860, portava costantemente sotto il vestito un oggetto piatto rettangolare, che aveva lo scopo di proteggerla da danni stocastici e di ricordarle l'obbligo di vivere secondo procedure corrette e che si chiamava ‘vestina della Madonna del Carmine’ [2].*

L'oggetto aveva ricevuto una *approvazione* ed un *collaudo*: approvazione della Congregazione dei Riti e collaudo detto ‘benedizione’.

La sua *efficacia* era condizionata da un *complesso rituale ben codificato*: intanto una *formazione con esami* specifici (battesimo, cresima, prima comunione), poi un *consuntivo periodico* dell'attività svolta da farsi con *esperti* che ne avessero il titolo (confessione) per i quali era tassativa la *privacy* e naturalmente il *rispetto delle procedure* apprese. La *periodicità* delle verifiche era *fissata* ‘confessarsi almeno una volta all'anno’; certe *azioni* erano *prescritte* ‘ricordati di santificare le feste’ e altre *proibite* ‘non mangiar carne il venerdì’.

Alla base di tutto stava il ‘timor dei’, tanto importante che una persona dabbene si diceva ‘timorata di dio’ e che le assicurazioni non coprivano i ‘God’s acts’: pestilenze, alluvioni, terremoti, siccità, rivoluzioni, ecc..

Chi conosce la radioprotezione -dei lavoratori e dei pazienti- non può che constatare la corrispondenza paradigmatica, che potrebbe essere approfondita con stupefacenti risultati, del comportamento di nonna Claudia con quello di un operatore a rischio di radiazioni ionizzanti. Capire la ragione di questa corrispondenza può illuminare sulle radici delle attività di prevenzione e protezione, sulle origini della radioprotezione per inquadrarla tra le umane attività.... in una parola definire il contesto culturale.

Nel caso delle radiazioni ionizzanti, i bombardamenti di Hiroshima e Nagasaki hanno creato, per oltre 50 anni, un'atmosfera di attenzione preminente al rischio nucleare, particolarmente sentito per il sorgere delle centrali nucleari e dall'altro per il proliferare degli armamenti atomici. Col tempo e trattando di problemi quotidiani e non di grandi catastrofi, si è fatta strada l'attenzione ad altri ed innumerevoli rischi: gli dei da temere stanno diventando anche troppi.

## IL QUADRO GENERALE

La società postindustriale è caratterizzata, dal punto di vista del rischio tecnologico, da una elevata molteplicità, tuttora in rapido aumento, di *nuovi pericoli* prodotti da sostanze (tossiche, cancerogene o mutagene) ed apparecchiature (per es. laser di classe IV miniaturizzati) che non hanno analoghi in natura ed ai quali il genere umano non è, quindi, preparato. Queste attrezzature e/o sostanze possono avere una elevata potenza distruttiva sulle persone e sull'ambiente.

Si aggiunga il fatto che spesso questi nuovi fattori di pericolo sono subdoli -non sono cioè direttamente percepiti dai sensi umani- e, anche a bassi livelli di esposizione, possono indurre, effetti sanitari sugli individui che si manifestano solo dopo anni dall'esposizione, mentre una fiamma brucia subito ed un'infezione si rivela dopo giorni o mesi. La loro incidenza è, allo stato attuale delle conoscenze, stocastica, cioè casuale rispetto al singolo soggetto e, a dosi medio-alte (>300 mSv) 'certa' rispetto alla popolazione nel suo insieme.

La quantificazione della loro incidenza sulla popolazione -misura della effettiva gravità- è difficile e richiede studi epidemiologici complessi basati su enormi coorti e, pertanto, molto costosi sia in termini di danaro che di tempo. Sono tanto gravosi che, secondo alcuni autori, alle basse dosi (<200 mSv), essi sono addirittura impossibili a realizzarsi scientificamente e con sufficiente attendibilità allo stato attuale delle conoscenze e delle tecniche disponibili [9].

La Commissione Internazionale per la Protezione Radiologica, ICRP, il cui obiettivo, fin dal 1950, è quello di definire linee guida nella protezione dalle radiazioni ionizzanti, ha considerato accuratamente anche il problema di definire un "peso" per tutti i tipi di noxe che si affrontano nella vita moderna, cosciente che l'equilibrio sociale del lavoro passa anche attraverso un confronto con i vari rischi cui i lavoratori possono essere esposti, al fine di evitare uno scempio di risorse di un ambito professionale rispetto ad un altro [4, 6]. Nell'ultima pubblicazione dedicata al problema [5] la Commissione, però, afferma che non è sufficiente adottare un unico indice numerico per confrontare i vari rischi e pericoli presenti sul luogo di lavoro. Occorre considerare non solo la mortalità, ma anche: la speranza di vita; i giorni di malattia e mancata produzione; differenti età a cui il danno può apparire; la differenza fra morte accidentale e morte da effetto stocastico (tumori, ecc.); il grado di inabilità ed in ultimo la componente di ansietà che il lavoratore porta in famiglia.

Anche nel caso dei raggi X il danno da radiazioni (essenzialmente tumore e danni genetici alla progenie) si rivela solo dopo molti anni. Tutto ciò rende più laboriosa la prevenzione della radioprotezione e più difficile esprimere la rilevanza del rischio, ossia capire quanto il rischio da radiazioni incida rispetto ad altri rischi ovvero quanto esso 'pesi' rispetto ai benefici attesi dall'attività che ne produce l'esposizione, come per es. in radiodiagnostica.

## I PRINCIPI ETICI DELLA RADIOPROTEZIONE

*La società si affida allora a dei principi etici.*

A monte dell'operare di nonna Claudia ci sono duemila anni di teologia cristiana che affondano le loro radici in decine di migliaia di anni di miti e religioni precristiane: un potente humus di etica.

I principi etici della radioprotezione sono stati elaborati fin dal 1959 dall'ICRP, la quale è giunta ad una formulazione talmente generale che essi potrebbero sostituire l'Imperativo Categorico Kantiano o la base dell'Evangelo.

Sono ben noti a tutti i principi di Giustificazione, Ottimizzazione e Limitazione delle dosi [7]. Si tratta di postulati lineari, affascinanti nella loro formulazione e dettati dalla filosofia culturale o moda sociale del momento. Pur essendo difficilmente quantificabili e perciò (largamente) arbitrari nella loro attuazione; costituiscono, tuttavia, allo stato dei fatti, una indiscutibile 'verità', non solo per il rischio derivante dalle radiazioni ionizzanti, ma anche per altri rischi tecnologici. La loro forza nasce dalle radici antiche che hanno permesso all'umanità un successo strepitoso a scapito dell'ambiente e delle altre specie.

La loro attuazione incontra difficoltà computazionali operative che derivano soprattutto non dalla loro formulazione, ma dalla incapacità di quantificare oggettivamente ed universalmente -*misurare*- alcuni dei parametri che sono fondamentali per il loro utilizzo pratico, per es. il costo della vita umana, quanto vale un beneficio, incidenza alle basse dosi, ecc.. Queste carenze derivano dalla

insufficiente conoscenza –ma soggetta a rapida evoluzione- per es. dei processi radiobiologici derivanti all'esposizione del singolo individuo ovvero delle dosi effettivamente assorbite a livello individuale.

Non bisogna dimenticare, però, che *essi sono modelli*, individuati con l'obbiettivo di costruire un sistema *operativo* di prevenzione e protezione. Essi subiranno, necessariamente, importanti aggiustamenti nel prossimo secolo, ma hanno abbastanza contenuto di 'verità', aderenza alla realtà e allo stato dell'arte, per accompagnare la vita lavorativa dell'esperto qualificato e del radiologo specialista (anche se all'inizio della carriera).

### **Il principio di Giustificazione**

L'art.2 del DLgs 230/95 recita: "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". Passando dalla dichiarazione di principio all'attuazione pratica, si pongono molti quesiti, tra cui per es.:

- *quanto* è lecito esporre a radiazioni una persona sana per sostenere un anziano non autosufficiente? -si ponga mente al fatto che gli anziani aumentano progressivamente di numero e peggiorano progressivamente di condizioni per effetto della medicina che impedisce la selezione naturale e provvede al prolungamento della vita in condizioni non necessariamente ottimali-;
- *fino a che punto* è lecito fare una radiografia ad una gestante? -allo scopo possono essere utilizzati i dati statistici che sono disponibili, ma le teorie sono in rapida evoluzione;
- *quanto può o deve* esporsi un tecnico specialista in caso di incidente? -si ricordi il recente incidente nucleare di Tokaimura mitigato dal rischioso intervento dei tecnici, 3 dei quali hanno assorbito dosi dell'ordine di qualche Gy, fino a un massimo di 20 Gy [3].

### **Il principio di Ottimizzazione**

L'art.2 recita ancora: "le esposizioni debbono essere mantenute al livello più basso ragionevolmente ottenibile, tenuto conto dei fattori *economici e sociali*". Dubbi applicativi, per es. derivano dalle seguenti considerazioni:

- La miglior diagnosi con la minor dose si *ottiene solo* con un'apparecchiatura radiologica di modello recente, utilizzata con procedure avanzate, studiate ed apprese dagli operatori; ma ciò richiede tempo e risorse economiche da sottrarre ad altri scopi. La velocità del progresso tecnico impone sotto questo profilo una obsolescenza del parco macchine e delle conoscenze-capacità tecniche individuali il cui onere sociale non appare in questo momento politicamente sostenibile. Ci si affida sempre meno alle macchine –non si utilizzano appieno tutte le potenzialità che offrono- perché si resta sempre più indietro nell'apprenderne l'uso e non c'è tempo per leggere i manuali.
- la formazione dei tecnici operatori si scontra con la bassa disponibilità di capitale umano, visto che si importano tecnici dal terzo mondo;
- un paese del terzo mondo può decidere che il suo livello radioprotezionistico di ottimizzazione sia inferiore a quello di un paese avanzato, sulla base dei fattori economici e sociali nazionali diversi da quelli delle società industrializzate: con le migliaia di dollari necessarie ad un livello di radioprotezione pari a quello dei paesi industrializzati, i governanti di quel paese potrebbero togliere dagli stenti della fame e da morte certa centinaia di persone;
- alla stessa stregua dovrebbe essere lecito acquistare ed utilizzare, in uno di quei paesi, apparecchiature 'non a norma' per contenere i costi di produzione -non si dimentichi il percorso 'in salita' che ha fatto anche il nostro paese nel boom degli anni sessanta, quando si accettava, per evidenti necessità *economiche e sociali*, situazioni ampiamente più insicure di oggi.

### ***Il principio di Limitazione delle dosi individuali***

“La somma delle dosi ricevute ed impegnate non deve superare i limiti prescritti”, art.2 DLgs 230/95. E' necessaria una premessa sulla dinamica e sulla conseguente incertezza delle attuali conoscenze; oggi si sa che qualcosa che non si conosce lo si conoscerà fra cinque o dieci anni. E' una situazione scomoda.

Nel caso della limitazione individuale delle dosi di radiazioni ci sono importanti premesse che l'analisi del DNA dia in futuro indicazioni sulla *suscettibilità individuale*. Se si trattasse del vizio del fumo, si potrà dire ad una persona: "fumi pure due pacchetti al giorno che non le verrà il tumore del polmone ma bronchiti ed enfisema", oppure "si guardi dal fumo passivo". Questo sarà un vero passo avanti a salvaguardia dell'individuo; i soggetti più sensibili verranno esentati da interventi di emergenza ovvero da mansioni che possono comportare maggiori esposizioni. Ciò potrà portare, però, ad una ghetizzazione prima dell'assunzione al lavoro o addirittura ancor prima di scegliere gli studi! E allora?

## **LE SCUOLE DI PENSIERO**

*Dove i principi fanno acqua nascono scuole di pensiero.*

Le scuole di pensiero della radioprotezione sono tre: *rischio zero*, scuola che si potrebbe definire religiosa; *rischio minore possibile*, ALARA, scuola politico-sindacale; *rischio accettabile*, scuola sofisticata.

### ***Scuola religiosa o del rischio zero***

Questa scuola sostiene che il rischio deve essere totalmente eliminato. Può sembrare un'esagerazione, ma non è così. Anzitutto si tratta di una scuola che radicalizza il principio di giustificazione, in secondo luogo l'istanza, ancorché poco credibile, è certamente onesta e motivata: *neminem ledere* è una delle basi di ogni legislazione... in ultimo sarebbe impensabile una cultura senza una religione, sia essa dichiarata o implicita.

In subordine merita menzione il fatto che la Vigilanza aderisce di necessità a questa scuola.

### ***Scuola politico-sindacale o del rischio minore possibile***

Si tratta di una radicalizzazione del principio di ottimizzazione ed è il pentagramma su cui si iscrivono tutte le contestazioni (sindacali o meno) e molti discorsi tra il radioprotezionista ed il datore di lavoro. Quest'ultimo, infatti, sa bene cosa intendere per 'fattori economici', in una situazione, come quella attuale, ove ai costi della manodopera (24 \$/ora in Italia contro 1 in Cina) e dell'aggiornamento continuo del personale, si sommano i costi della sicurezza, i cui livelli nei paesi industrializzati sono più onerosi di quelli del terzo mondo.

### ***Scuola sofisticata del rischio accettabile***

Questa scuola si basa su di un sofisma: "l'opinione pubblica considera sicura una professione o attività per causa della quale non muoiono più di  $10^{-5}$  persone per anno; allora un'esposizione che provochi meno di 1 morto ogni 100.000 è sicura".

A ben vedere, si tratta dell'asserzione sofista "l'uomo è misura di tutte le cose, di quelle che sono in quantochè sono, di quelle che non sono in quantochè non sono".

Per colui che della propria professione muore, la 'sicurezza' è molto relativa. Pur tuttavia si tratta dell'unica scuola che permette di operare con chiarezza, basandosi sui dettati di legge. Le dosi individuali dei lavoratori e dei pazienti sono misurabili e, pertanto, confrontabili con i limiti vigenti, nonostante la loro limitata accuratezza.

### **L'ASPETTO GIURIDICO**

Non si deve trascurare l'aspetto giuridico connesso con l'esposizione ad agenti pericolosi i cui effetti sanitari sono stocastici e ritardati nel tempo.

La possibilità di ottenere un qualunque indennizzo da parte dei lavoratori esposti ed il fatto che le neoplasie professionali o 'naturali' incidano sulla popolazione per oltre il 20% [12] incrementeranno sempre più il ricorso ad avvocati e tribunali. Infatti, 20 lavoratori saranno affetti da una neoplasia, che insorgerà casualmente, ma con ragionevole certezza, ogni 100 esposti, indipendentemente dalla professione svolta. Se *solo il 10%* di essi facesse causa, l'esperto qualificato ed il dirigente radiologo si dovranno attendere, a distanza di 10 anni, almeno 2 processi per una qualche ipotesi di indennizzo o addirittura di dolo!

#### **La memoria storica**

Il fatto che un danno stocastico insorge sul lavoratore a distanza di 10 o 20 anni, pone il problema della memoria storica.

Ci si trova a distanza di anni a discutere sull'evento, quando non sono più accessibili tutti i dati operativi. Inoltre, vista la rapida evoluzione delle conoscenze e della tecnologia, si può correre il rischio di valutare i fatti connessi all'evento incriminato sulla base di modelli, conoscenze e tecnologie che al momento dell'esposizione non erano disponibili e nemmeno immaginati!

In giurisprudenza vale il principio che qualora si venisse giudicati in un periodo nel quale è variata la normativa, a tutela dell'accusato lo si deve giudicare considerando la disciplina a lui più favorevole. Ciò perché se la norma nuova è più favorevole di quella in vigore quando è avvenuto il fatto, deve essere considerata la prima, in quanto dimostra la tendenza naturale della dottrina e dello stato dell'arte. Viceversa se la norma più favorevole è quella del momento dell'esposizione, l'imputato si è mosso sulle conoscenze del momento.

La memoria storica del radioprotezionista, pertanto, diventa complessivamente indispensabile e, pur essendo facile da teorizzare, in concreto può rimanere un'utopia, in presenza di un'evoluzione tecnologica e normativa così rapida come quella attuale. Il DPR n.185/64 è rimasto in vigore 30 anni; il DLgs 230/95 è stato modificato in vari aspetti nel giro di soli 5 anni: protezione del paziente, esposizioni di emergenza, limiti di dose, ecc..

“La velocità del cambiamento sarà così elevata che per l'uomo essere qualificato in una sola disciplina –che definisca l'identità di un individuo e ciò che farà per tutta la vita- sarà sorpassato. ...La conoscenza cambierà troppo in fretta per permetterlo. Solo per mantenere un posto di lavoro, saremo costretti a ridefinire le nostre competenze costantemente ad ogni decennio” [1].

#### **La probabilità causale, PC**

Da un punto di vista legale, poiché un effetto deleterio sul singolo individuo è soggetto a fluttuazioni statistiche ed è associato potenzialmente ad altre concause, per quantificarne il nesso eziologico professionale il US National Institute of Health ha introdotto la Probability Causation, PC [10]. Essa ricerca la causa professionale attraverso la probabilità causale di un danno occorso al singolo lavoratore e conseguente ad una specifica esposizione professionale, sia essa singola o frammentata nel tempo. L'indennizzo diventa alla fine proporzionale a tale probabilità [11]. Poiché la certezza causale non esiste, e non disponendo di altro modello attendibile, quello della PC appare, al momento, l'unico utilizzabile.

A livello individuale, però, la PC può risultare illogica perché comunque anche una piccola dose può essere egualmente deleteria per il soggetto che è stato colpito, al pari di una elevata dose, destinata ad un indennizzo più elevato secondo la PC stessa.

La sua quantificazione, pertanto, ove riferita al singolo individuo rimane riduttiva, anche perché non

si conoscono né tutti i fattori di pericolo né la loro effettiva entità che possono aver concorso significativamente all'insorgenza del danno in questione – si pensi alle esposizioni mediche effettuate nell'ambito di una vita intera.

Il problema rimane, e per dirla con Twain “ci sono tre tipi di bugie: le bugie, le dannate bugie e le statistiche”, specialmente quando ultime vengono assunte a leggi che *regolano* i diritti *individuali*.

## IL LAVORO DEL RADIOPROTEZIONISTA

“...La buona volontà, il coraggio, lo spirito di sacrificio, l'ingegno estemporaneo non servono molto, anzi, in mancanza di competenza possono essere nocivi. Agli uomini di buona volontà è promessa la pace sulla terra, ma, nelle situazioni di emergenza, guai a chi si fida dei soccorritori che dispongono solo di buona volontà” [8].

Quanto resta da fare è operare secondo i dettati di legge, documentando ogni passo fatto, avendo un occhio di riguardo alle scuole del rischio zero ed ALARA per non cadere in macchiavellismi ingiustificati. Il mestiere del radioprotezionista si articola in tre mansioni che nella prassi conviene tenere rigorosamente distinte.

### Il radioprotezionista è notaro

In primo luogo, in Italia, il radioprotezionista è ‘notaro’. Il nobile nella gestione delle sue terre non sapeva (o comunque non voleva) scrivere ed era pertanto sempre accompagnato da colui che notava ed annotava producendo documenti ufficiali, il ‘notaro’ appunto.

E' suo compito documentare rigorosamente ogni cosa: dagli impianti alle barriere, dalle procedure alle dosi ricevute e/o impartite. Il principio di base si è che "quando si annota non si interpreta, l'interpretazione deve avvenire in fase successiva per non perturbare più che tanto l'osservazione".

### Il radioprotezionista è specialista

In secondo luogo, egli è specialista e, sulla base di quanto annotato, interpreta, produce prescrizioni e verifica che siano ottemperate.

Nel suo lavoro di consulente forma ed informa, perché solo una comprensione del rischio, ad un qualche livello, può motivare la prevenzione. Formare ed informare è difficile; troppo spesso si vede la spiegazione dell'effetto compton nelle lezioni ai TSRM. Non si insisterà mai abbastanza sulla necessità che le informazioni fornite agli operatori esposti al rischio siano *pratiche, operative e comprensibili* al loro livello di cultura e riferite alle loro mansioni.

Occorre evitare da un lato la demonizzazione delle radiazioni, dall'altro la svalutazione del rischio. Valutare ed informare con buon senso, misura e partecipazione al problema del singolo, sono fondamentali.

### Il radioprotezionista è sorvegliante

In terzo luogo, è ‘sorvegliante’; verifica che i dispositivi di sicurezza siano conformi e funzionanti, che non vengano commessi errori ed omissioni e provvede direttamente o indirettamente e spesso di concerto con il dirigente radiologo, affinché il sistema torni nella norma quando se ne discosta.

### CONCLUSIONI

La base culturale e professionale della radioprotezione ha oramai più di 40 anni; la sua etica ha radici così profonde, che rendono il suo approccio comunemente accettato anche da altre discipline del rischio, specialmente se il danno che ne segue è di tipo stocastico.

In questi anni i modelli radioprotezionistici sono stati migliorati, ma mostrano i limiti, proprio nel momento in cui essi devono essere affinati ulteriormente; per es. l'abbassamento dei limiti di dose richiede la definizione di nuovi sistemi di controllo e valutazione, così come la definizione della effettiva causa professionale derivante dalla esposizione alle radiazioni ionizzanti. Anche i nuovi modelli, però, non saranno assoluti. Kurt Godel ha mostrato, infatti con il teorema di incompletezza, che è impossibile trovare un sistema coerente di assiomi dai quali, in linea di principio, si possa dedurre la verità o la falsità di ogni proposizione, utilizzando unicamente gli strumenti resi disponibili dal sistema assiomatico stesso. Ciò non significa rinunciare a studiare nuovi modelli, ma solo utilizzarli coscienti dei loro limiti intrinseci.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] Burke J, The pinball effect, ed. Little brown, Boston, 1996, p. 5
  - [2] Ciancia C, L'esperto qualificato per la protezione dalle radiazioni: contributi per l'antropologia di una professione, lezione tenuta il 16/6/2000 presso l'Istituto Universitario di Studi Superiori dell'Università di Pavia al corso per esperti qualificati della radioprotezione
  - [3] Int. Atomic Energy Agency, Report on the preliminary fact finding mission following the accident at the nuclear fuel processing facility in Tokaimura, Japan, ed. IAEA, Vienna, 1999
  - [4] Int. Commission on Radiological Protection, Problems involved developing an index of harm, Public. n.27, Pergamon Press, Oxford, 1977
  - [5] Int. Commission on Radiological Protection, Quantitative bases of developing a unified index of harm, Public. n.45, Pergamon Press, Oxford, 1985
  - [6] Int. Commission on Radiological Protection, Optimization and decision-making in radiological protection, Public. n.55, Pergamon Press, Oxford, 1988
  - [7] Int. Commission on Radiological Protection, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Public. n.60, Pergamon Press, Oxford, 1990
  - [8] Levi P, L'altrui mestiere, ed. Einaudi, 1985
  - [9] Lewis H. V, Il rischio tecnologico, ed. Sperling & Kupfer, Milano, 1995
  - [10] US Dept. Of Health and Human Services, National Institute of Health, NIH - Report of the NIH ad hoc working group to develop radioepidemiological tables. NIH Publ. 85-2748, Washington, DC, 1985
  - [11] Righi E, Di Pofi M, Trenta G, Tumori in soggetti radioesposti e nesso causale di probabilità. 8° Conv. Naz. AIRP, Ischia 1987, AIRP ENEA, Roma, 1987
  - [12] Zanetti R, Crosignani P, Il cancro in Italia. I dati di incidenza dei Registri Tumori 1983-1987, Zanetti e Crosignani, a cura di, Torino, 1992
- DPR. del 13 febbraio 1964, n. 185 "Sicurezza degli impianti e protezione sanitaria dei lavoratori e delle popolazioni contro i pericoli delle radiazioni ionizzanti derivanti dall'impiego dell'energia nucleare." e decreti attuativi.
- D.Lgs 17 marzo 1995, n. 230 "Attuazione delle direttive Euratom 80/836, 84/467, 84/466, 89/618, 90/641 e 92/3 in materia di radiazioni ionizzanti." e succ. modif. ed integrazioni