

Indicazioni per l'applicazione di una strategia di sicurezza finalizzata alla prevenzione di eventi anomali a fini di minaccia nelle strutture sanitarie che utilizzano radiazioni ionizzanti

Risultanze del Gruppo di Lavoro costituito dall'ISPESL
"Gestione in sicurezza delle fonti di rischio radiologico in campo medico"

Luglio 2007

Componenti del gruppo di lavoro

Nome	Ente
Dr. Francesco Campanella - <i>Coordinatore</i> Sig. Antonio Panebianco Ing. Mario Salatti	<i>Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro</i>
Dr. Stefano De Crescenzo	<i>Associazione Italiana di Fisica Medica</i>
Dr. Lucio Mango	<i>Associazione Italiana di Medicina Nucleare ed Imaging Molecolare</i>
Dr. Franco Simone	<i>Associazione Italiana di Radioprotezione</i>
Dr. Francesco Lucà	<i>Associazione Italiana di Radioterapia Oncologica</i>
Dr. Edoardo Calenda Dr.ssa Luisa Biazzì	<i>Associazione Nazionale Professionale Esperti Qualificati</i>
Ten. Col. Roberto Masi M.Ilo Angelo Petta S. Ten. Alessia Mugnai Puggesi	<i>Comando Carabinieri per la Tutela dell'Ambiente</i>
Sig. Marco Magistri	<i>Comando Carabinieri per la Tutela della Salute</i>
Sig. Franco Ascolese Sig. Franco Proietti Sig. Vincenzo Rizzo	<i>Federazione Nazionale dei Collegi dei Tecnici Sanitari di Radiologia Medica</i>
Ing. Michele Mazzaro Ing. Emanuele Pianese	<i>Ministero dell'Interno Dipartimento dei Vigili del Fuoco</i>
Dr. Corrado Bibbolino Dr. Vincenzo David Dr. Antonio Orlacchio	<i>Società Italiana di Radiologia Medica</i>
Dr.ssa Laura Chiacchiararelli	<i>Fisico Sanitario - Esperto</i>
Dr. Paolo Gentile	<i>Fisico Sanitario - Esperto</i>

INDICE

1.	PREMESSA	4
2.	GLOSSARIO	5
3.	OBIETTIVO	16
4.	STRATEGIA	17
5.	METODI	18
	5.1. <i>Ottimizzazione delle Risorse</i>	19
	5.2. <i>“Prevedere l’Imprevedibile”</i>	19
	5.3. <i>Implementazione di un “Sistema Sicurezza”</i>	20
6.	DEFINIZIONE DELLA MINACCIA	21
7.	LA SITUAZIONE ITALIANA	22
8.	LE SORGENTI UTILIZZATE IN SANITÀ	23
	8.1. <i>Generalità</i>	23
	8.2. <i>Medicina Nucleare</i>	24
	8.3. <i>Radioterapia</i>	26
	8.4. <i>Laboratori Medico-Scientifici</i>	28
9.	I RIFIUTI RADIOATTIVI	28
	9.1. <i>Generalità</i>	29
	9.2. <i>Medicina Nucleare</i>	30
	9.3. <i>Radioterapia</i>	31
	9.4. <i>Laboratori Medico-Scientifici</i>	31
10.	LE MISURE DI SICUREZZA	32
	10.1. <i>Generalità</i>	33
	10.2. <i>Medicina Nucleare</i>	35
	10.3. <i>Radioterapia</i>	36
	10.4. <i>Laboratori Medico-Scientifici</i>	36
	10.5. <i>Misure di Sicurezza e Antincendio</i>	37
11.	LA FORMAZIONE	38
12.	CONCLUSIONI	41
	 BIBLIOGRAFIA	 43

1. Premessa

Quello della sicurezza, intesa nel senso più ampio del termine, è un settore che coinvolge molti aspetti della vita di un Ente o di un'Azienda, siano essi pubblici o privati.

Il particolare momento storico che la comunità internazionale si trova ad attraversare, caratterizzato dall'attenzione agli aspetti di prevenzione di eventuali minacce di matrice terroristica, impone una particolare attenzione a tutti gli aspetti connessi alla gestione della sicurezza, con particolare riguardo a quei settori della vita produttiva nei quali vengano impiegati elementi di vario genere e/o natura che, se utilizzati strumentalmente a tale fine, possono di per se stessi costituire armi di offesa, anche perché in grado di determinare conseguenze non banali di carattere psicologico.

Tra le molteplici e possibili forme di aggressione, si focalizza l'attenzione sull'eventualità in cui si utilizzino in maniera impropria le sorgenti di radiazioni ionizzanti normalmente impiegate a scopo medico: i dati dell'I.A.E.A. (International Atomic Energy Agency) dimostrano come almeno il 10% degli incidenti occorsi negli ultimi 50 anni nel settore delle radiazioni ionizzanti avvenga in campo medico. Il tema della sicurezza intesa come prevenzione di eventi anomali di origine dolosa basati sull'uso improprio di sorgenti di radiazioni ionizzanti è – non a caso – uno di quelli maggiormente sviscerati a livello internazionale, e, in particolare, nel prossimo Congresso Internazionale dell'I.R.P.A. (International Radiation Protection Association), in calendario a Buenos Aires nel 2008, una specifica sessione verrà dedicata al tema specifico oggetto del presente documento.

Di fronte all'eventualità del verificarsi di un evento anomalo di questo tipo, non bisogna solo opporre un valido atteggiamento difensivo caratterizzato da risposte dinamiche e aggiornate, ma occorre un attento e professionale esame dei rischi, al fine di prevenire la minaccia, ovvero di minimizzare il rischio.

Si tratta, in sintesi, di sviluppare lo studio di quella che oggi viene chiamata "gestione del rischio", un'attività professionale complessa e articolata che raggiunga lo scopo di ridurre il margine di rischio attraverso una triplice azione: *pianificare, prevenire, proteggere*.

I dispositivi e gli strumenti di protezione passiva e/o attiva volti a conseguire tale risultato possono in realtà essere i più diversi: dal semplice impianto d'allarme a un sofisticato apparato di sicurezza che comprenda sia l'utilizzo di apparecchiature elettroniche sia l'impiego di personale specializzato addetto alla protezione di beni e/o edifici.

Ognuno di essi, tuttavia, per complesso o articolato che sia, rischia, in assenza di un'adeguata fase preventiva basata sull'analisi e sullo studio del rischio, di risultare inutile, o comunque non adeguato al compito richiesto.

Per garantire al lettore una più agevole fruizione del presente documento, si riportano di seguito in forma di glossario alcune definizioni specifiche correlate, anche solo indirettamente, alle tematiche trattate nel testo.

2. Glossario

Adroterapia	Radioterapia effettuata con fasci di adroni (protoni, neutroni, ioni).
Area di Frazionamento	Locale in cui vengono immagazzinati i radioisotopi e in cui avviene la preparazione delle dosi necessarie per la sperimentazione o gli impieghi clinici.
Area di Stoccaggio	Area in cui vengono mantenuti i rifiuti radioattivi prima del loro smaltimento.
Attività	Numero di trasformazioni nucleari spontanee di un radionuclide che si producono nell'unità di tempo: $A = dN/dt$; si misura in becquerel (Bq).
Becquerel (Bq)	Unità di misura dell'attività; 1 Bq = 1 disintegrazione al secondo.
Brachiterapia	Terapia con radiazioni ionizzanti - emesse da una o più sorgenti sigillate poste alla minima distanza possibile dal volume da irraggiare - condotta mediante la loro inserzione nel tessuto con tramite chirurgici (brachiterapia interstiziale - irraggiamento interno), o nelle cavità naturali del corpo (brachiterapia endocavitaria), o nel lume di una struttura tubolare (brachiterapia endoluminale), oppure mediante il loro posizionamento a contatto della pelle (brachiterapia superficiale). In rapporto all'attività delle sorgenti che vengono utilizzate, la brachiterapia è ad "alto rateo di dose" (HDR) o a "basso rateo di dose" (LDR). Il basso rateo di dose consente somministrazioni continue o intermittenti.
Bomba Sporca	Un ordigno esplosivo ordinario combinato con una congrua quantità di isotopi radioattivi che, a seguito di deflagrazione, può produrre la contaminazione radioattiva di vaste aree.

Classificazione dei Rifiuti Radioattivi

Individuazione e ripartizione dei rifiuti radioattivi in relazione alle caratteristiche e alle concentrazioni dei radioisotopi in essi presenti.

Nota 1) - Con la raccomandazione 1999/669/CE, Euratom, la Commissione delle Comunità Europee ha proposto la ripartizione dei rifiuti radioattivi in:

- transitori;
- a livello basso e intermedio, a loro volta suddivisi in "rifiuti radioattivi a vita breve" e "rifiuti radioattivi a vita lunga";
- a livello alto.

Nota 2) - La Guida Tecnica N. 26 dell'ENEA/DISP classifica i rifiuti radioattivi in tre categorie:

- prima categoria: rifiuti radioattivi che richiedono tempi dell'ordine di mesi, sino a un tempo massimo di alcuni anni, per decadere a concentrazioni di radioattività inferiori al livello di allontanamento, e rifiuti contenenti radionuclidi a lungo periodo di dimezzamento purché in concentrazioni inferiori a tale livello;
- seconda categoria: rifiuti radioattivi che richiedono tempi variabili da qualche decina fino ad alcune centinaia di anni per raggiungere concentrazioni di radioattività dell'ordine di alcune centinaia di becquerel per grammo, nonché rifiuti contenenti radionuclidi a vita molto lunga purché in concentrazioni di tale ordine;
- terza categoria: tutti i rifiuti radioattivi che non appartengono alle categorie precedenti, in particolare i rifiuti che richiedono tempi dell'ordine di migliaia di anni e oltre per raggiungere concentrazioni di radioattività dell'ordine di alcune centinaia di becquerel per grammo.

Contaminazione Esterna Presenza di sostanza radioattiva su parti esterne del corpo umano.

Contaminazione Interna Presenza di sostanza radioattiva d'origine artificiale all'interno del corpo umano, oppure incremento - dovuto ad attività antropiche - del fondo di radioattività naturale nell'uomo.

Contaminazione Radioattiva D. Lgs. 230/1995 e successive modifiche e integrazioni, art. 4, comma 1, lettera h):

Contaminazione di una matrice, di una superficie, di un ambiente di vita o di lavoro o di un individuo, prodotta da sostanze radioattive. Nel caso particolare del corpo umano, la contaminazione radioattiva include tanto la contaminazione esterna quanto la contaminazione interna, per qualsiasi via essa si sia prodotta.

Contaminazione Superficiale Contaminazione radioattiva di una superficie, che può essere fissa, ossia non asportabile mediante strofinio, oppure rimovibile, ossia asportabile mediante strofinio.

Contenimento (di Materia Radioattiva)	Complesso dei metodi o strutture fisiche che prevengono la dispersione di materia radioattiva o ne garantiscono lo scarico.
Contenitore di Trasporto	Contenitore schermato, utilizzato per il trasporto di materiali radioattivi, in grado di assicurare un adeguato contenimento della contaminazione radioattiva.
Decadimento Radioattivo (oppure Disintegrazione Radioattiva)	Fenomeno di instabilità nucleare che presentano gli isotopi radioattivi; consiste nella trasformazione, spontanea o indotta artificialmente, del nucleo di detti isotopi, cui è associata l'emissione di particelle cariche (α, β) e, generalmente, di raggi γ .
Decontaminazione	Rimozione di contaminazione radioattiva da una superficie, o da una matrice, oppure da una parte esterna del corpo umano.
Detentore di Sorgente di Radiazioni Ionizzanti	Qualsiasi persona fisica o giuridica che ai sensi del diritto nazionale è responsabile della detenzione di una sorgente di radiazioni ionizzanti.
Detrimento Sanitario	Stima quantitativa di tutti i danni sanitari, mediati su più popolazioni, attribuibili alle radiazioni ionizzanti. La stima viene condotta aggregando con opportuni coefficienti di peso: <ul style="list-style-type: none">- la probabilità di morte attribuibile;- il contributo dei tumori non letali;- il contributo degli effetti ereditari;- la perdita media di attesa di vita. Nota - La definizione è tratta dall'ICRP 60 (1991), par. 51, 156, B114, B119, e dall'NCRP 115 (1993), par. 14.2. La definizione data dal D. Lgs. 230/1995 e successive modifiche e integrazioni, art. 4, comma 1, lettera l), è la seguente: "Stima del rischio di riduzione della durata e della qualità della vita che si verifica in una popolazione a seguito dell'esposizione a radiazioni ionizzanti. Essa include la riduzione derivante da effetti somatici, cancro e gravi disfunzioni genetiche".
Dose	Quantità di radiazioni ionizzanti o di energia assorbita. Nota - Il termine "dose" viene utilizzato come termine generico applicabile a ognuna delle grandezze dosimetriche d'interesse.
Emergenza	D. Lgs. 230/1995 e successive modifiche e integrazioni, art. 4, comma 1, lettera t): Una situazione che richiede azioni urgenti per proteggere lavoratori, individui della popolazione ovvero l'intera popolazione o parte di essa.
Emergenza Nucleare	Emergenza determinata da incidenti in impianti nucleari.
Emivita	Vedi Tempo Di Dimezzamento
Esercente	Soggetto titolare dell'autorizzazione o del nulla osta alla detenzione e impiego di sorgenti di radiazioni ionizzanti.

Esposizione	<p>ISO 921:1997, n. 435: Incidenza delle radiazioni ionizzanti, casuale o intenzionale, sulla materia vivente o inanimata. Nota - La definizione data dal D. Lgs. 230/1995 e successive modifiche e integrazioni, art. 4, comma 1, lettera v), è la seguente: "Qualsiasi esposizione di persone a radiazioni ionizzanti. Si distinguono: 1) l'esposizione esterna: esposizione prodotta da sorgenti situate all'esterno dell'organismo; 2) l'esposizione interna: esposizione prodotta da sorgenti introdotte nell'organismo; 3) l'esposizione totale: combinazione dell'esposizione esterna e dell'esposizione interna."</p>
Esposizione Accidentale	<p>D. Lgs. 230/1995 e successive modifiche e integrazioni, art. 4, comma 1, lettera z): Esposizione di singole persone a carattere fortuito e involontario.</p>
Esposizione D'emergenza	<p>D. Lgs. 230/1995 e successive modifiche e integrazioni, art. 4, comma 2, lettera a): Esposizione giustificata in condizioni particolari per soccorrere individui in pericolo, prevenire l'esposizione di un gran numero di persone o salvare un'installazione di valore, e che può provocare il superamento di uno dei limiti di dose fissati per i lavoratori esposti.</p>
Fondo Naturale di Radiazioni	<p>D. Lgs. 230/1995 e successive modifiche e integrazioni, art. 4, comma 2, lettera e): Insieme delle radiazioni ionizzanti provenienti da sorgenti naturali, sia terrestri sia cosmiche, sempreché l'esposizione che ne risulta non sia accresciuta in modo significativo da attività umane.</p>
Fornitore (di Sorgenti Radioattive)	<p>Direttiva 2003/122/EURATOM, art. 2, lettera l): Qualsiasi persona fisica o giuridica che fornisce o mette a disposizione una sorgente.</p>
Impatto Radiologico Ambientale	<p>Conseguenze delle attività umane connesse con le radiazioni ionizzanti sull'ambiente (naturale e antropizzato) e sul territorio.</p>
Incidente	<p>Evento che provoca danni a un'installazione o ne perturba il buon funzionamento e può comportare, per una o più persone, dosi superiori ai limiti. Nota - Definizione tratta dal D. Lgs. 230/1995 e successive modifiche e integrazioni, art. 4, comma 2, lettera i).</p>
Informazione della Popolazione	<p>Informazione, sia preventiva sia nel corso di un'emergenza, prevista dalla legislazione vigente in merito alle azioni protettive e al comportamento da adottare nei casi d'emergenza. Nota - L'informazione deve essere fornita alla popolazione interessata senza che la stessa debba farne richiesta, e deve essere accessibile al pubblico sia in condizioni normali sia in fase di preallarme o d'emergenza.</p>

Intervento	D. Lgs. 230/1995 e successive modifiche e integrazioni, art. 4, comma 2, lettera l): Attività umana intesa a prevenire, o limitare, l'esposizione degli individui alle radiazioni dalle sorgenti che non fanno parte di una pratica o che sono fuori controllo per effetto di un incidente, mediante azioni sulle sorgenti, sulle vie d'esposizione e sugli individui stessi.
IRCCS	Istituti di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico.
Irraggiamento Esterno	Modalità d'irraggiamento - a fini diagnostici o terapeutici - per mezzo di una sorgente di radiazioni ionizzanti posizionata all'esterno del corpo. Vedi anche Radioterapia .
Irraggiamento Interno	Modalità d'irraggiamento - a fini diagnostici o terapeutici - per mezzo di una sorgente di radiazioni ionizzanti posizionata all'interno del corpo. Vedi Radioterapia, Medicina Nucleare e Brachiterapia .
Materiale Radioattivo	Materiale di cui uno o più costituenti presentano radioattività ai sensi della normativa di legge. Nota 1) - Nella regolamentazione IAEA per il trasporto, "materiale radioattivo" è qualsiasi materiale contenente radionuclidi nel quale la concentrazione di attività e l'attività totale del collo superano valori specificati. Nota 2) - La scritta "materiale radioattivo", ben visibile e con il simbolo della radioattività, accompagna obbligatoriamente ogni sorgente radioattiva immessa in commercio.
Materia Radioattiva	D. Lgs. 230/1995 e successive modifiche e integrazioni, art. 4, comma 2, lettera s): Sostanza o insieme di sostanze radioattive contemporaneamente presenti. Sono fatte salve le particolari definizioni per le materie fissili speciali, le materie grezze, i minerali quali definiti dall'articolo 197 del trattato che istituisce la Comunità europea dell'energia atomica e cioè le materie fissili speciali, le materie grezze e i minerali nonché i combustibili nucleari.
Matrice	D. Lgs. 230/1995 e successive modifiche e integrazioni, art. 4, comma 2, lettera v): Qualsiasi sostanza o materiale che può essere contaminato da materie radioattive; sono ricompresi in tale definizione le matrici ambientali e gli alimenti.
Matrice Ambientale	Matrice componente dell'ambiente (aria, acqua, suolo, etc.). Nota - Definizione tratta dal D. Lgs. 230/1995 e successive modifiche e integrazioni, art. 4, comma 2, lettera z).
Medicina Nucleare	Settore della medicina che utilizza sorgenti di radiazioni ionizzanti non sigillate a fini diagnostici (PET, SPECT) o terapeutici (terapia medico-nucleare).
Misura Ambientale	In dosimetria interna, misurazione volta alla determinazione qualitativa e quantitativa dei radionuclidi presenti in una matrice ambientale che possa costituire un veicolo di contaminazione interna.

Misura della Contaminazione Interna	Misurazione volta alla determinazione qualitativa e/o quantitativa della sostanza radioattiva presente all'interno del corpo umano in un determinato istante dall'introduzione (misura "in vivo" o misura "in vitro"), oppure alla stima dell'introduzione attraverso l'applicazione di opportuni modelli di trasferimento del contaminante dall'ambiente all'uomo (misura ambientale).
Misura di Protezione Sanitaria	Contromisura adottata o prevista nel piano d'intervento al fine di evitare o ridurre l'esposizione della popolazione in caso d'emergenza. Nota 1) - Le misure di protezione sanitaria includono il riparo al chiuso, la iodoprofilassi, l'evacuazione, l'interdizione alimentare, etc. Nota 2) - Il termine è generalmente impiegato come sinonimo di azione protettiva.
Monitoraggio	Insieme delle misurazioni di radioprotezione volte alla determinazione e al controllo dell'esposizione dei lavoratori e dell'esposizione nell'ambiente.
Piano di Emergenza	Insieme coordinato dei provvedimenti che le Autorità responsabili debbono adottare in caso di incidente, con la gradualità che le circostanze richiedono, per assicurare la protezione della popolazione e dei beni dagli effetti dannosi derivanti da un'emergenza.
Piano d'Emergenza Esterna	Piano d'emergenza predisposto per un incidente nucleare le cui conseguenze attese siano circoscrivibili nell'ambito provinciale o interprovinciale.
Piano d'Emergenza Interna	Insieme delle procedure predisposte per situazioni d'incidente senza fuoriuscita di radioattività dagli edifici, o comunque dal perimetro dell'impianto.
Piano d'Intervento	Piano d'emergenza, oppure piano eventualmente predisposto dall'Autorità di protezione civile, in relazione alle varie ipotesi di rischio.
Piano di Trattamento	Programma di somministrazione di dose o di radiofarmaci, con riferimento alla loro sequenza temporale, entità e durata, attuato in radioterapia o in terapia radiometabolica.
Piano Nazionale di Emergenza	Piano d'emergenza contenente i provvedimenti necessari a fronteggiare le eventuali conseguenze di un incidente su tutto il territorio dello Stato.
Prova di Strofinio	Tecnica di prelievo di un campione della radioattività superficiale trasferibile, effettuata mediante strofinio di un dischetto di carta bibula su una superficie di area nota. Nota 1) - Un campione rappresentativo della radioattività superficiale, sottoposto a misure radiometriche per determinare il tipo, la qualità e l'attività dei radionuclidi, consente di stimare la concentrazione di attività trasferibile della superficie di provenienza. Nota 2) - La prova di strofinio può essere effettuata a secco, o ad umido con l'uso di acqua o solventi di varia natura.
R.D.D. (Radioactive Dispersal Device)	Qualsiasi dispositivo per la dispersione della radioattività, attraverso l'utilizzo di ogni mezzo ritenuto idoneo.

Radioattività	Proprietà di alcuni nuclidi (per ciò detti "radionuclidi") di emettere spontaneamente radiazioni ionizzanti (particelle cariche e/o raggi γ). Tale proprietà può essere ottenuta artificialmente, irraggiando nuclidi stabili con particelle cariche o con neutroni.
Radioisotopo, Radionuclide	Isotopo che presenta il fenomeno della radioattività (naturale o artificiale).
Radioprotezione	Disciplina tecnico-scientifica finalizzata alla protezione dei lavoratori, della popolazione (persone del pubblico) e dell'ambiente dai rischi derivanti dall'esposizione a radiazioni ionizzanti.
Radioprotezione Operativa	Insieme delle procedure operative, dei controlli, dell'assistenza "in loco", delle misure radiometriche e dosimetriche e dei dispositivi di protezione, volto a garantire la radioprotezione nell'esecuzione di una pratica o di un intervento.
Radioterapia	Impiego delle radiazioni ionizzanti sul tessuto interessato per la terapia di patologie specifiche, principalmente di natura oncologica. Può utilizzare sorgenti esterne come gli acceleratori lineari (irraggiamento esterno), oppure sorgenti interne. Queste ultime possono essere sigillate, vedi Brachiterapia , o non sigillate per essere iniettate, vedi Medicina Nucleare .
Responsabile d'Impianto Radiologico	D. Lgs. 187/2000, art. 2, comma 2, lettera b): Il medico specialista in radiodiagnostica, radioterapia o medicina nucleare individuato dall'esercente. Il responsabile d'impianto radiologico può essere lo stesso esercente qualora questo sia abilitato a svolgere direttamente l'indagine clinica. Nota - La figura del "responsabile d'impianto radiologico" è priva di corrispettivo nella normativa di lingua inglese.
Rete d'Allarme	Complesso delle stazioni di rilevamento radiometrico delle situazioni ambientali determinate da incidenti che possano comportare un'emergenza.
Ricaduta Radioattiva	Deposizione di materia radioattiva dispersa nell'atmosfera, o la materia radioattiva depositata. Nota - Il termine "ricaduta radioattiva" viene principalmente associato alla deposizione di materia radioattiva conseguente a esplosioni nucleari o ad incidenti nucleari.
Rifiuti Radioattivi	D. Lgs. 230/1995 e successive modifiche e integrazioni, art. 4, comma 3, lettera i): qualsiasi materia radioattiva, ancorché contenuta in apparecchiature o dispositivi in genere, di cui non è previsto il riciclo o la riutilizzazione.
Rilascio (di Materia Radioattiva)	Immissione non intenzionale di materia radioattiva nell'ambiente, in condizioni totalmente o parzialmente fuori controllo ed entro o al di sopra dei limiti autorizzati, conseguenza di un malfunzionamento o di un incidente.

Rischio da Radiazioni Ionizzanti	<p>Eventualità, per un individuo esposto a radiazioni ionizzanti, di subire un danno a seguito del verificarsi di circostanze più o meno prevedibili.</p> <p>Nota - Secondo l'ICRP 60 (1991), par. 43, il concetto di "rischio da radiazioni ionizzanti" include non soltanto la probabilità di un evento dannoso, ma anche le sue conseguenze (gravità del danno e sua distribuzione nel tempo).</p>
Scenario di Riferimento Reference Scenario	<p>Descrizione realistica dell'incidente previsto, comprensiva delle valutazioni "a priori" degli effetti sulla popolazione e sui beni in una collocazione spaziale e temporale definita.</p> <p>Nota - Il piano d'emergenza viene sviluppato sulla base dello scenario di riferimento.</p>
Sicurezza Nucleare (Safety)	<p>Complesso delle azioni di analisi, valutazione e attuazione volte al raggiungimento di condizioni operative appropriate e alla prevenzione di incidenti o alla mitigazione delle loro conseguenze, al fine della protezione dei lavoratori, della popolazione (persone del pubblico) e dell'ambiente dai rischi indebiti connessi alle radiazioni ionizzanti.</p>
Sicurezza Nucleare (Security)	<p>Complesso delle azioni di analisi, valutazione e attuazione, volte alla prevenzione di furti, di azioni di sabotaggio, di accessi non autorizzati, di trasferimenti illegali, e di altri atti criminali che coinvolgano materiali radioattivi e/o apparecchiature e strumenti con essi associati.</p>
Sito	<p>Area d'insediamento di un impianto nucleare o di altra installazione radiologica, tenuto conto delle sue caratteristiche geografiche, sismiche, morfologiche, meteorologiche, idrologiche, agricole, demografiche e socio-economiche, ai fini della radioprotezione della popolazione e dell'ambiente.</p>
Smaltimento (dei Rifiuti Radioattivi)	<p>D. Lgs. 230/1995 e successive modifiche e integrazioni, art. 4, comma 3, lettera n):</p> <p>Collocazione dei rifiuti, secondo modalità idonee, in un deposito, o in un determinato sito, senza intenzione di recuperarli.</p>
Sorgente Ad Alta Attività	<p>Sorgente sigillata contenente un radionuclide la cui attività al momento della fabbricazione o, se questa non è nota, al momento della prima immissione sul mercato è uguale o superiore al livello di attività fissato nell'allegato I del decreto legislativo 52/07.</p>
Sorgente Non Sigillata	<p>D. Lgs 230/1995 e successive modifiche e integrazioni, art. 4, comma 3, lettera s):</p> <p>Qualsiasi sorgente che non corrisponde alle caratteristiche o ai requisiti della sorgente sigillata.</p>

Sorgente Orfana

Sorgente sigillata la cui attività è superiore, al momento della sua scoperta, alla soglia stabilita nella tabella VV-I dell'allegato VII del D.Lgs. 230/95, e che non è sottoposta a controlli da parte delle autorità o perché non lo è mai stata o perché è stata abbandonata, smarrita, collocata in luogo errato, sottratta illecitamente al detentore o trasferita ad un nuovo detentore non autorizzato ai sensi del D.Lgs. 52/07 o senza che il destinatario sia stato informato.

Nota - Definizione tratta dal D.Lgs. 52/07

Sorgente Radioattiva

Sorgente di radiazioni ionizzanti costituita da materia radioattiva, ancorché contenuta in apparecchiature o dispositivi in genere, dei quali, ai fini della radioprotezione, non si può trascurare l'attività o la concentrazione di radionuclidi o l'emissione di radiazioni.

Nota - Definizione tratta dal D. Lgs. 230/1995 e successive modifiche e integrazioni, art. 4, comma 3, lettera q).

Sorgente Sigillata

Sorgente formata da materie radioattive solidamente incorporate in materie solide o di fatto inattive, o sigillate in involucri inattivi che presentino una resistenza sufficiente per evitare, in condizioni normali di impiego, dispersione di materie radioattive superiore ai valori stabiliti dalle norme di buona tecnica applicabili; la definizione comprende, se del caso, la capsula che racchiude il materiale radioattivo come parte integrante della sorgente.

Nota - Definizione tratta dal D.Lgs. 52/07

Sorveglianza Fisica

D. Lgs. 230/1995 e successive modifiche e integrazioni, art. 4, comma 3, lettera u):

L'insieme dei dispositivi adottati, delle valutazioni, delle misure e degli esami effettuati, delle indicazioni fornite e dei provvedimenti formulati dall'esperto qualificato al fine di garantire la protezione sanitaria dei lavoratori e della popolazione.(persone del pubblico).

Sorveglianza Medica

Attività di prevenzione medica basata sui principi di medicina del lavoro, condotta sul lavoratore esposto al rischio da radiazioni ionizzanti per ragioni professionali; essa è affidata al medico competente o al medico autorizzato, ed è costituita dall'analisi dei rischi individuali connessi all'attività lavorativa e al tipo di mansione, e dall'insieme delle visite mediche, degli esami di laboratorio e strumentali, delle consulenze mediche specialistiche, della trasmissione di informazioni sul rischio e sui risultati delle valutazioni sanitarie, dei provvedimenti e degli interventi medici.

La sorveglianza medica ha come obiettivo la valutazione e la conservazione dello stato di salute del lavoratore ed il giudizio sulla compatibilità con il rischio, sia in condizioni normali di lavoro sia in condizioni anormali*.

* Le condizioni anormali di lavoro, riguardanti sia esposizioni accidentali o esposizioni d'emergenza, sia esposizioni soggette ad autorizzazione speciale, sono di pertinenza della sorveglianza medica eccezionale.

Nota - La definizione data dal D. Lgs. 230/1995 e successive modifiche e integrazioni, art. 4, comma 3, lettera v):

"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", non riporta tutte le attività connesse con i compiti della sorveglianza medica.

Sorveglianza Radiologica

Termine generico che include sia la sorveglianza fisica dell'ambiente di lavoro o dei lavoratori esposti, sia la sorveglianza ambientale.

Sostanza Radioattiva

Ogni specie chimica contenente uno o più radionuclidi di cui, ai fini della radioprotezione, non si possono trascurare l'attività o la concentrazione.

Tempo di Dimezzamento Biologico (T_b)

Intervallo di tempo nel quale metà della quantità di una data sostanza presente nell'intero organismo, o in un particolare organo o tessuto, viene mediamente eliminata a seguito dei normali processi fisiologici e metabolici.

Tempo di Dimezzamento Effettivo (T_e)

Intervallo di tempo nel quale, in ragione del concorrere del decadimento fisico e dell'eliminazione biologica, l'attività di un dato radionuclide presente nell'intero organismo, o in un particolare organo o tessuto, mediamente si dimezza.

In formula:

$$T_e = T_b \cdot T_R / (T_b + T_R)$$

dove: T_b è il tempo di dimezzamento biologico;

T_R è il tempo di dimezzamento fisico.

Tempo di Dimezzamento (o Emivita) Fisico (T_R)

Intervallo di tempo nel quale l'attività di un dato radionuclide mediamente si dimezza a seguito di processi di trasformazione nucleare.

L'emivita è una misura della stabilità di un isotopo: più è breve, meno stabile è il nucleo.

Zone Calde

Ambienti di lavoro afferenti alla Medicina Nucleare: a) locali in cui si mantiene e/o si manipola il materiale radioattivo al fine di preparare il radiofarmaco (camera calda); b) locali del reparto in cui attendono i pazienti trattati (attesa calda).

Zona Classificata

Ambiente di lavoro sottoposto a regolamentazione per motivi di protezione dalle radiazioni ionizzanti. Le zone classificate possono essere zone controllate o zone sorvegliate.

Nota - Definizione tratta dal D. Lgs. 230/1995 e successive modifiche ed integrazioni, art. 4, comma 4, lettera c), e dall'Allegato III allo stesso Decreto.

Zona Controllata

Zona classificata, il cui accesso è segnalato e sottoposto a regolamentazione, nella quale, sulla base di accertamenti e valutazioni compiuti dall'esperto qualificato, sussiste per i lavoratori che vi operano il rischio di superamento di prefissati valori di dose.

Nota - Definizione tratta dal D. Lgs. 230/1995 e successive modifiche e integrazioni, art. 4, comma 4, lettera c), e dall'Allegato III allo stesso Decreto.

Zona Sorvegliata

Qualsiasi zona classificata che non sia zona controllata; in essa, sulla base di accertamenti e valutazioni compiuti dall'esperto qualificato, sussiste per i lavoratori che vi operano il rischio di superamento di uno dei limiti di dose fissati per le persone del pubblico.

Nota - Definizione tratta dal D. Lgs. 230/1995 e successive modifiche e integrazioni, art. 4, comma 4, lettera c), e dall'Allegato III allo stesso Decreto.

3. Obiettivo

L'oggetto del presente documento è la **Sicurezza Nucleare**:

“Complesso delle azioni di analisi, valutazione e attuazione, volte alla prevenzione di furti, di azioni di sabotaggio, di accessi non autorizzati, di trasferimenti illegali, e di altri atti criminosi che coinvolgano materiali radioattivi e/o apparecchiature e strumenti con essi associati”

Fermo restando quanto sopra rappresentato, l'obiettivo da porsi è quello di elevare il livello dello "standard di sicurezza" relativo alla *gestione delle sorgenti di radiazioni ionizzanti utilizzate in campo medico*, attraverso la riduzione dei margini di rischio, ispirando delle procedure che consentano di ottimizzare la sicurezza, ovvero di prevenire eventi anomali, a fini di minaccia, attuabili anche per il tramite di un utilizzo improprio di tali sorgenti.

Ciò può essere realizzato:

- perseguendo un'opera di ottimizzazione delle risorse volta a rendere più efficaci le misure di protezione già in atto;
- aumentando la capacità di "prevedere l'imprevedibile", ovvero di utilizzare la fantasia, l'esperienza e la competenza specifiche per pianificare al meglio la strategia di prevenzione dell'evento anomalo;
- rendendo maggiormente responsabile tutto il personale, a qualsiasi livello coinvolto;
- operando con grande efficacia e convinzione nei programmi di formazione/informazione;
- dando al concetto di "radioprotezione" un'accezione più ampia di quella sancita dal D.Lgs. 230/95 e s.m.i., in ciò tenendo anche conto di quanto stabilito dal recente D.Lgs. 52/07 sulle sorgenti ad alta attività e sorgenti orfane, pubblicato in data 24 aprile 2007, e in particolare dall'articolo 3 comma 3 lettera e., il quale dispone che il richiedente del nulla osta all'utilizzo della sorgente di radiazioni ionizzanti *“preveda specifiche procedure gestionali per il trasporto, la detenzione e l'utilizzo della sorgente finalizzate a impedire, in relazione alle caratteristiche della sorgente, l'accesso non autorizzato, lo smarrimento, il furto o il danneggiamento della sorgente anche a seguito di incendi”*;

- mantenendo comunque sempre elevata l'attenzione anche all'analisi del rapporto costi/benefici.

Il documento risultante dall'opera di perseguimento degli obiettivi dichiarati verrà messo a disposizione dei Ministeri competenti in materia, e in particolare del Ministero della Salute, al fine di intraprendere, se del caso, iniziative di carattere normativo specifiche e all'uopo dedicate, eventualmente anche in relazione al rilascio dei decreti autorizzativi previsti dal regime di nulla osta introdotto dal D. Lgs. 241/00.

4. Strategia

Il Dipartimento di Igiene del Lavoro dell'Istituto Superiore per la Prevenzione E la Sicurezza del Lavoro (ISPESL) ha deciso di costituire un gruppo di lavoro nel quale possano essere affrontate le problematiche di gestione "in sicurezza" delle fonti di rischio radiologico, con particolare riferimento alla prevenzione di eventi anomali a fini terroristici nelle installazioni complesse di tipo medico. In queste strutture, infatti, si riscontra spesso una bassa soglia di attenzione.

L'idea che l'ISPESL ha inteso sviluppare è la seguente: utilizzando la competenza e la sensibilità

- dei responsabili, a vario titolo, dell'uso delle sorgenti di radiazioni ionizzanti in campo medico, e quindi, soprattutto, radiologi, medici nucleari, radioterapisti, tecnici sanitari di radiologia medica e fisici medici, ognuno per la sua parte di competenza e quindi per le proprie specifiche attribuzioni e mansioni operative;
- dei "radioprotezionisti", ovvero, in via elettiva, degli "esperti qualificati", chiamati a effettuare la "valutazione del rischio radiologico" ai sensi dell'art. 61 del D. Lgs. 230/95, nonché a ispirare le procedure gestionali per la sorveglianza fisica della radioprotezione nei confronti dei lavoratori esposti;
- degli organi di controllo e vigilanza,

definire degli scenari di rischio che *risulti necessario* codificare, e per i quali si possano definire specifiche procedure per la minimizzazione della probabilità di accadimento di eventi anomali a fini anche terroristici, basati sull'utilizzo di sorgenti di radiazioni ionizzanti trafugate o colpite all'interno dei medesimi luoghi di lavoro.

Appare ragionevole che tali considerazioni vengano inserite nell'ambito delle Norme Interne di Radioprotezione, che rappresenta il principale strumento metodologico introdotto dal D. Lgs. 230/95 e s.m.i. per garantire l'attuazione di opportune strategie prevenzionistiche nei luoghi di lavoro.

All'interno del Gruppo di Lavoro sono stati invitati a partecipare, e hanno risposto positivamente:

- ✓ Società Italiana di Radiologia Medica (**SIRM**)
- ✓ Associazione Italiana di Medicina Nucleare (**AIMN**)
- ✓ Associazione Italiana di Radioterapia Oncologica (**AIRO**)
- ✓ Associazione Italiana di Fisica Medica (**AIFM**)
- ✓ Associazione Italiana di Radioprotezione (**AIRP**)
- ✓ Associazione Nazionale Professionale degli Esperti Qualificati (**ANPEQ**)
- ✓ Federazione Nazionale Collegi Professionali TSRM (**FNCTSRM**)
- ✓ Comando Carabinieri per la Tutela dell'Ambiente (**CCTA**)
- ✓ Comando Carabinieri per la Tutela della Salute (**CCTS**)
- ✓ Ministero dell'Interno - Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile.

5. Metodi

L'applicazione della "gestione del rischio" alle installazioni sanitarie impieganti radiazioni ionizzanti, richiede la definizione degli *strumenti* attraverso i quali:

1. analizzare i diversi scenari per determinare quali tra tutti risultino maggiormente sensibili alla minaccia;
2. essendo note le criticità di ciascun scenario, individuare le "leve" sulle quali agire per mitigare il rischio.

Gli strumenti adottati sono di seguito descritti.

5.1 OTTIMIZZAZIONE DELLE RISORSE

Occorre riconsiderare le misure di protezione già adottate (si pensi alle disposizioni contenute nella normativa relativa alla protezione dalle radiazioni ionizzanti, nonché alle procedure e agli accorgimenti basilari che regolamentano l'accesso ai siti sanitari) e renderle più efficaci. A tal fine, è opportuno:

- a. effettuare un'analisi preliminare dei fattori di rischio interni ed esterni all'Istituto;
- b. sviluppare uno studio sulla base delle esperienze acquisite nel tempo, delle esperienze maturate in analoghi contesti sia nazionali sia internazionali, di analisi statistiche e studi di settore e, soprattutto, di una capillare attività informativa, che consentano di individuare gli ambiti a maggiore rischio e le eventuali costanti della minaccia;
- c. elaborare una scala delle priorità;
- d. individuare le possibili soluzioni a carattere infrastrutturale (ricollocazione e/o accorpamento di laboratori o depositi, verifica dell'efficacia delle misure di sicurezza esistenti, studio di nuovi sistemi di protezione) od organizzativo (catena dei controlli, verifica delle posizioni chiave, regole di riservatezza "necessità di sapere", studio di nuove procedure operative).

5.2 "PREVEDERE L'IMPREVEDIBILE"

Si tratta, evidentemente, di una voluta "contradictio in terminis" che rende bene quello che dovrebbe essere uno degli obiettivi della fase di pianificazione: il connubio vincente tra fantasia ed esperienza, per anticipare la minaccia individuando ed evitando le situazioni di rischio prima che diventino situazioni di pericolo. Minori variabili esistono, migliori sono le possibilità di raggiungere un più elevato standard di sicurezza.

Ogni attività di pianificazione, per accurata che sia, deve tuttavia tenere conto del fatto che qualsiasi sforzo non potrà mai prevedere tutte le possibili variabili (alcuni recenti episodi criminali più che fantasia dimostrano genialità). Occorre, pertanto, mantenere sempre un margine elevato di flessibilità, tale da consentire al sistema, automatico, umano o integrato che sia, di riportare la situazione a una delle variabili previste e quindi di adottare le contromisure stabilite.

5.3 IMPLEMENTAZIONE DI UN "SISTEMA SICUREZZA"

Nella vita del sito sanitario, più condizioni devono concorrere a che si instauri un sistema che privilegi la sicurezza. È, pertanto, necessario:

- a.** il coinvolgimento di *tutto il personale* a qualsiasi livello.

La sicurezza è un bene comune che riguarda l'Ente nel suo complesso, le sue strutture e le sue risorse, sia umane sia materiali. Contribuire alla sicurezza equivale quindi a proteggere anche la nostra sicurezza e quella delle nostre famiglie. Tale fondamentale principio deve essere compreso, accettato nelle sue inevitabili conseguenze e metabolizzato da tutti. Ciascuno, indipendentemente dal ruolo o dalla funzione svolta, rappresenta un ricettore di immagini, notizie e informazioni che, senza suscitare inutili allarmismi, possano contribuire alla sicurezza del sistema da minacce esterne.

Per raggiungere tale risultato, il personale deve:

- maturare la convinzione di fare parte di un sistema di sicurezza in cui ciascuno rappresenta un anello che rafforza la catena;
- conoscere i rischi e le possibili minacce, in modo da poterne cogliere per tempo i segnali e, se possibile, contribuire a evitarle;
- conoscere le modalità comportamentali nel caso in cui non sia stato possibile evitare la minaccia, in modo tale da minimizzarne gli effetti pericolosi o dannosi;
- avere a disposizione un sistema di trasmissione delle notizie acquisite semplice, efficace e sicuro (referenti competenti e sempre disponibili, procedure semplici e rapide);

- b.** la massima sinergia e costante collegamento con le Forze di Polizia (Arma dei Carabinieri, Polizia di Stato, Guardia di Finanza, Polizie Locali e Municipali).

Per raggiungere tale risultato occorre:

- contribuire a instaurare e mantenere rapporti interpersonali tra i responsabili degli Enti e i rappresentanti locali delle FF.PP.;
- conoscere le modalità operative delle FF.PP., per sfruttare al meglio le loro possibilità di controllo e d'intervento, adattando a esse i propri sistemi di sicurezza, con il costante scambio di informazioni e studi di settore.

6. Definizione della minaccia

I servizi d'intelligence, sia in ambito nazionale sia internazionale, concordano nel ritenere che il terrorismo nucleare, in tutte le sue variegate forme, possa rappresentare un pericolo grave e imminente. In particolare, l'attuale contesto vede l'evoluzione della minaccia terroristica interessare anche le strutture, presenti sul territorio nazionale, coinvolte nella gestione di materiale nucleare, sostanze o rifiuti radioattivi.

Si possono individuare sostanzialmente due diverse modalità secondo cui tramutare la minaccia in atto di terrore:

1. il sito potrebbe essere bersaglio di un attacco con un ordigno convenzionale che, a fronte di danni relativamente ridotti in termini di vite umane, avrebbe l'effetto di diffondere la contaminazione su una vasta area, determinando un danno ecologico immenso e durevole;
2. in alternativa, questo potrebbe essere oggetto di furti da cui prelevare materiale radioattivo da utilizzarsi per la confezione di congegni nucleari improvvisati (I.N.D. – Improvised Nuclear Devices) o dispositivi per la dispersione della radioattività (R.D.D. – Radioactive Dispersal Devices) - le cosiddette "bombe sporche" - il cui impatto psicologico ed emotivo può essere assai più devastante della reale portata dei danni cagionati.

La "bomba sporca" è il dispositivo che più desta preoccupazione, per la relativa facilità di reperire dell'esplosivo tradizionale e per la capacità, a parità di condizioni, di contaminare aree maggiormente estese: gli effetti a lungo termine sul territorio dipendono dal quantitativo di esplosivo usato, dal tipo e dal quantitativo di materiale radioattivo, dalle condizioni meteorologiche (soprattutto dal vento) e dalla presenza o meno di incendi nell'area oggetto dell'attacco. L'impiego di tale arma ha una bassa probabilità di provocare effetti deterministici sulla popolazione colpita, a eccezione dell'effetto meccanico diretto dell'onda d'urto dovuta all'esplosione. Molto più probabile è che la notizia di una contaminazione radioattiva abbia un forte impatto psicologico nella popolazione, con il rischio che dilaghi la sensazione di terrore perseguita dagli autori dell'azione criminosa.

In relazione a quest'ultimo caso, considerando le misure di sicurezza oggi implementate, è ragionevole considerare le strutture sanitarie che detengono materiale radioattivo un obiettivo più "facile" di altri, e quindi più appetibili.

7. La situazione italiana

Come è lecito attendersi dalle attività detenute, le strutture impiegate nel settore dei controlli non distruttivi rappresentano i più probabili obiettivi di furti o rapine sul territorio italiano. Il che è in linea con i dati emersi dall'ITDB (Illicit Trafficking Data Base) della I.A.E.A.

Non è comunque da trascurare da trascurare il fatto che dal 2006 a oggi in Italia:

- si sono registrati quattro casi di furto di materiale radioattivo di origine ospedaliera;
- in altri tre casi dubbi, non è stato possibile accertare l'eventuale fatto doloso all'origine dell'ammanco o del ritrovamento.

I dettagli relativi ai casi verificatisi sono riportati nella tabella 1.

Tabella 1: Casi di furto o ritrovamento di materiale radioattivo verificatisi in Italia dal 2006 ad oggi

Data e luogo	Evento e Sorgente	Note
Roma 05 luglio 2007	FURTO Nr. 1 sorg. di Ra 226	Durante i lavori di demolizione dell'ex casa di cura Villa Bianca veniva rinvenuti alcuni aghi di radio tra le macerie probabile oggetto di un furto ai danni della struttura in stato di abbandono da alcuni anni
Pozzuoli (Na) 09 gennaio 2006	FURTO Nr. 1 sorg. Tc 99m	Ignoti, approfittando del mezzo lasciato temporaneamente incustodito durante una consegna, asportavano il materiale radioattivo che non è stato mai più rinvenuto
Roma 17 gennaio 2006	RITROVAMENTO Nr. 6 fusti etichettati radioattivi	A seguito di una segnalazione, personale della Polizia Municipale di Roma rinveniva 6 fusti, destinati a contenere rifiuti radioattivi, abbandonato sul ciglio stradale. Le analisi radiometriche davano esito negativo
Catania 27 febbraio 2006	FURTO Nr. 1 sorg. di I 131	Al termine di più consegne presso vari Presidi Ospedalieri, veniva riscontrata la mancanza di un collo di Iodio 131 poi rinvenuto sul ciglio della strada
Napoli 31 agosto 2006	FURTO 184 mg. di Ra 226	Durante i controlli presso un ospedale di Napoli, militari del Comando Carabinieri Tutela Ambiente – Sezione Inquinamento da Sostanze Radioattive riscontravano il furto di 184 mg di Radio. Il materiale non è stato mai rinvenuto
Salerno 31 agosto 2006	SMARRIMENTO 184 mg di Ra 226	Durante i controlli presso un ospedale di Salerno, militari del Comando Carabinieri Tutela Ambiente – Sezione Inquinamento da Sostanze Radioattive riscontravano l'ammanco di 184 mg di radio. Il materiale non è stato mai rinvenuto
Chioduno (BG) 20 dicembre 2005	RITROVAMENTO ca. 190 mg di Ra 226	Al termine di indagini, militari del Comando Carabinieri Tutela Ambiente – Sezione Inquinamento da Sostanze Radioattive rinvenivano circa 190 mg di radio di provenienza ospedaliera in possesso di un privato non autorizzato alla detenzione

8. Le sorgenti di radiazione utilizzate in campo medico

Nella pratica medica sono correntemente adoperate sorgenti di radiazioni ionizzanti per fini *diagnostici* o *terapeutici*. Di fatto, la distribuzione sul territorio di strutture sanitarie pubbliche o private, di piccolo, media o grande dimensione, che detengono macchine radiogene e/o materiale radioattivo è fitta e capillare.

Tuttavia, non tutte le installazioni destano apprensione in egual misura in relazione alla sicurezza nucleare.

8.1 GENERALITÀ

Il fattore di discriminazione fondamentale è da ricercarsi nella natura stessa di ciascuna *pratica*: in generale, le sorgenti di radiazioni ionizzanti si possono distinguere in base alla *modalità di applicazione*, cioè tra irraggiamento esterno ed irraggiamento interno, e, trasversalmente, in base alla *modalità di generazione*, cioè tra fasci di radiazione elettromagnetica ovvero fasci di particelle - prodotti rispettivamente da macchine radiogene e acceleratori - e radiazioni di entrambi i tipi emesse da materiale radioattivo.

In base a queste suddivisioni, si può, per esempio, trascurare il rischio relativo alla sicurezza nucleare nelle strutture di radiodiagnostica tradizionale, poiché ivi non vengono prodotte sostanze radioattive potenzialmente trafugabili, bensì sono impiegate esclusivamente macchine radiogene che, nell'eventualità di una loro sottrazione - resa complicata dagli ingombri e dai pesi in gioco - risultano di difficile utilizzo per finalità diverse da quelle di diagnostica. A tal riguardo, giova evidenziare che anche un'esplosione che interessasse un tubo radiogeno o un acceleratore non desterebbe alcuna preoccupazione dal punto di vista della dispersione di materiale radioattivo.

Si può affermare, dunque, che i maggiori problemi di sicurezza sono legati all'uso di sorgenti sigillate in radioterapia o alla contaminazione radioattiva e al possibile irraggiamento interno provocato dagli isotopi radioattivi in forma non sigillata utilizzati in medicina nucleare o nei laboratori medico-scientifici.

8.2 MEDICINA NUCLEARE

In Medicina Nucleare si utilizzano sorgenti di radiazioni ionizzanti non sigillate, opportunamente dosate in una *soluzione*, ovvero in forma solida, costituendo quello che viene definito il "radiofarmaco".

Il materiale radioattivo viene somministrato al paziente, con l'intento di perseguire, sfruttando la compatibilità che particolari sostanze hanno con determinati tessuti umani, due diversi obiettivi, a seconda che si abbiano finalità terapeutiche o diagnostiche:

1. in terapia medico-nucleare, si ha il vantaggio di colpire direttamente l'organo bersaglio cui il radionuclide si lega (in questo modo si limita la dose assorbita indebitamente dai tessuti circostanti);
2. in diagnostica, è possibile investigare un dato organo o tessuto su cui si sia depositato lo specifico radiofarmaco captando la radiazione fotonica mediante un rivelatore posto all'esterno del corpo.

Nella tabella 2 sono riportati alcuni dati relativi ai radioisotopi maggiormente utilizzati in Medicina Nucleare.

Tabella 2: Radioisotopi utilizzati in Medicina Nucleare

Radionuclide	T _{1/2}	Stato fisico	Tipo	Energia keV	Tipo	Energia keV	Rateo di dose equivalente a 1 m (μSv/h/GBq a 1m)
C-11	20,4 m	I	β+	385	γ	511	154
N-13	9,9 m	I	β+	492	γ	511	154
O-15	122,2s	I	β+	735	γ	511	154
F-18	1,83h	I	β+	250	γ	511	149
Ga-67	3,26gg	I	c.e.		X X γ γ	8-10 91-93 185 300	20,8
Y-90	64,1h	I	β-	2274			
Tc-99m	6,02 h	I	t. i.		X γ	18 140	15,6
In-111	67,9 h	I	c.e.		X X γ γ	3-4 23-28 171 245	84,15

Radionuclide	T _{1/2}	Stato fisico	Tipo	Energia keV	Tipo	Energia keV	Rateo di dose equivalente a 1 m (μSv/h/GBq a 1m)
I-123	13,2 h	l	c.e.		X X γ Altri	3-5 27-32 159	39,7
I-125	60,1gg	l	c.e.		X X X γ	3-5 27 31 365	36,6
I-131	8,04gg	l	β-	334 606	X γ	29-34 284 365 637	56,1
Tl-201	3,05gg	l	c.e.		X X X γ	8-15 69-71 79-83 167	11,7
Mo-99	66,2 h	s	β- β- c.e.	436 1214	X γ γ	18 140 740	37,6
Ge-68	288 gg	l	c.e.		X γ	9-10 511	140
Co-57	271	l	c.e.		X γ	7 14 122 136	15,1
Sm-153	46,3 h	l	β- β- β-	640 710 810	γ	103	24
Lu-177	6.73gg	l	β-	490	X γ	113 210	7.6

Considerando le caratteristiche dei radionuclidi utilizzati in medicina nucleare, si evince chiaramente che, di fatto, un eventuale uso improprio di queste sostanze non si accompagna a un rischio reale per la popolazione, in termini deterministici: le energie emesse sia dalla componente fotonica sia elettronica, i tempi di dimezzamento e le quantità normalmente detenute o prodotte degli isotopi radioattivi sopra elencati, non sono tali da destare preoccupazione in tal senso.

Tuttavia, l'eventuale notizia della sottrazione, e poi magari del ritrovamento in luogo pubblico, di una sorgente di radiazioni ionizzanti trafugata all'interno di una struttura sanitaria, potrebbe avere conseguenze psicologiche sulla popolazione non certo irrilevanti.

8.3 RADIOTERAPIA

Nell'ambito delle pratiche terapeutiche mediante radiazioni ionizzanti, risulta comodo rifarsi alla classificazione delle sorgenti utilizzate in base alla *modalità di applicazione*, distinguendo tra le due famiglie, sorgenti per *irraggiamento esterno* e sorgenti per *irraggiamento interno*.

Tra le sorgenti "esterne", sono ancora significativamente presenti sul territorio apparecchiature di telecobaltoterapia (TCT), essenzialmente costituite da un contenitore schermato di grandi dimensioni che racchiude una sorgente di Co^{60} . Questa permette di inviare, sulla regione anatomica da trattare, un fascio collimato di fotoni, attraverso una finestra controllata a distanza.

Nell'ambito delle sorgenti "interne", molti radionuclidi, naturali e artificiali, consentono emissioni di elettroni di varia energia, e si dimostrano conseguentemente adatti a un utilizzo a fine terapeutico: nella Medicina Nucleare si sono già incluse le tecniche di terapia nelle quali si fa uso di sorgenti non sigillate, nella Radioterapia si include invece la *brachiterapia*, che fa uso di sorgenti sigillate, nelle sue tecniche endocavitaria e interstiziale.

Riassumendo, l'elenco dei radioisotopi d'interesse è evidenziato nella tabella che segue:

Tabella 3: Radioisotopi utilizzati in Radioterapia

Radionuclide	$T_{1/2}$	Stato fisico	Tipo	Energia keV	Tipo	Energia keV	Rateo di dose equivalente a 1 m ($\mu\text{Sv/h/GBq a 1m}$)
Au-198	2.7 gg	l	β^-		γ	412	61.6
Co-60	5.27 aa	s	β^-	282	γ	1173 1332	337
Am-241	432.2aa	s			γ	13.9 59.5	85
Sr-90	28.6aa	s	β^-	546 2,283			9.65
Cs-131	9.69gg	s	ce		γ		16
Cs-137	30.22aa	s	β^-	511	γ	662	103
I-125	60,1gg	l	c.e.		X X X γ	3-5 27 31 35	36,6

Radionuclide	T _{1/2}	Stato fisico	Tipo	Energia keV	Tipo	Energia keV	Rateo di dose equivalente a 1 m (μSv/h/GBq a 1m)
Ir-192	74.2gg	s	β ⁻ Altri	256 536 672 296 308	γ	317 468 604	151
Pd-103	16.99gg	s	ce		γ	21	19
Cf-252	2.638aa	s					1300
Y-90	64.1h	l	β ⁻	2274			--
Yb-169	32.01gg	s	ce				61
Sm-145	340gg	s	ce				26

In generale, si può affermare che la pericolosità dell'eventuale uso improprio delle sorgenti impiegate in radioterapia sia tanto maggiore quanto maggiore è il tempo di dimezzamento della sorgente.

D'altronde, diversi sono gli episodi che giustificano l'attenzione sul tema della sicurezza relativamente al rischio di trafugamento e cattiva utilizzazione di sorgenti sigillate: si va dall'episodio di liberazione di una sorgente di Cs¹³⁷ nel 1987 in Brasile, seguita dalla contaminazione di più di 50 soggetti e il decesso di 4 di essi, all'abbandono di una sorgente di Ir¹⁹² in Perù, con grave contaminazione di un soggetto.

Secondo uno studio pubblicato nell'UE nel 2000 ogni anno almeno una settantina di sorgenti sfuggirebbero al controllo.

Anche in questo caso, l'eventuale evento anomalo di origine dolosa potrebbe avere conseguenze realmente importanti, non tanto di carattere sanitario, quanto per l'aspetto psicologico a esso correlato.

8.4 LABORATORI MEDICO-SCIENTIFICI

L'utilizzo di sostanze radioattive nell'ambito della ricerca viene fatto:

- in ambito clinico;
- nei laboratori di ricerca clinica e sperimentale presenti nei vari Istituti di ricerca e nelle Università.

I principali radioisotopi utilizzati in tali laboratori sono riportati nella tabella di seguito evidenziata.

Tabella 4: Radioisotopi utilizzati in Laboratori di ricerca medico-scientifica

Radionuclide	T _{1/2}	Stato fisico	Tipo	Energia keV	Tipo	Energia keV	Rateo di dose equivalente a X m (μSv/h/GBq a X m)
P-32	14.3 gg	I	β ⁻	1710			0.118 a 0.3m
S-35	87.5 gg	I	β ⁻	168			0 a 0.3m
H-3	432.2aa	I	β ⁻	19			-
Cr-51	27.7gg	I			γ	320	200 a 0.1m

Una considerazione diversa da quanto fatto in precedenza deve essere invece dedicata alle *aree di frazionamento*, dove possono essere contenute quantità di sostanze radioattive di concreta potenziale pericolosità.

9. I rifiuti radioattivi

Al termine del ciclo di vita del materiale radioattivo utilizzato nelle pratiche mediche precedentemente passate in rassegna - individuate come "sensibili" più delle altre alle problematiche di sicurezza - si accumula del materiale di scarto, generalmente anch'esso radioattivo, identificato dalla dicitura di *rifiuto radioattivo*. Va da sé che la stessa soglia di attenzione dedicata al materiale da cui il rifiuto radioattivo discende debba essere indirizzata alla corretta gestione della detenzione e del successivo allontanamento dalla struttura del rifiuto, che, in quanto radioattivo, risulta parimenti appetibile come obiettivo di attacchi terroristici.

9.1 GENERALITÀ

I rifiuti originati dagli impieghi medici e dalla ricerca scientifica sono di norma classificati di I^a Categoria, secondo quanto previsto dalla Guida Tecnica n. 26.

Si tratta, quindi, di rifiuti radioattivi *“che richiedono tempi dell’ordine di mesi, sino a un tempo massimo di alcuni anni, per decadere a concentrazioni di radioattività inferiori di cui ai commi b) e c) del punto 2 dell’Art. 6 del D.M. 14 luglio 1970”*, ovvero che contengano *“radionuclidi a lungo periodo di dimezzamento purché in concentrazioni inferiori a tali valori”*.

Sono, però, da tenere in considerazione anche gli effetti del D.Lgs. 230/95, come emendato dal D.Lgs. n. 241/2000, che modifica i criteri di individuazione della soglia per i rifiuti di I^a categoria rispetto a quanto stabilito nella Guida Tecnica n. 26: si applicano i criteri di *“non rilevanza radiologica”* e le soglie di concentrazione del D.Lgs. 230/95 (1 Bq/g).

Pertanto i rifiuti classificati di I^a categoria richiedono tempi dell’ordine di mesi, sino a un tempo massimo di alcuni anni, per decadere a livelli di radioattività per i quali non si applicano le disposizioni del D.Lgs. n. 230/95 in materia di radiazioni ionizzanti, potendo essere gestiti dopo tale periodo come rifiuti convenzionali.

I rifiuti radioattivi detenuti e prodotti presso le strutture considerate sono infatti nella quasi totalità rifiuti radioattivi solidi e liquidi a breve tempo di dimezzamento (inferiore a 75 gg.) e bassa attività, composti spesso da rifiuti di tipo *“tecnologico”* (tute, maschere, guanti, cuffie, ecc.) e che quasi sempre raggiungono modesti volumi di stoccaggio all’interno dei rispettivi depositi. Per questi rifiuti, sono state stabilite dalle stesse aziende procedure di smaltimento mediante il conferimento a società operanti nel settore, le quali ritirano i contenitori dai depositi mediamente ogni tre mesi.

In altri casi, lo smaltimento avviene mediante lo stoccaggio degli stessi per il tempo necessario al totale decadimento degli isotopi e quindi, a seguito di opportuni controlli (il cui iter è tale da ritenere economicamente più conveniente il conferimento quale rifiuto radioattivo), il materiale viene smaltito come rifiuto speciale pericoloso in ottemperanza a quanto disposto dal D.Lgs. 22/97, mediante il conferimento ad altre ditte operanti nello specifico settore.

Per quanto attiene ai residui liquidi, s’è avuto modo di constatare che anche per essi viene seguito generalmente il medesimo iter, salvo alcuni casi in cui vengono utilizzati particolari impianti (vasche di decantazione) che permettono lo scarico degli effluenti in fogna dinamica, in regime di esenzione dall’autorizzazione allo smaltimento.

9.2 MEDICINA NUCLEARE

I rifiuti radioattivi prodotti in un reparto di Medicina Nucleare sono costituiti da tutti quegli oggetti o presidi medico-chirurgici che hanno subito una contaminazione (siringhe, aghi, cotone, flaconi di preparazione dosi, lenzuolini monouso, guanti, carta assorbente, contenitori vuoti o parzialmente utilizzati, contaminati da sostanze radioattive, radiofarmaci non utilizzati per vari motivi, colonne generatore di Tc⁹⁹ metastabile in esaurimento), e dalle deiezioni provenienti dai servizi igienici utilizzati dai pazienti precedentemente iniettati.

Operativamente, i rifiuti radioattivi della Medicina Nucleare possono essere così classificati:

1. rifiuti contenenti il Tc^{99m} e altri radioisotopi con tempi di dimezzamento inferiore a quello del Tc^{99m};
2. rifiuti contenenti lo I¹³¹ e altri radioisotopi con tempi compresi tra quello del Tc^{99m} e quello dello I¹³¹;
3. rifiuti contenenti emettitori positronici a breve emivita fisica.

I contenitori per rifiuti radioattivi solidi sono in genere fusti in acciaio dalla capacità di circa 60 litri, al cui interno si pone un sacco di polietilene che, una volta riempito, deve essere chiuso mediante fascetta in PVC. Il fusto è poi sigillato con un coperchio con chiusura a cravatta. I contenitori per rifiuti liquidi sono in genere bidoni in polietilene dalla capacità di 30 litri, con doppia chiusura a tappo e a vite, a loro volta inseriti in fusti metallici da trasporto provvisti d'intercapedine riempita con materiale antiurto e assorbente, e sul cui fondo è posto un materiale assorbente per la raccolta di eventuali perdite di liquidi. Tali recipienti, previa procedura di carico su registro, devono essere:

- conservati in locali di deposito temporaneo idonei;
- etichettati con data di deposito e tipologia di radioattivo in modo da poterne identificare le modalità temporali di decadimento;
- consegnati a ditte autorizzate allo smaltimento, previa registrazione del peso e dell'attività del materiale consegnato.

I rifiuti che possono invece essere smaltiti in esenzione – ai sensi di quanto previsto dal D.lgs. 230/95 e s.m.i. – vanno mantenuti confezionati nei contenitori per Rifiuti Ospedalieri Trattati (ROT) e successivamente inviati ad inceneritori.

9.3 RADIOTERAPIA

Le sorgenti per brachiterapia non più utilizzate devono essere consegnate a una specifica ditta autorizzata al loro ritiro, oppure raccolte in idoneo deposito dove decadono sino a che l'attività non si riduca al di sotto di valori che ne consentano lo smaltimento come un normale rifiuto ospedaliero.

Le medesime precauzioni debbono essere messe in atto in caso di smaltimento di sorgenti di Co^{60} e Cs^{137} , le quali, magari non più utilizzate a fini di terapia, restano comunque caratterizzate da un'attività di qualche TBq: considerando il lungo tempo di dimezzamento e le attività in gioco, questa tipologia di rifiuti radioattivi deve quindi seguire procedure di sicurezza particolarmente rigorose. Analogamente, per il loro smaltimento la scelta è obbligata: conferimento a terzi in possesso di necessarie autorizzazioni, a meno di non essere in grado di garantire la permanenza nel deposito per i tempi idonei al raggiungimento delle condizioni di smaltimento.

9.4 LABORATORI MEDICO-SCIENTIFICI

Nel caso di laboratori di ricerca medico-scientifica, i rifiuti radioattivi possono assumere forme e quantità diverse in rapporto alle diverse esigenze che si determinano in funzione dei programmi di ricerca che possono cambiare nel tempo. Questa variabilità di uso, insieme con la variazione del numero e della tipologia degli operatori interessati, potrebbe determinare oggettive difficoltà di gestione.

I rifiuti radioattivi devono essere comunque distinti in rifiuti liquidi e rifiuti solidi.

Sono da considerarsi rifiuti liquidi le soluzioni o sospensioni di sostanze radioattive, i liquidi di scintillazione, i liquidi di lavaggio e decontaminazione raccolti nei contenitori degli scarichi controllati, le soluzioni residue non più utilizzate, le soluzioni impiegate per la decontaminazione, ecc.

Sono invece da considerarsi rifiuti solidi i materiali di uso corrente, quali provette, pipette, puntali, guanti, carta, ecc.

I rifiuti radioattivi vengono normalmente trattati nel seguente modo:

- a. immagazzinamento in condizioni di sicurezza finché la loro attività non sia decaduta a livelli tali da consentire lo smaltimento nell'ambiente esterno;
- b. consegna dei rifiuti a una ditta o ente autorizzato allo smaltimento.

10. Le misure di sicurezza

Nella rassegna di cui sopra, sono stati evidenziati gli ambiti sanitari nei quali vengono utilizzate sorgenti di radiazioni ionizzanti, sostanze che potrebbero essere *sottratte* per usi criminosi, o anche *disperse* nell'ambiente, ovvero *colpite* in modo doloso a fine di offesa. Fermi restando gli obblighi connessi al D.Lgs. 230/95 in materia dei principi generali di protezione dalle radiazioni ionizzanti, nel presente paragrafo s'intende fornire delle indicazioni che potrebbero essere utili per prevenire atti di matrice terroristica, realizzando così un "Sistema Sicurezza" più calzante a quello che è il particolare momento storico.

L'analisi di ciascuno degli scenari operativi presi in considerazione ha consentito di evidenziare le criticità interessanti ai fini del presente lavoro: alcune tra queste sono comuni a tutti, altre sono tipiche di ciascuno. Nei sottoparagrafi che seguono si presentano le misure di sicurezza ritenute più idonee, dapprima presentate nelle loro linee generali, successivamente circostanziate per ciascuno degli ambiti operativi investigati.

Resta inteso che, nel caso di fallimento di ogni strategia di prevenzione, il personale autorizzato alla gestione delle sorgenti di radiazioni ionizzanti – a conoscenza delle norme interne di radioprotezione predisposte dall'Esperto Qualificato e in particolare delle procedure da adottare in caso di smarrimento o furto di sostanze radioattive – *avvisi* il datore di lavoro, il dirigente, il coordinatore TSRM, il preposto, e l'Esperto Qualificato che, sulla base delle rispettive competenze, avranno l'obbligo di informare immediatamente le autorità competenti (AUSSL, VV.FF, Pubblica Sicurezza), rendendo loro note tutte le informazioni del caso.

10.1 GENERALITÀ

Sulla base di quanto sopra rappresentato, si possono individuare tre momenti nella gestione delle sorgenti di radiazioni ionizzanti all'interno delle strutture sanitarie:

1. presa in carico del materiale radioattivo in ingresso;
2. utilizzo del materiale secondo le consolidate procedure diagnostiche/terapeutiche;
3. dismissione dei rifiuti radioattivi in uscita.

In generale, è di particolare importanza che le varie strutture, sotto il coordinamento del proprio Esperto Qualificato, verifichino l'efficacia e il rispetto delle procedure di sicurezza

inerenti il prelievo e l'utilizzo delle sorgenti radioattive che detengono, attuando, ove necessario, la dovuta opera di ottimizzazione.

A questo proposito, l'ISPESL, che, in appoggio al Dipartimento della Prevenzione del Ministero della Salute, a vario titolo accede agli Enti, Ospedali, Aziende che per motivi professionali detengono, utilizzano, manipolano, commerciano radioisotopi, ha sperimentato in più occasioni che quanto sopra esposto rappresenta uno dei punti maggiormente critici nel tentativo di attuare una giusta e oculata opera di prevenzione delle emergenze radiologiche: spesso la regolamentazione connessa al prelievo delle sostanze radioattive lascia infatti a desiderare, mancando degli opportuni livelli di sicurezza, ovvero di una concreta e attenta sensibilità degli operatori rispetto a questo genere di problematiche.

Sotto la stessa ottica è opportuno riconsiderare le procedure operative utilizzate nei diversi reparti al fine di correggere comportamenti ormai routinari che possono costituire una frattura attraverso la quale malintenzionati possono appropriarsi di materiale radioattivo.

Un discorso analogo riguarda l'uscita dei rifiuti radioattivi: le diverse modalità di gestione dei rifiuti radioattivi si accompagnano a fattori di rischio, per cui occorre considerare il tempo di stazionamento del rifiuto nei locali di stoccaggio temporaneo – breve o lungo che sia – e la localizzazione di tali locali all'interno dell'edificio, per mettere a punto procedure e misure di sicurezza consone.

Fatto salvo quanto già rappresentato nel paragrafo 3, appare opportuno – anche se non necessario ai sensi di legge – inserire anche le disposizioni inerenti le procedure di sicurezza all'interno del manuale di qualità aziendale.

I dispositivi e gli strumenti di protezione passiva e/o attiva impiegabili possono essere di varia natura. A fattor comune, si possono richiamare alcuni principi generali, validi in ogni circostanza:

- all'arrivo della sorgente di radiazioni ionizzanti, la medesima dovrebbe essere presa in carico da personale autorizzato e opportunamente registrato;
- la procedura per la custodia delle chiavi d'accesso alla sorgente dovrebbe prevedere – ove del caso – la registrazione su un apposito registro di colui che prende in consegna le chiavi. Durante i periodi di non operatività, la procedura dovrebbe prevedere l'autorizzazione preventiva all'eventuale ingresso programmato di personale estraneo (tecnici, operai, ...), nonché la relativa rendicontazione delle operazioni effettuate;

- il controllo degli accessi dovrebbe prevedere – ove possibile e utile – l'utilizzo di un sistema di porte a chiusura automatica con citofono e apertura elettrica previo consenso, il quale potrebbe certamente minimizzare il rischio di accesso di persone non autorizzate;
- l'accesso alle "zone controllate" dovrebbe essere rigidamente regolamentato sulla base di un elenco delle persone autorizzate che deve essere formalizzato e costantemente aggiornato, nonché – se del caso, e ove di pertinenza – esposto. Tutti gli eventuali visitatori dovrebbero essere opportunamente registrati e accompagnati;
- la documentazione relativa a ciascuna sorgente andrebbe gestita ed aggiornata, anche sulla base della normativa vigente. In particolare, vanno registrate tutte le informazioni circa il suo impiego, dal momento dell' arrivo nella struttura sanitaria fino al momento dello smaltimento, predisponendo un archivio delle sorgenti, meglio se elettronico, sottoposto a controllo giornaliero. Per quanto attiene le sorgenti ad alta attività, ovvero quelle rientranti nel campo di applicazione del D.Lgs. 52/07, le informazioni di cui trattasi sono quelle da riportare, ai sensi dell'art. 7 del decreto medesimo, nel libretto di sorgente;
- I locali adibiti allo stoccaggio e alla manipolazione del materiale radioattivo dovrebbero essere identificati con opportuna segnaletica, e ogni variazione strutturale per tempo segnalata e, se del caso, autorizzata dalle competenti autorità sanitarie;
- la separazione delle aree riservate dalle aree accessibili al pubblico dovrebbe essere di fatto garantita in via permanente e con continuità, richiedendo al personale il giusto impegno affinché le logiche dei percorsi all'interno dei reparti vengano sempre rispettate;
- i locali adibiti allo stoccaggio dei rifiuti radioattivi dovrebbero essere allocati in zone remote rispetto a quelle accessibili al pubblico, nonché forniti di porte a chiusura affidabile e garantita nel tempo. I registri di carico e scarico dovrebbero essere custoditi al di fuori dei suddetti locali, in modo da consentirne in qualunque momento la facile consultazione;
- i sistemi di video-sorveglianza dovrebbero essere utilizzati ove strettamente necessario, e comunque sulla base di disposizioni aziendali concordate con l'esperto qualificato;

- eventuali sistemi d'allarme potrebbero essere implementati per segnalare eventuali anomalie procedurali e/o accessi non consentiti.

Vale infine la pena evidenziare come dovrebbe essere particolarmente curato il controllo del personale reclutato in *outsourcing*. In particolare, l'utilizzo di personale esterno per compiti di manutenzione o pulizia è pratica sempre più diffusa: apparirebbe del tutto opportuno che il medesimo venga formato con specifica sistematicità, e utilizzato riducendo comunque al minimo – per quanto possibile – eventuali turnazioni.

10.2 MEDICINA NUCLEARE

In aggiunta ai principi generali appena delineati, sulla base della specifica peculiarità operativa della medicina nucleare, si possono elencare le seguenti ulteriori misure di sicurezza che sarebbe auspicabile intraprendere al fine della minimizzazione del rischio:

- la separazione delle aree riservate dalle aree accessibili al pubblico dovrebbe avvenire differenziando i percorsi riservati a pazienti, addetti ai lavori e visitatori, evitando quanto più possibile sovrapposizioni; in caso ciò non sia possibile, occorre sopperire mediante *procedure* chiare, facendo attenzione a che siano effettivamente rispettate;
- per quanto riguarda i locali a maggior rischio, come la *camera calda* e il *deposito* di materiale radioattivo, sarebbe auspicabile il coinvolgimento - in via esclusiva - del personale dipendente dalla struttura sanitaria, che, in quanto tale, è riconosciuto e adeguatamente formato;
- le sostanze radioattive e la colonna generatore di Tc^{99m} , custoditi in una *cella all'interno della camera calda*, dovrebbero essere accessibili dotando la porta d'accesso di efficace serratura o sistema elettronico. Inoltre, all'interno della cella dovrebbe essere installata una cassaforte piombata per la custodia delle sorgenti più significative dal punto di vista dell'emissione: in tal caso si perseguirebbe con efficacia il duplice scopo di una maggiore schermatura ai fini protezionistici e di una migliore prevenzione di eventuali sottrazioni indebite;
- il *rigoroso aggiornamento* dei registri di carico e scarico, oltre a garantire una corretta gestione dei quantitativi di radiofarmaco utilizzati nell'ordinaria attività, risulta fondamentale per garantire la rintracciabilità delle sostanze e l'individuazione di eventuali mancanze. La corretta gestione del registro dovrebbe prevedere un

controllo *giornaliero* di quanto caricato, con firma dell'operatore di turno in camera calda, nonché procedure di consegna a ogni cambio di operatore, con firma di presa visione e accettazione, e annotazione di eventuali anomalie.

10.3 RADIOTERAPIA

Per quanto attiene alla pratica radioterapica, sarebbe opportuno perseguire le seguenti misure di sicurezza specifiche:

- l'uso di sorgenti radioattive sigillate ma *libere*, quali fili di Ir¹⁹² utilizzati con tecnica after-loading oppure semi di Pd¹⁰³ o di I¹²⁵ per impianti permanenti, che comportano un rischio mediamente superiore relativamente alla possibilità di sottrazione indebita, dovrebbe prevedere un *immediato* ricollocamento – al termine del trattamento – negli appositi contenitori schermati;
- un *monitoraggio radiometrico* delle sale di manipolazione, delle camere di degenza e delle toilette, dopo la rimozione delle sorgenti dai pazienti, sarebbe auspicabile al fine di verificare in tempo reale eventuali anomalie procedurali;
- la *chiave* della consolle di comando relativa alle apparecchiature di brachiterapia dovrebbe essere custodita dal personale tecnico insieme con la *chiave* di sicurezza della sorgente, la quale non deve mai rimanere inserita nella propria sede.

10.4 LABORATORI MEDICO-SCIENTIFICI

Il personale che utilizza a fini di ricerca sorgenti di radiazioni ionizzanti è, per definizione, molto vario. Nei laboratori ove si manipolano radioisotopi, oltre al personale strutturato (Università, Ente di ricerca IRCCS, Azienda Ospedaliera, ASL) con un rapporto di lavoro stabile sono spesso presenti studenti, specializzandi, dottorandi, frequentatori e, in generale, personale precario con contratti a tempo determinato. I programmi di ricerca, e quindi le esigenze di uso di materiale radioattivo, possono variare notevolmente nel tempo. Tutto ciò comporta maggiori problemi di "sicurezza" e impone una maggiore organizzazione, che possa prevenire comportamenti non corretti da parte del personale coinvolto. La riduzione del rischio di sottrazione indebita e/o di utilizzo improprio di sorgenti radioisotopiche si potrebbe perseguire, oltre a quanto già riportato in precedenza, con le seguenti auspicabili misure di sicurezza:

- l'accesso alle "zone controllate" dovrebbe essere *rigidamente regolamentato*, sulla base di elenchi aggiornati di personale autorizzato. Tutti gli eventuali visitatori dovrebbero, quindi, essere opportunamente registrati e accompagnati;
- ciascun operatore, all'interno del registro all'uso istituito, dovrebbe annotare le operazioni svolte (radionuclide utilizzato, quantità e attività utilizzate, protocollo eseguito). In particolare, dovrebbero essere poi puntualmente segnalati gli eventuali dati anomali correlati alla *contabilizzazione* delle sorgenti o agli accessi eseguiti;
- l'*ambiente* per il deposito e il frazionamento delle sostanze radioattive dovrebbe essere unico e sottoposto a specifici criteri di sorveglianza e sicurezza: accessi controllati, sistemi di chiusura come per le strutture con attività clinica, utilizzo – se del caso – di casseforti/armadi con chiusura a chiave o elettronica dei radioisotopi;
- di norma, non dovrebbe essere consentito portare fuori dal laboratorio materiale radioattivo, salvo specifiche *autorizzazioni* rilasciate, per quanto di competenza, dal responsabile del laboratorio e dall'esperto qualificato;
- sarebbe opportuno adoperare, con sistematicità, sistemi di video-sorveglianza nel caso in cui i locali adibiti a manipolazione e stoccaggio del materiale radioattivo fossero inseriti all'interno di grandi laboratori in cui venissero svolte diverse attività non comportanti l'uso di sostanze radioattive.

10.5 MISURE DI SICUREZZA E ANTINCENDIO

Volendo allargare il significato del termine "radioprotezione", anche nel verso di quanto già sancito dal D.Lgs. 52/07, ai fini dello scopo del presente documento è importante prevedere procedure che minimizzino il rischio di incendi in tutti quei locali nei quali sono presenti sorgenti di radiazioni ionizzanti: infatti, un incendio in detti locali potrebbe accompagnarsi alla dispersione del materiale radioattivo e, dunque, alla contaminazione delle aree circostanti.

La prevenzione incendi è un insieme di misure tecniche, provvedimenti, accorgimenti e modi d'azione intesi a evitare l'insorgenza di un incendio e a limitarne le conseguenze.

Esse, in particolare, si suddividono in *misure di prevenzione* e *misure di protezione* (attive/passive) che devono essere ispirate a quanto contenuto nelle norme di riferimento, la cui conoscenza è tradizionalmente ormai ben consolidata.

È il caso, quindi, di ricordare che esistono norme cosiddette *verticali* e norme cosiddette *orizzontali* che regolano la prevenzione incendi.

Tra le norme verticali di particolare interesse per le strutture sanitarie si annovera il:

- D.M. 18/9/2002 relativo a: "Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio delle strutture sanitarie pubbliche e private";

Invece, tra le norme orizzontali d'interesse si annovera il:

- D.M. 10/3/1998 relativo a: "Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro".

Le attività soggette ai controlli diretti dei Vigili del Fuoco sono quelle previste dal D.M. 16/2/1982 (per es. al punto 86: "Ospedali, case di cura e simili con oltre 25 posti letto"): è necessario il rilascio del Certificato di Prevenzione Incendi da parte del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco competente per territorio mediante le procedure previste dal D.P.R. 12 gennaio 1998, n. 37 (Regolamento recante disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'art. 20 comma 8, della L. 15/3/1997, n. 59) e dal D.M. 4/5/1998 (Disposizioni relative alle modalità di presentazione e al contenuto delle domande per l'avvio dei procedimenti di prevenzione incendi, nonché all'uniformità dei connessi servizi resi dai comandi provinciali dei vigili del fuoco).

In generale, le normative sopra citate costituiscono un prezioso aiuto per la garanzia della sicurezza nucleare, rendendo obbligatorie delle misure di prevenzione e protezione che di fatto concorrono a questo fine.

11. La formazione

La formazione del personale è ritenuta dalla totalità delle categorie addette ai lavori un passaggio fondamentale per il successo di qualunque iniziativa volta all'implementazione di un sistema che privilegi la sicurezza nucleare negli ambiti sanitari presentati: in particolare, l'attività formativa deve essere *continuativa* e *calata* nella specifica realtà lavorativa. Lo strumento normativo all'interno del quale muoversi è rappresentato dall'art. 12 del D.Lgs 52/07 e dall'art. 61 del D.Lgs. 230/95 e s.m.i. che pone l'obbligo al datore di lavoro di provvedere affinché i lavoratori vengano resi edotti "*nell'ambito di un programma di formazione finalizzato alla radioprotezione e in relazione alle mansioni cui essi sono addetti, dei rischi specifici cui sono esposti, delle norme di protezione sanitaria,*

delle conseguenze derivanti dalla mancata osservanza delle prescrizioni mediche, delle modalità di esecuzione del lavoro e delle norme interne".

I criteri fondamentali da tenere presenti nell'attività formativa sono:

- l'*identificazione* e la *differenziazione* dei soggetti cui l'attività formativa in questione è rivolta;
- la scelta dei programmi in funzione delle *specifiche attività* condotte nel sito e dei *soggetti* a cui i corsi sono rivolti (essenzialmente, il responsabile della sorgente e gli utilizzatori);
- le *modalità organizzative* con cui il percorso formativo si svolge.

Quindi, si tratta di progettare corsi periodici indirizzati sia al responsabile della/e sorgente/i, sia ai lavoratori, tenendo ben presenti diversità e specificità dei ruoli e prevedendo schemi realizzativi fortemente flessibili e modulabili.

Il responsabile della sorgente deve essere edotto circa l'entità dei rischi associati alla *gestione* della sorgente in ogni fase della sua permanenza all'interno del sito, *valutando* le criticità associate e *implementando* le misure di sicurezza e *formalizzando* le procedure ritenute idonee; i lavoratori devono sviluppare le competenze *operativamente* necessarie per l'utilizzo in sicurezza delle sorgenti, sia in condizioni di normale esercizio sia in condizioni d'emergenza, attenendosi alle norme formalizzate. Il livello di approfondimento è opportunamente dimensionato in funzione del fatto che il lavoratore sia direttamente coinvolto nella gestione delle sorgenti, piuttosto che marginalmente e/o in attività di supporto alla gestione delle sorgenti (ad esempio, il personale incaricato delle pulizie, il personale incaricato della manutenzione ordinaria dei locali, etc.).

L'acquisizione e il consolidamento delle competenze necessarie, nell'ambito delle attività sanitarie oggetto del presente documento, non può prescindere dal fatto che il personale, oltre a possedere un adeguato curriculum, è già oggetto di percorsi formativi strettamente connessi all'impiego di sorgenti di radiazioni ionizzanti: pertanto, è opportuno che, nello stesso ambito dei corsi periodici già previsti, si dia maggiore enfasi alle attività che consolidano "sul campo" conoscenze teoriche già acquisite, anche in relazione alle tematiche di sicurezza nucleare.

In tal senso, è necessario che tale consolidamento sia il più interattivo possibile, usando come metodo d'insegnamento, ogniqualevolta possibile, quello che porta da esperienze pratiche alla teoria, e non viceversa, al fine di stimolare interesse e discussione.

Il processo formativo può essere organizzato mediante *corso frontale*, ovvero *formazione a distanza*: in entrambi i casi, lo sforzo profuso rischia di non raggiungere

l'obiettivo senza che segua la fase applicativa sul campo: dimostrazioni, simulazioni e verifiche della giusta messa in atto delle procedure sono lo strumento principe per acquisire informazioni e maturare la "cultura della sicurezza".

Per una maggiore efficacia, tale modalità formativa dovrebbe essere attuata contestualmente e/o successivamente alla definizione o alla modifica delle procedure interne di sicurezza, collocata pertanto in un più generale processo di miglioramento continuo delle competenze acquisite e delle procedure definite.

Gli obiettivi dell'intero processo formativo sopra delineato e la sua efficacia devono essere misurabili attraverso un test d'ingresso e uno di fine corso.

In particolare, al termine del processo formativo il partecipante deve essere in grado di:

- individuare i rischi da radiazioni ionizzanti nell'ambiente di lavoro;
- identificare e comprendere il significato della segnaletica e in generale delle misure e delle procedure di sicurezza;
- conoscere e attuare le procedure di gestione e corretto impiego delle sorgenti di radiazioni ionizzanti;
- impiegare correttamente gli strumenti di misura delle radiazioni e interpretarne i risultati per quanto di propria competenza.

Appare opportuno, inoltre, sottolineare che, collocandosi il processo formativo sopra indicato nell'ambito degli obblighi previsti dai D.Lgs. 626/94 e dal D.Lgs. 230/95 e s.m.i., dovrebbe essere documentabile su base individuale e in ogni sua fase: pertanto, anche al fine di garantire standard minimi di qualità dell'insegnamento, è auspicabile che il processo formativo sopra delineato trovi la sua naturale collocazione nell'ambito degli attuali processi di accreditamento della formazione professionale in ambito sanitario (vincolato al superamento di un questionario finale, come, per esempio, nel sistema ECM).

12. Conclusioni

La sicurezza, intesa nel senso più ampio del termine, è un problema che impatta fortemente sulla realtà delle strutture sanitarie presenti nel territorio nazionale.

Il particolare momento storico, caratterizzato dall'attenzione agli aspetti di prevenzione di eventuali minacce di matrice terroristica, impone una particolare attenzione a tutti gli aspetti connessi alla gestione della sicurezza, con particolare riguardo a quei settori dell'attività sanitaria che più di altri potrebbero essere strumentalmente "colpiti" a tale fine.

La "gestione del rischio" diventa quindi un'attività strategicamente articolata, volta a ridurre il margine di rischio attraverso la pianificazione, la prevenzione, la protezione.

Pianificare significa progettare le strutture tenendo conto dei possibili "obiettivi sensibili".

Prevenire vuol dire effettuare un'attenta analisi e uno studio del rischio, ma anche formare e informare i soggetti coinvolti al fine di "costruire" una nuova "mentalità della sicurezza", nella quale fare confluire comportamenti, protocolli, procedure, che devono essere pensati e realizzati anche nell'ottica di quegli obiettivi di sicurezza che oggi, forzatamente, dobbiamo considerare di non così facile realizzazione.

Proteggere si traduce nell'utilizzazione di dispositivi e di strumenti di protezione passiva e/o attiva volti alla minimizzazione del rischio, o, se del caso, alla minimizzazione delle eventuali conseguenze a esso correlate.

Il settore delle radiazioni ionizzanti - proprio in virtù delle caratteristiche dell'agente di rischio fisico coinvolto - riveste un ruolo particolarmente delicato e complesso, nel quale gli obiettivi di sicurezza devono con particolare forza essere perseguiti attraverso un'opera di ottimizzazione delle risorse, volta a rendere più efficaci:

- le misure di protezione già in atto;
- il senso di responsabilità di tutto il personale;
- le strategie della "radioprotezione", quale azione da considerare nella sua accezione più ampia, e che va al di là anche di quanto formalmente previsto dalla normativa attualmente vigente.

In realtà, la natura stessa delle sorgenti utilizzate in campo medico, rende non così numerosi e potenzialmente gravi gli scenari di rischio da prevenire in relazione a eventuali atti dolosi di matrice terroristica, ma certamente molto può e deve essere fatto affinché anche nelle strutture sanitarie - soprattutto quelle più grandi e articolate - ci sia un più elevato standard di sicurezza, ovvero siano garantite installazioni conformi alle esigenze

attuali (ovvero che tengano conto delle criticità proprie del momento storico che stiamo vivendo), nonché misure di sicurezza (di vario genere e varia natura) finalizzate alla prevenzione ed eventualmente alla minimizzazione di siffatti scenari di rischio.

Bibliografia

- i. IAEA, Preparedness and response for a nuclear or radiological emergency, Safety Standard Series GS-R-2, 2002
- ii. IAEA, Code of conduct on the safety and security of radioactive sources, CODEOC 2004
- iii. IAEA, Dangerous quantities of radioactive material (D-values), EPR-D-Values, 2006
- iv. IAEA, Categorization of radioactive sources, Safety Standards, RS-G-1.9, 2005
- v. IAEA, Method for developing arrangements for response to a nuclear or radiological emergency (updating IAEA-TECDOC-953), EPR-Method, 2003
- vi. Training in Radiation Protection and the safe use of radiation sources, IAEA Safety Reports Series n. 20, 2001