



PIANO DI EMERGENZA

EMERGENZE RADIOLOGICHE

Azienda Ospedaliera Sant'Anna
Nuovo Presidio di Como



Dr. Angelo Ostinelli
Esperto Qualificato n° 347
III grado di abilitazione

Como, li 21/06/2010



INDICE

1. Introduzione	3
2. Principali rischi	3
3. Azioni da intraprendere in caso di incendio	3
4. Norme per l'esperto qualificato	4
5. Aree di interesse radioprotezionistico	5
5.1 - <i>Medicina Nucleare</i>	5
5.2 - <i>Radioterapia</i>	6
8. Descrizione delle principali sorgenti radioattive detenute	7
8.1 - <i>Sorgenti non sigillate</i>	7
8.2 - <i>Sorgenti sigillate</i>	7
9. Presidi radioprotezionistici e sistemi ausiliari	8
9.1 - <i>Presidi radioprotezionistici</i>	8
9.2 - <i>Sistemi ausiliari</i>	8
10. Rifiuti radioattivi	9
10.1 - <i>Rifiuti solidi</i>	9
10.2 - <i>Rifiuti liquidi</i>	10
10.3 - <i>Rifiuti gassosi</i>	10
11. Condizioni previste in caso di emergenza incendio	10
12. Effetti sanitari delle emergenze radiologiche	11
12.1 - <i>Distribuzione spazio/temporale delle materie radioattive rilasciate</i>	11
12.2 - <i>Valutazioni complessive</i>	12
13. Elenco degli allegati	13



1. Introduzione

Poiché l'Azienda Ospedaliera Sant'Anna ha realizzato la nuova sede del Presidio Ospedaliero di Como in località *Tre Camini*, si è reso necessario ottemperare alla normativa di legge in materia di detenzione e impiego di fonti radiogene, predisponendo il presente PIANO DI EMERGENZAE, per le EMERGENZE RADIOLOGICHE. Le aree lavorative dove si configurano le condizioni per determinare possibili emergenze radiologiche sono riferibili a:

- Medicina Nucleare (*livello -1*, piano Servizi di diagnosi e cura), dove vengono detenute e utilizzate sorgenti radioattive non sigillate a scopo diagnostico e radioterapico;
- Radioterapia (*livello -1*, piano Servizi di diagnosi e cura), dove vengono detenute e utilizzate sorgenti radioattive sigillate a scopo radioterapico.

Il tipo e l'entità dei rischi connessi ad un incendio coinvolgente materiali radioattivi sono riconducibili a fattori quali la dinamica e l'entità dell'incendio, le caratteristiche delle sorgenti radioattive interessate e le modalità di intervento. Pertanto, in relazione al tipo di sorgente (sigillata o non sigillata) e alla forma chimica del radioisotopo (solida o liquida) è possibile ipotizzare il tipo di trasformazione cui essa sarà soggetta (fusione, vaporizzazione o sublimazione) e la tipologia dei prodotti di combustione (scorie, ceneri, polveri, aerosol, vapori o gas).

In particolare, le sorgenti sigillate in acciaio inox e in materiale ceramico sono quelle che meglio resistono al fuoco, proteggendo il materiale radioattivo incorporato.

2. Principali rischi

Quando il calore prodotto dall'incendio deteriora le protezioni esterne di una sorgente radioattiva, si manifesta il rischio da *irradiazione esterna*, nei confronti della quale valgono i seguenti principi:

1. mantenere la massima distanza consentita dalla sorgente,
2. utilizzare, quando possibile, schermi protettivi,
3. limitare il tempo di esposizione allo stretto necessario.

Nel caso in cui il radioisotopo si sparge nell'ambiente si presenta il rischio aggiuntivo di *contaminazione* di superfici (dispersione di liquidi o di polveri) o atmosferica (polveri, aerosol, vapori e gas). Nel primo caso è necessario intervenire in modo da evitare l'estensione della contaminazione, utilizzando prodotti assorbenti (contaminazione liquida) o stabilizzando l'agente contaminante mediante acqua polverizzata (polveri contaminate), per poi procedere alla successiva decontaminazione secondo idonee procedure (asportazione e lavaggio).

In caso di contaminazione dell'aria, occorrerà procedere a decontaminare gli ambienti lavorativi mediante ventilazione forzata, aspirazione o filtrazione. In entrambi i casi può rivelarsi opportuno, in assenza di rischio di estensione della contaminazione, attendere un tempo sufficiente al parziale decadimento del radioisotopo o alla deposizione dei particolati in sospensione nell'aria.

3. Azioni da intraprendere in caso di incendio

I principi che regolano la condotta delle operazioni antincendio, in caso di coinvolgimento di materiali radioattivi, sono:

- stabilire la priorità della protezione del materiale radioattivo,
- portare l'attacco al fuoco dalla maggiore distanza possibile e con il minor numero di persone,
- utilizzare autorespiratori,
- qualora sia possibile, utilizzare estintori a polvere o a CO₂,
- evitare i getti d'acqua a tiro diretto, se non per raffreddare pareti e superfici esterne,
- utilizzare solamente acqua polverizzata, in modo da abbassare la temperatura e abbattere le polveri radioattive,
- ridurre al minimo la manipolazione di tutti i materiali che possono produrre ferite, abrasioni, lesioni o bruciature,
- individuare una zona ristretta, delimitata e protetta, per il controllo e la eventuale decontaminazione del personale,
- seguire le indicazioni e le prescrizioni fornite dall'esperto qualificato presente sul luogo dell'incendio.



Nel caso in cui si sviluppasse un incendio coinvolgente la Medicina Nucleare, i primi interventi da porre in atto sono i seguenti:

- a. l'impianto di rilevazione e allarme copre tutte le aree dell'ospedale, quindi un principio d'incendio viene rilevato automaticamente nella centrale operativa: l'operatore che scopre un principio d'incendio deve azionare uno dei pulsanti di allarme, anch'essi disposti in tutte le zone dell'ospedale, attivando il sistema di diffusione sonora che genera un messaggio preregistrato, con le prime indicazioni sui comportamenti da tenere;
- b. in questa prima fase di avviamento, è comunque previsto che qualsiasi dipendente dell'Azienda che venisse a conoscenza (direttamente o indirettamente) dello scoppio dell'incendio deve chiamare immediatamente il numero di emergenza (ancora da definire); 9999
- c. la centrale operativa, a sua volta, provvederà ad avvisare, nella successione più rapida:
 - i vigili del fuoco (V.V.FF.),
 - l'esperto qualificato reperibile,
 - il responsabile e il personale della squadra antincendio;
- d. il personale della squadra antincendio (che si identifica con gli operatori della vigilanza, presenti ininterrottamente 24 ore su 24) deve attuare le operazioni di primo intervento, volte a spegnere il focolaio, solo se quest'ultimo è di proporzioni molto ridotte e distante dalle aree in cui possono prodursi contaminazioni radioattive; in caso contrario deve bloccare l'accesso alla zona fino all'arrivo dei V.V.FF. e/o dei fisici e dei medici reperibili;
- e. l'attacco al fuoco deve essere condotto con l'ausilio di estintori a polvere o a gas (CO₂);
- f. qualora fosse presente del personale all'interno del padiglione, esso deve procedere all'evacuazione immediata di eventuali pazienti e accompagnatori e quindi abbandonare rapidamente lo stesso padiglione;
- g. il personale dei V.V.FF. impiegato nello spegnimento dell'incendio deve indossare autorespiratori e tute protettive;
- h. ogni operazione di spegnimento dell'incendio deve essere condotta in collaborazione con l'esperto qualificato e con il medico autorizzato,
- i. la rilevazione della presenza di contaminazione di coloro che sono stati coinvolti nell'incidente e la loro successiva decontaminazione deve essere diretta dall'esperto qualificato e condotta da personale dell'Azienda e dai V.V.FF., facendo uso delle strutture, delle apparecchiature e del materiale disponibile presso il punto di controllo.

4. Norme per l'esperto qualificato

1. Verificare che la squadra di intervento sia limitata allo stretto indispensabile, che sia equipaggiata convenientemente (maschere, guanti, ...) e che sia dotata di sistemi di monitoraggio della dose.
2. Delimitare la zona a rischio di contaminazione e di irradiazione esterna e autorizzarne l'accesso alla sola squadra di intervento.
3. Disporre l'allontanamento del personale ritenuto non indispensabile dalla zona a rischio di contaminazione e di irradiazione esterna.
4. Assicurare un immagazzinamento protetto dei materiali radioattivi evacuati dalla zona dell'incendio.
5. Procedere ad un frequente controllo dei valori registrati dai sistemi di monitoraggio della dose utilizzati dalla squadra di intervento forniti dalla Fisica Sanitaria.
6. Individuare e attrezzare una zona ristretta e delimitata per il controllo e la eventuale decontaminazione del personale.
7. Procedere al controllo e all'eventuale decontaminazione del personale della squadra antincendio e del materiale da essa utilizzato.
8. Effettuare misure e controlli al fine di stabilire i livelli di esposizione e di contaminazione ambientale.
9. Organizzare la sorveglianza dell'area dove si è sviluppato l'incendio, a l'intervento concluso.
10. Dare comunicazione al Servizio di medicina del lavoro dei nominativi del personale intervenuto nelle operazioni



11. Redigere un rapporto dettagliato sulle circostanze dell'incidente e sulle modalità di intervento.

5. Aree di interesse radioprotezionistico

5.1 - Medicina Nucleare

Le aree all'interno del padiglione di Medicina Nucleare dove il rischio risulta maggiore sono:

- laboratorio caldo (con annesso filtro e spogliatoio),
- magazzino stoccaggio rifiuti solidi,
- sale somministrazione radiofarmaci.

Laboratorio caldo – Comunica con il corridoio interno attraverso il filtro di controllo e decontaminazione e con le sale di somministrazione attraverso passa-preparati. Vi sono svolte operazioni (che vanno dallo stoccaggio dei radiofarmaci, alla eluizione del ^{99m}Tc dalla colonna generatrice di ^{99}Mo , alla successiva preparazione dei kit necessari all'effettuazione degli esami, al prelievo delle attività da somministrare ai pazienti) che richiedono un gradiente di pressione negativo rispetto agli ambienti esterni. Al suo interno trovano collocazione la cella calda e un ambiente di lavoro appositamente realizzato per l'esecuzione dei test di controllo della qualità sui radiofarmaci (requisiti previsti dal Decreto Min. Salute del 30/03/2005).

Filtro di controllo / decontaminazione – E' realizzato nella zona di accesso al laboratorio caldo, dove è installato il monitor per i controlli radiometrici del personale, e comprende la zona di decontaminazione, dotata di lavello, servizi igienici, impianto doccia e spogliatoio d'emergenza.

Magazzino stoccaggio rifiuti solidi – E' realizzato al piano sottostante (Livello -2), per consentire lo stoccaggio e il decadimento dei rifiuti solidi fino ai livelli previsti per lo smaltimento definitivo. Il materiale stoccato consiste essenzialmente in flaconi usati per la preparazione dei radiofarmaci e in siringhe monouso impiegate per la loro somministrazione. Le colonne di molibdeno (generatrici di ^{99m}Tc) esaurite vengono periodicamente conferite alla stessa ditta fornitrice, tramite vettore autorizzato.

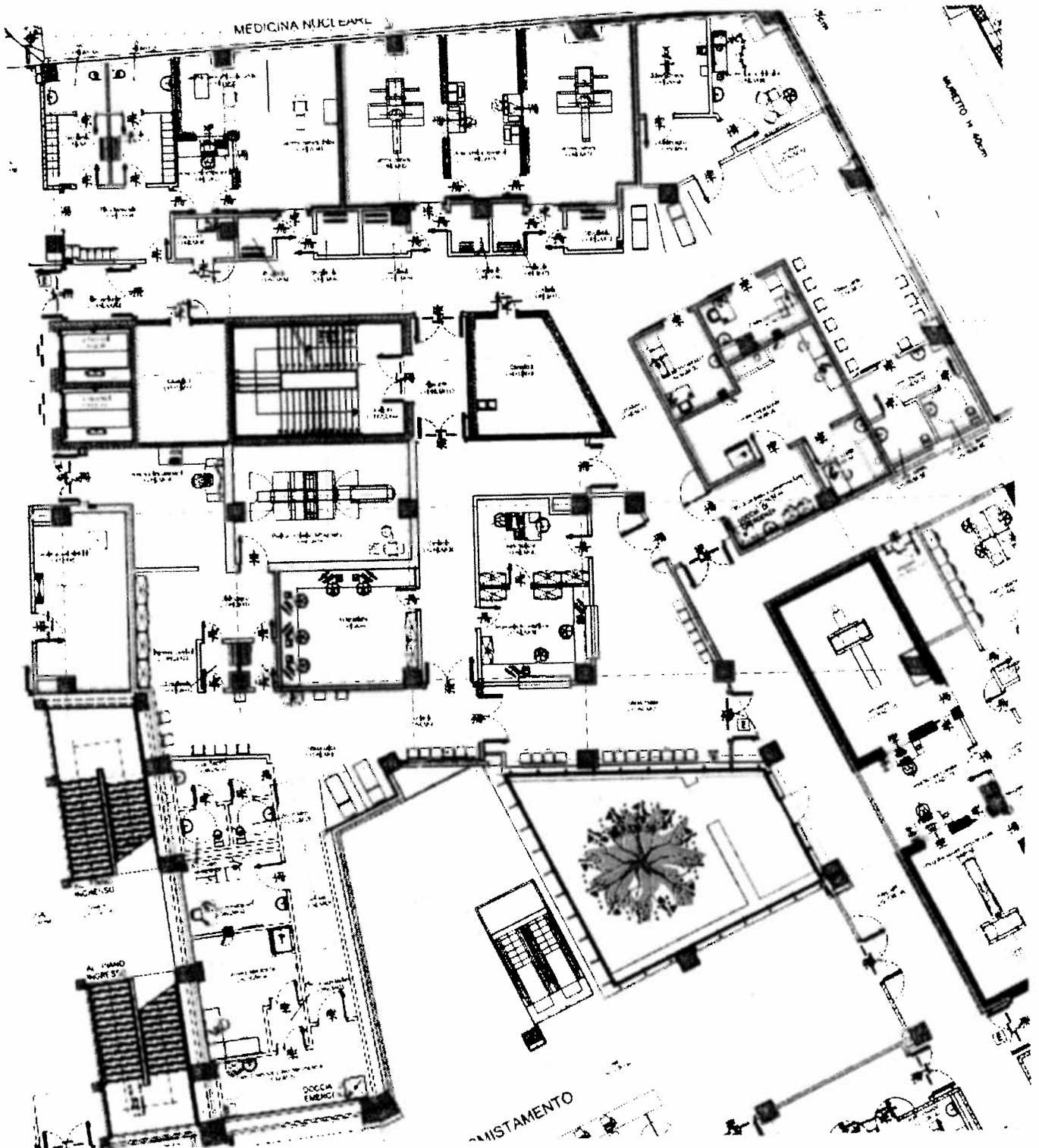
Sale somministrazione radiofarmaci – I radiofarmaci preparati nel laboratorio caldo vengono trasferiti nelle attigue sale (mediante passa-preparati dotati di interlock), dove sono somministrati ai pazienti.

Il materiale radioattivo utilizzato per la marcatura dei radiofarmaci viene consegnato dal vettore di trasporto direttamente al personale della Medicina Nucleare, che provvede alla trascrizione sull'apposito registro di carico/scarico di:

- data di presa in carico del materiale radioattivo,
- tipo di radioisotopo,
- forma chimica del radiofarmaco,
- attività.

Si procede quindi al suo trasferimento nel laboratorio caldo, dove viene estratto dai contenitori di trasporto e stoccato nella cassaforte o all'interno della cella calda (colonna cromatografica): da qui viene prelevato in flaconi, dosato in siringhe, misurato e somministrato al paziente. In dettaglio, la preparazione dei radiofarmaci marcati con ^{99m}Tc avviene secondo le modalità descritte al seguito.

- a. Eluizione del tecnezio dalla colonna generatrice contenente ^{99}Mo entro flaconi inseriti in contenitori schermati.
- b. Conteggio dell'attività di ^{99m}Tc eluita (mediante calibratore a pozzetto) e sua registrazione.
- c. Prelievo, mediante siringa, dell'attività necessaria per le indagini programmate e sua introduzione nel flacone del kit di preparazione (inserito nel contenitore schermato).
- d. Ricostituzione del radiofarmaco mediante semplici operazioni.
- e. Aspirazione, mediante siringa, della singola attività di radiofarmaco da somministrare al paziente e controllo dell'attività mediante calibratore a pozzetto.
- f. Inserimento delle siringhe contenenti il radiofarmaco negli schermi di piombo.
- g. Trasferimento delle siringhe, etichettate secondo la tipologia dell'esame, alle sale di somministrazione dosi.
- h. Somministrazione del radiofarmaco al paziente.
- i. Raccolta del materiale monouso contaminato (siringhe, cotone, ...) in appositi contenitori, registrazione e stoccaggio nell'apposito magazzino.

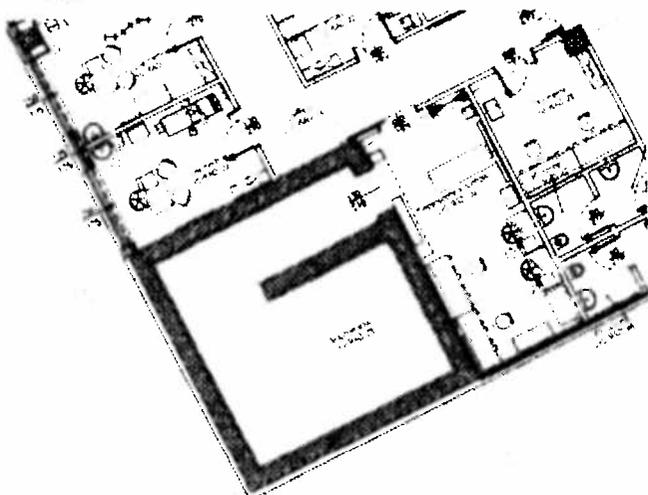


5.2 - Radioterapia

Presso la U.O. Radioterapia Oncologica è stata realizzata una sala di trattamento radioterapico per l'unità di brachiterapia after-loading HDR.

I parametri che concorrono a definire l'entità del rischio radiologico derivante da questa pratica clinica sono:

- attività massima utilizzata pari a 370 GBq di ^{192}Ir ,
- distanza minima sorgente-operatore di 2 m,
- durata massima dell'esposizione della sorgente di 1 ora/giorno (pari a 2 trattamenti/giorno),
- rateo massimo di dose a 1 m dalla sorgente di 43,5 mGy/h.



8. Descrizione delle principali sorgenti radioattive detenute

8.1 - Sorgenti non sigillate

I radioisotopi e le attività massime detenute e impiegate, sia istantaneamente che nel corso dell'intero anno solare, per i quali si è ottenuto il nulla-osta, sono quelle riportate nelle tabelle successive.

Isotopo	Attività massima annuale (Bq)	Attività massima istantanea (Bq)
^{99m}Tc	1,0,E+13	1,5,E+11
^{131}I	1,2,E+11	3,0,E+09
^{201}Tl	2,2,E+10	1,0,E+09
^{67}Ga	2,5,E+10	1,0,E+09
^{99}Mo	1,0,E+13	1,5,E+11
^{111}In	2,5,E+09	5,0,E+08
^{57}Co	4,0,E+05	1,0,E+05
^{90}Y	1,0,E+10	2,0,E+09
^{123}I	7,4,E+09	7,4,E+08
^{153}Sm	4,5,E+11	9,0,E+09
^{186}Re	6,5,E+10	1,3,E+09
^{18}F	6,2,E+12	2,5,E+10

Un elenco dettagliato delle caratteristiche chimico-fisiche dei suddetti radionuclidi sono riportate in Allegato MN 1.

8.2 - Sorgenti sigillate

Le caratteristiche della sorgente sigillata destinata alla brachiterapia HDR sono riportate nella tabella successiva.

Radioisotopo utilizzato	^{192}Ir
Stato fisico	solido (metallico)
Attività massima	370 GBq
Emivita	74,02 giorni
Energia fotonica (keV)	296(29%) - 308(29,7%) - 316(82,8%) - 468(47,8%)
Sistemi di sicurezza	interruttori di emergenza, segnaletica acustica e luminosa, controllo audio-video del paziente

Detta sorgente è soggetta a specifica normativa di legge (Decreto Legislativo 6 febbraio 2007, n. 52 "Attuazione della direttiva 2003/122/CE Euratom sul controllo delle sorgenti radioattive sigillate ad alta attività e delle sorgenti orfane").

Vanno inoltre riportate le sorgenti sigillate impiegate per la taratura della strumentazione dosimetrica utilizzata dalla fisica sanitaria, o come repere anatomici per le indagini cliniche, con attività complessiva e caratteristiche fisiche riassunte dalla tabella successiva.



Isotopo	Attività globale	Principale tipo di impiego
^{226}Ra	5 MBq	taratura
^{57}Co	20 MBq	reperire anatomici
^{137}Cs	20 MBq	taratura
^{153}Gd	370 MBq	controllo della qualità
^{68}Ge	300 MBq	controllo della qualità

9. Presidi radioprotezionistici e sistemi ausiliari

9.1 - Presidi radioprotezionistici

- Filtro di decontaminazione, provvisto di doccia, servizi igienici e lavabo (con comandi a fotocellula o similari), per consentire l'immediata decontaminazione del personale.
- Monitor mani-piedi-vestiti, per il controllo della contaminazione del personale, annesso al percorso di decontaminazione, costituito da:
 - n. 2 sonde NaI(Tl) da 270 cm² di superficie, per il controllo delle mani,
 - n. 1 sonda NaI(Tl) da 60 cm², per il controllo di piedi/vesti,
 - sistema computerizzato per l'analisi dei segnali e il calcolo della contaminazione.
- Impianto di smaltimento per i rifiuti liquidi di provenienza diretta dalla Medicina Nucleare (*Allegato MN 2*), in grado di gestire automaticamente il riempimento delle singole vasche: il solo intervento manuale richiesto riguarda l'abilitazione della procedura di scarico nel sistema fognario, dopo accertamento della rispondenza delle concentrazioni radioattive ai limiti di legge e registrazione dei dati. Il processo è interamente gestito dal software che consente di eseguire, con presentazione sinottica on-line da video, le operazioni di:
 - trasferimento dei liquidi nelle singole vasche,
 - prelievo del campione dalla vasca di scarico,
 - misura del campione,
 - svuotamento del campione e lavaggio del contenitore,
 - presentazione dei risultati della misura e confronto con i limiti previsti,
 - segnalazione di eventuale non-conformità dei livelli misurati,
 - richiesta di abilitazione allo scarico (con inserimento di password),
 - scarico della vasca.
- Sistema di monitoraggio "in continua" dei livelli ambientali, mediante sonde fisse per la radiazione fotonica collocate in corrispondenza delle aree maggiormente frequentate (consolle di comando, corridoi, ...) e collegate a una centralina di lettura, comprendente:
 - n. 6 unità di rivelazione a scintillatore plastico ricoperto da una pellicola di ZnS(Ag), per la misura dell'equivalente di dose ambientale H*(10);
 - n. 1 unità centrale di alimentazione e ricezione segnali;
 - n. 1 unità di elaborazione dati e registrazione su memoria di massa e su stampante.
- Catena fissa per spettrometria gamma EG&G, costituita da: rilevatore coassiale al germanio iperpuro EG&G ORTEC mod. GEM-20 P, pozzetto schermato (10 cm di spessore, con rivestimento interno in Cu/Cd), sistema di raffreddamento elettrico alimentatore digitale, analizzatore multicanale (MCA) integrato su scheda ORTEC TRIUMP-PCI-8k, software applicativo per analisi spettrale quantitativa Gamma-Vision.
- Cassaforte antincendio per la custodia di materiale radioattivo, fornita di pareti schermanti (40 mm di Pb) e sportello dotato di serratura.

9.2 - Sistemi ausiliari

a) Sistema di ventilazione

Il sistema di ventilazione è stato progettato in modo da consentire la massima flessibilità di funzionamento, in base alle necessità dei singoli ambienti in cui esso si suddivide. In particolare, i condotti di aspirazione sono separati (mandate indipendenti), collegati a estrattori esterni



(condizionamento "a tutta aria esterna") e dotati di filtri in uscita (HEPA), in modo da garantire da 5 a 15 ricambi ora (in base all'ambiente di lavoro) e crearvi una depressione adeguata.

b) Sistema di rilevazione ed estinzione incendi

Consiste in:

1. impianto di rilevazione incendio e allarme,
2. rete interna per l'alimentazione di cassette con sportello in vetro, provviste di manichette in canapa e lancia,
3. rete esterna al fabbricato per l'alimentazione di colonnine con presa per autopompa,
4. estintori a polvere, installati in varie zone.

c) Sistemi di alimentazione

1. f.e.m. – Quadri elettrici di distribuzione alimentano i quadri principali che, a loro volta, alimentano quadri locali. E' inoltre operante un gruppo elettrogeno, che entra automaticamente in funzione in caso di interruzione della fornitura ENEL.
2. acqua - Le reti di distribuzione sia dell'acqua potabile sia di quella anti-incendio sono alimentate dalla rete idrica principale del nosocomio.

10. Rifiuti radioattivi

La somministrazione dei radiofarmaci, con finalità sia diagnostiche che terapeutiche, si svolge nelle apposite sale. Le attività somministrate rispondono ai criteri di tutela della salute del paziente e, in particolare, ai LDR riportati nella tabella B dell'Allegato II all'art. 4, comma 3, del D.Lgs. 187/2000.

Per quanto attiene alla terapia radiometabolica, le relative pratiche sono condotte in ottemperanza alle procedure riportate nella Parte II, comma 6, lettera c, dell'Allegato I al D.Lgs. 187/00, con specifico riguardo al computo dell'attività somministrata in funzione del peso corporeo. Per i trattamenti in regime ambulatoriale (considerando tale anche quello riservato a degenti in reparti ospedalieri, soggetti alle medesime prescrizioni adottate in regime ambulatoriale esterno), il paziente viene trattenuto per almeno 4 ore presso la sala attesa calda e invitato a effettuare una minzione nei servizi igienici caldi all'atto della sua dimissione (come richiesto anche per le prestazioni diagnostiche). Tutti i rifiuti radioattivi prodotti possiedono le stesse caratteristiche radiologiche, chimiche e fisiche dei radiofarmaci utilizzati. La loro gestione viene condotta secondo criteri e modalità che prevedono l'immissione nell'ambiente di livelli di radioattività (concentrazione e attività complessiva smaltita nell'anno solare) privi di rilevanza radiologica.

10.1 - Rifiuti solidi

Lo smaltimento dei rifiuti solidi contaminati è soggetto a regime di esenzione, essendo previsto, per materiali quali siringhe, flaconi, guanti monouso, ..., un periodo di decadimento sufficiente a ottemperare alle prescrizioni di legge. La produzione di tali rifiuti avviene principalmente nel laboratorio caldo e nelle sale di somministrazione dei radiofarmaci, secondo le stime riportate in Allegato MN 3. La loro classificazione rispetto al tempo di dimezzamento è I D e II D (UNI 8128), in considerazione del fatto che l'emivita massima è quella dello ^{131}I , se si eccettua il ^{57}Co , del quale si utilizzano attività minime. Tutti i rifiuti solidi potenzialmente contaminati vengono raccolti separatamente e inviati al magazzino di stoccaggio e decadimento, classificato come zona controllata, per un periodo di 2 mesi (3 mesi per quelli prodotti dalla terapia radiometabolica). La loro raccolta avviene all'interno di appositi contenitori per il deposito temporaneo (halipack da 40 o 60 litri, con caratteristiche tali da garantire la conservazione in condizioni di sicurezza igienica dei materiali biologici), sui quali risulta chiaramente riportata l'indicazione di: data di chiusura, numero identificativo e sigla di riconoscimento dell'operatore. Considerando che la produzione media settimanale di rifiuti solidi da parte della Medicina Nucleare sia di 10 halipack da 40 l, si può ipotizzare che il volume totale massimo dei rifiuti solidi temporaneamente immagazzinati presso detta struttura possa risultare di 6 m^3 , pari a 150-200 contenitori.

Prima del loro successivo rilascio in qualità di ROT (rifiuti ospedalieri trattati), si procederà alla verifica strumentale dei livelli di irradiazione residua, con relativa registrazione e autorizzazione allo smaltimento.

Riguardo alle sorgenti sigillate, in considerazione della particolarità della loro tipologia di impiego (taratura e test di controllo della qualità) e delle modeste attività che le caratterizzano ($< 370\text{ MBq}$),



è prevedibile, per quelle non soggette a esaurimento e rottamazione come materiali inerti, un utilizzo protratto indeterminatamente nel tempo o il ritiro da parte dello stesso fornitore.

10.2 - Rifiuti liquidi

Gli escreti dei pazienti che stazionano nella Medicina Nucleare sono immessi nella rete fognaria urbana, previo decadimento di 8 settimane in apposito impianto di smaltimento (*Allegato MN 4*). Tale impianto è ubicato al piano sottostante la Medicina Nucleare, delimitato da muri perimetrali da 40 cm di calcestruzzo e da una soletta da 36 cm di calcestruzzo e 1 m di terra, che assicurano un'adeguata schermatura dei radioisotopi presenti. Ogni rilascio è preceduto dal controllo dei livelli di attività specifica, autorizzato dall'Esperto Qualificato e documentato da un rapporto tecnico. I liquami, dopo essere stati raccolti dal collettore ospedaliero, sono immessi nella rete fognaria afferente al collettore consortile Alto Seveso e depurati nell'impianto di Fino Mornasco (Seveso). Per quanto attiene ai rifiuti liquidi prodotti a seguito di indagini PET, premesso che tutti gli scarichi fognari "caldi" presenti in questo settore afferiscono all'impianto di smaltimento della Medicina Nucleare, causa la breve emivita del ^{18}F (109,8 minuti), non si prevedono attività residue né nelle vasche di decadimento (stoccaggio per almeno 8 settimane), né all'uscita del collettore fognario ospedaliero (fattore di decadimento 10^{-4}).

10.3 - Rifiuti gassosi

Pur escludendo che le operazioni svolte presso la Medicina Nucleare possano produrre livelli apprezzabili di rifiuti radioattivi in forma gassosa, la cella calda è provvista di idoneo impianto di aspirazione e filtrazione, rispondente ai requisiti stabiliti dal Decreto Min. Salute del 30/03/05.

11. Condizioni previste in caso di emergenza incendio

La probabilità che si sviluppi un incendio all'interno di un edificio dipende da una serie di fattori dovuti principalmente alla destinazione d'uso degli ambienti che lo compongono, quali:

- natura dei materiali di rivestimento utilizzati (pareti, soffitti e pavimenti), delle suppellettili e degli arredi contenuti,
- caratteristiche tecniche ed operative delle apparecchiature elettriche esistenti,
- caratteristiche degli impianti elettrici e dei rimanenti impianti tecnologici, e della loro specifica "reazione al fuoco".

Poiché nel Presidio Ospedaliero si è fatto largo uso di materiali di limitata combustibilità (pavimenti in vinile, controsoffitti in doghe metalliche, ...) e le apparecchiature diagnostiche sono di recente produzione, il "carico di incendio", alla cui determinazione concorrono tutti i materiali combustibili presenti, è da ritenersi inferiore a 30 kg/m^2 . E' quindi da valutarsi limitato il rischio che si possa generare un incendio nei settori di interesse o in settori contigui (di caratteristiche simili).

Nel caso in cui ciò dovesse comunque accadere, si potrebbero ipotizzare le seguenti situazioni:

Temperatura sviluppata dall'incendio	Temperatura massima raggiunta dall'incendio
400 - 600°C(dopo 3')	
1000 °C (dopo 7')	1100°C
1050 °C (dopo 8')	

In tali condizioni si prevede che nella Medicina Nucleare si producano i seguenti effetti:

1. fusione della schermatura in piombo della cella calda e della cassaforte (temperatura di fusione del piombo = $327 \text{ }^\circ\text{C}$),
2. danni consistenti alle componenti in materiale plastico e vetro della cella calda (temperatura di rammollimento = $820 \text{ }^\circ\text{C}$),
3. danni limitati alle componenti in ferro e acciaio della cella calda e della cassaforte (temperatura di fusione $1540 \text{ }^\circ\text{C}$ e $1427 \text{ }^\circ\text{C}$ rispettivamente).

I flaconi contenenti materiali radioattivi in forma liquida sarebbero innanzitutto soggetti al deterioramento dei tappi in gomma (massima temperatura di lavoro = $250 \text{ }^\circ\text{C}$), oltre che dei contenitori in vetro, con conseguente dispersione nell'ambiente del contenuto, sotto forma di gas, aerosol e ceneri. La stessa sorte toccherebbe alla colonna cromatografica generatrice di ^{99m}Tc



(contenitore interno in vetro, schermatura in piombo, tubicini di raccordo in materiale plastico), con la conseguente dispersione ambientale di ^{99m}Tc e ^{99}Mo in essa contenuti. La cassaforte antincendio destinata allo stoccaggio dei radionuclidi diversi dai predetti consentirebbe di trattenerne una quota molto rilevante (superiore al 90 %), mentre una quota più modesta di ^{99m}Tc e ^{99}Mo potrebbe permanere all'interno dell'eluitore (pozzetto, schermi, colonna cromatografica, rivestimento esterno, ...).

Nessun danno dovrebbe invece derivare agli schermi porta flaconi in acciaio inox, che tratterrebbero una parte dell'eventuale contenuto radioattivo (inglobato nei materiali fusi).

I radioisotopi verrebbero, almeno inizialmente e parzialmente, trattenuti dai filtri del sistema di aspirazione della cella calda e, solo in seguito al suo successivo danneggiamento, immessi negli ambienti di lavoro ed in quello esterno. Da questa ipotesi, si può realisticamente stimare che, a operazioni di spegnimento ultimate, il 50% dell'attività totale possa risultare intrappolata all'interno del laboratorio caldo, mentre il 50% potrebbe essere trasferito nell'ambiente esterno per il trasporto convettivo dovuto ai fumi ad alta temperatura sviluppatasi, fino ad un centinaio di metri dal suolo (fase di innalzamento). In seguito, questi radionuclidi potrebbero parzialmente ridiscendere sulla stessa area dell'incendio, nel giro di poche ore (in funzione delle condizioni meteorologiche).

In questo caso, la contaminazione dell'aria risulterebbe inferiore a meno di 1/1000 dell'attività specifica stimata all'interno del padiglione (fasi di diluizione e di impoverimento).

La situazione dovrebbe evolvere verso la normalità nell'arco di 24 - 48 ore, a seguito dei moti convettivi atmosferici, di eventuali precipitazioni, del decadimento fisico dei radioisotopi, ...

Prendendo come riferimento le attività mediamente detenute presso il Servizio, i rilasci radioattivi possono configurarsi come previsto dalla seguente tabella:

Radioisotopo	Attività detenuta (MBq)	Attività dispersa (MBq)	Attività dispersa in aria (MBq)
^{131}I	370	333	185
^{99m}Tc	29.600	23.680	14.800
^{201}Tl	444	355	222
^{99}Mo	22.200	17.760	11.100

Pertanto, verrà predisposto un punto di controllo per la contaminazione interna ed esterna del personale e della popolazione coinvolta dall'incidente e per i primi interventi d'emergenza, dotato di apparecchiature per il monitoraggio e l'analisi della irradiazione/contaminazione, di indumenti protettivi, di materiale di decontaminazione e di quant'altro possa essere ritenuto utile.

Le considerazioni svolte per la Medicina Nucleare sono, in linea di principio, applicabili anche al caso di incendio coinvolgente la Radioterapia. La differenza sostanziale che interviene in questa circostanza riguarda il fatto che l'unica sorgente di interesse radioprotezionistico (escludendo sorgenti di taratura di attività trascurabili) è quella eventualmente installata nell'unità di Brachiterapia.

In caso di incendio coinvolgente la sala HDR, essendo la sorgente sigillata di natura metallica e con una temperatura di fusione ($2.450\text{ }^{\circ}\text{C}$) superiore a quella presumibilmente sviluppata dall'incendio stesso ($1.000 - 1.200\text{ }^{\circ}\text{C}$), non si prevede alcuna produzione di ceneri o aeriformi radioattivi. In caso di deterioramento dei materiali schermanti costituenti l'alloggiamento della sorgente quando il proiettore è spento, le barriere schermanti della sala HDR, dove è stabilmente alloggiato il proiettore stesso, garantiscono un efficace contenimento dei livelli di irradiazione ambientale.

12. Effetti sanitari delle emergenze radiologiche

12.1 - Distribuzione spazio/temporale delle materie radioattive rilasciate

I livelli di concentrazione in aria dipendono, oltre che dall'entità dell'emissione, dalle caratteristiche dell'incendio, dalla distanza dal punto di rilascio, dal tempo trascorso dall'immissione in ambiente, dalle condizioni atmosferiche e dalle caratteristiche chimico fisiche dell'agente contaminante. Onde



formulare ipotesi più realistiche, vengono prese in esame i differenti modelli di diffusione, riferibili ad ambienti ristretti e ad ambienti aperti.

A - Diffusione in ambienti ristretti

La possibilità che parte dell'attività rilasciata a seguito di un incendio sviluppatosi all'interno del laboratorio caldo possa rimanere entro gli ambienti della Medicina Nucleare è cautelativamente quantificabile nel 50% del totale detenuto, nelle normali condizioni lavorative (cassaforte antincendio chiusa, cappa aspirante spenta, porte chiuse, ...). I tempi necessari perché si possano sviluppare temperature sufficienti a produrre la dispersione radioattiva sono dell'ordine della decina di minuti. Poiché la durata dell'esposizione di operatori e pazienti agli agenti contaminanti, prima della totale evacuazione del reparto, è limitata ad alcuni minuti, considerando un volume d'aria respirata di 20 litri / minuto si ottengono dosi efficaci impegnate molto modeste.

B - Diffusione in ambienti aperti

I rischi derivanti dalla contaminazione atmosferica prodotta dall'evaporazione delle sorgenti non sigillate detenute presso la Medicina Nucleare riguardano principalmente i pazienti ricoverati all'interno del nosocomio e la popolazione residente nelle aree prossime al nosocomio stesso. Gli aspetti che condizionano la distribuzione spazio/temporale della nube radioattiva sono basati su modelli di diffusione che descrivono il movimento e la dissoluzione dei fumi in funzione di:

- gradiente di temperatura,
- velocità del vento,
- grado di turbolenza,
- impoverimento della nube per deposizione al suolo,
- precipitazioni atmosferiche,
- condizioni orografiche.

Onde quantificare i danni complessivi derivanti da tale incidente, si è provveduto ad applicare le procedure di calcolo contenute nel documento IAEA-TECDOC-1162: *Generic procedures for assessment and response during a radiological emergency*. I risultati sono riportati negli allegati:

- Allegato MN 5-A - Valutazione della dose efficace a seguito di inalazione di aria contaminata all'interno del padiglione di Medicina Nucleare,
- Allegato MN 5-B - Valutazione della dose efficace a seguito di immersione in aria contaminata all'interno del padiglione di Medicina Nucleare,
- Allegato MN 6-A - Valutazione della dose efficace impegnata a seguito di inalazione di aria contaminata da parte di degenti o residenti nelle zone limitrofe del Presidio Ospedaliero,
- Allegato MN 6-B - Valutazione della dose efficace a seguito di immersione in aria contaminata da parte di degenti o residenti nelle zone limitrofe del Presidio Ospedaliero.

Tali stime riguardano lavoratori e individui dei gruppi di riferimento della popolazione, di cui all'Art. 115-ter del D.Lgs. 241/00.

12.2 - Valutazioni complessive

Dalle precedenti stime si evince che gli effetti sanitari dovuti alla contaminazione radioattiva rilasciata in caso di incendio risulterebbero di modesta entità. Ciò si evidenzia confrontando le predette stime di dose efficace impegnata e di dose efficace da irradiazione esterna con i valori ambientali, mediamente quantificati in 2400 $\mu\text{Sv}/\text{anno}$ (UNSCEAR, Vienna, 2000).

Si può quindi concludere che gli eventi considerati siano privi di rilevanza radiologica per la popolazione, anche perché le caratteristiche chimico-fisiche dei radioisotopi esaminati (soprattutto le brevi emivite in questione) escludono l'eventualità di una loro comparsa in misura significativa nella catena alimentare (a seguito della loro ricaduta al suolo) attraverso la contaminazione di acque, vegetazione e alimenti.

Dr. Angelo Ostinelli
Esperto Qualificato n° 347
III grado di abilitazione



13. Elenco degli allegati

Allegato MN 1 Caratteristiche chimico-fisiche dei radionuclidi utilizzati in Medicina Nucleare

Allegato MN 2 Schema impianto smaltimento rifiuti liquidi

Allegato MN 3 Tabella relativa alla produzione di rifiuti solidi contaminati

Allegato MN 4 Formule di scarico relative alla Medicina Nucleare

Allegato MN 5 Tabelle relative alla valutazione delle dose efficace impegnata a seguito di incidente (operatori sanitari)

Allegato MN 6 Tabelle relative alla valutazione delle dose efficace impegnata a seguito di incidente (gruppi critici della popolazione)



Allegato MN 2

**Relazione tecnica radioprotezionistica riguardante
l'impianto per lo smaltimento dei rifiuti liquidi organici
radioattivi prodotti dalla Medicina Nucleare dell'Azienda
Ospedaliera Sant'Anna di Como NUOVA SEDE**

ai sensi dell'Art. 27 del D.Lgs. 230/95 (allegato IX) e s.m.i.

Dr. Angelo Ostinelli
Esperto Qualificato n° 347
III grado di abilitazione

Como, li _____



INDICE

1.	Introduzione	3
2.	Obiettivi di progetto	3
3.	Caratteristiche generali dell'impianto.....	3
4.	Descrizione del funzionamento dell'impianto.....	4



1. Introduzione

Poiché nel nuovo nosocomio dell'Azienda Ospedaliera Sant'Anna di Como sono previste attività cliniche medico-nucleari (diagnosi e terapia) e PET, si rende necessario realizzare un impianto per lo stoccaggio e il decadimento dei rifiuti liquidi radioattivi inevitabilmente prodotti. Pertanto, tutti gli scarichi di servizi igienici, lavandini e pilette a pavimento potenzialmente soggetti a contaminazione radioattiva (laboratorio caldo, sale somministrazione, zona filtro, servizi caldi) dovranno essere convogliate in un sistema di vasche che, attraverso un sistema automatizzato di gestione e controllo, consenta l'immissione di detti reflui nella rete fognaria urbana nel pieno rispetto della normativa di legge vigente in materia.

L'impianto è ubicato all'interno di un apposito locale sito al piano sottostante quello occupato dalla Medicina Nucleare (Livello -2), mentre la postazione di gestione dell'intero sistema e di controllo remoto degli scarichi si colloca all'interno della U.O. Fisica Sanitaria.

2. Obiettivi di progetto

I criteri generali adottati nella progettazione e nella realizzazione dell'impianto per lo smaltimento dei rifiuti liquidi organici radioattivi prodotti dal Presidio Ospedaliero di Como devono garantire che l'immissione di tali rifiuti nel sistema fognario urbano rispetti il limite di concentrazione di 1 Bq/g, come sommatoria delle attività di tutti i radioisotopi smaltiti (D.Lgs. 230/95 e s.m.i.). Di conseguenza, l'impianto deve raccogliere tutti gli effluenti liquidi potenzialmente radioattivi provenienti da Medicina Nucleare e PET (liquidi fognari, scarichi di docce e lavandini, scarichi a pavimento), previa individuazione delle condutture fognarie che rispondono a questa condizione.

Come obiettivo principale e specifico di progetto, viene stabilito che il numero e la volumetria delle vasche debbono garantire un periodo di decadimento di almeno un fattore 10^{-2} per ciascuno dei radioisotopi che vi vengono raccolti e stoccati.

Applicando questo criterio allo ^{131}I che, in considerazione sia della durata della sua emivita (pari a 8,04 giorni) sia al suo impiego nella terapia radiometabolica degli ipertiroidismi (fino a 600 MBq per paziente, poiché quella del carcinoma tiroideo richiede attività maggiori, con ricovero protetto), rappresenta il contaminante più critico, si deduce che il periodo ottimale di permanenza dei liquidi fognari nell'impianto non può che essere di almeno 8 settimane.

La soluzione adottata prevede quindi la realizzazione di 4 vasche destinate alla raccolta dei soli effluenti soggetti a contaminazione radioattiva (provenienti dalla Medicina Nucleare e dalla PET) e al loro successivo stoccaggio. Per far fronte al carico di lavoro ipotizzato (7.000 – 8.000 prestazioni / anno) e per garantire la possibilità di ulteriori sviluppi clinici (incremento del numero di prestazioni e ricorso a nuovi radionuclidi), si richiede che ciascuna delle vasche debba avere una capienza adeguata (dell'ordine di $12 + 15 \text{ m}^3$).

3. Caratteristiche generali dell'impianto

Salvo una successiva e più puntuale descrizione delle caratteristiche tecniche e dei dettagli realizzativi, da definire in corso d'opera, l'impianto di smaltimento risponde al seguente schema:

- sistema per lo smistamento dei liquami,
- n. 2 vasche IMHOFF (funzionanti in parallelo), della capienza di almeno 1 m^3 cadauna,
- pompe di riempimento delle vasche di raccolta e stoccaggio,
- n. 4 vasche di raccolta e stoccaggio, della capienza di almeno 12 m^3 cadauna,



- pozzetto di contenimento e di troppo pieno, della capienza di almeno 1 m³,
- sistema di campionamento e misura,
- gruppo di scarico,
- stazione di elaborazione e consenso.

Il materiale con il quale le vasche saranno realizzate dovrà essere strutturalmente idoneo ai requisiti meccanici imposti dalle dimensioni delle stesse.

La struttura destinata all'impianto, sita al piano Servizi (Livello -2), consta di pareti da 40 cm di calcestruzzo, con una soletta da 36 cm sovrastata da 1 m di terra.

4. Descrizione del funzionamento dell'impianto

L'impianto di smaltimento per i rifiuti liquidi contaminati dovrà essere in grado di gestire automaticamente il ciclo delle singole vasche. Il solo intervento manuale previsto riguarda l'abilitazione delle operazioni di scarico nel sistema fognario, dopo che si è accertata la rispondenza delle concentrazioni radioattive ai limiti di legge e dopo che si è proceduto a registrare i dati relativi alla contaminazione dei liquidi smaltiti.

tale processo viene interamente gestito dal software applicativo, da fornirsi congiuntamente all'impianto di smaltimento, che ne regola il funzionamento e che consente di eseguire, con presentazione sinottica on-line da video, le operazioni di:

- a. trasferimento dei liquidi nelle singole vasche,
- b. lavaggio del contenitore del campione da analizzare,
- c. misura del fondo ambientale,
- d. prelievo del campione dalla vasca di scarico,
- e. analisi spettrometrica del campione,
- f. svuotamento del campione e lavaggio del contenitore,
- g. presentazione risultati della misura e confronto con i limiti programmati,
- h. segnalazione di non-conformità dei livelli registrati rispetto ai limiti di legge,
- i. richiesta di abilitazione allo scarico (accesso protetto da password),
- j. scarico della vasca.

In considerazione della esigenza di certificare l'entità della contaminazione radioattiva degli scarichi fognari, il sistema sarà soggetto a procedura di calibrazione periodica, effettuata da personale specializzato, riguardante la libreria di radioisotopi presenti negli scarichi e oggetto delle analisi quantitative.

**Allegato MN 1**

Attività e caratteristiche chimico-fisiche dei radionuclidi utilizzati a scopo clinico presso la Medicina Nucleare della nuova sede del Presidio di Como dell'Azienda Sant'Anna

Negli schemi al seguito riportati sono indicati i radionuclidi di cui si prevede l'utilizzo clinico (sia nella diagnostica medico nucleare che nella terapia radiometabolica), unitamente a una serie di informazioni relative alle attività richieste e alle caratteristiche fisiche e chimiche dei singoli radiofarmaci.

Radioisotopo	^{99m}Tc
Attività massime previste (detenzione e impiego)	
- istantanea (GBq)	150
- annuale (TBq)	10
Caratteristiche chimico-fisiche	
- forma fisica	liquida
- emivita	6,02 ore
- emissione elettronica (keV)	--
- emissione fotonica (keV)	140,51 (89 %)
- radiotossicità	debole (gruppo 4)
- forma chimica	pertecnato e composti derivati

Radioisotopo	^{131}I
Attività massime previste (detenzione e impiego)	
- istantanea (GBq)	18
- annuale (GBq)	720
Caratteristiche chimico-fisiche	
- forma fisica	liquida
- emivita	8,04 giorni
- emissione elettronica (keV)	191,5 (89 %)
- emissione fotonica (keV)	364,5 (81 %)
- radiotossicità	elevata (gruppo 2)
- forma chimica	ioduro di sodio, metaiodobenzilguanidina,



Radioisotopo	²⁰¹ Tl
Attività massime previste (detenzione e impiego)	
- istantanea (GBq)	1
- annuale (GBq)	22,2
Caratteristiche chimico-fisiche	
- forma fisica	liquida
- emivita	3,044 giorni
- emissione elettronica (keV)	10,22 (28 %) - 84,33 (15 %)
- emissione fotonica (keV)	68,89 ÷ 82,58 (94 %) - 167,4 (10 %)
- radiotossicità	debole (gruppo 4)
- forma chimica	cloruro di tallio

Radioisotopo	⁶⁷ Ga
Attività massime previste (detenzione e impiego)	
- istantanea (GBq)	1
- annuale (GBq)	25
Caratteristiche chimico-fisiche	
- forma fisica	liquida
- emivita	78,26 ore
- emissione elettronica (keV)	83,65 (29 %)
- emissione fotonica (keV)	93,31 (38 %) - 184,6 (21 %) - 300,2 (17 %)
- radiotossicità	moderata (gruppo 3)
- forma chimica	citrato di gallio

Radioisotopo	⁹⁹ Mo
Attività massime previste (detenzione):	
- istantanea (GBq)	150
- annuale (TBq)	10
Caratteristiche chimico-fisiche:	
- forma fisica	solida
- emivita	66 ore
- emissione elettronica (keV)	133 (16 %) - 442,6 (82 %)
- emissione fotonica (keV)	739,5 (12 %)
- radiotossicità	moderata (gruppo 3)
- forma chimica	adsorbimento su allumina

Radioisotopo	¹¹¹ In
Attività massime previste (detenzione e impiego)	
- istantanea (GBq)	0,5
- annuale (GBq)	2,5
Caratteristiche chimico-fisiche	
- forma fisica	liquida
- emivita	2,8 giorni
- emissione elettronica (keV)	18,56 ÷ 26,68 (16 %)
- emissione fotonica (keV)	171,23 (90 %) - 245,35 (94 %)
- radiotossicità	moderata (gruppo 3)
- forma chimica	indio - DTPA, indio - octreotide



Radioisotopo	¹²³ I
Attività massime previste (detenzione e impiego)	
- valore istantaneo (GBq)	0,74
- valore riferito all'anno solare (GBq)	7,4
Caratteristiche chimico-fisiche	
- forma fisica	liquida
- emivita	13,21 ore
- emissione elettronica (keV)	127,2 (13,5 %)
- emissione fotonica (keV)	27,2 ÷ 27,5 (70 %) - 159 (83 %)
- radiotossicità	moderata (gruppo 3)
- forma chimica	hippuran, metaiodobenzilguanidina

Radioisotopo	⁵⁷ Co
Attività massime previste (detenzione e impiego)	
- istantanea (MBq)	0,1
- annuale (MBq)	0,37
Caratteristiche chimico-fisiche	
- forma fisica	liquida
- emivita	271,77 giorni
- emissione elettronica (keV)	5,37 ÷ 7,3 (176 %)
- emissione fotonica (keV)	122,06 (86 %) - 136,47 (11 %)
- radiotossicità	moderata (gruppo 3)
- forma chimica	cobalto - cianocobalamina

Radioisotopo	⁹⁰ Y
Attività massime previste (detenzione e impiego)	
- istantanea (GBq)	2
- annuale (GBq)	10
Caratteristiche chimico-fisiche:	
- forma fisica	liquida
- emivita	64 ore
- emissione elettronica (keV)	933 (100%)
- emissione fotonica (keV)	-
- radiotossicità	moderata (gruppo 3)
- forma chimica	anticorpi monoclonali

Radioisotopo	¹⁵³ Sm
Attività massime previste (detenzione e impiego)	
- istantanea (GBq)	9
- annuale (GBq)	450
Caratteristiche chimico-fisiche	
- forma fisica	liquida
- emivita	46,7 ore
- emissione elettronica (keV)	202,9 (34,9%) - 228,7 (43,2%) - 267,9 (21%)
- emissione fotonica (keV)	103,2 (28,8%)
- radiotossicità	moderata (gruppo 3)
- forma chimica	fosfonato



Radioisotopo	^{186}Re
Attività massime previste (detenzione e impiego) <ul style="list-style-type: none">- istantanea (GBq)- annuale (GBq)	1,3 65
Caratteristiche chimico-fisiche <ul style="list-style-type: none">- forma fisica- emivita- emissione elettronica (keV)- emissione fotonica (keV)- radiotossicità- forma chimica	liquida 90,6 ore 309 (21,5%) – 362 (71,6%) 137,15 (9,4%) moderata (gruppo 3) solfuro

Radioisotopo	^{18}F
Attività massime previste (detenzione e impiego) <ul style="list-style-type: none">- istantanea (GBq)- annuale (TBq)	25 6,2
Caratteristiche chimico-fisiche <ul style="list-style-type: none">- forma fisica- emivita- emissione positronica (keV)- radiotossicità- forma chimica	liquida 110 minuti 633 (975%) debole (gruppo 4)

Allegato MN 3

Valutazione della contaminazione radioattiva dei rifiuti solidi provenienti dalla Medicina Nucleare dell'Ospedale S. Anna di Como

Radioisotopo	Attività massima istantanea (MBq/sett)	Attività da smaltire (MBq/sett)	Periodo stoccaggio minimo	Fattore di decadimento	Attività smaltita (MBq/sett)	Attività smaltita (MBq/anno)	Concentrazione rifiuti (Bq/g)
^{99m} Tc	1,50,E+05	1,50E+02	3 mesi	4,49E-109	6,73E-107	3,50E-105	2,24E-105
¹³¹ I	1,80,E+04	1,80E+01	3 mesi	3,60E-04	6,48E-03	3,37E-01	2,16E-01
²⁰¹ Tl	1,00,E+03	1,00E+00	3 mesi	1,28E-09	1,28E-09	6,65E-08	4,26E-08
⁶⁷ Ga	1,00,E+03	1,00E+00	3 mesi	4,93E-09	4,93E-09	2,57E-07	1,64E-07
¹¹¹ In	5,00,E+02	5,00E-01	3 mesi	2,19E-10	1,09E-10	5,69E-09	3,65E-09
¹²³ I	7,40,E+02	7,40E-01	3 mesi	5,64E-50	4,17E-50	2,17E-48	1,39E-48
⁵⁷ Co	1,00,E-01	1,00E-04	3 mesi	7,95E-01	7,95E-05	4,13E-03	2,65E-03
⁹⁰ Y	2,00,E+03	2,00E+00	3 mesi	7,22E-11	1,44E-10	7,50E-09	4,81E-09
¹⁵³ Sm	9,00,E+03	9,00E+00	3 mesi	1,20E-14	1,08E-13	5,62E-12	3,60E-12
¹⁸⁶ Re	1,30,E+03	1,30E+00	3 mesi	6,68E-08	8,68E-08	4,51E-06	2,89E-06

2,2E-01

6,6E-03

3,4E-01

Le valutazioni effettuate si basano sull'ipotesi che 1/1000 dell'attività massima detenuta sia mediamente presente nei rifiuti solidi e che questi ultimi siano raccolti settimanalmente in 6 halipack da 40 l (5 kg di peso).

Allegato MN 4

Formula di scarico relativa allo smaltimento di rifiuti liquidi provenienti dalla Medicina Nucleare dell'Ospedale S.Anna di Como

Radioisotopo	Attività massima somministrata (GBq/anno)	Quota media escretta a 2-4 ore (%)	Attività raccolta nel impianto smaltimento (MBq/anno)	Attività smaltita nel collettore OSA (MBq/anno)	Concentrazione max rifiuti rete urbana (Bq/ml)
^{99m}Tc	6,00E+03	20	1,20E+06	3,75E+04	2,60E-02
^{131}I	7,20E+02	15	1,08E+05	6,75E+03	4,69E-02
^{201}Tl	2,22E+01	2	4,44E+02	2,78E+01	1,93E-04
^{67}Ga	2,50E+01	1	2,50E+02	1,56E+01	1,09E-04
^{111}In	2,50E+00	0,1	2,50E+00	1,56E-01	1,09E-06
^{123}I	7,40E+00	10	7,40E+02	4,63E+01	3,21E-04
^{57}Co	4,00E-04	2	8,00E-03	5,00E-04	3,47E-09
^{90}Y	1,00E+01	2	2,00E+02	5,00E+00	3,47E-05
^{153}Sm	4,50E+02	40	1,80E+05	4,50E+03	3,13E-02
^{186}Re	6,50E+01	20	1,30E+04	3,25E+02	2,26E-03
Totali			1,50E+06	4,92E+04	1,07E-01

Ipotesi adottate:

- le attività massime somministrate sono stimate pari a quelle massime annuali ad esclusione del ^{99m}Tc , per il quale si considerano i 2/3,
- le attività smaltite nel sistema di vasche di stoccaggio sono quelle relative alle prime ore dalla somministrazione,
- gli esami eseguiti su pazienti degenti sono considerati il 25 % del totale delle indagini medico-nucleari,
- l'attività eliminata nel collettore fognario ospedaliero da pazienti degenti rappresenta il 25% di quella escretta nelle prime ore,
- per la terapia metabolica tale quota è del 10%,
- la concentrazione degli scarichi fognari è calcolata sulla base di una diluizione data da 12.000 m³ / mese,
- la permanenza dei liquami nel collettore fognario ospedaliero è di 24 ore,
- le vasche di raccolta degli scarichi della medicina nucleare consentono uno stoccaggio di almeno 8 settimane.

Allegato MN 5-A

Valutazione della dose efficace impegnata a seguito di inalazione di aria contaminata
all'interno del padiglione di Medicina Nucleare
IAEA-TECDOC-1162

Radioisotopo	Attività massima istantanea (MBq)	Rateo di attività rilasciata (MBq/s)	Concentrazione aria: 5 m di raggio (kBq/m³)	Attività inalata in 3 minuti (kBq)	Fattore di conversione (μSv/kBq)	Dose efficace impegnata (μSv)
^{99m} Tc	1,50,E+05	2,50,E+00	5,00,E+03	3,75,E+02	2,0,E-02	7,50,E+00
¹³¹ I	1,80,E+04	3,00,E-01	6,00,E+02	4,50,E+01	7,4,E+00	3,33,E+02
⁶⁷ Ga	1,00,E+03	1,67,E-02	3,33,E+01	2,50,E+00	2,4,E-01	6,00,E-01
²⁰¹ Tl	1,00,E+03	1,67,E-02	3,33,E+01	2,50,E+00	4,4,E-02	1,10,E-01
¹¹¹ In	5,00,E+02	8,33,E-03	1,67,E+01	1,25,E+00	2,3,E-01	2,88,E-01
¹²³ I	7,40,E+01	1,23,E-03	2,47,E+00	1,85,E-01	7,4,E-02	1,37,E-02
⁵⁷ Co	1,00,E-01	1,67,E-06	3,33,E-03	2,50,E-04	1,0,E+00	2,50,E-04
⁹⁰ Y	2,00,E+03	3,33,E-02	6,67,E+01	5,00,E+00	1,5,E+00	7,50,E+00
¹⁵³ Sm	9,00,E+03	1,50,E-01	3,00,E+02	2,25,E+01	6,3,E-01	1,42,E+01
¹⁸⁶ Re	1,30,E+03	2,17,E-02	4,33,E+01	3,25,E+00	1,1,E+00	3,58,E+00
⁹⁹ Mo	1,50,E+05	2,50,E+00	5,00,E+03	3,75,E+02	1,0,E+00	3,75,E+02

741,8

IPOTESI DI LAVORO

- 1 - FRF = 0,01 (composti semi volatili)
- 2 - durata del rilascio = 600"
- 3 - classe di stabilità = D
- 4 - velocità media del vento = 2 m/s
- 5 - fattori di conversione tratti da Tab. IV.3 del D.Lgs. 241/00 (dato più conservativo tra F M S)
- 6 - attività respiratoria = 1,5 m³/h (25 l/minuto)

Allegato MN 5-B

Valutazione della dose efficace a seguito di immersione in aria contaminata
all'interno del padiglione di Medicina Nucleare
IAEA-TECDOC-1162

Radioisotopo	Attività massima istantanea (MBq)	Rateo di attività rilasciata (MBq/s)	Concentrazione aria: 5 m di raggio (kBq/m ³)	Fattore di conversione ($\mu\text{Sv/h}/(\text{kBq}/\text{m}^3)$)	Dose efficace impegnata (μSv)
^{99m} Tc	1,50,E+05	2,50,E+00	5,00,E+03	2,8,E-02	7,00,E+00
¹³¹ I	1,80,E+04	3,00,E-01	6,00,E+02	8,1,E-02	2,43,E+00
⁶⁷ Ga	1,00,E+03	1,67,E-02	3,33,E+01		
²⁰¹ Tl	1,00,E+03	1,67,E-02	3,33,E+01		
¹¹¹ In	5,00,E+02	8,33,E-03	1,67,E+01		
¹²³ I	7,40,E+01	1,23,E-03	2,47,E+00		
⁵⁷ Co	1,00,E-01	1,67,E-06	3,33,E-03	0,0,E+00	0,00,E+00
⁹⁰ Y	2,00,E+03	3,33,E-02	6,67,E+01		
¹⁵³ Sm	9,00,E+03	1,50,E-01	3,00,E+02		
¹⁸⁶ Re	1,30,E+03	2,17,E-02	4,33,E+01		
⁹⁹ Mo	1,50,E+05	2,50,E+00	5,00,E+03	3,4,E-02	8,50,E+00
TOTALE					17,9

IPOTESI DI LAVORO

- 1 - FRF = 0,01 (composti semi volatili)
- 2 - durata del rilascio = 600"
- 3 - classe di stabilità = D
- 4 - velocità media del vento = 2 m/s
- 5 - durata esposizione = 3 minuti

N.B. In mancanza di dati completi, il valore stimato viene moltiplicato per un fattore 2

35,9

Allegato MN 6-A

Valutazione della dose efficace impegnata a seguito di inalazione di aria contaminata da parte di degenti o di residenti nelle zone limitrofe del Presidio Ospedaliero Sant'Anna
IAEA-TECDOC-1162

Radioisotopo	Rateo di attività rilasciata (MBq/s)	Fattore decadimento medio per 24 h	Dose efficace imp. (μSv)					Dose efficace imp. (μSv)	
			0,2 km	0,4 km	0,6 km	0,8 km	1 km	2 km	3 km
^{99m} Tc	2,50,E+00	3,38,E-01	0,41	0,14	0,08	0,05	0,03	0,01	0,00
¹³¹ I	3,00,E-01	9,58,E-01	51,04	17,86	10,21	6,12	3,83	1,07	0,59
⁶⁷ Ga	1,67,E-02	9,01,E-01	0,09	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00
²⁰¹ Tl	1,67,E-02	8,94,E-01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
¹¹¹ In	8,33,E-03	8,87,E-01	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
¹²³ I	1,23,E-03	5,64,E-01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
⁵⁷ Co	1,67,E-06	9,99,E-01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
⁹⁰ Y	3,33,E-02	8,81,E-01	1,06	0,37	0,21	0,13	0,08	0,02	0,01
¹⁵³ Sm	1,50,E-01	8,42,E-01	1,91	0,67	0,38	0,23	0,14	0,04	0,02
¹⁸⁶ Re	2,17,E-02	9,14,E-01	0,52	0,18	0,10	0,06	0,04	0,01	0,01
⁹⁹ Mo	2,50,E+00	8,84,E-01	53,04	18,56	10,61	6,36	3,98	1,11	0,61
TOTALE			108,1	37,8	21,6	13,0	8,1	2,3	1,2

IPOTESI DI LAVORO

- 1 - FRF = 0,01 (composti semi volatili)
- 2 - durata del rilascio = 600"
- 3 - classe di stabilità = D
- 4 - velocità media del vento = 2 m/s
- 5 - i fattori di conversione sono tratti da Tab. IV.3 del D.Lgs. 241/00
- 6 - attività respiratoria = 1,5 m³/h (25 l/minuto)
- 7 - tempo di dispersione della nube = 24 ore

Allegato MN 6-B

Valutazione della dose efficace a seguito di immersione in aria contaminata da parte di degenti o di residenti nelle zone limitrofe del Presidio Ospedaliero Sant'Anna

IAEA-TECDOC-1162

Radioisotopo	Rateo di attività rilasciata (MBq/s)	Fattore decadimento medio per 24 h	Dose efficace imp. (μSv)					Dose efficace imp. (μSv)	
			0,2 km	0,4 km	0,6 km	0,8 km	1 km	2 km	3 km
^{99m} Tc	2,50,E+00	3,38,E-01	0,57	0,20	0,11	0,07	0,06	0,01	0,01
¹³¹ I	3,00,E-01	9,58,E-01	0,56	0,20	0,11	0,07	0,06	0,01	0,01
⁶⁷ Ga	1,67,E-02	9,01,E-01							
²⁰¹ Tl	1,67,E-02	8,94,E-01							
¹¹¹ In	8,33,E-03	8,87,E-01							
¹²³ I	1,23,E-03	5,64,E-01							
⁵⁷ Co	1,67,E-06	9,99,E-01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
⁹⁰ Y	3,33,E-02	8,81,E-01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
¹⁵³ Sm	1,50,E-01	8,42,E-01							
¹⁸⁶ Re	2,17,E-02	9,14,E-01							
⁹⁹ Mo	2,50,E+00	8,84,E-01	1,80	0,63	0,36	0,22	0,18	0,04	0,02
TOTALE			2,9	1,0	0,6	0,4	0,3	0,1	0,0

IPOTESI DI LAVORO

- 1 - FRF = 0,01 (composti semi volatili)
- 2 - durata del rilascio = 600"
- 3 - classe di stabilità = D
- 4 - velocità media del vento = 2 m/s
- 5 - tempo di dispersione della nube = 24 ore

N.B. In mancanza di dati completi i valori stimati vengono moltiplicati per un fattore 2

TOTALE	5,9	2,1	1,2	0,7	0,6	0,1	0,1
---------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

F I N E