



**ARS s.r.l. Via Di Casal Boccone, 256 INT.V/9 – 00137 Roma**  
- P.I. e C.F. 10635151003 Numero REA: RM – 1245941 – tel 0659872135  
email: [info@arsradioprotezione.com](mailto:info@arsradioprotezione.com) -- [ars.srl@pec.it](mailto:ars.srl@pec.it)

Indicazioni di  
radioprotezione Ver03  
Data: Luglio 2023  
Pag. 1 di 16

**NUOVO OSPEDALE DI TARANTO  
REGIONE PUGLIA  
AZIENDA SANITARIA LOCALE TARANTO  
REALIZZAZIONE DEL NUOVO OSPEDALE “SAN CATALDO” di TARANTO**

**INDICAZIONI DI RADIOPROTEZIONE PER  
Vasche di decadimento  
Medicina Nucleare - Diagnostica**



Data 06 luglio 2023





## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>CARATTERISTICHE DELLA SORGENTE DI RADIAZIONI IONIZZANTI.....</b>	<b>4</b>
2.1	Medicina Nucleare Diagnostica.....	4
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE DEI VINCOLI DI PROGETTO E DEL MODELLO .....</b>	<b>5</b>
3.1	Vincoli di progetto.....	5
3.2	Modello di riempimento delle vasche.....	5
3.3	Criteri nella scelta del modello.....	7
3.4	Scelta dei fattori di escrezione .....	8
<b>4</b>	<b>RISULTATI DELLE VALUTAZIONI .....</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>BENESTARE AL PROGETTO.....</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>ALLEGATO 1: ALTRI ELEMENTI DI MINIMA DELL'IMPIANTO .....</b>	<b>13</b>
6.1	Caratteristiche tecniche delle vasche.....	14
6.2	Altre caratteristiche di minima.....	14



## 1 PREMESSA

Il presente documento contiene le valutazioni radioprotezionistiche necessarie alla corretta stima delle vasche di decadimento per il progetto della Nuova Medicina Nucleare – Reparto Diagnostica del nuovo Ospedale "San Cataldo" a Taranto, nel seguito alternativamente "Il Cliente", in corso di realizzazione, nel rispetto dei requisiti previsti dal D.Lgs. 101/2020 e ss.mm.ii. Il suddetto decreto stabilisce le norme fondamentali di sicurezza relative alla radioprotezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti.

Nello specifico, le disposizioni contenute nel presente elaborato riguardano:

- il dimensionamento delle vasche di decadimento afferenti alla Medicina Nucleare - Diagnostica;

Il presente documento costituisce un supporto documentale informativo, ad uso esclusivo del progettista, per una verifica preliminare e non esaustiva dei dispositivi in oggetto, sulla base del progetto proposto e dei dati disponibili.

Tale relazione si ritiene preliminare e non esaustiva in ragione delle eventuali possibili ulteriori richieste che potrebbero essere avanzate dall'Esperto di Radioprotezione (da qui *EdR*) della struttura in ragione delle valutazioni di sua competenza.

La presente relazione viene redatta ai sensi del art.130 del D.Lgs. 101/2020 al fine di ottenere il benessere, dal punto di vista della sorveglianza fisica della radioprotezione, dei progetti di installazioni che comportano rischi di esposizione.

I dati necessari per le valutazioni sono stati raccolti dagli scambi di email del 01/12/2022 contenenti i radionuclidi, l'attività media somministrata e il carico di lavoro.



## 2 CARATTERISTICHE DELLA SORGENTE DI RADIAZIONI IONIZZANTI

### 2.1 Medicina Nucleare Diagnostica

Il carico di lavoro, inteso come numero di pazienti, attività somministrata per radionuclide e percentuale di pazienti ricoverati in struttura sottoposti ad indagine di medicina nucleare sono così ripartiti:

Isotopo	T1/2 (giorni)	Attività per somministrazione [MBq]	Pazienti ricoverati	Pazienti al giorno [paz/gg]	Pazienti/anno
111In	2.830	370	10%	0.10	30
123I-DATSCAN	0.550	185	10%	0.50	150
124I	4.176	93	10%	0.10	30
18F	0.076	370	10%	17.67	5300
201Tl	3.040	370	10%	0.10	30
64Cu	0.529	278	10%	0.10	30
67Ga	3.260	370	10%	0.10	30
68Ga	0.050	300	10%	0.33	100
99mTc-Cardio-Tetrafosm.	0.251	1100	10%	1.33	400
99mTc-Ossee-fosfonato	0.251	740	10%	5.00	1500
99mTc-Tiroide-Pertec.	0.251	120	10%	1.00	300
99mTc-Renali-DTPA	0.251	148	10%	0.67	200
				<b>27.00</b>	<b>8100</b>

Tabella 1: Carico di lavoro stimato espresso in numero di pazienti e in attività somministrate.

Isotopo	T <sub>1/2</sub> [gg]	f <sub>U</sub> [%]	Andamento	a <sub>1</sub>	t <sub>1,1/2</sub> [h]	a <sub>2</sub>	t <sub>2,1/2</sub> [h]	a <sub>3</sub>	t <sub>3,1/2</sub> [h]	t (permanenza in MN) [h]	f <sub>tot(t)</sub>	f <sub>tot(∞)</sub>	Fonte
111In	2.83	100	Triexp.	0.75	3.00	0.21	60.00	0.02	2E+00	2.00	29.0%	84.9%	ICRP 53
123I-DATSCAN	0.55	100	Triexp.	0.36	3.00	0.63	33.60	0.01	1E+15	2.00	15.1%	47.1%	ICRP 53, 128
124I	4.18	100	Monoexp.	1.00	19.90					2.00	6.7%	83.4%	Barrington et al.
18F	0.08	100	Triexp.	0.18	1.50	0.06	0.20	0.56	1E+15	2.00	13.5%	15.3%	ICRP 128
201Tl	3.04	20	Biexp.	0.63	168.00	0.37	672.00			2.00	0.1%	22.7%	ICRP 53
64Cu	0.53	100	Monoexp.	1.00	10.00					2.00	12.3%	55.9%	ICRP 53
67Ga	3.26	91	Biexp.	0.17	30.00	0.83	610.00			2.00	0.9%	21.7%	ICRP 128
68Ga	0.05	100	Biexp.	0.99	1.70	0.01	168.00			2.00	35.3%	41.0%	ICRP 128
99mTc-Cardio-Tetrafosm.	0.25	46	Triexp.	0.86	24.00	0.08	1.00	0.33	2E-01	2.00	19.2%	56.0%	ICRP 53, 128
99mTc-Ossee-fosfonato	0.25	100	Triexp.	0.30	0.50	0.30	2.00	0.40	7E+01	4.00	47.8%	53.3%	ICRP 53, 128
99mTc-Tiroide-Pertec.	0.25	65	Triexp.	0.38	3.00	0.16	10.00	0.42	5E+01	2.00	10.2%	36.3%	ICRP 53, 128
99mTc-Renali-DTPA	0.25	100	Biexp.	0.99	1.70	0.01	168.00			2.00	50.1%	77.2%	ICRP 53, 128

Tabella 2: Parametri delle frazioni escrete. Si rimanda al paragrafo dedicato per la descrizione dei singoli elementi.



### 3 Descrizione dei vincoli di progetto e del modello

#### 3.1 Vincoli di progetto

La scelta dei criteri progettuali si è basata sulle indicazioni normative del D.Lgs. 101/2020 tenuto conto degli importanti cambiamenti che il suddetto Decreto ha apportato rispetto al precedente corpo normativo.

Tale precisazione è opportuna in quanto in precedenza lo scarico delle vasche di decadimento in ambito sanitario doveva rispettare i criteri di concentrazione di attività (<1 Bq/g) e tempo di dimezzamento (< 75 giorni). Attualmente, tale indicazione non è più presente in quanto è stata sostituita dall'art. 54 del D.Lgs. 101/2020, il quale recita quanto segue:

*1. I materiali solidi, liquidi o aeriformi contenenti sostanze radioattive che provengono da pratiche soggette a notifica o autorizzazione, escono dal campo di applicazione del presente decreto se rispettano i criteri, le modalità e i livelli di non rilevanza radiologica stabiliti per l'allontanamento nell'allegato I, se è rilasciata l'autorizzazione al loro allontanamento, e l'allontanamento è effettuato secondo i requisiti, le condizioni e le prescrizioni dell'autorizzazione.*

[omissis...]

*2. È vietato lo smaltimento nell'ambiente, il riciclo, il riutilizzo dei materiali solidi, liquidi o aeriformi contenenti sostanze radioattive per i quali non è stata rilasciata l'autorizzazione di cui al comma 1.*

Conseguentemente, la struttura dovrà provvedere a richiedere espressa autorizzazione per uno specifico livello di allontanamento. Al fine di armonizzare le precedenti indicazioni normative con le nuove è stato scelto di mantenere come parametro di progetto il limite di 1 Bq/g come livello di allontanamento, in quanto, adoperando opportuni modelli di screening, consente il rispetto della non rilevanza radiologica della pratica richiesta dalla legge.

#### 3.2 Modello di riempimento delle vasche

Lo scarico proveniente dalla medicina nucleare va a riempire le “n” vasche di volume “V” in maniera sequenziale:

- dopo il riempimento della vasca  $V_1$  inizia a riempirsi la  $V_2$ , mentre gli isotopi nella vasca  $V_1$  iniziano a decadere;
- dopo il riempimento della vasca  $V_2$ , inizia a riempirsi la vasca  $V_3$ ;
- così via fino all' $n$ -esima vasca.

L'attività che entra nelle vasche si considera costante e continua nelle 24 ore ( $I_j$ , Bq/giorno del radioisotopo  $j$ -esimo). Lo svuotamento delle vasche può avvenire sia in maniera sequenziale, sia scegliendo la vasca di interesse per lo svuotamento.

Indicando con  $\lambda_i$  la costante di decadimento del radioisotopo e  $I_i$  l'attività giornaliera immessa del radionuclide  $i$ -esimo, l'attività  $A_i(t)$  dell' $i$ -esimo radionuclide immesso nella vasca al tempo  $t$  durante la fase di riempimento della stessa può essere espressa secondo il seguente modello matematico:



$$\frac{dA_i(t)}{dt} = -\lambda_i A_i(t) + I_i, \quad (1)$$

Il comportamento dell'attività nel tempo, dunque, è dato da un termine positivo dovuto all'introduzione dell'attività in vasca, assunta costante nel tempo, e da un termine negativo dovuto al decadimento fisico del radioisotopo.

Il fattore di abbattimento, quindi, è funzione del:

- Volume della vasca;
- Frazionamento dell'impianto;
- Tempo tra due scarichi consecutivi.

La (1) ha soluzione, con condizione al contorno che al tempo iniziale  $t_0$  l'attività sia nulla, della forma:

$$A_i(t) = \frac{I_i}{\lambda_i} (1 - e^{-\lambda_i t}). \quad (2)$$

La vasca impiega un tempo  $T_r$  per il riempimento. Questa fase è caratterizzata dalla cinetica sopra esposta in cui si ha attività immessa in vasca e decadimento fisico della stessa. Pertanto, al momento della chiusura, l'attività totale in vasca è:

$$A(T_r) = \sum_i A_i(T_r) = \sum_i \frac{I_i}{\lambda_i} (1 - e^{-\lambda_i T_r}). \quad (3)$$

Una volta chiusa, inizia il riempimento della vasca successiva, e l'attività comincia a decadere nella vasca fino al momento in cui non viene scaricata.

Tale vasca rimane piena per un tempo  $T_d = (n - 2) \cdot T_r$ , dove il fattore  $(n - 2)$  tiene conto del fatto che lo scarico viene normalmente effettuato non appena l'ultima vasca libera inizia a riempirsi mentre una vasca viene lasciata sempre vuota per gestire eventuali emergenze (es. rottura vasca) che rischierebbero di creare forti disagi alla gestione del reparto, se non arrivare in ultimo all'interruzione dell'attività nel caso peggiorativo. In questa fase, l'attività nelle vasche è soggetta puramente al decadimento fisico dei radioisotopi.

Pertanto, l'attività allo svuotamento della vasca sarà:

$$A(T_d) = \sum_i A_i(T_r) e^{-\lambda_i T_d} = \sum_i \frac{I_i}{\lambda_i} (1 - e^{-\lambda_i T_r}) e^{-\lambda_i (n-2) T_r} \quad (4)$$

con una concentrazione  $C(T_d)$  al tempo dello scarico pari a:



$$C(T_d) = \frac{A(T_d)}{V}$$

(5)

Si precisa che nel conteggio del tempo di riempimento vengono conteggiati i giorni effettivi di lavoro durante la settimana, prevedendo, cioè, che possano esservi dei giorni della settimana in cui non vi è attività nel reparto (es. attività non prevista la domenica).

Le (4) e (5) verranno utilizzate per la valutazione delle attività e delle concentrazioni allo scarico della vasca.

Si consideri che il modello adottato è altamente cautelativo in quanto in ogni condizione una vasca rimarrà sempre vuota per le emergenze. Tali emergenze possono anche essere gestite sfruttando il cordolo di contenimento necessario per contenere eventuali tracimazioni o rotture minori delle vasche, nonché il riempimento parziale delle vasche fino all'90%.

### 3.3 Criteri nella scelta del modello

Il modello prevede che il radioisotopo arrivi con continuità nella vasca. Per semplificare il modello di calcolo tale scelta è necessaria e l'errore commesso è trascurabile tenuto conto che il tempo di decantazione in vasca è comunque dell'ordine delle settimane. Ne consegue che l'attività immessa giornalmente mediamente può essere stimata dall'attività totale somministrata dividendo per il numero di giorni lavorativi all'anno della struttura. Tale scelta non perde di cautelatività poiché rappresenta solo un'approssimazione del comportamento del modello, per cui se le attività sono somministrate in giorni consecutivi o meno il modello risulta essere comunque applicabile, anche alla luce del fatto che si sta considerando l'attività totale detenibile pari all'attività somministrata (cautelativo).

Pertanto, l'attività giornaliera immessa sarà data da:

$$I_j = \frac{A_{tot,j} [MBq]}{gg_{anno} [gg]}$$

(6)

dove  $A_{tot,j}$  è la totale annua somministrata per il radioisotopo j-esimo escreta per via urinaria e  $gg_{anno}$  sono il numero di giorni lavorativi annui.

Per la valutazione della frazione escreta per via urinaria, si rimanda alla descrizione riportata nel paragrafo dedicato.

Nelle valutazioni, si è tenuto conto dei seguenti parametri, riassunti nella tabella successiva:

- Il numero di pazienti massimo sovrastimato ed arrotondato per eccesso è 34 paz/giorno, ovvero i circa 27 paz/giorno totali che possono essere trattati ma aumentati del 25% al fine di gestire eventuali variazioni di carico di lavoro. Tale maggiorazione è stata concordata con la struttura;



- Lo scarico del reparto, dimensionato in modo di erogare 25 l/paziente (cfr: “*Modalità di valutazione della dose assorbita dall’individuo rappresentativo della popolazione a seguito dello svolgimento di attività di Medicina Nucleare*” – AIFM Docs – Aprile/2022);
- Nelle ore di presenza nel reparto, l’uso da parte dei pazienti del WC caldo comporta complessivamente una immissione di liquido a 850 litri/gg;
- Riempimento vasche al 90%, di cui una lasciata intenzionalmente vuota per le emergenze ;
- L’utilizzo è previsto su 5 giorni/settimana (domenica esclusa), paria a 300 gg/anno.

Di seguito si riassumono i parametri adoperati.

Parametri vasche			
n° pazienti massimi	34	$T_p$ [gg/sett]	6.0
n° scarichi wc/gg/paz	1	% riempimento vasche	90%
litri/scarico	25.0	$T_r$ (tempo di riempimento) [gg]	7.4
litri/giorno	850	$T_r = T_r + T_p$ [gg]	8.4
volume vasche [l]	7000	$T_d$ (tempo scarico) [gg]	8.4
n° vasche [l]	3	svuotamenti/anno	43.4

Tabella 3: Tabella riassuntiva dei parametri tecnici delle vasche.

La vasca n-esima verrà quindi svuotata dopo un tempo pari a  $T_d = T_r \cdot (n - 2)$ . Tale valore viene arrotondato tenendo conto dei giorni nel fine settimana in cui si prevede non verrà svolta attività clinica.

### 3.4 Scelta dei fattori di escrezione

L’attività presente in vasca al momento dello svuotamento dipende dall’attività originariamente somministrata ai pazienti e quindi dalla frazione escreta per via urinaria dopo un congruo tempo di attesa.

Il tempo di *uptake* ottimale dipende dalla tipologia esame/somministrazione e quindi dal radiofarmaco utilizzato. Dopo tale tempo, il paziente viene istruito ad urinare o meno in base alla tipologia di esame. Infatti, tale pratica risulta essere mandatoria nel caso di alcuni esami (come per la scintigrafia ossea con  $^{99m}\text{Tc}$ ) e solo consigliata per altri.

Il tempo di *uptake* ottimale dipende dalla tipologia esame/somministrazione e quindi dal radiofarmaco utilizzato.

I tempi di permanenza presso il reparto di Medicina Nucleare considerati nella presente relazione sono stati riferiti dalla struttura e possono ritenersi in accordo con le pubblicazioni AIFM<sup>1</sup>, nonché con quanto convenzionalmente in atto presso reparti simili di Medicina Nucleare.

Mentre per la diagnostica è generalmente accettato che le vasche di raccolta verranno riempite prevalentemente a causa della prima minzione del paziente, nel caso della degenza per almeno 48 ore è importante valutare tutta la biocinetica del radiofarmaco utilizzata per effettuare una stima corretta del radiofarmaco che verrà immesso in vasca.

<sup>1</sup> Modalità di valutazione della dose assorbita dall’individuo rappresentativo della popolazione a seguito dello svolgimento di attività di Medicina Nucleare, AIFM 2022.



Sotto tale ipotesi, tenendo conto del breve tempo di dimezzamento dei radioisotopi, si assume che per quasi tutti i radioisotopi di normale uso, l'efficienza delle vasche di decadimento è sufficiente per abbattere l'impatto dosimetrico sulla popolazione, inibendo la possibilità di ritorno all'uomo del radioisotopo.

Si definisce:

- $f_{i,1m}$ , frazione escreta alla prima minzione dell'i-esimo radiofarmaco dopo la somministrazione;
- $f_{i,\infty}$ , frazione escreta totale dell'i-esimo radiofarmaco dopo la somministrazione.

Si sottolinea che, poiché la funzione di escrezione è funzione del radiofarmaco utilizzato e non del radioisotopo, nel caso di radiofarmaci diversi marcati con lo stesso radionuclide sono utilizzate le funzioni di escrezione maggiormente conservative come unico termine sorgente.

In merito ai seguenti radionuclidi sono state effettuate le valutazioni aggiuntive che seguono:

- Per il  $^{99m}\text{Tc}$ , a causa della variabilità di comportamento definito dal vettore del radiofarmaco, sono state considerate le cinetiche dei seguenti vettori in quanto maggiormente utilizzati o che con funzioni di escrezione particolarmente elevate:
  - Cardiache: Tetrofosmina o similare;
  - Ossee: Fosfonati;
  - Tiroidee: Pertecnato;
  - Renali: DTPA.
- Per il  $^{18}\text{F}$  è stata considerata la cinetica dell'FDG in quanto presenta le funzioni di escrezione più elevate rispetto agli altri radiofarmaci con lo stesso radionuclide;
- Per l' $^{111}\text{In}$  è stato considerato l'uso del radiofarmaco  $^{111}\text{In}$ -Octreotide in quanto presenta la funzione di escrezione maggiore rispetto agli altri radiofarmaci con lo stesso radionuclide;
- Per il  $^{68}\text{Ga}$  è stata assunta la biocinetica dell'EDTA in quanto maggiormente cautelativa;

Come indicato nei paragrafi precedenti, le funzioni di escrezione sono state valutate partendo dai dati della biocinetica dei radiofarmaci disponibili in autorevoli pubblicazioni internazionali o letteratura scientifica.

Per le funzioni di escrezione è possibile utilizzare delle formule chiuse e ben note in letteratura. A tal proposito, per il formalismo completo si rimanda alla pubblicazione AIFM "Modalità di valutazione della dose assorbita dall'individuo rappresentativo della popolazione a seguito dello svolgimento di attività di Medicina nucleare, appendice 1, Aprile/2022" in cui viene trattata approfonditamente la tematica.

In via del tutto generale, la frazione totale  $f_{tot}(t)$  escreta al tempo  $t$  per un radiofarmaco è esprimibile come:

$$f_{tot}(t) = \sum_i \frac{a_i T_{\frac{1}{2}}}{T_{i,\frac{1}{2}} + T_{\frac{1}{2}}} \left( 1 - e^{-\ln 2 \left( \frac{1}{T_{i,\frac{1}{2}}} + \frac{1}{T_{\frac{1}{2}}} \right) t} \right)$$

(7)

dove:

- $a_i$  è la frazione escreta della quantità somministrata che interessa l'i-esimo compartimento;



- $T_{1/2}$  è il tempo di dimezzamento fisico;
- $T_{i,1/2}$  è il tempo di dimezzamento biologico.

Per tempi molto grandi ( $t \rightarrow \infty$ ), l'equazione sopra riportata si semplifica come segue:

$$f_{inf}(\infty) = \sum_i \frac{a_i T_{1/2}}{T_{i,1/2} + T_{1/2}}$$

(8)

Per quanto concerne l'immissione in ambiente nelle prime ore successive alla somministrazione, si può considerare l'escrezione urinaria come l'unica via. Il valore della funzione escreta per la sola via urinaria è calcolabile moltiplicando la (7) per il relativo fattore di escrezione urinario  $f_u$  ricavabile dalla letteratura citata.

Si precisa che, seguendo le indicazioni di Barlet & al., ai fini della scrittura di una funzione di escrezione, è opportuno considerare al massimo tre esponenziali (funzione di escrezione descritta da una funzione al massimo tri-esponenziale), raggruppando escrezioni con tempi di dimezzamento simili tra loro e, se necessario, trascurando organi con *uptake* funzionale molto piccolo. Ai fini del modello presentato, ciò significa adottare un errore di approssimazione contenuto e non significativo.



## 4 Risultati delle valutazioni

Il numero minimo di vasche raccomandato, necessario affinché al momento dello svuotamento della vasca, la concentrazione della somma delle attività totali sia minore del valore richiesto dalla normativa vigente risulta essere di 3 vasche da 7000 l.

Isotopo	T <sub>1/2</sub> (giorni)	Attività per somministrazione [MBq]	Pazienti al giorno [paz/gg]	Attività sommi- nistrata giornaliera stimata [GBq]	Attività escreta [GBq/gg]	Fattore di decadimento permanenza in reparto	Attività in vasca [Bq/gg]	Attività allo svuotamento [Bq]	Concentra- zione allo svuotament o [Bq/g]
111In	2.83	3.70E+02	0.10	0.04	0.01	29.0%	1.07E+07	4.86E+06	7.72E-01
123I-DATSCAN	0.55	1.85E+02	0.50	0.09	0.01	15.1%	1.40E+07	2.76E+02	4.38E-05
124I	4.18	9.30E+01	0.10	0.01	0.00	6.7%	6.22E+05	6.97E+05	1.11E-01
18F	0.08	3.70E+02	17.67	6.54	0.88	13.5%	8.80E+08	5.85E-26	9.29E-33
201Tl	3.04	3.70E+02	0.10	0.04	0.00	0.1%	4.35E+04	2.39E+04	3.80E-03
64Cu	0.53	2.78E+02	0.10	0.03	0.00	12.3%	3.41E+06	4.28E+01	6.79E-06
67Ga	3.26	3.70E+02	0.10	0.04	0.00	0.9%	3.19E+05	2.09E+05	3.32E-02
68Ga	0.05	3.00E+02	0.33	0.10	0.04	35.3%	3.53E+07	5.78E-45	9.17E-52
99mTc-Cardio-Tetrafosf	0.25	1.10E+03	1.33	1.47	0.28	19.2%	2.82E+08	8.18E-03	1.30E-09
99mTc-Ossee-fosfonato	0.25	7.40E+02	5.00	3.70	1.77	47.8%	1.77E+09	5.14E-02	8.16E-09
99mTc-Tiroide-Pertec.	0.25	1.20E+02	1.00	0.12	0.01	10.2%	2.44E+07	7.10E-04	1.13E-10
99mTc-Renali-DTPA	0.25	1.48E+02	0.67	0.10	0.05	50.1%	4.94E+07	1.44E-03	2.28E-10
<b>Somma</b>									<b>0.92</b>

Tabella 4: Stima dell'attività immessa e della concentrazione di attività allo svuotamento delle vasche.

Con le assunzioni sopra descritte, si ottengono i valori di attività allo svuotamento e di concentrazione di attività riportati in Tabella 4. Ne risulta che l'attività media allo svuotamento è sempre inferiore ad 1 Bq/g. Si suggerisce che tale valore sia assunto come Livello di Allontanamento per il rilascio dei liquidi in ambiente.

Si fa presente che valori di volume più elevati possono essere richiesti dall'EdR del sito a fini cautelativi, senza perdere di generalità con i modelli sopra utilizzati. Di fatti, il valore di 7.000 l sopra individuato deve essere inteso come il volume minimo che devono avere le vasche di decadimento di diagnostica al fine di rispettare il Livello di Allontanamento richiesto. Ciò implica che valori di volume superiori sono da considerarsi idonei. Rientra in tale caso per il principio di ottimizzazione l'opportunità eventuale di uniformare le vasche di decadimento della diagnostica a quelle della terapia.

Alternativamente, tenuto conto degli ingombri e del numero elevato di vasche che potrebbero essere richiesti, si è proceduto andando ad individuare le combinazioni di vasche che presentano una attività al di sotto di 1 Bq/g allo svuotamento nelle condizioni sopra descritte.

Si riportano di seguito i risultati.



N° vasche	Dimensione [l]	Tempo riempimento [giorni]	Tempo chiusura [giorni]	Concentrazione [Bq/g]	Limite [Bq/g]
3	7.000	7.4	8.4	0.92	1.00
4	4.500	4.8	9.5	0.82	1.00
5	3.500	3.7	11.1	0.66	1.00
6	2.500	2.6	10.6	0.83	1.00

Figura 1: Tabella riepilogativa del numero di vasche e del volume minimo delle stesse. Tali valori sono necessari per il rispetto della concentrazione di attività richiesta pari ad 1 Bq/g.

Ne risulta che per la scelta di una delle combinazioni sopra riportate, l'attività allo svuotamento è sempre inferiore ad 1 Bq/g.

I dati sopra riportati conducono alle seguenti considerazioni:

- Fissato il numero di vasche, il volume in litri indicato deve essere inteso come valore minimo da rispettare. Valori più elevati possono essere scelti, mantenendo sempre il rispetto della concentrazione di attività allo scarico. In tal caso però:
  - Aumenta il numero di giorni di chiusura e di riempimento rispetto a quanto riportato in tabella, andando a diminuire il numero di scarichi all'anno (cautelativo);
  - Aumenta l'attività immessa in ambiente per scarico.

Quest'ultima osservazione non fa perdere di cautela al modello. Infatti, aumentando il volume delle vasche e mantenendo la concentrazione di attività fissa ad 1 Bq/g (o 1 kBq/kg), l'attività allo scarico (pari al prodotto del volume delle vasche convertito in kg e moltiplicato per la concentrazione di 1 Bq/g) è necessariamente più elevata. Tuttavia, aumentando il tempo di chiusura della vasca e diminuendo gli scarichi all'anno, l'attività immessa in ambiente annuale può essere compensata dal decadimento del radionuclide.

Da ciò consegue che la scelta del dimensionamento delle vasche influisce in maniera predominante sulla scelta della formula di scarico che dovrà essere poi proposta dall'Esperto di Radioprotezione della struttura al fine dell'ottenimento del Nulla Osta di Categoria B.

Si ricorda che nelle valutazioni è stata applicata la scelta, come da indicazione della struttura, di mantenere sempre una vasca libera, da adoperare in caso di emergenza.

## 5 Benestare al progetto

Analizzati i progetti preliminari, la documentazione prevista relativa alle sorgenti e l'ubicazione delle stesse, alle condizioni soprariportate si rilascia, ai sensi dell'Art. 130 del D.Lgs. 101/2020 e ss.mm.ii. il

### BENESTARE AL PROGETTO

Data 06 luglio 2023





## 6 Allegato 1: Altri elementi di minima dell'impianto

Si riportano nel seguito alcuni elementi di minima che devono essere previsti in fase progettuale.

- L'impianto in oggetto deve essere collegato tra gli scarichi diretti e la rete fognaria.
- I flussi provenienti dalla medicina diagnostica non deve mai incrociarsi con il sistema di raccolta reflui della medicina nucleare radiometabolica e viceversa;
- Gli elementi che devono essere collegati sono:
  - scarichi dei sanitari;
  - lavabi;
  - docce;
  - lavaocchi;
  - Altro.

dei locali:

- bagni attesa calda;
- zone di decontaminazione;
- preparazione radiofarmaci;
- degenze protette.
- i reflui radioattivi devono essere indirizzati ad un sistema di vasche di decadimento radioisotopi interrato attraverso due vasche Imhof di raccolta. Ciò consente sia l'immissione di soli liquidi nel gruppo di decadimento che lo stoccaggio dei fanghi fino a che non si presentino le condizioni per lo scarico entro i limiti della normativa vigente.

Il gruppo di depurazione è in doppio, in modo che nell'eventualità in cui il gruppo in funzione dovesse intasarsi per la presenza di croste o rifiuti solidi, (come può avvenire normalmente in tali impianti ogni 3 o 4 anni) sia possibile smistare gli scarichi nella seconda fossa e trattenere i fanghi nella prima per il decadimento prima dell'intervento dei mezzi pubblici destinati allo svuotamento.

Le caratteristiche tecniche ed impiantistiche del sistema sono definite in base ai seguenti criteri:

- Lo stoccaggio dei rifiuti liquidi per il tempo necessario affinché lo scarico degli stessi in fognatura avvenga in regime di esenzione dall'autorizzazione allo smaltimento, secondo il D.Lgs. 101/2020 e ss.mm.ii. ovvero, con cui l'EdR del Cliente può richiedere espressa autorizzazione all'allontanamento ai sensi dell'Art. 54 del suddetto decreto;
- Le operazioni di comando e controllo del funzionamento del sistema, sia in condizioni di routine che di emergenza (non di routine), devono essere tali da ridurre al minimo la necessità di intervento diretto e i tempi di permanenza degli operatori presso l'impianto, ottimizzando gli aspetti radioprotezionistici.
- Le caratteristiche impiantistiche devono garantire la massima affidabilità e sicurezza a fronte di un eventuale scarico incontrollato dal Servizio all'impianto o di situazioni incidentali presso l'impianto stesso;
- Il sistema di comando e controllo dell'impianto deve consentire di eseguire il controllo in tempo reale dello stato di funzionamento dell'impianto. Inoltre eseguendo misure separate di



concentrazione e di radioattività deve essere possibile conoscere in qualsiasi momento della concentrazione e radioattività totale dei liquami presenti nell'impianto.

- Gli ambienti devono essere sempre ispezionabili. Ciò implica:
  - la realizzazione di un keller (pavimentazione grigliato) sopraelevato che consente l'accesso alla zona vasche anche in presenza di tracce d'acqua contenute/piccole tracimazioni dovute a situazioni non ordinarie;
  - la realizzazione di un cordolo di contenimento di 40 cm che consente l'accesso alla zona vasche anche in presenza di tracce d'acqua contenute/piccole tracimazioni dovute a situazioni non ordinarie;

## 6.1 Caratteristiche tecniche delle vasche

Le vasche consentono lo stoccaggio ed il decadimento degli affluenti radioattivi provenienti dal gruppo di depurazione.

È costituito da:

- n. 1 vasca di raccolta in PE100, in cui arrivano, per caduta, i liquami provenienti dalle fosse biologiche;
- sistema di sensori di livello indicanti per ogni vasca:
  - la vasca vuota
  - il 90% del volume totale della vasca che coincide con il livello di riempimento
  - il 95% del volume totale della vasca che corrisponde ad un livello di emergenza
    - trasduttore di pressione per l'indicazione e il controllo continuo del livello da 0 a 100% in ognuna delle vasche di stoccaggio proveniente dagli allacci di WC, lavabi, docce e lavaocchi collocati internamente alla zona calda dei reparti, e la rete fognaria.

## 6.2 Altre caratteristiche di minima

Devono essere presenti:

- pompe autoadescanti;
- valvole di regolazione, valvole di non ritorno, elettrovalvole, tubi e raccordi.

Il Gruppo deve permettere di eseguire:

- la gestione automatica (senza l'intervento dell'operatore) dell'intero sistema in condizioni routinarie di esercizio.

Il funzionamento deve essere il seguente:

- i rifiuti liquidi radioattivi arrivano per caduta all'impianto di depurazione e, biodegradati, alla vasca di raccolta. Dalla vasca di raccolta sono inviati, a mezzo pompa, alla vasca n. 1;
- quando la vasca n. 1 è piena il sistema devia automaticamente i liquami nella vasca n. 2 e provvede ad indicare nel sinottico la data di fine riempimento della vasca n. 1;
- quando la vasca n. 2 è piena il sistema devia automaticamente i liquami nella vasca n. 3 e provvede ad indicare nel sinottico la data di fine riempimento della vasca n. 2;



- quando la vasca n. 3 è piena il sistema devia automaticamente i liquami nella vasca n. 4 e nella vasca n. 5 provvede ad indicare nel sinottico la data di fine riempimento della vasca n. 3;
- durante il successivo riempimento della vasca n. 4 al raggiungimento del 70%, il quadro sinottico deve dare indicazioni di prossimo riempimento di tutte le vasche;
- una volta scaricata la vasca più anziana in fogna, previa misura come da punti seguenti, il funzionamento prosegue con ciclo automatico.
- la gestione remotizzata da PC disposto nel locale Controllo, di tutte le operazioni di routine seguenti:
  - lavaggio del beaker e misura del fondo
  - rimescolamento del liquame della vasca più anziana
  - campionamento del liquame da analizzare della vasca più anziana
  - misura della concentrazione e della radioattività nella vasca più anziana
  - scarico della vasca in fogna.
- la gestione remotizzata da PC disposto nel Locale Controllo, delle operazioni non di routine seguenti:
  - rimescolamento del liquame
  - campionamento del liquame
  - misura del campione prelevato
  - scarico in fogna anche per le vasche "più giovani".

Inoltre, il sistema deve consentire la raccolta dei liquami che potrebbero fuoriuscire dalle vasche (per rottura di qualche componente o per mancato funzionamento dei sensori di livello) ed il loro sollevamento e pompaggio alle vasche (a scelta) o in fogna.

Deve essere costituito da:

- Doppio contenitore realizzato impermeabilizzando il locale in cui sono disposte le fosse "IMHOFF", le vasche e i componenti dell'impianto. Sul pavimento deve essere ricavato un pozzetto di raccolta.
- sensore di livello, deve essere disposto nel pozzetto di raccolta, indicante l'allagamento con allarme relativo.

Il sollevamento dei liquidi fuoriusciti dalle vasche e raccolti nel doppio contenimento e il loro pompaggio o alle vasche o in fogna deve essere effettuabile tramite pompa di sollevamento.

Deve essere presente un sistema di campionamento remotizzato dei liquidi da qualsiasi vasca al fine di valutarne il contenuto di radioattività. Lo stesso deve essere costituito da:

- sistema di rimescolamento del liquame contenuto nelle vasche, per aumentare la significatività e riproducibilità della misura;
  - sistema di pompaggio in grado di prelevare i liquami e inviarli al beaker di Marinelli per la misura;
  - sistema di lavaggio delle tubazioni e del beaker di Marinelli prima e dopo ogni misura.
- Il gruppo permette di intercalare misure di "fondo" a misure del campione.

Il sistema deve consentire lo scarico dei rifiuti decaduti direttamente nella rete fognaria su indicazione dell'operatore. Il gruppo deve consentire in modalità remotizzata lo scarico della vasca più



**ARS s.r.l. Via Di Casal Boccone, 256 INT.V/9 – 00137 Roma**  
**- P.I. e C.F. 10635151003 Numero REA: RM – 1245941 – tel 0659872135**  
**email: [info@arsradioprotezione.com](mailto:info@arsradioprotezione.com) -- [ars.srl@pec.it](mailto:ars.srl@pec.it)**

Indicazioni di  
radioprotezione Ver03  
Data: Luglio 2023  
Pag. 16 di 16

anziana (in condizioni di routine). Deve essere dotato di sistema di sollevamento dei liquidi da scaricare per l'immissione nella rete fognaria.

In condizioni non di routine deve essere possibile, inoltre, lo scarico di una qualsiasi vasca in fogna, indipendentemente dall'ordine di riempimento e previo campionamento e misura.

Il Gruppo di rivelazione è posto nel locale Misura attiguo al locale Impianto ed è costituito da:

- per la medicina Nucleare diagnostica, da un rivelatore a scintillazione NaI(Tl) di dimensione 2" x 2"; la sonda è costituita da rivelatore e fotomoltiplicatore associato, alta tensione, preamplificatore, amplificatore;
- analizzatore multicanale costituito da buffer di memoria almeno fino a 2048 canali, ADC, regolazione amplificazione, software di emulazione multicanale (acquisizione e presentazione degli spettri su display a colori), stabilizzatore di spettro;
- guaina in nylon o PVC, a tenuta, per la protezione e l'impermeabilizzazione della sonda;
- pozzetto a basso fondo (schermatura = 50 mm Pb) con rivestimento interno in cadmio e rame;
- n. 2 beaker di Marinelli da 2 litri, di cui uno allacciato ed uno di scorta, dotati di attacchi per la connessione dell'impianto.