

Guida

Misure edili di
radioprotezione PET
V1 26.1.2024

www.bag.admin.ch/rad-guide

Contatti

Tel.: 058 462 96 14

E-Mail: str@bag.admin.ch

Misure edili di radioprotezione per tomografi PET

Nella presente guida sono espone le misure edili principali della radioprotezione che consentono di rispettare le prescrizioni legali in materia quando si utilizzano nuclidi PET.

L'energia associata alla radiazione fotonica che si libera durante l'annichilazione di positroni (circa 511 keV) è nettamente superiore all'energia di disintegrazione di altri nuclidi utilizzati nella medicina nucleare (p. es. 140.5 keV per il Tc-99m). Di conseguenza, le applicazioni con nuclidi PET nell'ambito di esami di medicina nucleare richiedono misure di sicurezza maggiori in termini di radioprotezione nei confronti del personale, dei pazienti e dell'ambiente circostante.

Di seguito vengono illustrate le locali necessari, i requisiti edili, e i calcoli del dimensionamento delle schermature.

1 Locali per esami PET

In linea di principio, tutti i locali in cui si lavora con radionuclidi non sigillati o in cui vi è il rischio di una contaminazione o di un'intensità di dose elevata devono essere concentrati in una zona controllata. L'accesso ai locali è consentito esclusivamente al personale professionalmente esposto a radiazioni e ai pazienti sottoposti a esami di medicina nucleare. I locali devono essere predisposti in modo che i pazienti non siano costretti ad spostarsi nel periodo tra l'applicazione del radiofarmaco e la fine dell'esame di medicina nucleare. Nell'allegato 1 della presente guida sono indicati i requisiti edili per ogni zona di lavoro,

cioè il laboratorio, i locali d'applicazione e d'esame nonché il deposito, i locali di riposo per i pazienti e i locali di attesa (si veda al riguardo anche l'allegato 5 dell'ordinanza del DFI concernente la manipolazione di materiale radioattivo MMRa [1]).

2 Preparazione e stoccaggio dei nuclidi PET

La preparazione dei radiofarmaci per gli esami PET (il caricamento della siringa, la selezione dell'attività nell'attivimetro, ecc.) deve avvenire in un laboratorio di isotopi all'esterno dei locali di applicazione e dei locali scanner. Per il trasporto delle siringhe all'interno del perimetro aziendale devono essere disponibili dei contenitori schermati. L'attività F-18 massima impiegabile nel laboratorio di tipo C è pari a 7 GBq (100 LA ai sensi dell'art. 81 dell'ordinanza sulla radioprotezione ORaP [2]), per semplici lavori di porzionamento a basso rischio di contaminazione, invece, essa può arrivare fino a 70 GBq (1000 LA ai sensi dell'art. 81 ORaP [2]).

Per quanto concerne lo stoccaggio (fino a 10 000 LA ai sensi dell'art. 81 ORaP [2]), deve essere garantito che le intensità di dose ambientale ammesse secondo l'allegato 2 della MMRa [1] (si veda al riguardo anche la guida dell'UFSP «Valori operativi per intensità di dose ambientale» [3]) non siano superate.

Nei limiti del possibile, inoltre, è necessario attuare misure di ottimizzazione. Se le sorgenti per gli esami PET sono depositate all'interno di un'area di lavoro, il deposito deve essere schermato.

Gli infusori automatici devono essere stoccati permanentemente o temporaneamente in modo che, da un lato, siano rispettate le intensità di dose ambientale ammesse secondo l'allegato 2 della MMRa [1] e dall'altro sia tenuto in considerazione il principio di ottimizzazione. I residui che rimangono all'interno dell'infusore automatico al termine di un'applicazione possono determinare delle intensità di dose ambientale non trascurabili. Ciò deve essere tenuto in debita considerazione.

3 Calcoli per il dimensionamento delle schermature

Per il dimensionamento delle schermature bisogna tenere conto delle attività trattate, della distanza dalle aree accessibili, della durata di un'eventuale esposizione di persone, delle intensità di dose ambientale ammesse nei locali contigui così come dei parametri relativi ai nuclidi. Per i tomografi PET-TC devono, inoltre, essere rispettati i parametri di schermatura della radiazione parassita di tomografi computerizzati indicati nell'allegato 9 dell'ordinanza concernente la radioprotezione nei sistemi a raggi X per uso medico (ordinanza sui raggi X, OrX) [4]. Nel caso di installazioni permanenti per la tomografia computerizzata il locale di comando deve essere completamente separato dalla sala di radiologia e schermato fino al soffitto (art. 13 OrX) [4].

Il metodo di calcolo per le schermature illustrato qui di seguito si basa sulla norma DIN 6844 3:2020-7 [5]. Con l'accordo dell'autorità di sorveglianza possono essere applicate altre metodologie.

dove

A [GBq]

r [m]

f_t [adimensionale]

H [μ Sv/h]

h_{10} [mSv/(h GBq)]

attività impiegata come al paragrafo 3.2 della presente guida
distanza tra la sorgente radioattiva e il luogo da proteggere come al paragrafo 3.3 della presente guida

fattore relativo al tempo di permanenza come al paragrafo 3.4 della presente guida
massima intensità di dose ambientale ammessa come nell'allegato 2 della MMRa [1] e nella guida dell'UFSP «Valori operativi per intensità di dose ambientale» [3]

equivalente di intensità di dose ambientale a distanza di 1 m come nell'allegato 3, colonna 6 ORaP [2]

3.1 Calcolo del fattore di attenuazione F

Il fattore di attenuazione F di una schermatura indica il rapporto tra l'intensità di dose ambientale priva di schermatura e l'intensità di dose ambientale H con la rispettiva schermatura.

Esso viene calcolato nel modo seguente:

$$F = \frac{A \cdot h_{10} \cdot f_t}{10^{-3} \cdot H \cdot r^2}$$

3.2 Attività impiegata A

L'attività espressa in GBq, su cui si basa il calcolo del dimensionamento della schermatura, si riferisce a un'attività impiegata su un paziente che pesa 70 kg. Conformemente alla guida dell'UFSP «LDR (medicina nucleare)» [6] il livello diagnostico di riferimento in questa situazione è pari a $A = 0.35$ GBq per l' $F-18$ FDG.

3.3 Distanza r

La distanza per il calcolo delle schermature risulta dalla distanza tra la sorgente radioattiva (paziente) e il locale adiacente. Il punto di riferimento della sorgente radioattiva per il calcolo delle distanze si basa sulla tabella seguente:

Locale	Posizione della sorgente radioattiva	Osservazioni
Locale per scanner PET	Al centro del PET-TC-Gantry ad altezza del letto del paziente	La disposizione del Gantry e del letto per il paziente deve essere visibile sul piano di radioprotezione
Locale di applicazione Locale di riposo per pazienti	Al centro e all'altezza del letto/della sedia del paziente	L'area di collocamento del letto per il paziente deve comparire nel piano di radioprotezione. Le distanze si riferiscono al punto più vicino dell'area di collocamento indicata.
WC per i pazienti	Al centro del locale	
Locale di attesa per i pazienti	Luogo di permanenza (sedia, panchina, ecc.)	

3.4 Fattore relativo al tempo di permanenza f_t

La possibile durata della permanenza dei pazienti nei locali all'interno dell'area controllata ha un influsso sulla schermatura necessaria rispetto alle aree adiacenti. Si presuppone che durante l'intero periodo lavorativo (40h/settimana) vi saranno pazienti nei locali di applicazione, di riposo e scanner. Poiché le intensità di dose ambientale ammesse H si basano su un'esposizione pari a 40 ore di funzionamento, per i locali di permanenza dei pazienti, inclusi i locali di attesa, vale il fattore relativo al tempo di permanenza $f_t = 1$, mentre per i servizi igienici dedicati ai pazienti PET è valido il fattore $f_t = 0.1$.

3.5 Influsso di molteplici sorgenti radioattive su un'area da proteggere

Se un'area da proteggere subisce l'influsso di molteplici sorgenti radioattive, bisogna tenere conto della somma di queste ultime per il calcolo delle schermature. Può rivelarsi necessaria una schermatura supplementare in presenza di diverse sorgenti radioattive, se il loro effetto non è sufficientemente attenuato da muri separatori o da lunghe distanze.

3.6 Calcolo dello spessore del materiale d per la schermatura necessaria

Nell'allegato 2 della presente guida è indicato il fattore di attenuazione F dei relativi radionuclidi e del materiale di schermatura comunemente utilizzato in funzione della massa per unità di superficie $\rho \cdot d$ in g/cm^2 (DIN 6844-3:2006-12¹). Lo spessore d della schermatura necessaria espressa in cm si ottiene dividendo il valore dell'ascissa per la densità ρ del relativo materiale di schermatura espresso in g/cm^3 .

$$d = \frac{\text{Massa per unità di superficie}}{\text{Densità del materiale di schermatura}}$$

Le curve relative al «calcestruzzo» presenti nell'allegato 2 sono valide per il calcestruzzo con una densità $\rho = 2.2 - 2.4 \text{ g/cm}^3$ e, tenendo sempre conto della rispettiva densità, anche per la muratura in mattoni e per altri calcestruzzi leggeri.

3.7 Densità dei materiali da costruzione

Per il calcolo dello spessore delle schermature bisogna tenere conto, in linea di principio, della densità dei materiali che sono dichiarati dall'architetto responsabile o sono indicati nel relativo progetto di costruzione. Nel caso in cui questi valori siano sconosciuti, vengono applicate le densità standard elencate nella seguente tabella (si veda al riguardo anche l'ordinanza sulla radioprotezione per gli acceleratori di particelle impiegati in medicina OrAc [7]):

Materiale da costruzione	Densità [g/cm^3]
Piombo	11.3
Ferro	7.8
Calcestruzzo baritico	3.2
Calcestruzzo	2.2

Materiale da costruzione	Densità [g/cm^3]
Arenaria-calcare	1.9
Mattone	1.2
Gesso	0.84
Terra	1.8

¹ Questi diagrammi non sono più utilizzati nell'attuale DIN 6844-3:2020-7 [5]. Nella presente guida, possono comunque essere utilizzati per il calcolo dello spessore del materiale.

4 Riferimenti

- | | | | |
|-----|---|-----|---|
| [1] | Ordinanza del DFI concernente la manipolazione di materiale radioattivo (MMRa, RS 814.554) del 26 aprile 2017. | [5] | Norm DIN 6844-3:2020-7, Nuklearmedizinische Betriebe – Teil 3: Strahlenschutzberechnungen. |
| [2] | Ordinanza sulla radioprotezione (ORaP, RS 814.501) del 26 aprile 2017. | [6] | Guida dell'UFSP: Livelli diagnostici di riferimento (LDR) per esami medico-nucleari. |
| [3] | Guida dell'UFSP: Valori operativi per intensità di dose ambientale. | [7] | Ordinanza del DFI sulla radioprotezione per gli acceleratori di particelle impiegati in medicina (RS 814.501.513) del 26 aprile 2017. |
| [4] | Ordinanza del DFI concernente la radioprotezione nei sistemi a raggi X per uso medico (OrX, SR 814.542.1) del 26 aprile 2017. | [8] | Guida dell'UFSP: Accesso alle aree controllate e alle zone e loro contrassegno. |

5 Valore giuridico

Queste guide sono un aiuto all'esecuzione fornito dall'UFSP in qualità di autorità di vigilanza per la radioprotezione e si rivolgono primariamente ai titolari di licenze e ai periti (come pure alle autorità cantonali nel settore del radon). Concretizzano determinati requisiti richiesti dal diritto in materia di radioprotezione e corrispondono allo

stato attuale della scienza e della tecnica. I titolari di licenze e i periti (o le autorità cantonali), che si attengono a queste guide possono presumere di eseguire conformemente il diritto in materia di radioprotezione.

Allegato 1

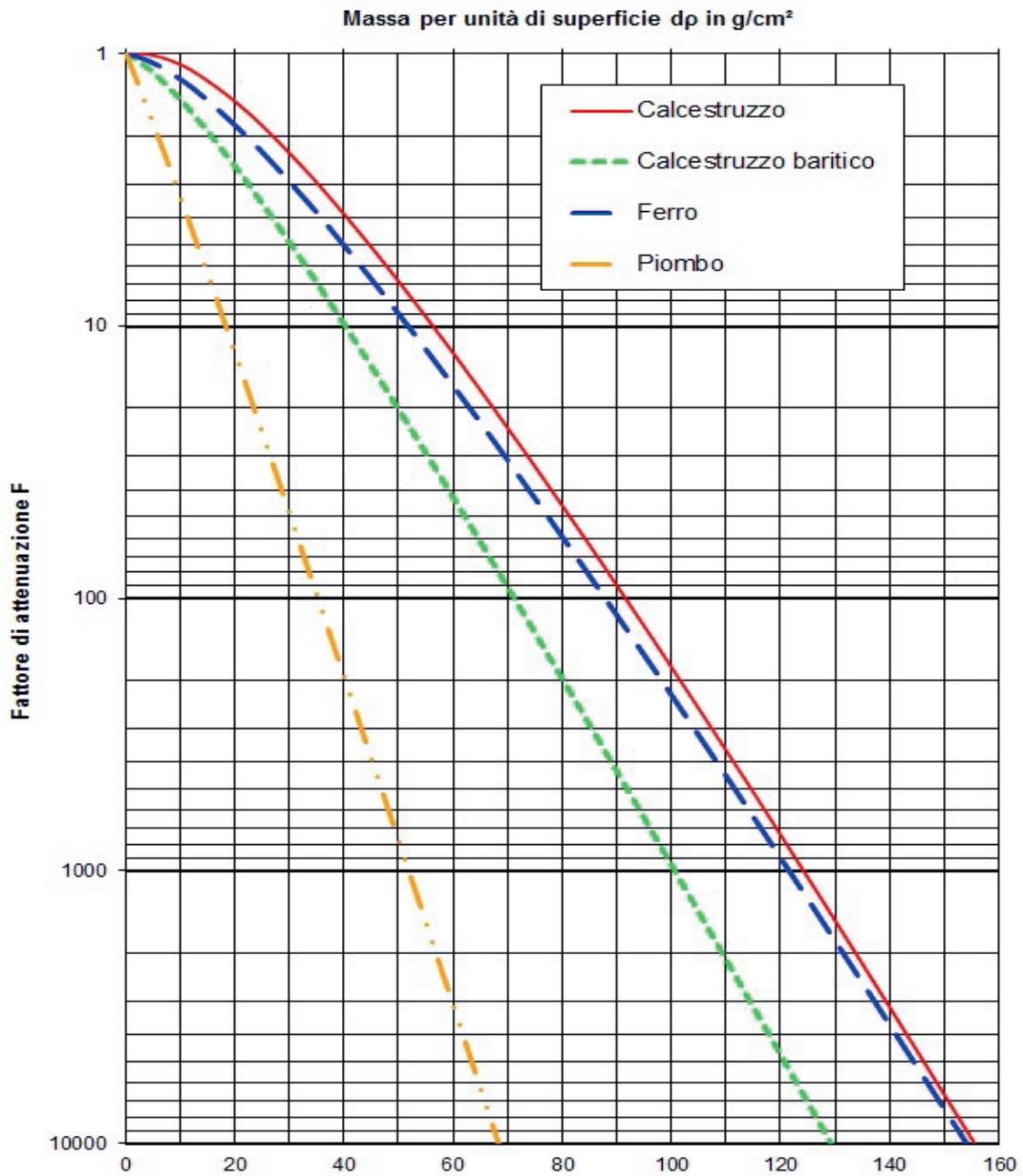
Requisiti delle aree controllate per gli esami PET

- Le aree di lavoro e di permanenza nonché i locali per esami, i locali di applicazione, i locali di riposo e i locali di attesa frequentati da pazienti devono essere schermati. Per effettuare un controllo sulle misure di radioprotezione, alla domanda di licenza devono essere allegate planimetrie, sezioni trasversali nonché il calcolo delle schermature come indicato nel paragrafo 3 della presente guida.
- Le aree di lavoro devono rispettare, in linea di principio, i requisiti edili indicati nella MMRa [1] (si veda in particolare l'allegato 5 di questa ordinanza).
- Questi locali devono essere contrassegnati come indicato nell'allegato 6 ORaP o nella guida dell'UFSP «Accesso alle aree controllate e alle zone e loro contrassegno» [8].
- I locali di riposo sono previsti unicamente per i pazienti e devono essere schermati rispetto agli altri locali come descritto nel paragrafo 3 della presente guida. I locali di riposo non sono da considerarsi come locali di applicazione; tuttavia devono essere predisposti in maniera tale da consentire una facile decontaminazione, ove necessario.
- I servizi igienici separati per i pazienti di medicina nucleare devono essere collocati all'interno dell'area controllata (si veda l'art. 27 MMRa [1]). Non vi sono requisiti da soddisfare per quanto concerne l'evacuazione delle escrezioni.
- All'uscita di un'area di lavoro o dell'area controllata deve essere disponibile un apparecchio di misura idoneo allo svolgimento dei controlli di contaminazione (allegato 6 MMRa [1]).

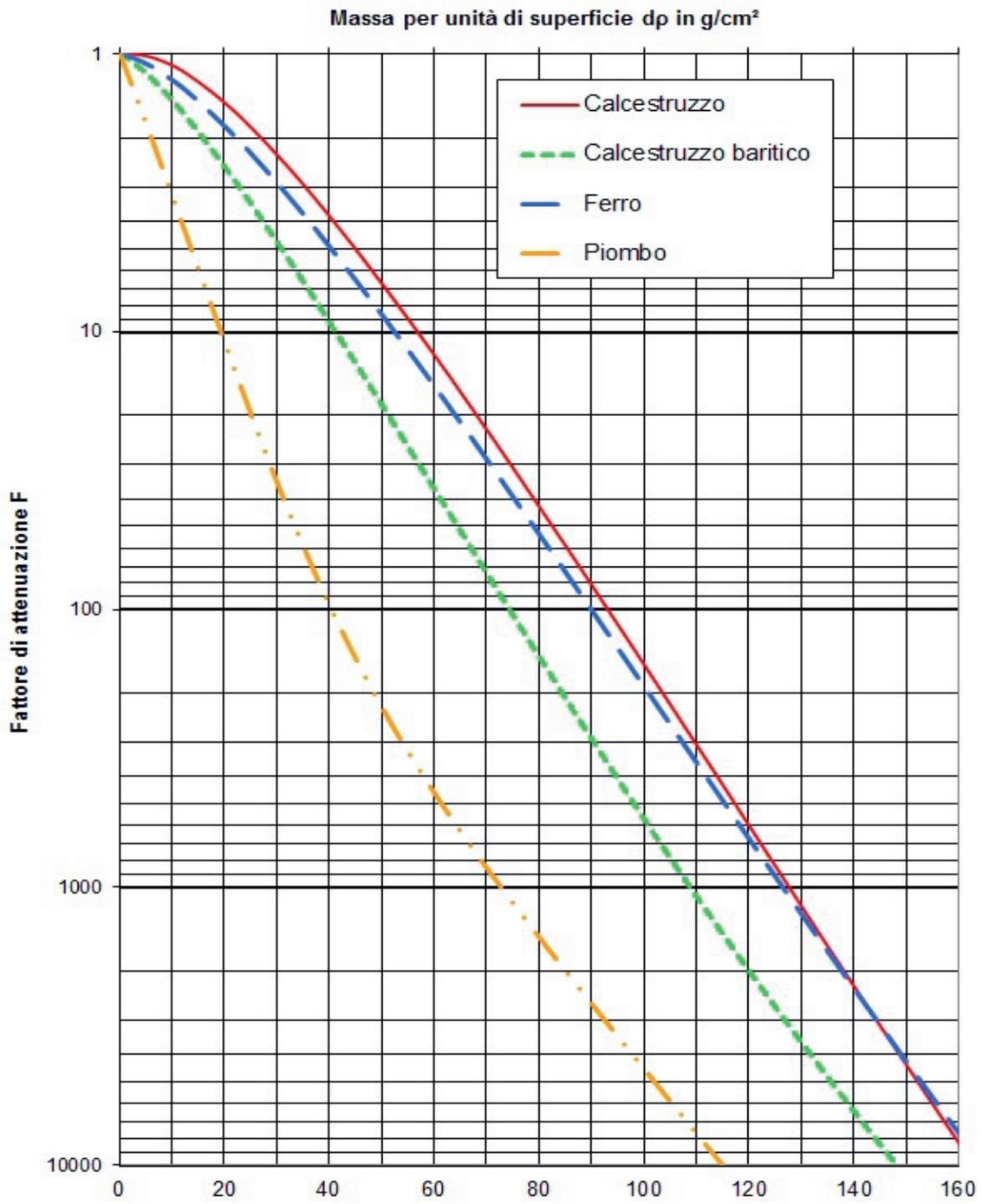
Allegato 2

Curva di attenuazione tratta dalla norma
DIN-6844-3:2006-12¹ per diversi nuclidi PET

C-11 N-13 O-15 F-18



Ga-68



Rb-82m

